

93742

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ZONGULDAK KÖMÜRLERİNİN  
YÜKSEK SICAKLIK KARBONİZASYON  
ÜRÜNLERİNİN İNCELENMESİ**

**Kimya Yük. Müh. Hale SÜTCÜ AYLAK**

**F.B.E.Kimya Mühendisliği Programında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

**Tez Savunma Tarihi : 11 Temmuz 2000**  
**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Sabriye PİŞKİN (YTÜ)**  
**Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Sadriye KÜÇÜKBAYRAK OSKAY (İTÜ)**  
**: Prof.Dr. Orhan KURAL (İTÜ)**

*SPi*  
*OSKAY*

**İSTANBUL, 2000**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ÖNSÖZ.....	xxii
ÖZET.....	xxv
ABSTRACT.....	xxii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. KÖMÜRÜN ÖZELLİKLERİ.....	6
3.1. Kömürün Tanımı.....	6
3.2. Kömürün Fiziksel ve Kimyasal Yapısı.....	6
3.3. Kömürün Sınıflandırılması.....	9
3.4. Kömürün Petrografik Bileşenleri.....	9
3.4.1. Vitrinit grubu.....	11
3.4.2. İnertinit grubu.....	12
3.4.3. Ekzinit grubu.....	12
4. KARBONİZASYON.....	13
4.1. Karbonizasyon Nedir?.....	13
4.2. Karbonizasyon Süreci.....	14
4.3. Karbonizasyon Ürünleri.....	19
4.3.1. Hidrojen.....	19
4.3.2. Hidrokarbonlar.....	20
4.3.2.1. Parafinler.....	20
4.3.2.2. Etilen ve diğer olefin hidrokarbonları.....	21
4.3.2.3. Asetilen hidrokarbonları.....	21
4.3.2.4. Aromatik hidrokarbonlar.....	21
4.3.2.5. Çeşitli doymamış hidrokarbonlar.....	22
4.3.2.6. Oksijenli bileşikler.....	23
4.3.2.7. Azotlu bileşikler.....	23
4.3.2.8. Kükürtlü bileşikler.....	23
4.3.2.9. Fosforlu bileşikler.....	23

4.4.	Karbonizasyon Prosesleri.....	24
5.	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	25
5.1.	Kömür Örneklerinin Hazırlanması.....	25
5.1.1.	Kömür örneklerinin analizi.....	26
5.1.1.1.	Kısa analiz .....	26
5.1.1.2.	Elementel analiz, toplam kükürt tayini ve ısı değer tayini.....	26
5.1.1.3.	FT-IR spektroskopisi.....	27
5.1.1.4.	Petrografik analiz.....	27
5.1.1.5.	Dilatasyon.....	25
5.2.	Jenkner Düzeneginin Tanıtılması.....	27
5.3.	Deneyin Yapıtıtı.....	30
5.4.	Kok Analizleri.....	33
5.4.1.	Elementel analiz , toplam kükürt ve ısı değer tayini.....	33
5.4.2.	FT-IR spektroskopisi.....	34
5.5.	Hidrojen sülfür analizi.....	34
5.6.	Katran analizleri.....	34
5.6.1.	Floresans spektroskopisi.....	34
5.6.2 .	Çözücü ekstraksiyonu.....	34
5.6.3.	Kolon kromatografisi.....	36
5.6.4.	Elementel analiz ve toplam kükürt tayini.....	37
5.6.5.	FT-IR, <sup>1</sup> H-NMR spektroskopileri.....	37
5.7.	Gaz analizleri.....	37
5.8.	Karbonizasyon Veriminin Hesaplanması.....	38
6.	SONUÇLAR.....	39
6.1.	Kömür Örneklerinin Tanınması.....	39
6.1.1.	Kısa analiz, elementel analiz, toplam kükürt ve ısı değer sonuçlarının incelenmesi.....	39
6.1.2.	Petrografik analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.....	59
6.1.3.	Dilatasyon sonuçlarının değerlendirilmesi.....	73
6.1.4.	FT-IR spektrumları.....	78
6.2.	Karbonizasyon Verim ve Özellikleri.....	100
6.3.	Kok Ürününün Özellikleri.....	109
6.3.1.	FT-IR spektrumları.....	118
6.4.	Katranın Tanınması.....	128
6.4.1.	Floresans spektroskopisi.....	128
6.4.2.	FT-IR spektroskopisi.....	136
6.4.3.	Çözücü ekstraksiyonu sonuçlarının incelenmesi.....	146
6.4.3.1.	Asfalten fraksiyonlarının FT-IR spektrumlarının incelenmesi.....	152
6.4.3.2.	Yağ fraksiyonu eluatlarının elementel analiz, FT-IR ve <sup>1</sup> H-n.m.r. spektroskopisi sonuçlarının değerlendirilmesi.....	162
6.4.3.2.1.	Hekzan eluatının yapısının incelenmesi.....	164
6.4.3.2.1.1.	FT-IR spektrumu.....	166

6.4.3.2.1.2. <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumu.....	176
6.4.3.2.2. Toluen eluatının yapısının incelenmesi.....	188
6.4.3.2.2.1. FT-IR spektrumu.....	190
6.4.3.2.2.2. <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumu.....	200
6.4.3.2.3. Metanol eluatının yapısının incelenmesi.....	211
6.4.3.2.3.1. FT-IR spektrumu.....	211
6.4.3.2.3.2. <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumu.....	221
6.5. Kok Gazının İncelenmesi.....	232
7. TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	238
KAYNAKLAR.....	243
EKLER.....	251
Ek 1. Petrografi Yöntemi İle Stabilite Hesaplanması.....	252
ÖZGEÇMİŞ.....	295



## **SİMGE LİSTESİ**

<b>A</b>	<b>Asfalten</b>
<b>HE</b>	<b>Hekzan eluatı</b>
<b>ME</b>	<b>Metanol eluatı</b>
<b>PA</b>	<b>Preasfalten</b>
<b>R</b>	<b>Atık</b>
<b>SC</b>	<b>Sabit Karbon</b>
<b>TE</b>	<b>Toluen eluatı</b>
<b>UM</b>	<b>Uçucu Madde</b>
<b>ÜİD</b>	<b>Üst Isıl Değer</b>
<b>Y</b>	<b>Yağ</b>



## KISALTMA LİSTESİ

ABD	Armutçuk işletmesi Büyük damarı
AÇD	Amasra işletmesi Çınarlı damarı
CBI	Kompozisyon balans indeksi
FT-IR	Fourier Transform Infrared Spektroskopisi
<sup>1</sup> H-NMR	Proton Nükleer Magnetik Rezonans Spektroskopisi
I	İnert
KR-KR	Karadon karışımı
kt	Kuru temel
kkt	Kuru külsüz temel
R	Reaktif
SI	Mukavemet indeksi
ÜZ+KZ	Üzülmez+Kozlu karışımı



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1	Bitümlü bir kömür için model yapının oluşumu .....7
Şekil 3.2	Kömürün model yapısı a) açık yapı, b) sıvı yapı, c) antrasit yapı.....8
Şekil 4.1	Kömür partikülünün karbonizasyonunun şematik gösterimi.....17
Şekil 5.1	Jenkner yüksek sıcaklık karbonizasyon sistemi.....28
Şekil 5.2	Karbonizasyon süresince sıcaklığın zamana bağlı olarak değişimi.....31
Şekil 5.3	Katranın çözücü ekstraksiyonu.....36
Şekil 6.1	Üzülmez işletmesi Sulu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....79
Şekil 6.2	Üzülmez işletmesi Çay damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....79
Şekil 6.3	Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....79
Şekil 6.4	Kozlu işletmesi Sulu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....80
Şekil 6.5	Kozlu işletmesi Çay damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....80
Şekil 6.6	Kozlu işletmesi Büyükkılıç damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....80
Şekil 6.7	Karadon işletmesi Sulu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....81
Şekil 6.8	Karadon işletmesi Çay damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....81
Şekil 6.9	Karadon işletmesi Akdağ damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....81
Şekil 6.10	Üzülmez+Kozlu karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....82
Şekil 6.11	Karadon karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....82
Şekil 6.12	Armutçuk işletmesi Büyük damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....83
Şekil 6.13	Amasra işletmesi Çınarlı damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....83
Şekil 6.14	%80 Üzülmez+Kozlu karışım %20 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....84
Şekil 6.15	%70 Üzülmez+Kozlu karışım %30 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....84
Şekil 6.16	%60 Üzülmez+Kozlu karışım %40 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....84
Şekil 6.17	%80 Karadon karışım %20 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....85
Şekil 6.18	%70 Karadon karışım %30 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....85
Şekil 6.19	%60 Karadon karışım %40 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....85
Şekil 6.20	%80 Üzülmez+Kozlu karışım %20 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....86
Şekil 6.21	%70 Üzülmez+Kozlu karışım %30 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....86
Şekil 6.22	%60 Üzülmez+Kozlu karışım %40 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....86
Şekil 6.23	%80 Karadon karışım %20 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....87
Şekil 6.24	%70 Karadon karışım %30 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....87

Şekil 6.25	%60 Karadon karışım %40 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi.....	87
Şekil 6.26	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c ) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları.....	90
Şekil 6.27	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c ) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları.....	91
Şekil 6.28	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c ) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları.....	92
Şekil 6.29	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) kömürlerinin FT-IR spektrumları.....	93
Şekil 6.30	Armutçuk işletmesi Büyük (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı (b) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları.....	94
Şekil 6.31	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanının FT-IR spektrumları, (a)20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c )%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	95
Şekil 6.32	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanının FT-IR spektrumları, (a)20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c )%40ABD+%60(KR-KR).....	96
Şekil 6.33	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanının FT-IR spektrumları, (a)20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c )%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	97
Şekil 6.34	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanının FT-IR spektrumları, (a)20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c )%40AÇD+%60(KR-KR).....	98
Şekil 6.35	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c ) damar kömürlerinden elde edilen kokların FT-IR spektrumları.....	119
Şekil 6.36	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c ) damar kömürlerinden elde edilen kokların FT-IR spektrumları.....	120
Şekil 6.37	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c ) damar kömürlerinden elde edilen kokların FT-IR spektrumları.....	121
Şekil 6.38	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) koklarının FT-IR spektrumları.....	122
Şekil 6.39	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) koklarının FT-IR spektrumları.....	123
Şekil 6.40	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları (a)20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c )%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	124
Şekil 6.41	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük	



	damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları (a)20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c )%40ABD+%60(KR-KR) .....	125
Şekil 6.42	Üzülmez+Kozlu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları (a)20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c )%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	126
Şekil 6.43	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları (a)20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c )%40AÇD+%60(KR-KR).....	127
Şekil 6.44	Üzülmez ve Kozlu işletmesine ait katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)ÜZ Sulu, (2)ÜZ Çay, (3)ÜZ Nasıfoğlu, (4)KZ Sulu, (5)KZ Çay, (6)KZ Büyükkılıç, (7)ÜZ+KZ.....	129
Şekil 6.45	Karadon işletmesine ait katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)KR Sulu, (2)KR Çay, (3)KR Akdağ, (4)KR-KR.....	130
Şekil 6.46	Üzülmez+Kozlu karışım, Armutçuk işletmesi Büyük damar ve bu kömürlerin çeşitli oranlarda harmanından elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)%100ÜZ+KZ,(2)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (3)%70ABD+%70(ÜZ+KZ), (4)%40ABD+%60(ÜZ+KZ), (5)%100ABD.....	132
Şekil 6.47	Karadon karışım, Armutçuk işletmesi Büyük damar ve bu kömürlerin çeşitli oranlarda harmanından elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)%100(KR-KR), (2)%20ABD+%80(KR-KR), (3)%70ABD+%70(KR-KR), (4)%40ABD+%60(KR-KR), (5)%100ABD.....	133
Şekil 6.48	Üzülmez+Kozlu karışım, Amasra işletmesi Çınarlı damar ve bu kömürlerin çeşitli oranlarda harmanından elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)%100ÜZ+KZ, (2)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (3)%70AÇD+%70(ÜZ+KZ), (4)%40AÇD+%60(ÜZ+KZ), (5)%100AÇD.....	134
Şekil 6.49	Karadon karışım, Amasra işletmesi Çınarlı damar ve bu kömürlerin çeşitli oranlarda harmanından elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)%100(KR-KR), (2)%20AÇD+%80(KR-KR), (3)%70AÇD+%70(KR-KR), (4)%40AÇD+%60(KR-KR), (5)%100AÇD.....	135
Şekil 6.50	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c ) damar katranlarının FT-IR spektrumları.....	137
Şekil 6.51	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c ) damar katranlarının FT-IR spektrumları.....	138
Şekil 6.52	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c ) damar katranlarının FT-IR spektrumları.....	139
Şekil 6.53	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) katranlarının FT-IR spektrumları.....	140

Şekil 6.54	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı (b) katranlarının FT-IR spektrumları.....	141
Şekil 6.55	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ); (c )%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	142
Şekil 6.56	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyükdamarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR); (c )%40ABD+%60(KR-KR).....	143
Şekil 6.57.	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ); (c )%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	144
Şekil 6.58	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR); (c )%40AÇD+%60(KR-KR).....	145
Şekil 6.59	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c ) damar asfaltlenlerinin FT-IR spektrumları.....	153
Şekil 6.60	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c ) damar asfaltlenlerinin FT-IR spektrumları.....	154
Şekil 6.61	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c ) damar asfaltlenlerinin FT-IR spektrumları.....	155
Şekil 6.62	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) asfaltlenlerinin FT-IR spektrumları.....	156
Şekil 6.63	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) asfaltlenlerinin FT-IR spektrumları.....	157
Şekil 6.64	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen asfaltlenlerin FT-IR spektrumları,(a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c )%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	158
Şekil 6.65	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen asfaltlenlerin FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c )%40ABD+%60(KR-KR).....	159
Şekil 6.66	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen asfaltlenlerin FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c )%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	160
Şekil 6.67	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen asfaltlenlerin FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c )%40AÇD+%60(KR-KR).....	161
Şekil 6.68	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c ) damarları heksan eluatlarının FT-IR spektrumları.....	167

Şekil 6.69	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damarları hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları.....	168
Şekil 6.70	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damarları hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları.....	169
Şekil 6.71	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları.....	170
Şekil 6.72	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları.....	171
Şekil 6.73	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları,(a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	172
Şekil 6.74	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c)%40ABD+%60(KR-KR).....	173
Şekil 6.75	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları,(a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	174
Şekil 6.76	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c)%40AÇD+%60(KR-KR).....	175
Şekil 6.77	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları.....	178
Şekil 6.78	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları.....	179
Şekil 6.79	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları,(a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	181
Şekil 6.80	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c)%40ABD+%60(KR-KR).....	182
Şekil 6.81	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları,(a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	183
Şekil 6.82	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c)%40AÇD+%60(KR-KR).....	184
Şekil 6.83	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damarları toluen eluatlarının FT-IR spektrumları.....	191

Şekil 6.84	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damarları toluen eluatlarının FT-IR spektrumları.....	192
Şekil 6.85	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damarları toluen eluatlarının FT-IR spektrumları.....	193
Şekil 6.86	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) toluen eluatlarının FT-IR spektrumları.....	194
Şekil 6.87	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) toluen eluatlarının FT-IR spektrumları.....	195
Şekil 6.88	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	196
Şekil 6.89	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR).....	197
Şekil 6.90	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	198
Şekil 6.91	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR).....	199
Şekil 6.92	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları.....	202
Şekil 6.93	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları.....	203
Şekil 6.94	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	204
Şekil 6.95	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR).....	205
Şekil 6.96	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	206
Şekil 6.97	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR).....	207
Şekil 6.98	Üzülmez işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damarları metanol eluatlarının FT-IR spektrumları.....	212

Şekil 6.99	Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damarları metanol eluatlarının FT-IR spektrumları.....	213
Şekil 6.100	Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damarları metanol eluatlarının FT-IR spektrumları.....	214
Şekil 6.101	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) metanol eluatlarının FT-IR spektrumları.....	215
Şekil 6.102	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) metanol eluatlarının FT-IR spektrumları.....	216
Şekil 6.103	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları,(a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	217
Şekil 6.104	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c)%40ABD+%60(KR-KR).....	218
Şekil 6.105	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları,(a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	219
Şekil 6.106	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c)%40AÇD+%60(KR-KR).....	220
Şekil 6.107	Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları.....	223
Şekil 6.108	Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b)metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları.....	224
Şekil 6.109	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları,(a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40ABD+%60(ÜZ+KZ).....	226
Şekil 6.110	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20ABD+%80(KR-KR), (b)%30ABD+%70(KR-KR), (c)%40ABD+%60(KR-KR).....	227
Şekil 6.111	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları,(a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c)%40AÇD+%60(ÜZ+KZ).....	228
Şekil 6.112	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları, (a)%20AÇD+%80(KR-KR), (b)%30AÇD+%70(KR-KR), (c)%40AÇD+%60(KR-KR).....	229

Şekil E.1	Maseral tiplerine göre reaktifleri inertlere optimum oranının değişimi.....	292
Şekil E.2	İnert oranı ve vitrinit tipleri ile sağlamlık faktörü arasındaki ilişki.....	293
Şekil E.3	Kompozisyon balans indeksi, mukavemet indeksi ve stabilite faktörleri arasındaki ilişki.....	294



## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Taşkömürlerinin uluslararası sınıflandırılması.....	10
Çizelge 4.1 Kömürün ısıtılma sıcaklıklarına göre karbonizasyon proseslerinin sınıflandırılması (Gibson, 1979 ve Einsenhut, 1978).....	24
Çizelge 5.1 Jenkner yüksek sıcaklık karbonizasyon sisteminin birimleri.....	29
Çizelge 6.1 Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları.....	40
Çizelge 6.2 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarları tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları.....	40
Çizelge 6.3 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarları tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları.....	41
Çizelge 6.4 Armutçuk işletmesi Büyük Damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damarı tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları.....	42
Çizelge 6.5 Üzülmez işletmesi Sulu damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	42
Çizelge 6.6 Üzülmez işletmesi Çay damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	43
Çizelge 6.7 Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	43
Çizelge 6.8 Kozlu işletmesi Sulu damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	44
Çizelge 6.9 Kozlu işletmesi Çay damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	44
Çizelge 6.10 Kozlu işletmesi Büyükkılıç damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	45
Çizelge 6.11 Karadon işletmesi Sulu damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	45
Çizelge 6.12 Karadon işletmesi Çay damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	46
Çizelge 6.13 Karadon işletmesi Akdağ damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	46
Çizelge 6.14 Armutçuk işletmesi Büyük damar tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	47
Çizelge 6.15 Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm <sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	47
Çizelge 6.16 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm <sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	48
Çizelge 6.17 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm <sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	48
Çizelge 6.18 Armutçuk işletmesi Büyük damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm <sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları.....	48
Çizelge 6.19 Karbonizasyonu gerçekleştirilen Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarı taşkömürlerine ait analiz sonuçları .....	49

Çizelge 6.20	Karbonizasyonu gerçekleştirilen Kozlu İşletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerine ait analiz sonuçları.....	50
Çizelge 6.21	Karbonizasyonu gerçekleştirilen Karadon İşletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarı taşkömürlerine ait analiz sonuçları .....	51
Çizelge 6.22	Karbonizasyonu gerçekleştirilen Armutçuk işletmesi Büyük Damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerine ait analiz sonuçları .....	52
Çizelge 6.23	Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları .....	55
Çizelge 6.24	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları .....	56
Çizelge 6.25	Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışım numunesinin Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları .....	57
Çizelge 6.26	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları .....	58
Çizelge 6.27	Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	62
Çizelge 6.28	Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	63
Çizelge 6.29	Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	64
Çizelge 6.30	Armutçuk işletmesi Büyük damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damarı taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	65
Çizelge 6.31	Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	67
Çizelge 6.32	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	68
Çizelge 6.33	Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	71
Çizelge 6.34	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları.....	72
Çizelge 6.35	Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	73
Çizelge 6.36	Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	74
Çizelge 6.37	Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	74



Çizelge 6.38	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	75
Çizelge 6.39	Üzülmez+Kozlu karışım ve Karadon karışım kömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	75
Çizelge 6.40	Üzülmez+Kozlu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	76
Çizelge 6.41	Karadon karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	76
Çizelge 6.42	Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	77
Çizelge 6.43	Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları.....	77
Çizelge 6.44	Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	101
Çizelge 6.45	Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	102
Çizelge 6.46	Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	103
Çizelge 6.47	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	104
Çizelge 6.48	Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	105
Çizelge 6.49	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	106
Çizelge 6.50	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	107
Çizelge 6.51	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt).....	108
Çizelge 6.52	Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları.....	110
Çizelge 6.53	Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları.....	111
Çizelge 6.54	Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları.....	111

Çizelge 6.55 Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları.....	112
Çizelge 6.56 Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürünlerine ait analiz sonuçları.....	113
Çizelge 6.57 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürünlerine ait analiz sonuçları.....	114
Çizelge 6.58 Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürünlerine ait analiz sonuçları.....	116
Çizelge 6.59 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürünlerine ait analiz sonuçları.....	117
Çizelge 6.60 Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	147
Çizelge 6.61 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	147
Çizelge 6.62 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	148
Çizelge 6.63 Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar kömürlerinin karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	148
Çizelge 6.64 Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	149
Çizelge 6.65 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	149
Çizelge 6.66 Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	150

Çizelge 6.67	Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı.....	150
Çizelge 6.68	<sup>1</sup> H-n.m.r. spektroskopisinin tanımlanması .....	163
Çizelge 6.69	Armutçuk işletmesi Büyük damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damar hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	164
Çizelge 6.70	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	164
Çizelge 6.71	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	165
Çizelge 6.72	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	165
Çizelge 6.73	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	166
Çizelge 6.74	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı sonuçları.....	185
Çizelge 6.75	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı.....	186
Çizelge 6.76	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı.....	186
Çizelge 6.77	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı.....	187
Çizelge 6.78	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı.....	187
Çizelge 6.79	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar toluen eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	188
Çizelge 6.80	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen toluen eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	188
Çizelge 6.81	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen toluen eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	189
Çizelge 6.82	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	189

Çizelge 6.83	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları.....	190
Çizelge 6.84	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları.....	209
Çizelge 6.85	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	209
Çizelge 6.86	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	210
Çizelge 6.87	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	210
Çizelge 6.88	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları.....	211
Çizelge 6.89	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları.....	230
Çizelge 6.90	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	230
Çizelge 6.91	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	231
Çizelge 6.92	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	231
Çizelge 6.93	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup> H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları .....	232
Çizelge 6.94	Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	233
Çizelge 6.95	Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının	

	hacimsel bileşimi.....	234
Çizelge 6.96	Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	234
Çizelge 6.97	Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	235
Çizelge 6.98	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	235
Çizelge 6.99	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	236
Çizelge 6.100	Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	236
Çizelge 6.101	Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi.....	237
Çizelge E.1.1	Üzülmez işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	253
Çizelge E.1.2	Üzülmez işletmesi Çay damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	254
Çizelge E.1.3	Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	255
Çizelge E.1.4	Kozlu işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	256
Çizelge E.1.5	Kozlu işletmesi Çay damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	257
Çizelge E.1.6	Kozlu işletmesi Büyükkılıç damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	258
Çizelge E.1.7	Karadon işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	259
Çizelge E.1.8	Karadon işletmesi Çay damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	260
Çizelge E.1.9	Karadon işletmesi Akdağ damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	261
Çizelge E.1.10	Armutçuk işletmesi Büyük damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	262
Çizelge E.1.11	Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	263
Çizelge E.1.12	Üzülmez karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	264
Çizelge E.1.13	Kozlu karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	265
Çizelge E.1.14	ÜZ+KZ karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	266
Çizelge E.1.15	KR-KR karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	267

Çizelge E.1.16 %20ABD+%80(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	268
Çizelge E.1.17 %30ABD+%70(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	270
Çizelge E.1.18 %40ABD+%60(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	272
Çizelge E.1.19 %20ABD+%80(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	274
Çizelge E.1.20 %30ABD+%70(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	276
Çizelge E.1.21 %40ABD+%60(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	278
Çizelge E.1.22 %20AÇD+%80(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	280
Çizelge E.1.23 %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	282
Çizelge E.1.24 %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	284
Çizelge E.1.25 %20AÇD+%80(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	286
Çizelge E.1.26 %30AÇD+%70(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	288
Çizelge E.1.27 %40AÇD+%60(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması.....	290

## ÖNSÖZ

Öğrenim hayatım boyunca beni her konuda yönlendiren, destekleyen, benim en iyi şekilde yetişmem için bilgi ve birikimlerini devamlı aktaran, şefkatlerini hiç bir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof.Dr. Sabriye PİŞKİN' e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Doktora çalışmam süresince ilgi ve alakalarını esirgemeyen Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Rektörü Prof.Dr. Ramazan ÖZEN ve Rektör Yardımcısı Prof.Dr. Turgay ATALAY' a teşekkür ederim.

Jenkner karbonizasyon cihazını Zonguldak Karaelmas Üniversitesine hibe ederek yüksek sıcaklık karbonizasyon deneylerini yapmamı sağlayan Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Genel Müdürü' ne teşekkürü bir borç bilirim.

Deneylerim süresince her türlü yardımını esirgemeyen Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Kok Fabrikası Tali Ürünler Baş Mühendisi İskender ÖZER' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mali destek sağlayan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Araştırma Fonu Müdürlüğüne (Proje No: 97-111-003-05) ve bu projede yardımlarını esirgemeyen Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr. Şadi ŞEN' e teşekkür ederim.

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.' nde numunelerin analizlerinin yapılması ile ve her türlü konuda beni bilgilendirerek yardımcı olan Kok Fabrikası Müdürü Necdet SAVAŞ, Kok Fabrikası Müdür Muavini Emin Önal, Merkez Laboratuvar Müdürü Mehmet KAHRAMAN, Merkez Laboratuvar Müdür Muavini Ayten Örgün, Kok Laboratuvarı Şefi İsmail AKSOY, Kok Laboratuvarı Formeni Erhan Bey, Çevre Mühendisi Coşkun BOSTANCI, Kok Fabrikası ve Kok Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim.

Laboratuvarlarında çalışmama izin veren Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof.Dr. Yadigar MÜFTÜOĞLU ve bölüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Cihazın kurulmasına ve karbonizasyon deneylerinin yapılmasına yardımcı olan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç Dr. İhsan TOROĞLU' na teşekkür ederim.

Kömür numunelerinin dilatasyon deneylerini yapan Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Kok Laboratuvarı Formeni Necati ÇORMANCIK ve İskenderun Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Kok Laboratuvarı Mühendisi Ömer ÖZAL' a teşekkür ederim.

Kok gazlarının gaz kromatografisinde analizlerini yapan ve manevi olarak beni destekleyen Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Nergiz ŞAHİN' e teşekkür ederim.

Kömür örneklerinin petrografik analizlerini yapan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Y.Doç.Dr. Sait KIZGUT' a teşekkür ederim.

Örneklerin bir kısmının elementel analizlerinin yapılmasını sağlayan Ortadoğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof.Dr. Ali ÇULFAZ' a teşekkür ederim.

Katran örneklerinin floresans spektrumlarının çekilmesinde yardımcı olan Yıldız Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr. Huriye KARŞILAYAN ve Araştırma Görevlisi İbrahim Ethem ÖZYİĞİT'e teşekkür ederim.

Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği laboratuvarlarında çalışmamı sağlayan Bölüm Başkanı Prof.Dr. Salih DİNÇER ve bölüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Organik Kimya Araştırma Laboratuvarında çalışmama izin veren Yıldız Teknik Üniversitesi Rektör Yardımcısı Prof.Dr. Şeniz KABAN ve Organik Kimya Öğretim Üye ve Araştırma Görevlilerine teşekkür ederim.

Çalışmalarında bana büyük destek ve yardımlarda bulunan eşim Kimya Yük. Mühendisi Ali AYLA' ya sonsuz teşekkür ederim.

Hiç bir fedakarlıktan kaçınmadan beni bugünlere getiren, ülkesine faydalı bir evlat olarak yetiştiren herşeyim annem Sonay SÜTCÜ, babam Özdemir SÜTCÜ ve ağabeyim P.Bnb. İbrahim SÜTCÜ' ye minnettarım.



## ÖZET

Türkiye’ de Demir-Çelik Fabrikalarında metalurjik kok üretimi için gerekli olan kömür ihtiyacının yurdumuzdaki mevcut taşkömürlerinin metalurjik kok üretimine kazandırılması sonucu ithalat ile karşılanan miktarın azaltılması sağlanıp, Türk ekonomisine bu yolla katkıda bulunulabilir. Bu sebeple, Zonguldak kömürlerinin yakıt olarak kullanılması yerine, kül miktarının düşürülerek metalurjik kok üretiminde kullanılması sağlanmalıdır. Ayrıca, koklaşma yeteneği az olan Armutçuk ve koklaşma yeteneği olmayan Amasra kömürlerinin de bu amaç için kazandırılması gereklidir.

Bu çalışmada, Zonguldak Bölgesi Üzülmüş işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları, Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarları, Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarları, Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarları taşkömürleri 1050°C sıcaklıkta Jenkner yüksek sıcaklık karbonizasyon cihazında karbonize edilerek, kok, katran, kok gazı, bozunma suyu, hafif yağ ve hidrojen sülfür verimleri hesaplanmış ve bu ürünlerin kimyasal yapıları incelenmiştir.

Damar bazında yapılan deneylere ilave olarak, Üzülmüş, Kozlu ve Karadon kömürlerinin Armutçuk ve Amasra kömürleri ile çeşitli oranlarda harmanlarının karbonizasyon deneyleri de yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, kömürlerin kül içeriklerinin metalurjik kok üretimi için yüksek olmasından dolayı, öncelikle yüzdürme-batırma deneyleri uygulanarak kül miktarlarının düşürülmesi sağlanmış ve yüzen kömürler karbonizasyon deneylerinde kullanılmıştır.

Kömürlerin yapıları kimyasal analiz, elementel analiz, dilatasyon, FT-IR spektroskopisi, petrografik analiz ile incelenmiş, metalurjik kok kömürü üretimine uygun özelliklere sahip olduğuna karar verilmiştir. Petrografik yapılarının bilinmesi ile karbonizasyon öncesi kokların mukavemetleri hesaplanarak kömür karışım oranlarının belirlenmesi sağlanmıştır.

Damar ve karışım kömürleri koklarının yapıları kimyasal analiz, elementel analiz ve FT-IR spektroskopisi ile aydınlatılmıştır.

Damar kömürlerinden ve bunların farklı oranlardaki kömürlerinden elde edilen katranların yapıları arasındaki benzerlik ve farklar floresans spektroskopisi ve FT-IR spektroskopisi ile incelenmiştir. Yapısının daha ayrıntılı incelenebilmesi için, katran çözücü ekstraksiyonu ile alt fraksiyon ürünleri olan yağ, asfalten ve preasfalten ürünlerine ayrılmıştır. Asfalten fraksiyonunun yapısı FT-IR spektroskopisi ile aydınlatılmaya çalışılmıştır. Yağ fraksiyonuna ise kolon kromatografisi uygulanarak hekzan eluatı (alifatikler), toluen eluatı (nötral aromatikler) ve metanol eluatı (polar aromatikler) olarak adlandırılan kısımlarına ayrılmıştır. Eluatların yapıları elementel analiz, FT-IR spektroskopisi ve <sup>1</sup>H-n.m.r. spektroskopisi ile incelenerek, mukayese edilmiş ve karışımlardaki etkileri belirlenmiştir.

Kok gazının bileşimi de gaz kromatografisi ile aydınlatılarak, farklı kimyasal özelliklere sahip kömürlerin gaz bileşimine etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkömürü, yüzdürme-batırma, petrografi, yüksek sıcaklık karbonizasyonu, kok, katran, kok gazı, FT-IR spektroskopisi, <sup>1</sup>H-n.m.r. spektroskopisi, floresans spektroskopisi



## **ABSTRACT**

Metallurgical coke is the base material for steel industry. Since the amount of imported coke which is used for the production of metallurgical coke has been increasing, the conversion of the non-coking coals into coking coals will contribute to Turkish economy. Although the coal from Zonguldak district has some limitation for the production of metallurgical coke because of its high ash content, it could be evaluated as coking coals by decreasing its ash content. In addition to that, Armutçuk district coals which has very small carbonization character and Amasra district coals which does not have any carbonization character should also be recovered as coking coals.

In this study, the coals which were collected from Sulu, Çay, and Nasifoğlu seams in Üzülmez district, Sulu, Çay and Büyükkılıç seams in Kozlu district, Sulu, Çay, Akdağ seams in Karadon district, Büyük seam in Armutçuk district and Çınarlı seam in Amasra district were carbonized at a Jenkner high temperature carbonization device at 1050°C. Then, the products such as coke, tar, coke gas, decomposition water, light oil, hydrogen sulphur yields were calculated and their chemical structure were observed.

The same experiments and observations were also carried out for the mixture of the coals from Üzülmez, Kozlu, Karadon districts with Armutçuk and Amasra coals.

Before the coals were carbonized, because of the high ash content of the coals, sink-float experiments have been applied in order to decrease their ash content.

The structure of the coals were investigated by using chemical and elemental analysis, FT-IR spectroscopy and dilatation.

By understanding of the petrographic structure, it was possible to calculate the strength of the coke which helped to determine the mixture proportions of the coals.

The coke which were produced in the carbonization process were also analyzed by using chemical, elemental analysis and FT-IR spectroscopy.

One of the by-products, tar was investigated by fluorescence and FT-IR spectroscopy. In order to carry out further investigation of the tar's structure, the tar was fractionated by solvent extraction, and products such as asphaltene, oil, preasphaltene were obtained. Structure of the asphaltene was analyzed by FT-IR spectroscopy. Then, oil fraction has been further fractionated into hegzane eluate (paraffins), toluen eluate (aromatics) and methanol eluate (polar compounds) by column chromatography. The structure investigation of each eluate was realized by elemental analysis, <sup>1</sup>H-NMR and FT-IR and they have been compared to each other.

The composition of the coke gas was investigated using gas chromatography in terms of the effects of different coal mixtures that is obtained from different seams and regions mentioned above.

**Keywords:** Bituminous coal, sink-float, petrography, high temperature carbonization, coke, tar, coke gas, FT-IR spectroscopy, <sup>1</sup>H-NMR, fluorescence spectroscopy.



## 1. GİRİŞ

Karbonizasyon, sıvılaştırma ve gazlaştırma gibi yakıt ve kimyasal hammadde üretimi için kömüre uygulanan proseslerden birisidir. Yalnızca yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilebilen metalurjik kok, Demir-Çelik Endüstrisinin temel taşlarından birisini oluşturmaktadır. Kok üretimi için ihtiyaç duyulan taşkömürünün ülkemizde büyük bir çoğunluğunun Zonguldak havzasında bulunması, bu bölgeyi önem bakımından ilk sıraya yerleştirmektedir.

Türkiye' deki mevcut taşkömürlerinin yakıt olarak değil, metalurjik kok üretimi için kullanılması dışa bağımlılıktan kurtulmamızı hem de taşkömürlerimizin bu amaç için kazandırılmasını sağlayacaktır.

Metalurjik amaçlı kok üretimi esnasında kok haricinde elde edilen yan ürünler sayısı yüzleri bulan içerdiği değerli bileşiklerden ötürü önem kazanmaktadır. Kok gazı, amonyum sülfat, saf benzol, motor benzol, toluol, ksilol ve solvent nafta gibi ürünler ticari amaçlı olarak üretilirken, ham katran değerlendirilememektedir.

Ülkemizde mevcut bulunan Demir-Çelik Fabrikalarında elde edilen ham katran miktarı hammadde işleme tesislerinin yetersizliği sebebi ile her geçen gün artmaktadır. Bir kısmı yurt dışına ihraç edilen ham katranın içerdiği bir çok bileşiğin Türkiye' ye ithalat yolu ile geri gelmesi dışa bağımlılığımızı arttırmaktadır. Bu sebeple, Demir-Çelik Fabrikalarında elde edilen ham katranın ihtiva ettiği kimyasal bileşiklerin kazanılması yoluna gidilmelidir.

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu Zonguldak Havzası üretim birimleri olan Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarları, Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları, Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarları, Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarları taşkömürlerinin endüstriyel koşulları bire bir yansıtan pilot ölçekli Jenkner Yüksek Sıcaklık Karbonizasyon cihazında ele geçen yan ürünlerin kimyasal yapıları incelenmiştir. Damar kömürlerinin yansıra, Üzülmez ve Kozlu işletmesi damarlarının karışımı ve

**Karadon işletmesi damarlarının karışını ayrı ayrı Armutçuk ve Amasra işletmesi damarları ile çeşitli oranlarda harmanlanarak yüksek sıcaklık karbonizasyonları da gerçekleştirilmiştir.**



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yürüm (1973) tarafından Karabük Kok Fabrikasından temin edilen katran numunesinin nötral, fenolik ve bazik yağ fraksiyonlarının bileşiminin %2,7 baz, %7,5 fenol ve %89,9 nötral yağlar, ve nötral yağların %90' lık bölümünün aromatik bileşiklerden ibaret olduğu bulunmuştur. Bu fraksiyonların gaz kromatografisi yöntemi ile nitel analizi sonucu katranın içeriğinde kırk kadar bileşik tesbit edilmiştir. Karabük katranının fenolik fraksiyon bakımından oldukça zengin olduğu bulunmuştur.

MTA (1976) tarafından, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Asfaltitlerinin ülke ekonomisi yönünden en iyi değerlendirme yöntemlerinin saptanması amacı ile, piroliz yöntemi ile Jenkner düzeneği kullanılarak gaz, sıvı ve katı yakıt eldesi olanakları araştırılmıştır. 900°C maksimum piroliz sıcaklığı, 700 g. numune miktarı, 3°C/dk. ısıtma hızı koşullarında gerçekleşen piroliz sonucu, Güneydoğu Anadolu Bölgesi asfaltitlerinin Ni, Mo, V, Ti gibi değerli metalleri ve U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> gibi radyoaktif bir minerali içerdiği bilindiğinden, kok ve kok külünde bahsedilen bileşenler araştırılmış ve piroliz prosesinde bu değerli metaller ve U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>' in kaybolmadığı ve karbonsal artıktaki kaldığı görülmüştür.

MTA (1978) tarafından Beypazarı bitümlü şistlerinin 550, 570, 755 ve 900°C gibi dört farklı sıcaklıkta 2 kg.numune kullanılarak Jenkner sisteminde retortlama sonucu elde edilen ürün verimleri incelenmiştir. Kok verimi artan sıcaklık ile azalırken gaz veriminin arttığı, buna karşılık katran veriminin sabit kaldığı görülmüştür. Bu durum katran çıkışının 550°C' da tamamlandığını ortaya koymaktadır. Bu durumda, adı geçen bitümlü şistin sadece katran eldesine yönelik değerlendirilmesi halinde, 550-600°C arasında retortlama işleminin zaman ve enerji kazanılması açısından uygun olduğu belirtilmektedir.

Paksoy ve arkadaşları (1979), İsdemir Kok Fabrikalarında taşkömürünün koklaştırılması işleminde üretilen ham katran numunesinin nötral, asidik ve bazik yağ fraksiyonlarının ince tabaka kromatografisi, gaz kromatografisi ve GC-MS

yöntemleri ile incelenmesi sonucu, bazı fraksiyonunun daha çok sübstitüe anilin içerdiği, kömür katranında özellikle aromatik bileşiklerin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Eser (1981), Kozlu taşkömürü, Soma, Tunçbilek, Beypazarı, Çan, Seyitömer, Elbistan linyitlerinin 950°C sıcaklık ve 5°C/dk. ısıtma hızı ile Jenkner düzeneğinde ısı bozunma sonucu elde edilen ürün verimleri, bileşimleri ve ısı değerleri gibi, kömürün yapısının anlaşılmasında ve kullanılma alanının doğru seçilmesinde yardımcı olacak verileri belirlemek için araştırma yapmıştır. Karbon içeriği arttıkça kok verimi artarken, gaz verimi azalmaktadır. Gazların ısı değerlerinin 2500-3300 kcal/m<sup>3</sup> arasında olduğu ve linyit gazlarındaki CO<sub>2</sub> içeriğinin düşürülmesi halinde elde edilecek gazların hacim ve ısı değerlerinin taşkömürü gazınmkilerden fazla farklı olmadığı görülmüştür. Kömür ısı değerinin ürünlere dağılımında, %61-74' ünün kokta, %16-18' inin gazda, %10-20' sinin katranda, %2-3' ünün hafif yağda bulunduğunu hesaplamıştır.

Akçura (1982), Adıyaman kahverengi kömürü, Soma linyiti, Armutçuk ve Kozlu bitümlü kömürlerinin 500, 600, 700 ve 900°C gibi düşük ve yüksek sıcaklıklarda Jenkner düzeneğinde karbonizasyon ürünlerinin (katı ürün, katran, hafif yağ, bozunma suyu, hidrojen sülfür ve gaz) verim ve özelliklerini incelemiştir. Katı ürün, kısa ve elementel analizlere tabi tutulup, ısı değeri saptanırken, katran, benzen ve n-hekzanda çözülerek asfalten, yağ ve benzende çözünmeyen kısımlarına ayrılmıştır. Hafif yağ, gaz kromatografisi yöntemi ile incelenirken, karbonizasyon gazı, gaz kromatografisi ve Orsat cihazı ile analiz edilmiştir. Katı ürün veriminin, yükselen karbonizasyon sıcaklığı ile azalmakta, artan kömürleşme derecesi ile artmakta olduğu bulunmuştur. Gaz verimi, artan sıcaklık ve azalan kömürleşme derecesi ile yükselmekte, katran veriminin de buna ters durumda hareket ettiği görülmüştür.

Teo ve Watkinson (1987), Kanada bitümlü kömürlerinin pirolizi sonucu elde ettikleri katranı HPLC kullanılarak ayrılan asfalten, preasfalten ve yağ fraksiyonlarını GC ve GC-MS ile analiz etmişlerdir. Yağ fraksiyonunda naftalin, C<sub>8</sub>-



C<sub>14-18</sub> alkan-alken çiftleri ile birlikte alkil-sübstitüe benzenler ve asfalten fraksiyonunda üç-beş halkalı aromatikleri tespit etmişlerdir.

Vayisoğlu (1993), Batı Karadeniz ve Batı Anadolu bölgeleri taşkömürlerini ve linyitleri yüzdürme-batırma yöntemi ile farklı maseralleri içeren fraksiyonlarına ayırarak, bunları süper kritik toluen ekstraksiyonuna tabi tutmuştur. Parafinler, aromatikler ve polarlar olarak fraksiyonlarına ayırdığı sıvı ürünlerin yapılarını <sup>1</sup>H-n.m.r., GC, GC-MS ve size-exclusion kromatografisi ile aydınlatmaya çalışmıştır. Kömür ekstraktlarında daha çok kondanse aromatik birimler bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Maserallarda da yoğunluk arttıkça fenantren, antrasen, piren, krisen gibi kondanse birimlerin arttığını saptamıştır.

Altuntaş (1996), vitrinit maserallerince zengin Zonguldak taşkömürü ve bu kömürün demineralizasyon ürünlerinin düşük sıcaklık pirolizinde (300-500°C) mineral madde ve çeşitli katalizörlerin organik madde dönüşümüne etkisini incelemiştir. HCl asit ile yıkanan kömürlerden Ca, Mg ve Fe içeren karbonat minerallerin uzaklaştırıldığını bulmuştur. HCl asit ile yıkanmış kömürün piroliz dönüşümünün azalması, bu minerallere bağlı olan Ca, Mg ve Fe' in katalitik etkisinin olduğunu görmüştür. Kaolinit, illit, klorit ve kuartz gibi silikat mineralleri uzaklaştırıldığında, piroliz dönüşümünün arttığını saptamıştır.

### 3. KÖMÜRÜN ÖZELLİKLERİ

#### 3.1. Kömürün Tanımı

Kömür, uygun ortamlarda, bataklıklarda bozunma ve çürümeden kurtulan, bitki kalıntı birikimlerinin, zamanla biyokimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu oluşan ve değişik oranlarda organik (maseraller) ve inorganik (mineraller) yapıcı ve bileşenler içeren tortul bir kayadır (Özpeker, 1988).

Kömür, petrol gibi yoğun olarak karbon ve hidrojenden ibaret olmasına rağmen, petrolün aksine, daha düşük hidrojen ve daha yüksek karbon içeriğinden dolayı katı haldedir (Anderson, 1995).

#### 3.2. Kömürün Fiziksel ve Kimyasal Yapısı

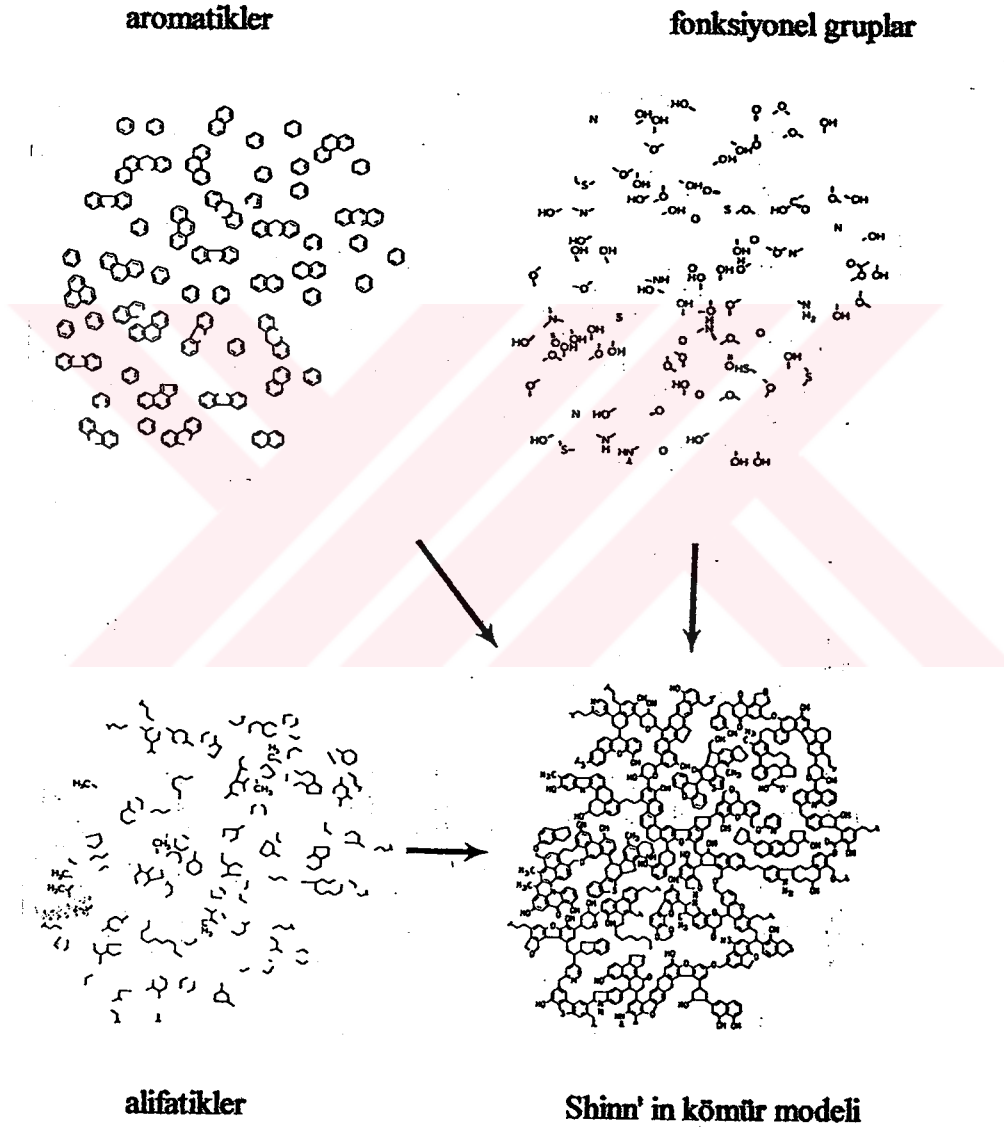
Kömür, açık kahverengiden siyaha kadar değişen renklere, yanmasını kolaylaştıran gözenekli bir yapıya ve karbon miktarı ile orantılı olarak değişen bir sertliğe sahiptir (Pişkin, 1988).

Kömürün oluşumunun temel maddesi olan bitki materyali heterojendir ve jeolojik olaylarla değişime uğradığından, kömürde mevcut farklı bölgelerin hepsi farklı kimyasal özelliklere sahip heterojen bir maddedir ( Grainger ve Gibson, 1981).

Kömürlerde zamanla oksijen azalması ve hidrojen miktarının nispeten sabit kalması, oksijenin kömür bünyesinden karbondioksit olarak atıldığını ifade eder. Kömürleşme ilerledikçe karbondioksitin yanında, hidrojenin azalmasına neden olan hidrokarbonların ortaya çıkması görülmektedir (Aytaç, 1968). Kömürleşmenin ilerlemesi organik bünyeden hidrofilik grupların kaybı sonucudur( Smith vd., 1993).

Kömür matriksi, oldukça küçük moleküllerden ibaret, moleküler faz ile makromoleküler bir yapıya sahiptir (Green vd., 1982 ve Larsen vd., 1985). Üç boyutlu makromoleküler ağ çeşitli tipteki bağların birleşmesi ile oldukça düşük moleküler ağırlık yapıları birimlerden ibaret olarak tanımlanır ( Larsen, 1988).

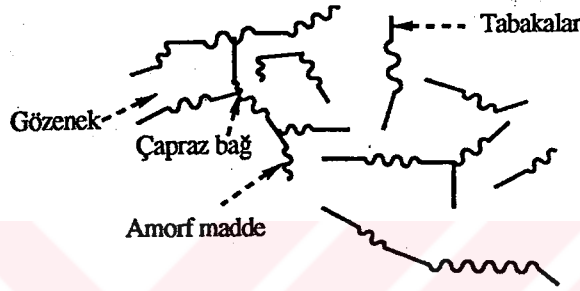
Aromatik/Hidroaromatik modelde, kömürlerin uçlarına fonksiyonel grup formunda bulunan heteroatomların bağ olduğu, aromatik ve hidroaromatik bloklardan oluştuğu kabul edilmektedir. Bu blok, başlıca metilen grupları, oksijen ve sülfür ile çapraz bağlıdır. Şekil 3.1.' de Shinn (1984) tarafından bitümlü bir kömüre ait model yapının oluşumu gösterilmektedir. Bu şekilde, aromatikler, fonksiyonel gruplar ve alifatikler birlikte model yapıyı oluşturmaktadırlar ( Tromp ve Moulijn, 1988).



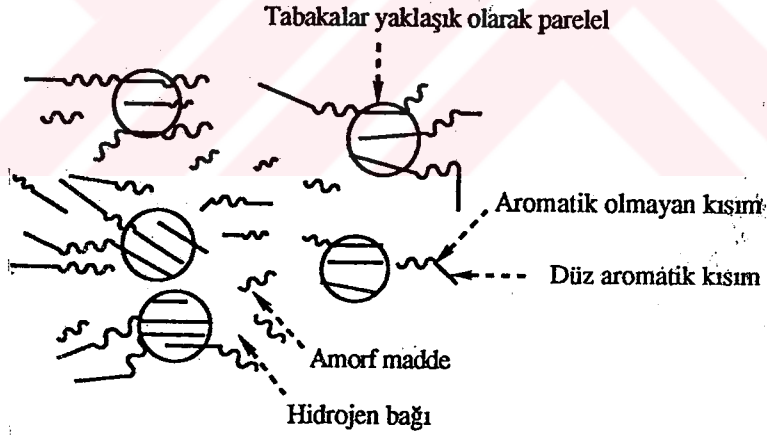
Şekil 3.1 Bitümlü bir kömür için model yapının oluşumu (Shinn, 1984)

Diğer bir kömür modelinde üç yapı gözlenir (Şekil 3.2.). Açık yapıda karbon oranı %85' e kadar olan düşük nitelikli kömürleri içeren bu yapıda lameller çapraz bağlar ile bağlanmıştır, bütün yönlere doğru rastgele dağılmışlardır ki oldukça gözenekli bir yapıdadırlar. Sıvı yapıda %85-91 karbon içeriği olan bitümlü kömürlerde çapraz bağ sayısı önemli ölçüde azalır, gözeneklilik görülmez, lamellerin dağılımında bir yönelme gözlenir. Karbon içeriği %91' den fazla olan yüksek rank içerikli kömürlerde antrasit yapı gözlenir. Lameller paralel şekilde dizilirler (Van Krevelen, 1981). Genç kömürlerde alifatik grup sayısı daha fazladır (Gerstein vd., 1979).

a) açık yapı



b) sıvı yapı



c) antrasit yapı



Şekil 3.2. Kömürün model yapısı a) açık yapı, b) sıvı yapı, c) antrasit yapı

Kömürleşme derecesinin ilerlemesi ile daha yoğun bir halka yapısı görülür (Dryden, 1963), grafitik bölgeler fazlaşır (Spiro ve Kosky, 1982; Larsen, 1980) ve daha düşük oksijen içeriği gözlenir.

Aromatiklik kömürün rank'ının artması ile yükseliş gösterir. Aromatik halkalar 700°C gibi bir temperatüre ısıldığı zaman bile bütünlüğünü korur. Linyitler ve altbitümlü kömürler bir halkadan üç halkaya kadar, bitümlü kömürler çoğunlukla iki halkadan dört halkaya kadar aromatikleri içerirler (Gavalas, 1982).

### **3.3. Kömürün Sınıflandırılması**

Kömürlerin sınıflandırılmasında, elementel analiz, kısa analiz, petrografik analiz vb. gibi parametreler kullanılmaktadır ki bitkisel materyalin jeolojik olayların etkisinde kalması sonucu kömürleşme meydana geldiğine göre, kömürün artan rank'ına bağlı olarak sınıflandırılması şöyle verilebilir: turba, linyit, altbitümlü kömür, bitümlü kömür, antrasit. (Oriel vd., 1945).

Avrupa Ekonomi Topluluğunun Kömür Komitesi Taşkömürlerinin Uluslararası sınıflandırmasını (Van Krevelen, 1981) Çizelge 3.1.'de olduğu gibi vermektedir. Buna göre, sınıfı belirleyen parametreler, uçucu madde ve ısı değeri; grup parametreleri, şişme katsayısı ve Roga katsayısı; alt grup parametreleri de dilatometre yüzde hacim değişimi ve Gray-King katsayısıdır.

### **3.4. Kömürün Petrografik Bileşenleri**

Kömürde bulunan organik bileşenlere maseral, inorganik bileşenlere mineral denilmektedir. Maserallerin kimyasal ve fiziksel özellikleri çok değişkendir, kristalize değildirler ki, oysa mineraller kristal yapısındadır ve kimyasal bileşimleri bilinmektedir (Stach vd., 1975).

Çizelge 3.1. Taşkömürlerinin Uluslararası Sınıflandırılması (Van Krevelen, 1981)

Gruplar (Koklaşma Özellikleri)		KOD NUMARALARI										YAN Gruplar (Koklaşma Özellikleri)		
Grup No.	Grup Parametreleri	Kod numaralarındaki birinci sayı, % J3'e kadar U.M. miktarı üzerinde kalorisizlik parametre tayinine dayanan kömürün sınıf numarasıdır. İkinci sayı grup, Üçüncü sayı yan grup numarasıdır.										YAN Grup No.	YAN Grup PARAMETRELERİ	
		Serbest. Şişme in.	Roga in.	435		535		635		735				832
3	> 4	> 45	334		434	534	634	734		832		> 140		6g
			333		433	533	633	733		832		> 50-140		65-68
2	2 1/2-4	> 20-45	322		422	522	622	722		822		> 0-50		61-64
			323		423	523	623	723		823		> 0-50		61-64
1	1-2	> 5-20	321		421	521	621	721		821		Yalnızca Büzülme		B-0
			322		422	522	622	722		822		≤ 0		E-G
0	0-1/2	0-5	312		412	512	612	712		812		Yalnızca Büzülme		B-0
			311		411	511	611	711		811		Yumuşama Yok		A
SINIF NUMARASI		0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aşağıda gösterilen sınıflarda yakıttağık U.M. miktarı belirtilmiştir.	
SINIF PARAMETRELERİ	Uçucu Madde (kur., kalsöz) Kalorisizlik Parametre Kcal/kg	0-3		> 3-10	> 10-14	> 14-20	> 20-28	> 28-35	> 35	> 35	> 35	> 35	6 333-41 U.M. 7 333-44 U.M. 8 335-50 U.M. 9 342-50 U.M.	
		0-3		> 3-10	> 10-14	> 14-20	> 20-28	> 28-35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	Sınıf 6 333-41 U.M. 7 333-44 U.M. 8 335-50 U.M. 9 342-50 U.M.

(SINIFLAR) %33'e kadar U.M. ve %33'ün üzerinde uçucu madde içeren kömürlerde kalorisizlik parametreye göre tayin edilmiştir.

Maseral kümeleri vitrinit, inertinit ve lptinit (ekzinit) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır ki bu grupların kimyasal kompozisyonları farklıdır ve kömürün orijininin tanımlanmasını sağlayan optik mikroskop altında farklı yapısal şekillere sahiptir (Ting, 1982 ve Stach, 1982).

Kömürleşme derecesi arttıkça maserallerin kimyasal ve fiziksel özellikleri de değişir. Maserallerin yansıtma özellikleri karbon ve uçucu madde içeriklerine de bağlı olup yansıtmanın ölçülmesi ile kömürleşme derecesi saptanabilir.

Reflektans değeri %0,5' den düşük olan kömürler düşük dereceli, yüksek uçucu maddeli kömürler ve altbitümlü kömürlerdir. %2' den fazla olanlar ise, koklaşmayan semî antrasit ve antrasit sınıfı kömürlerdir. Yüksek reflektans bölgesi, inert maddelere yaklaşır. Bunlar koklaşma bakımından reaktif olmayan bölgelerdir (Çalışkan, 1984).

#### **3.4.1. Vitrinit grubu**

Bitkilerin yapraklarından ve odunsal kısımlarından oluşurlar. Kömürleşme derecelerinin ve sınıflarının ifade edilmesinde ve karşılaştırılmasında vitrinitlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılır (MTA, 1978). Vitrinit, taşkömürlerinin en önemli maseral grubu olup (Özpeker, 1988), alifatik gruplarla çevrelenmiş aromatik çekirdeklerden oluşan hüminleri içerirler ki kömürleşme derecelerine göre %20-35 oranında uçucu madde ihtiva etmektedirler. Kömürleşme derecesi arttıkça, çevresel alifatik gruplar kaybolurken çekirdek büyür. Isıtıldığında yüksek plastiklik ve iyi kabarma özelliği gösterdiğinden, inert maddeleri kaplayarak, bağlayıcı özellik gösterirler. Bundan dolayı, iyi koklaşan kömürlerin yüksek oranlarda vitrinit ile birlikte, bir miktar koklaşma özelliği gösteren, ekzinit içermesi gerekmektedir (Francis, 1961; Parks, 1963; MTA, 1978; Çalışkan, 1984; Nalcı, 1990; Rodopman, 1984).

### 3.4.2 İneritinit grubu

İneritinit grubu maseraller, hidrojenca fakir, karbonca zengin olduklarından koklaşma sürecinde reaksiyon göstermezler (Özpeker, 1988). Orman yangınlarından oluşan fosilleşmiş odun kömürlerini (fusinit), kısmen okside olmuş bitki birikimlerini (mikrinit ve semi-fusinit) ve okside olmuş reçinelerle polimerize olmuş hidrokarbonları içerirler. Fusinitler yaklaşık %94 C ve %2,7 H içerirler. Diğer ineritinit tipleri vitrinitten yaklaşık %2 daha fazla karbon ve çok daha az hidrojen içerirler. Uçucu madde oranı %8-20 arasında değişir (MTA, 1978). Semifüsinitler hava ile temas ederek kısmen bozunmaya uğramış olup, yarı inert yapıdadırlar (Nalcı, 1990).

### 3.4.3 Ekzinit grubu

Orijini ağaç dokusu dışındaki bitkisel maddelere dayanan bu grup maseraller, mikro ve makro sporelerden, hücrelerin dış yapılarından, reçine ve yosun artıklarından oluşur (Özbayoğlu ve Hoştan, 1997). Ekzinitler, vitrinitelere göre daha az etkin maserallerdir, ısıtıldıklarında bütünü ile plastikleşirler ve katran şeklinde damıtılırlar. Hidrojen ve uçucu madde yönünden zengin, oksijenca fakirdirler. Karbon miktarı, benzer kömürleşme derecesine sahip diğer kömür maserallerinden biraz daha az veya eşittir. Az miktarlarda kükürt ve azot da içerirler. Kok yapısının hücreli olmasına ve bağlı oldukları vitrinitlerin akışkanlığının artmasına yardımcı olurlar. Kimyasal olarak, aromatik ve azotlu, kükürtlü heterosiklik halkaları ihtiva eden naftenik yapıya sahiptirler. Ortalama molekül ağırlıkları 3000 dolayındadır (Francis, 1961; Parks, 1963; MTA, 1978; Çahşkan, 1984).



## 4. KARBONİZASYON

### 4.1 Karbonizasyon nedir?

Genel olarak katı fosil yakıtlarda ve özellikle kömürde değişik sistemlerde, ayrı proses şartlarında ve en önemlisi farklı ürünlere yönelik çok maksatlı karbonizasyon prosesleri, laboratuvar ölçülerinden başlayıp büyük ekonomik endüstriyel tesislere kadar uzanan geniş bir alanda uygulanmaktadır.

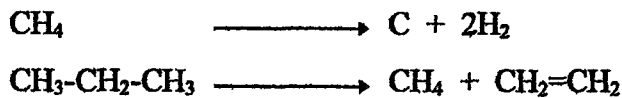
Karbonizasyon, inert bir ortamda, yan ürün olarak sıvı ve gaz ürünler elde edilirken, karbon içerikli katı yakıt üretilmesi amacı ile, organik maddelerin parçalanması prosesidir. Kok haricindeki, diğer ürünler kömür kimyasalları veya yan ürünler olarak adlandırılır (Austin, 1985).

Karbonizasyon, yıllardır, yüksek ve orta uçuculu bitümlü kömürlere metalurjik kok üretimi için uygulanmaktadır. Linyitler kısmen kullanılırken, antrasit ve alt bitümlü kömürler ticari amaçlı olarak karbonizasyonda kullanılmazlar (Rhodes, 1945). Piroliz sırasında, kömür moleküllerinin parçalanması derece derece olur. Kömür moleküllerinden kopan ilk ürünler, ortamın devamlı sıcak olmasından dolayı çeşitli reaksiyonların etkisinde yan ürünleri meydana getirirler (Kocaer, 1969). Termal dekompozisyon sonucu, bütün piroliz proseslerinde olduğu gibi, polisiklik kömür yapısı daha küçük, daha hafif moleküllere, gaz veya sıvı olarak parçalanır. Aynı anda, parçalanma reaksiyonu ürünleri polimerize olur veya kok üretimi için birleşirler. Piroliz boyunca üretilen sıvıların hidrojen içeriği, kömürdekinden daha yüksektir. Koklaşma prosesi süresince elde edilen sıvılar düşük kalitededir ve hala heteroatomları, S, N ve O' i ihtiva ederler (Anderson, 1995).

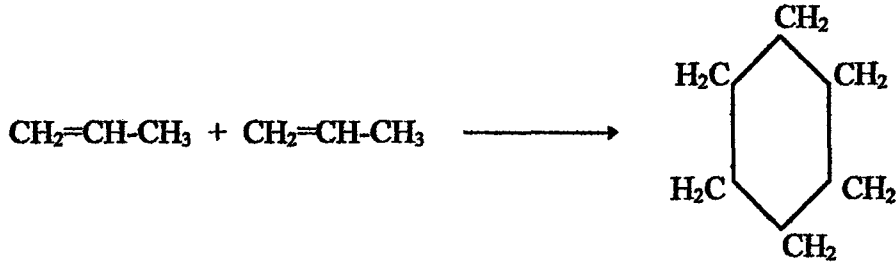
Teknik açıdan bakıldığında, karbonizasyon iki temel prensip için gerçekleştirilmektedir: (1) doğal olarak kok ve sıvı ürün yanında maksimum seviyede yakıt gazı üretilmesi, (2) doğal olarak sıvı ve gaz yakıt ürünü yanında maksimum miktarda katı yakıt (kok) üretilmesi (Macrae, 1966).

## 4.2. Karbonizasyon Süreci

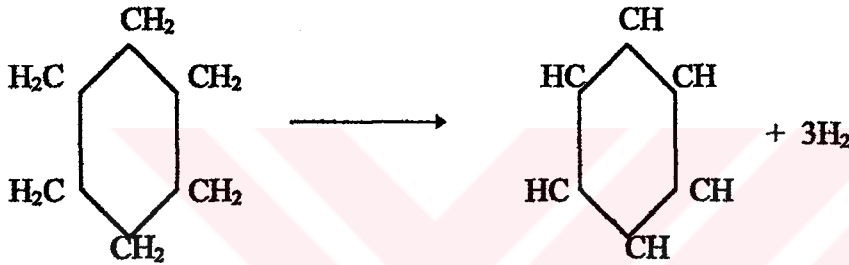
Kömürün ısınması ile uçucu maddeler, parçalanmalarına vakit kalmadan retort' u terkederler. 200°C sıcaklığa kadar çıkan uçucu maddeler kömürün fiziksel suyu, CO ve CO<sub>2</sub>' dir. Bu ürünlere, koklaşmanın ilk ürünleri denir. Kömür tarafından daha önce absorblanmış bu maddeler sıcaklığın yükselmesi ile kömürden ayrılırlar. 200-300°C aralığında kükürtlü organik bileşikler bozunmaktadır. Kömürün yumuşaması ve gözeneklerin oluşması 200°C ile 400°C arasında meydana gelir. 200°C-350°C aralığında su, CO, CO<sub>2</sub>' e ilave olarak metan çıkışı da olur. Bu ürünlerin bir kısmı, kömür bileşiklerinin termal bozunması ile oluşabilir. Bu gaz karışımlarının kompozisyonu ve miktarı, büyük ölçüde kömürün yaşına ve karakterine bağlıdır. Linyit gibi, jeolojik olarak genç kömürler, sıcaklığın artışı ile, yaşlı kömürlere göre daha çok bozunmaya uğrarlar. 350-500°C arasında, tüm uçucu maddenin %75' lik bir bölümü kömür bünyesini terk ederken, şişme, plastikleşme ve mozaik yapının biçimlenmesi meydana gelir. Bu sıcaklık, birinci kritik sıcaklıktır, ve uçucu maddelerden yağlı bileşiklerin oluşumu olarak ifade edilebilir. Yani, kömür molekülündeki aromatik birimleri bağlayan alifatik ve alisiklik yapılar parçalanarak, katran oluşumunun başlamasıdır. Önce hidrokarbonlardan parafinler ve bazı olefinler çıkarlar. Fakat sıcaklık kritik sıcaklığın üstüne çıkınca, naftenler ayrılırlar. Hidrojen 350°C' nin üstünde çıkan bütün gazlarda mevcuttur. 360°C civarında metan, parafin, hidrokarbon çıkışında artış olur. 430°C' da doymamış yağların çıkışı en yüksek seviyesindedir. 500°C üzerinde ise uçucu hidrokarbonların yapısı bozunmaya başlar ve katılaşma görülür. 600°C üzeri katran çıkışı sona ererken, gazlar ayrılmaya devam eder, hidrojen miktarı oldukça fazladır. 700°C üzerinde parafinlerin, düşük karbon içerikli olanları, aşağıdaki reaksiyona benzer reaksiyonla parçalanmaya eğilimlidir.



700°C' nin üstünde olefinler parafinlere benzer reaksiyonlarla bozunur. Naftenler gibi, daha büyük moleküller oluşturmak için olefinlerin kondenzasyonu aşağıda verildiği gibi meydana gelir:

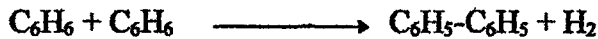


Naftenlerden hidrojen ayrılarak aromatik bileşikler meydana gelir. Dehidrojenasyon reaksiyonu, kömürde veya fırın duvarlarında mevcut olan metal veya minerallerin katalizlemesi veya desteklemesi ile sağlanır.



Hidrojen 700-800°C aralığında az miktarda teşekkül eder. Sıcaklık daha da yükseldikçe gazın hidrojen içeriği süratle artar. Bu sıcaklığa ise, ikinci kritik sıcaklık denir.

Bazı aromatik bileşikler, birden fazla karbon ihtiva eden yan zincirlere sahiptirler. Daha yüksek temperatürlerde, yan zincirler koparak olefinler, benzen veya toluen ve ksilen gibi, kısa zincirli aromatik bileşikler oluşur. Aynı zamanda, hidrojenin açığa çıkması ile halkalar yoğunlaşır. Böylece, iki benzen reaksiyona girerek difenil ve hidrojeni meydana getirirler:



Fenoller, hidrokarbon yan zincirlerini aromatik hidrokarbonlar gibi kaybederler.

-OH gruplarını hidrojenasyonla kaybederek hidrokarbonlar meydana gelir:

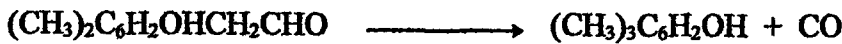


Bu reaksiyonla fenol kendini benzene dönüştürür. Benzer reaksiyonlarla iki veya daha fazla -OH grubu ihtiva eden fenolik bileşikler, önce fenole, sonuçta da benzene indirgenir.

700°C-800°C aralığında, görüldüğü gibi, naftenlerin, aromatik bileşiklerin ve fenollerin bozunmaları gerçekleşmektedir. Naftalin ve metil homologları, antrasen, fenantren ve daha kompleks moleküller gibi, iki veya daha fazla hegzagonal halkalı yapılar ile nitelendirilen yüksek aromatik bileşikler bu ürünlerden sentez edilirler. Bu bileşikler, 700°C altındaki sıcaklıklarda elde edilen katranlarda nadir olarak bulunur. Bunlar, sıra ile, ısıl parçalanma reaksiyonlarına maruz kalırlar. Elde edilen ilk ürünler yüksek sıcaklıkta, benzen, naftalin, antrasen ve metan, hidrojen, karbon gibi ikincil ürünlere dönüşürler. Metan ve hidrojen sürekli olarak açığa çıkan gazlardandır. Bu reaksiyonlar neticesinde karbonsal içerikli kok meydana gelir. Burada verilenlerin haricinde koklaşma prosesi boyunca gerçekleşen karmaşık reaksiyonlar da mevcuttur. Bunların tam anlamı ile bilinmesi olanaksızdır. Ayrıca, bu reaksiyonlar sıcaklığa, basınca, ısıtma hızına ve diğer koklaşma şartlarına bağlıdır. Karbonizasyon sürecinin şematik gösterimi Şekil 4.1.'de verilmektedir (Burgess ve Wheeler, 1917; Nalcı, 1990; Francis ve Peters, 1980; Ateşok, 1988; Marshall ve Murchison, 1971).

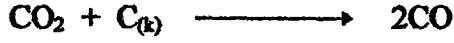
Karbonizasyonun ilk basamaklarında açığa çıkan hidroksi grupları, alifatik hidrojen ile reaksiyona girerek bozunma suyunu oluştururlar.

Kömürün koklaştırılması esnasında 200°C' a kadar açığa çıkan ilk ürünlerinden olan karbon monoksit, 500°C' dan düşük sıcaklıklardaki CO çıkışı eter bağları ile karbonil gruplarının bozunmasından ileri gelir.

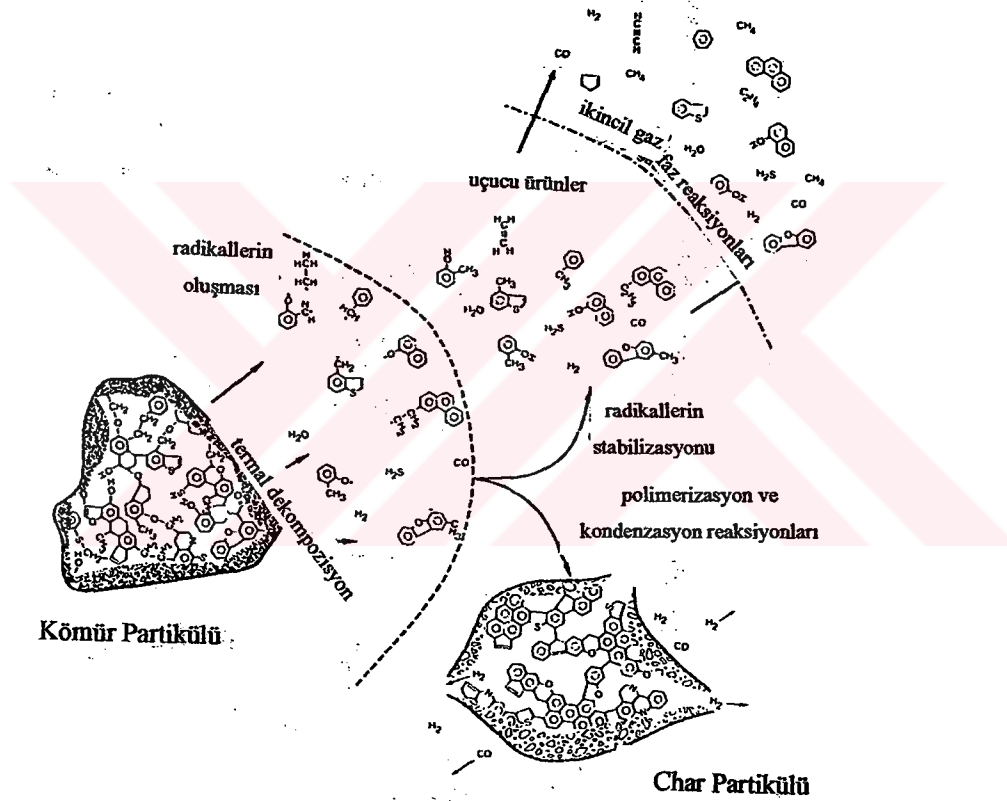


500°C'dan yüksek sıcaklıklarda görülen CO çıkışının heterosiklik bileşiklerin parçalanmasından olduğu ifade edilmektedir (Fitzgerald ve Van Krevelen, 1959).

Bunu dışında yüksek sıcaklıklarda çıkan gazın  $\text{CO}_2$  içerdiği hallerde  $\text{CO}$ , Boudouard reaksiyonunun ürünü olarak ortaya çıkar.



Bu reaksiyon kinetiği ile ilgili olarak alt bitümlü bir kömür üzerinde yapılan bir araştırma,  $725^\circ\text{C}$ ' dan yüksek sıcaklıklarda  $\text{CO}_2$ , -C tepkimesi sonucu  $\text{CO}$  oluşumunun beklenebileceğini göstermiştir (Taylor ve Bowen, 1972).



Şekil 4.1 Kömür partikülünün karbonizasyonunun şematik gösterimi  
(Tromp ve Moujlin, 1988)

$\text{CO}_2$  çıkışı büyük ölçüde karboksilik asit gruplarının ( $-\text{COOH}$ ) bozunmasından kaynaklanır. Daha yüksek sıcaklıklarda hidrokarbon çıkışına neden olan yan zincirlerin parçalanması da  $\text{CO}_2$  çıkışına sebep olur. Yüksek sıcaklıklardaki  $\text{CO}_2$

çıkışı ise mineral madde içindeki karbonatların bozunmasından kaynaklanır (Campbell, 1978).

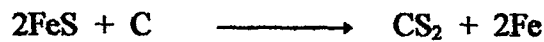
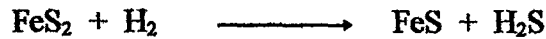
Koklaşma sırasında kömürdeki azotlu bileşiklerin bir kısmı amonyağa dönüşürken, diğer kısmı gaz içinde serbest azot ve hidrojen siyanür halinde bulunur. Azotlu bileşiklerin %40-60 kadarlık bir bölümü kok tarafından tutulur (Wilson ve Wells, 1950).

Amonyak oluşumu bazı kömürler için 300°C gibi düşük bir değerde iken, bazılarında 400-500°C, yüksek sıcaklık koklaşmasında ise 600°C üzeridir.

Azot, kömür molekülünün ve azot içeren ilk parçalanma ürünlerinin parçalanması sonucu oluştuğu gibi, yüksek sıcaklıkta amonyağın ayrışmasından da meydana gelebilir (Lowry, 1945):



Isıl bozunmanın ilk aşamalarında görülen H<sub>2</sub>S çıkışı kömürdeki inorganik (pirit) ve organik (tiofen, aril ve alifatik sülfid, aril ve alifatik tiol) kükürtlü bileşiklerin hidrojen ortamında bozunmalarından kaynaklanmaktadır. Kömürdeki mineral madde içinde FeS<sub>2</sub> olarak bulunan piritik kükürt, ısıl bozunma sırasında bazı karbon-hidrojen bağlarının düşük sıcaklıkta (300°C) kopmasıyla oluşan hidrojenle FeS ve H<sub>2</sub>S'e indirgenir (Richardson, 1972). Organik kükürtlü bileşiklerden özellikle tiol ve sülfidler, 350°C-650°C arası sıcaklıkta ya bozunarak ya da hidrojenle tepkimeye girerek H<sub>2</sub>S oluşumuna neden olurlar. Tiofenler daha yüksek sıcaklıklarda (800°C) bozunurlar (Robinson, 1978).



Kömürün bünyesinde bulunan kükürdün %70'e yakın bir bölümü kokta kalır (Lowry, 1945).

### 4.3 Karbonizasyon Ürünleri

Yüksek sıcaklığın etkisinde kömürün bünyesindeki moleküller, uçucu bileşiklerin açığa çıkması ve oldukça yüksek karbon içerikli kok oluşumu neticesinde dekompoze olacaktır. Uçucu bileşenler, karbonizasyon prosesinden aynı anda elde edilirler ve, gaz ve buhar olarak tek akımda sistemden ayrılırlar. Kondenzasyon prosesinde katran buharının büyük bir kısmı ve su buharı yoğunlaşır ve bu suretle gaz akımından ayrılmış olurlar.

Kömürün külü haricinde, kömürün organik bünyesinin elementel analizi karbon, hidrojen, azot, kükürt ve az miktarda fosfor ihtiva eder. Koklaştırma esnasında, bu elementler, sayısı binleri bulan bileşikler meydana getirir. Hepsinin ekonomik bir değeri yoktur. Diğerleri ya istenmeyen madde olarak atılır, ya da eser oranlarda buldukları için zararsız kabul edilerek diğer ürünlerin içinden destile edilmezler.

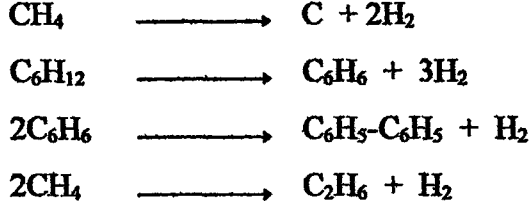
Kömür katranı, uygun ekipmanlar içerisinde inert bir ortam sağlayarak 450°C üzerinde kömürün ısıtılması sonucu elde edilen temel ürünlerden birisidir. Diğer ürünler, kok, bozunma suyu, hafif yağ ve kok gazıdır. Kömür tipi, karbonizasyon sıcaklığı ve karbonizasyon ekipmanı katran ve diğer ürünlerin verim ve, fiziksel ve kimyasal karakteristiklerinin belirlenebilmesi için önemlidir.

Katı ürün (kok), karbonca zengindir ve orijinal kömür molekülü ile karşılaştırıldığında daha aromatiktir. (Tromp ve Moulijn, 1988).

#### 4.3.1 Hidrojen

Kok gazının hacimsel olarak, en büyük oranda bulunan bileşenidir. Düşük sıcaklık karbonizasyonunda %15 gibi bir oranda elde edilirken, yüksek sıcaklık karbonizasyonunda %60 gibi yüksek bir oranda elde edilir (Powell, 1945). Hidrojen, koklaşmanın ilk ürünlerinden birisidir. İlk ürünlerin parçalanması ve kondenzasyon sırasında da hidrojen açığa çıkar. (Marshall ve Murchison, 1971). Buna göre, sıcaklık artışıyla düzenli olarak artan hidrojen çıkışının aromatik ve

halka kapama gibi farklı reaksiyonlardan oluştuğu da sınımlanmaktadır (Jüntgen ve Van Heek, 1979). Bunlara ilişkin reaksiyonlar aşağıda verilmektedir:

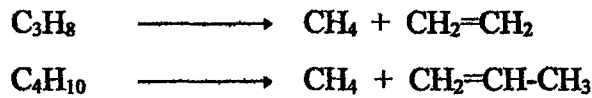


### 4.3.2. Hidrokarbonlar

#### 4.3.2.1. Parafinler

Hidrojenden sonra, kok gazında yüksek oranda bulunan bileşen, metandır. Kok gazının hacminin %25-30' unu oluşturur. Kömür ısıtmaya başladığı zaman oluşan ilk ürünlerden birisidir. Metan çıkışı hemen hemen karbonizasyon süresince devam etmektedir. Kömür molekülü 350°C civarında parçalanmaya başladığından, açığa çıkan metanın kömür bünyesinde absorbe olmuş metan olma ihtimali fazladır (Powell, 1945; Kozluca, 1970). Yaklaşık 500°C' da metan çıkışına neden olarak alkil gruplarının parçalanması gösterilmektedir (Campbell, 1978). 550°C' dan yüksek sıcaklıklarda aromatik hidrojenin bir kısmı karbon ile reaksiyona girerek metan gazını oluşturur (Fitzgerald, Van Krevelen ve Schuyer, 1957).

Metan oluşumunu gösteren reaksiyonlara ait örnekler aşağıda verilmektedir:



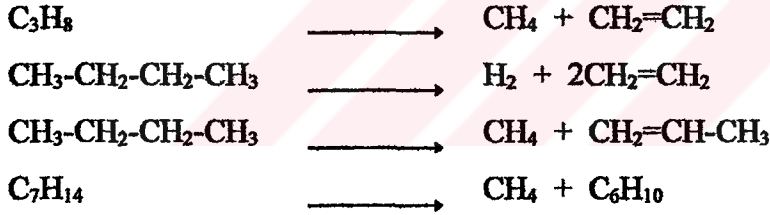
Parafinlerin ikinci üyesi olan, etan, kok gazının %1.5' luk kısmını teşkil eder. Metan gibi, ilk ürünlerdendir ve sıcaklık artışı ile parçalandığından miktarı da azalacaktır. Düşük sıcaklık karbonizasyonunda daha yüksek miktarda elde edilmektedir. Isıl değeri de yüksek olduğundan kok gazının ısıl değerini de yükseltmektedir.



Daha uzun zincirli parafin hidrokarbonları, parçalanmaya maruz kaldıkları için miktarları da az olmaktadır. Kok gazında parafin hidrokarbonları az oranda bulunmaktadır. Parafinlerin bir miktarı kok gazının haricinde, hafif yağ ve katran fraksiyonlarından da elde edilir (Lunge, 1916). Kok gazında propan ve bütan; hafif yağda n-pentan, n-hekzan, n-nonan, n-oktan, n-heptan, n-dekan ve 2-metil hekzan; katranda n-dekan bileşenleri bulunmaktadır ki, miktarları %0,1 seviyesindedir (Powell, 1945).

#### 4.3.2.2. Etilen ve diğer olefin hidrokarbonları

Olefin ve diolefinler, büyük parafin moleküllerinin parçalanması nedeni ile oluşurlar. Etilen, kok gazında %2,5 gibi bir oranla en fazla bulunan olefindir. Etilen gaz içinde yüksek oranda bulunmamasına rağmen, yanma sonucu verdiği ısı dikkate değerdir. Olefin serisinin ikinci üyesi olan propilen %0,3, bütilen %0,18 mertebelerinde gazda bulunmaktadır (Powell, 1945).



#### 4.3.2.3 Asetilen hidrokarbonları

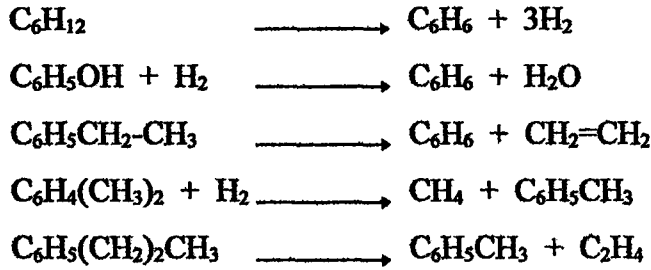
Asetilen hidrokarbonları yüksek sıcaklık karbonizasyon ürünlerinde mevcuttur. Bu hidrokarbonların ilk üyesi olan asetilen %0,05 gibi az oranda bulunurken, allilen ( $\text{C}_3\text{H}_4$ ) ve krotonilen ( $\text{C}_4\text{H}_6$ ) eser miktarda bulunur (Harzer, 1914).

#### 4.3.2.4 Aromatik hidrokarbonlar

Hafif yağ ve katranın büyük bir kısmını oluşturan ve sayıları yüzleri bulan aromatiklerden en önemli bileşen, hafif yağda %50 ile %60 oranında bulunan, benzendir. Kok gazının %1' lik kısmını teşkil ettiğinden, ısı değeri açısından

önemlidir. Fakat, hafif yağ fraksiyonundan kazanıldığı için farklı anlamda önem taşır (Claxton, 1961). İkinci önemli üye, hafif yağın %15 ile %20' sini teşkil eden toluen'dir. Katranda da %0,2 gibi bir oranda mevcuttur.

Hem benzen hem de toluen, kömür molekülünün parçalanma reaksiyonlarından vuku bulduğu gibi, çeşitli ara kademelerde de (aşağıda bazıları verilmektedir) meydana gelir:



Açığa çıkan ksilen, tekrar bir ayrışmaya uğradığından miktarı daha azdır. %5 oranında hafif yağda, %1 dolayında da katranda mevcuttur (Kozluca, 1970).

Naftalin ve homologları, yüksek-temperatür karbonizasyonunda gaz akımında %0,02 oranında iken, katranda %10 civarında bulunmaktadır. Düşük temperatür karbonizasyon gazında, naftalin mevcut değildir. (Powell, 1945).

Naftalinden sonra katranda en fazla bulunan üye fenantren'dir. %4 oranındadır (Kozluca, 1970).

#### 4.3.2.5 Çeşitli doymamış hidrokarbonlar

Kok gazında çok sayıda doymamış hidrokarbon olmasına rağmen, olefin ve asetilen üyeleri haricinde, dört tanesi bahsetmeye değerdedir. Bunlar, bütadien, siklopentadien, stiren ve inden'dir.

Gazda %0,005 ile %0,01 oranında bulunan bütadien (Gooderham, 1937) yüksek buhar basıncından dolayı, hafif yağ fraksiyonundan kazanılamaz. Siklopentadien ise hafif yağdan kazanılmaktadır ve gaz içerisinde %0,002 oranında mevcuttur. Stiren

ve inden de hafif yağda bulunmaktadır ki sırası ile %0,002-0,006 ve %0,004-0,013 aralığında gazdaki miktarları değişmektedir (Powell, 1945).

#### **4.3.2.6. Oksijenli bileşikler**

Karbon monoksit, kok gazının hacmen %6' sını oluşturur. Karbon dioksitin gazdaki miktarı %1,5 civarındadır (Wilson ve Wells, 1950).

Fenol (katranda %1), krezol (katranda %1) ve ksilenol (katranda %0,2) diğer önemli oksijenli bileşiklerdendir (Powell, 1945).

#### **4.3.2.7. Azotlu bileşikler**

Kok gazında amonyak, azot olarak %15-20 oranındadır. Azot, gazın yaklaşık %1' ini oluşturmaktadır (Lowry, 1945).

Kok gazında bulunan az miktardaki hidrojen siyanür haricindeki diğer azotlu bileşikler (karbazol, kinolin, indol, kinazol ve piridin) katranda da mevcuttur (Lowry, 1945).

#### **4.3.2.8. Kükürtlü bileşikler**

Kok gazındaki hidrojen sülfür miktarı hacmen %0,3-3,0, karbon sülfür hacmen %0,007-0,07 arasındadır (Lowry, 1945).

#### **4.3.2.9. Fosforlu bileşikler**

Uçucu maddelerde bulunmayan fosforun tamamı kokta kalır.

#### 4.4. Karbonizasyon Prosesleri

Kömürün farklı sıcaklıklara göre karbonizasyonu da farklı sınıflandırılmaktadır. Buna ait sınıflandırma Çizelge 4.1. 'de verilmektedir.

Düşük sıcaklık karbonizasyonu, genellikle, ev ve endüstriyel amaçlar için dumansız yakıt temini için kullanılır. Yüksek sıcaklık karbonizasyonu, bunun aksine, metalurjik kok üretimi için gereklidir. Metalurjik kok, kalsiyum karbit ve karbon elektrod üretiminde ve toplam üretimin yaklaşık %90' lık bölümü demir-çelik endüstrisinde yüksek fırınlarda kullanılır (Larsen, 1980).

Çizelge 4.1. Kömürün ısıtılma sıcaklıklarına göre karbonizasyon proseslerinin sınıflandırılması (Gibson, 1979)

Karbonizasyon Prosesi	Son Sıcaklık Aralığı (°C)
Düşük Sıcaklık	450 - 750
Orta Sıcaklık	750 - 900
Yüksek Sıcaklık	900 - 1100

Düşük sıcaklık karbonizasyonunda daha düşük gaz verimi ve daha fazla katran verimi elde edilirken, yüksek sıcaklık karbonizasyonunda ise, gaz ürün verimi sıvı ürün veriminden daha fazladır (Austin, 1985).

Yüksek sıcaklık katranı naftalin kokusu ile düşük sıcaklık katranından kolaylıkla ayırteedilebilir (Fischer, 1938) ki, düşük sıcaklık karbonizasyonu ve yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katran arasında belirgin bir fark vardır. 450°C da düşük sıcaklık katranı kahverengi, yağlıdır ve, parafinleri ve dihidroksi fenollerini içerir. 1100°C da elde edilen yüksek sıcaklık katranı, siyah, viskozdur ve büyük oranda fenoller, kresoller, naftalin, benzen ve homologları, ve antrasen gibi aromatik bileşiklerini ihtiva ederken, alifatik hidrokarbonları eser miktarda içerir (Pryde, 1934).

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 5.1. Kömür Örneklerinin hazırlanması

Bu çalışma kapsamında, Türkiye Taşkömürü Kurumu, üretim birimleri olan Kozlu, Üzülmüş, Karadon, Armutçuk ve Amasra bölgelerindeki mevcut imalat panolarından kömür örnekleri alınmıştır. Kozlu işletme birimindeki Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarları, Üzülmüş işletme birimindeki Sulu, Çay ve Nasifoğlu damarları, Karadon işletme birimindeki Sulu, Çay ve Akdağ damarları, Armutçuk işletme birimindeki Büyük damar ve Amasra işletme birimindeki Çınarlı damar' dan örnekler alınmıştır. Sözkonusu işletme birimlerindeki damarların çalışıldığı imalat panolarındaki ayakların herbirinden ayak başı, ayak ortası ve ayak dibi olmak üzere, damarların değişiklik gösterdiği yerler seçilerek, o ayağı karakterize edecek şekilde en az üç adet örnek alınmıştır. Örnekler, ocak içinde konileme-dörtleme yöntemi ile azaltılmış ve çift katlı naylon çuvalara doldurulup, ağzları sıkıca kapatılmıştır.

Kömür örneklerinin tamamı çeneli kırıcıda 13 mm. altına kırılıp, 0.5 mm. elekten yaş olarak elenmiş ve  $-13/+0.5$  mm. boyut grubuna sınıflandırılmıştır. Bu boyut grubundaki kömür numunelerinin bir kısmına 1.30, 1.40, 1.50, 1.60, 1.75 ve 1.90  $g/cm^3$  yoğunluklarında yüzdürme-batırma deneyleri uygulanarak, metalurjik kok üretimi için en uygun yoğunluk saptanmıştır. Metalurjik kok üretiminde kullanılacak özelliklerin sağlandığı ve maserallerin zenginleştirilmesinin sağlanabileceği en uygun yoğunluk  $1.60 g/cm^3$  olarak kabul edilmiştir. Buna göre,  $-1.60 g/cm^3$  yoğunluğunda yüzen ve  $+1.60 g/cm^3$  yoğunluğunda batan malzeme olarak iki ürün elde edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere  $-1.60 g/cm^3$  yoğunluğunda yüzen fraksiyonu havada kurutulmuş, batan fraksiyon saklanmıştır. Yüzen fraksiyonun tamamı 3.15 mm.' lik elekten elenmiş, elek üzerinde kalan kısım ( $-13/+3.15$  mm. boyutu) çeneli ve merdaneli kırıcılardan kademeli olarak kırılmış ve numunenin tamamı  $-3.15$  mm. boyut grubunda boyutlandırılmıştır. Bu numune, konileme-dörtleme yöntemi ile azaltılarak, karbonizasyon deneyleri ve diğer analizler için kullanılacak miktarlara göre torbalanmıştır.

### **5.1.1. Kömür örneklerinin analizi**

Örnekler 0,2 mm. altına öğütülerek, analize hazır duruma getirilmiştir.

#### **5.1.1.1. Kısa analiz**

Yaklaşık 1 g. numune 105°C' da etüvde 2 saat bekletildikten sonra, ağırlık kaybından nem miktarı bulunmuştur (TS 690, 1969).

Uçucu madde miktarları TS 711 (1969) numaralı yöntemle uygun olarak yapılmıştır.

TS 330 (1966) numaralı standartta uyularak kül tayini gerçekleştirilmiştir.

Sabit Karbon tayini daha önce bulunan değerlerden yararlanılarak hesaplama yolu ile bulunur (Macrae, 1966).

$$SC (\%) = 100 - (\text{Nem} + \text{Kül} + \text{Uçucu Madde})$$

#### **5.1.1.2. Elementel analiz, toplam kükürt ve ısı değeri tayini**

Elementel analiz, LECO CHN-600 markalı karbon-hidrojen-azot cihazında gerçekleştirilmiştir.

Toplam kükürt miktarı, LECO SC-132 kükürt cihazında bulunmuştur.

TS 2678 (1977) numaralı standartta uyularak bomba kalorimetresi ile kömürlerin ısı değeri saptanmıştır.

### 5.1.1.3 FT-IR spektroskopisi

1 mg. kömür örneği ile 100 mg. KBr karışımına 10 kg/cm<sup>2</sup> basınç uygulayarak hazırlanan peletlerin 4000-400 cm<sup>-1</sup> aralığında MATTSON 1000 marka FT-IR Spektrometre kullanılarak spektrumları çekilmiştir.

### 5.1.1.4 Petrografik analiz

TS 4607 (1985) numaralı standarta uygun olarak kömürlerin petrografik analizi gerçekleştirilmiştir.

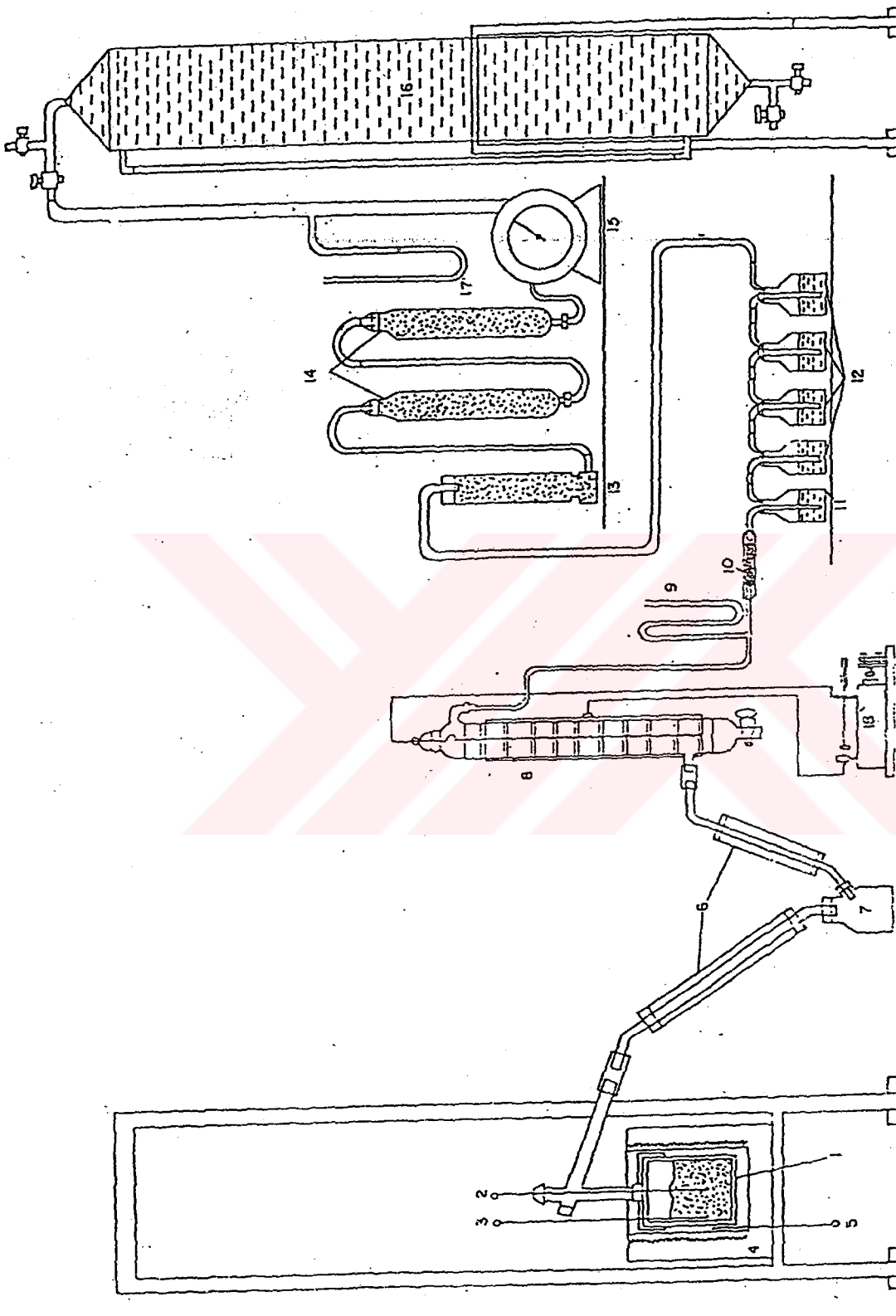
### 5.1.1.5 Dilatometre

Kömürlerin dilatometre deneyleri, İskenderun ve Karabük Demir-Çelik Fabrikaları Kok Laboratuvarlarında yapılmıştır.

## 5.2. Jenkner Düzeneğinin Tanıtılması

Yüksek sıcaklık karbonizasyon sonucu metalurjik kok ve yan ürünlerin elde edilmesini laboratuvar koşullarında gerçekleştiren bu cihaz (Şekil 5.1. ve çizelge 5.1.), Dr.Jenkner tarafından geliştirilmiştir (Roberts ve Jenkner, 1934). Bu cihaz, kok veriminin yanında, yan ürünlerin kantitatif olarak hesaplanmasını da sağlayacak biçimde dizayn edilmiştir.

Retort, 12 cm. iç çaplı ve 26 cm. yükseklikte silindirik ve %24 Cr, %20 Ni, %1,5 Mn, %2 Si, %0,1 Mo ve Co bileşimli paslanmaz çelikten korozif gazlara karşı dayanıklı olarak imal edilmiştir. Retort ve retortun üst kısmındaki uçucu çıkış kısmı birbirine dişli kısımları ile monte edilir. Dişliler arasındaki sızdırmazlık grafit yağı ile sağlanmaktadır. Fırın ve retort sıcaklıkları Pt-Rh-Pt ısı çifti kullanılarak ölçülmektedir. Fırın, elektrikli ısıtıcı ile 1100°C sıcaklığa kadar ısıtılabilir.



Şekil 5.1. Jenkner karbonizasyon sisteminin şematik gösterimi



**Çizelge 5.1. Jenkner yüksek sıcaklık karbonizasyon sisteminin birimleri**

- 1 Retort
- 2 Retort merkez sıcaklığını ölçen ısı çifti
- 3 Retort duvar sıcaklığını ölçen ısı çifti
- 4 Fırın
- 5 Fırın sıcaklığını ölçen ısı çifti
- 6 Soğutucular
- 7 Katran ve likör kabı
- 8 Elektrostatik katran tutucusu
- 9 Civalı manometre
- 10 Katran tutucusu
- 11 Amonyak tutucusu
- 12 Hidrojen sülfür tutucuları
- 13 Nem tutucu  $\text{CaCl}_2$  kulesi
- 14 Hafif hidrokarbonları tutucu aktif karbon kulesi
- 15 Gazometre
- 16 Gaz deposu
- 17 Su dolu manometre
- 18 Yüksek gerilim üreticisi

Katran ve su buharları, çift girişi olan cam bir kaba soğutucu vasıtası ile boşalmakta ve ikinci bir soğutucu ile kaptan ayrılmaktadır. Bu kap, deney süresince, yoğunlaşmayı tamamen sağlayabilmek için, buzlu suda bekletilmektedir. Soğutucuların boyutları yoğunlaştırma işleminin daha iyi gerçekleştirilebilmesi için uzun tutulmuştur ki böylelikle daha az katran buharı elektrostatik ayırıcılara geçmektedir. Soğutuculardan kaçan katran buharının hemen hemen hepsi elektrostatik ayırıcılarda tutulmaktadır. Elektrostatik ayırıcı, cam bir boru olup, dışı alüminyum sargılarla çevrilmiştir. Ayırıcı, içinden geçen çentikli metal elektrod arasındaki gerilim farkından faydalanarak çalışmaktadır. Bunun için gerekli olan yüksek gerilim, 250 birincil ve 26000 ikincil sargılı bir indüksiyon makinası ile sağlanmaktadır. Biriken katran elektrostatik ayırıcının musluğunun açılması ile alınmaktadır. Elektrostatik ayırıcılardan kaçan katran, cam yünü doldurulmuş katran tanecikleri tutucusunda tutularak daha ileriye geçmesi engellenmeye çalışılmaktadır.

Gaz yıkama şişelerine sırası ile, 0,1 N  $H_2SO_4$  çözeltisi ve %5  $Cd(CH_3COO)_2$  çözeltisi, sırası ile amonyak ve hidrojen sülfürü tutmak için doldurulmuştur.

Temiz uçucular, kalsiyum klorür ile doldurulmuş cam bir kuleden geçerken almış olduğu nemi bıraktıktan sonra, pirinçten yapılmış aktif karbon ile doldurulmuş hafif yağ tutucularına girerler.

Gaz sayacından hacmi belirlenen kok gazı, silindir şeklinde, iki ucu konik, metal gaz deposunda toplanırken buraya deneyin başlangıcında doldurulmuş olan suyu boşaltır. Gaz deposunun altındaki kelebek vananın zaman zaman ayarlanarak su çıkışının denetlenmesi ile su dolu manometredeki seviyenin aynı olması sağlanarak, atmosfer basıncında ölçüm yapılması sağlanmaktadır.

### 5.3 Deneyin Yapılışı

Retort içine, endüstriyel şartları sağlaması açısından %10 nemli (Çoban, 1984) olarak hazırlanan taşkömürü örneğinden yaklaşık 1200 g. doldurularak, uçucu çıkış kısmı grafit yağı ile yağlandıktan sonra, retort üzerine monte edildi. Özel lastik

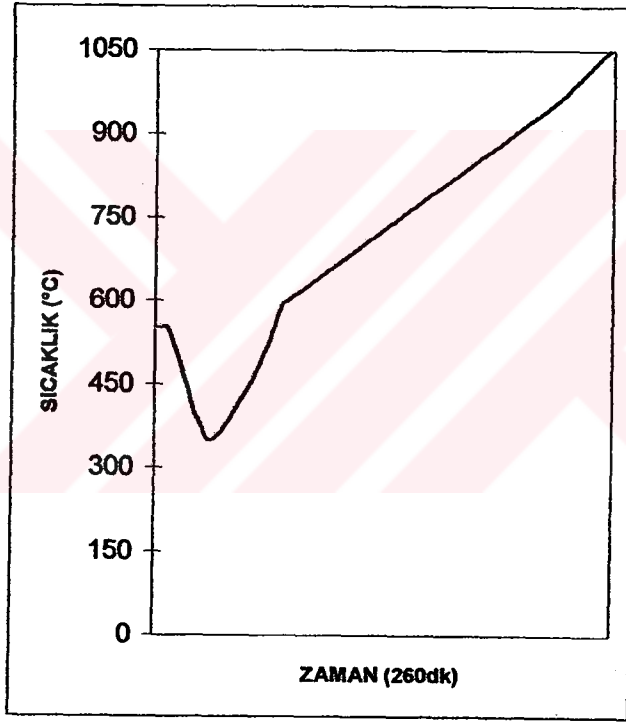
hortum vasıtası ile, uçucu çıkış kısmı diğer ucu katran kabının ilk girişine yerleştirilmiş olan ilk soğutucuya bağlandı. Katran-likör kabının diğer girişine yerleştirilen ikinci soğutucu, silikon hortum vasıtası ile elektrostatik tutucuya bağlandı. Soğutuculara su akışı şehir suyu ile sağlanmıştır. Elektrostatik tutucunun elektrik bağlantısı yüksek gerilim üreticisi ile sağlanmıştır. Elektrostatik tutucu elektrodunun üzerindeki katran tabakası yakılarak temizlenmiştir. Elektrostatik tutucu çıkışı gaz akımındaki katran taneciklerini tutmak amacı için kullanılan, bir parça cam yünü doldurulup, tartılan katran tanecikleri tutucusuna bağlandı. Daha sonra, gaz içerisindeki amonyak ve hidrojen sülfürü yakalamak amacı ile bir seri gaz yıkama şişeleri bağlanmıştır. İlk iki gaz yıkama şişesine amonyak tutulmasını sağlamak amacı ile, indikatör ilave edilmiş 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinden 300' er ml. konmuştur. Kükürt içeriğine bağlı olarak sayıları değişen daha sonra gelen gaz yıkama şişelerine hidrojen sülfürü tutmak için, %5' lik Cd(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> çözeltisinden 300' er ml. doldurulmuştur. Gaz akımı yıkama şişelerinden geçerken aldığı nemin tutulması için CaCl<sub>2</sub> dolu şişeden geçirilmektedir. Buradan gaz akımında kalan, düşük kaynama noktasına sahip hafif yağların tutulması için kullanılan aktif karbon, 150°C sıcaklıktaki etüve konularak kurutulduktan sonra, pirinç silindire doldurulmuştur. Gaz ürünün toplandığı depoya alttan su verilerek, gaz tankında sıkıştırılan gaz yakılmıştır. Depo su ile dolduktan sonra, gazometre sıfırlanmış ve tüm bağlantılar gerçekleştirilmiştir. Gaz deposunun gaz giriş musluğu açılmış, gazometre tekrar sıfırlanarak, düzenek deney için hazır hale getirilmiştir. 13,5-14,5 amper gücünde olan ve 380 volt A.C. ile çalışan fırının ısı kontrolü Gebr. Ruhstrat-Göttingen firmasının ısı programlayıcısı ile gerçekleştirilmiştir.

Sistemden 15 litre azot gazı geçirilerek, sabunlu su köpüğü ile kaçakların giderilmesi sağlanmış, sistemde bulunan hava dışarı atılmış ve mevcut çözelti ve kimyasal maddeler azot gazı ile doyurulmuştur.

Sistem hazır duruma geldikten sonra, fırın ısıtmaya başlanmıştır. Fırın sıcaklığı 550°C'a ulaşınca retort fırına yerleştirilmiş ve deney başlatılmıştır. Deney boyunca 10 dakikada bir retort duvar sıcaklığı kaydedilmiştir. Buna ait değişim Şekil 5.2.' de verilmiştir. Ayrıca, deney süresince görülen değişiklikler de not edilmiştir.

Gaz tankına gaz gelmeye başlayınca, tamamen su ile dolu olan tankın altındaki vana açılarak, boşalan suyun yerine gaz doldurulmaya başlanmış, böylece gazometrenin atmosfer basıncında ölçüm yapması sağlanmıştır.

Gaz çıkışının bitmesi ile deney sona erdirilerek, fırın kontrol ünitesi kapatılmıştır. Gaz deposunun çıkışları kapatılarak, depoya su beslenmeye başlanmıştır. Bu şekilde bir süre beklenerek, gazların karışması ve basıncın yükselmesi sağlanmıştır. Buradan gaz saklama tüplerine gaz numunelerine alınarak analiz için saklanmıştır.



Şekil 5.2. Karbonizasyon süresince sıcaklığın zaman bağı olarak değişimi

Soğumaya bırakılan retort, bir gün sonra açılarak, elde edilen katı ürün tartılarak, etiketlenerek analizler için saklanmıştır.

Deney sonunda daraları alınmış katran-likör kabı, katran tanecikleri tutucusu ve elektrostatik tutucunun tartımları alınarak, elde edilmiş olan katran-likör karışım miktarı bulunmuştur. Katran ve likör miktarının belirlenebilmesi için bu karışım

ayırma hunisine boşaltılarak iki ayrı faz oluşması ile likörün katran karışımından ayrılması sağlanmıştır. Miktarları ayrı ayrı bulunmuş olan katran ve likörün, daha önce yapılmış tartım sonuçlarına uyumuna da bakılmıştır. Katran numuneleri diğer analizler için saklanmıştır.

Açığa çıkan amonyakın büyük bir kısmı bozunma suyunda kalmasına rağmen, gaz ile birlikte bir miktarının sürüklenebileceğide gözönüne alınarak gazın temizlenmesi için, sülfürik asit çözeltisi ile amonyak tamamen tutulmuştur. Amonyak hesabı yapılmayacağı için çözeltiler atılmıştır. Hidrojen sülfürü tutan çözeltiler karıştırılarak miktarı öğrenilmiş, 100 ml. örnek analiz için ayrılmıştır.

Aktif kömürün tartım farkından, içerdiği hafif yağ miktarı bulunmuştur. Aktif kömür 500 ml. kapasiteli balona alınarak, üzerine bilinen hacimde su eklenmiştir. Kömürde ksilen ile nem tayini düzeneği kullanılarak, iki ayrı faz oluşturan su ve sarı renkli hafif yağ aktif kömürden kazanılmıştır. Etiketli bir tüp içerisine alınan hafif yağ, analizi yapılmayacağı için, azotla yıkanıp saklanmıştır.

#### **5.4 Kok Analizleri**

Kok örnekleri çeneli kırıcıda parçalandıktan sonra 0,2 mm. altına öğütülmesi ile analiz için hazırlanmıştır.

##### **5.4.1 Elementel analiz, toplam kükürt ve ısıl değer tayini**

Kok örneğinin elementel analizi, LECO CHN-600 markalı karbon-hidrojen-azot cihazında gerçekleştirilmiştir.

Toplam kükürt miktarı, LECO SC-132 kükürt cihazında bulunmuştur.

TS 2678 (1977) numaralı standarta uyularak kok kömürlerinin ısıl değerleri saptanmıştır.

### 5.4.2. FT-IR spektroskopisi

1 mg. kok numunesi ile 100 mg KBr karışımının 10 kg/cm<sup>2</sup> basınç uygulayarak hazırlanan peletlerin MATTSON 1000 marka FT-IR Spektrometre kullanılarak spektrumları alınmıştır.

### 5.5 Hidrojen Sülfür Analizi

CdS şeklinde çöktürülen H<sub>2</sub>S, asidik bir ortamda iyot fazlası ile çözündürülür, fazla iyot ise tiyosülfat ile titre edilerek bulunur (TS 329, 1966; Castello ve Riccio, 1975).



### 5.6 Katran Analizleri

#### 5.6.1 Floresans spektroskopisi

Katran örnekleri konsantrasyonu  $8 \times 10^{-7}$  olacak şekilde metanolde çözeltileri hazırlanarak eksitasyon ve emisyon monokromatörleri için scan hızı 240nm dk<sup>-1</sup> ve slit genişliği 2.5nm alınarak Yıldız Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Laboratuvarlarında bulunan PTI Fluorescence System marka Floresans cihazında spektrumları alınmıştır (Li vd., 1993).

#### 5.6.2 Çözücü ekstraksiyonu

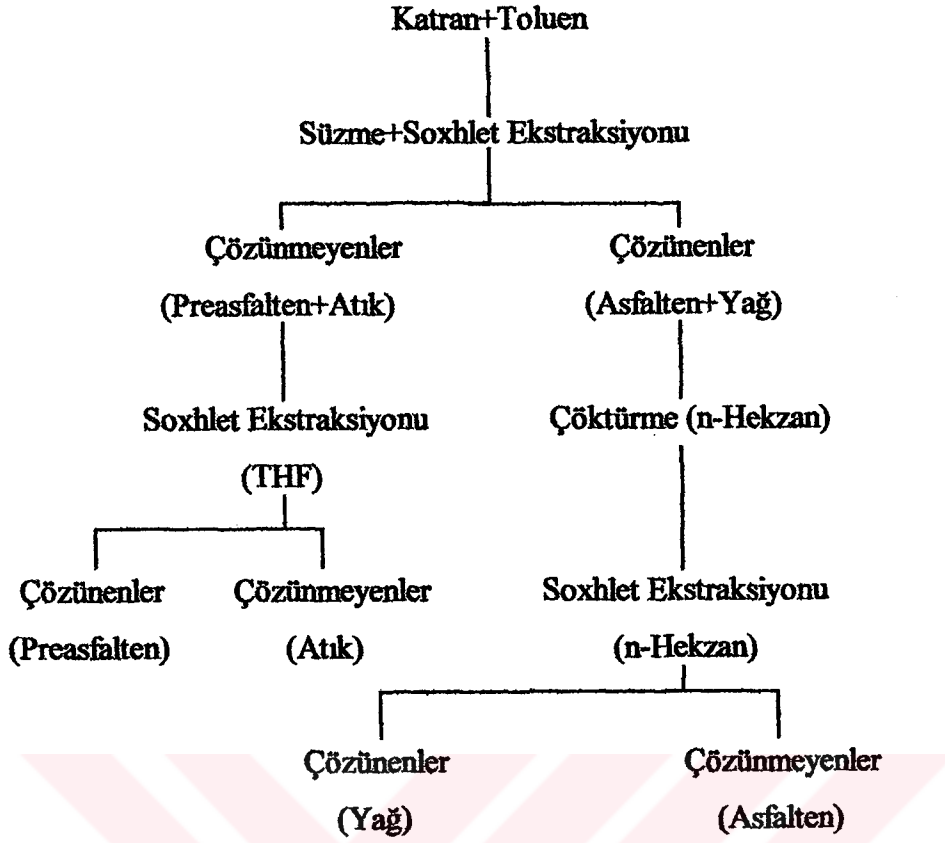
Sıvı ürünün yapısının daha detaylı bir şekilde aydınlatılabilmesi için, molekül ağırlığı ve heteroatom içeriği (S, N, O) daha dar bir aralıkta değişen kesimlere ayrılması gereklidir (Karr, 1978; Mayo ve Kirshen, 1977).

Çözücü ekstraksiyonu, kömürden türetilen kompleks yapıdaki sıvıların karakterizasyonu ve ayrılması için uygulanan en temel tekniktir. Elde edilen fraksiyonlar kromatografik ve spektroskopik teknikler ile analiz edilebilir.

Kömürden türetilen ürünler, viskoz olan katran benzeri materyaller, Weller vd. (1950 ve 1951) ve Kawa vd. (1957) tarafından geliştirilen bir metod ile benzende çözünmeyenler, asfaltanlar ve yağlar olarak analiz edilmişlerdir(Mima vd., 1978)

Ürün, şematik (Şekil 5.3.) olarak gösterildiği biçimde Soxhlet ekstraksiyonuna tabi tutulmuştur. Tartımı alınan katran, toluen ile muamele edilerek sabit tartıma getirilmiş kartuştan süzöldükten sonra, kartuş toluen ile Soxhlet ekstraksiyonuna tabi tutulmuştur. Kartuşun bulunduğu kısımdaki çözelti renksiz olana kadar (yaklaşık 24 saat) ekstraksiyona devam edilmiştir. Kartuşta preasfaltan ve artık, süzöntüde ise yağ, asfaltene dönüşen kısım ve toluen bulunmaktadır. Kartuş, 105°C' da vakum altında sabit tartıma gelinceye kadar kurutularak, tartılır. Süzöntü ile ekstrakta geçen kısım (asfaltan+yağ) birleştirilerek, döner buharlaştırıcı yardımı ile toluen uzaklaştırılır.

Ele geçen ürüne yaklaşık 30 katı kadar n-hekzan eklenerek, bir gece bekletilmesi ile asfaltanların çökmesi sağlanır. Bu karışım, sabit tartıma getirilmiş yeni bir kartuştan süzölerek, n-hekzan ile 24 saat ekstraksiyona tabi tutulur. Kartuşun 105°C' da vakum altında kurutularak tartılması ile asfaltan miktarı bulunmuş olur. Ekstrakta geçen kısımdaki hekzanda çözünenler, yağlar, döner buharlaştırıcıdan n-hekzandan ayrılarak kazanılmış olur. Miktarı ise kütle denkleğinden hesaplanır. Toluene ile ekstraksiyon sonrası sadece preasfaltan ve artık kısmı içeren kartuş THF ile 24 saat ekstraksiyona tabi tutulur. Kartuşun kurutularak tartılması ile reaksiyona girmeyen artık miktarı bulunmuş olur. Döner buharlaştırıcıdan THF' nin uzaklaştırılması ile preasfaltanlar kazanılmış olur.



Şekil 5.3. Katranın çözücü ekstraksiyonu

### 5.6.3 Kolon kromatografisi

Fraksinasyon için en sık kullanılan yöntem, polar sorbentler (silika jel, alumina vb.) ile adsorpsiyon kromatografisidir. Sorbent' in seçimi ve fraksinasyon yöntemi, özellikle, hem örneğin karakterine hem de fraksinasyonun amacına bağlıdır.

Hidrokarbon bileşiklerince zengin olan ham petrol, doymuş, aromatik ve polar bileşiklerinin hesaplanması için aktif hale getirilmiş silika jel üzerinden elue edilir.

2 cm çap, 40 cm boyundaki cam kolonlara 70-230 mesh ASTM elek aralığındaki silikajel 180°C' da aktive edildikten sonra, tabakalaşmayı önlemek için kolona sürekli sarsıntı uygulayarak kuru kuruya doldurulmuştur. Yağ fraksiyonu, az miktarda hekzan, çözüldürülerek kolonda ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yağ fraksiyonuna sırası ile 500 ml hekzan, 500 ml toluen ve 500 ml metanol olan ilavesi



ile alifatik, nötral aromatik ve polar aromatik olarak adlandırılan eluatlar elde edilmiştir.

#### **5.6.4. Elementel analiz ve toplam kükürt tayini**

Eluatların elementel analizleri LECO CHN-600 markalı karbon-hidrojen-azot cihazında, toplam kükürt tayinleri de Leco SC-132 kükürt tayin cihazında gerçekleştirilmiştir.

#### **5.6.5. FT-IR ve <sup>1</sup>H-NMR spektroskopileri**

Çözücüsüz olarak NaCl kristalleri arasında ince bir tabaka oluşturarak MATTSON 1000 marka FT-IR Spektrometresi kullanılarak katran numuneleri, yağ fraksiyonlarının kolon kromatografisi sonucu elde edilen alt fraksiyonlarının spektrumları çekilmiştir. 1mg. asfaltın fraksiyonu ile 100mg KBr karışımına 10kg/cm<sup>2</sup> basınç uygulanarak hazırlanan peletlerin 4000-400 cm<sup>-1</sup> aralığında MATTSON 1000 marka FT-IR Spektrometre kullanılarak spektrumları alınmıştır.

Yağ fraksiyonlarının kolon kromatografisi sonucu elde edilen tüm alt fraksiyonlarının çözücü olarak CDCl<sub>3</sub> (döterokloroform), iç standart olarak da (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Si (tetrametilsilan) kullanılarak <sup>1</sup>H-NMR spektrumları çekilmiştir.

#### **5.7. Gaz Analizleri**

Kok gazının analizi Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Laboratuvarlarında bulunan Hewlett-Packard marka 5980A Series II marka gaz kromatografinde gerçekleştirilmiştir. Kromatografte TCD ve FID olmak üzere iki adet dedektör ve iki adet kolon bulunmaktadır. Poraplot Q kolonunda H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> gazlarının, Alumina Plot kolonunda ise hidrokarbon gazlarının analizi yapılmıştır.

## 5.8. Karbonizasyon Veriminin Hesaplanması

Deney sonrası kömürün karbonizasyon yapıldığı temelde kok, katran, bozunma suyu, hafif yağ, hidrojen sülfür ve gaz verimleri hesaplanmıştır. Kömürdeki inorganik kısmın (mineral madde) kömürleşme süreci ile doğrudan ilgisi olmadığından, ürün verimleri kuru-külsüz-temelde irdelenmiştir.



## 6. SONUÇLAR

Jenkner karbonizasyon düzeneğinde gerçekleştirilen yüksek sıcaklık karbonizasyon deneyleri tamamen endüstriyel şartları yansıtacak biçimde gerçekleştirilmiştir.

### 6.1 Kömür Örneklerinin Tanınması

Türkiye Taşkömürü Kurumu ülkemizde metalurjik özellikte taşkömürü üreten tek kuruluştur. Bu amaçla, karbonizasyon deneyleri, Türkiye Taşkömürü Kurumu Zonguldak Havzasında bulunan Amasra işletmesi Çınarlı damarı, Armutçuk işletmesi Büyük damar, Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarları, Üzülmaz işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları, Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarlarından alınan örnekler ile gerçekleştirilmiştir. Bu havzadaki Kozlu, Üzülmaz ve Karadon bölgesi taşkömürleri metalurjik kok üretimine uygun iken, Armutçuk bölgesi kömürleri yarı koklaşabilir, Amasra bölgesi kömürleri ise koklaşamaz özelliğe sahiptir.

#### 6.1.1 Kısa analiz, elementel analiz, toplam kükürt ve ısıl değer sonuçlarının incelenmesi

En önemli yeraltı kaynaklarından olan kömürün enerji üretimi, ısıtma, sıvılaştırma, gazlaştırma ve metalurjik kok üretimi gibi amaçlar için kullanılmak üzere içeriğindeki safsızlıkların temizlenerek kalitesinin yükseltilmesi gereklidir.

Dünya üzerinde çok az sayıda kömür, istenen özelliklerde yüksek fırın koku üretimi için gerekli olan özelliklere sahiptir. Özellikle gerektiği gibi yıkanarak kül miktarının düşürülmesi durumunda Zonguldak kömürü aranan koklaşma özelliklerine tek başına sahip olan sayılı kömürlerden birisidir ki, bu nedenle ülke ekonomisi açısından bunun en iyi şekilde değerlendirilebilmesi gereklidir. Zonguldak havzasında, kömürleşme derecesi ve koklaşma özelliği bakımından farklı kömürlere sahip, değişik kömür damarları bulunmaktadır (Arslan vd., 1990).

Metallerjik kok üretimi için kömürün kül ve kükürt içeriği önemlidir (Bexley vd., 1986; Kemal, 1988). Bu sebeple tüvenan kömürler kok üretiminde kullanılsa da, kömürün özelliklerindeki değişimi görebilmek amacı ile, tüvenan kömürlerinde analizleri yapılmış ve tüvenan külünün metalurjik kok üretiminde kullanılabilecek düzeyde olmadığı saptanmıştır. Böylelikle, kül miktarının yüzdüme-batırma deneyleri ile azaltılmasına geçilmiştir. Çizelge 6.1., 6.2., 6.3. ve 6.4.' de Üzülmöz, Kozlu , Karadon, Armutçuk ve Amasra işletmelerine ait tüvenan taşkömürlerin kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.1. Üzülmöz işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	36.94	19.84	43.22	0.35	20.99
ÇAY	27.19	22.73	50.08	0.28	24.50
NASİFOĞLU	28.71	23.14	48.15	0.49	23.69

Çizelge 6.2 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükklıç damarları tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	30.13	24.74	45.13	0.33	26.76
ÇAY	27.80	23.09	49.11	0.36	24.73
BÜYÜKKILIÇ	22.68	25.02	52.30	0.82	24.71

**Çizelge 6.3. Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarları tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları**

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	11.36	23.79	64.85	0.37	30.82
ÇAY	20.89	21.77	57.34	0.23	27.32
AKDAĞ	27.63	21.46	50.91	0.47	23.04

**Çizelge 6.4. Armutçuk işletmesi Büyük Damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damarı tüvenan taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları**

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
BÜYÜK	10.48	32.08	57.44	0.714	31.53
ÇINARLI	10.51	36.66	52.83	0.59	27.65

Tüvenan taşkömürlerinin kül miktarları %10.48 ile %36.94 arasında, sabit karbon miktarları %43.22-%64.85 aralığında değişirken ısı değerleri de 20.99 ile 31.53 MJ/kg arasında olduğu görülmüştür.

Metalurjik kok üretiminde kullanılacak kömürlerden mukavemeti yüksek olan kok kömürü üretebilmek için, ideal olarak kömürlerin kül miktarı %8 ve kükürt miktarı %1.0 ' den yüksek olmamalı, uçucu madde oranlarının %25 ile %32 (kkt), ve vitrinit yansıtma değerlerinin %1.1-%1.3 sınır değerleri aralığında olması gereklidir (Gray vd., 1978)

Bu çalışmada karbonizasyonunu gerçekleştireceğimiz kömürlerin kül miktarlarının bu verilere göre yüksek olduğu görülmüştür. Bu sebeple öncelikle, kömürlerin farklı yoğunluklarda yüzdürme-batırma deneyleri yapılarak, karbonizasyon için en uygun yoğunluk saptanmıştır.

Üzülmez, Kozlu, Karadon ve Armutçuk damarlarına ait tüvenan kömürler, çeneli kırıcıda 13 mm altına kırılarak, -13+6.35 mm, -6.35+3.15 mm, -3.15+0.5 mm boyut gruplarına 1.30, 1.40, 1.50, 1.60, 1.75 ve 1.90 g/cm<sup>3</sup> yoğunluklarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmıştır ve hesaben birleştirilmiş -13+0.5 mm boyut aralığına ait sonuçlar elde edilmiştir. Buna ait değerler Çizelge 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14 ' da verilmektedir.

Çizelge 6.5 Üzülmez işletmesi Sulu damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Aralığı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	8.99	3.40	100.00	37.75
+1.30-1.40	46.18	5.86	91.01	41.14
+1.40-1.50	55.02	7.65	53.82	65.11
+1.50-1.60	59.40	9.28	44.98	74.58
+1.60-1.75	63.68	11.36	40.60	79.41
+1.75-1.90	65.67	12.58	36.32	84.03
+1.90	100.00	37.75	34.33	85.91

**Çizelge 6.6. Üzülmez işletmesi Çay damarı tüvenan taşkömürünün  
yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	9.73	4.36	100.00	28.11
+1.30-1.40	46.39	8.76	90.27	30.67
+1.40-1.50	65.89	11.43	53.61	44.85
+1.50-1.60	72.40	12.88	34.11	60.32
+1.60-1.75	77.94	14.64	27.60	68.06
+1.75-1.90	81.37	16.10	22.06	75.69
+1.90	100.00	28.11	18.63	80.53

**Çizelge 6.7. Üzülmez işletmesi Nasıföglü damarı tüvenan taşkömürünün  
yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	30.52	3.72	100.00	28.85
+1.30-1.40	60.55	5.91	69.48	39.89
+1.40-1.50	66.09	7.06	39.45	64.06
+1.50-1.60	69.50	8.11	33.91	71.33
+1.60-1.75	72.86	9.55	30.50	76.10
+1.75-1.90	75.32	10.89	27.14	80.65
+1.90	100.00	28.85	24.68	83.69

**Çizelge 6.8 Kozlu işletmesi Sulu damarı tüvenan taşkömürünün  
yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

Yoğunluk Aralığı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	50.21	3.93	100.00	20.26
+1.30-1.40	67.02	4.59	49.79	36.73
+1.40-1.50	74.94	5.44	32.98	52.10
+1.50-1.60	79.40	6.32	25.06	64.59
+1.60-1.75	81.66	7.00	20.60	73.99
+1.75-1.90	82.57	7.31	18.34	79.31
+1.90	100.00	20.26	17.43	81.60

**Çizelge 6.9 Kozlu işletmesi Çay damarı tüvenan taşkömürünün  
yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

Yoğunluk Aralığı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	13.54	3.86	100.00	27.70
+1.30-1.40	50.14	6.87	86.46	31.44
+1.40-1.50	63.77	8.86	4.986	48.65
+1.50-1.60	69.72	10.35	36.23	60.86
+1.60-1.75	74.49	11.87	30.28	67.67
+1.75-1.90	77.82	13.22	25.51	73.95
+1.90	100.00	27.70	22.18	78.52



Çizelge 6.10 Kozlu işletmesi Büyükkılıç damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	33.72	2.22	100.00	19.89
+1.30-1.40	60.99	4.30	66.28	28.87
+1.40-1.50	70.43	6.03	39.01	44.25
+1.50-1.60	76.63	7.72	29.57	52.90
+1.60-1.75	82.05	9.66	23.37	59.77
+1.75-1.90	85.95	11.38	17.95	66.64
+1.90	100.00	19.89	14.05	71.89

Çizelge 6.11 Karadon işletmesi Sulu damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	16.27	3.45	100.00	14.92
+1.30-1.40	63.13	6.61	83.73	17.15
+1.40-1.50	80.19	8.25	36.87	29.15
+1.50-1.60	86.17	9.24	19.81	41.94
+1.60-1.75	90.59	10.19	13.83	50.35
+1.75-1.90	92.64	10.77	9.41	60.45
+1.90	100.00	14.92	7.36	67.12

Çizelge 6.12. Karadon işletmesi Çay damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	7.90	4.09	100.00	19.13
+1.30-1.40	59.35	6.40	92.10	20.42
+1.40-1.50	78.89	8.22	40.65	37.72
+1.50-1.60	83.35	9.04	21.11	59.92
+1.60-1.75	86.29	9.91	16.65	69.67
+1.75-1.90	87.98	10.54	13.71	77.20
+1.90	100.00	19.13	12.02	82.10

Çizelge 6.13. Karadon işletmesi Akdağ damarı tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	15.88	3.60	100.00	28.70
+1.30-1.40	49.82	6.73	84.12	33.44
+1.40-1.50	60.67	9.07	50.18	50.50
+1.50-1.60	68.59	11.43	39.33	58.99
+1.60-1.75	75.09	13.84	31.41	66.41
+1.75-1.90	79.14	15.68	24.91	73.50
+1.90	100.00	28.70	20.86	78.09

Çizelge 6.14. Armutçuk işletmesi Büyük damar tüvenan taşkömürünün yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Arahğı	Toplam Yüzen		Toplam Batan	
	Miktar (%)	Kül (%)	Miktar (%)	Kül (%)
-1.30	40.91	2.94	100	6.33
+1.30-1.40	90.39	4.12	59.09	8.68
+1.40-1.50	95.04	4.52	9.61	27.16
+1.50-1.60	96.58	4.74	4.96	41.10
+1.60-1.75	97.80	4.99	3.42	51.33
+1.75-1.90	98.26	5.11	2.20	66.18
+1.90	100	6.33	1.74	75.32

Her bir damara 1.30, 1.40, 1.50, 1.60, 1.75 ve 1.90 yoğunluklarında yüzdürme-batırma deneyleri uygulanması sonucu, -13+0.5 mm boyutuna getirilen kömürün tamamına, metalurjik kok üretiminde kullanılabilir özelliklerin sağlanması amacı ile en iyi verim ve en uygun kül miktarının 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edildiği saptanmıştır. Daha sonra karbonizasyon deneylerinde kullanacağımız numunelerimize 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğunda yüzdürme-batırma deneyleri yapılarak, 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzen ve 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta batan olmak üzere iki farklı ürün elde edilmiştir. 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzen ürün koklaştırma deneylerinde kullanılmıştır. Her bir damara ait 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları Çizelge 6.15., 6.16., 6.17. ve 6.18' de verilmektedir.

Çizelge 6.15. Üzülmüş işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları

DAMAR	YÜZEN MİKTAR (%)	BATAN MİKTAR (%)
SULU	59.40	40.60
ÇAY	72.40	27.60
NASIFOĞLU	69.50	30.50

**Çizelge 6.16. Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

DAMAR	YÜZEN MİKTAR (%)	BATAN MİKTAR (%)
SULU	74.32	25.68
ÇAY	70.15	29.85
BÜYÜKKILIÇ	69.44	30.56

**Çizelge 6.17. Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

DAMAR	YÜZEN MİKTAR (%)	BATAN MİKTAR (%)
SULU	86.17	13.83
ÇAY	83.35	16.65
AKDAĞ	68.59	31.41

**Çizelge 6.18. Armutçuk işletmesi Büyük damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin 1.60 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta yüzdürme-batırma deneyi sonuçları**

DAMAR	YÜZEN MİKTAR (%)	BATAN MİKTAR (%)
BÜYÜK	96.58	3.42
ÇINARLI	94.57	5.43

Yüzen kısım karbonizasyon deneylerinde kullanılmadan önce kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlara ait veriler Çizelge 6.19, 6.20., 6.21. ve 6.22. de verilmektedir.

Yüzdürme-batırma deneyleri sonucu kömürlerin kül miktarlarında azalma sağlanırken, sabit karbon oranları ve ısıl değerler de artma görülmüştür.

Çizelge 6.19. Karbonizasyonu gerçekleştirilen Üztlmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarı taşkömürlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	1.16	10.26	27.18	62.56	87.13	5.28	1.18	5.88	0.53	0.73	0.05	31.86
ÇAY	0.90	11.92	26.24	61.84	88.42	5.15	1.25	4.77	0.41	0.70	0.04	31.33
NASIFOĞLU	1.07	8.70	29.11	62.19	87.56	5.27	1.18	5.28	0.71	0.72	0.05	32.47

\*, Kurutulmuş numune nemi

\*\* $O=100-(C+H+N+S)$

Çizelge 6.20 Karbonizasyonu gerçekleştirilen Kozlu İşletmesi Sulu, Çay ve Büyüklüklüç damar taşkömürlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	2.34	7.84	24.09	68.07	89.77	4.71	0.72	4.33	0.47	0.63	0.04	32.63
ÇAY	1.24	9.83	27.76	62.41	86.43	5.29	1.26	6.58	0.44	0.73	0.06	31.60
BÜYÜKKILIÇ	1.38	7.40	29.60	63.00	84.16	5.15	1.23	8.79	0.67	0.73	0.08	31.84

\*, Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.21. Karbonizasyonu gerçekleştirilen Karadon İşletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarı taşkömürlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	1.23	8.81	23.62	67.57	88.83	4.54	0.73	5.27	0.63	0.61	0.044	30.67
ÇAY	0.87	8.05	24.29	67.66	89.87	5.04	0.57	3.96	0.56	0.67	0.033	32.98
AKDAĞ	1.31	11.01	26.23	62.76	88.68	5.24	0.57	4.89	0.62	0.71	0.041	31.48

\*, Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.22. Karbonizasyonu gerçekleştirilen Armutçuk işletmesi Bıyıklık Damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
BÜYÜK	1.81	4.36	32.81	62.83	86.27	4.67	1.19	7.24	0.63	0.65	0.063	33.16
ÇINARLI	3.14	7.99	36.24	55.77	77.87	5.19	1.06	15.22	0.66	0.80	0.147	28.68

\*, Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)



Üzülmez işletmesi Sulu damarının tüvenan külü %36.94 (kt) değerinde iken, yüzdürme-batırma deneyi sonucu %10.26 (kt) değerine gerilemiştir. Çay ve Nasıfoğlu damarı kömürlerinin tüvenan külleri, sırası ile, %27.19 (kt) ve %28.71 (kt) iken, yüzdürme-batırma sonucu %11.92 (kt) ve %8.70 (kt)' e düşmeleri sağlanmıştır. Sabit karbon miktarları Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları için %43.22 (kt), %50.08 (kt) %48.15 (kt) değerinde iken, yüzen kömürlerin sabit karbon miktarları %62.56 (kt), %61.84 (kt) ve %62.19 (kt) olarak tayin edilmiştir.

Kozlu işletmesi kömürlerinin kül miktarlarında daha fazla azalma görülmüştür. Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar tüvenan taşkömürlerinin külleri sırası ile, %24.74 (kt), %23.09 ve %25.02 oranındayken, %7.84, %9.83 ve %7.40 (kt) değerlerine yüzdürme-batırma yapılması ile düşürülmüştür. Sabit karbon içerikleri de sırası ile, %45.13 (kt), %49.11 (kt) ve %52.30 (kt) olarak bulunurken, kömürlerin sabit karbon içeriklerinin zenginleştirilmesi sağlanmıştır. Sulu, Çay ve Büyükkılıç kömürleri için sırası ile, %68.07 (kt), %62.41 ve %63.00 (kt) değerlerinde olduğu görülmüştür.

Benzer olarak, Karadon kömürlerinin de kül miktarları yüzdürme-batırma deneyleri ile azaltılırken, sabit karbon ve ısı değerlerinin artırılması sağlanmıştır. Sulu, Çay ve Akdağ damarı tüvenan kömürlerin külleri sırası ile, %11.36 (kt), %20.89 (kt) ve %27.63 (kt), sabit karbon içerikleri de %64.85 (kt), %57.34 (kt) ve %50.91 (kt) oranındadır. Bu kömürlerin  $1.60 \text{ g/cm}^3$  yoğunlukta yüzen kısımların külleri de sırası ile %8.81 (kt), %8.05 (kt) ve %11.01 (kt), sabit karbon değerleri de %67.57 (kt), %67.66 (kt) ve %62.76 (kt) olarak tayin edilmiştir.

Armutçuk ve Amasra kömürlerinin tüvenan kül oranları oldukça düşük olmasına rağmen, Armutçuk' un koklaşma yeteneğinin az, Amasra' nın koklaşma yeteneğinin hiç olmaması sebebi ile yüzdürme-batırma deneylerine tabi tutulmuşlardır. Armutçuk ve Amasra' nın kül miktarları, sırası ile, %10.48 (kt) ve %10.51 (kt) iken, %4.36 (kt) ve %7.99 (kt) değerlerine düşürülmesi sağlanmıştır. Sabit karbon içerikleri %57.44 (kt) ve %52.83 (kt) olan bu kömürlerin  $1.60 \text{ g/cm}^3$  de yüzen kısımlarının sabit karbon değerleri %62.83 (kt) ve %55.77 (kt) olarak yükselmiştir.

Bütün kömürlerin kül miktarlarının azaltılmasına bağlı olarak ısı değerlerinde belirgin bir artış sağlanmıştır. En fazla ısı artışına sahip olan Üzümez işletmesi Sulu damar tüvenan kömürünün ısı değeri 20.99 MJ/kg iken, 31.86 MJ/kg değerine çıktığı görülmüştür.

Kömür ekonomisi açısından, tek başına koklaşabilir kömür özelliklerine sahip olmayan kömürler, karışımda optimum oranlarda sık sık kullanılırlar. Böylelikle, kömür karışımında buluna iyi koklaşabilir kömürlerin yardımı ile koklaşma özellikleri zayıf olan kömürler değerlendirilmiş olur.

Kömür karışımlarının kullanılma zorunluluğu sonucu olarak, karışımda kullanılacak kömürlerin teker teker özelliklerinin bilinmesi ve karışımda her bir kömürün ne oranda bulunacağı konusu önem kazanmaktadır.

Bu amaçla çalışmada, yarı koklaşabilir Armutçuk ve koklaşamaz Amasra taşkömürlerinden metalurjik kok üretiminde faydalanabilmek için koklaşabilir kömürler ile harmanlanarak metalurjik kok üretiminde kullanılması sağlanmıştır.

Harman kömürlerinin hazırlanması damar kömürlerinin kül miktarlarına göre olmuştur. Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ kömürleri sırası ile %30, %30 ve %35 oranlarında karıştırılarak Karadon karışımı elde edilmiştir. Üzümez+Kozlu karışımı için de Üzümez ve Kozlu damarları önce kendi içinde harmanlanmıştır. Üzümez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarları sırası ile %30, %30, %35 oranlarında; Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarları da sırası ile %30, %30, %35 oranlarında karıştırılmıştır. Daha sonra %50 Üzümez karışım %50 Kozlu karışım karıştırılarak Üzümez+Kozlu karışım kömürü elde edilmiştir. ÜZ+KZ ve KR-KR karışımları da %20, %30 ve %40 oranlarında ABD ve %20, %30 ve %40 oranlarında AÇD ile ayrı ayrı karıştırılarak harman kömürler elde edilmiştir. Harman kömürlerine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.23, 6.24, 6.25 ve 6.26' da verilmiştir.

Çizelge 6.23 Üzülmmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile barmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
ÜZ + KZ	1.35	9.25	27.66	63.09	87.08	5.11	1.12	6.10	0.59	0.70	0.052	31.94
%20 ABD %80 ÜZ+KZ	1.44	8.38	28.69	62.93	87.00	5.03	1.14	6.18	0.65	0.69	0.053	32.19
%30 ABD %70 ÜZ+KZ	1.49	7.88	29.20	62.92	86.91	4.98	1.14	6.28	0.69	0.68	0.054	32.31
%40 ABD %60 ÜZ+KZ	2.07	7.38	29.78	62.84	86.82	4.93	1.15	6.39	0.71	0.68	0.055	32.43

\*, Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.24. Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
KR-KR	1.13	9.76	24.20	66.04	89.71	4.96	0.63	4.07	0.63	0.66	0.034	31.72
%20 ABD %80 KR-KR	1.26	8.68	25.92	65.40	89.00	4.90	0.75	4.71	0.64	0.66	0.039	32.01
%30 ABD %70 KR-KR	1.33	8.14	26.78	65.08	88.64	4.87	0.80	5.05	0.64	0.65	0.043	32.16
%40 ABD %60 KR-KR	1.40	7.60	27.64	64.76	88.29	4.84	0.86	5.37	0.64	0.65	0.046	32.30

\* , Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.25 Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
ÜZ + KZ	1.35	9.25	27.66	63.09	87.08	5.11	1.12	6.10	0.59	0.70	0.052	31.94
%20 AÇD %80 ÜZ+KZ	1.71	9.11	29.38	61.51	85.42	5.13	1.11	7.73	0.61	0.72	0.068	31.29
%30 AÇD %70 ÜZ+KZ	1.89	8.97	30.23	60.80	84.37	5.14	1.10	8.77	0.62	0.73	0.078	30.97
%40 AÇD %60 ÜZ+KZ	2.07	8.83	31.09	60.08	83.43	5.15	1.10	9.71	0.61	0.74	0.087	30.64

\* , Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.26 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürü örneklerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	NEM*	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O** (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
KR-KR	1.13	9.76	24.20	66.04	89.71	4.96	0.63	4.07	0.63	0.66	0.031	31.72
%20 AÇD %80 KR-KR	1.53	9.41	26.61	63.98	87.31	5.00	0.72	6.32	0.65	0.68	0.054	31.12
%30 AÇD %70 KR-KR	1.73	9.23	27.81	62.96	86.11	5.03	0.76	7.44	0.66	0.70	0.065	30.81
%40 AÇD %60 KR-KR	1.93	9.05	29.02	61.93	84.91	5.05	0.80	8.57	0.67	0.71	0.076	30.51

\* , Kurutulmuş numune nemi

\*\* , O=100- (C+H+N+S)

Yüksek sıcaklık karbonizasyonu gerçekleştirilecek olan bu kömürlerin S oranları %0.41-%0.71 (kt) arasında, Isıl değerleri de 28.68-33.16 MJ/kg arasında değişmektedir. Elementel analizleri gerçekleştirilen numunelerin C miktarları %77.87-%89.87 (kkt) arasında, H miktarları da %4.54-%5.29 (kkt) arasında değişirken, H/C (atomik) oranları 0.61-0.80 aralığında değiştiği bulunmuştur.

Kömürlerin H/C oranları koklarının H/C oranlarına göre daha fazla olması kömürlerde alifatik yapının çok olduğunu gösterir. Karbonizasyon deneyleri yapılan kömürlerimizin H/C (atomik) değerleri 0.61 ile 0.80 aralığında değişmektedir. Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürünün H/C oranının (0.80) oldukça yüksek olması yapısında alifatik birimlerin yoğun olduğunu kanıtlamaktadır.

#### **6.1.2. Petrografik analiz sonuçlarının değerlendirilmesi**

Petrografik teknik vasıtası ile kömürlerin proses esnasındaki davranışları hesaplanabilir veya tahmin edilebilir. Çelik endüstrisinde, kömür petrografisinin en önemli kullanım amacı, kömür veya kömür harmanlarının karbonizasyonundan elde edilen kokun mukavemetinin hesaplanmasıdır. Kaliteli kok vermesi muhtemel olan harmanların, petrografik analizlerle seçilmesi ile, pahalıya mal olan pilot çaptaki koklaştırma testlerinin sayısı azaltılabileceği gibi, az miktardaki kömür numuneleri ile elde edilebilecek kokun mukavemeti ile ilgili bilgi önceden öğrenilecektir (Çoban, 1984; Saraçoğulları, 1985).

Metallerin kok' un mukavemetinin yüksek firm içindeki hareketin yaratacağı koşullara uygun olması gerekliliğinden, daha önceden stabilite hesaplamaları önem kazanmaktadır.

Kömür, herhangi bir proses esnasındaki davranışını kontrol eden, reaktif ve inert bileşiklerden ibarettir. Reaktif maseraller vitrinit, liptinit ve semifüsinit' in 1/3' ü, inert maseraller ise semifüsinit' in 2/3' ü, inertinit ve mineral maddeden ibarettir (Amasov, 1957). Reaktif komponentler inert komponentlere oranla ışığı daha fazla yansıtmakta olup, ısıtıldığı zaman yumuşamakta, eriyerek oldukça akışkan bir hale

gelmektedir. Karbonizasyon esnasında eriyen reaktif bileşenler, inert bileşenleri bağlayarak sağlam bir kütle oluşturmaktadır ki bu sebeple kaliteli kok üretimi için, reaktif ve inert bileşenlerin kömür içerisinde uygun oranda bulunması gerekmektedir. İnter bileşen miktarındaki yetersizlik kok mukavemetini azaltmaktadır. Çünkü, koklaşma esnasında gaz çıkışı nedeni ile kömür bünyesinde büyük boşluklar oluşmakta, eğer yeteri kadar inert bileşen bulunmuyorsa, meydana gelen çok gözenekli yapı kok mukavemetini düşürmektedir. İnter bileşenlerin çok fazla olması halinde de aynı durum ortaya çıkmakta, inert bileşenleri saracak yeterli reaktif bileşen olmaması nedeni ile elde edilen kokun mukavemeti düşük olmaktadır. Bu nedenle maksimum kok mukavemeti elde etmek için, inert masele miktarı ile reaktif masele miktarı arasında optimal bir oran olmalıdır. (Schapiro vd., 1961; Çoban, 1988; Saraçoğulları, 1985; Schapiro ve Gray, 1964; Amnasov, 1957).

Kömürlerin reflektans (yansıtma) değerleri, yüzeyi pürüzsüz parlatılmış bir numune üzerine gönderilen ışığın %' si olarak yansıyan değerleri olup, araştırmalar en sağlıklı ölçümlerin Vitritler üzerinde yapılan ölçümlerden olduğunu göstermiştir (Bustin, 1991). V tipi ya da vitrinoid terimi, kömür rankının açıklanmasında kullanılmaktadır. Bu nedenle, 0.10' luk reflektans aralıklarını belirten birim, vitrinoid veya V-tipi olarak tanımlanır. Vitrit yansıtma değerleri kömürleşme derecesinin belirlenmesi ve petrol ve doğal gaz aramalarında kullanılmaktadır (Ward, 1984). Kömürdeki yansıtma değerleri, kömürleşme derecelerinin saptanmasında kimyasal analizlerden daha sağlıklı değerler vermektedir. Kömürleşme dereceleri aslında kömüre etkiyen gerçek metamorfik şartların şiddetidir ve vitrit yansıtma değerleri bunları doğrudan yansıtmakta ve beraberinde bulunduğu minerallerden etkilenmeden kömürlerin sınıflanmasının yapılabilmesini sağlamaktadır. Genel olarak, yüksek uçuculu kömürler V-7, V-8, V-9, V-10; orta uçuculu kömürler V-11, V-12, V-13 ve düşük uçuculu kömürler V-14, V-15, V-16, V-17, V-18 değerlerine sahiptirler (Mc Cartney, 1970; Schapiro vd., 1961; Schapiro, 1964; Silitstone, 1970). Organik maddeler anizotropi gösterdikleri için, organik maddelerin bir çok değişik reflektans değerleri mevcuttur. Organik maddelerin gösterdikleri en yüksek reflektans değerleri  $R_{max}$ , en düşük reflektans değerleri  $R_{min}$ , rasgele ölçüm değerleri  $R_r$  ve ölçülen değerlerin ortalama olarak



değerini gösteren değerler de Rmean olarak yorumlanmaktadır. Bu değerlerden en fazla kullanılan Rmax ve Rr değerleridir. Bir kömürde Rmax ile Rmin değerleri arasında çok büyük farkların olması, ortamda değişik kömürleşme derecelerinde organik malzemelerin bulunduğunu ima etmekte veya ortama değişik ısısal etmenlerin etkin olabileceği durumu ortaya çıkarmaktadır (Toprak, 1994).

Damar kömürlerinin petrografik analiz sonuçları çizelge 6.27, 6.28, 6.29 ve 6.30' da verilmiştir. Karışım kömürlerinin petrografik analiz sonuçları ise çizelge 6.31, 6.32, 6.33 ve 6.34' de verilmektedir.

Kömürün petrografik verilerinden kok mukavemetinin hesaplanması için Kompozisyon Balans İndeksi (CBI) ve Mukavemet İndeksi (SI) veya Rank İndeksi (RI) olarak adlandırılan ifadeler ihtiyacı vardır.

Kompozisyon Balans İndeksi, kömürdeki inert maddelerin yüzde miktarlarının, o kömürden en yüksek stabilitede kokun üretilmesi için gerekli olan inert maddelerin yüzde miktarına oranıdır. Bu değer 1.0' dan büyük olması inert maddelerin gerekenden çok, 1'den küçük olması inert maddelerin gerekenden az olduğunu ifade eder.

Mukavemet İndeksi ise, optimum kok dayanıklılığı ile inert maserallerin miktarı arasındaki ilişkiyi belirtir ve 2 ile 8 arasında değişmektedir. Mukavemet İndeksi, kömürün bileşimi ve yaşı ile değişmektedir. Bu değer 2 civarında olması kömürün yüksek uçuculu, 4 civarında olması orta uçuculu, 8 civarında olması ise düşük uçuculu olduğunu gösterir.

Petrografik verilere dayanarak damar ve karışım kömürlerinin kok stabilitelelerinin hesaplanmasına ait veriler Ek 1' de verilmektedir.

Reaktif ve inert maseral oranı, uçucu madde oranı stabilitenin değerini etkileyen kavramlardır. Çoğunlukla uçucu madde oranı azaldıkça mukavemet artışı göstermektedir.

Çizelge 6.27. Üzülmaz işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	SULU	ÇAY	NASIFOĞLU
VİTRİNİT	73.92	53.62	85.52
LİPTİNİT	4.64	4.02	3.94
SEMİFÜSİNİT	9.30	18.55	3.45
İNERTİNİT	8.31	18.45	3.74
MİNERAL MADDE	3.83	5.36	3.35
$R_{max}$	1.133	1.132	1.143
V5	-	-	-
V6	-	-	-
V7	-	-	-
V8	-	0.91	-
V9	2.89	5.42	5.93
V10	24.05	20.01	19.75
V11	57.52	55.10	48.59
V12	13.26	11.80	20.95
V13	0.38	2.88	4.15
V14	1.52	0.97	0.21
V15	0.38	1.94	-
V16	-	-	-
V17	-	0.97	-
V18	-	-	-
V19	-	-	0.19
STABİLİTE	58	52	46

Çizelge 6.28 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	SULU	ÇAY	BÜYÜKKILIÇ
VİTRİNİT	69.01	59.44	46.26
LİPTİNİT	3.80	4.51	6.65
SEMİFÜSİNİT	11.98	13.83	27.21
İNERTİNİT	11.98	16.66	16.83
MİNERAL MADDE	3.23	5.56	3.05
$R_{max}$	1.290	1.129	0.949
V5	-	-	-
V6	-	-	-
V7	-	-	4.26
V8	-	-	6.86
V9	-	11.18	43.52
V10	0.95	55.54	31.44
V11	8.10	27.57	4.39
V12	44.13	-	1.47
V13	36.55	2.09	1.47
V14	7.67	1.56	2.92
V15	1.04	0.51	1.47
V16	-	0.51	1.47
V17	0.52	1.04	0.73
V18	0.52	-	-
V19	0.52	-	-
STABİLİTE	65	56	43

Çizelge 6.29 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	SULU	ÇAY	AKDAĞ
VİTRİNİT	57.55	54.56	51.69
LİPTİNİT	1.34	3.28	4.86
SEMİFÜSİNİT	17.21	22.65	20.37
İNERTİNİT	20.26	16.20	18.53
MİNERAL MADDE	3.64	3.31	4.55
R <sub>max</sub>	1.254	1.239	1.155
V5	-	-	-
V6	-	-	-
V7	-	-	-
V8	-	-	-
V9	0.91	-	0.90
V10	4.56	1.77	17.86
V11	16.40	23.00	52.17
V12	42.82	52.44	15.36
V13	24.57	12.39	1.97
V14	5.40	2.32	3.55
V15	2.66	1.15	5.35
V16	0.88	3.46	1.07
V17	1.80	-	-
V18	-	2.32	1.07
V19	-	1.15	-
STABİLİTE	53	58	53

**Çizelge 6.30 Armutçuk işletmesi Büyük damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damarı taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları**

KÖMÜR	BÜYÜK	ÇINARLI
VİTRİNİT	70.01	68.36
LİPTİNİT	3.86	9.12
SEMİFÜSİNİT	12.16	9.60
İNERTİNİT	12.16	9.40
MİNERAL MADDE	1.81	3.52
Rmax	0.910	0.679
V5	0.95	-
V6	-	69.15
V7	1.90	26.88
V8	35.07	-
V9	52.14	3.97
V10	3.09	-
V11	0.95	-
V12	1.99	-
V13	1.30	-
V14	0.53	-
V15	1.04	-
V16	0.78	-
V17	0.26	-
V18	-	-
V19	-	-
STABİLİTE	51	25

Yüksek ve orta uçuculu kömürlerin vitrinit yansıtması 0.8 ile 1.3 arasında değişirken, düşük uçuculu kömürlerin vitrinit yansıtması 1.3 değerinin üzerindedir. Üzülmaz, Kozlu ve Karadon işletmesi damarlarına ait kömürlerin vitrinit yansıtması değerleri 0.949 ile 1.290 arasındadır. Armutçuk ve Amasra işletmesine ait kömürlerin vitrinit yansıtması değerleri ise sırası ile 0.910 ve 0.679' dur.

Kok oluşturmada kok' a gözeneklilik veren ve şişmeyi sağlayan bileşen vitrinit' tir. Karbonizasyon işlemlerinde liptinit ve vitrinit aktif olarak işleme katılırken, inertinitin katılması az olmaktadır. İntertinit grubu maseraller kok' a istenen sert olma özelliğini verdiği için, kısmen de olsa bulunması arzu edilmektedir (Stach vd., 1982). Liptinitler koklaştırmada istenmeyen maserallerdir ve liptinitler karbonizasyon işlemine tabi tutulduklarında çok miktarda gaz ürün verirler (Toprak.1994).

Uçucu madde oranı (%29.60) oldukça yüksek olan Kozlu işletmesi Büyükkılıç damar kömürünün 43 olan kok stabilitesi oldukça düşük hesaplanmıştır. Aynı zamanda bu kömür numunesi en düşük reaktif maseral (%61.98), en yüksek inert maseral (%38.02) oranları ve en düşük vitrinit yansıtması ( $R_{max}=0.949$ ) değerine sahiptir. Vitrinit miktarının düşük olmasından dolayı inertleri bağlama kapasitesi düşeceğinden stabilize de düşüktür. %90.61 ile en yüksek reaktif maseral miktarına sahip olan Üzülmaz işletmesi Nasıfoğlu damar kömürünün de kok stabilitesi 46 olarak bulunmuşturki oldukça düşüktür. Bu durumda, inert maseral miktarı koklaştırma için yeterli değildir. En yüksek vitrinit yansıtması değerine sahip olan ( $R_{max}=1.290$ ) Kozlu işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesi 65 olarak en yüksek değerde saptanması Kozlu işletmesi Sulu damarının en uygun reaktif-inert maseral oranına sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

Kömür karışımlarından yararlanılması durumunda, karışımın belirli bir uçucu madde aralığında tutulması gereklidir. Uçucu madde miktarı, işletmelerin gerekli gaz balansının sağlanması için olduğu kadar, kok verimi açısından da önemli bir unsurdur Yüksek sağlamlıkta kok üretimi için, kömür karışımında kullanılacak kömürlerin uçucu madde miktarları %25-32 (kkt), vitrinit reflektans değerleri %1.1-1.3 aralığında olmalıdır (Nalcı, 1990).

Çizelge 6.31 Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	ÜZ+KZ	%20ABD %80 ÜZ+KZ	%30ABD %70 ÜZ+KZ	%40ABD %60 ÜZ+KZ
VİTRİNİT	64.57	65.66	66.20	66.75
LİPTİNİT	4.56	4.42	4.35	4.28
SEMİFÜSİNİT	13.99	13.62	13.44	13.26
İNERTİNİT	12.78	12.66	12.59	12.53
MİNERAL MADDE	4.10	3.64	3.42	3.18
V5	-	0.20	0.29	0.40
V6	-	-	-	-
V7	0.54	0.83	0.96	1.10
V8	1.00	8.12	11.62	15.09
V9	9.78	18.63	22.98	27.28
V10	24.49	20.02	17.82	15.66
V11	34.94	27.83	24.35	20.89
V12	16.44	13.42	11.94	10.47
V13	8.46	6.96	6.22	5.50
V14	2.51	2.09	1.89	1.69
V15	0.83	0.87	0.89	0.91
V16	0.27	0.38	0.43	0.48
V17	0.50	0.46	0.43	0.40
V18	0.09	0.08	0.07	0.05
V19	0.14	0.11	0.09	0.08
STABİLİTE	61	58	51	50

Çizelge 6.32 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	KR-KR	%20ABD %80 KR-KR	%30ABD %70 KR-KR	%40ABD %60 KR-KR
VİTRİNİT	54.75	57.80	59.33	60.85
LİPTİNİT	3.08	3.24	3.31	3.39
SEMİFÜSİNİT	20.06	18.48	17.69	16.90
İNERTİNİT	18.31	17.08	16.47	15.86
MİNERAL MADDE	3.80	3.40	3.20	3.00
V5	-	0.22	0.32	0.43
V6	-	-	-	-
V7	-	0.45	0.64	0.83
V8	-	8.14	11.96	15.63
V9	0.59	12.54	18.18	23.59
V10	7.49	6.47	5.98	5.52
V11	29.48	22.84	19.75	16.76
V12	38.14	29.75	25.81	22.03
V13	13.59	10.74	9.40	8.12
V14	3.77	3.02	2.66	2.32
V15	2.91	2.49	2.28	2.08
V16	1.84	1.59	1.49	1.37
V17	0.64	0.55	0.51	0.46
V18	1.15	0.88	0.76	0.63
V19	0.40	0.31	0.26	0.23
STABİLİTE	54	57	57	56



Uçucu madde miktarı %32 (kkt)' den yüksek olan kömürlerin bozunma hızları yüksektir ve polimerizasyon reaksiyonları etkindir ve kokları kırılğan ve zayıf olmaktadır. Uçucu madde miktarı %25-29 (kkt) arasında olan kömürlerde kondenzasyon reaksiyonları etkindir ve iyi koklaşır ve sağlam kok verirler (Çoban, 1988).

Damar kömürlerinin vitrinit yansıtması arttıkça koklarının stabilitesi hemen hemen artış göstermektedir. İnert madde miktarının artışı ile stabilite belli bir değere kadar artış göstermektedir. Literatüre göre (Nalcı, 1990; Çoban, 1988), vitrinit yansıtmasına bağlı olmaksızın inert madde miktarı arttıkça stabilite artarak %30 toplam inert madde miktarı civarında maksimuma ulaşmakta, daha sonra azalma görülmektedir ki incelediğimiz kömürlerimizde bu kurala uyum sağlamaktadır. %23.20 inert maserale sahip olan Kozlu işletmesi Sulu damarının kok stabilitesi 65 değerinde iken, inert maserali %31.44 oranında olan Kozlu işletmesi Çay damarının kok stabilitesine (56) düşüş görülmektedir. İnert maseral oranı belli bir değeri geçtikten sonra stabilite azalma eğilimindedir. Reaktif maseralleri kendi başlarına koklaştırıldığında çok fazla şişme gösterdiklerinden kaliteli kok elde edilememektedir. Bu kömüre belirli oranlarda inert madde katılması durumunda mukavemeti yüksek kok elde edilmesi, reaktif/inert madde oranlarının önemini göstermektedir.

Armutçuk kömürünün koklaşabilme yeteneği düşük olarak bilinmesine rağmen, yüzdürme-batırma deneylerine maruz kalan numunenin petrografik verilere dayanılarak yapılan hesaplamardan kok stabilitesinin uygun bir değerde (51) olduğu saptanmıştır. Amasra' nın kimyasal özellikleri metalurjik kok üretimine uygun duruma getirilmesine rağmen, kok stabilitesi 25 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.31 deki değerleri incelediğimizde, ÜZ+KZ kömürünün kok stabilitesine göre, ABD+(ÜZ+KZ) kömürlerinin kok stabiliteyi karışımındaki ABD oranı arttıkça azalma göstermektedir. ÜZ+KZ kömürü orta uçuculu ve diğer numunelere göre daha fazla inert maseral (%26.20) içerdiğinden vitrinitlerin inertleri bağlama kapasiteleri düşüktür. Buna karşılık ABD kömürü ise yüksek uçuculu ve fazla reaktif maseral (%77.92) içerdiğinden inert maserali yetersiz gelmektedir. Kömürler

koklaşma için gerekli özellikleri tamamlayamamakta ve stabilite düşüş göstermektedir.

Çizelge 6.32' de KR-KR kömürünün inert maseral oranı diğer numunelere göre daha fazladır. ABD kömürünün ise inert maseraleri yetersiz ve erime kabiliyeti fazla olan vitrinitler içermektedir. Koklaşma için yeterli reaktif ve inert maseral oranlarını sağladıklarından ABD+(KR-KR) karışımlarının kok stabiliteyi ABD ve KR-KR' nin ayrı ayrı bulunan stabilite değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

AÇD yüksek uçuculu ve reaktif maseral miktarı fazladır. ÜZ+KZ ve KR-KR kömürleri ise daha fazla inert maseral içerdiğinden vitrinitlerin inertleri bağlama kapasiteleri düşüktür. ABD+(ÜZ+KZ) kömürlerinin kok mukavemet değerlerinde görüldüğü gibi hem ÜZ+KZ hem de KR-KR kömürleri ile yapılan karışımlarda AÇD' nin artışı ile kok mukavemeti azalma eğilimindedir.

Karışımlardaki koklaşmaz kömür oranının %15 ile 25' i geçmesi halinde sağlam kok elde edilememesi (Özden vd., 1984; Özden, 1985, Van Krevelen, 1981), kömürün koklaşabilir elemanları tarafından oluşturulan sıvı fazın inert madde yüzeyinde adsorbe edilmesine ve ortamda yeterli plastik fazın bulunmamasına bağlanmaktadır. Koklaşma yetenekleri az veya hiç olmayan Armutçuk ve Amasra kömürleri %5-10 oranında Zonguldak kömürleri ile karıştırılınca demir-çelik kok üretiminde bir sakınca meydana getirmemektedir (Birön, 1976; Bayrı, 1961). Yaptığımız çalışmada, karışımlarda %40ABD ve %40AÇD oranlarında denemeler yapılmıştır. Petrografik analiz sonuçları bu oranın ABD ile %40' a kadar çıkılırsa oldukça sağlam kok elde edebileceğimizi gösterirken, AÇD' de %30 oranında kalmıştır. Böylelikle, metalurjik kok elde etmek için kullanılması gereken ve koklaşma yeteneği az veya hiç olmayan ABD ve AÇD taşkömürlerinin diğer çalışmalara göre daha fazla oranda değerlendirilebileceği kanıtlanmıştır.

Çizelge 6.33. Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra

Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	ÜZ+KZ	%20AÇD %80 ÜZ+KZ	%30AÇD %70 ÜZ+KZ	%40AÇD %60 ÜZ+KZ
VİTRİNİT	64.57	65.33	65.71	66.09
LİPTİNİT	4.56	5.47	5.93	6.38
SEMİFÜSİNİT	13.99	13.11	12.67	12.23
İNERTİNİT	12.78	12.10	11.77	11.43
MİNERAL MADDE	4.10	3.99	3.92	3.87
V5	-	-	-	-
V6	-	14.85	22.05	29.16
V7	0.54	6.20	8.95	11.65
V8	1.00	0.78	0.69	0.58
V9	9.78	8.54	7.92	7.33
V10	24.49	19.24	16.68	14.16
V11	34.94	27.43	23.79	20.21
V12	16.44	12.90	11.19	9.51
V13	8.46	6.64	5.76	4.89
V14	2.51	1.97	1.71	1.45
V15	0.83	0.65	0.57	0.48
V16	0.27	0.21	0.19	0.16
V17	0.50	0.40	0.34	0.29
V18	0.09	0.08	0.07	0.05
V19	0.14	0.11	0.09	0.08
STABİLİTE	61	57	54	43

Çizelge 6.34. Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin petrografik analiz sonuçları

KÖMÜR	KR-KR	%20AÇD %80 KR-KR	%30AÇD %70 KR-KR	%40AÇD %60 KR-KR
VİTRİNİT	54.75	57.46	58.83	60.19
LİPTİNİT	3.08	4.29	4.89	5.50
SEMİFÜSİNİT	20.06	17.97	16.92	15.87
İNERTİNİT	18.31	16.53	15.64	14.75
MİNERAL MADDE	3.80	3.74	3.72	3.69
V5	-	-	-	-
V6	-	16.48	24.13	31.45
V7	-	6.41	9.37	12.23
V8	-	-	-	-
V9	0.59	1.39	1.77	2.11
V10	7.49	5.70	4.87	4.08
V11	29.48	22.47	19.19	16.07
V12	38.14	29.07	24.84	20.81
V13	13.59	10.36	8.85	7.61
V14	3.77	2.86	2.45	2.06
V15	2.91	2.21	1.90	1.59
V16	1.84	1.40	1.20	1.00
V17	0.64	0.47	0.42	0.35
V18	1.15	0.87	0.75	0.61
V19	0.40	0.31	0.26	0.23
STABİLİTE	54	53	52	51

### 6.1.3 Dilatasyon sonuçlarının değerlendirilmesi

İskenderun Demir-Çelik Fabrikaları ve Karabük Demir-Çelik Fabrikaları' nda bütün numunelerin dilatometre deneyleri yaptırılmış ve aynı numunelerin dilatometre eğrilerinin birbirlerine paralellik gösterdiği saptanmıştır. Bu da, sonuçların doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Yüzdürme-batırma deneyleri sonucu elde edilen 11 adet kömür konsantresinin dilatasyon eğrileri incelendiğinde (Çizelge 6.35, 6.36, 6.37, 6.38) en yüksek değerden azalarak Kozlu işletmesi Sulu (%47), Üzülmez işletmesi Çay (%45), Karadon işletmesi Akdağ (%39), Üzülmez işletmesi Sulu (%38), Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu (%32), Karadon işletmesi Sulu (%31), Karadon işletmesi Çay (%30) ve Kozlu işletmesi Çay (%13) damarları pozitif dilatasyon verirken, Armutçuk işletmesi Büyük (%16), Kozlu işletmesi Büyükkılıç (15), ve Amasra işletmesi Çınarlı (%12) damarları ise yalnız büzülme göstermektedirler.

Üzülmez, Kozlu, Karadon, Armutçuk ve Amasra işletmesi damar ve karışımlarına ait kömürlerin dilatasyon sonuçları Çizelge 6.35., 6.36., 6.37., 6.38., 6.39., 6.40., 6.41., 6.42., ve 6.43.' de verilmektedir.

Çizelge 6.35. Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları

	KÖMÜR		
	SULU	ÇAY	NASIFOĞLU
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	384	374	388
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	430	427	437
Katılma Sıcaklığı (°)	469	468	471
Kontraksiyon (%)	-18	-14	-12
Dilatasyon (%)	38	45	32

**Çizelge 6.36. Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları**

	KÖMÜR		
	SULU	ÇAY	BÜYÜKKILIÇ
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	410	406	395
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	433	433	-
Katılma Sıcaklığı (°)	484	484	-
Kontraksiyon (%)	-17	-16	-15
Dilatasyon (%)	47	13	-

**Çizelge 6.37 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları**

	KÖMÜR		
	SULU	ÇAY	AKDAĞ
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	385	385	375
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	440	433	433
Katılma Sıcaklığı (°)	479	463	471
Kontraksiyon (%)	-19	-20	-20
Dilatasyon (%)	31	30	39

**Çizelge 6.38. Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları**

	KÖMÜR	
	ABD	AÇD
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	382	393
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	448	440
Katılma Sıcaklığı (°)	470	470
Kontraksiyon (%)	-16	-12
Dilatasyon (%)	-	-

Karışımlar incelendiğinde ise ilginç ve çarpıcı dilatasyon eğrileri ortaya çıkmaktadır.

ÜZ+KZ karışımı %8' lik bir pozitif dilatasyon gösterirken, bu ikili karışma %20, %30 ve %40 oranlarında Armutçuk ilave edildiğinde dilatasyon eğrilerinde farklılıklar ortaya çıkmaktadır. %20ABD+%80(ÜZ+KZ) karışımında %26, %30ABD+%70(ÜZ+KZ) karışımında %4, %40ABD+%60(ÜZ+KZ) karışımında da %1 ' lik pozitif dilatasyon görülmektedir.

**Çizelge 6.39 Üzümmez+Kozlu karışım ve Karadon karışım kömürlerinin dilatasyon sonuçları**

	KÖMÜR	
	ÜZ+KZ	KR-KR
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	383	381
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	423	435
Katılma Sıcaklığı (°)	455	480
Kontraksiyon (%)	-21	-21
Dilatasyon (%)	8	4

Çizelge 6.40. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi  
Büyük damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen  
taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları

	KÖMÜR		
	%20ABD %80(ÜZ+KZ)	%30ABD %70(ÜZ+KZ)	%40ABD %60(ÜZ+KZ)
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	389	389	379
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	426	433	427
Katılma Sıcaklığı (°)	458	458	452
Kontraksiyon (%)	-27	-12	-21
Dilatasyon (%)	26	4	1

Çizelge 6.41. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük  
damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen  
taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları

	KÖMÜR		
	%20ABD %80(KR-KR)	%30ABD %70(KR-KR)	%40ABD %60(KR-KR)
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	377	377	383
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	425	422	430
Katılma Sıcaklığı (°)	461	461	456
Kontraksiyon (%)	-20	-20	-20
Dilatasyon (%)	-1	-6	-8



**Çizelge 6.42. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları**

	KÖMÜR		
	%20AÇD %80(ÜZ+KZ)	%30AÇD %70(ÜZ+KZ)	%40AÇD %60(ÜZ+KZ)
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	372	387	375
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	428	423	426
Katılma Sıcaklığı (°)	-	-	-
Kontraksiyon (%)	-27	-20	-23
Dilatasyon (%)	-	-	-

**Çizelge 6.43. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damar numunesi ile harmanlanması sonucu elde edilen taşkömürlerinin dilatasyon sonuçları**

	KÖMÜR		
	%20AÇD %80(KD-KR)	%30AÇD %70(KD-KR)	%40AÇD %60(KD-KR)
Başlama Sıcaklığı (°C)	330	330	330
Yumuşama Sıcaklığı (°C)	386	375	388
Max. Büzülme Sıcaklığı (°)	445	445	451
Katılma Sıcaklığı (°)	-	-	-
Kontraksiyon (%)	-22	-28	-23
Dilatasyon (%)	-	-	-

Numunelerin dilatasyon eğrileri de Şekil 6.1., 6.2., 6.3., 6.4., 6.5., 6.6., 6.7., 6.8., 6.9., 6.10., 6.11., 6.12., 6.13., 6.14., 6.15., 6.16., 6.17., 6.18., 6.19., 6.20., 6.21., 6.22., 6.23., 6.24. ve 6.25.' de verilmiştir.

KD-KR karışımında %4' lük bir pozitif dilatasyon mevcut iken, %20ABD+%80(KD-KR karışımı ise %1' lik, %30ABD+%70(KR-KR) karışımı %6' lık, %40ABD+%60(KR-KR) karışımı ise %8' lik bir negatif dilatasyon göstermektedir.

%8 pozitif dilatasyon gösteren ÜZ+KZ karışımına Amasra damarı ilave edildiği zaman büzülme saptanmıştır. %20AÇD+%80(ÜZ+KZ) karışımında %27, %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) karışımında %20, %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) karışımında ise %23 oranında büzülme meydana gelmiştir.

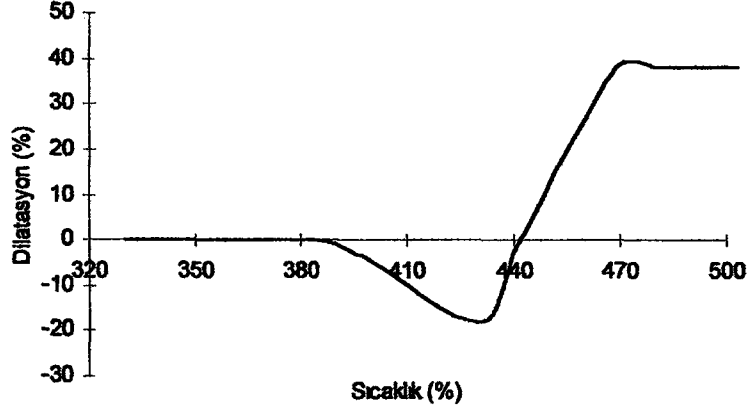
KD-KR karışımının AÇD ile yapılan karışımlarında ise farklı bir durum ile karşılaşmıştır. %20AÇD+%80(KR-KR) karışımı %22, %30AÇD+%70(KR-KR) karışımında %28, %40AÇD+%60(KR-KR) karışımında ise %30' luk değerinde büzülme görülmüştür.

#### 6.1.4 FT-IR spektrumları

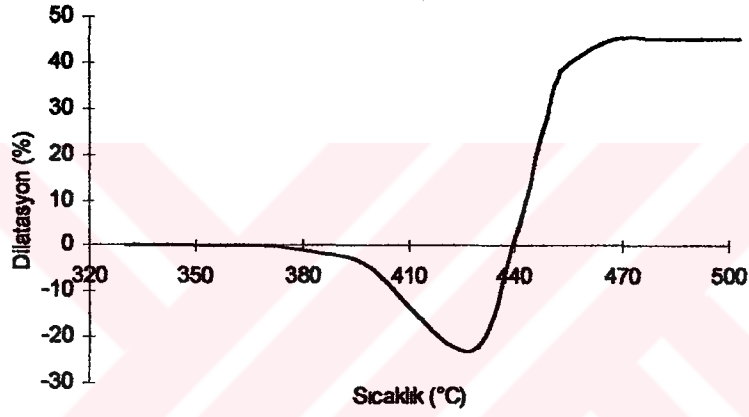
Genel olarak 3050-3000  $\text{cm}^{-1}$  aralığında aromatik C-H gerilme titreşimleri, 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  aralığında alifatik C-H titreşimleri, 900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığında düzlem dışı aromatik C-H gerilme titreşimleri gözlenmektedir (Bellamy, 1975; Van Krevelen, 1993).

2954, 2921 ve 2858  $\text{cm}^{-1}$  'deki bantlar sırası ile asimetrik  $-\text{CH}_3$ , asimetrik  $-\text{CH}_2$  ve simetrik  $-\text{CH}_2$  gerilme titreşimlerine aittir (Belamy, 1975).

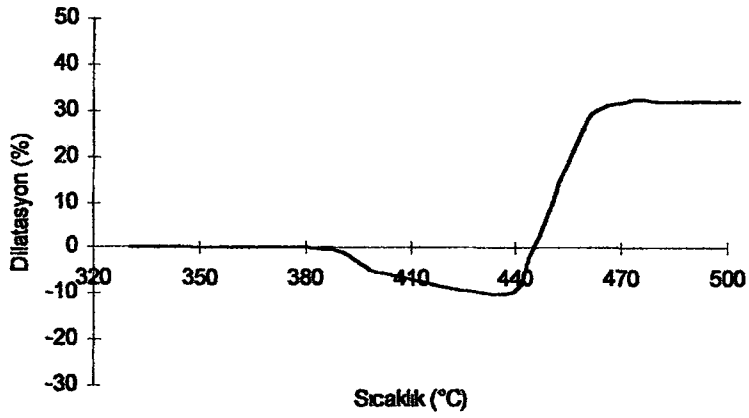
1700  $\text{cm}^{-1}$  civarı karbonil bölgeyi ifade etmektedir. 1650-1580  $\text{cm}^{-1}$  aralığında aromatik C=C, C=O ve siklo olefin bantları bulunmaktadır. 1500  $\text{cm}^{-1}$  C=C iskelet gerilmesini ifade etmektedir. 1540-1340  $\text{cm}^{-1}$  aralığında metilen ve metil eğilme titreşimleri; özellikle 1450-1440  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki bant metil ve metilen grupların (aromatik yapıda) asimetrik uzama titreşimleri ve aromatik grupların bozunma titreşimlerine aittir (Huai vd., 1994).



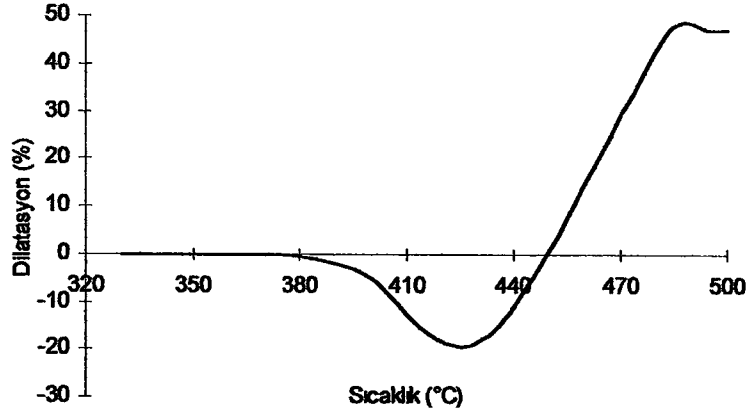
Şekil 6.1. Üzülmüş işletmesi Sulu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



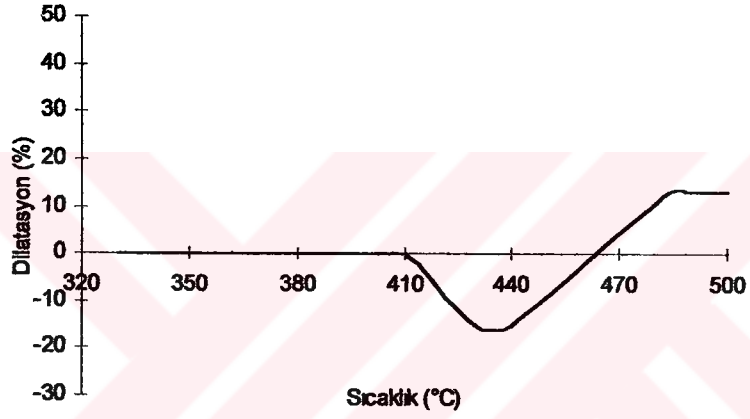
Şekil 6.2. Üzülmüş işletmesi Çay damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



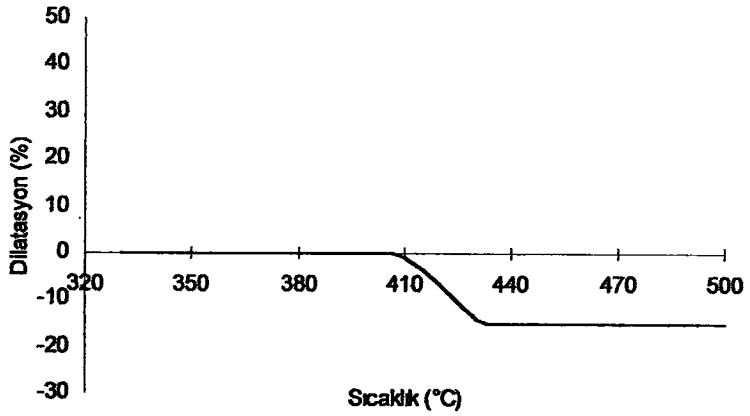
Şekil 6.3. Üzülmüş işletmesi Nasıfoğlu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



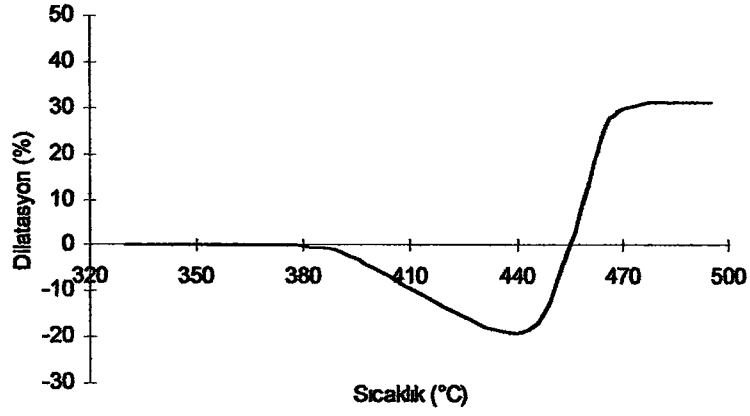
Şekil 6.4 Kozlu işletmesi Sulu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



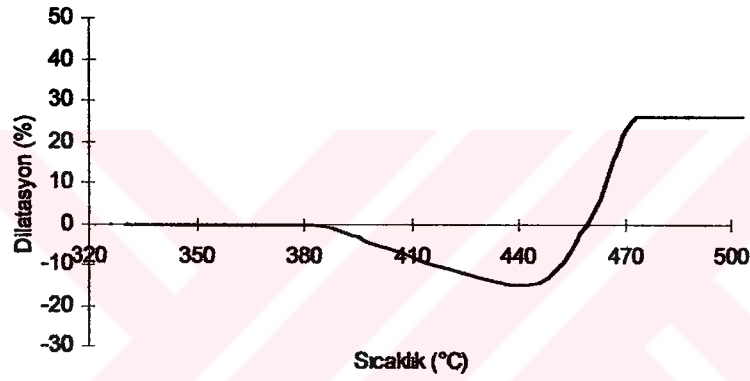
Şekil 6.5 Kozlu işletmesi Çay damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



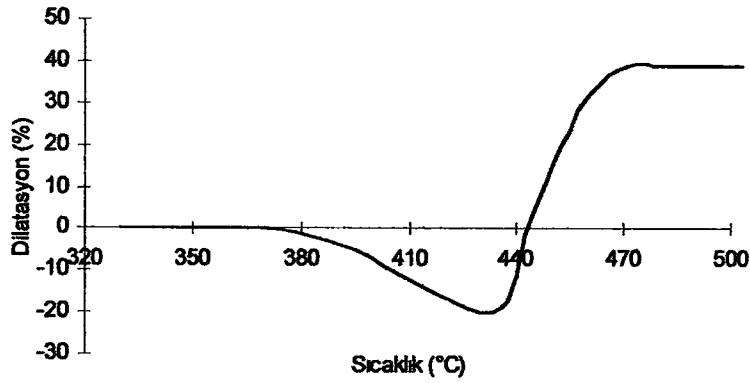
Şekil 6.6 Kozlu işletmesi Büyükkılıç damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



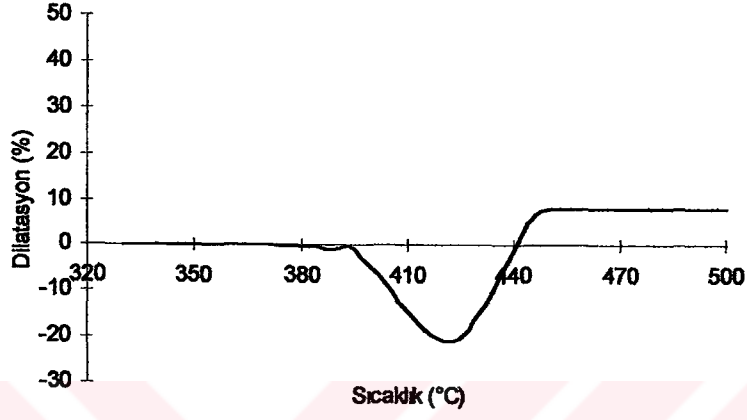
Şekil 6.7. Karadon işletmesi Sulu damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



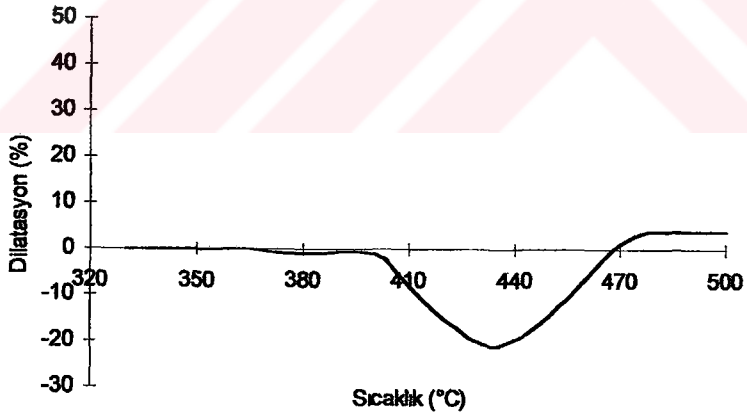
Şekil 6.8 Karadon işletmesi Çay damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



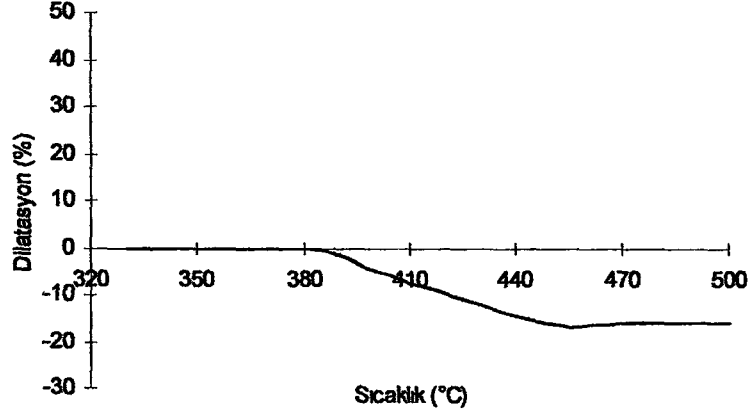
Şekil 6.9. Karadon işletmesi Akdağ damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



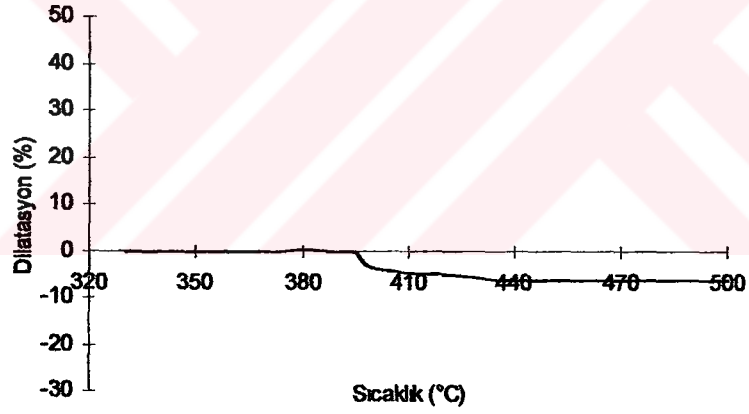
Şekil 6.10 Üzülmez+Kozlu karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



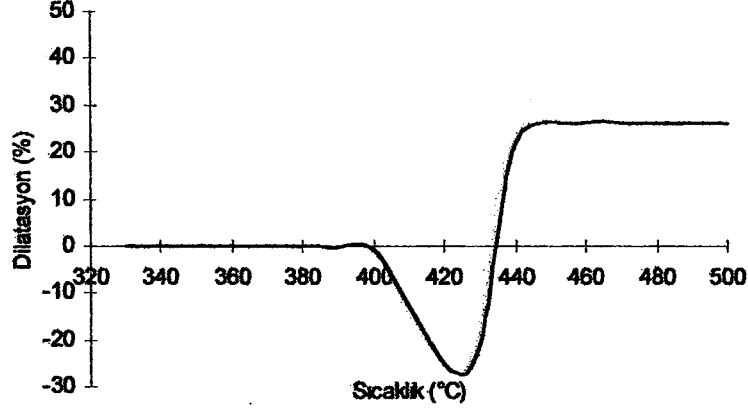
Şekil 6.11 Karadon karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



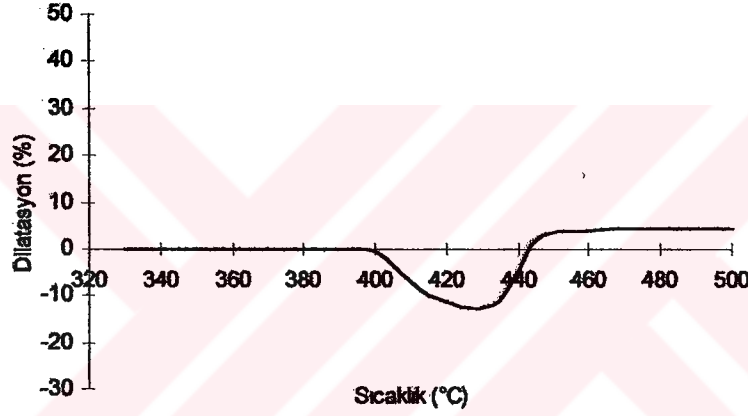
Şekil 6.12 Armutçuk işletmesi Büyük damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



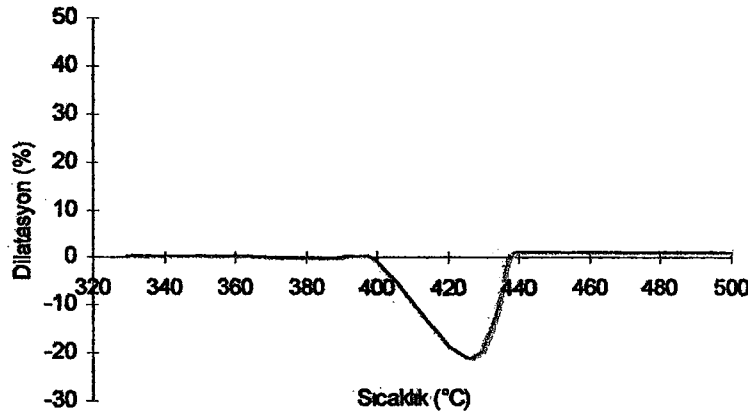
Şekil 6.13 Amasra işletmesi Çımarlı damarı taşkömürünün dilatasyon eğrisi



Şekil 6.14. %80 Üzülmez+Kozlu karışım %20 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi

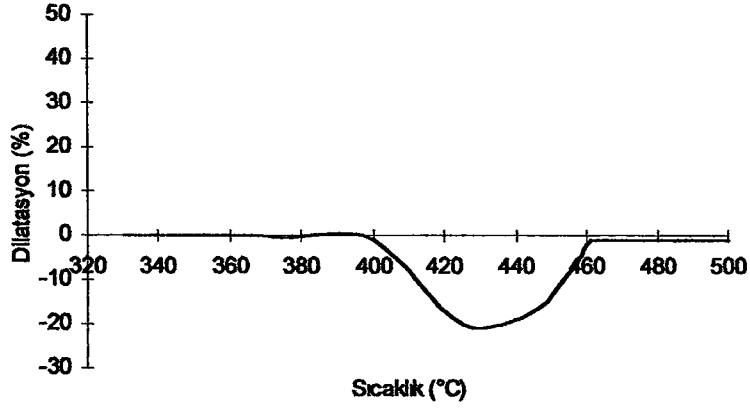


Şekil 6.15. %70 Üzülmez+Kozlu karışım %30 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi

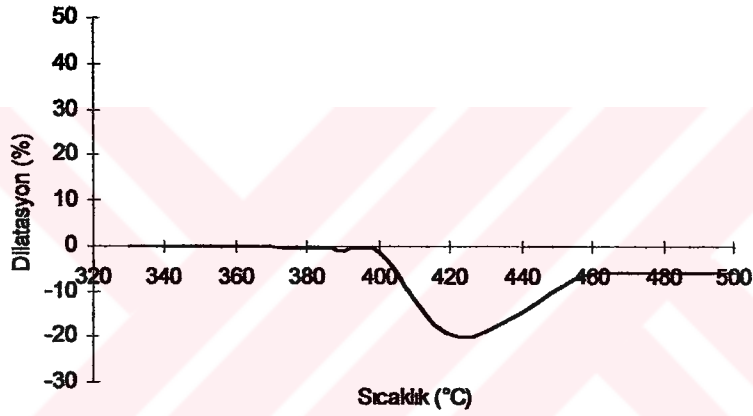


Şekil 6.16. %60 Üzülmez+Kozlu karışım %40 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi

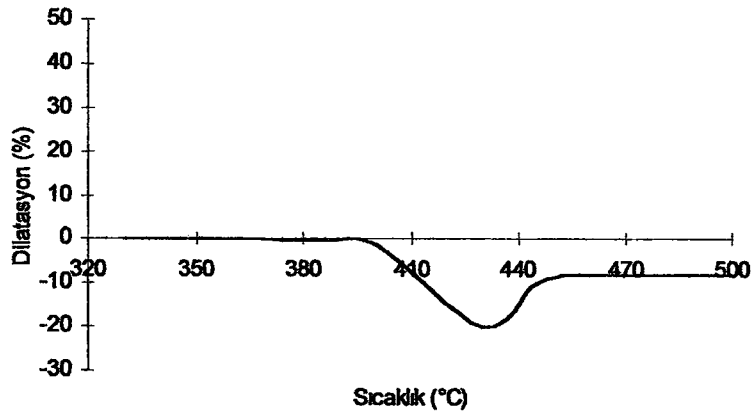




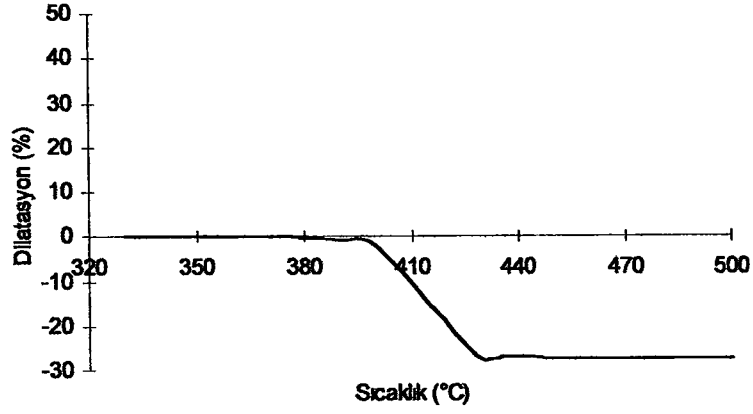
Şekil 6.17. %80 Karadon karışım %20 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



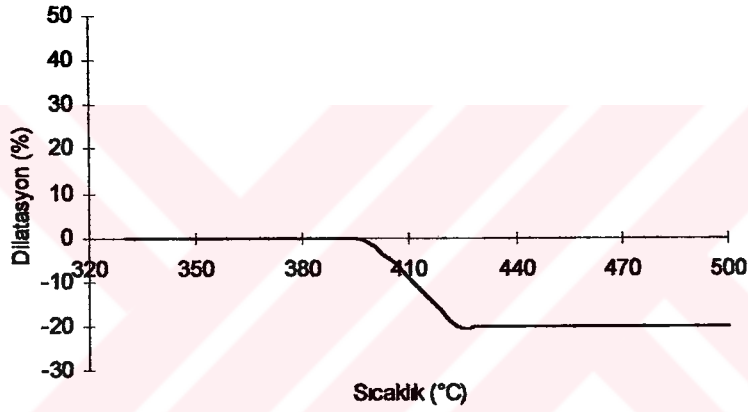
Şekil 6.18. %70 Karadon karışım %30 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



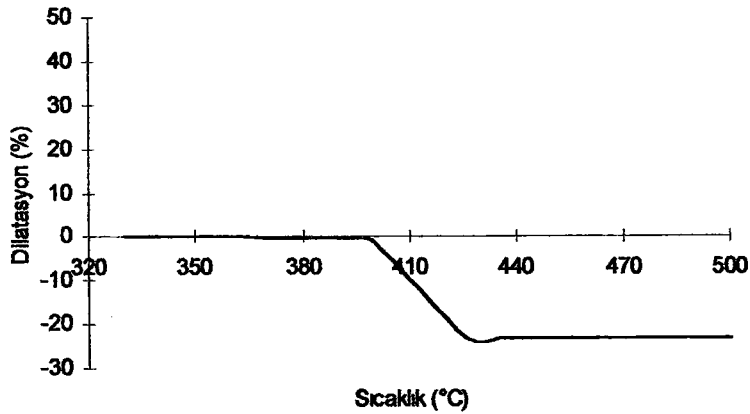
Şekil 6.19. %60 Karadon karışım %40 Armutçuk işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



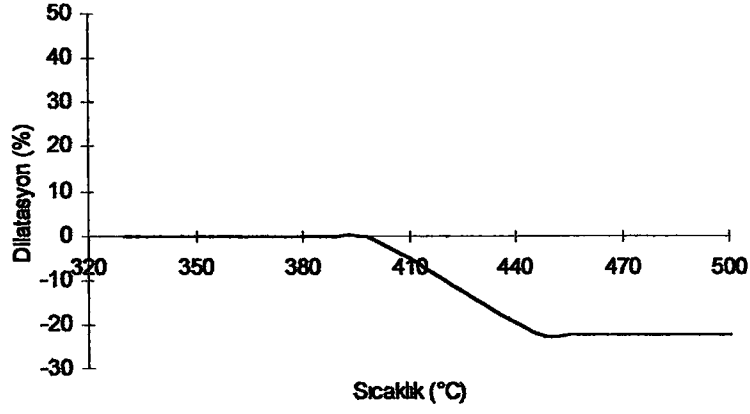
Şekil 6.20 %80 Üzülmez+Kozlu karışım %20 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



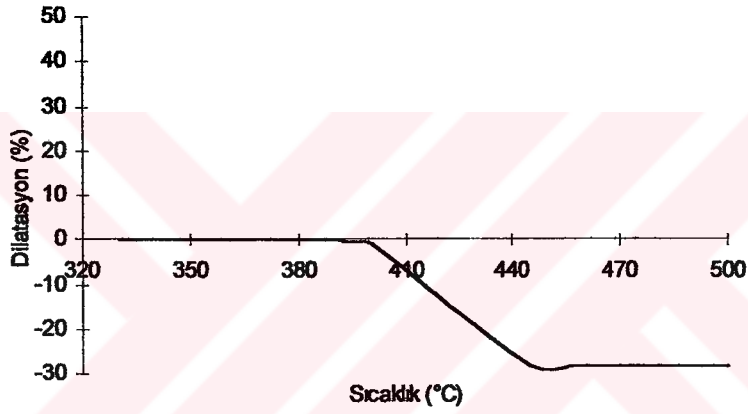
Şekil 6.21 %70 Üzülmez+Kozlu karışım %30 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



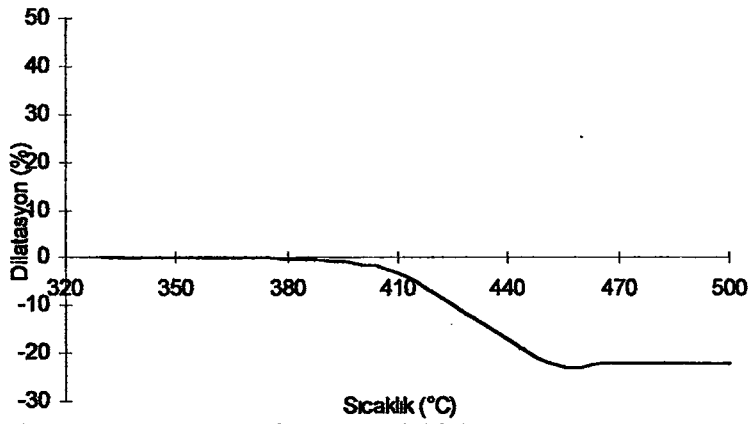
Şekil 6.22 %60 Üzülmez+Kozlu karışım %40 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



Şekil 6.23. %80 Karadon karışım %20 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



Şekil 6.24. %70 Karadon karışım %30 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi



Şekil 6.25. %60 Karadon karışım %40 Amasra işletmesi Büyük damarı karışım taşkömürünün dilatasyon eğrisi

1375-1300  $\text{cm}^{-1}$  aralığı, genç bitümlü kömürlerde karbonil grubunu ifade ederken, aynı zamanda fenolik hidroksil gruplarının bir absorpsiyonu da olabilir. 1350-1000  $\text{cm}^{-1}$  bölgesinde; özellikle 1340-1200  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki pik fenolik OH bozunma titreşimlerini göstermektedir. 1275-1200  $\text{cm}^{-1}$  aralığı hem aromatik eterleri (C-O-C asimetrik gerilme), hem de fenollerini içeren C-O titreşimlerinin absorpsiyonudur. Eterlerin olması durumunda bu bölgede bir veya iki kuvvetli bant bulunur. 1160 $\text{cm}^{-1}$  de radikal C=O eterlerin titreşimleri bulunmaktadır. 1030-1000  $\text{cm}^{-1}$  aralığı aromatik C-H düzlem içi eğilmesi (mono sübtütie benzen) titreşimlerini ifade etmektedir.

Zonguldak kömürünün silikat mineralleri içeriğı yüksek olduğundan, bu minerallerin şiddetli bantları, organik yapıdaki eterik C-O titreşimleri, 900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki aromatik ve kondanse halka sistemlerindeki C-H bükülme titreşimlerini örttüğünden bu pikler gözlenememektedir. Eğer kömür yıkama işlemine tabi tutulmuşsa, bu mineraller uzaklaştırılacağından, 900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığında aromatik substitüsyonu gösteren 870  $\text{cm}^{-1}$ , 750  $\text{cm}^{-1}$  ve 710  $\text{cm}^{-1}$  civarında aranan üçlü pik açık bir şekilde görülebilmektedir (Altuntaş, 1996, Huai, 1994).

Karbon içeriğı %81' den fazla olan kömürlerde 900-700  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki bantlar aromatik ve yoğun aromatik sistemlerindeki aromatik C-H bükülme titreşimlerine karşılık gelmektedir. Bir veya daha yoğun halkalardaki aromatik C-H ve izole hidrojenli substitüe benzen halkası 873  $\text{cm}^{-1}$  de absorpsiyon vermektedir. Aril halkalarda bulunan iki komşu aromatik proton (p-disubstitüsyon) 810  $\text{cm}^{-1}$ , üç komşu aromatik proton (m-disubstitüsyon) 780-700  $\text{cm}^{-1}$ , dört komşu aromatik proton (o-disubstitüsyon) 750  $\text{cm}^{-1}$ , beş aromatik proton (mono disubstitüsyon) 750-700  $\text{cm}^{-1}$  de absorpsiyon vermektedir (Huai, 1994).

3800-3100  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki titreşimler mineral yapıya ve -OH gruplarına bağlanabilir. 1091-1090  $\text{cm}^{-1}$  bandı Si-O gerilme titreşimlerine, 919, 532, 473  $\text{cm}^{-1}$  deki pikler Si-O bükülme titreşimlerine; 428  $\text{cm}^{-1}$  deki pik ise pirit' e aittir.

Şekil 6.26., 6.27., 6.28., 6.29., 6.30., 6.31., 6.32., 6.33. ve 6.34.' de Üzülmez, Kozlu, Karadon, Armutçuk, Amasra damar işletmesi kömürleri ve bunların

karışımlarından hazırlanan harman kömürlerine ait FT-IR spektrumları görülmektedir.

Bütün kömürlerde de aromatik ve alifatik kesimlerin aynı dalga boyunda bulunduğu saptanmıştır.

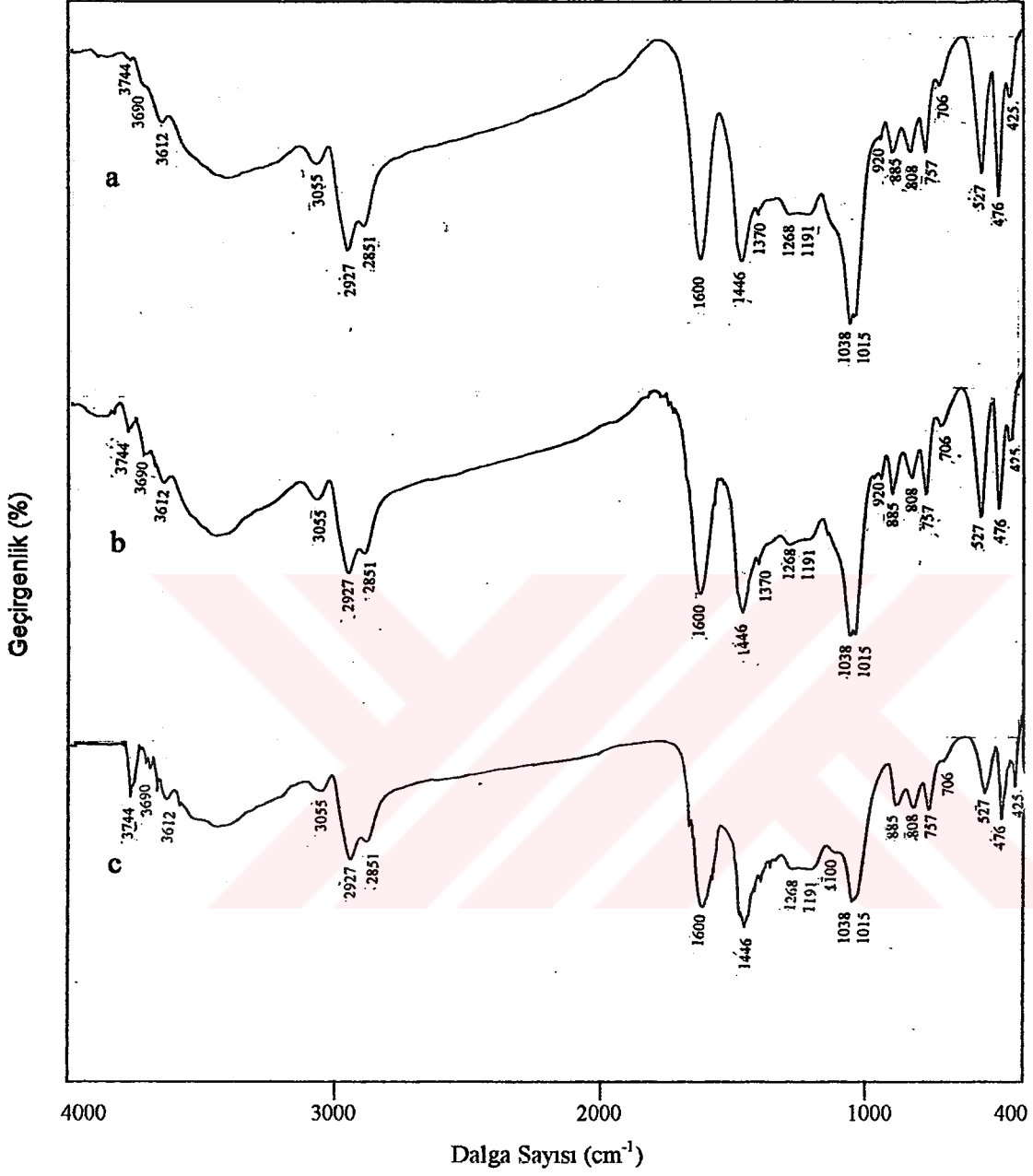
Aromatik C-H gerilmelerini gösteren  $3055\text{ cm}^{-1}$  pikinin damar kömürlerinin tamamında büyüklüğü hemen hemen aynı iken, karışımlarda daha düşük şiddetlidir. Bu pik Armutçuk kömüründe kaybolmaya başlarken, Amasra' da görülmemektedir.

$2927$  ve  $2851\text{ cm}^{-1}$ ' de görülen asimetrik  $-\text{CH}_2$  ve simetrik  $-\text{CH}_2$  gerilme titreşimleri de  $3055\text{ cm}^{-1}$  pikinde olduğu gibi bütün kömürlerde mevcut iken, karışımlarda azalma olduğu gözlenmiştir. Özellikle Amasra ile yapılan karışımların piklerinde kömürlerin tek tek alınan FT-IR spektrumundaki piklere göre küçülme belirgin bir hal almıştır. Karışımlarda Armutçuk va Amasra oranı arttıkça bu piklerin şiddetinde artma görülmektedir.

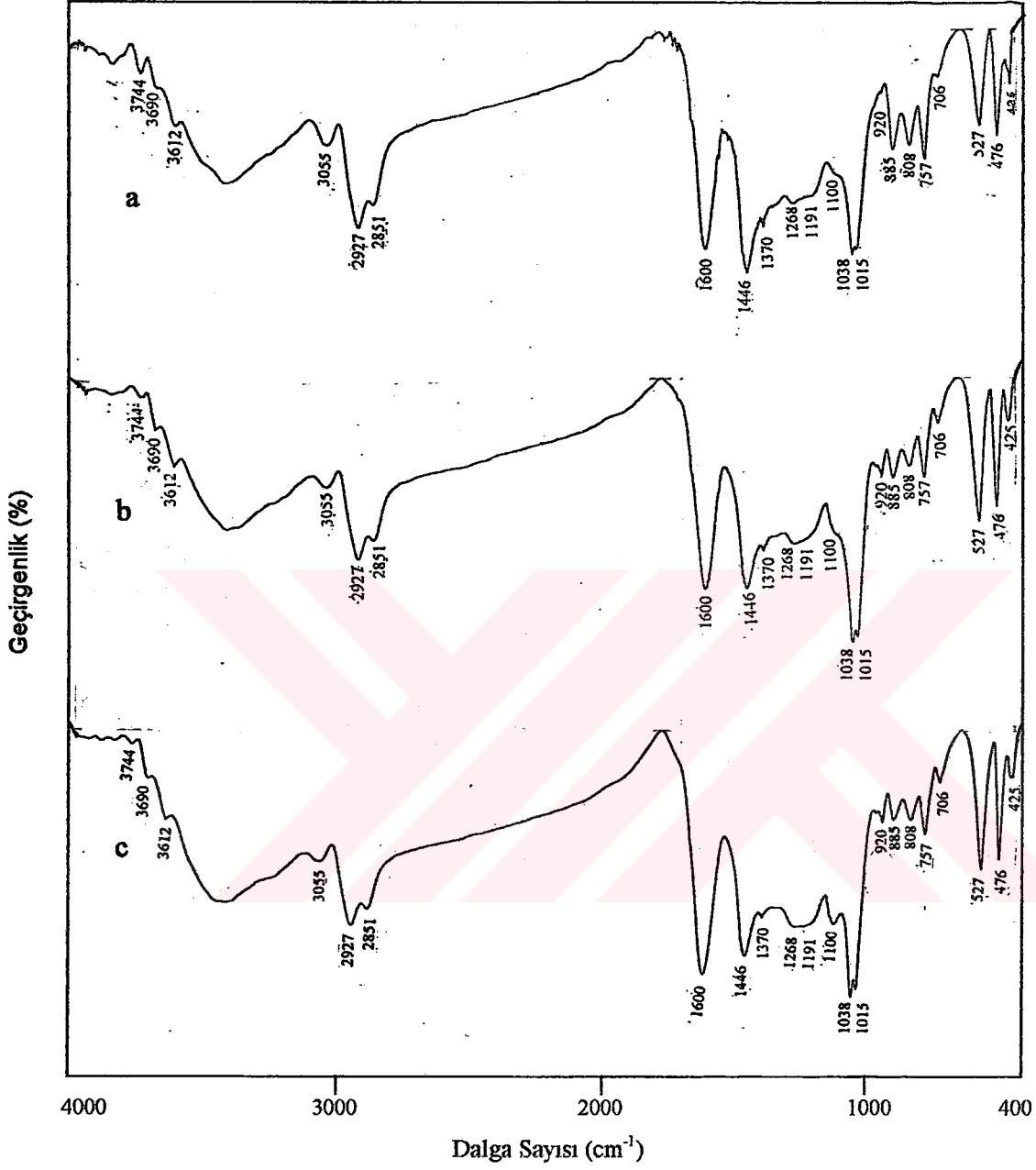
$1600\text{ cm}^{-1}$ ' de aromatik C=C, C=O ve siklo olefin bantları tüm örneklerimizde ve karışımlarımızda spektrumlardaki en büyük pik olarak karşımıza çıkmaktadır. Kozlu işletmesinin kömürlerinde diğerlerine göre daha büyük pik olduğu saptanmıştır.

$1446\text{ cm}^{-1}$ ' deki pik aromatik yapıyı ifade etmektedir ve bütün kömürlerin FT-IR spektrumlarında ortaya çıkmıştır. Karışımlara gelince genellikle azalma olduğu görülmüştür ki en belirgin azalma Amasra' da belirlenmiştir. Özellikle, Amasra kömürünün Üzülmöz+Kozlu ile yapılan karışımlarında azalma olduğu görülmüştür.

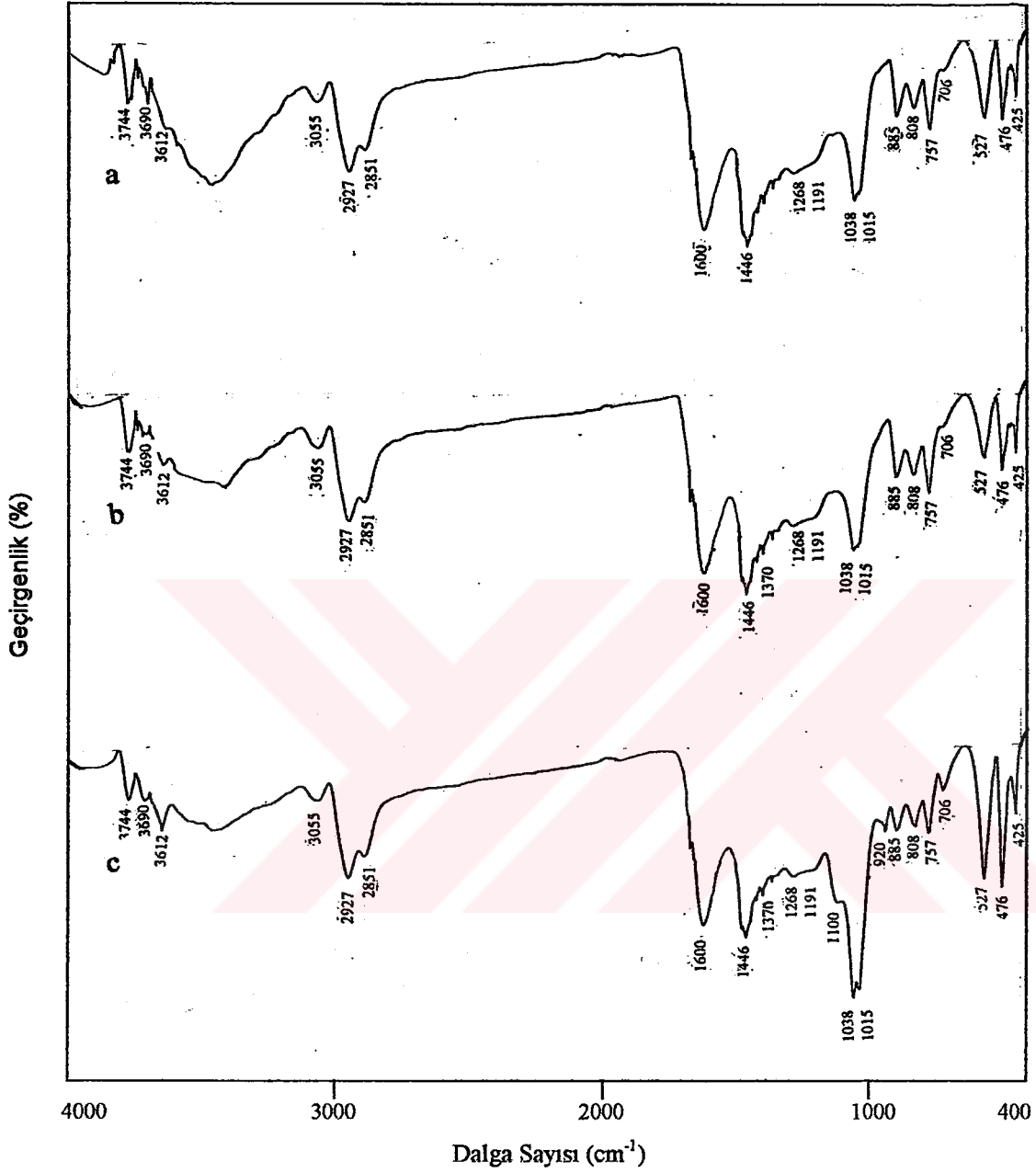
$1370\text{ cm}^{-1}$ ' deki karbonil grubunu ve fenolik hidroksil gruplarını ifade eden ve çok küçük olan pik tüm kömürlerde görülmesine rağmen, özellikle %40ABD+%60(ÜZ+KZ), %40ABD+%60(KD-KR), %20AÇD+%80(KD-KR),



Şekil 6.26 Üzülmüş Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları

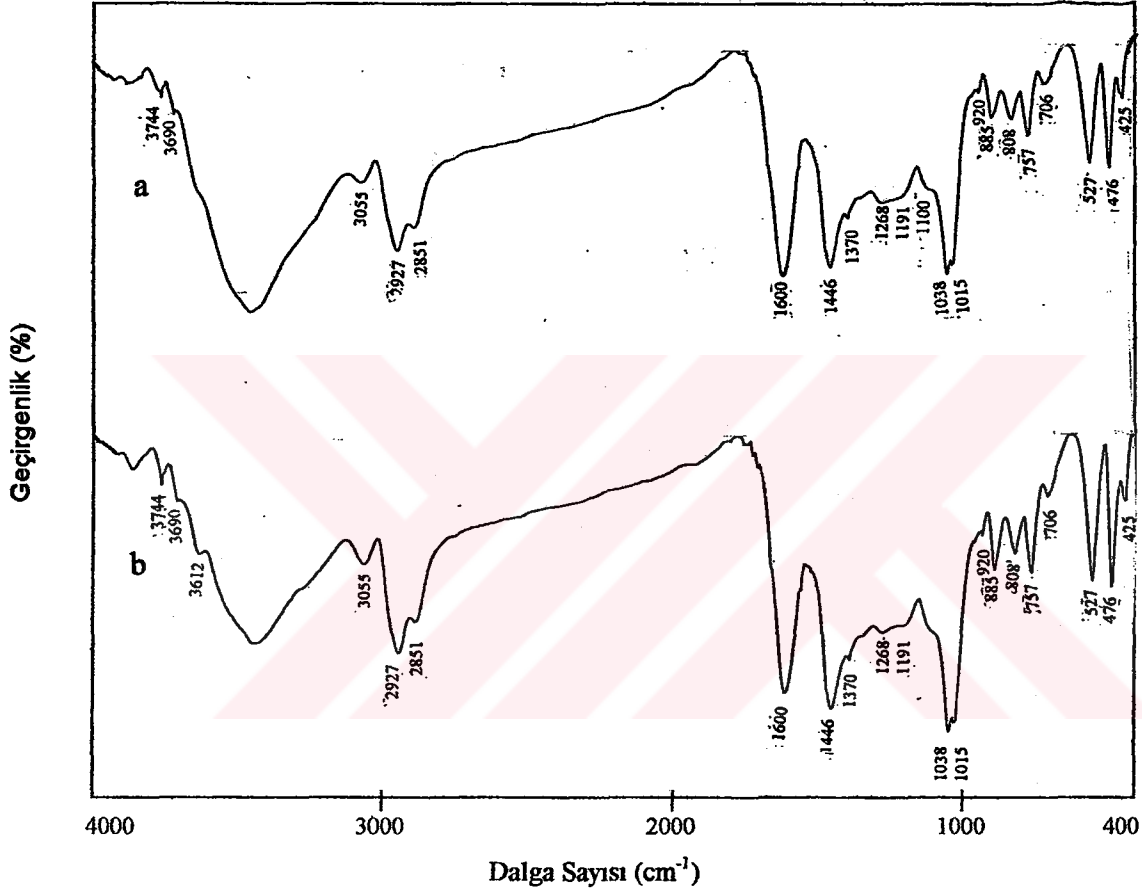


Şekil 6.27 Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları

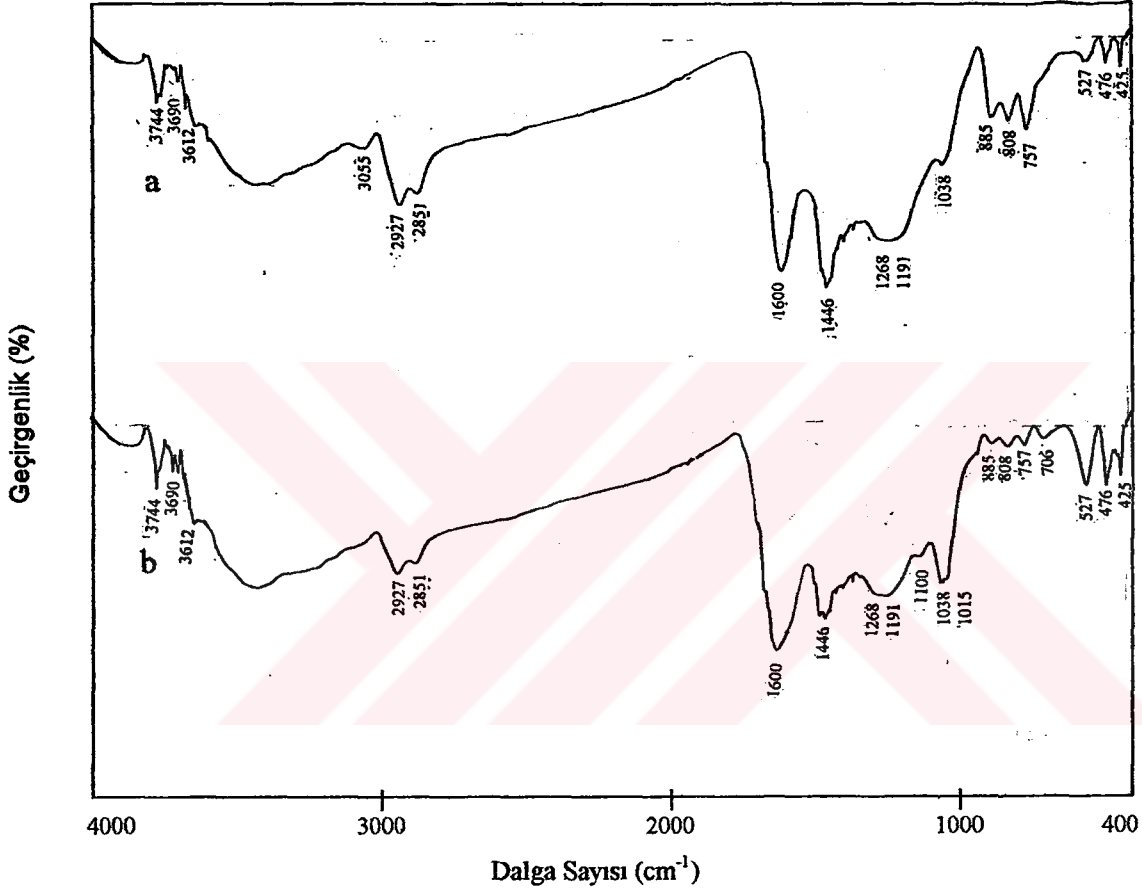


Şekil 6.28 Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları

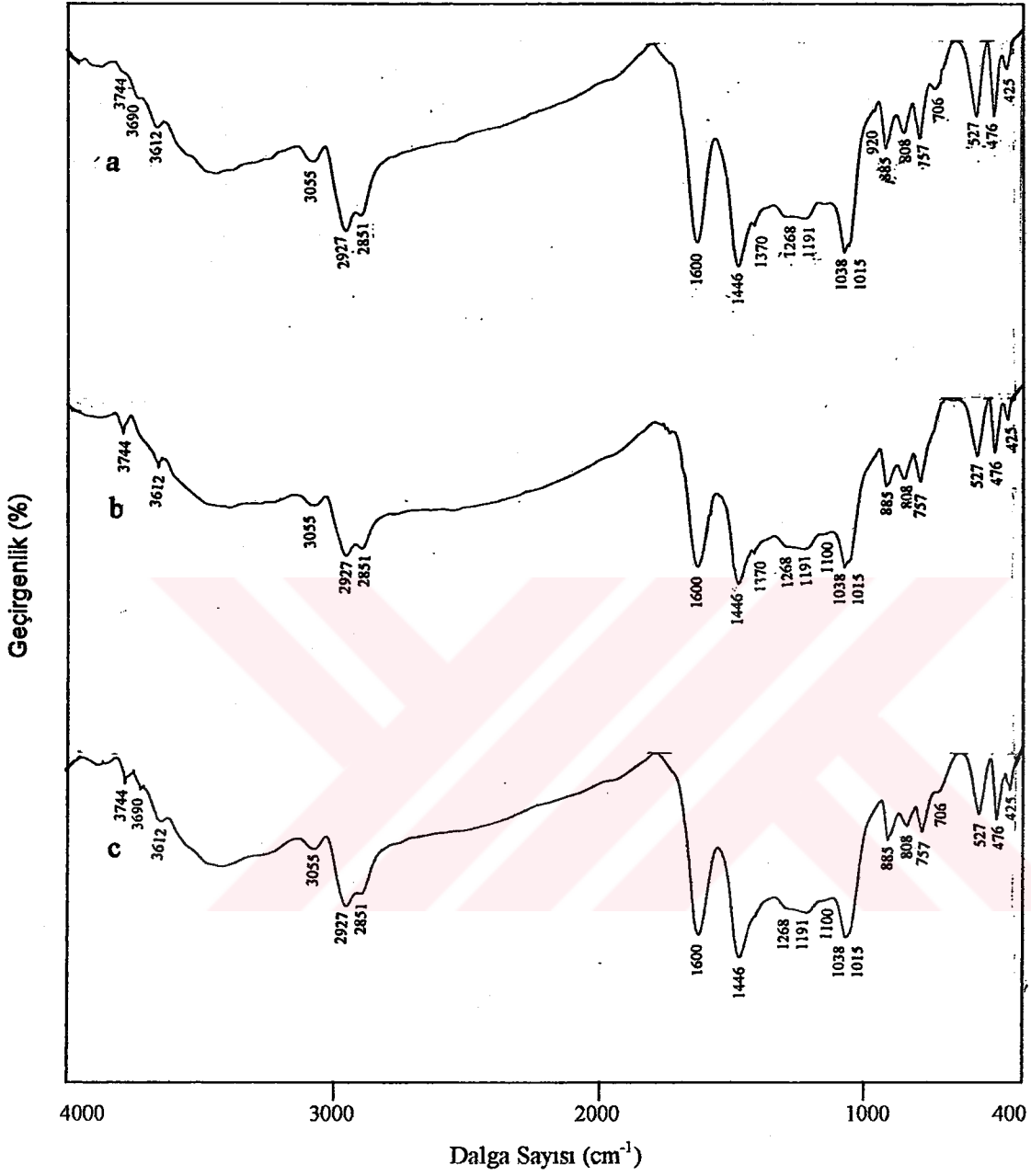




Şekil 6.29 Üzülmöz+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışımı (b) kömürlerinin FT-IR spektrumları

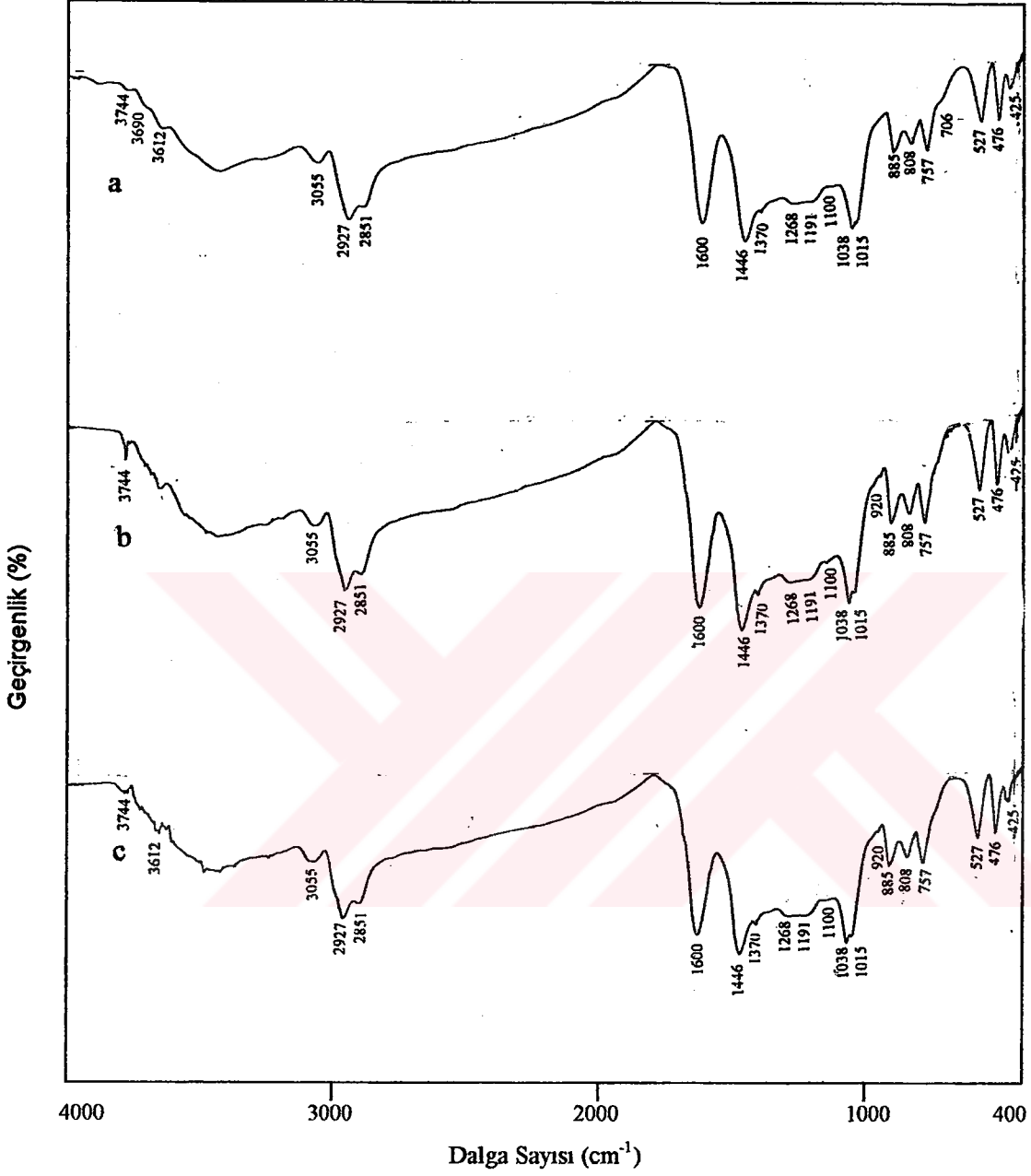


Şekil 6.30. Armuşuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı (b) damar kömürlerinin FT-IR spektrumları



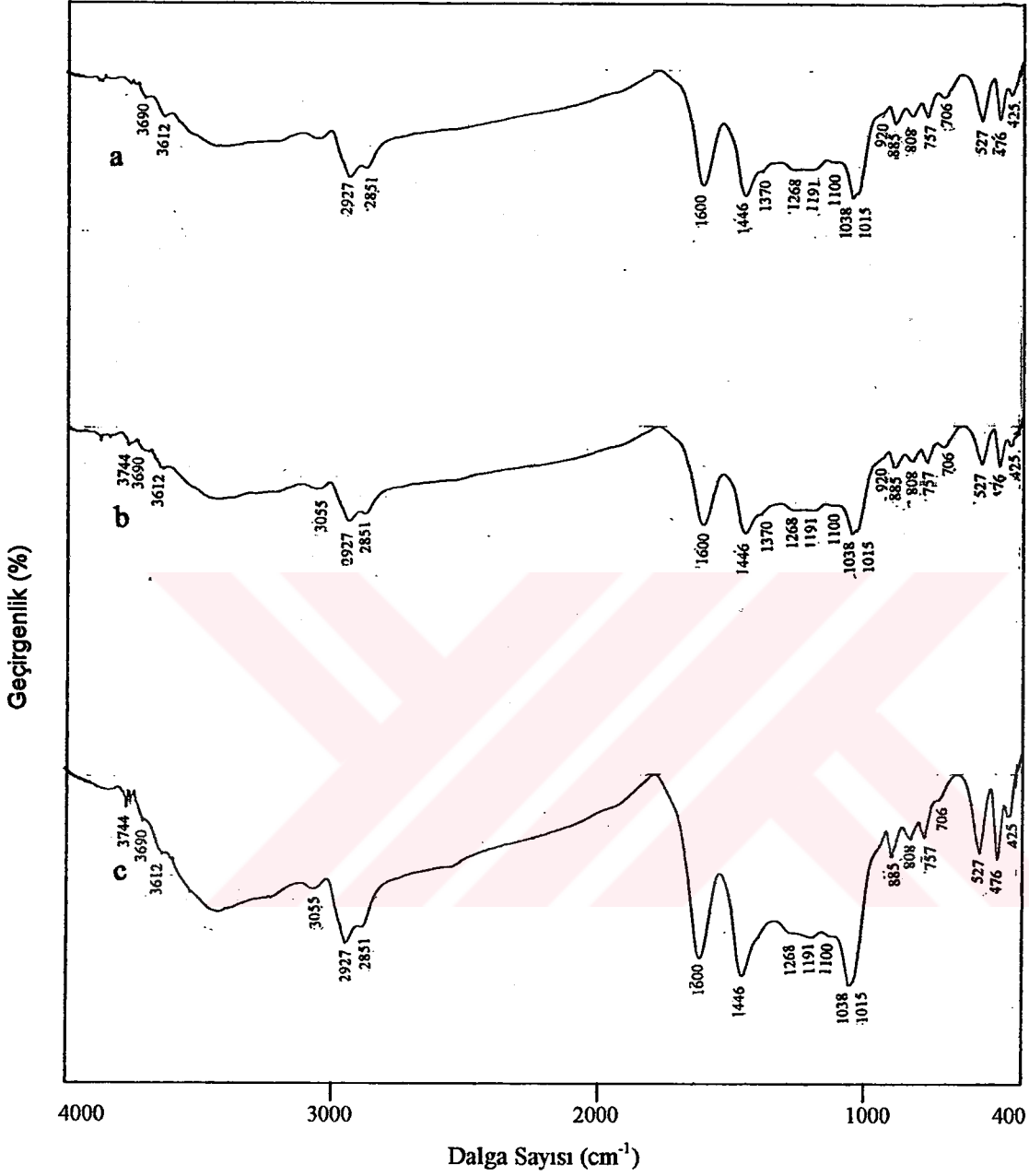
Şekil 6.31. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanının FT-IR spektrumları

(a) %20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)



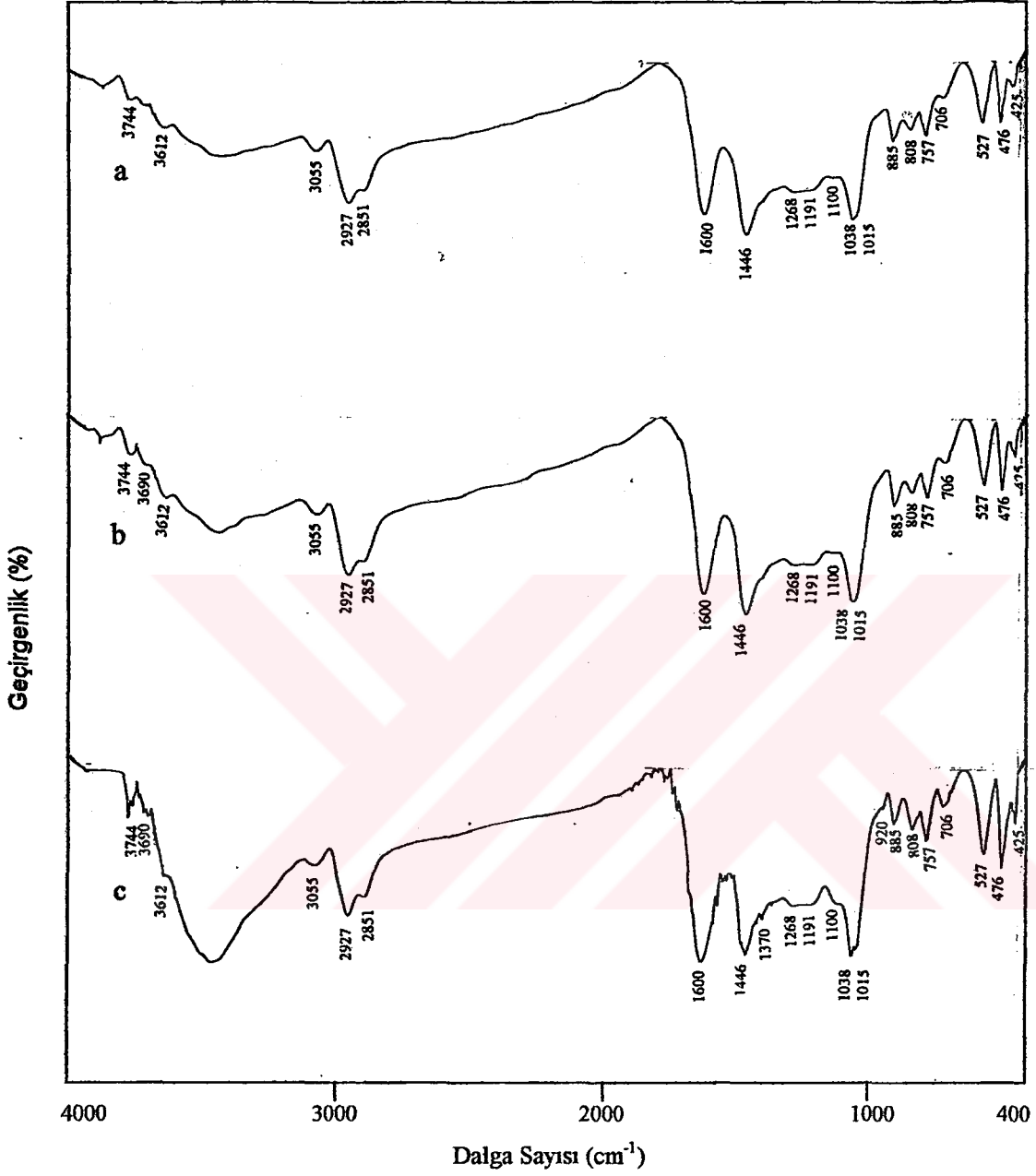
Şekil 6.32 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanının FT-IR spektrumları

(a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.33 Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanının FT-IR spektrumları

(a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.34. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanının FT-IR spektrumları

(a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)

%30AÇD+%70(KR-KR) karışımlarında ve Armutçuk ve Amasra kömürlerinde görülmemektedir.

1268-1191  $\text{cm}^{-1}$  aralığı sivri ve büyük olmayan geniş bir bant olarak aromatik eterleri ifade etmektedir ve tüm kömür ve karışım numunelerinde görülmektedir. Özellikle Armutçuk ve Amasra' da daha belirgin bir hal almıştır. Fakat, karışımlarda bandın daha da küçüldüğü ve yayvanlaştığı ortaya çıkmaktadır.

1038-1015  $\text{cm}^{-1}$  aralığında aromatik C-H düzlem içi eğilmesini (özellikle mono substitüe benzen için) gösteren çift tepeli pik, Üzülmöz işletmesi Sulu, Çay ve Karadon işletmesi Akdağ damarlarında büyük, Üzülmöz işletmesi Nasifoğlu, Kozlu işletmesi Sulu, Karadon işletmesi Sulu ve Çay damarlarında ise küçük, ÜZ+KZ ve KR-KR karışımlarında aynı büyüklükte olduğu görülmektedir. Armutçuk ve Amasra' da pikin çok küçüldüğü ve hem ÜZ+KZ hem de KR-KR karışımlarının ABD ve AÇD ile yapılan harmanların hepsinde azalma ve bir çoğunda da iki tepenin birleştiği görülmektedir.

900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığında, 757, 808, 885  $\text{cm}^{-1}$ ' de üç küçük ama belirgin pik, 706, 920  $\text{cm}^{-1}$ 'de bazen parmak izi gibi küçük pikler ortaya çıkmaktadır. Bu üç büyükçe pik, tüm kömür ve karışım kömür numunelerinde görülmesine rağmen 920  $\text{cm}^{-1}$  piki her zaman gözlenmemektedir. Damar kömürlerinin spektrumlarında 900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki piklerin şiddeti karışımlardakilere göre daha şiddetlidir. Damarlarda özellikle 757  $\text{cm}^{-1}$  piki 808  $\text{cm}^{-1}$  ve 885  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyundaki piklerinden daha büyüktür. Bu aralıklarda dört aromatik protonun daha yoğun olarak bulunduğunu gösterir. Amasra kömüründe bu üçlü pik şiddetini yitirmiştir. Amasra ile yapılan karışımlar Armutçuk içeren karışımlara göre daha az aromatik kısım içermektedirler. Özellikle AÇD+KR-KR karışımlarının 900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki piklerinin yoğunluğu düşüktür.

527 ve 476  $\text{cm}^{-1}$ ' de görülen Si-O bükülme titreşimleri bütün numunelerde oldukça şiddetli olmasına rağmen, karışımlarda daha düşüktür. 425  $\text{cm}^{-1}$ ' de de pirit' i gösteren pike de numunelerin tamamında rastlanmıştır.

## 6.2 Karbonizasyon Verim ve Özellikleri

Çizelge 6.44., 6.45., 6.46., 6.47., 6.48., 6.49., 6.50. ve 6.51.' de Zonguldak Havzası üretim birimleri Üzülmez, Kozlu, Karadon, Armutçuk ve Amasra işletmesi taşkömürleri ve bunların çeşitli oranlardaki karışımlarına ait yüksek sıcaklık karbonizasyon sonucu elde edilen ürünlerinin verimleri görülmektedir.

Karbonizasyon sonucu kömürdeki oksijen grupları, alifatik, hidroaromatik ve aromatik kısımlar sırası ile bozunur. Uçucu madde oranına bağlı olarak kömürde bir bozunma meydana gelir. Yüksek sıcaklık karbonizasyonunda uçucu madde oranına bağlı olarak kömürün yapısındaki sağlam bağlar da katran, bozunma suyu, H<sub>2</sub>S, hafif yağ ve gaz' a dönüşür (Akçura ve Olcay, 1982).

Karbonizasyon sonucunda şişmiş veya büzülmüş olarak elde edilen kok, kırılğan, gözenekli, gri renkli ve hafif bir katı üründür. Sıvı ürünlerden katran sıvı hidrokarbonları içeren, siyah, kokulu, koyu kıvamlıdır. Diğer sıvı ürün, aktif kömürde absorplanan geri kazanılan, hafif hidrokarbonlardır. Bunlar, 0°C ile 70°C arasında kaynayan C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> ve C<sub>6</sub> parafinik, izoparafinik hidrokarbonlar ile benzenden ibarettir.

Kömür karışımlarından yararlanılması durumunda, karışımın belirli bir uçucu madde miktarı aralığında tutulması gerekir. Uçucu madde miktarı, gaz balansının sağlanması için olduğu kadar, kok verimi açısından da önemli bir unsurdur.

Çizelgelerden de görüldüğü gibi verimin %100 olmamasının nedeni katranın sistemin bazı bölgelerinde yoğunlaşması ve geri kazanılmamasıdır.

Karışımların tamamında vitrinit değerinin artışı ile ABD ve AÇD oranının artış oranına bağlı olarak kok verimlerinde azalma görülmüştür. Liptinit oranında ise tam tersi bir durum sözkonusudur. ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarında ABD' oranının artması ile liptinit oranı ve kok veriminde azalma saptanmıştır. ABD+(KR-KR), AÇD+(ÜZ+KZ) ve AÇD+(KR-KR) karışımlarında kömürdeki liptinit oranı



Çizelge 6.44. Üztlmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFİF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
SULU	73.04	10.59	0.39	0.26	0.79	12.70	97.77
ÇAY	73.28	6.91	1.97	0.24	0.75	11.31	94.46
NASIFOĞLU	71.99	11.44	1.13	0.42	0.78	11.77	97.53

Çizelge 6.45 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyüklüklüç damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFIF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
SULU	77.86	7.15	2.34	0.39	0.41	9.54	97.69
ÇAY	72.49	7.46	2.93	0.40	1.18	12.25	96.71
BÜYÜKKİLİÇ	70.88	9.80	3.69	0.38	0.96	13.27	98.98

Çizelge 6.46. Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFIF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
SULU	75.70	9.34	2.59	0.26	0.95	10.44	99.28
ÇAY	76.54	7.66	3.99	0.30	0.74	9.17	98.40
AKDAĞ	74.08	8.65	1.20	0.44	0.81	11.34	96.52

Çizelge 6.47. Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFIF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
BÜYÜK	69.39	12.55	1.30	0.41	0.98	14.82	99.45
ÇINARLI	63.11	11.30	7.16	0.62	1.05	14.66	97.90

Çizelge 648 Üzülmöz+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFİF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
ÜZ + KZ	73.36	8.11	4.61	0.26	0.85	11.25	98.44
%20 ABD %80 ÜZ+KZ	72.21	10.38	2.29	0.30	0.92	12.14	98.24
%30 ABD %70 ÜZ+KZ	71.61	11.07	1.02	0.34	0.78	12.53	97.35
%40 ABD %60 ÜZ+KZ	71.18	11.29	0.43	0.38	0.99	12.91	97.18

Çizelge 6.49. Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Bütyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFİF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
KR-KR	74.85	8.54	2.66	0.32	0.84	11.36	98.57
%20 ABD	73.98	8.82	0.93	0.21	0.89	10.87	95.70
%80 KR-KR							
%30 ABD	73.14	8.00	1.63	0.26	0.86	11.93	95.82
%70 KR-KR							
%40 ABD	73.03	9.53	2.06	0.29	0.94	12.62	98.47
%60 KR-KR							

Çizelge 6.50 Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çımarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFIF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
ÜZ + KZ	73.36	8.11	4.61	0.26	0.85	11.25	98.44
%20 AÇD %80 ÜZ+KZ	71.54	10.02	4.00	0.56	1.08	12.64	99.84
%30 AÇD %70 ÜZ+KZ	70.52	9.97	3.77	0.60	1.11	12.43	98.40
%40 AÇD %60 ÜZ+KZ	69.50	11.23	3.85	0.56	0.95	13.42	99.51

Çizelge 6.51 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklı karbonizasyon verimleri (%kkt)

KÖMÜR	KOK	KATRAN	BOZUNMA SUYU	H <sub>2</sub> S	HAFIF HİDROKARBONLAR	GAZ	VERİM
KR-KR	74.85	8.54	2.66	0.32	0.84	11.36	98.57
%20 AÇD %80 KR-KR	73.09	9.42	2.37	0.30	1.01	12.31	98.50
%30 AÇD %70 KR-KR	71.75	8.77	2.75	0.64	1.02	12.32	97.25
%40 AÇD %60 KR-KR	70.77	9.57	4.85	0.30	0.92	11.54	97.95



azalırken kok veriminde de azalma bulunmuştur. Semifüsinit ve inertinit değerleri ile kok verimi doğrusallık göstermektedir. Hem ABD hem de AÇD miktarı her iki karışım türünde de artarken bu değerlerde düşüş olmaktadır.

Kok veriminin kömürün kimyasal yapısı ile olan ilgisini incelersek, ABD ve AÇD ile yapılan karışımlarda C miktarı karışımda ABDve AÇD oranının azalması ile azalırken kok verimi de azalış göstermektedir. ABD oranı her iki karışım içinde çoğalırken, H oranı ile kok miktarı azalmaktadır. AÇD karışımların da ise H miktarı artış gösterirken kok verimi düşmektedir.

ABD+(ÜZ+KZ), ABD+(KR-KR), AÇD+(ÜZ+KZ) ve AÇD+(KR-KR) karışımlarında ABD ve AÇD oranı artarken uçucu madde miktarı da artmakta, buna karşılık kok miktarları azalırken, yan ürünlerin oranlarında artış görülmektedir. Aynı şekilde sabit karbon miktarının azalması ile kok miktarlarında düşüş, yan ürünlerde çoğalma saptanmıştır.

### 6.3 Kok Ürününün Özellikleri

Çizelge 6.52., 6.53, 6.54., 6.55., 6.56., 6.57., 6.58. ve 6.59.' da yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait kimyasal analiz sonuçları verilmektedir.

Yüksek fırınlarda metalurjik kok ;

1. Yakıt olarak, endotermik reaksiyonlar ve metal curufun eritilmesi için gerekli olan ısının temin edilmesi (kalorifik fonksiyon),
2. Demir oksitlerin indirgenmesini sağlayan indirgeyici gazların üretilmesi (kimyasal fonksiyon),
3. Yüksek fırında, metal ve curufun aşağı doğru, indirgeyici sıcak gazların yukarı doğru kolayca geçebileceği çok geçirgen bir yatağın oluşturulması (mekanik fonksiyon)

amacı ile tercih edilmektedir (Wilkinson, 1964; Elliot, 1969; Giedroyc ve Mathieson, 1969; Nixon ve Brooks, 1969; Hatano, 1976).

Metallerjik kokların kimyasal yapısında en önemli bileşenler sırası ile karbon, kül, kükürt ve alkalilerdir. Koktaki kül ve uçucu madde miktarlarının fazla olması, sabit karbon oranının azalması anlamına geldiğinden, bu yüksek fırında kok sarfiyatını artıran etkenlerden birisidir. Aşırı kükürt miktarı demir-çeliğın kırılabilirliğini artırarak kalitesini düşürecektir (Özden ve Gencer, 1984). Kokun bu kimyasal özellikleri demir-çelik endüstrisinde yüksek fırının minimum maliyet ve maksimum verimlilik ile çalışması için gereklidir.

Kaliteli bir kok kömürünün kül içeriği %7.4 ile %17.7, uçucu madde oranı %5.5- %1.8, toplam kükürt miktarı %0.6 ile %1.1, buna bağlı olarak sabit karbon içeriği %87.1-%89.8 ve ısıl değeri de 7800- 8260 kcal/kg aralığında olması gereklidir (Graham, 1969)

Damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu ile elde ettiğimiz kokların külleri %6.94 ile %15.45 arasında, uçucu madde içerikleri %0.55-1.78 aralığında, toplam kükürt değerleri de %0.39 ile %0.79 aralığında olduğu tayin edilmiştir. Sabit karbon miktarları ise %82.95-91.58 arasında, ısıl değerleri de 27.50 MJ/kg ile 31.43 MJ/kg aralığında olarak saptanması yukarıda verilen sınır değerlerin içinde kok elde ettiğimizi göstermektedir.

Çizelge 6.52 Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	13.84	1.26	84.90	0.58	35.20
ÇAY	14.22	1.37	84.41	0.59	29.00
NASIFOĞLU	11.86	1.42	86.72	0.79	29.82

**Çizelge 6.53 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen ürününe ait analiz sonuçları**

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	10.40	1.52	88.08	0.54	28.86
ÇAY	13.52	1.49	84.99	0.49	27.50
BÜYÜKKILIÇ	10.56	1.62	87.82	0.70	28.89

**Çizelge 6.54 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları**

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	S (%kkt)	ÜİD (MJ/kg)
SULU	11.67	1.78	86.55	0.48	28.22
ÇAY	15.45	1.60	82.95	0.39	28.88
AKDAĞ	14.57	1.13	84.30	0.61	31.05

Karışımlarda ise, kül değerleri %9.82-12.82 gibi dar bir aralık içinde değişmektedir. Uçucu madde miktarları %0.81-2.52 aralığında oldukça yüksek oranda bulunmuştur. Kükürt miktarı %0.47 ile %0.60 arasında değişirken, sabit karbon oranı %85.03 ile %88.25 aralığında değişmektedir. Isıl değerler de minimum 27.20 MJ/kg maksimum 30.67 MJ/kg aralığındadır.

ABD koku en düşük kül (%6.94), Karadon işletmesi Çay damarının koku ise en yüksek kül (%15.45) değerine sahiptir. Görüldüğü gibi damar kömürlerinden elde edilen kokların külleri daha geniş bir aralıkta değişmektedir. Minimum uçucu madde AÇD' nin kokunda mevcut iken, maksimum uçucu madde ise %30AÇD+%70(KD-KR) karışımının kokunda tayin edilmiştir. Kömürün U.M' sinin

Çizelge 6.55 Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürününe ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O* (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
BÜYÜK	6.94	1.48	91.58	92.36	0.63	0.95	5.52	0.54	0.082	0.044	31.43
ÇINARLI	13.39	0.55	86.06	84.01	0.80	0.60	14.08	0.51	0.114	0.126	28.74

\* , O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.56. Üzülmöz+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok türlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O* (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
ÜZ + KZ	12.42	2.00	85.58	96.78	0.66	0.86	1.13	0.57	0.082	0.009	29.33
%20 ABD	11.26	1.76	86.98	94.00	0.70	0.90	3.84	0.56	0.089	0.031	30.10
%80 ÜZ + KZ											
%30 ABD	10.55	1.86	87.59	95.08	0.70	0.90	2.76	0.56	0.088	0.022	30.39
%70 ÜZ + KZ											
%40 ABD	9.82	1.99	88.19	96.13	0.70	0.92	1.73	0.52	0.087	0.013	30.67
%60 ÜZ + KZ											

\*, O=100- (C+H+N+S)

Çizelge 6.57 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürünlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O* (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
KR-KR	12.59	1.27	86.14	95.58	0.74	1.20	2.01	0.47	0.093	0.016	29.81
%20 ABD	12.36	1.33	86.31	96.55	0.78	1.21	0.97	0.49	0.097	0.007	29.68
%80 KR-KR											
%30 ABD	11.15	0.81	88.04	97.09	0.76	1.18	0.44	0.53	0.094	0.003	29.38
%70 KR-KR											
%40 ABD	9.82	1.93	88.25	97.32	0.75	1.15	0.24	0.54	0.092	0.002	29.81
%60 KR-KR											

\*, O=100- (C+H+N+S)

tamamı karbonizasyon sırasında yapıyı sıvı veya gaz ürün olarak terk etmemiştir. En düşük ve en yüksek kükürt içeriği damar kömürlerinin kok ürünlerinde saptanmıştır. %0.39 miktarı ile Karadon işletmesi Çay damarının kok numunesi diğer kok ürünlerine göre en düşük kükürt oranına, Üzülmöz işletmesi Nasıfoğlu damarının kok ürünü de %0.79 ile en yüksek kükürt içeriğine sahip olduğu tayin edilmiştir.

Kok oluşumunun temel maserali vitrinit' tir. Vitrinit maseralleri karbonizasyon sürecinde önce yumuşayıp sonra tekrar katılarak kok yapısının sürekli bağımlı (bağlayıcı özellik) oluştururlar. Ekzinit ve resinit maseralleri daha çok yan ürünleri oluştururlar, ancak aynı zamanda az da olsa kok oluşumunu sağlayan bağlayıcılık rolü de oynarlar (Rodopman, 1984).

Karışımlarda kömürün vitrinit miktarı ile kok ürünlerinin sabit karbon oranları arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. ABD kömürü ile yapılan karışımlarda, Armutçuk ve vitrinit miktarının artışı ile kok ürünlerinin sabit karbon miktarlarında da yükselme saptanmıştır. AÇD ile yapılan karışımlar da ise böyle bir ilişki bulunamamıştır.

Amasra işletmesi Çınarlı damarı kok ürününün H/C (atomik) oranı (0.11) diğer karışım kömürlerinin kok ürünlerine göre oldukça yüksektir. ABD ile yapılan karışımların koklarının H/C oranları karışımda ABD oranının artışı ile çok az miktarda düşüş göstermektedir. ABD+(KR-KR) karışım kokunun H/C oranları ABD+(ÜZ+KZ) karışım kokularının H/C oranlarından daha fazladır. Bu, ABD+(KR-KR) kokularının daha fazla alifatik yapı içerdiğini açıklar. Amasra içeren karışımların koklarında Amasra oranı arttıkça H/C oranının yükselmesi, Amasra oranı arttıkça alifatik yapının çoğalması demektir. AÇD+(KR-KR) kokularının H/C değerleri diğer karışım kokularının bu oranlarından daha yüksek bulunmuştur. Kokların H/C oranlarının kömürlerin H/C oranlarına göre düşüş göstermesi, kokların aromatik yapı içerdiğini açıklamaktadır. Kömürlerin yüksek sıcaklık karbonizasyonu ile alifatik yapılarının parçalanarak aromatik yapıda artışın olduğu kanıtlanmıştır.

Çizelge 6.58. Üztlmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok ürünlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O* (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (MJ/kg)
ÜZ + KZ	12.42	2.00	85.58	96.78	0.66	0.86	1.13	0.57	0.082	0.008	29.33
%20 AÇD	12.39	1.65	85.96	96.47	0.73	0.84	1.40	0.56	0.091	0.011	30.04
%80 ÜZ + KZ											
%30 AÇD	12.07	1.87	86.06	96.11	0.75	0.78	1.77	0.59	0.094	0.014	29.44
%70 ÜZ + KZ											
%40 AÇD	12.24	2.17	85.59	96.13	0.76	0.60	1.74	0.60	0.095	0.013	29.04
%60 ÜZ + KZ											

\* O=100- (C+H+N+S)



Çizelge 6.59. Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok türlerine ait analiz sonuçları

KÖMÜR	KÜL (%kt)	UM (%kt)	SC (%kt)	C (%kkt)	H (%kkt)	N (%kkt)	O* (%kkt)	S (%kkt)	H/C (atomik)	O/C (atomik)	ÜİD (Mj/kg)
KR-KR	12.59	1.27	86.14	95.58	0.74	1.20	2.01	0.47	0.093	0.016	29.81
%20 AÇD	12.31	2.39	85.30	95.38	0.80	1.12	2.19	0.51	0.101	0.017	27.20
%80 KR-KR											
%30 AÇD	12.24	2.52	87.24	95.36	0.81	1.06	2.25	0.52	0.102	0.018	27.82
%70 KR-KR											
%40 AÇD	12.82	2.15	85.03	96.06	0.84	1.02	1.53	0.55	0.105	0.012	28.80
%60 KR-KR											

\*, O=100- (C+H+N+S)

### 6.3.1 FT-IR Spektrumları

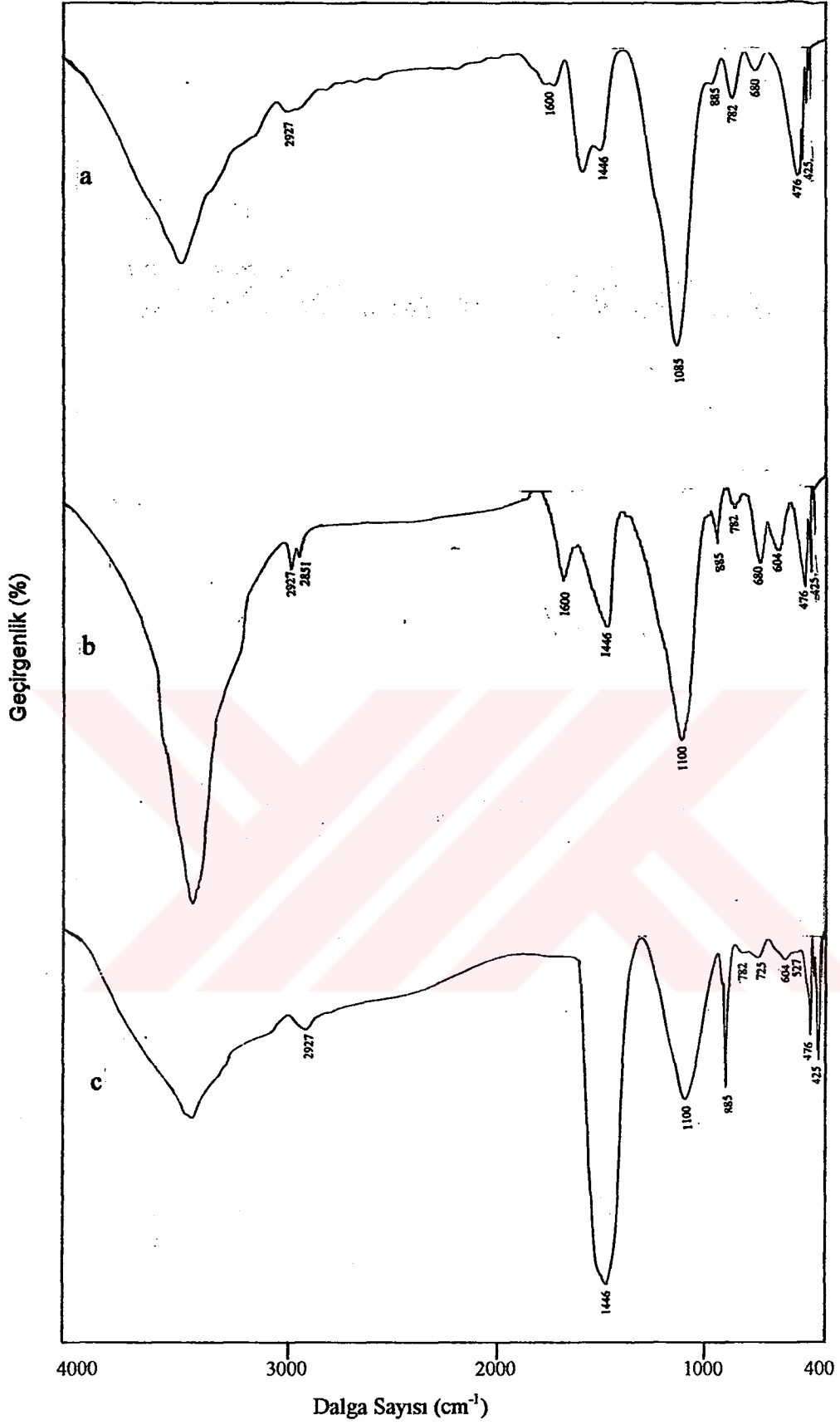
Kömür ve karışım numunelerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen koklarının FT-IR spektrumları ayrı ayrı çekilerek incelenmiş ve mukayese edilmişlerdir. Bu spektrumlar Şekil 6.35., 6.36., 6.37., 6.38., 6.39., 6.40., 6.41., 6.42. ve 6.43.' de verilmiştir.

3400  $\text{cm}^{-1}$ ' de bulunan hidroksil grubu bantlarına bütün örneklerde rastlanmıştır. Bu piklerin oldukça geniş ve uzun olduğu açıkça görülmektedir. Bazı numunelerin pikleri diğerlerine göre bir veya birkaç kat büyük olabilmektedir. Bu da kok içinde bulunan nem miktarına bağlı olduğu şeklinde yorumlanabilir.

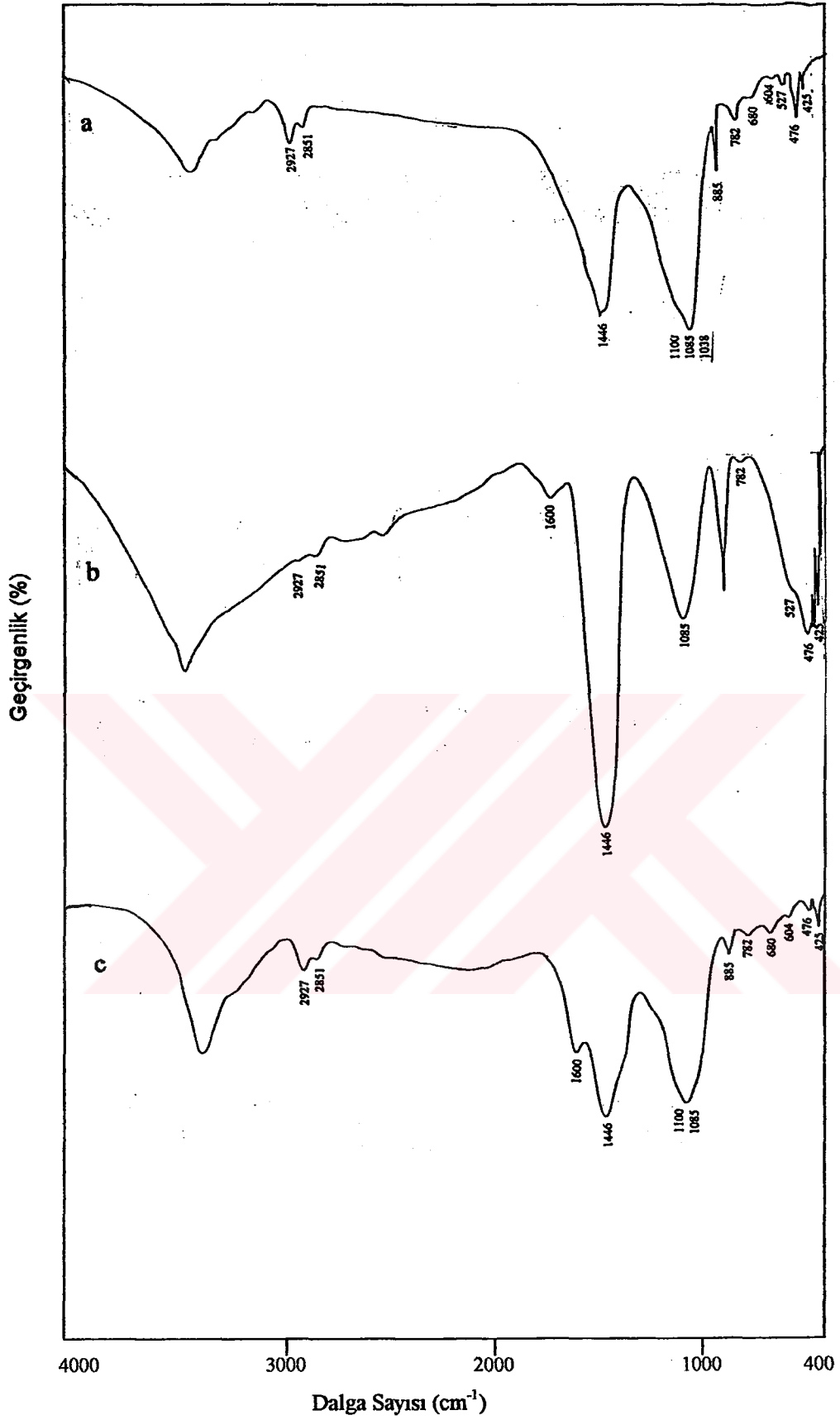
Alifatik kısım daha kolay parçalandığı için kok içindeki oran kömüre göre azalma göstermektedir. Karbonizasyon ile beraber, 2927  $\text{cm}^{-1}$  ve 2851  $\text{cm}^{-1}$ ' deki  $-\text{CH}_2$  birimleri kömürün yapısından ayrılarak uçucu madde olarak ortamdan uzaklaşmaktadır, böylece bu bantlarında küçüldüğü veya belirsiz bir hal aldığı görülmüştür.

Damar ve karışım koklarında damar ve karışım kömür numunelerine göre, 1600  $\text{cm}^{-1}$ ' de aromatik C=C, C=O ve siklo olefinleri ifade eden pikin küçüldüğünü, Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu, Kozlu işletmesi Sulu, Karadon işletmesi Çay, %40ABD+%60(ÜZ+KZ), %40ABD+%60(KR-KR) ve AÇD+(ÜZ+KZ) koklarında da yok olduğunu veya belirsiz hale geldiğini görmekteyiz.

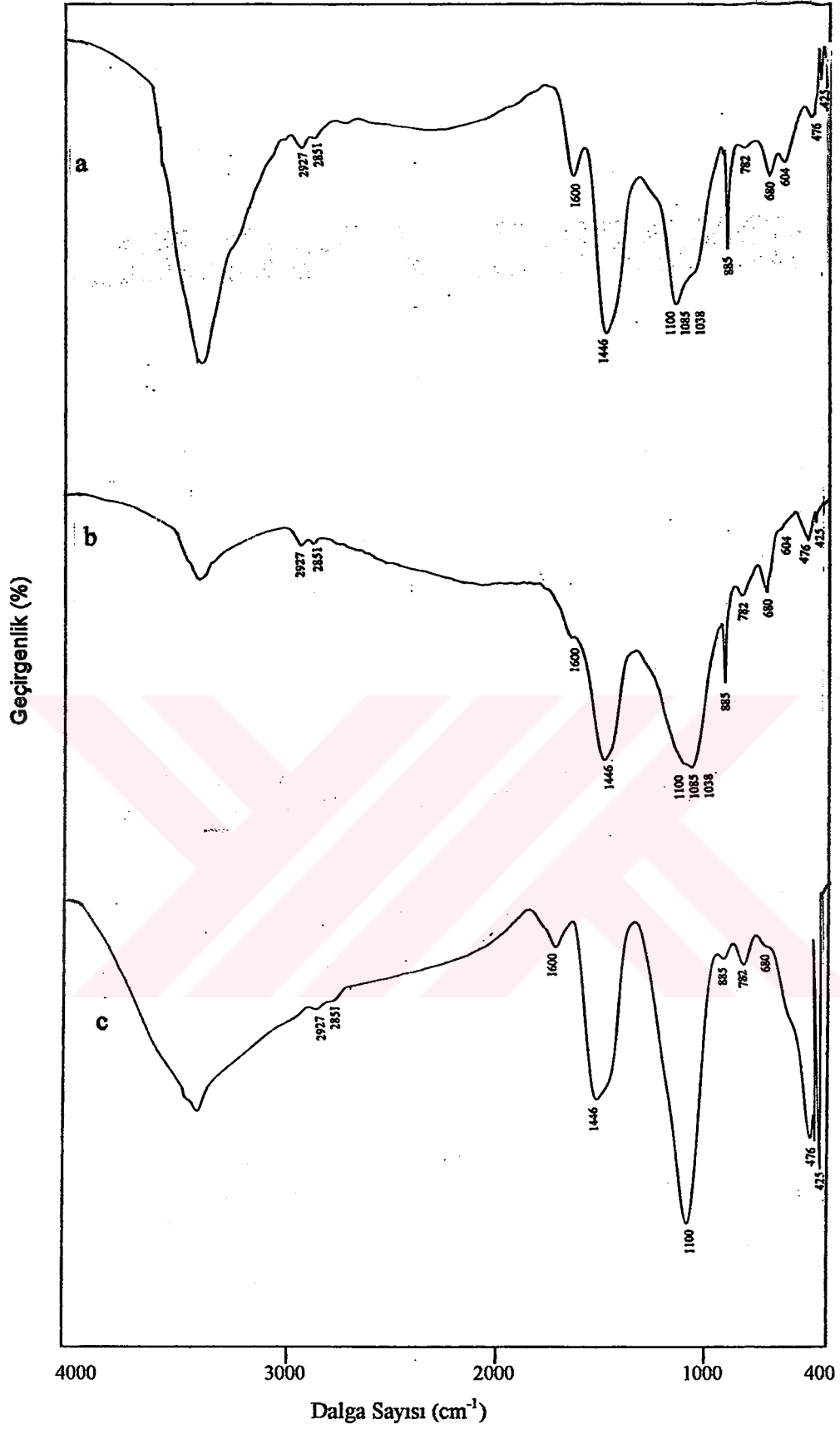
1446  $\text{cm}^{-1}$  piki de aromatik grupları ifade etmektedir. Kok ürünlerinde bu pikin kömür numunelerine göre bir veya bir kaç kez büyüdüğünü spektrumlardan anlamaktayız. Hatta Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu ve Kozlu işletmesi Çay koklarında pikin maksimuma ulaştığı ortaya çıkmaktadır. Bu, bütün kok örneklerinde aromatik yapının fazla olduğunu ifade etmektedir.



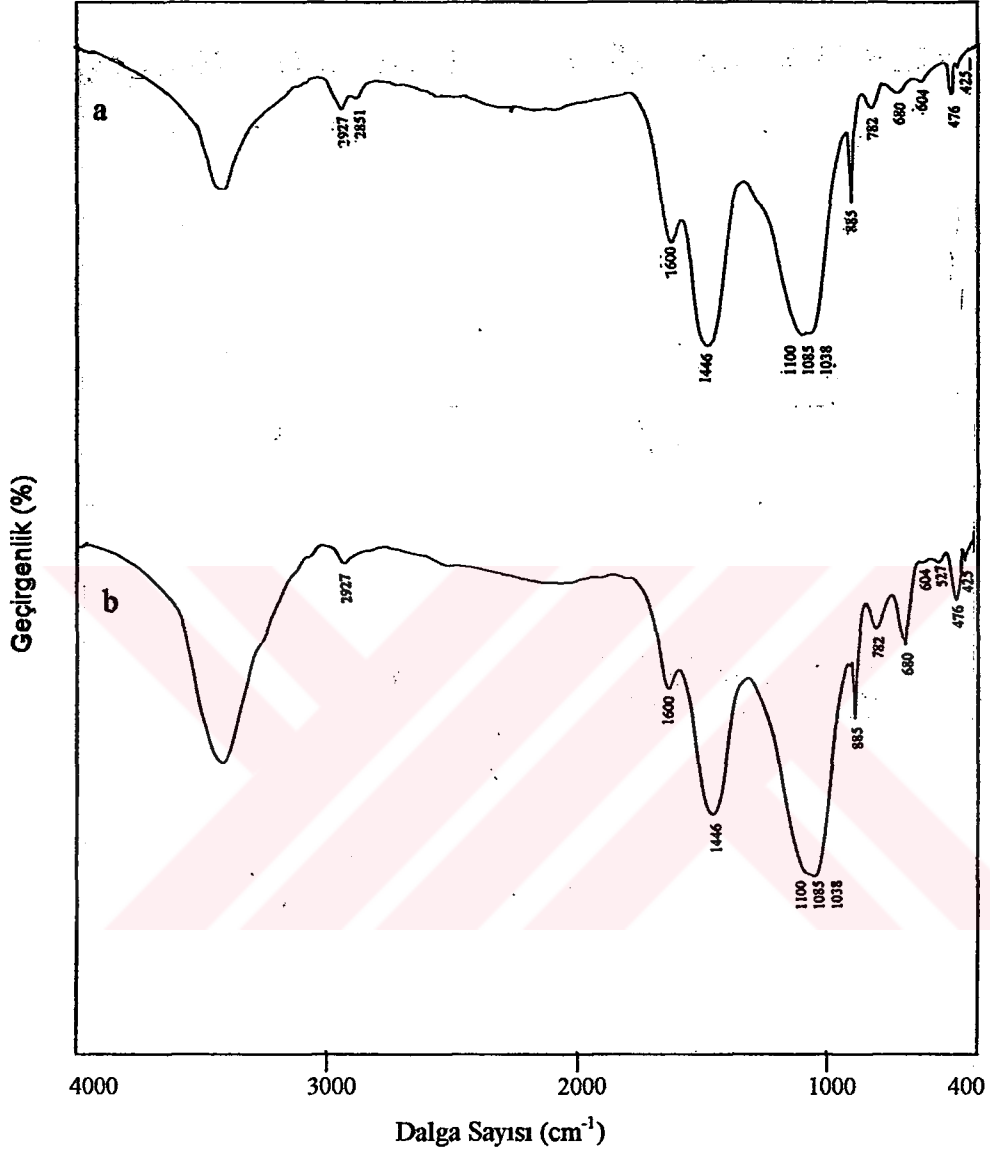
Şekil 6.35. Üzülmüş işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damar kömürlerinden elde edilen kokların FT-IR spektrumları



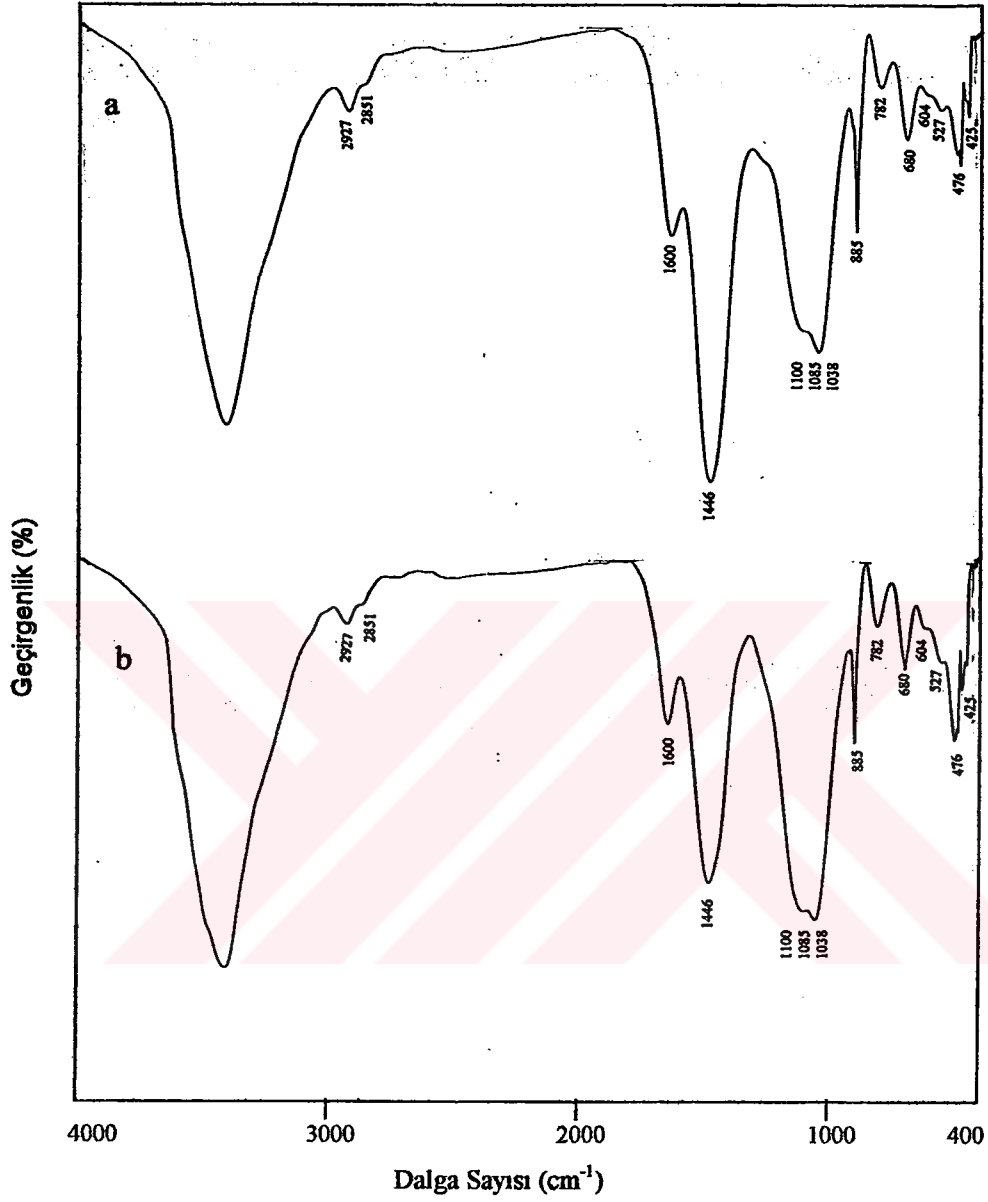
Şekil 6.36. Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damar kömürlerinden elde edilen kokların FT-IR spektrumları



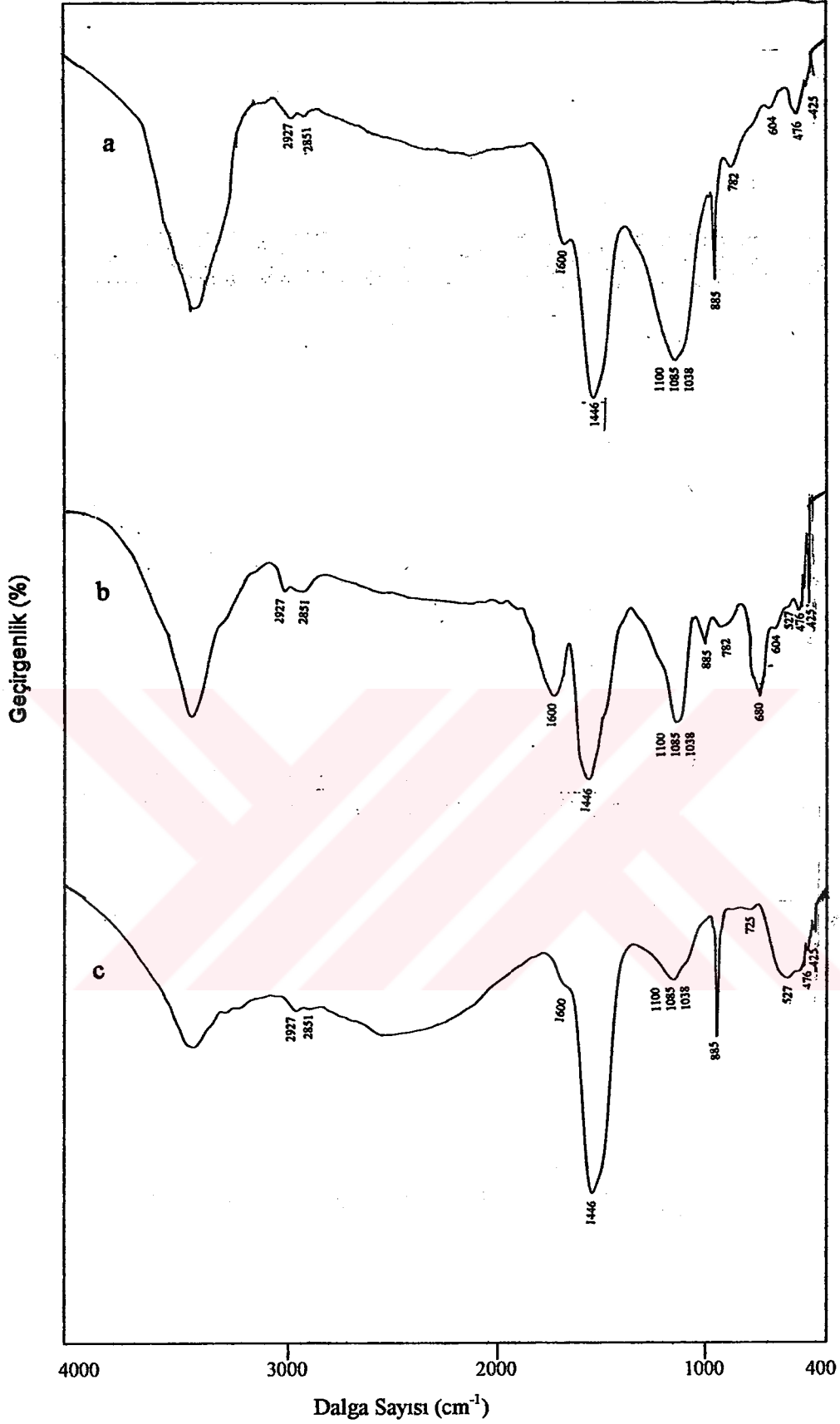
Şekil 6.37 Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damar kömürlerinden elde edilen kokların FT-IR spektrumları



Şekil 6.38. Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) koklarının FT-IR spektrumları



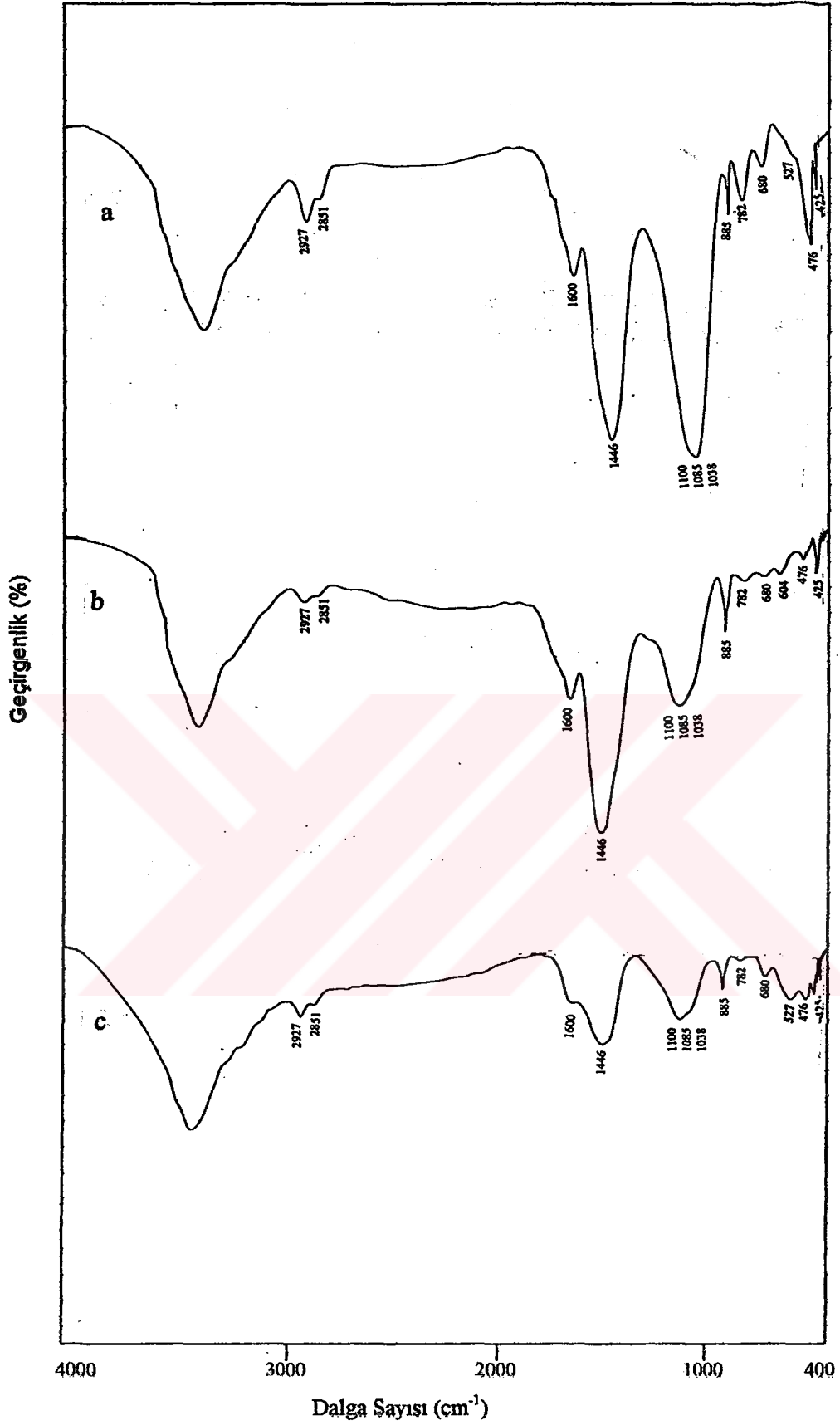
Şekil 6.39 Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) koklarının FT-IR spektrumları



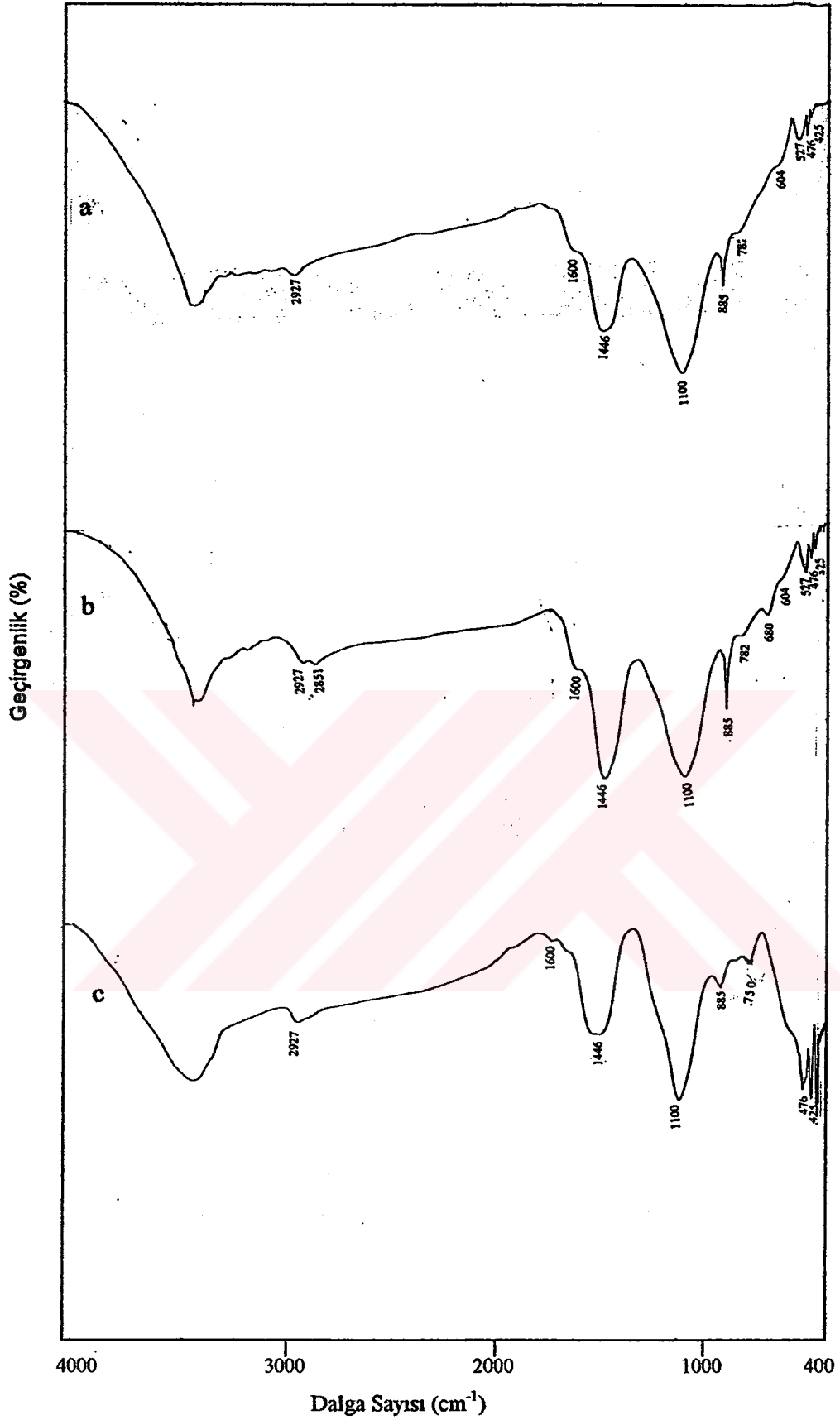
Şekil 6.40 Üzümmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları

(a) %20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)



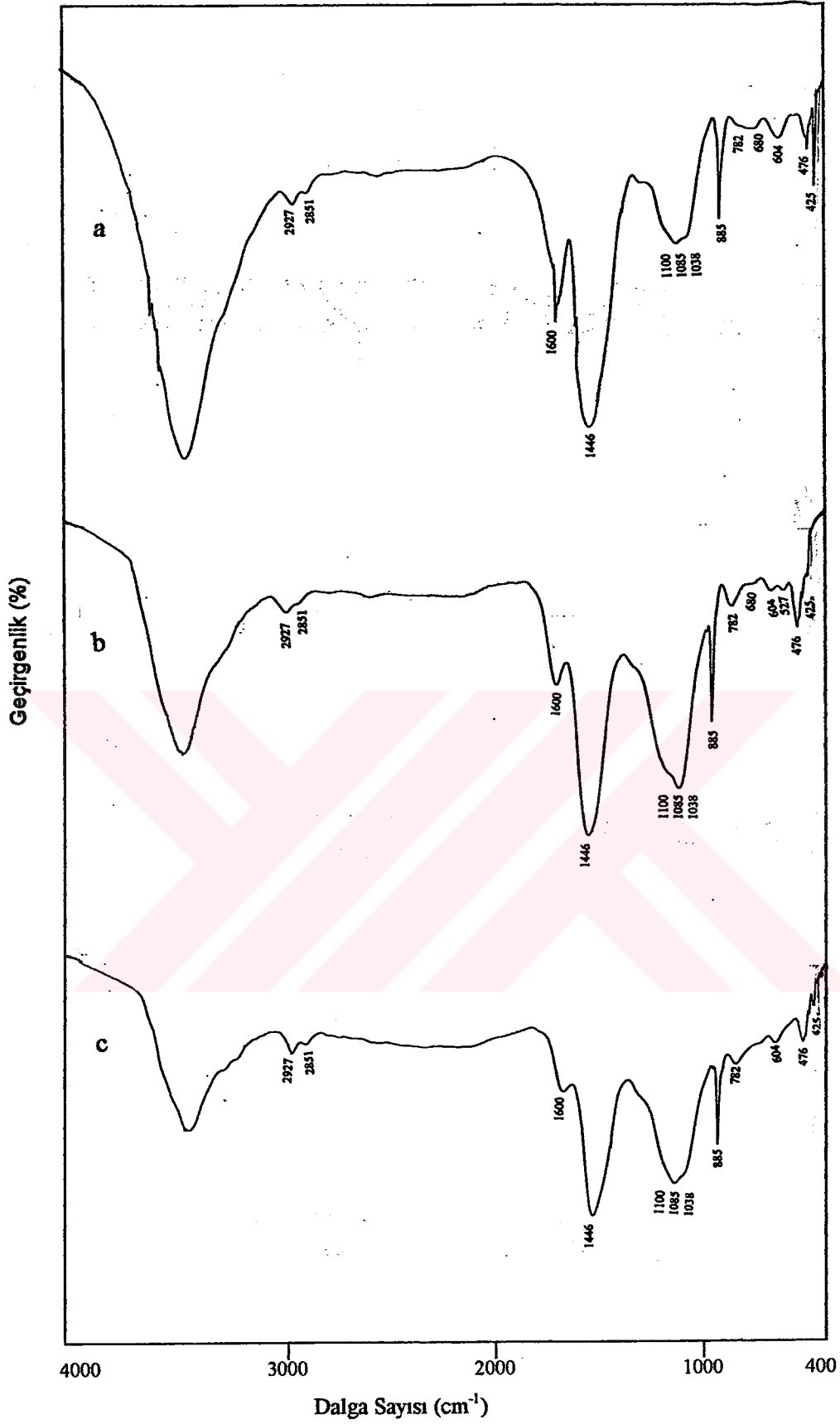


Şekil 6.41 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.42. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları

(a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.43. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı

damarı ile harmanından elde edilen kokların FT-IR spektrumları

(a) %20AÇĐ+%80(KR-KR), (b) %30AÇĐ+%70(KR-KR), (c) %40AÇĐ+%60(KR-KR)

1100  $\text{cm}^{-1}$  veya 1100  $\text{cm}^{-1}$ , 1085  $\text{cm}^{-1}$ , 1038  $\text{cm}^{-1}$ ' de üçlü pik olarak görülen bant, yapıda benzen halkalarının muazzam bir şekilde arttığını ifade etmektedir. Bu pikler, bazı kok numunelerinde çatallaşmış, iki veya üç tepeli olabilmektedir.

900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki piklerin yoğunluğu kömür numunelerine göre oldukça azdır. Kömür numunelerinde üçlü veya dördü pik olarak görülen bu bölge, kok numuneleri için küçülmüş, pik sayısı azalmış, tepe noktası genellikle ikiye düşmüştür. 885  $\text{cm}^{-1}$ ' de görülen izole hidrojenli substitüe benzen halkası piki kömür örneklerine göre daha büyük ve tepe noktalarında şiddetli bir sivrilme görülmektedir. Üç komşu aromatik protonu ifade eden 782  $\text{cm}^{-1}$  piki düşük şiddetli de olsa damar kömürlerinin koklarında görülmektedir. Oysa karışımlarda Armutçuk ve Amasra oranının artması ile bu pik belirginliğini yitirmeye başlamakta, hatta görülmemektedir. Aril halkada beş aromatik protonu gösteren 680  $\text{cm}^{-1}$  piki kokların bazılarında bulunurken, karışımlarında ise belirli bir düzen göstermeden ortaya çıkmaktadır.

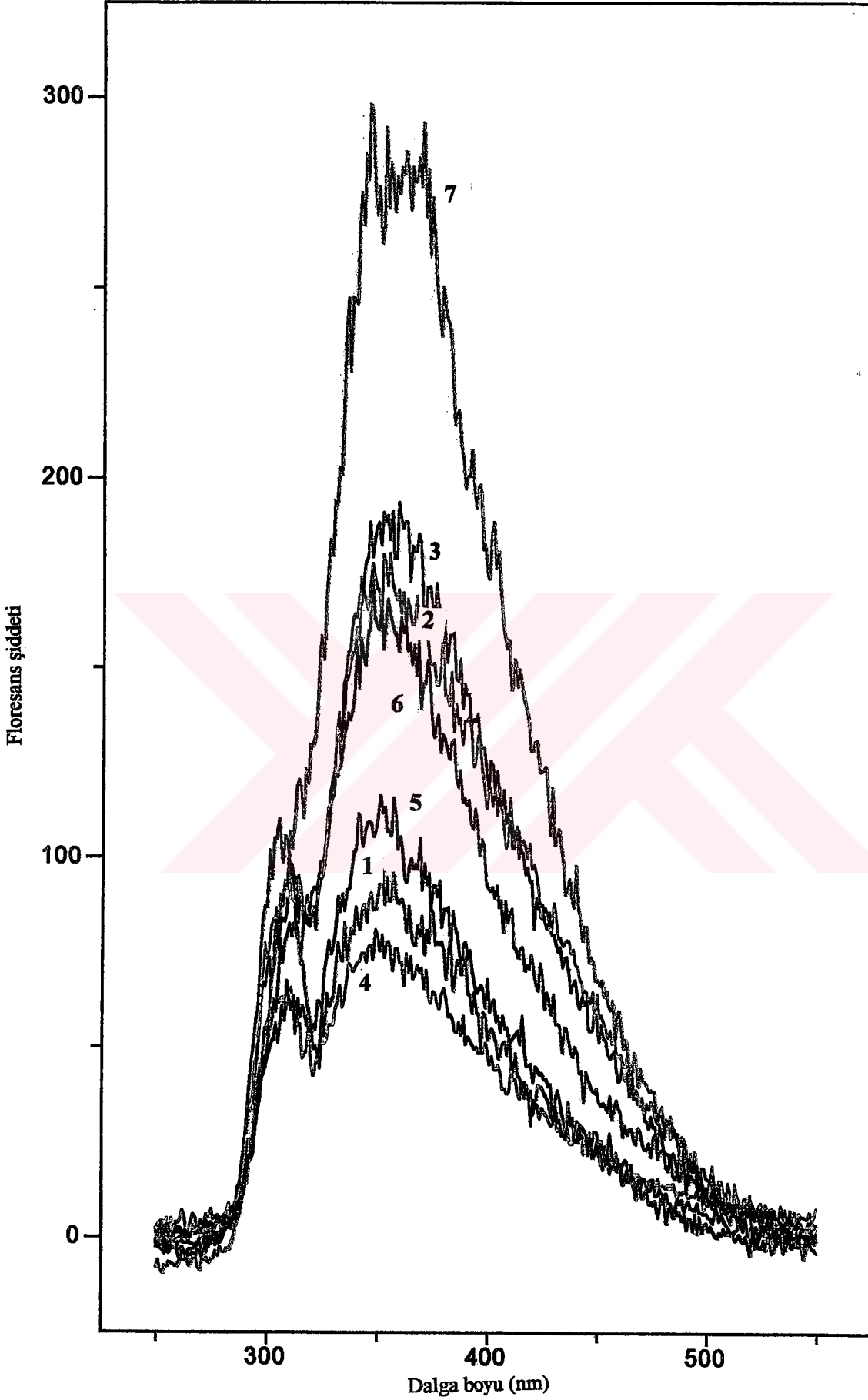
#### 6.4 Katranın Tanınması

Kömürün karbonizasyonundan elde edilen ve molekül ağırlığı geniş bir aralıkta değişen katran, halkalı ve aromatik bileşiklerin kompleks karışımından ibarettir (Roberts vd., 1984).

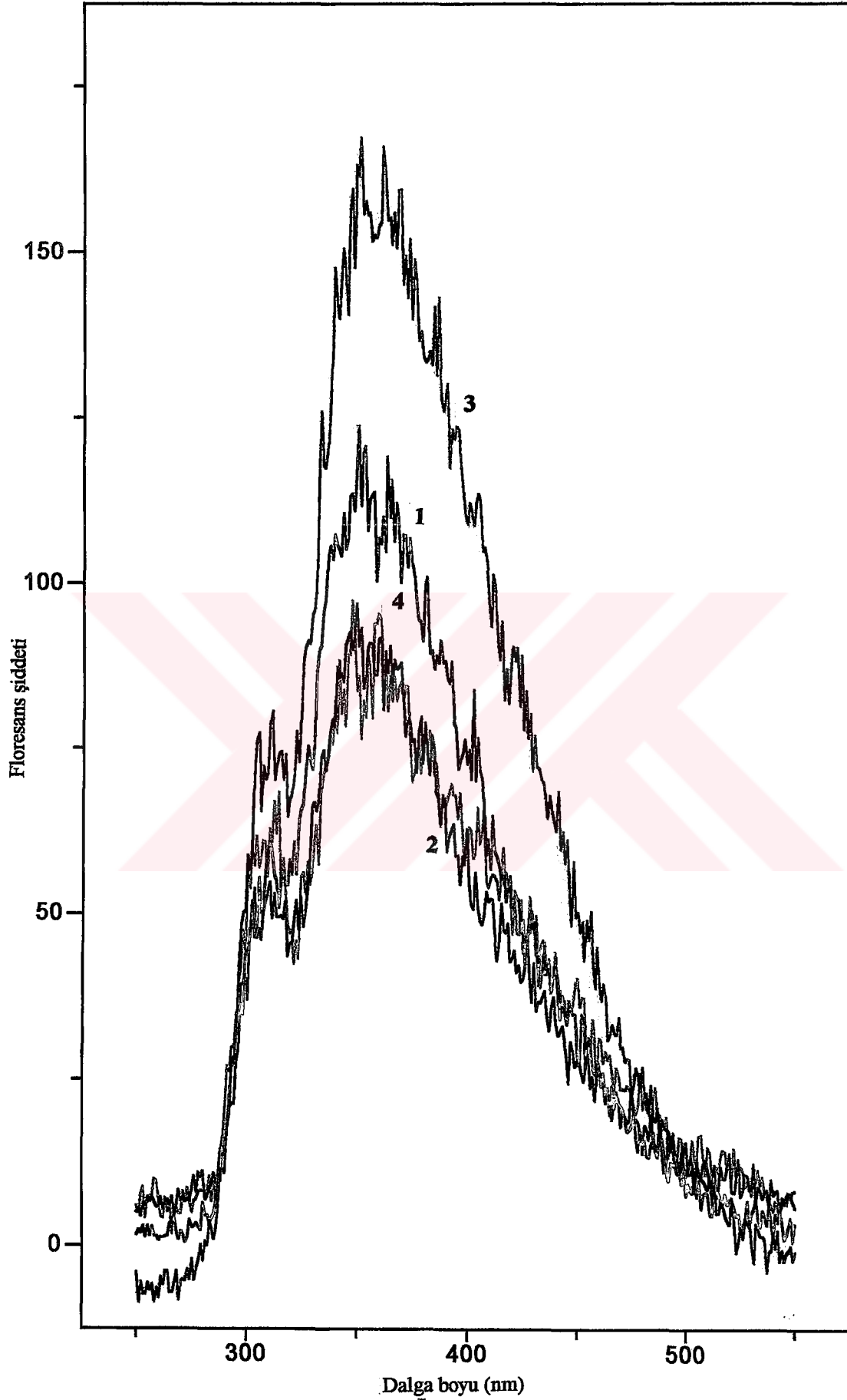
Katran ihtiva ettiği kıymetli kimyasal maddelerden dolayı yakıt olarak tüketilmemesi gereklidir. Bu amaçla, çeşitli spektroskopik yöntemler ile yapısının aydınlatılarak değerlendirilmesi sağlanmalıdır.

##### 6.4.1 Floresans spektroskopisi

Şekil 6.44., 6.45., 6.46., 6.47., 6.48. ve 6.49.' da tek tek ve karışım halindeki numunelerinin katran örneklerinin floresans spektrumları görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi exitasyon spektraları emisyon spektralarından daha düşük dalga boyunda (Li, 1993) ve daha düşük floresans şiddetine sahiptirler.



Şekil 6.44 Üzülmaz ve Kozlu işletmesine ait katran örneklerinin floresans spektrumları, (1)ÜZ Sulu, (2)ÜZ Çay, (3)ÜZ Nasıfoğlu, (4)KZ Sulu, (5)KZ Çay, (6)KZ Büyükkılıç, (7)ÜZ+KZ



Şekil 6.45 Karadon işletmesine ait katran örneklerinin floresans spektrumları,  
(1)KD Sulu, (2)KD Çay, (3)KD Akdağ, (4) KR-KR

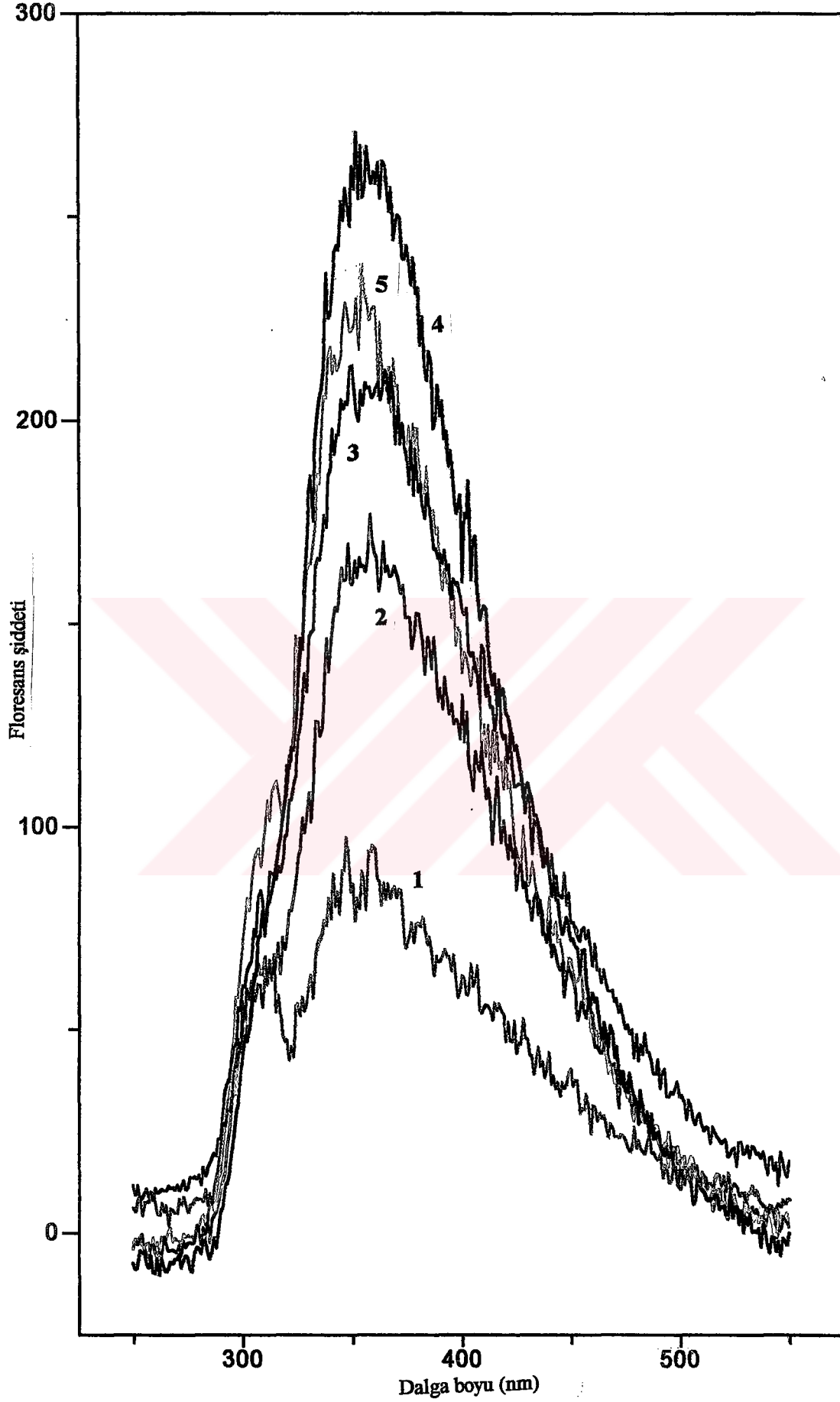
Şekil 6.44.' den görüldüğü gibi Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu, Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç ve ÜZ+KZ katranlarının exitasyon dalga boyları hemen hemen birbirine yakın ve 310 nm' dedir. Emisyon dalga boyları ise 350 nm' dedir. Bu katran ürünlerinin floresans şiddetleri ile kömür numunelerinin maseralleri arasında bir bağlantı bulunamamıştır. En yakın ilişki kokların stabilitesi ile ilgili olarak bulunmuştur. Kok stabilitesi arttıkça katranlarında floresans şiddetinde azalma görülmektedir.

Şekil 6.45.' de de Karadon katran örneklerine ait floresans spektraları görülmektedir. Exitasyon dalga boylarının 315 nm' de, emisyon dalga boylarının da 350 nm' de olduğu saptanmıştır. Şekil 6.44' de olduğu gibi floresans şiddetleri ile kömür maseralleri arasında bir ilişki bulunamazken, stabilite ile bir benzerlik bulunmuştur. Kok stabilitesi ile floresans şiddeti ters orantılı bir davranış göstermektedirler. Stabilitenin artışı ile floresans şiddeti azalma eğilimindedir.

Şekil 6.46' da ÜZ+KZ karışım, Armutçuk ve bunların çeşitli oranlarda karışımlarından elde edilen katranlarının floresans spektraları verilmiştir. Karışımların exitasyon dalga boyları 315 nm, emisyon dalga boyları da 360 nm' dedir. ÜZ+KZ numunesinde Armutçuk oranının artışı ile vitrinit oranları yükselirken, floresans şiddetinde de artma saptanmıştır. Benzer olarak, liptinit oranı ile floresans şiddeti artma yönünde doğrusal bir ilişki göstermektedir.. Buna karşılık semifüsinit ve inertinit yüzdeleri azalırken floresans şiddetinde artış görülmektedir.

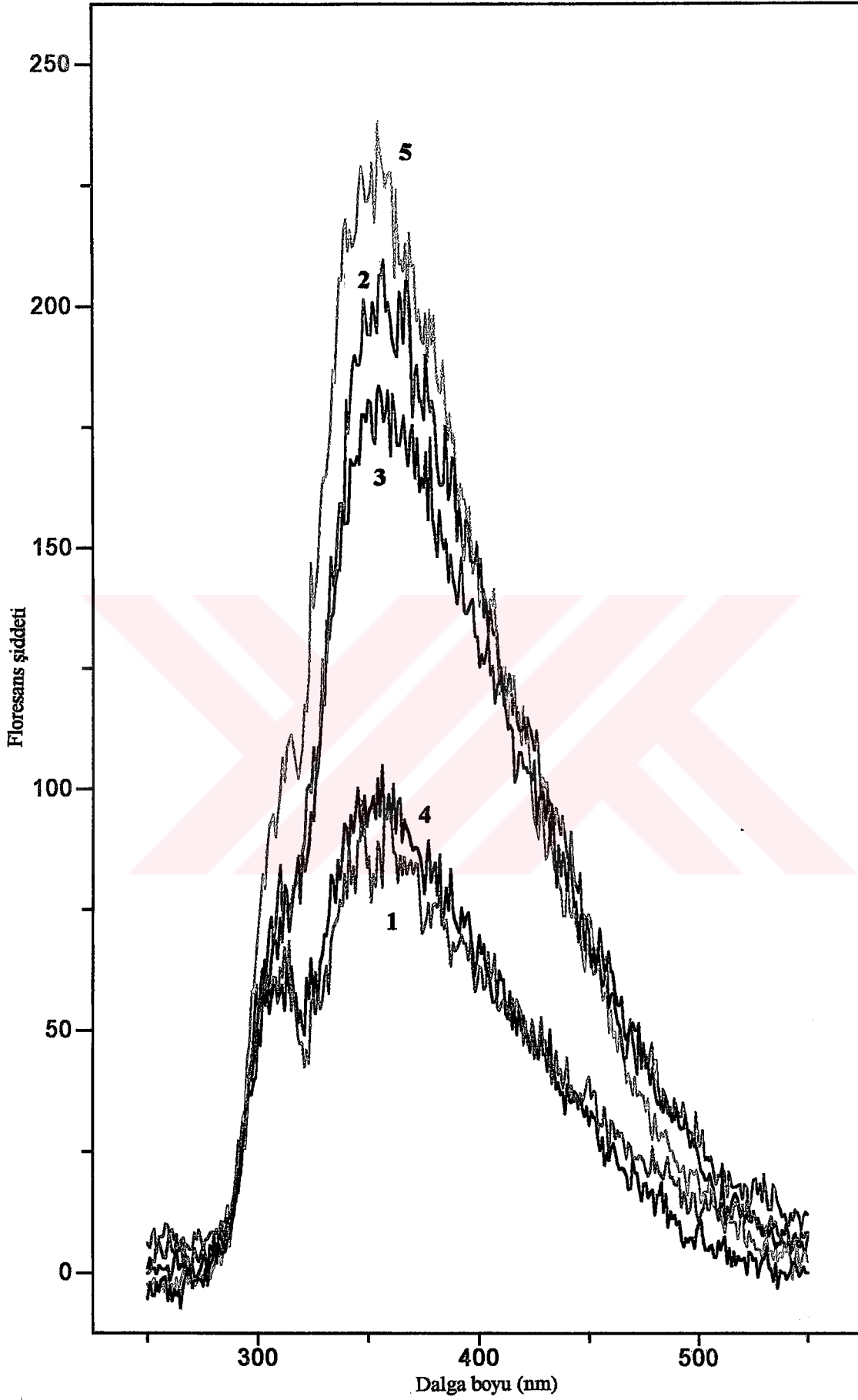
Şekil 6.47.' de ABD+(KR-KR) karışım katranlarının floresans spektraları ile Şekil 6.46.' daki ABD+(ÜZ+KZ) karışım katranlarının floresans spektraları ile farklı sonuçlar vermektedir. Armutçuk' un karışımındaki miktarı arttıkça, vitrinit ve liptinit oranları da yükselmekte ve buna bağlı olarak floresans şiddetinde azalma görülmektedir. İntertinit ve semifüsinit oranının azalması ile floresans şiddeti azalma eğilimindedir.

Şekil 6.48. ve 6.49.' da sırası ile AÇD+(ÜZ+KZ) ve AÇD+(KR-KR) karışım katranlarının floresans spektraları verilmiştir. AÇD+(ÜZ+KZ) katranlarının

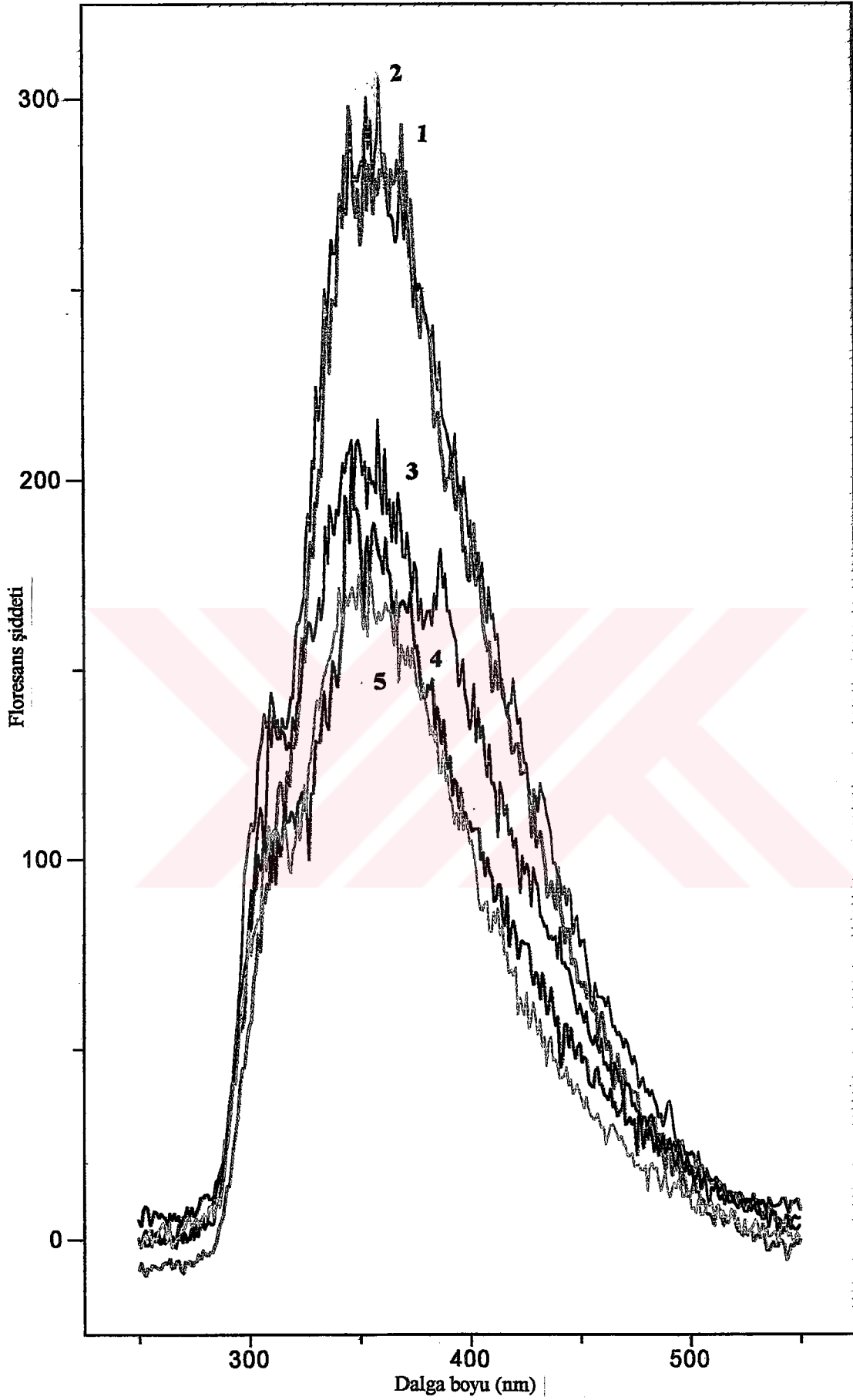


Şekil 6.46 %100ÜZ+KZ (1), %20ABD+%80(ÜZ+KZ) (2), %70ABD+%70(ÜZ+KZ) (3), %40ABD+%60(ÜZ+KZ) (4), %100ABD (5) kömürlerinden elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları

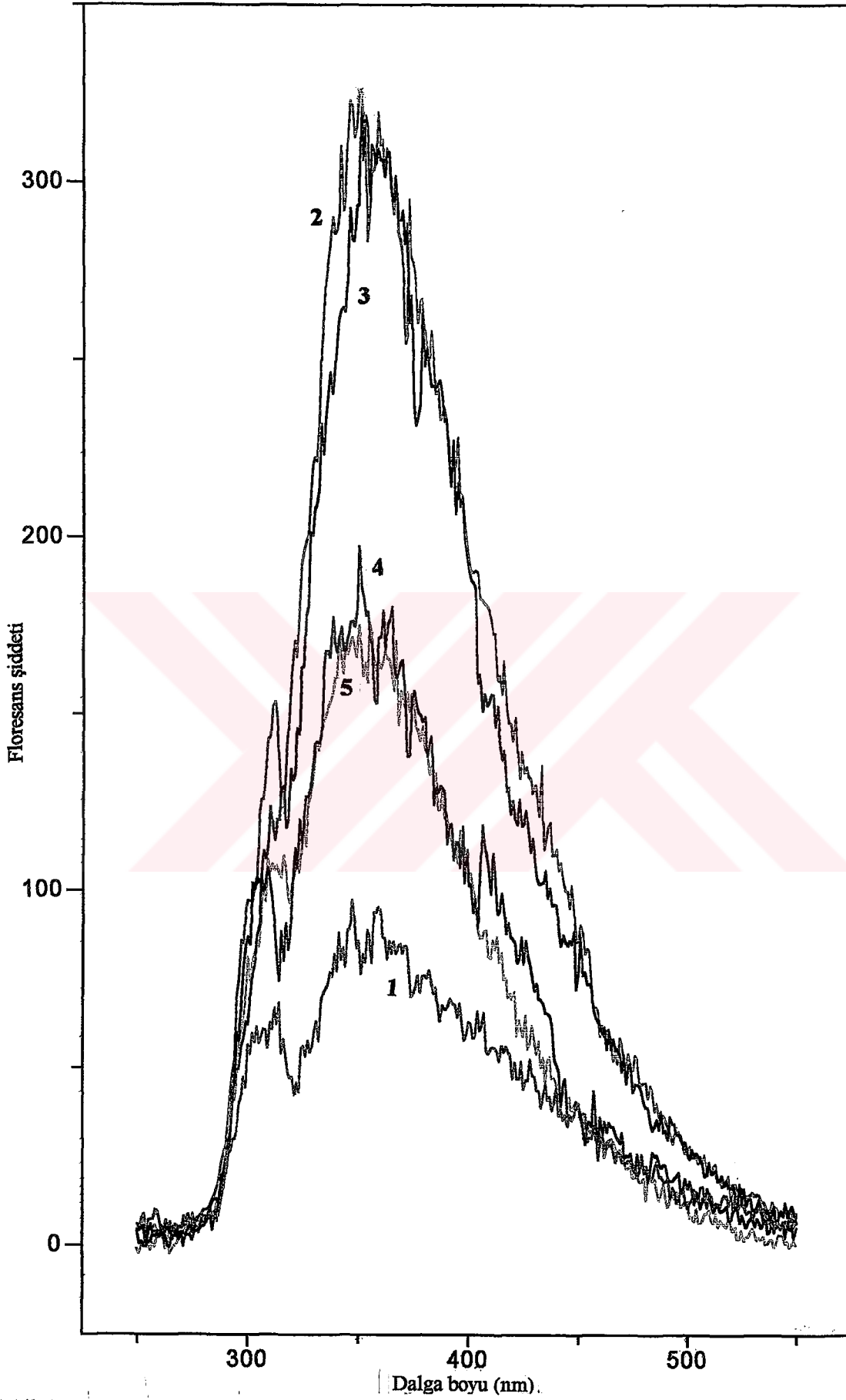




Şekil 6.47 %100(KR-KR) (1), %20ABD+%80(KR-KR) (2), %30ABD+%70(KR-KR) (3), %40ABD+%60(KR-KR) (4), %100ABD (5) kömürlerinden elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları



Şekil 6.48 %100(ÜZ+KZ) karışım (1), %20AÇD+%80(ÜZ+KZ) (2), %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) (3), %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) (4) ve (5)%100AÇD kömürlerinden elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları,



Şekil 6.49 %100(KR-KR) (1), %20AÇD+%80(KR-KR) (2), %30AÇD+%70(KR-KR) (3), %40AÇD+%60(KR-KR) (4), %100AÇD (5) kömürlerinden elde edilen katran örneklerinin floresans spektrumları

exitasyon ve emisyon dalga boyları, sırası ile 310 ve 350 nm' dedir. AÇD+(KR-KR) katranları 310 nm' de exitasyon dalga boylarını, 350nm' de emisyon dalga boylarını vermektedir. Hem AÇD+(ÜZ+KZ) hem de AÇD+(KR-KR) katranlarının floresans şiddetleri vitrinit ve liptinit oranının artışı ile azalmaktadır. Semifüsinit ve inertinit oranının azalışı ile de floresans şiddetleri azalma eğilimindedir.

Katran örneklerinin floresans spektralarından görüldüğü gibi, emisyon dalga boylarının birbirlerine yakınlık göstermesi katranların birden daha fazla aromatik halka içerdiklerini göstermektedir (Li vd., 1994).

#### 6.4.2. FT-IR spektroskopisi

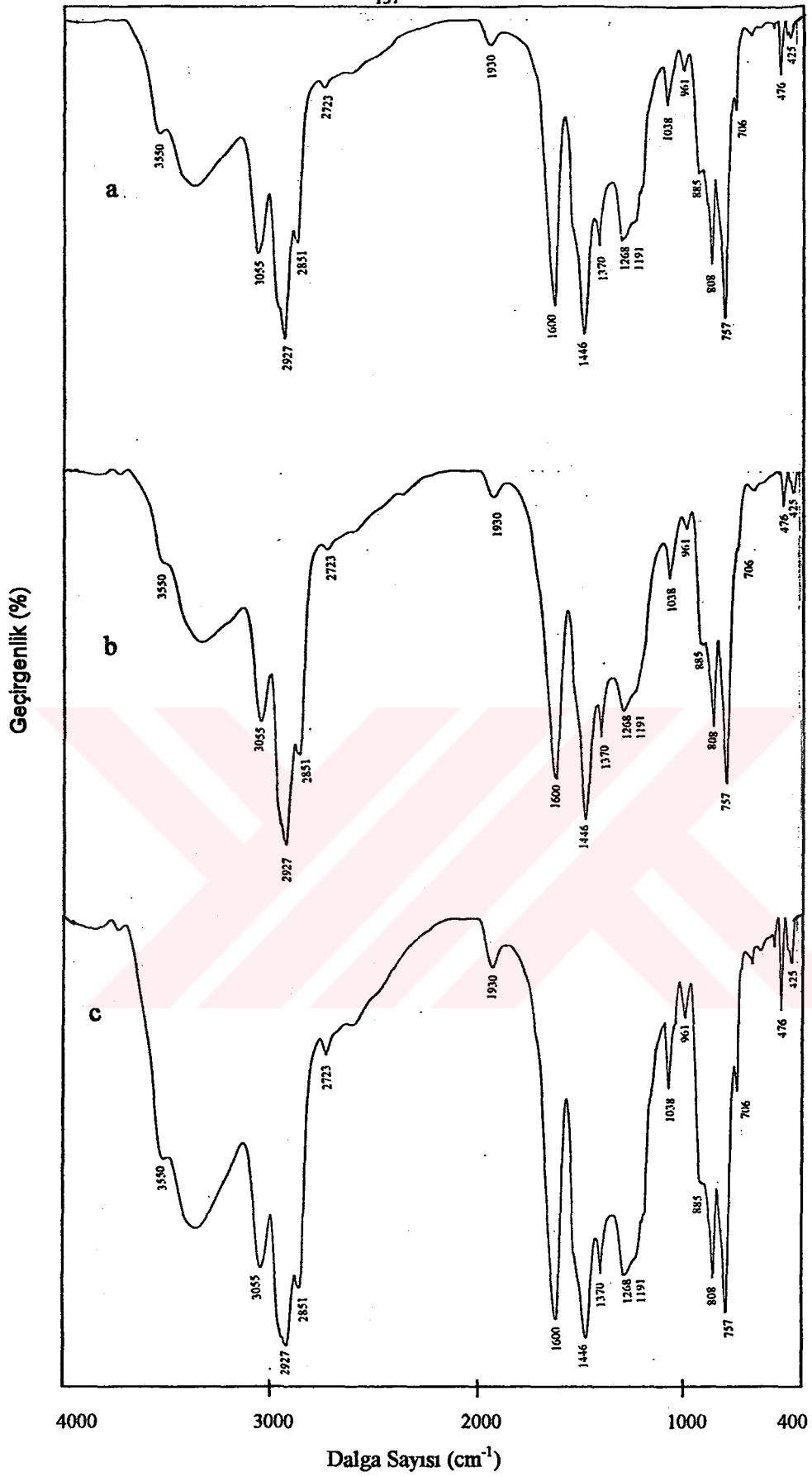
Şekil 6.50., 6.51., 6.52., 6.53., 6.54., 6.55., 6.56., 6.57. ve 6.58.' de katran örneklerinin FT-IR spektrumları verilmektedir.

Diğer örneklerin FT-IR spektrumlarından farklı olarak katran numuneleri daha yoğun bir biçimde aromatik ve alifatik (bilhassa aromatik) yapı içermektedir.

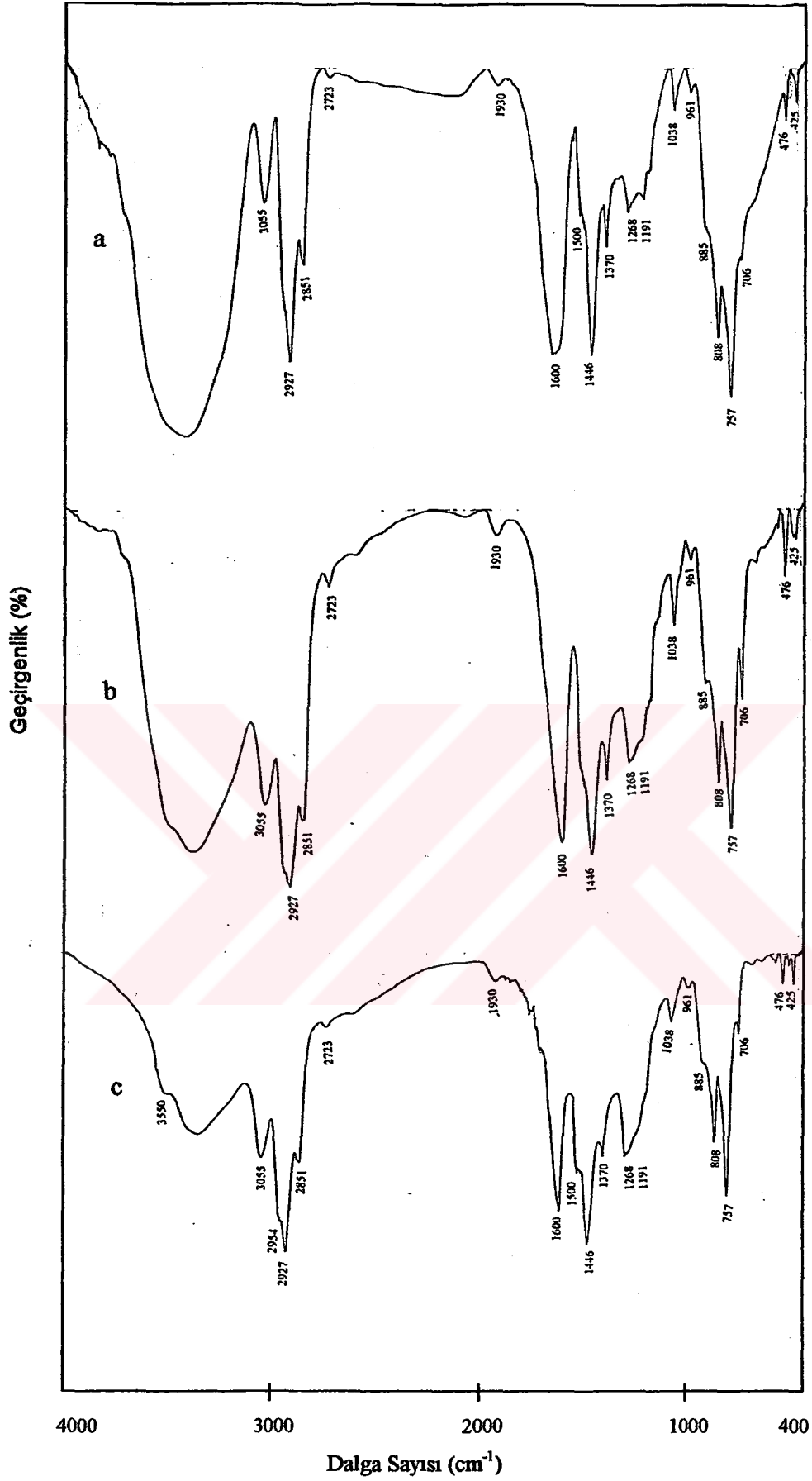
3370  $\text{cm}^{-1}$  de görülen geniş bant fenolik hidroksil gruplarını göstermektedir.

3055  $\text{cm}^{-1}$  de görülen ve aromatikliğin ifadesi olan pik, oldukça büyük görülmektedir. Armutçuk ile yapılan karışımlarda, Armutçuk oranının artması ile 3055  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunda görülen aromatiklikte azalma saptanmıştır. Amasra' ya ait katran ve Amasra ile yapılan karışımların katranlarında da bu pik diğerlerine göre daha düşük şiddetlidir.

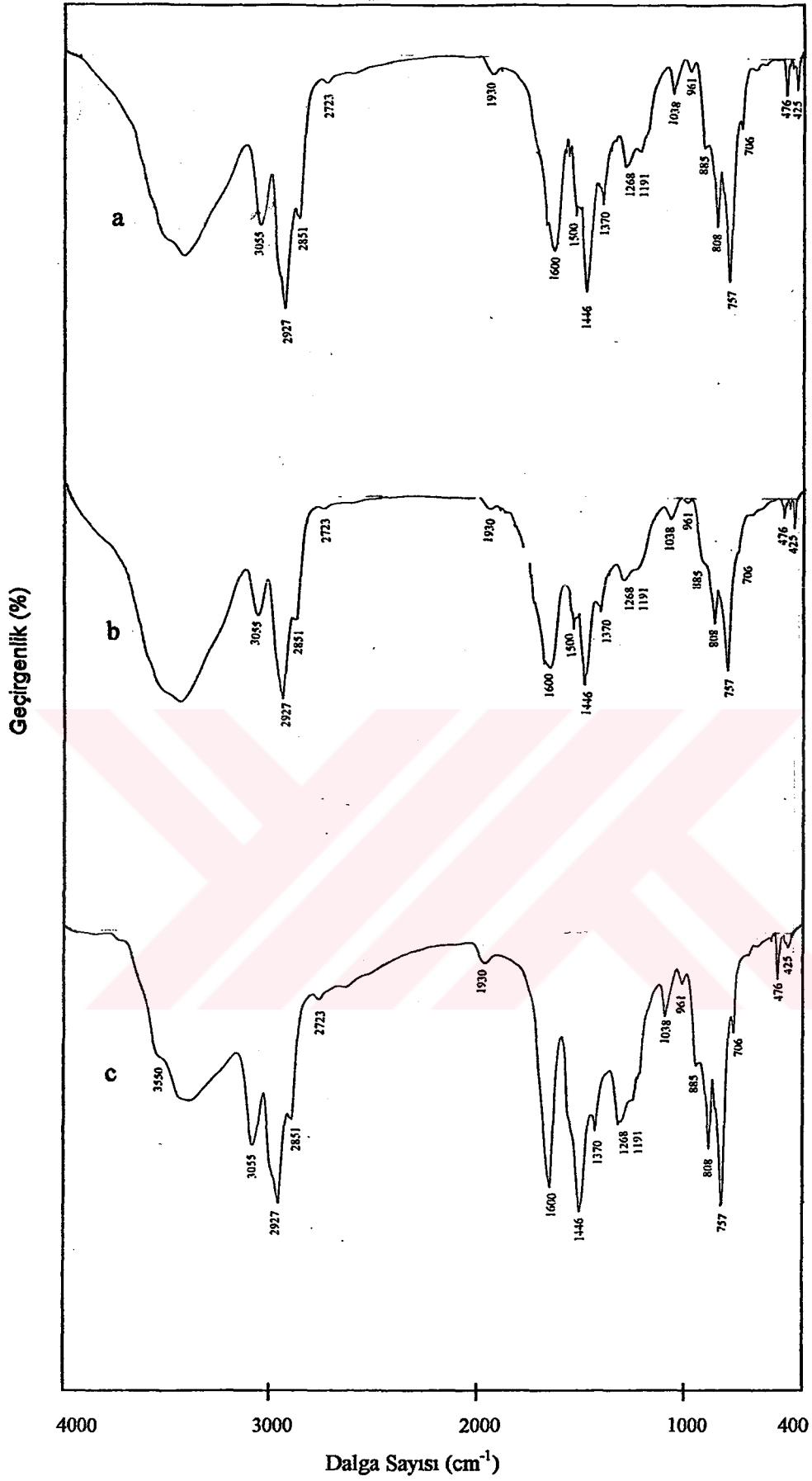
Alifatik yapıyı gösteren 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  aralığında bazı katranlarda üçlü olarak görülen pik bazılarında ikili olarak görülebilmektedir. 2954  $\text{cm}^{-1}$ , 2927  $\text{cm}^{-1}$  ve 2851  $\text{cm}^{-1}$ ' de görülen bu bant, sırası ile, asimetric metil, asimetric metilen ve simetric metilen gerilme titreşimlerini göstermektedir. Bu bant, damar numunelerinin katranlarında oldukça kuvvetli iken, karışımlarda azalma göstermektedir. Amasra ile yapılan karışımlarda 2954  $\text{cm}^{-1}$  piki de görülmeye başlamaktadır. 2851  $\text{cm}^{-1}$  pikinin,



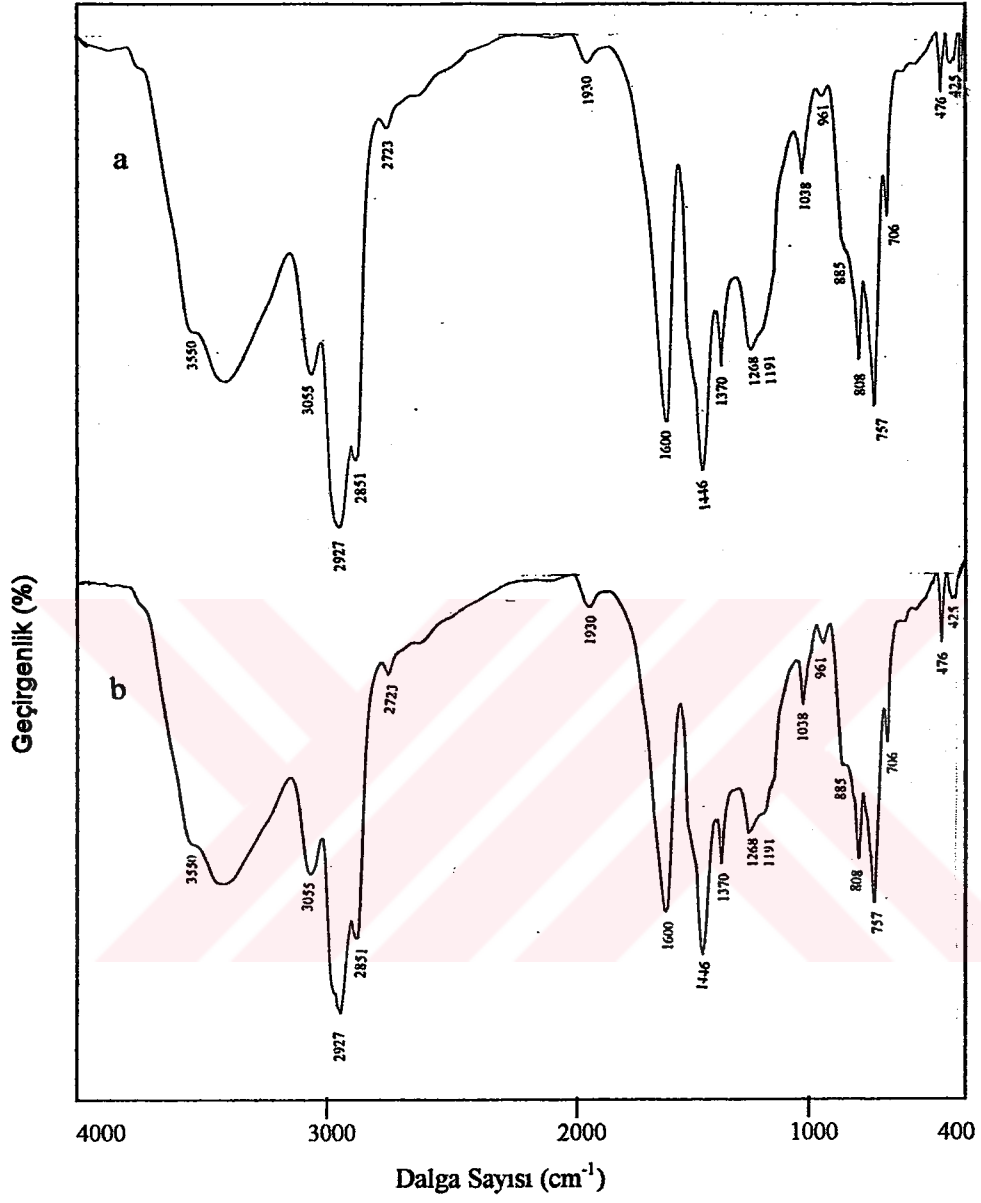
Şekil 6.50 Üzülmüş işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damar katranlarının FT-IR spektrumları



Şekil 6.51. Kozlu İşletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damar katranlarının FT-IR spektrumları

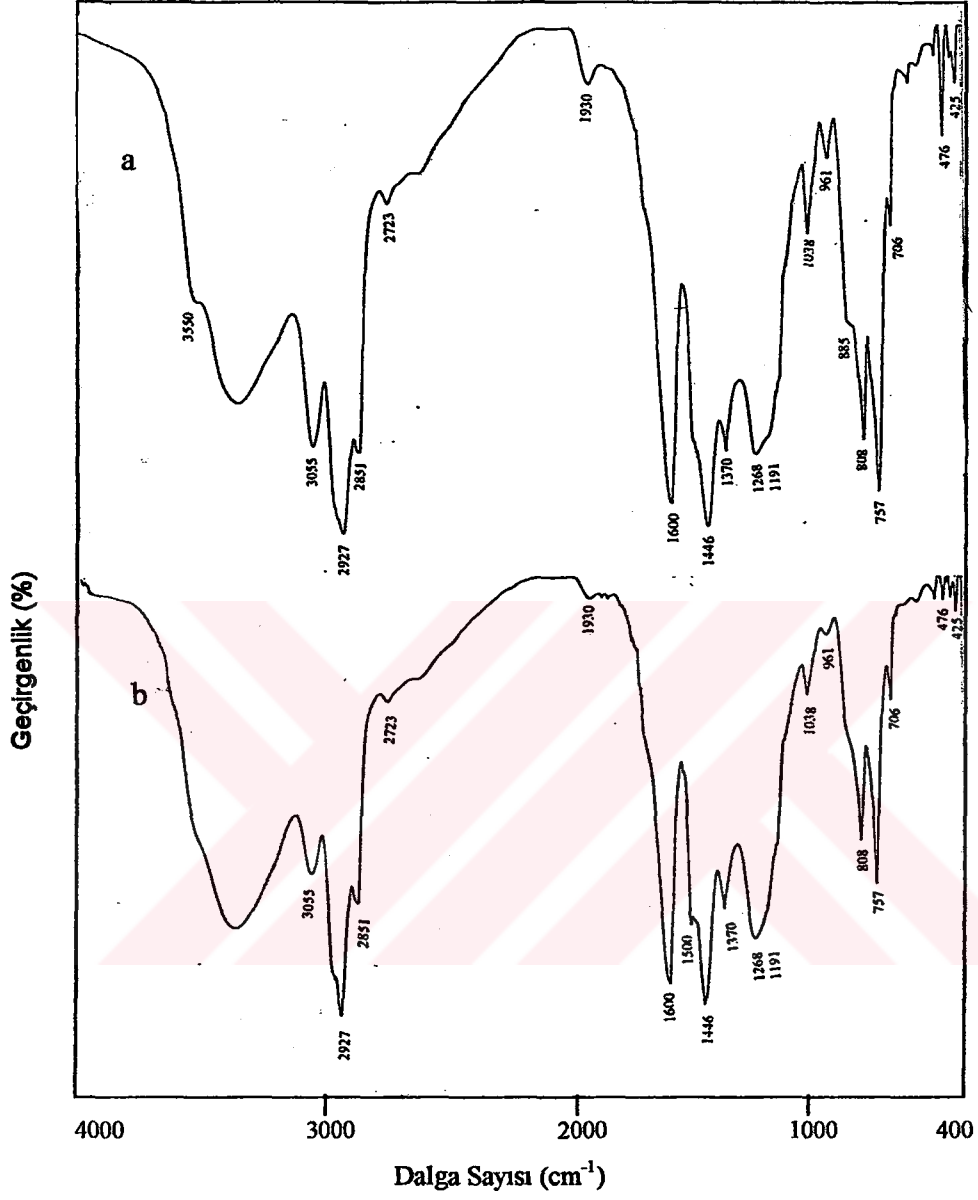


Şekil 6.52. Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damar katranlarının FT-IR spektrumları

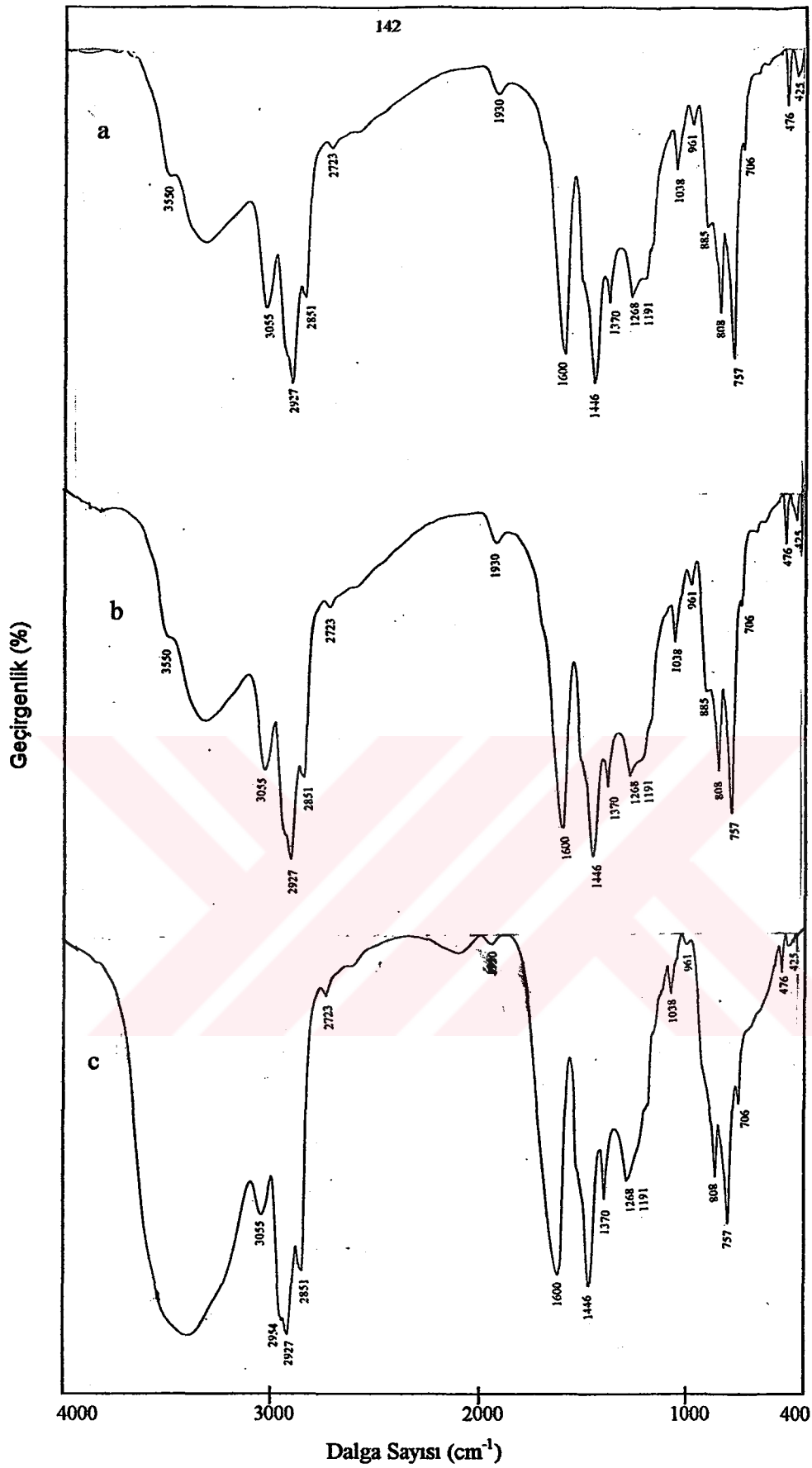


Şekil 6.53. Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) katranlarının FT-IR spektrumları

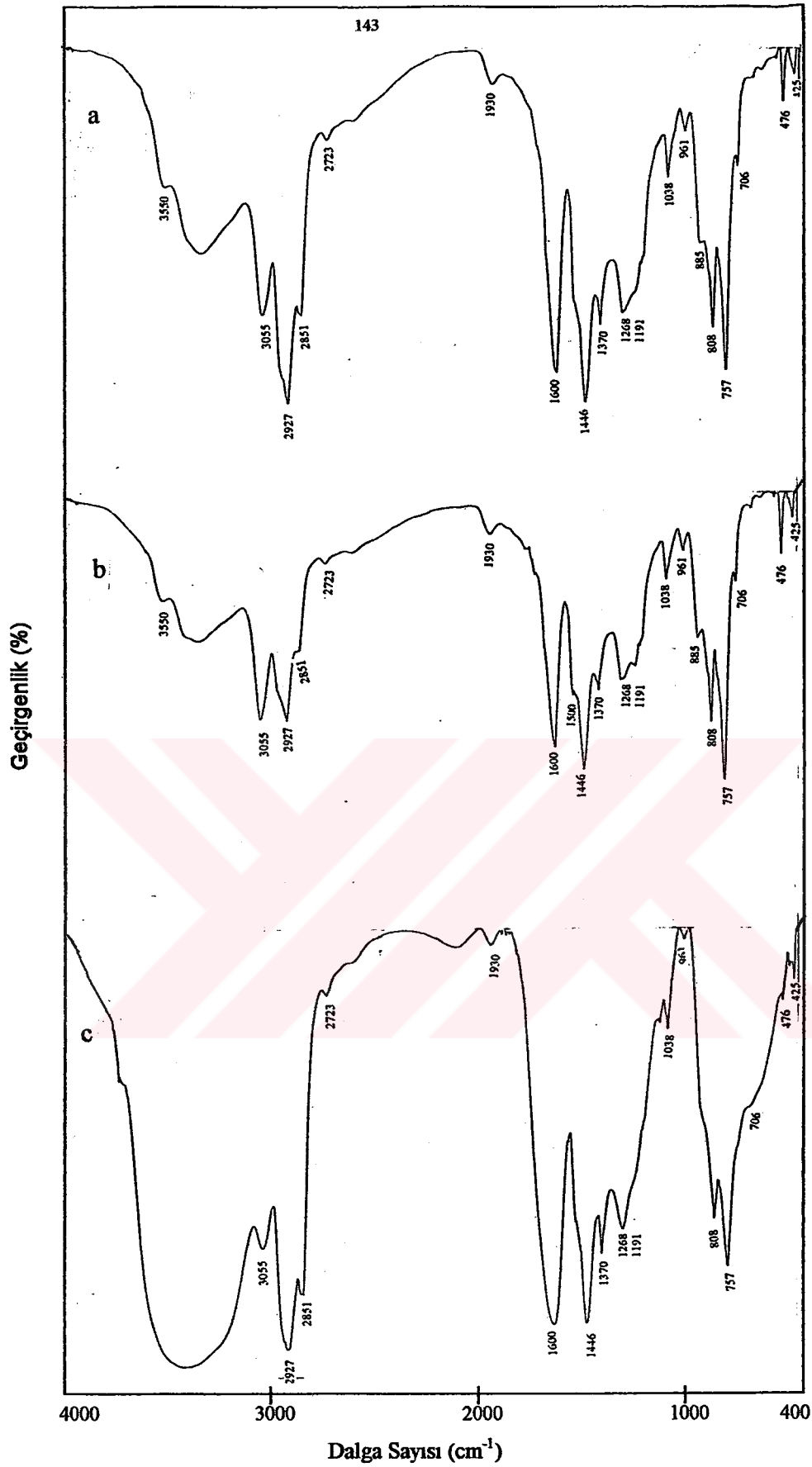




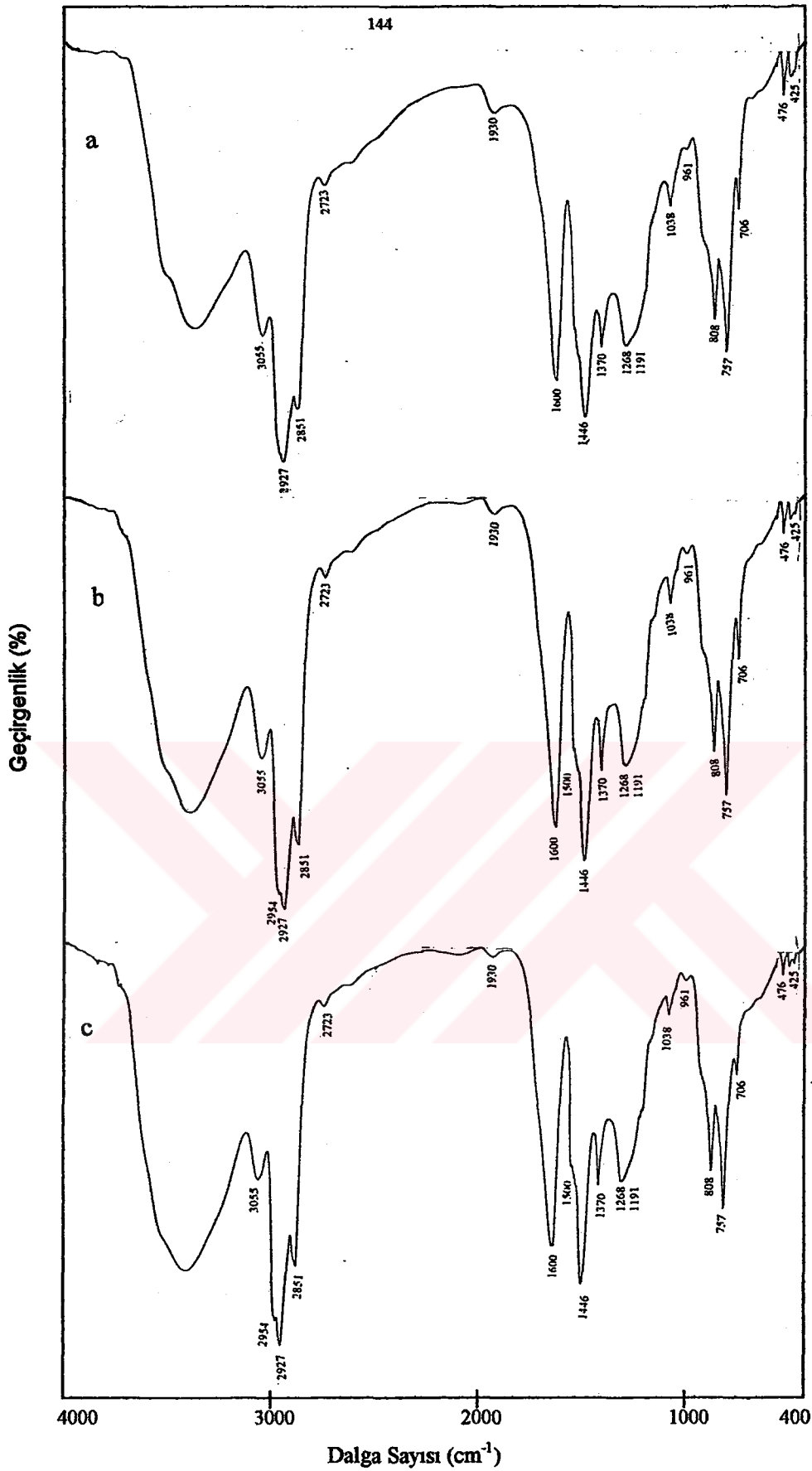
Şekil 6.54 Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı (b) damar katranlarının FT-IR spektrumları



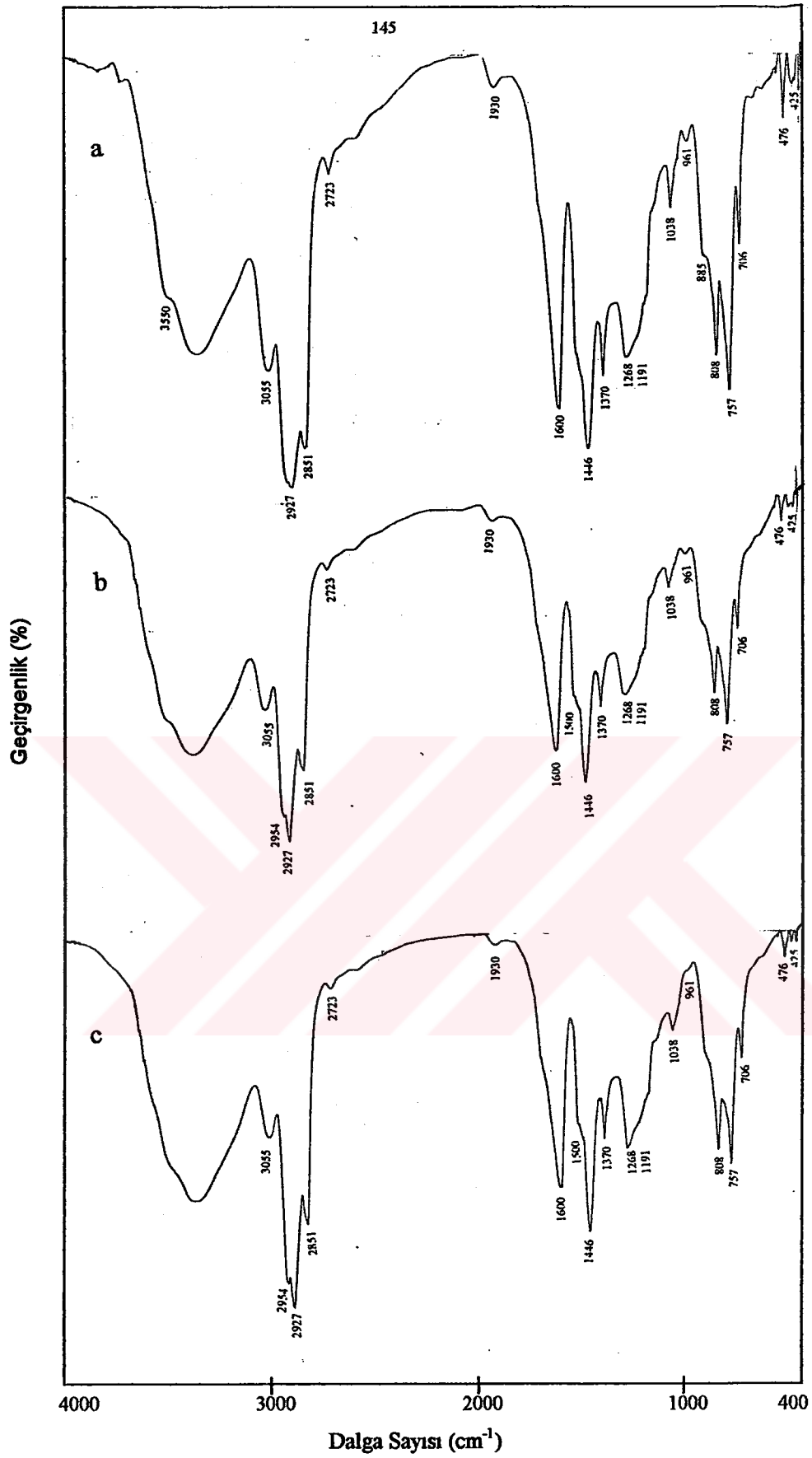
Şekil 6.55 Üzüm+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.56 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.57 Üzümmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları  
 (a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.58 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen katranların FT-IR spektrumları

(a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)

iki karışım türünde de çoğalması ile eterlerin asimetrik gerilme titreşimleri azalarak kaybolmaktadır.

1038  $\text{cm}^{-1}$  de görülen aromatik C-H düzlem içi eğilmesi de 1268-1191  $\text{cm}^{-1}$  bandında azalış göstermektedir.

900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki piklerin oldukça büyük olması, aromatik ve kondanse halka sistemlerindeki C-H miktarlarının fazlalığını ifade etmektedir. Her iki karışımında da karışım oranına bağlı olarak izole hidrojenli substitüe benzen halkasında (885  $\text{cm}^{-1}$ ) azalarak kaybolma görülmektedir. Aynı şekilde, iki komşu aromatik proton oranlarında da azalma saptanmıştır. 757  $\text{cm}^{-1}$ ' deki pikin diğerlerine göre büyük olması yapıda dört aromatik protonun yoğun olarak bulunduğunu kanıtlamaktadır.

#### 6.4.3 Çözücü ekstraksiyonu sonuçlarının incelenmesi

Kömürlerin yapılarının aydınlatılabilmesi için, bunlardan elde edilen sıvı ürünlerin çeşitli kimyasal yöntemlerle alt fraksiyonlarına ayrılması gereklidir. Bu yöntemlerden en çok kullanılan çözücü ekstraksiyonu' dur (Guin vd.,1979). Bu yöntem ile elde edilen ürünler, (a) Hekzanda çözünenler (yağlar), (b) Toluende çözünenler (asfaltanlar), (c) Tetrahidrofuranda çözünenler (preasfaltanlar) olarak adlandırılır. Bu ürünlerin kimyasal yapısının incelenmesi kısıtlı bilgi vereceğinden, kolon kromatografisi yöntemi ile yağ ürününün (a) Hekzanda çözünenler (alifatikler), (b) Tolunde çözünenler (nötral aromatikler), (c) Metanolde çözünenler (polar aromatikler) kesimlerine ayrılması sağlanmıştır.

Yüksek molekül ağırlığa sahip doymuş gruplar (alkanlar ve siklo alkanlar) aromatikler adı altında toplanır. Aromatik fraksiyonlar, fenoller, kinolinler ve karbazoller gibi, metil ve dimetil türevleri, tiofen ve furan substitüe aromatikler ile polisiklik aromatiklerden ibarettir. Polar fraksiyon, mono- ve dihidrik-fenoller, indanoller, kinolinler- karbazol benzo-türevleri ve aza pirenlerden ibarettir (Herod vd, 1981).

Çizelge 6.60, 6.61, 6.62, 6.63, 6.64, 6.65, 6.66 ve 6.67' de Üzülmez, Kozlu, Karadon, Armutçuk ve Amasra bölgesi ve bunların karışımlarının karbonizasyonu ile elde edilen katranlarının çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6.60 Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı

KATRAN	Y						
	Y	A	PA	R	HE	TE	ME
SULU	44.19	55.42	0.08	0.31	19.18	22.51	2.50
ÇAY	73.96	25.84	0.05	0.15	46.46	21.56	5.94
NASIFOĞLU	82.37	17.38	0.07	0.18	44.85	29.06	8.46

Çizelge 6.61 Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı

KATRAN	Y						
	Y	A	PA	R	HE	TE	ME
SULU	79.86	19.64	0.05	0.45	35.30	38.75	5.81
ÇAY	79.82	19.27	0.61	0.30	47.89	19.95	11.98
BÜYÜKKILIÇ	74.15	25.12	0.09	0.64	54.44	13.36	6.35

**Çizelge 6.62.** Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damar kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı

KATRAN	Y						
	Y	A	PA	R	HE	TE	ME
SULU	74.26	24.44	0.58	0.72	51.79	9.35	13.12
ÇAY	78.30	21.16	0.44	0.10	35.18	28.25	14.87
AKDAĞ	78.79	20.73	0.05	0.43	40.69	19.05	19.05

**Çizelge 6.63.** Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar kömürlerinin karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı

KATRAN	Y						
	Y	A	PA	R	HE	TE	ME
BÜYÜK	83.67	15.96	0.15	0.22	50.79	26.31	6.57
ÇINARLI	82.22	16.96	0.28	0.54	37.38	26.81	17.58



**Çizelge 6.64. Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı**

KATRAN	Y						
	Y	A	PA	R	HE	TE	ME
ÜZ + KZ	92.59	7.22	0.14	0.05	44.84	38.72	9.03
%20 ABD %80 ÜZ + KZ	81.28	18.41	0.09	0.22	47.07	27.27	6.94
%30 ABD %70 ÜZ + KZ	79.42	20.19	0.16	0.23	35.95	32.47	11.00
%40 ABD %60 ÜZ + KZ	79.50	20.16	0.17	0.17	42.50	30.97	6.03

**Çizelge 6.65. Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı**

KATRAN	Y						
	Y	A	PA	R	HE	TE	ME
KR-KR	80.42	18.94	0.30	0.34	46.70	25.98	7.73
%20 ABD %80 KR-KR	72.25	26.61	0.23	0.91	46.80	18.64	6.81
%30 ABD %70 KR-KR	66.19	32.64	0.17	1.00	46.44	12.28	7.47
%40 ABD %60 KR-KR	71.91	27.49	0.36	0.24	38.16	28.13	5.62

**Çizelge 6.66. Üzülmez+Kozlu karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı**

KATRAN	Y	A	PA	R	Y		
					HE	TE	ME
ÜZ + KZ	92.59	7.22	0.14	0.05	44.84	38.72	9.03
%20 AÇD %80 ÜZ + KZ	85.76	13.20	0.49	0.55	26.77	52.90	6.09
%30 AÇD %70 ÜZ + KZ	76.59	22.81	0.30	0.30	22.95	48.30	5.34
%40 AÇD %60 ÜZ + KZ	89.99	9.69	0.12	0.20	22.18	52.94	14.87

**Çizelge 6.67 Karadon karışım ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen katranların çözücü ekstraksiyonu ve kolon kromatografisi sonuçlarının ağırlık yüzdeleri dağılımı**

KATRAN	Y	A	PA	R	Y		
					HE	TE	ME
KR-KR	80.42	18.94	0.30	0.34	46.70	25.98	7.73
%20 AÇD %80 KR-KR	82.66	16.86	0.28	0.20	38.03	33.94	10.69
%30 AÇD %70 KR-KR	83.73	15.74	0.14	0.39	43.43	32.31	7.99
%40 AÇD %60 KR-KR	85.00	14.46	0.19	0.35	52.08	28.62	4.30

Ekstraksiyonu sonucu, katranların %7.22 ile %32.64 arasındaki kısmını asfaltlenler, %0.05-0.49' luk kısmını preasfaltlenler, %0.05 ile %1.00' lik bölümünü de atıklar ihtiva etmektedir. Geri kalan %19.18-%54.44 kadarını alifatikler, %13.36 ile %52.94 aralığındaki kısmını aromatik hidrokarbonlar, %2.50 ile %19.05' lik kısmını da polar bileşikler oluşturmaktadır.

Çizelge 6.61 ve 6.62' de görüldüğü gibi, en yüksek vitrinit içeriğine sahip olan Üzülmöz işletmesi Nasıfoğlu taşkömürünün yağ verimi %82.37 değerinde ve oldukça yüksektir. Çizelge 6.63' e bakarsak, %58' lik vitrinit oranına sahip olan Karadon işletmesi Sulu taşkömürünün yağ verimi diğer Karadon numunelerinin yağ verimine göre düşüktür.

Karışımların vitrinit miktarı ile yağ verimi arasında doğrusal bir ilişki bulunamamıştır.

Asfaltlen verimi ile vitrinit miktarı arasında ilişkiye bakacak olursak, hem ÜZ+KZ hem de KD-KR karışımlarının ABD ile yapılan karışımlarında asfaltlen miktarları, %20 ve %30 ABD oranına kadar vitrinit artışı ile artmakta, %40' luk karışımda düşüş gözlenmektedir. AÇD+(ÜZ+KZ) için bir ilişki bulunamazken, AÇD+(KR-KR) için AÇD ve vitrinit oranının çoğalması ile asfaltlen verimi azalmaktadır. Aynı şekilde lptinit oranı ile kıyaslandığında, %30' luk karışımda dönüm noktası ile karşılaşmaktadır.

Kömürün karbon içeriğinin azalması ile ABD+(ÜZ+KZ)' de ABD oranının artması ile yağ verimi azalırken, buna bağlı olarak asfaltlen verimi artmaktadır. ABD+(KR-KR) ve AÇD ile yapılan karışımlarda %30' luk ABD ve AÇD karışımlarında dönüm noktası meydana gelmektedir. %30' luk orandan sonra azalma veya artma saptanmıştır.

#### 6.4.3.1. Asfalten fraksiyonlarının FT-IR spektrumlarının incelenmesi

Şekil 6.59., 6.60., 6.61., 6.62., 6.63., 6.64., 6.65., 6.66. ve 6.67.' de katranların çözücü ekstraksiyonu sonucu elde edilen ürünlerinden asfaltelerin FT-IR spektrumları verilmektedir.

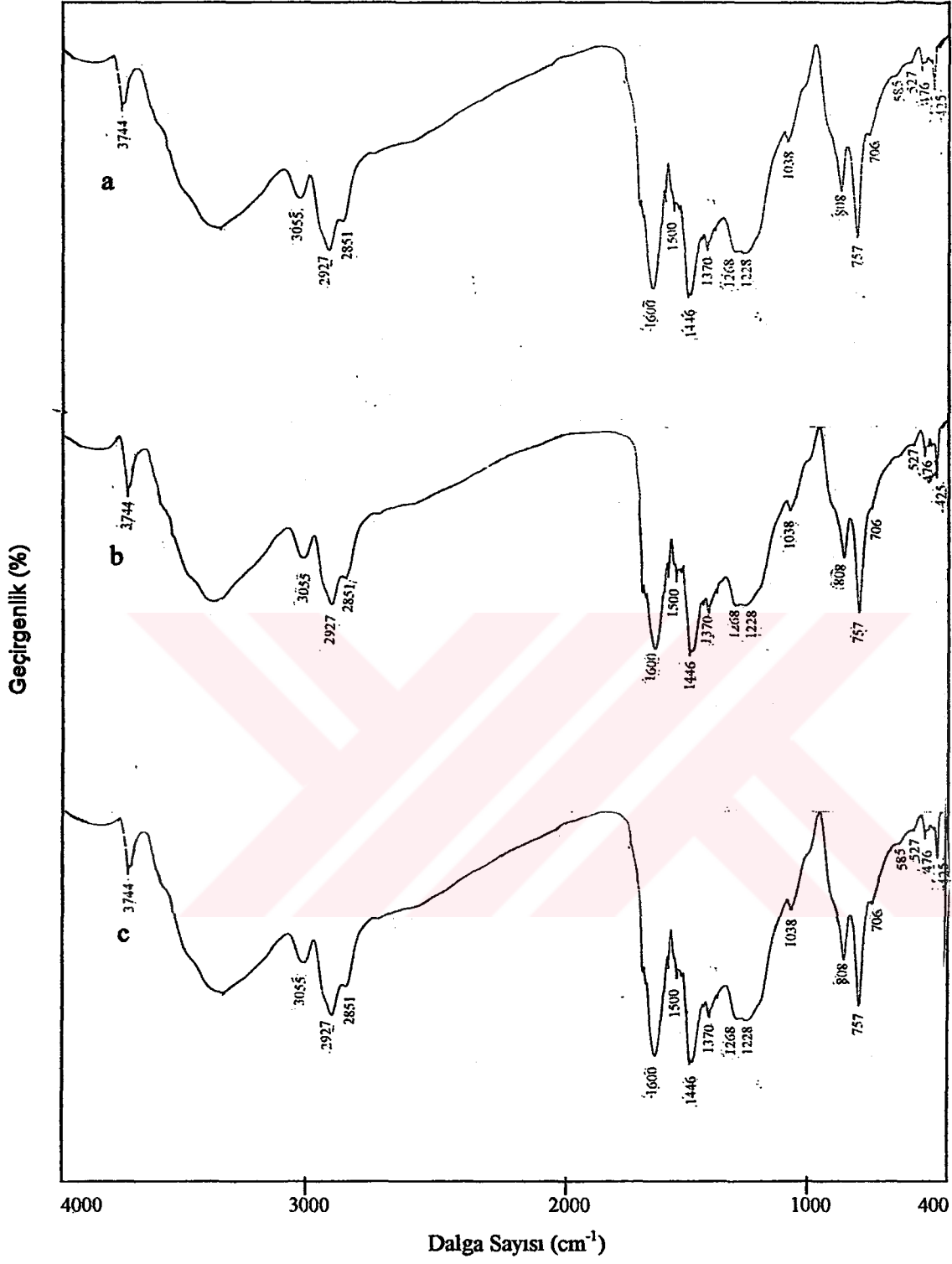
3800-3100  $\text{cm}^{-1}$  aralığndaki yayvan pik, yapıda mineral yapı ve -OH gruplarının bulunduğunu göstermektedir.

3055  $\text{cm}^{-1}$ ' de aromatik C-H gerilme titreşimlerini ifade eden pik Üzülmöz, Kozlu ve Karadon asfalteleri için şiddetli iken, ÜZ+KZ ve KR-KR karışımlarında ve Armutçuk, Amasra' da şiddeti azalmaktadır. Karışım asfaltelerinde ise bu pik, özellikle ÜZ+KZ' nun Amasra ile karışımındaki asfalten ürünlerinde küçüktür.

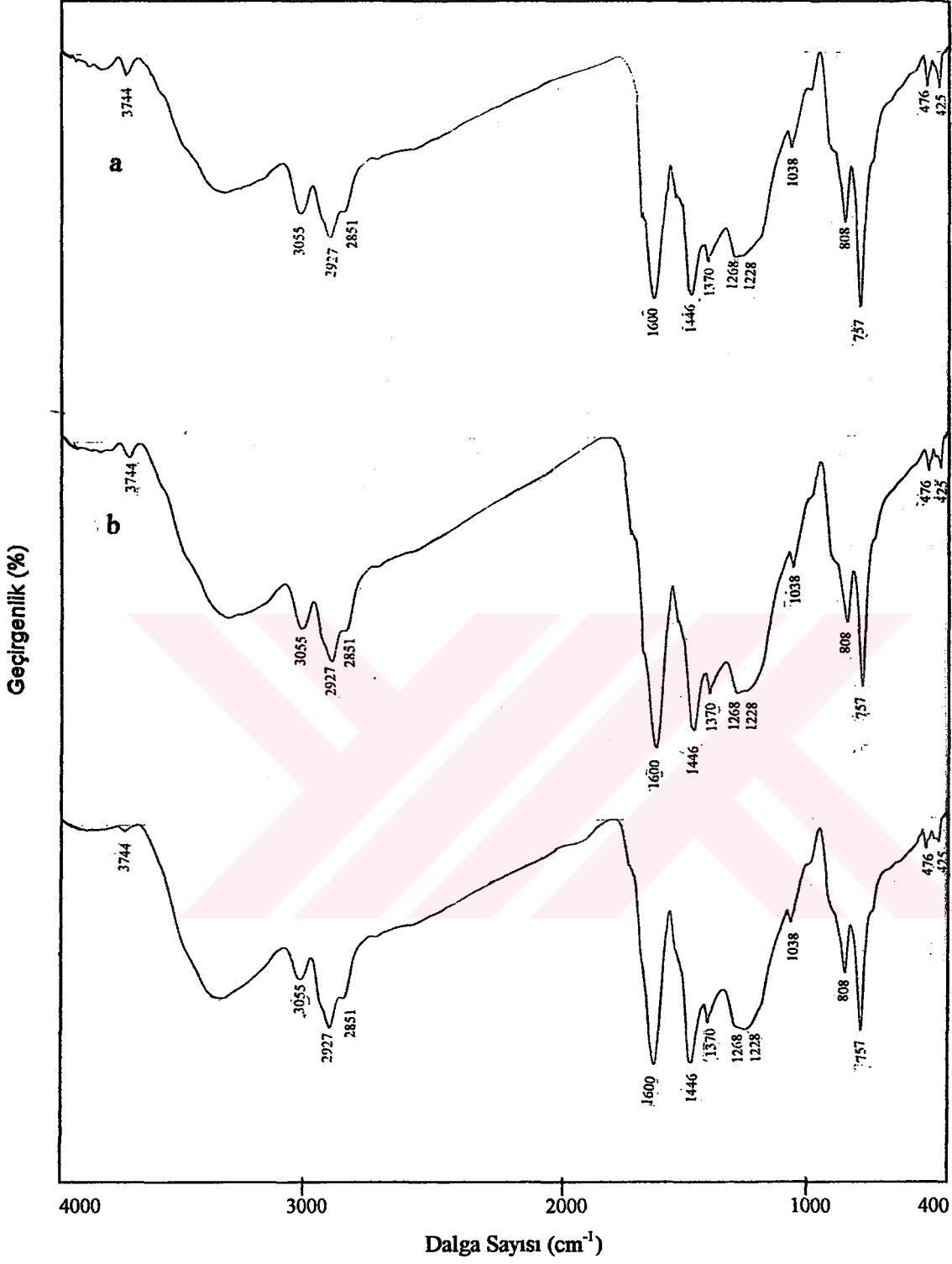
Alifatik yapıyı gösteren 2927  $\text{cm}^{-1}$  ve 2851  $\text{cm}^{-1}$ ' de görülen pikler asimetric ve simetric metilen gerilme titreşimlerini ifade etmektedir. Asimetric metilen piki Üzülmöz, Kozlu ve Karadon için şiddetli görülürken, bunların karışımlarında (ÜZ+KZ ve KR-KR) şiddeti azalmakta; Armutçuk ve bilhassa Amasra' da bu pikler diğerlerinden daha büyük ve sivridir. Amasraya ait asfalten örneğinde küçük ve asimetric metilen ile tepe oluşturan asimetric metil bandı da ortaya çıkmaktadır. Karışımlarda ise Armutçuk ve Amasra' nın oranı arttıkça hem ÜZ+KZ hem de KR-KR' de alifatik yapı artış göstermektedir.

Kozlu asfaltelerininin aromatik C=C, C=O ve siklo olefin bandını ifade eden 1600  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik Üzülmöz ve Karadon asfaltelerininin piklerinden daha şiddetlidir. ÜZ+KZ ve KR-KR karışımlarında ise bu piklerin küçüldüğü saptanmıştır. KR-KR' nin Armutçuk ve Amasra ile karışım asfaltelerininin 1600  $\text{cm}^{-1}$  piki ÜZ+KZ' nin Armutçuk ve Amasra karışımlarında görülen piklerinden daha küçüktür.

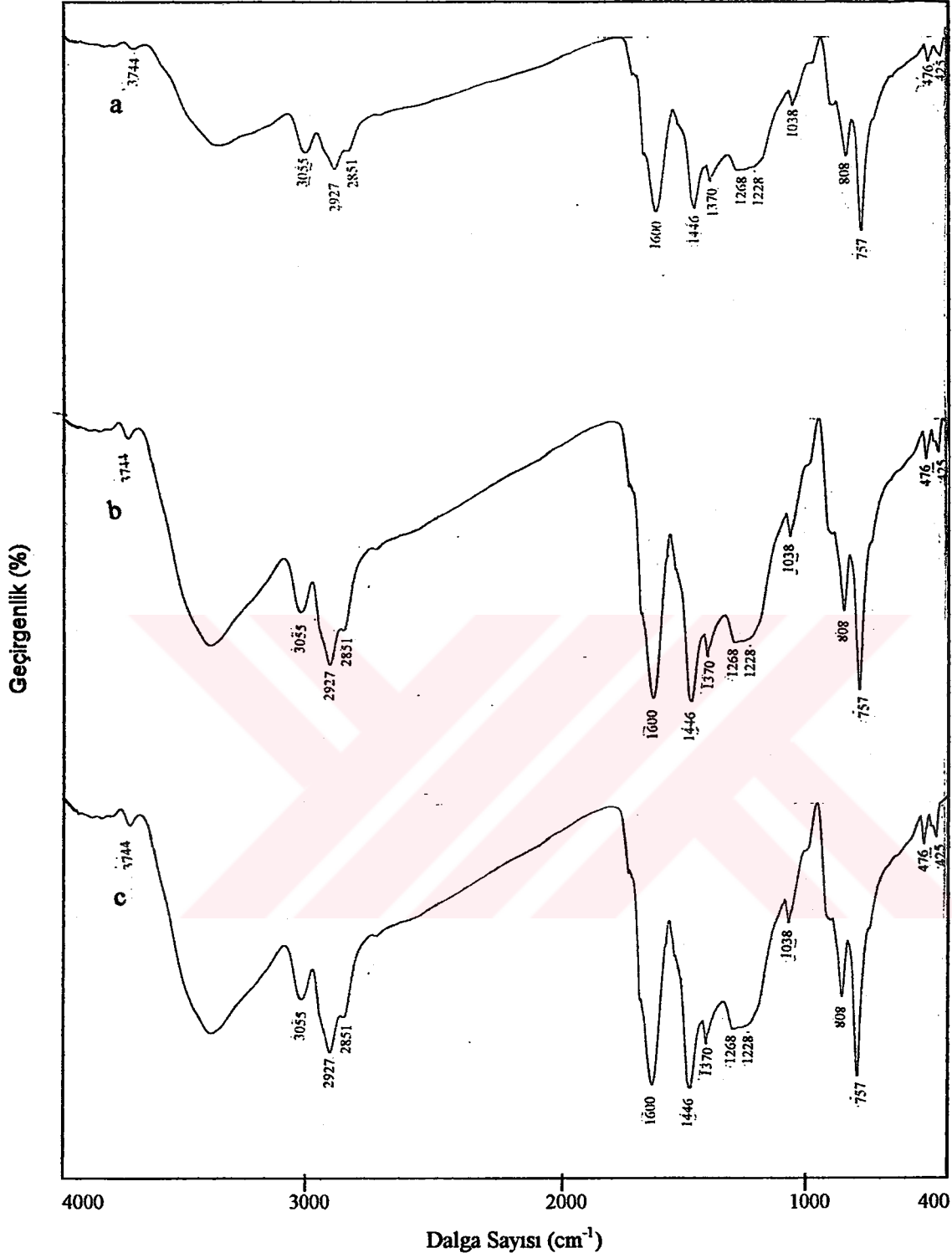
1500  $\text{cm}^{-1}$  ve 1446  $\text{cm}^{-1}$ ' deki aromatik yapıyı ifade eden pikler, özellikle 1446  $\text{cm}^{-1}$  piki daha şiddetli, asfalten ürünlerinde de mevcuttur. 1500  $\text{cm}^{-1}$  piki küçük ve sivri olarak karışıma çıkmaktadır.



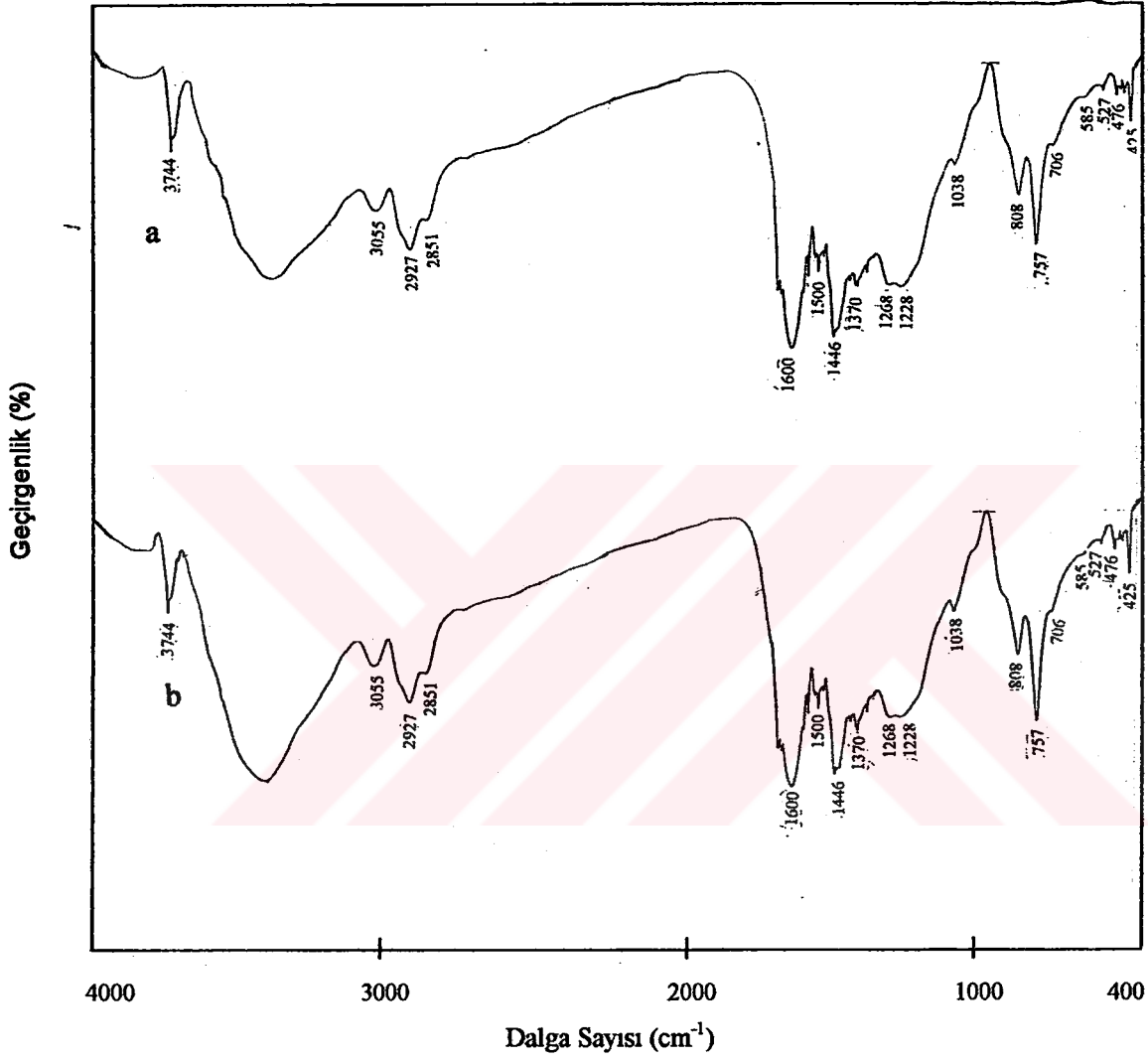
Şekil 6.59 Üzülmaz İşletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damar asfaltlerinin FT-IR spektrumları



Şekil 6.60 Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damar asfaltlenlerinin FT-IR spektrumları

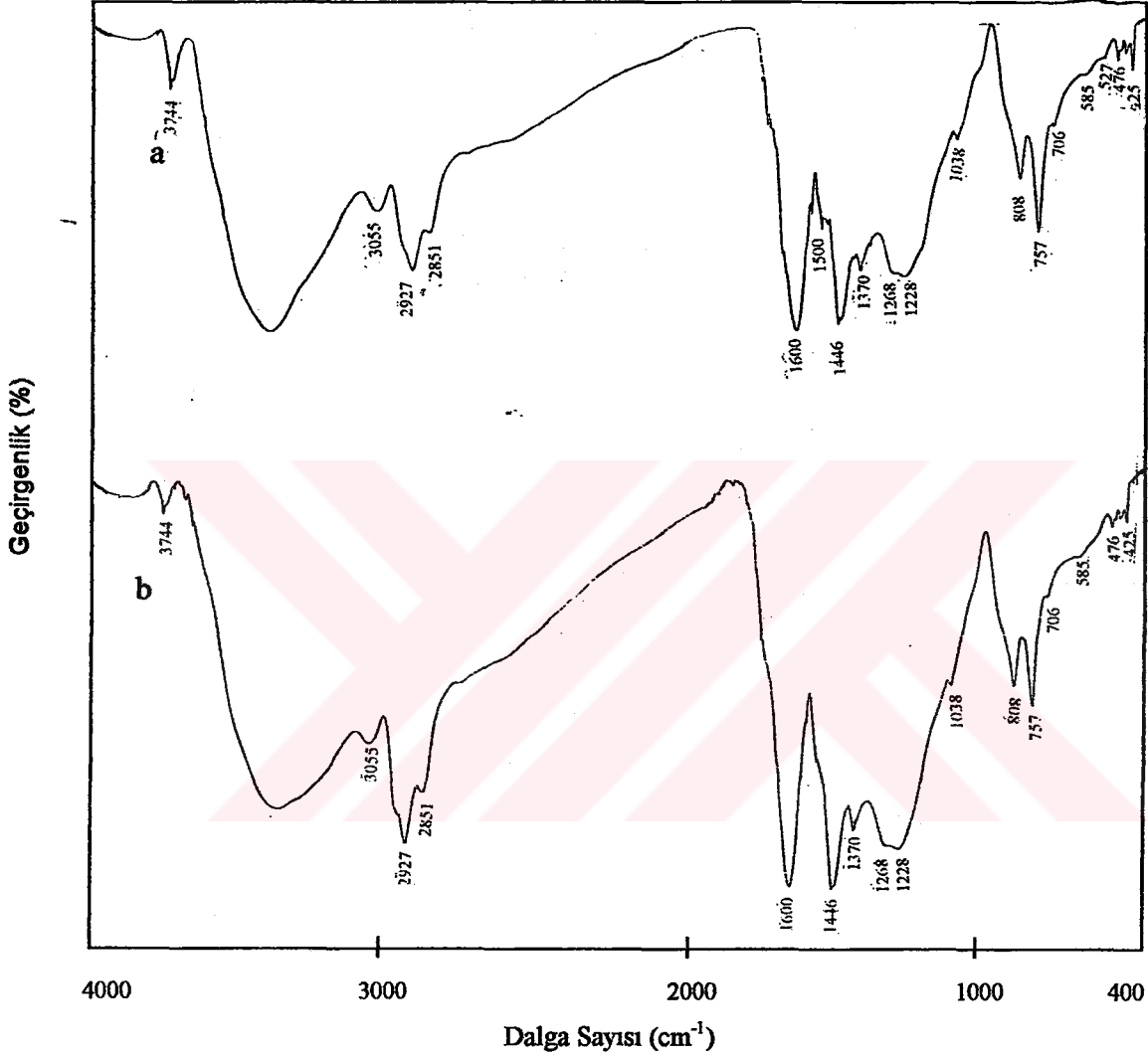


Şekil 6.61 Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damar asfaltlerinin FT-IR spektrumları

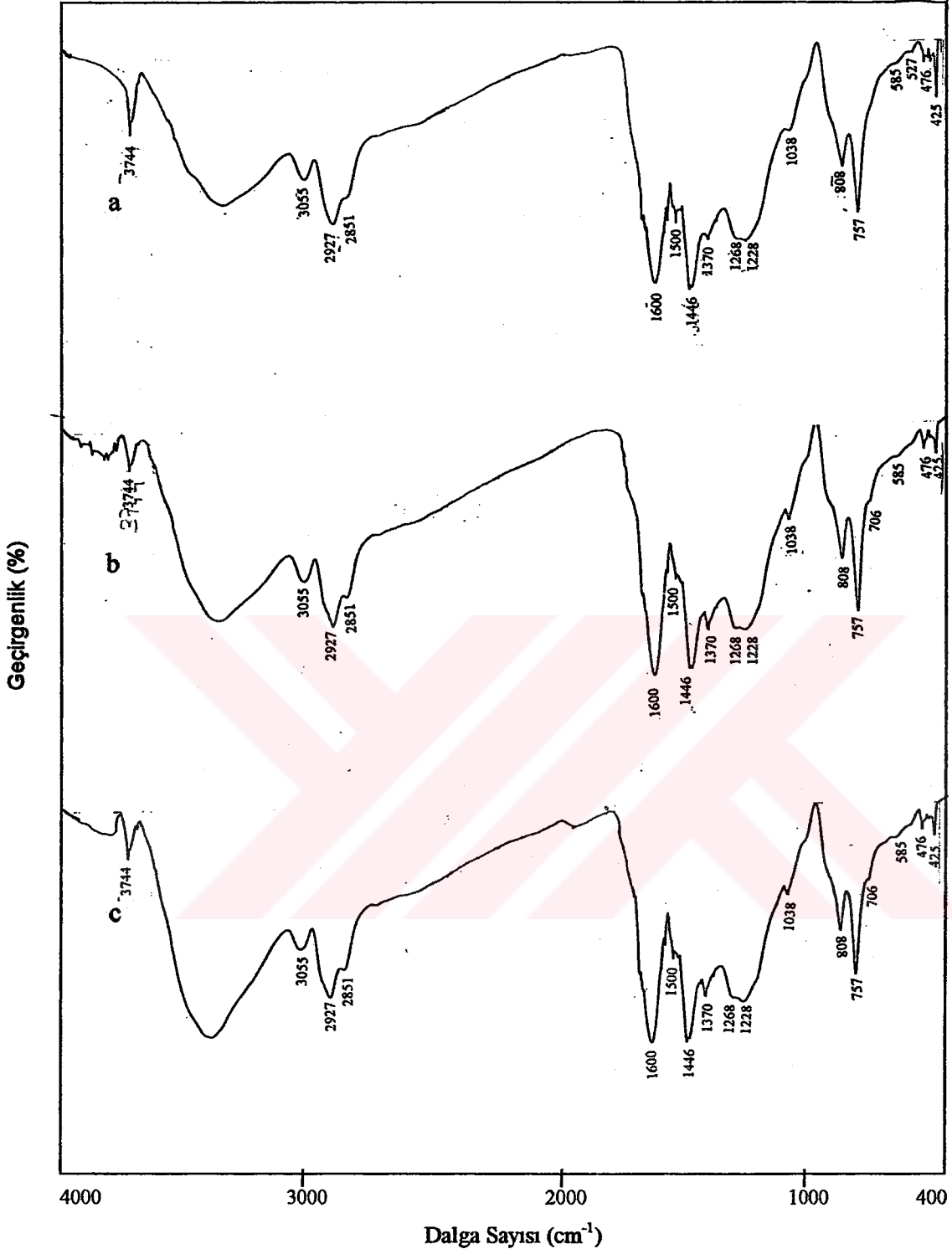


Şekil 6.62 Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) asfaltlerinin FT-IR spektrumları

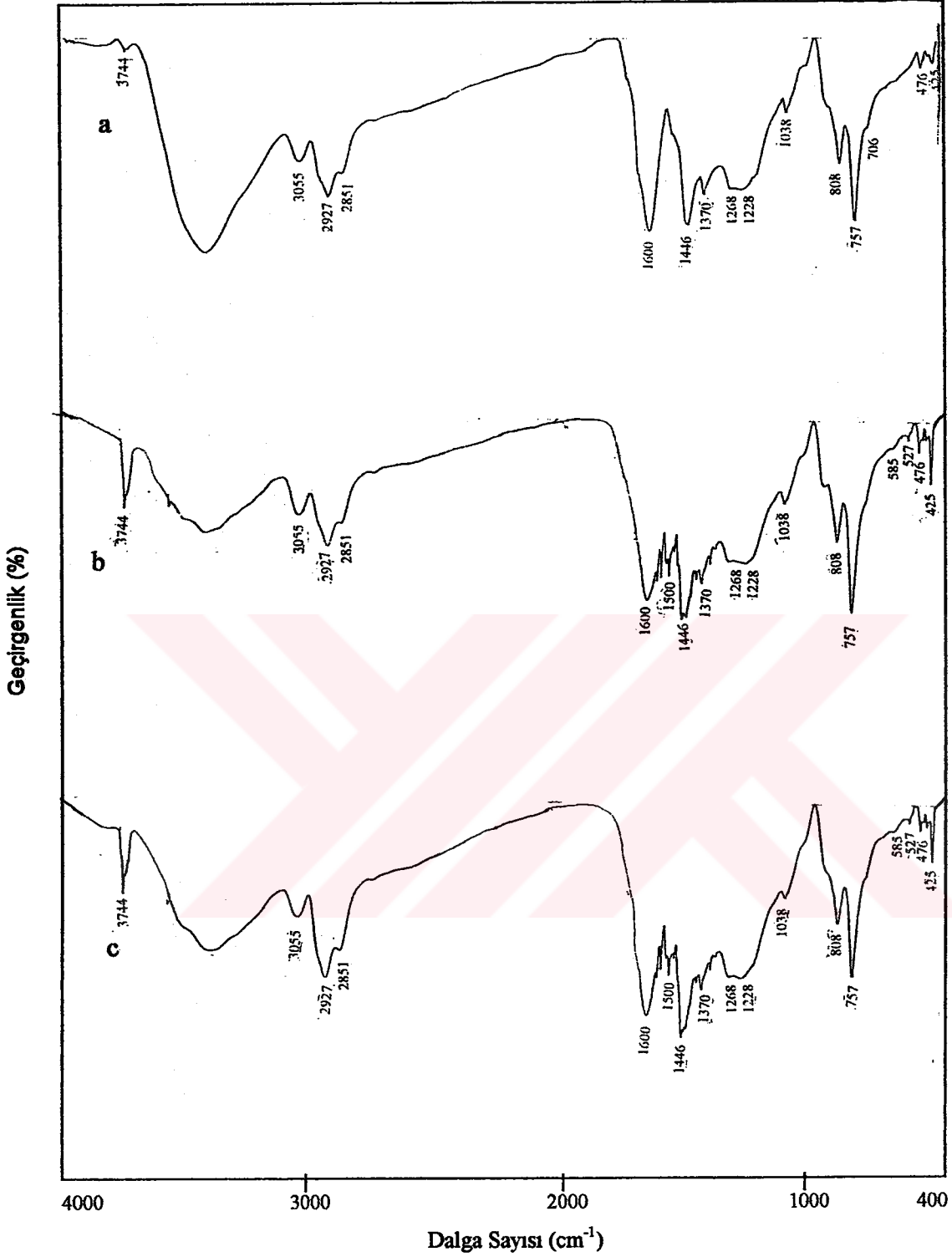




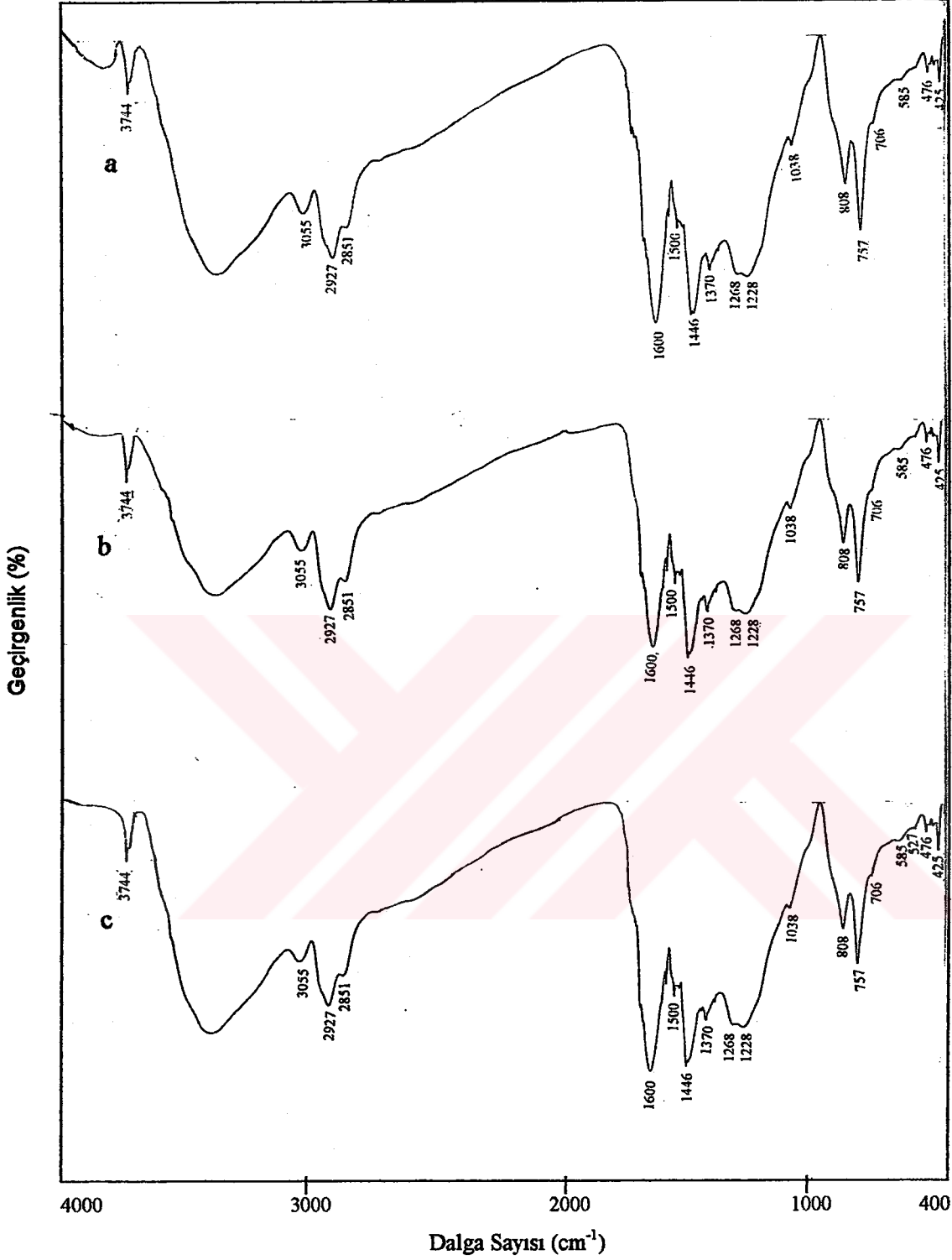
Şekil 6.63 Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı (b) damar asfaltlarının FT-IR spektrumları



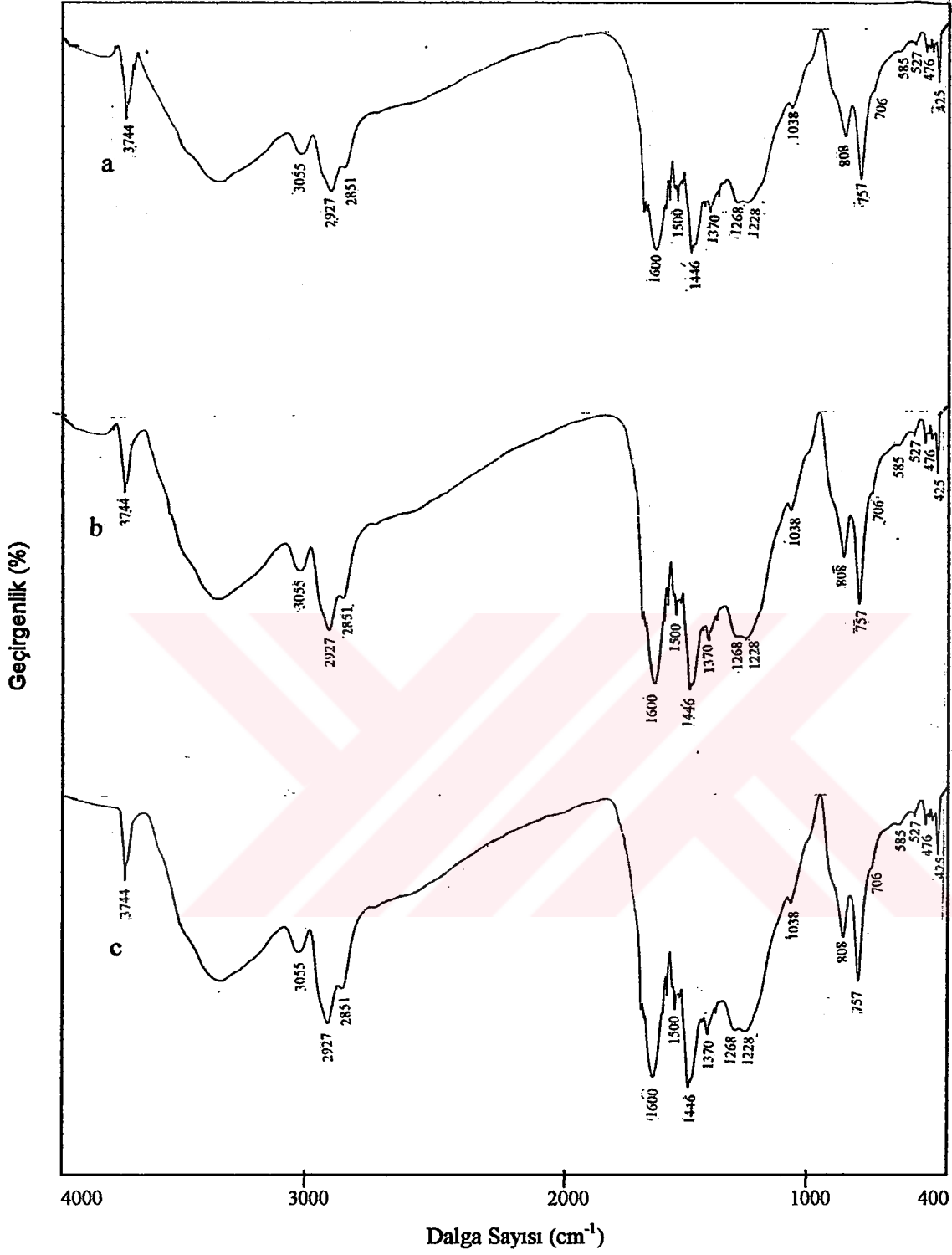
Şekil 6.64. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen asfaltların FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)



**Şekil 6.65.** Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen asfaltların FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.66 Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen asfaltların FT-IR spektrumları  
 (a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Karbonil grubu ( $1370 \text{ cm}^{-1}$ ) Üzümez, Kozlu, Karadon, Armutçuk ve Amasra asfaltlenlerinde şiddeti az iken, bunların karışımlarında (ÜZ+KZ ve KR-KR) daha da küçülmektedir. ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarında, Armutçuk oranı arttıkça karbonil grubuda artış göstermektedir.

Asfaltlen ürünlerinin tamamında geniş ve iki tepeli görülen  $1268-1228 \text{ cm}^{-1}$  piki asfaltlenlerde hem aromatik eterlerin hem de fenollerin varlığını kanıtlamaktadır.

$1038 \text{ cm}^{-1}$  piki aromatik C-H düzlem içi eğilmesini (özellikle mono substitüe benzen için) ifade etmektedir. Bu pik, Karadon asfaltlenlerinde daha sivri iken, Üzümez ve Kozlu asfaltlenlerinde bu sivrilik kaybolmakta, ÜZ+KZ ve KR-KR' de gittikçe küçülmekte, Armutçuk ve Amasra' da da görülmemeye başlamıştır. Armutçuk ile yapılan karışımlarda pik şiddeti artarken, Amasra ile daha düşük şiddette karışıma çıkmaktadır, hatta kaybolmaktadır.

$900-700 \text{ cm}^{-1}$  aralığı da aromatik bölgeyi ifade etmektedir. Bu bölge, damar asfaltlenleri için karışım asfaltlenlerine göre daha uzun ve sivridir. Aril halkalarda bulunan dört komşu aromatik protonlar, iki komşu aromatik protonlara göre daha yoğun olarak bulunmaktadır. Beş komşu aromatik protonlar ise damarlarda az iken, karışımlarda bulunmamaktadır.

#### **6.4.3.2.Yağ fraksiyonu eluatlarının elementel analiz, FT-IR ve $^1\text{H-n.m.r.}$ spektroskopisi sonuçlarının değerlendirilmesi**

Yağ fraksiyonunun kolon kromatografisinde hekzan, toluen ve metanol ile elde edilen ve sırası ile alifatikler, nötral aromatik ve polar aromatikler olarak isimlendirilen eluatların yapıları FT-IR ve  $^1\text{H-n.m.r.}$  spektroskopileri ile incelenmiştir.

Infrared spektroskopisi ile fonksiyonel grupların varlığını tanımlanmaya (Clarence, 1978; Bartle, 1972),  $^1\text{H-nmr}$  spektroskopisi ile alifatik ve aromatik hidrojen dağılımı

yanında moleküldeki hidrojen atomlarının yerini ve birbiri ile olan komşuluk durumları üzerine yorum yapılmıştır (Herod vd., 1981).

$^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları aromatik ve alifatik hidrojen rezonansları olmak üzere iki ana bölgeye ayrılmaktadır. Aromatik hidrojen rezonansları 6.0-9.0 ppm kimyasal kayma aralığında, alifatik hidrojen rezonansları 0.5-5.0 ppm aralığında toplanmaktadır. Alifatik hidrojen rezonansları da kendi arasında dört bölgeye ayrılmaktadır (Bartle vd., 1975; Hasan vd., 1983). 0.5-1.0 ppm aralığında ( $\text{H}_\gamma$ )  $\gamma$ - $\text{CH}_3$  ve daha ötedeki  $\text{CH}_3$  protonları; 1.0-1.9 ppm ( $\text{H}_\beta$ ) aralığında hiç bir aromatik halkaya komşu olmayan metilen ve metin gruplarının protonları ile  $\beta$ - $\text{CH}_3$  üzerindeki protonları; 1.9-3.4 ppm ( $\text{H}_\alpha$ ) aralığında aromatik halkaya komşu olan metilen, metin ve metil protonları; 3.4-5.0 ppm ( $\text{H}_{\alpha,2}$ ) aralığında ise iki aromatik halkaya komşu olan metilen protonları rezonansa gelmektedir. Aynı zamanda  $\text{H}_\beta$  naftenik halka rezonanslarını da ifade etmektedir. 1.25 ppm' de aromatik halkalara bağlı uzun alkil zincirlerindeki metilen hidrojenleri keskin bir pik vermektedir (Dickinson, 1980).

Çizelge 6.68.  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektroskopisinin tanımlanması

HİDROJEN TİPİ	SEMBOL	KİMYASAL KAYMA (ppm)
Aromatik protonlar	$\text{H}_{\text{ar}}$	6.0 - 9.0
İki aromatik halkaya komşu olan metilen protonları	$\text{H}_{\alpha,2}$	3.4 - 5.0
Aromatik halkaya komşu olan metilen, metin ve metil protonları	$\text{H}_\alpha$	1.9 - 3.4
Hiç bir aromatik halkaya komşu olmayan metilen ve metin gruplarının protonları ile $\beta$ - $\text{CH}_3$ üzerindeki protonlar	$\text{H}_\beta$	1.0 - 1.9
$\gamma$ - $\text{CH}_3$ ve daha ötedeki $\text{CH}_3$ protonları	$\text{H}_\gamma$	0.5 - 1.0

### 6.4.3.2.1 Hekzan eluatlarının incelenmesi

Hekzan eluatlarının elementel analizlerini gösteren tablolar çizelge 6.69., 6.70., 6.71., 6.72. ve 6.73.' de verilmiştir.

Çizelge 6.69 Armutçuk işletmesi Büyük damar ve Amasra işletmesi Çınarlı damar hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları

HE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	S (%ağ.)	N (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
ABD	91.69	7.77	0.17	iz	0.37	1.02	0.003
AÇD	72.52	7.48	0.34	iz	19.66	1.24	0.203

Çizelge 6.70 Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları

HE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
ÜZ + KZ	83.19	8.06	iz	0.27	8.48	1.16	0.076
%20 ABD %80 ÜZ + KZ	84.80	8.01	iz	0.26	6.93	1.13	0.061
%30 ABD %70 ÜZ + KZ	85.76	7.99	iz	0.25	6.00	1.12	0.052
%40 ABD %60 ÜZ + KZ	86.69	7.95	iz	0.22	5.14	1.10	0.045

Hekzan eluatlarının hidrojen miktarları kömürlere nazaran daha yüksek, kükürt oranları da daha düşük bulunmuştur.



H/C oranları 0.99 ile 1.24 arasında değişmektedir. En yüksek H/C değerine Amasra hekzan eluatının sahip olması, bu eluatın diğer hekzan eluatlarından daha fazla alifatik yapıyı barındırdığını açıklamaktadır.

**Çizelge 6.71 Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları**

HE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
KR-KR	90.12	7.41	iz	0.29	2.18	0.99	0.018
%20 ABD %80 KR-KR	90.40	7.50	iz	0.25	1.85	1.00	0.015
%30 ABD %70 KR-KR	90.60	7.52	iz	0.24	1.64	1.00	0.013
%40 ABD %60 KR-KR	90.71	7.55	iz	0.24	1.50	1.00	0.012

**Çizelge 6.72 Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları**

HE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
ÜZ + KZ	83.19	8.06	iz	0.27	8.48	1.16	0.076
%20 AÇD %80 ÜZ + KZ	81.10	7.95	iz	0.29	10.66	1.18	0.098
%30 AÇD %70 ÜZ + KZ	80.01	7.90	iz	0.29	11.80	1.18	0.111
%40 AÇD %60 ÜZ + KZ	78.95	7.84	iz	0.30	12.95	1.19	0.123

**Çizelge 6.73** Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları

HE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
KR-KR	90.12	7.41	iz	0.29	2.18	0.99	0.018
%20 AÇD %80 KR-KR	86.70	7.45	iz	0.31	5.54	1.03	0.048
%30 AÇD %70 KR-KR	84.94	7.44	iz	0.31	7.31	1.05	0.065
%40 AÇD %60 KR-KR	83.10	7.45	iz	0.32	9.13	1.08	0.082

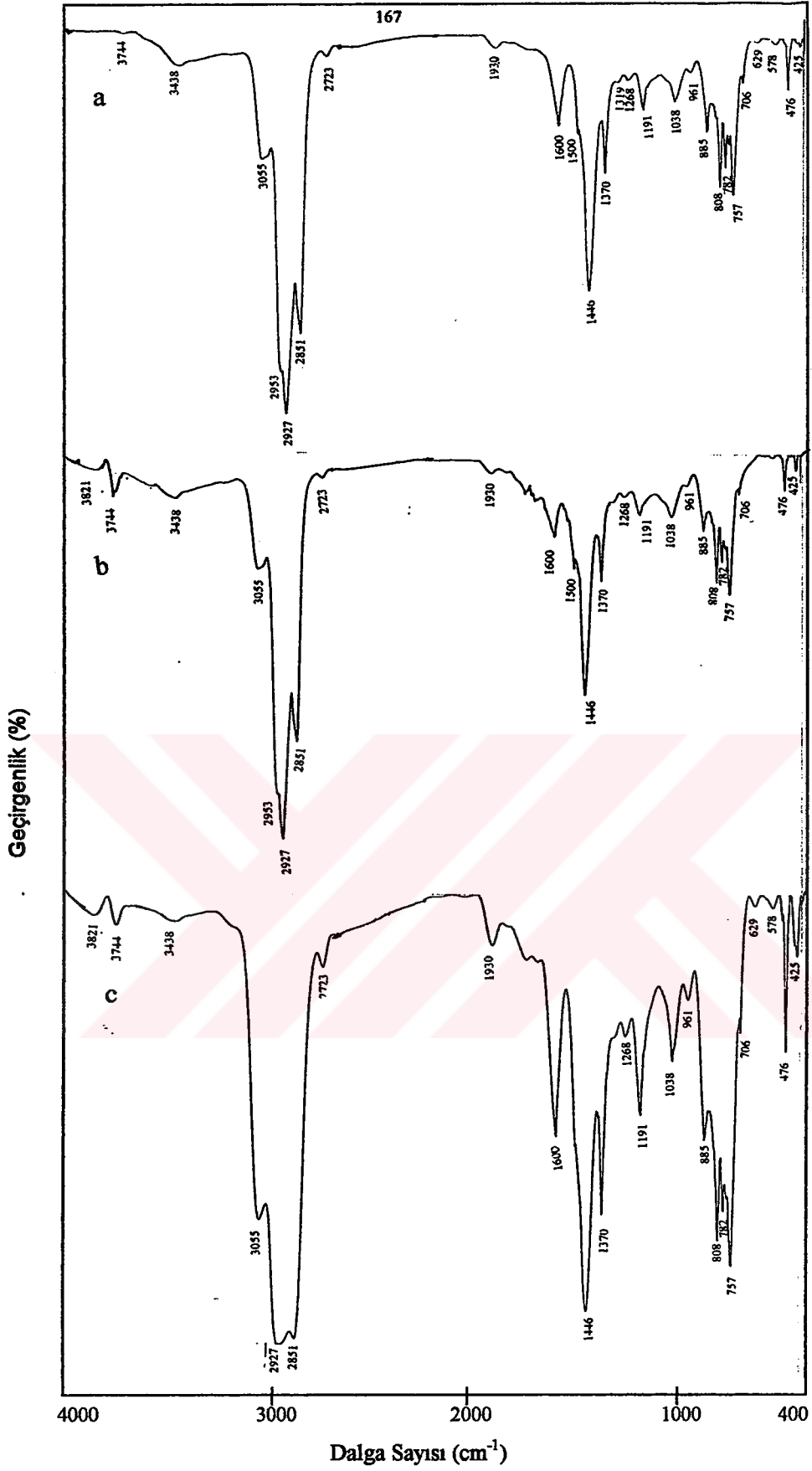
AÇD karışımlarında alifatik yapı AÇD oranına bağlı olarak fazlaşmaktadır. ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarında düşüş gözlenirken, ABD+(KD-KR) karışımlarının alifatik yapı oranlarının yakın değerinde olması <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumlarından da anlaşılmaktadır.

#### 6.4.3.2.1.1 FT-IR spektrumu

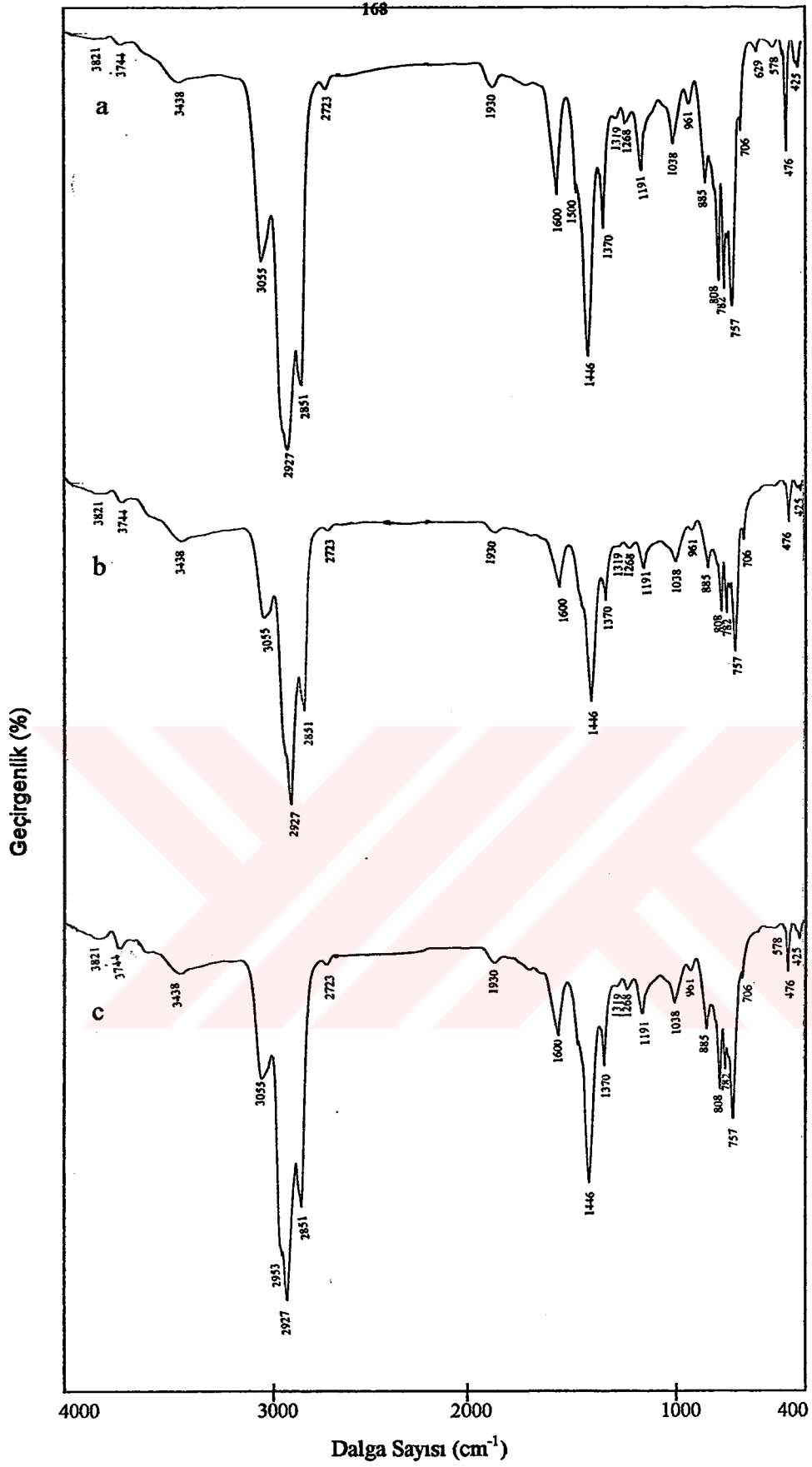
Yağ fraksiyonlarının silikajel kolon kromatografisinde hekzan ile elde edilen eluatlarının FT-IR spektrumları şekil 6.68., 6.69., 6.70., 6.71., 6.72., 6.73., 6.74., 6.75. ve 6.76.' da verilmektedir.

3055 cm<sup>-1</sup>' de aromatik C-H gerilme titreşimini gösteren pik eluatların hepsinde küçük ve aynı büyüklüktedir.

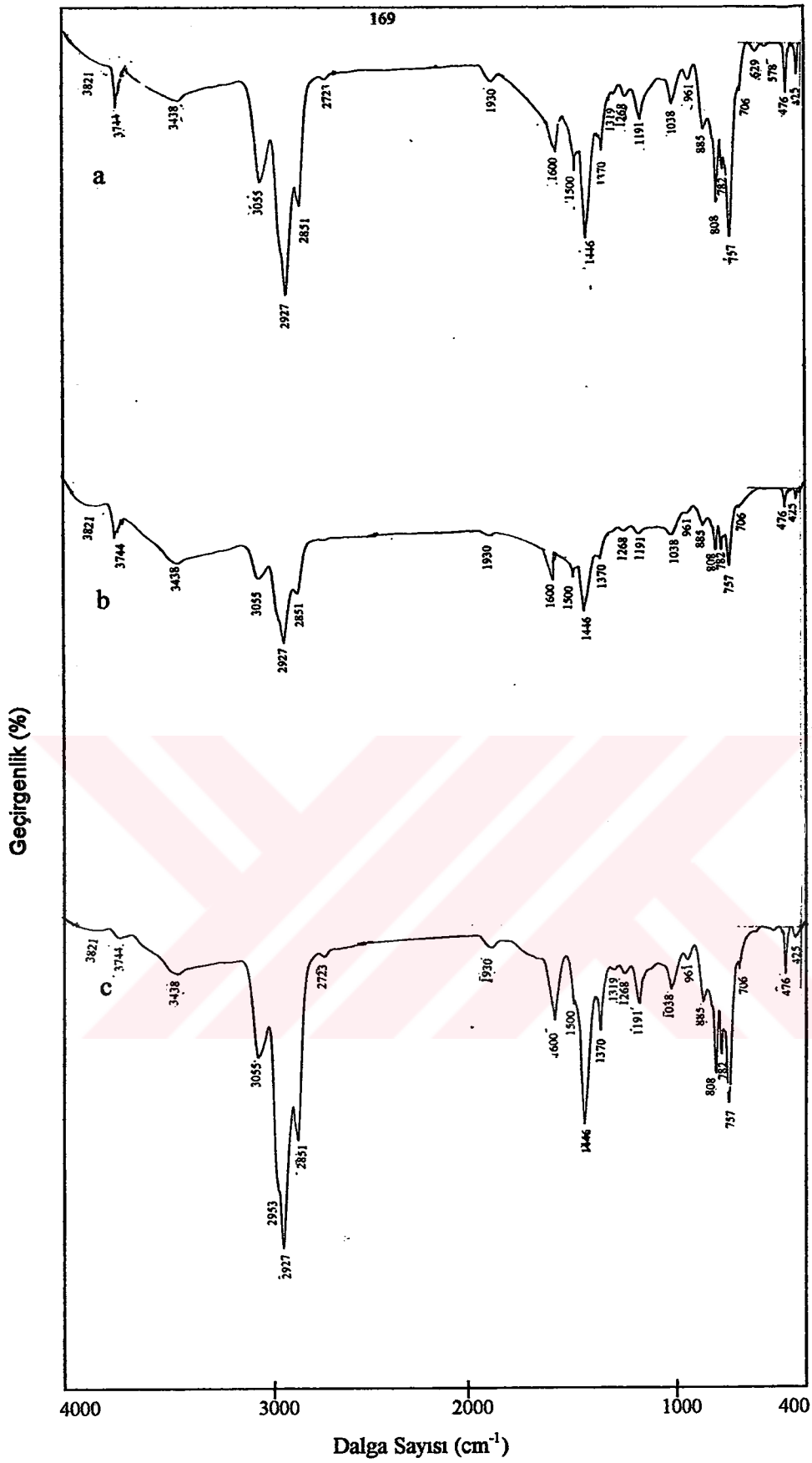
3000-2850 cm<sup>-1</sup> aralığında alifatik C-H gerilmelerinin her bir numune için oldukça yüksek şiddette olduğu saptanmıştır. Burada, 2953 cm<sup>-1</sup>, 2927 cm<sup>-1</sup> ve 2851 cm<sup>-1</sup>' de görülen pikler sırası ile asimetrik metil, asimetrik metilen ve simetrik metilen



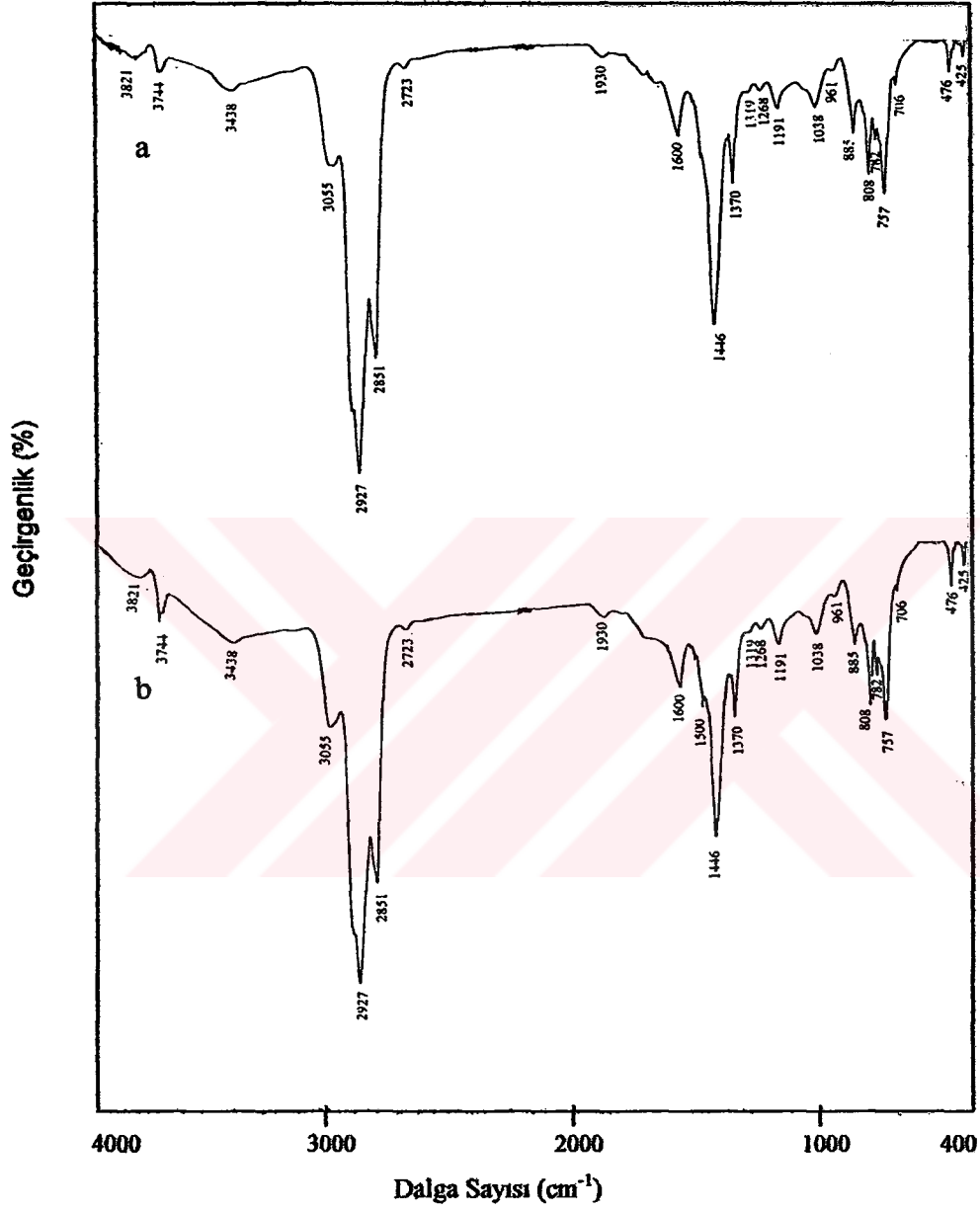
Şekil 6.68. Üzülmüş işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damarları hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları



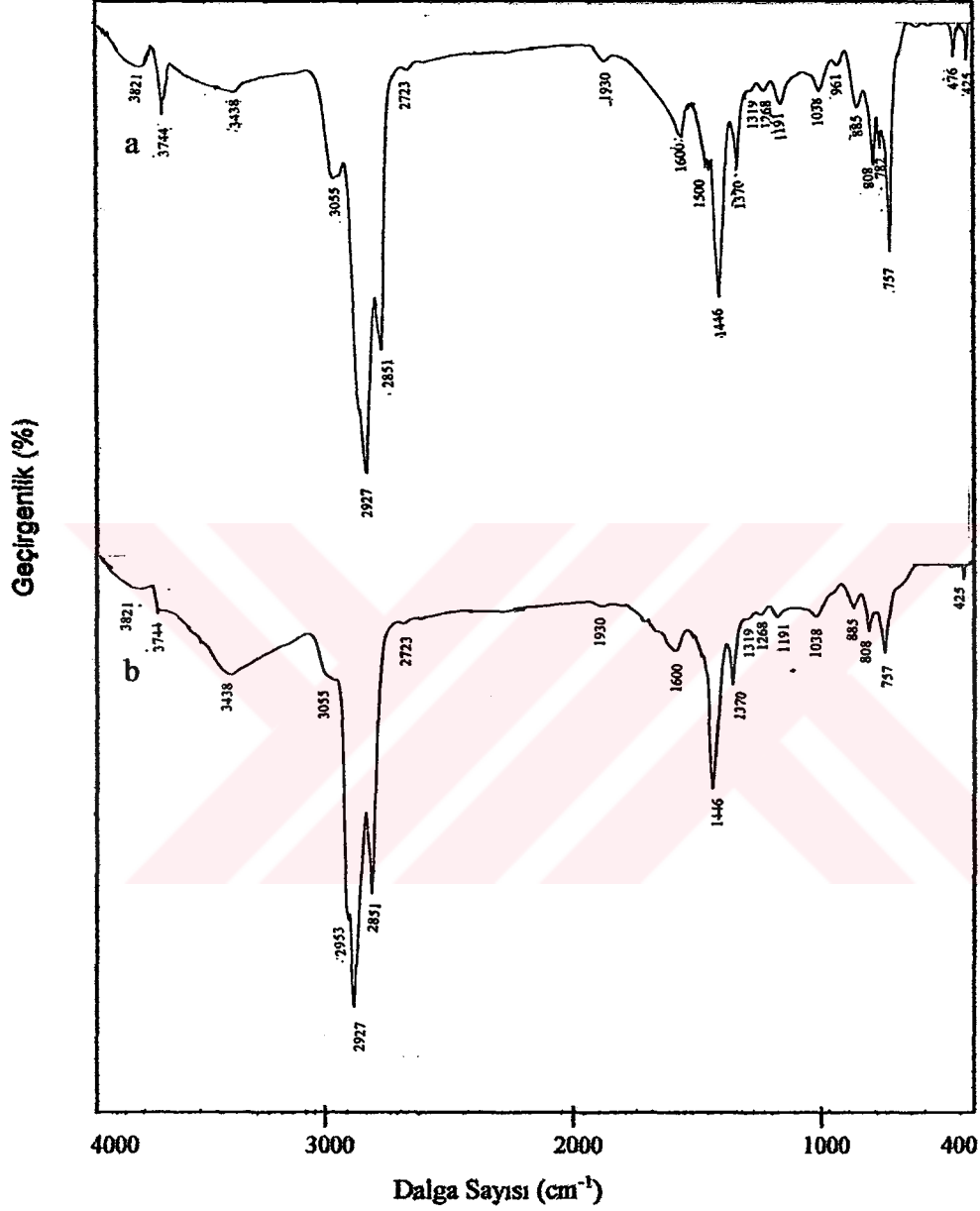
Şekil 6.69 Kozlu işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damarları hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları



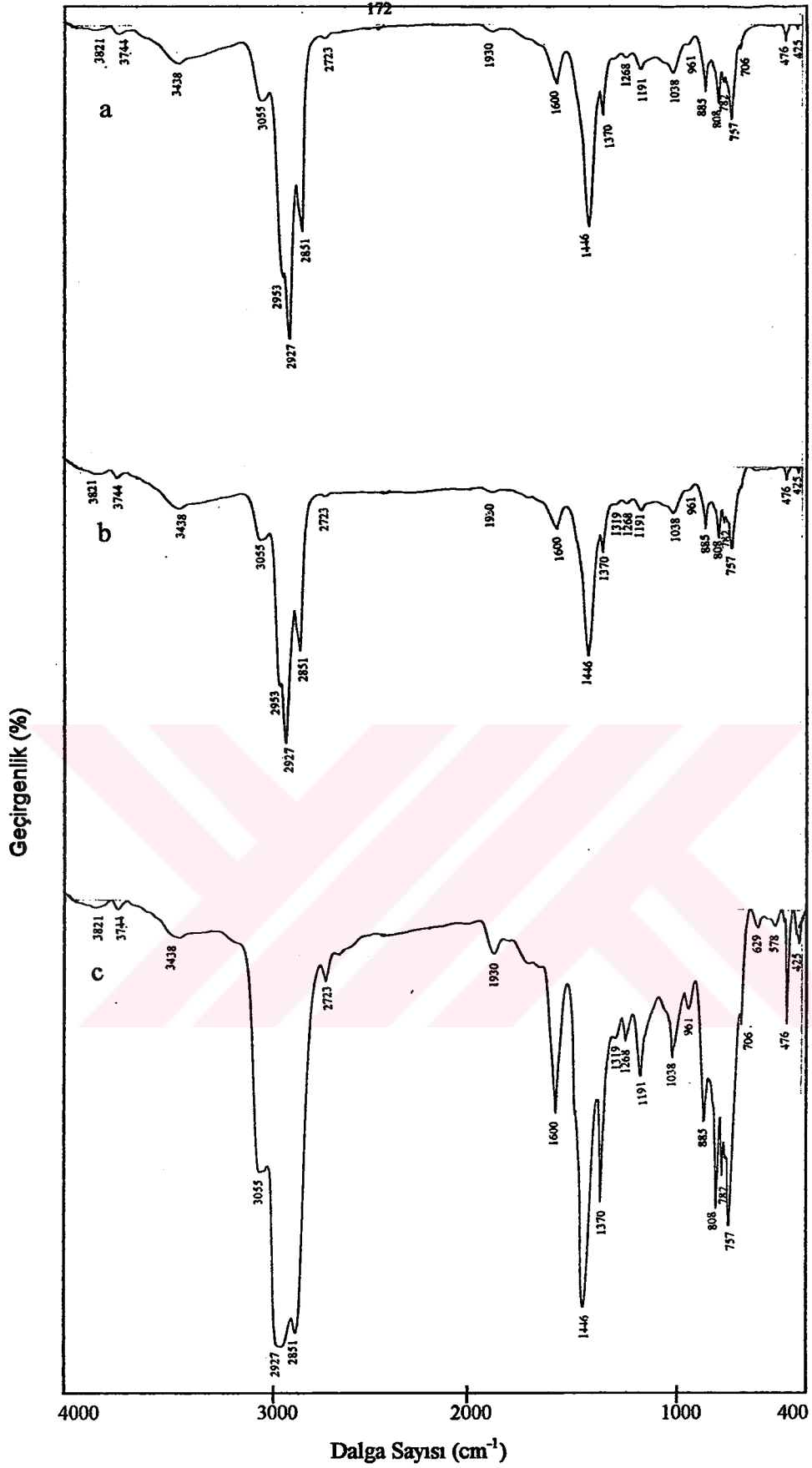
Şekil 6.70 Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damarları hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları



Şekil 6.71. Üzülmöz+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları

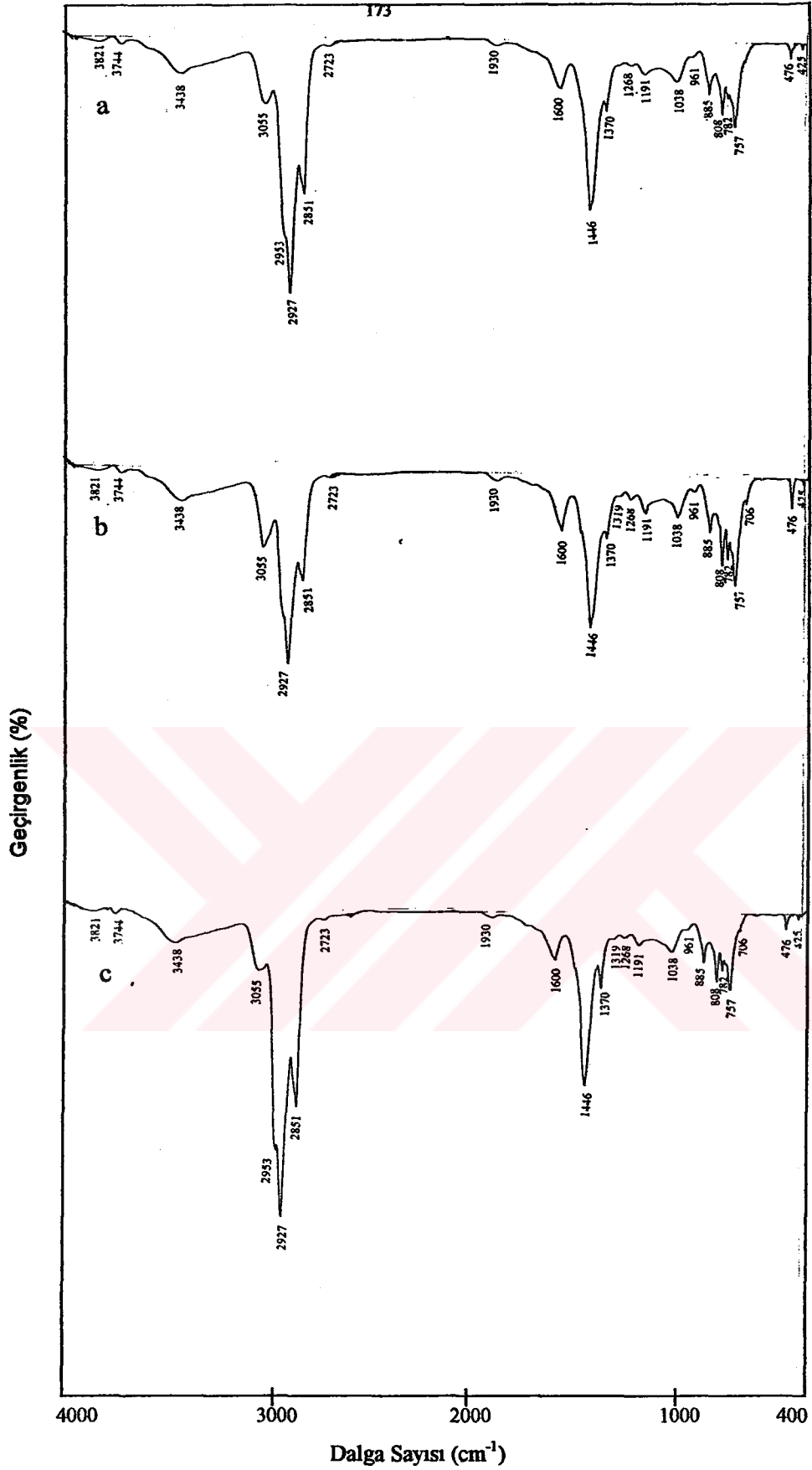


Şekil 6.72. Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları

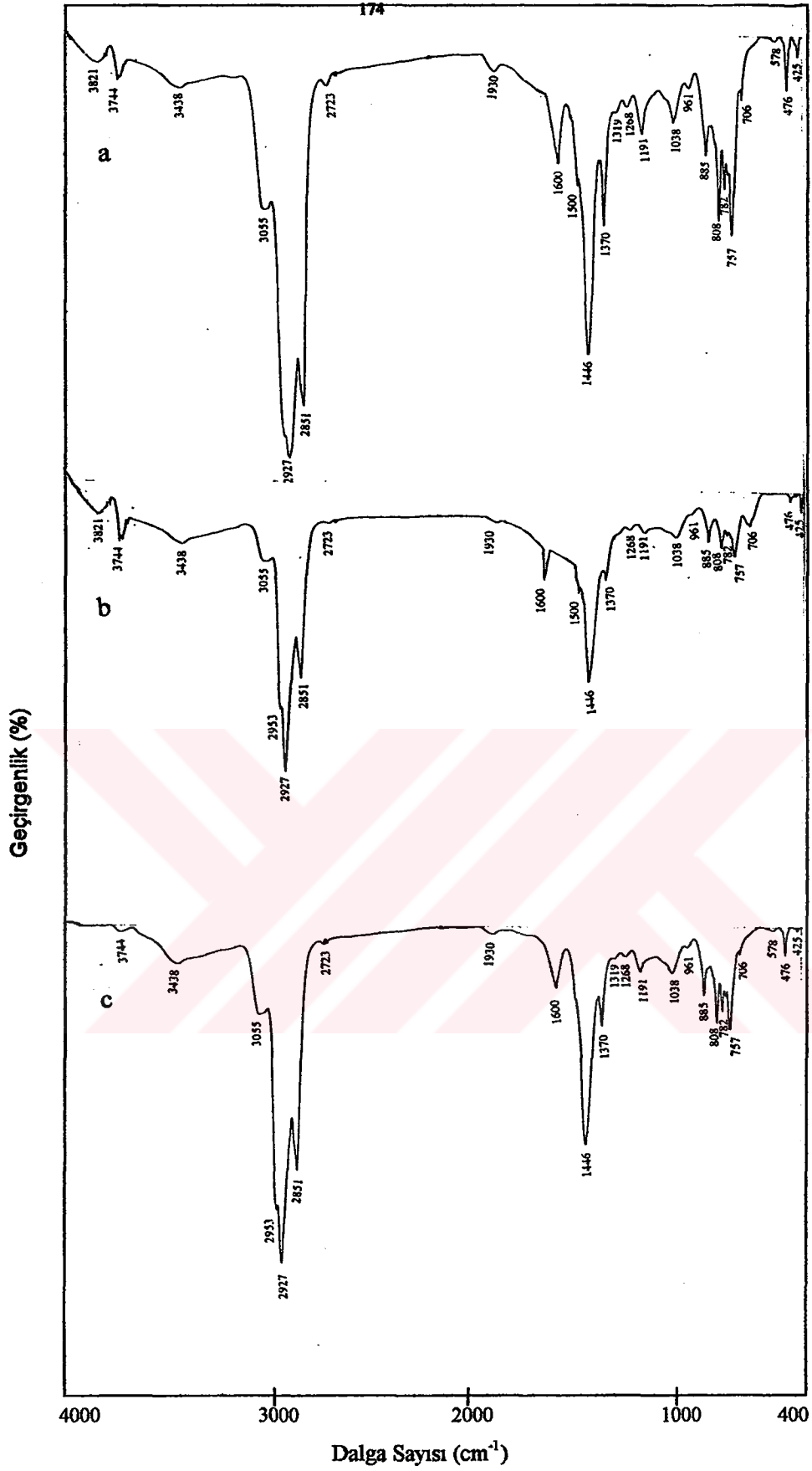


Şekil 6.73 Üzüm+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları (a) %20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)

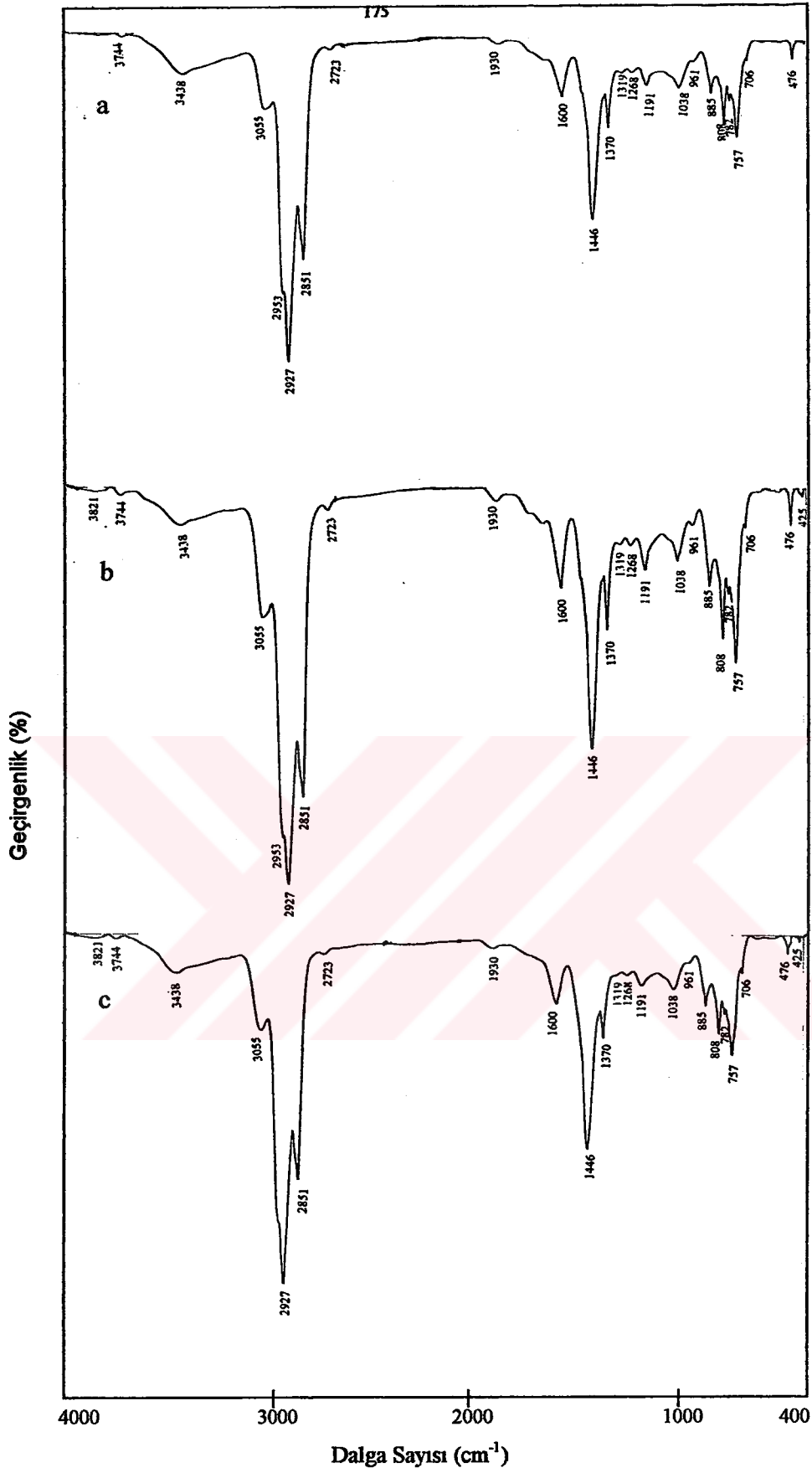




Şekil 6.74 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.75 Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları  
 (a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.76 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının FT-IR spektrumları  
 (a) %20AÇĐ+%80(KR-KR), (b) %30AÇĐ+%70(KR-KR), (c) %40AÇĐ+%60(KR-KR)

gerilme titreşimlerini vermektedir.  $2953\text{ cm}^{-1}$  ve  $2927\text{ cm}^{-1}$  pikleri iki tepeli şekilde veya bir bütün şeklinde görülebilmektedir. Özellikle, %40ABD+%60(ÜZ+KZ) hekzan eluatında bu üçlü pik, diğerlerine göre daha büyük ve geniştir. Bu piklerin oldukça uzun ve geniş olması hekzan eluatı için beklenen bir sonuçtur.

$2723\text{ cm}^{-1}$  de görülen pik de alifatik C-H gerilmesini (özellikle siklo hekzanlarda) ifade etmektedir ki bu çözücüden kaynaklanan bir pik olabilmektedir.

Aromatik C=C, C=O ve siklo olefinlerin varlığını gösteren  $1600\text{ cm}^{-1}$  deki pik, Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu, ABD+(ÜZ+KZ) eluatları hariç diğer numunelerin spektrumlarında oldukça küçüktür.

$1446\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda metil ve metilen asimetric uzama titreşimleri, Üzülmez ve Kozlu hekzan eluatlarında keskin ve yüksek iken, Karadona ait eluatlarda daha düşük absorpsiyondadır. Karışımlarda da belirli bir düzen izlemeksizin yüksektirler.

Karbonil ve/veya fenolik hidroksil gruplarını anlatan  $1370\text{ cm}^{-1}$  piki Üzülmez ve Kozlu için sivri ve şiddetli iken Karadon için küçüktür. Armutçuk karışımı hekzan eluatlarında karışım oranındaki Armutçuk miktarının artışı ile bu pikte büyümektedir. Amasra için bu pik belirgin bir davranış göstermemekte, fakat pik düşük şiddette görülmektedir.

$900-700\text{ cm}^{-1}$  aralığındaki aromatik ve kondanse halka sistemlerini gösteren pikler Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu, Kozlu işletmesi Sulu ve %40ABD+%60(ÜZ+KZ) eluatlarının spektrumları hariç, diğerlerinde küçüktürler.  $885\text{ cm}^{-1}$ ,  $808\text{ cm}^{-1}$ ,  $757\text{ cm}^{-1}$  deki pikler bütün hekzan eluatlarında gözlenirken,  $706\text{ cm}^{-1}$  deki pik oldukça küçük ve bazılarında da bulunmamaktadır.

#### 6.4.3.2.1.2. $^1\text{H-n.m.r.}$ spektrumu

ÜZ+KZ, KR-KR, Armutçuk ve Amasra taşkömürleri ve bunların karışımlarının yüksek sıcaklıkta karbonizasyon ürünlerinden katran örneğinin çözücü ekstraksiyonu ile elde edilen yağ fraksiyonunun hekzan ile kolon kromatografisi

sonucu elde edilen parafinik fraksiyonların  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları Şekil 6.77., 6.78., 6.79., 6.80., 6.81. ve 6.82.' de verilmektedir. Bu spektrumlardan yararlanarak ve Çizelge 6.69.' da verilen kimyasal kayma değerleri alınarak hesaplanan, hidrojen tiplerinin kantitatif olarak dağılımlarını gösteren Çizelgeler de 6.74, 6.75, 6.76, 6.77 ve 6.78' de verilmiştir.

8.3-9.0 pm aralığında görülen aromatik azota bağlı protonlar (Schultz vd., 1983) hekzan eluatlarında mevcut değildir.

7.15 ppm' de (Schultz vd., 1983) bütün hekzan eluatlarında görülen pikler benzen protonunu ifade etmektedirler.

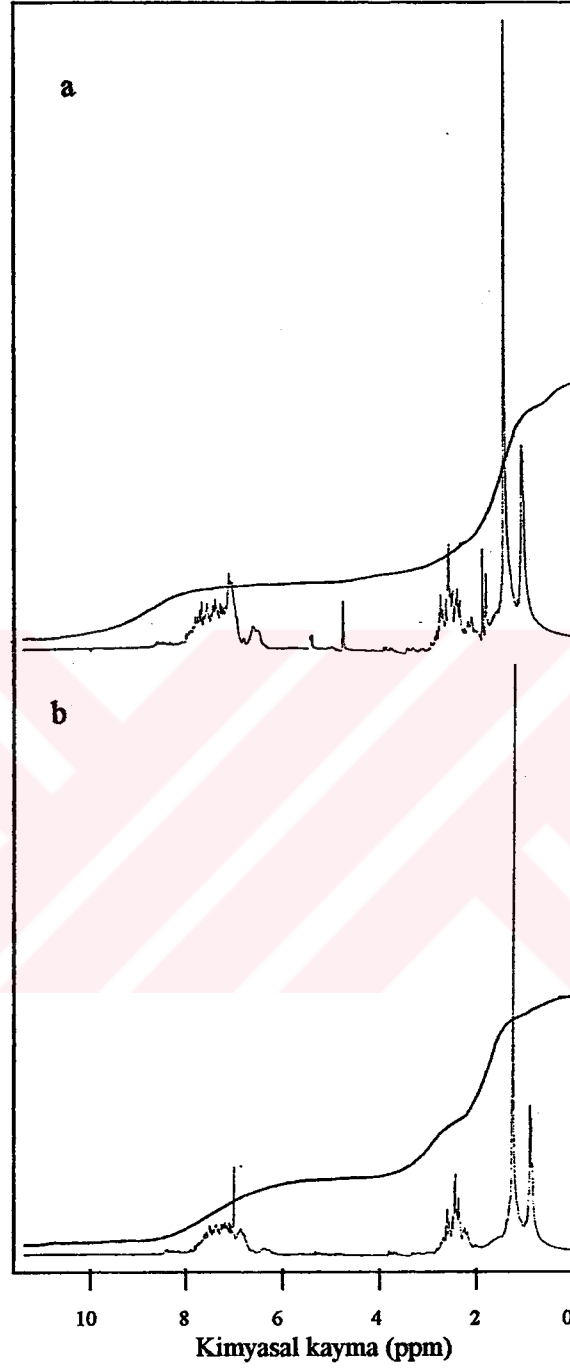
6.5-6.65 ppm aralığında aromatik halkaya komşu olefinik protonlara (Schultz vd., 1983) KR-KR, %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) ve %40AÇD+%60(KR-KR) hekzan eluatlarında minimum oranda olacak biçimde rastlanmıştır.

3.4-5.0 ppm aralığında görülen, aromatik halkaları bağlayan metilenlerin hidrojenlerine (olefinik protonlar) (Collin vd., 1983) ait pikler ÜZ+KZ, %40ABD+%60(ÜZ+KZ) ve %40AÇD+%60(KR-KR) hekzan eluatları hariç diğer karışım eluatlarında gözlenmemiştir.

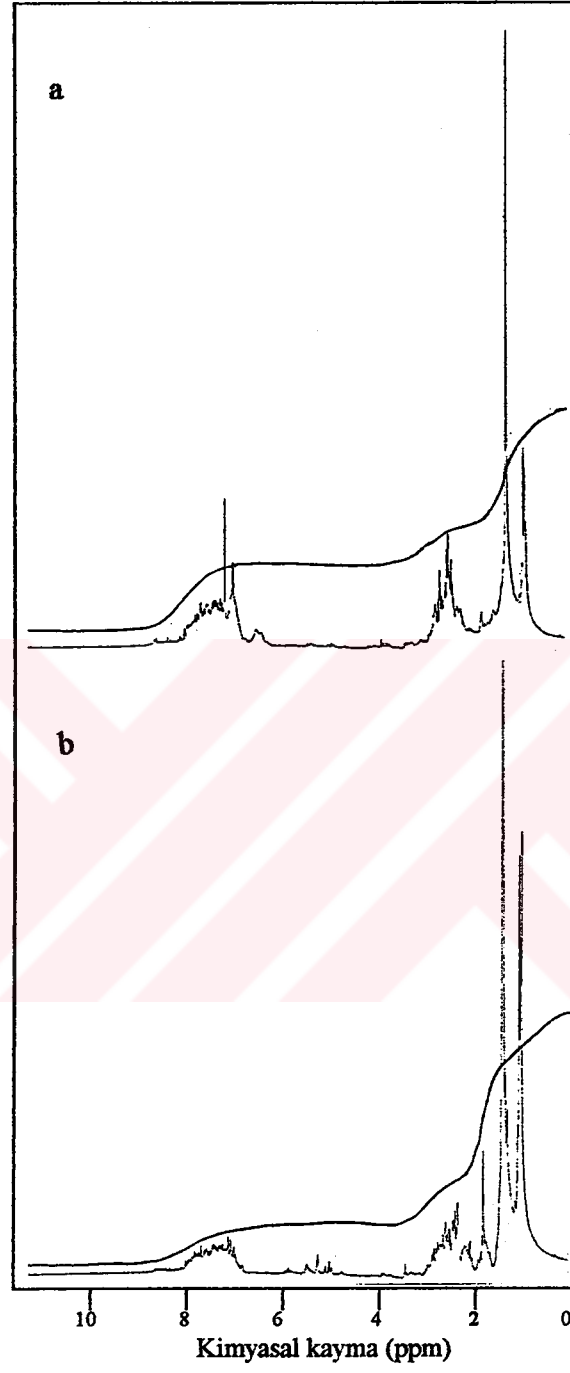
Naftenik halkalardaki metilen protonlarının özellikle 1.6-1.9 ppm bölgesinde verdiği geniş bant, parafinik metilenlerden kaynaklanan, 1.0-2.0 ppm bölgesindeki pikler ile, kısmen üst üste gelmektedir (Coorge ve Boshai, 1983).

1.25 ppm' de uzun düz zincirli alkanların  $\text{CH}_2$  hidrojenlerinin karakteristik piki, %30ABD+%70(KR-KR) hekzan eluatında düşük miktarda olmak üzere karışımların tamamında gözlenmiştir. Bu pikin, dar ve dik oluşu alkil zincirlerde dallanmanın az olduğunun ifadesidir (Bartle vd., 1975).

0.5-1.0 ppm aralığında da zincir ucundaki  $\text{CH}_3$  gruplarını ifade eden pik karışımlarda bulunmaktadır. Özellikle Amasra ve %40ABD+%60(KR-KR)' de bu pikin çok yüksek olması  $\text{CH}_3$  gruplarının fazla miktarda olduğunu açıklamaktadır.



Şekil 6.77 Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları



Şekil 6.78. Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları

En yüksek vitrinit içeriğine sahip olan %40ABD+%60(ÜZ+KZ) eluatı en düşük  $H_\beta$  (%43.16) değerine sahip iken, en düşük vitrinit oranına sahip olan 20AÇD+%80(KR-KR) eluatı ise en yüksek  $H_\beta$  (%59.45) değerindedir. Bu, %40ABD+%60(ÜZ+KZ) hekzan eluatının diğer hekzan eluatlarından daha kısa ve dallanmış alkil grubuna sahip olduğunu ifade eder. 20AÇD+%80(KR-KR) hekzan eluatı ise daha uzun alkil grubuna sahiptir. Ayrıca, vitrinit ile  $H_\beta$  arasındaki ilişkiyi inceleyecek olursak, ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarında, Armutçuk oranının artması ve vitrinit oranının artışı ile  $H_\beta$  değerlerinde azalma kaydedilmektedir. Demekki, Armutçuk oranı arttıkça alkil gruplarında kısalma görülmektedir. ABD+(KR-KR) karışımlarında ise  $H_\beta$  değerlerinin artış kaydetmesi alkil gruplarındaki dallanmaların uzadığını göstermektedir. Amasra ile yapılan karışımlarda, hem ÜZ+KZ hem de KR-KR için vitrinit oranının artmasına bağlı olarak  $H_\beta$  değerlerinde azalma saptanmıştır.

Vitriniti yoğun olan eluat ise liptiniti fazla olan eluat'dan daha kısa ve dallanmış alifatik birimler içerir.

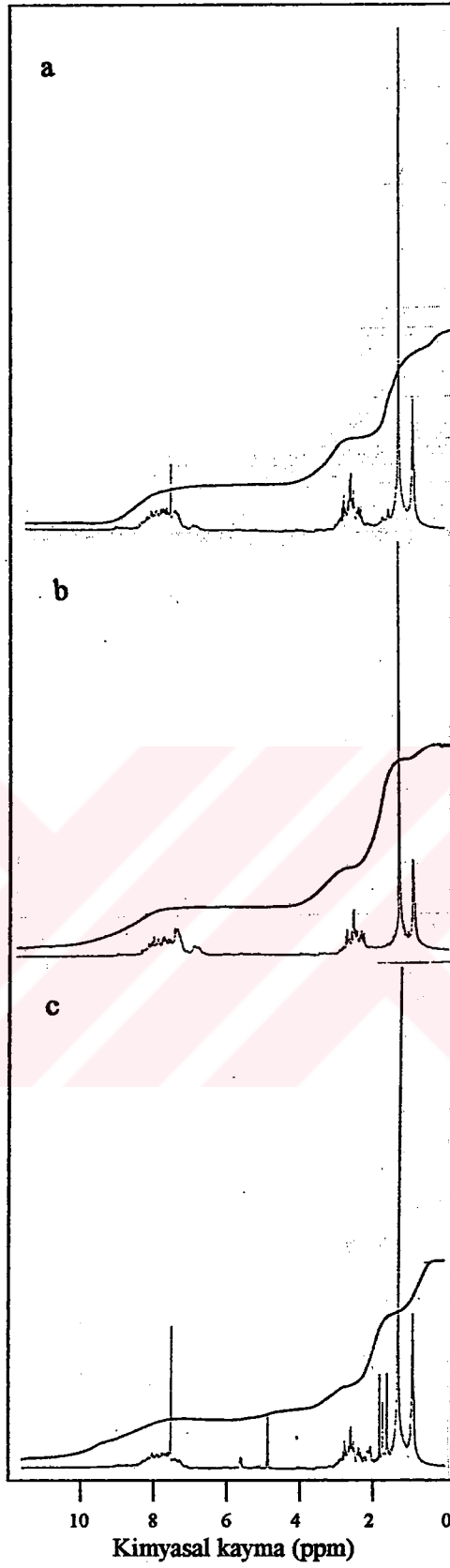
Semifüsinit ve inertinit bakımından zengin olan %20ABD+%80(KR-KR) hekzan eluatı, liptinit ve vitrinit oranı fazla olan hekzan eluatlarından daha uzun zincirli alifatik birimler içerir.

ABD+(KR-KR) ve AÇD+(KR-KR) karışımlarında parafinik fraksiyonların zincir uzunlukları birbirine yakın derecededir.

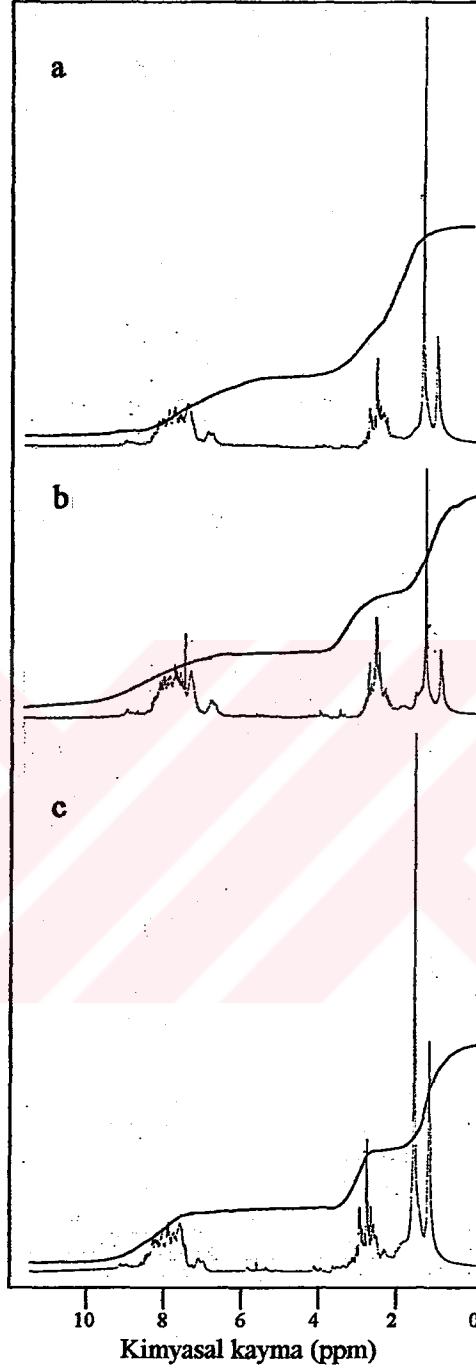
AÇD+(KR-KR) karışımlarının  $H_\beta$  değerleri diğer karışımlara göre daha yüksek oranda bulunmuştur.

En fazla düz zincirli alkil grubuna sahip olan 20AÇD+(KR-KR) eluatının vitrinit oranı oldukça düşük değerdedir.

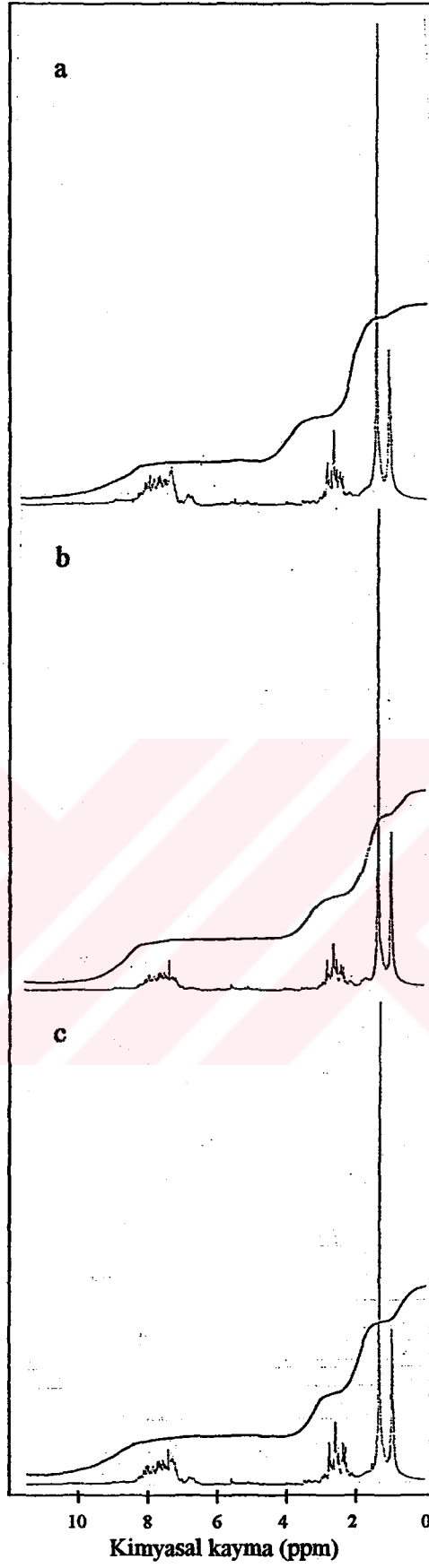




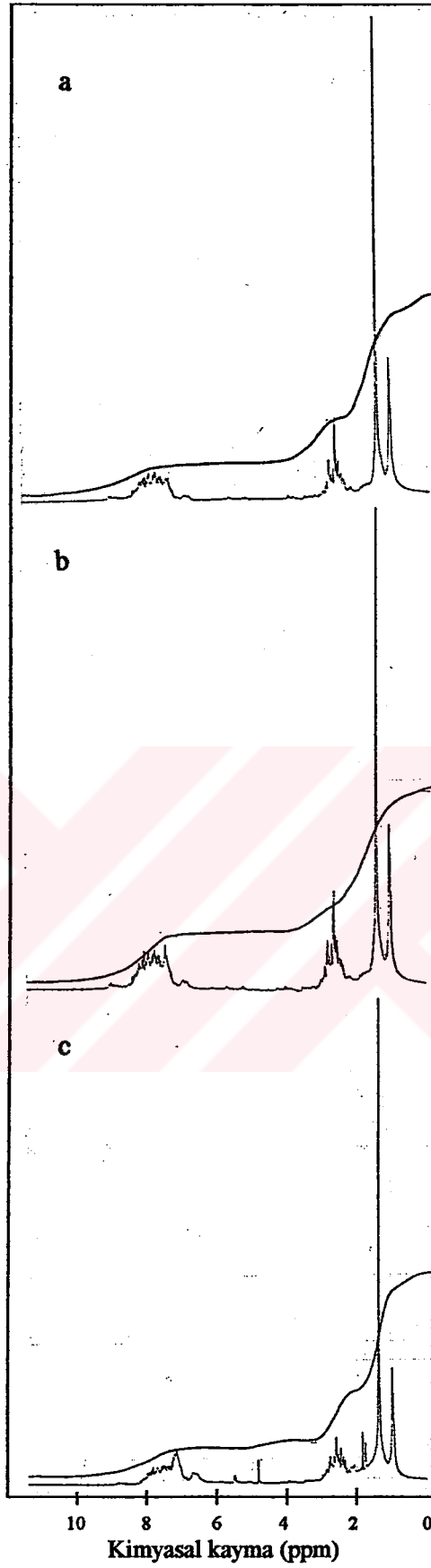
Şekil 6.79. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları, (a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ); (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.80 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları  
(a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.81. Üzülmöz+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları, (a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ); (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.82 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen hekzan eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları (a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)

Vitrinit bakımından zengin olan 40ABD+%60(ÜZ+KZ) eluatının diğerlerine göre daha çok dallanmış alkil gruplar içerdiği  $H_\gamma$  hidrojen dağılımlarının yüksek olmasından anlaşılmaktadır.

ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarında Armutçuk oranının artışı ile liptinit ve  $H_\beta$  miktarı azalmaktadır, alkil grupları kısalarak dallanmaya yönelmektedirler.

KR-KR karışımına katılan Armutçuk oranı ile, liptinit ve  $H_\beta$  oranı doğru orantılı olarak artış göstermektedirler. Bu, Armutçuk' un alkil gruplarını daha uzun zincirli yaptığı şeklinde yorumlanabilir.

Amasra' nın hem ÜZ+KZ hem de KR-KR ile yapılan karışımlarında Amasra oranı ile liptinit oranı da çoğalmaktadır, buna karşılık  $H_\beta$  oranının azalması ile kısa ve dallanmış zincirli alkil gruplarının sayısı artmaktadır.

İnertinit oranı Armutçuk ile yapılan karışımlarda, Armutçuk miktarı ile ters orantılı olarak azalmakta,  $H_\beta$  değerleri ÜZ+KZ ile yapılan karışımlarda azalırken, KR-KR ile olan karışımlarda artış göstermektedir. Amasra' ya bakacak olursak inertinit oranının azalması ile  $H_\beta$  seviyesinde de düşüş saptanmıştır.

Çizelge 6.74. Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarından elde edilen hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı sonuçları

HEKZAN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_\alpha$	$H_\beta$	$H_\gamma$
BÜYÜK	24.39	-	22.30	40.77	12.54
ÇINARLI	13.63	-	15.91	51.52	18.94

Karışımında Armutçuk miktarı artarken semifüsinit oranı azalmakta,  $H_{\beta}$  değerleri ÜZ+KZ ile yapılan karışımlarında azalırken, KR-KR ile olan karışımlarda artış göstermektedir. Amasra oranı da artarken semifüsinit oranının azalması ile  $H_{\beta}$  seviyesinde de her iki karışım türü için düşüş saptanmaktadır.

Çizelge 6.75. Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı

HİDROJEN DAĞILIMI (%)					
HEKZAN ELUAT	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KZ+ÜZ	15.18	4.19	18.32	56.55	5.76
%20 ABD %80 KZ+ÜZ	7.05	-	26.97	50.21	15.77
%30 ABD %70 KZ+ÜZ	8.37	-	22.79	47.12	21.72
%40 ABD %60 KZ+ÜZ	11.57	4.13	15.70	43.16	25.44

Çizelge 6.76. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı

HİDROJEN DAĞILIMI (%)					
HEKZAN ELUAT	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KR-KR	12.62	-	27.44	45.63	14.31
%20 ABD %80 KR-KR	13.81	-	27.65	50.70	7.84
%30 ABD %70 KR-KR	13.51	-	30.52	51.75	4.22
%40 ABD %60 KR-KR	10.94	-	29.34	52.59	7.13

Çizelge 6.77. Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı

HEKZAN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KZ+ÜZ	15.18	4.19	18.32	56.55	5.76
%20 AÇD %80 KZ+ÜZ	8.40	-	24.61	54.69	12.30
%30 AÇD %70 KZ+ÜZ	10.21	-	19.89	48.39	21.51
%40 AÇD %60 KZ+ÜZ	11.11	-	23.21	44.25	21.43

Çizelge 6.78. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları ile elde edilen hidrojen dağılımı

HEKZAN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KR-KR	12.62	-	27.44	45.63	14.31
%20 AÇD %80 KR-KR	8.38	-	23.77	59.45	8.40
%30 AÇD %70 KR-KR	8.91	-	24.68	58.73	7.68
%40 AÇD %60 KR-KR	7.74	4.04	24.24	58.08	5.90

### 6.4.3.2.2 Toluen eluatlarının incelenmesi

Çizelge 6.79, 6.80, 6.81, 6.82 ve 6.83' de karışımların ve Armutçuk ve Amasra numunelerinin toluen eluatlarına ait elementel analiz sonuçları verilmektedir.

Çizelge 6.79 Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar toluen eluatlarının elementel analiz sonuçları

TE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
ABD	79.11	7.83	iz	0.19	12.87	1.19	0.122
AÇD	71.17	6.76	iz	0.12	21.95	1.14	0.231

Çizelge 6.80 Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen toluen eluatlarının elementel analiz sonuçları

TE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
ÜZ + KZ	76.82	8.01	iz	0.20	14.97	1.25	0.146
%20 ABD %80 ÜZ + KZ	77.30	7.95	iz	0.20	14.55	1.23	0.141
%30 ABD %70 ÜZ + KZ	77.61	7.96	iz	0.19	14.24	1.23	0.138
%40 ABD %60 ÜZ + KZ	77.75	7.91	iz	0.19	14.15	1.22	0.136



**Çizelge 6.81 Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile karışımlarından elde edilen toluen eluatlarının elementel analiz sonuçları**

TE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
KR-KR	78.52	7.94	iz	0.17	13.37	1.21	0.128
%20 ABD %80 KR-KR	78.65	7.92	iz	0.18	13.25	1.21	0.126
%30 ABD %70 KR-KR	78.71	7.90	iz	0.17	13.22	1.20	0.126
%40 ABD %60 KR-KR	78.77	7.88	iz	0.18	13.17	1.20	0.125

**Çizelge 6.82 Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları**

TE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
ÜZ + KZ	76.82	8.01	iz	0.20	14.97	1.25	0.146
%20 AÇD %80 ÜZ + KZ	75.70	7.81	iz	0.18	16.31	1.24	0.162
%30 AÇD %70 ÜZ + KZ	75.15	7.65	iz	0.17	17.03	1.22	0.170
%40 AÇD %60 ÜZ + KZ	74.60	7.49	iz	0.15	17.76	1.20	0.179

Karbon ve kükürt yüzdelerinin hekzan eluatının değerlerine göre azaldığı, buna bağlı olarak oksijen miktarlarında artış olduğu saptanmıştır.

En düşük H/C oranı 1.14 ile Amasra eluatına, en yüksek değer ise 1.25 ile ÜZ+KZ eluatına aittir. Hekzan eluatında da en yüksek H/C oranına Amasra eluatının sahip olması, Amasra toluen eluatının daha az alifatik yapı içermesi demektir.

Bütün karışımlarda ABD ve AÇD oranının artması ile H/C oranı azalmaktadır.

Çizelge 6.83. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile karışımlarından elde edilen hekzan eluatlarının elementel analiz sonuçları

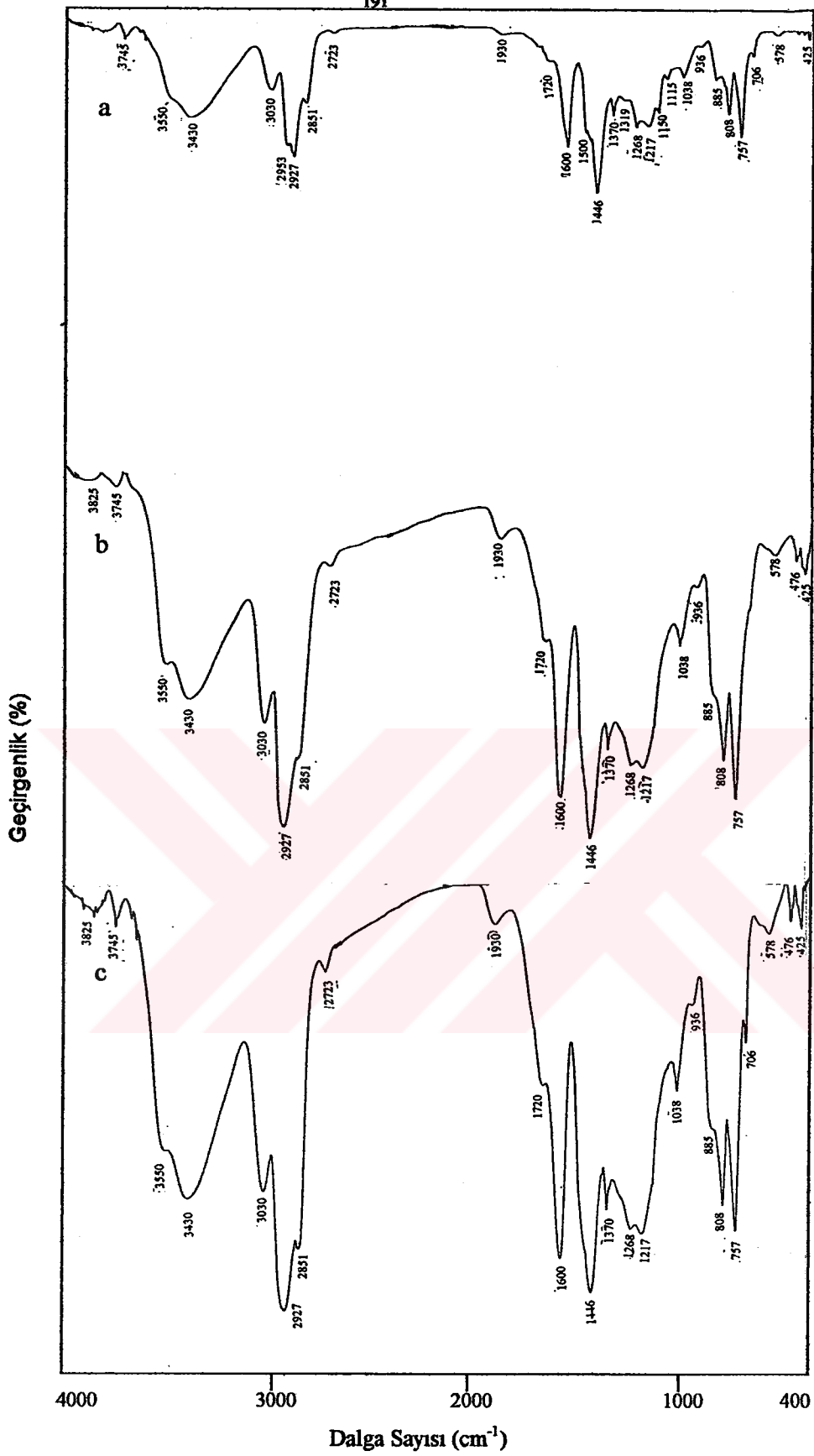
TE	C (%ağ.)	H (%ağ.)	N (%ağ.)	S (%ağ.)	O* (%ağ.)	H/C (atomik)	O/C (atomik)
KR-KR	78.52	7.94	iz	0.17	13.37	1.21	0.128
%20 AÇD %80 KR-KR	77.10	7.71	iz	0.17	15.02	1.20	0.146
%30 AÇD %70 KR-KR	76.40	7.61	iz	0.15	15.84	1.19	0.155
%40 AÇD %60 KR-KR	75.61	7.45	iz	0.13	16.81	1.18	0.168

#### 6.4.3.2.2.1 FT-IR spektrumu

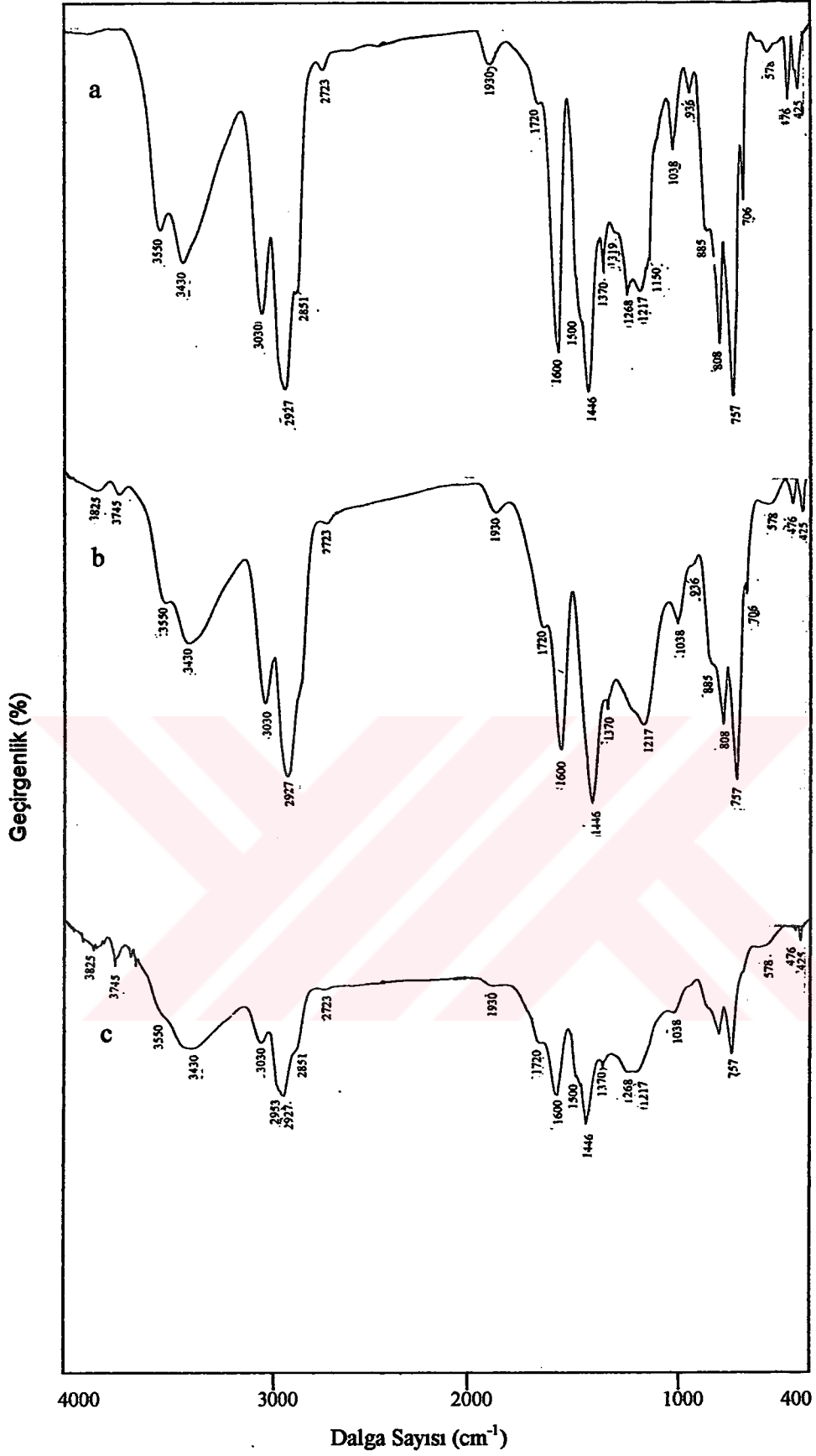
Nötral aromatik yapıyı temsil eden toluen eluatlarının FT-IR spektrumları şekil 6.83., 6.84., 6.85., 6.86., 6.87., 6.88., 6.89., 6.90. ve 6.90.' da verilmektedir.

Hekzan eluatlarının FT-IR spektrumlarında 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığı daha şiddetli ve keskin iken toluen eluatlarının FT-IR spektrumlarında 1600-900  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında daha yoğun ve genişlemiş pikler mevcuttur. Hekzan eluatlarında alifatik kısım daha yoğun iken, toluen eluatlarında aromatik kısım daha yoğundur.

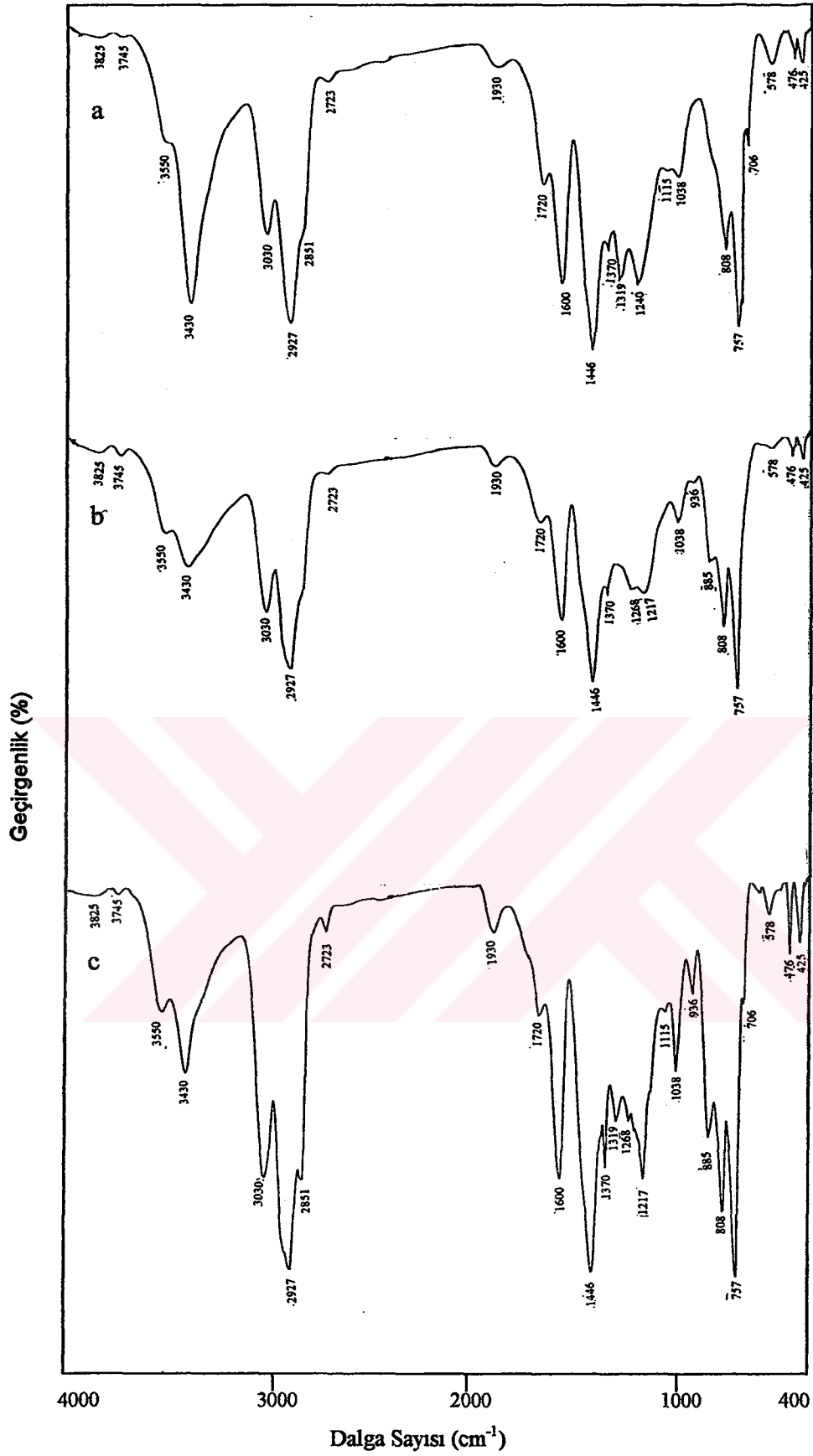
3800-3100  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki titreşimler -OH grubunun varlığını göstermektedir.



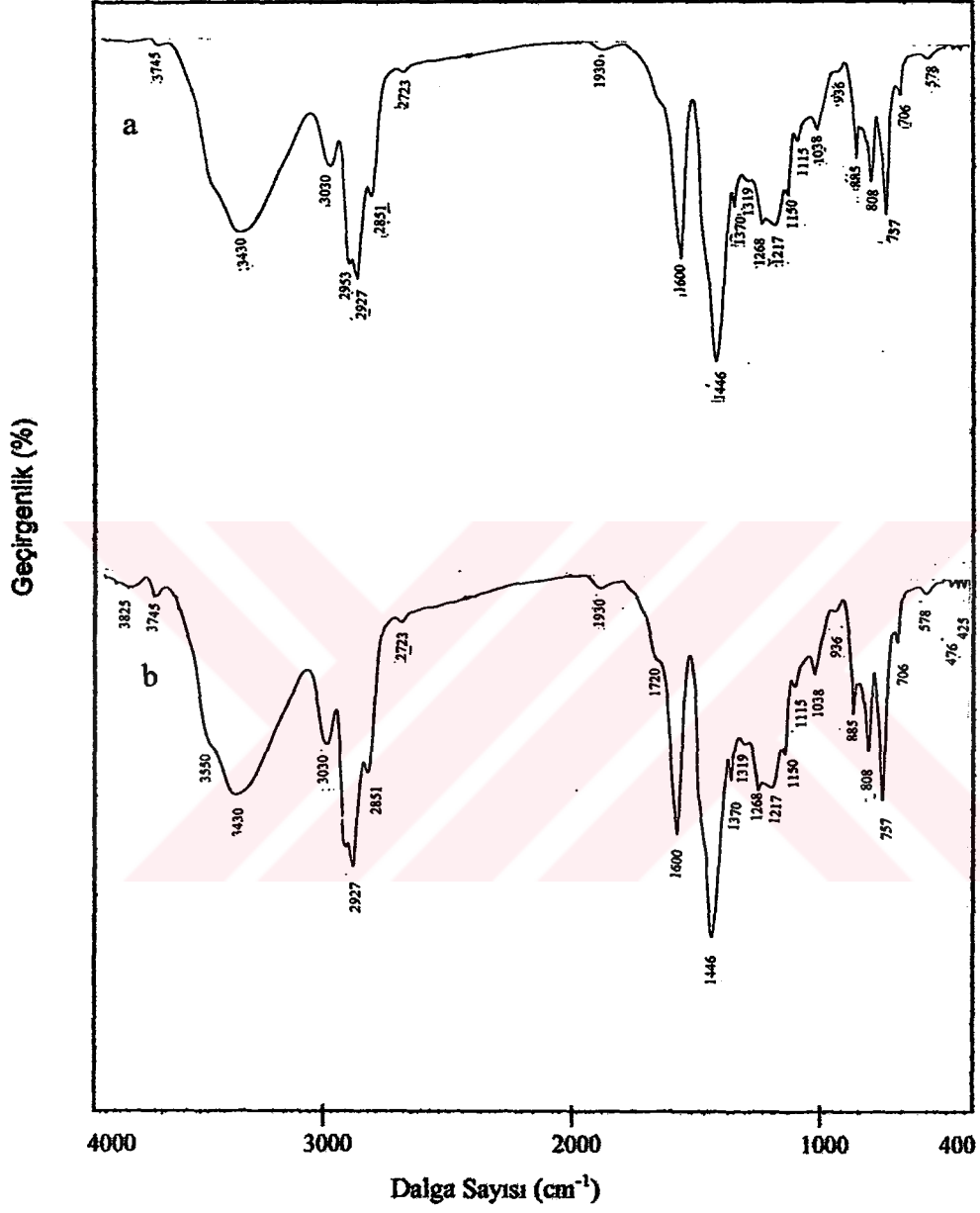
Şekil 6.83 Üzülmaz işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damarları toluen eluatlarının FT-IR spektrumları



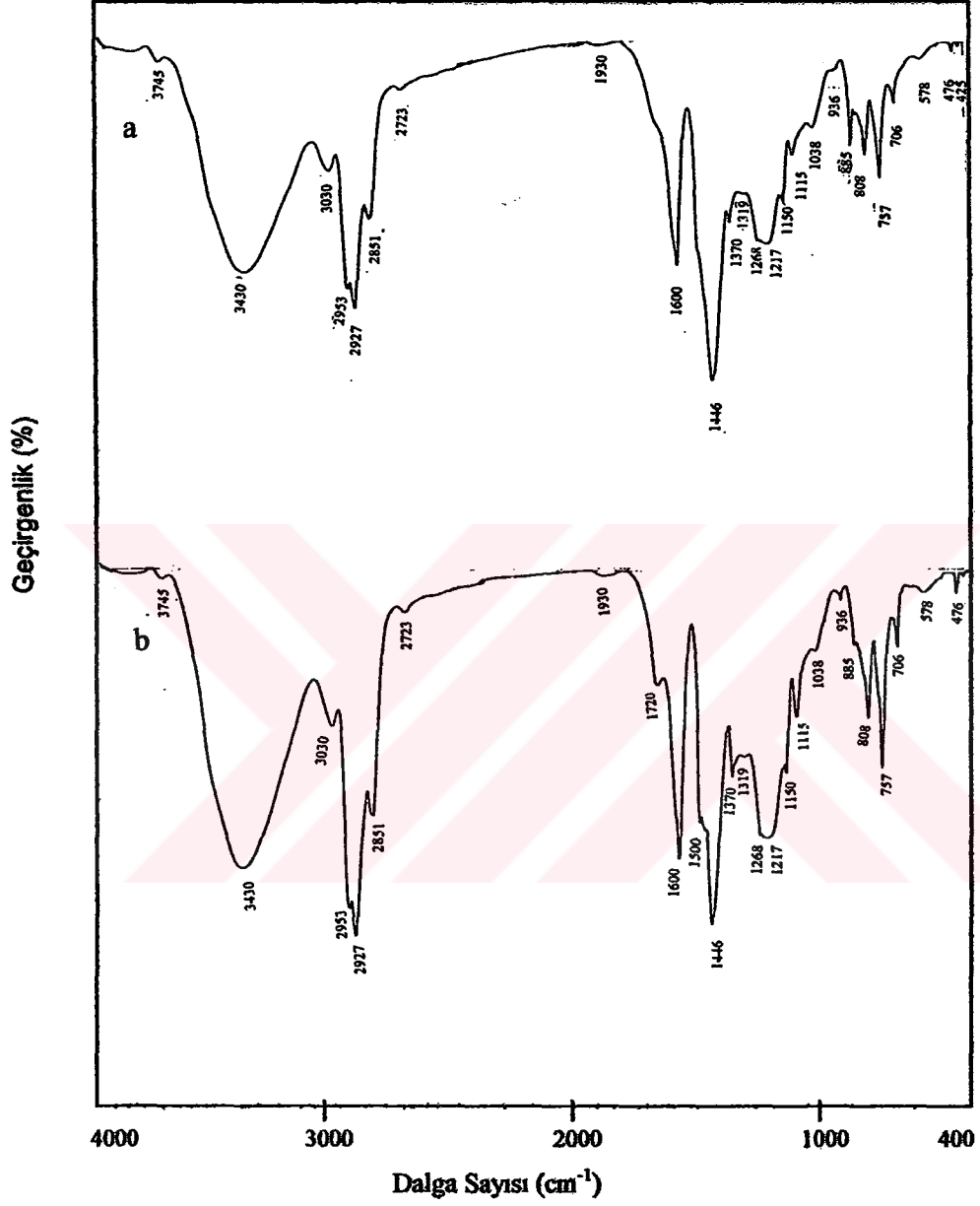
Şekil 6.84. Kozlu İşletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkılıç (c) damarları toluen eluatlarının FT-IR spektrumları



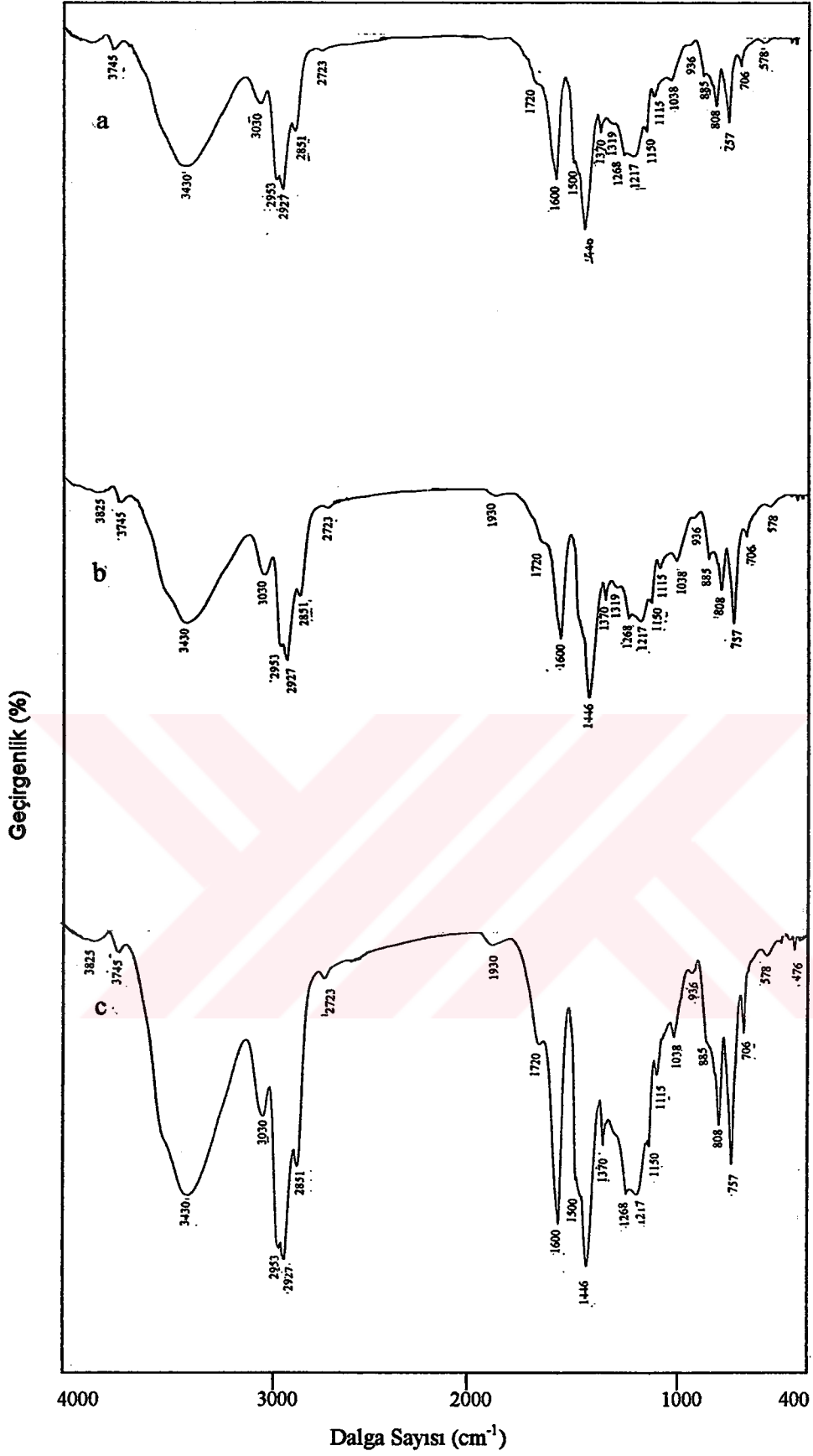
Şekil 6.85 Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damarları toluen eluatlarının FT-IR spektrumları



Şekil 6.86. Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b)  
toluen eluatlarının FT-IR spektrumları

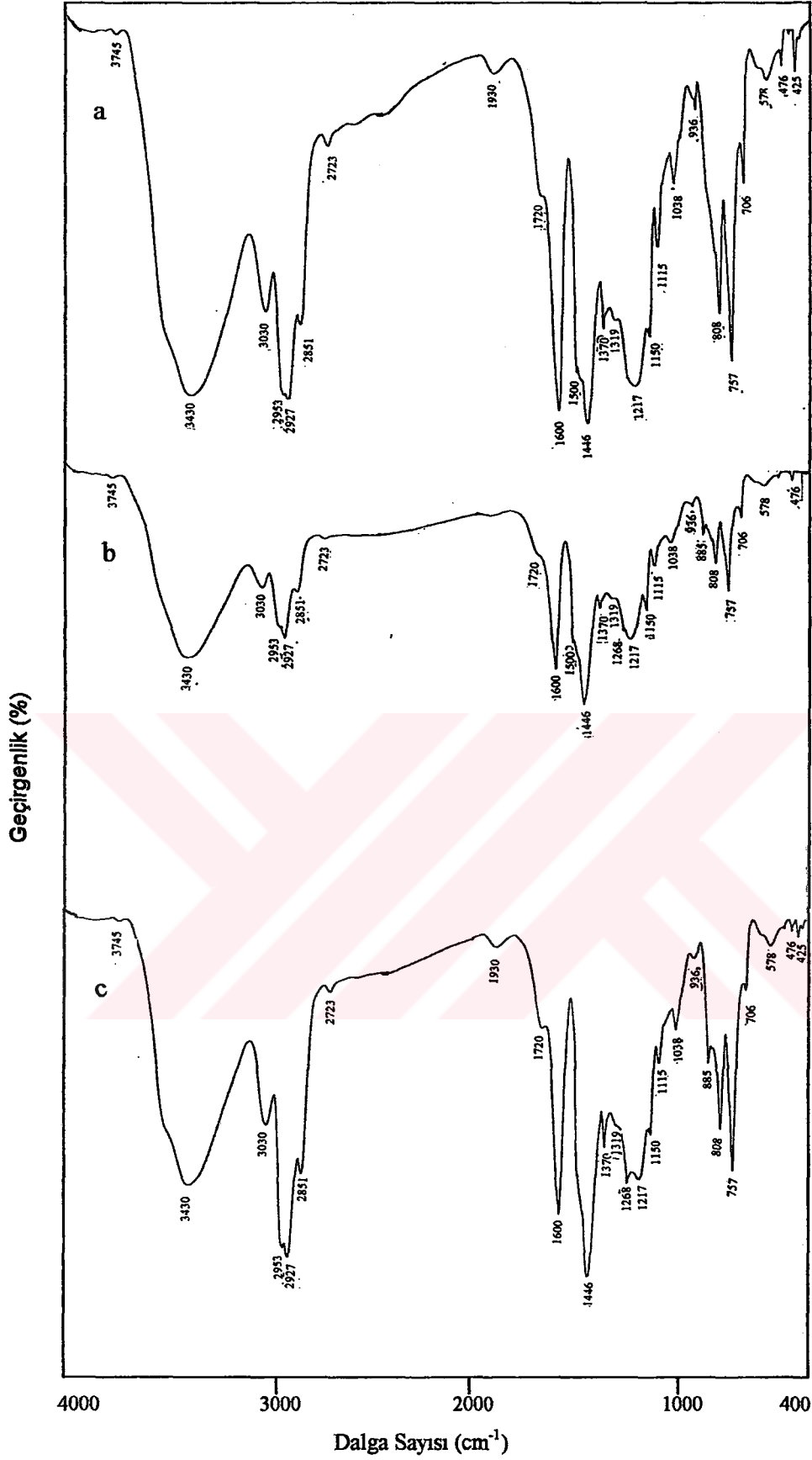


Şekil 6.87. Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) toluen eluatlarının FT-IR spektrumları

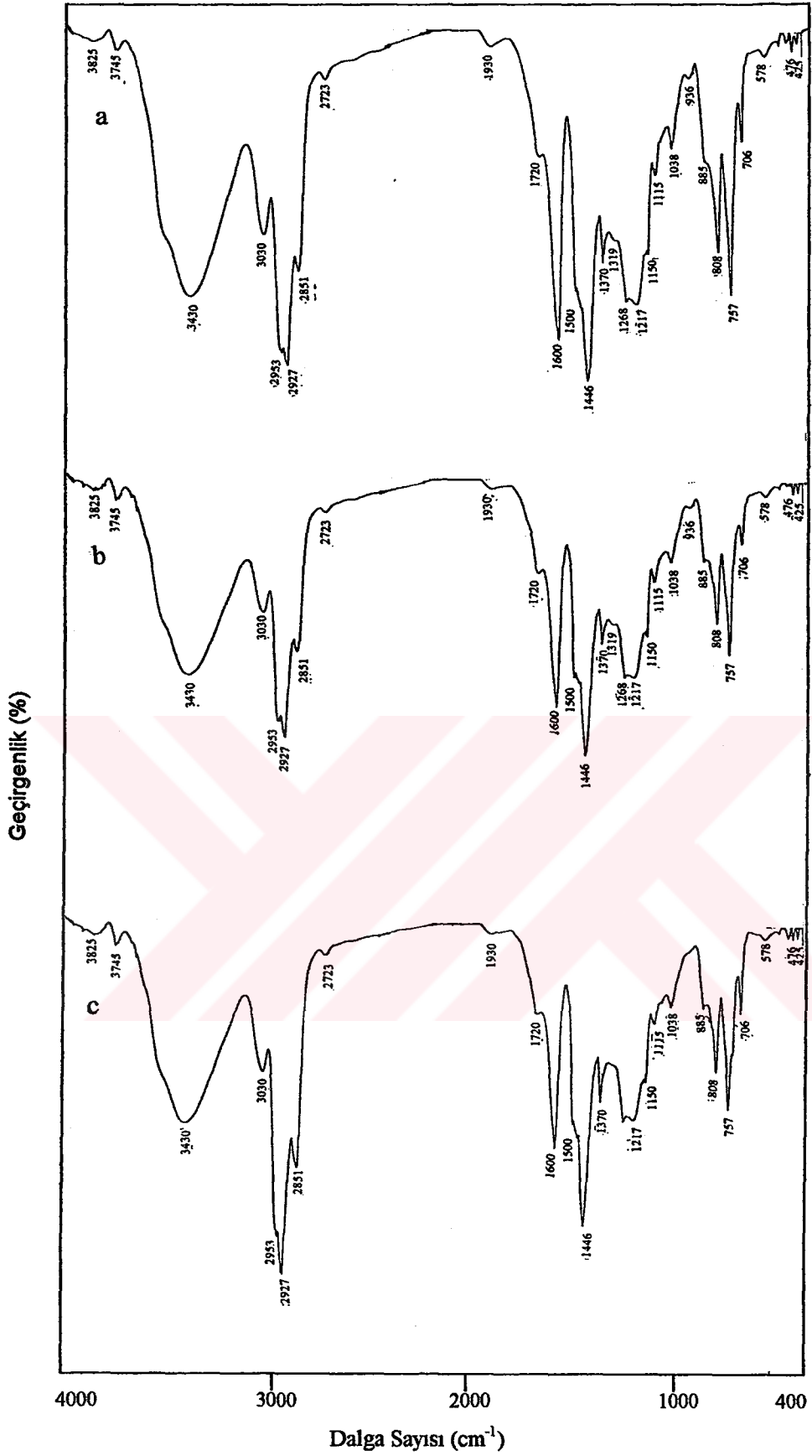


Şekil 6.88. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları  
 (a) %20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30ABD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40ABD+%60(ÜZ+KZ)

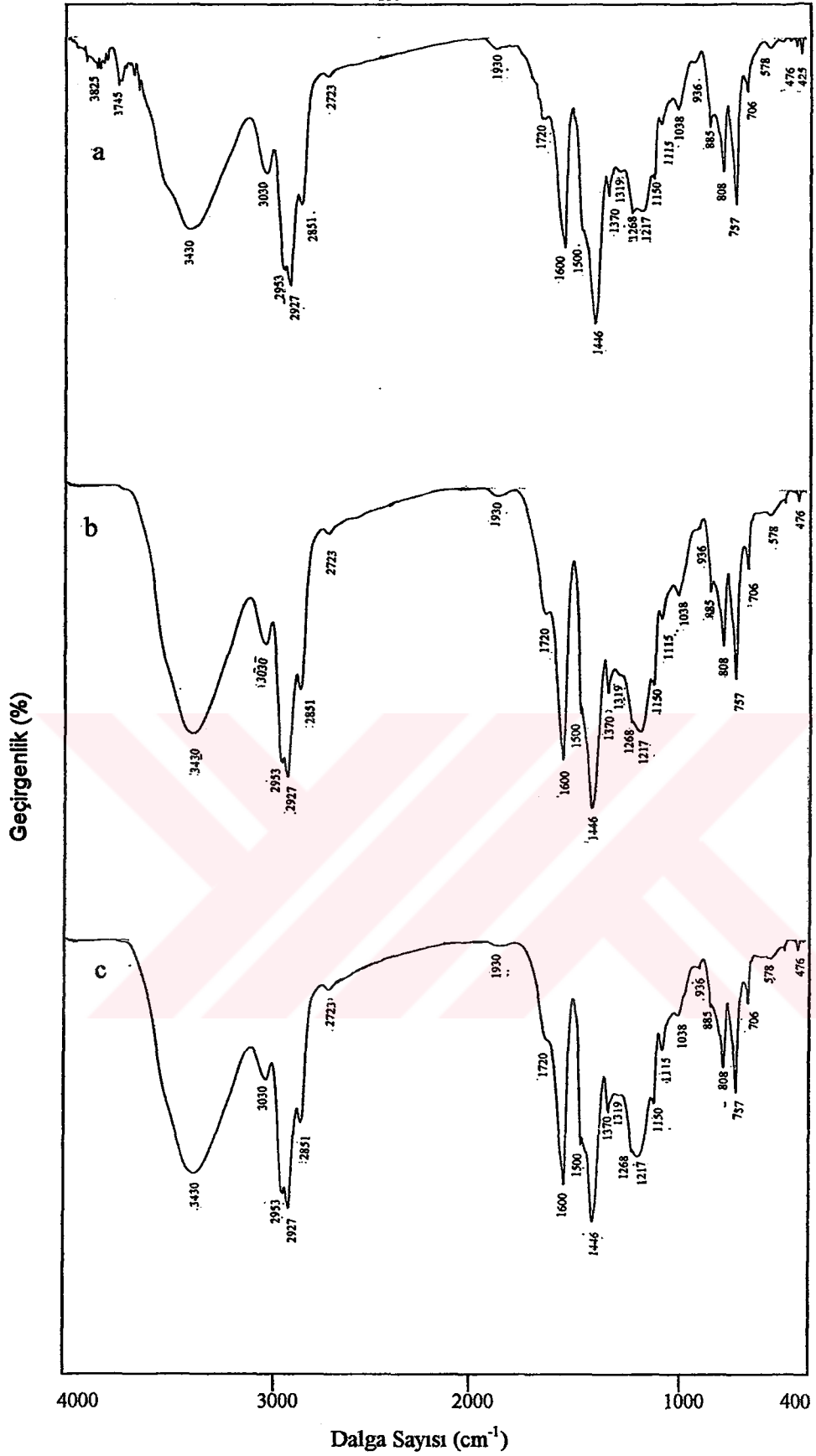




Şekil 6.89 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları  
(a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.90. Üzülmöz+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları  
 (a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ), (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.91 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının FT-IR spektrumları

(a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)

3030  $\text{cm}^{-1}$ , 1600  $\text{cm}^{-1}$  ve 1446  $\text{cm}^{-1}$  deki aromatikliği ifade eden pikler damar numunelerinin toluen eluatlarında Şiddetli bir pik verirken, Armutçuk ve Amasra için düşük Şiddetlidir. ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarında Armutçuk' un oranı arttıkça aromatiklik artarken, diğer karışımlarda belirgin bir azalma veya artma gözlenmemiştir.

Karbonilliği gösteren 1720  $\text{cm}^{-1}$  piki minimum seviyededir. Özellikle, Karadon eluatlarında daha belirgindir. Çok küçük olmasına rağmen, karışımda Armutçuk miktarının artması ile doğru orantılı, Amasra miktarı ile ters orantılı bir yön takip etmektedir.

1370  $\text{cm}^{-1}$ ' deki karbonil ve/veya fenolik hidroksillerin varlığını gösteren pik oldukça sivri ve belirgindir. Karışımlarda da Armutçuk ve Amasra' nın artışı ile büyümektedir. Fenolik hidroksil ve karbonil (C=O) gruplarının mevcut olması, toluen eluatlarının karboksil (COOH) gruplarını içerdiğini gösterebilir.

1268  $\text{cm}^{-1}$  ve 1217  $\text{cm}^{-1}$  deki pikler aromatik eterlerin mevcut olduğunun bir kanıtıdır. Bu pikler, Armutçuk ve Amasra' da diğer eluatlara göre daha büyük ve bir tepe oluşturmaktadırlar. Bu pikler karışımlarda da büyüktür.

1038  $\text{cm}^{-1}$ ' de aromatik C-H düzlem içi eğilmesi damar kömürlerinin toluen eluatlarında Şiddetli iken, karışımlarda bu Şiddetini yitirmiştir.

900-700  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki pikler aromatik halkaların substitüsyon tipini ve derecesini göstermektedir. Özellikle, 808  $\text{cm}^{-1}$  ve 757  $\text{cm}^{-1}$  bantlarının keskin ve büyük olması aril halkalarda iki komşu aromatik proton ve dört komşu aromatik protonun varlığını gösterir. Bu pikler damar kömürlerinin eluatlarında Şiddetli iken, karışımlarda daha düşük Şiddetli olduğu belirlenmiştir.

#### 6.4.3.2.2.2. $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumu

Şekil 6.92., 6.93., 6.94., 6.95., 6.96. ve 6.97.' de verilen Armutçuk, Amasra, ÜZ+KZ ve KR-KR karışımları ve bunların çeşitli oranlardaki karışımlarının toluen

eluatlarına ait spektrumlar, aromatik yapılarıdaki hidrojen, metilen köprüleri ve substitüe olmuş alifatik yapılara ait pikleri ile tipik bir kömür türevi spektrumu vermektedirler.

6.0-9.5 ppm dolayındaki pikler aromatik protonlardan, 4.0 ppm' deki pikler floren tipi bileşiklerden, 0.5-3.0 ppm aralığındaki pikler ise aromatik halkaya substitüe olmuş alifatik gruplardan ileri gelmektedir. Çizelge 6.69.' daki kimyasal kayma aralıkları kullanılarak hesaplanan hidrojen dağılımları Çizelge 6.85., 6.86., 6.87., 6.88., 6.89. ve 6.90.' da verilmektedir.

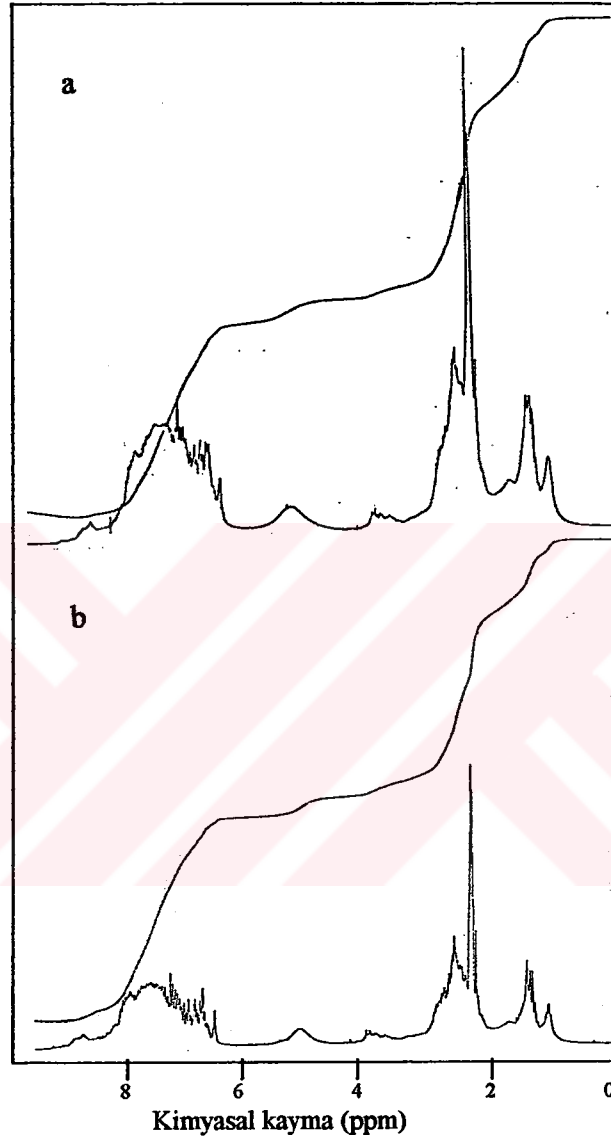
7.0-9.0 ppm arasında disubstitüe benzen halkaları ve fenantren türevi bileşiklerin varlığını gösteren pikler, karışımların toluen eluatlarında görülmemektedir. Bu pikler, özellikle %40ABD+%60(KR-KR) eluatında diğerlerine göre daha şiddetlidir.

8.3-9.0 pm aralığında görülen aromatik azota bağlı protonlar (Schultz vd., 1983) toluen eluatlarında görülmemektedir.

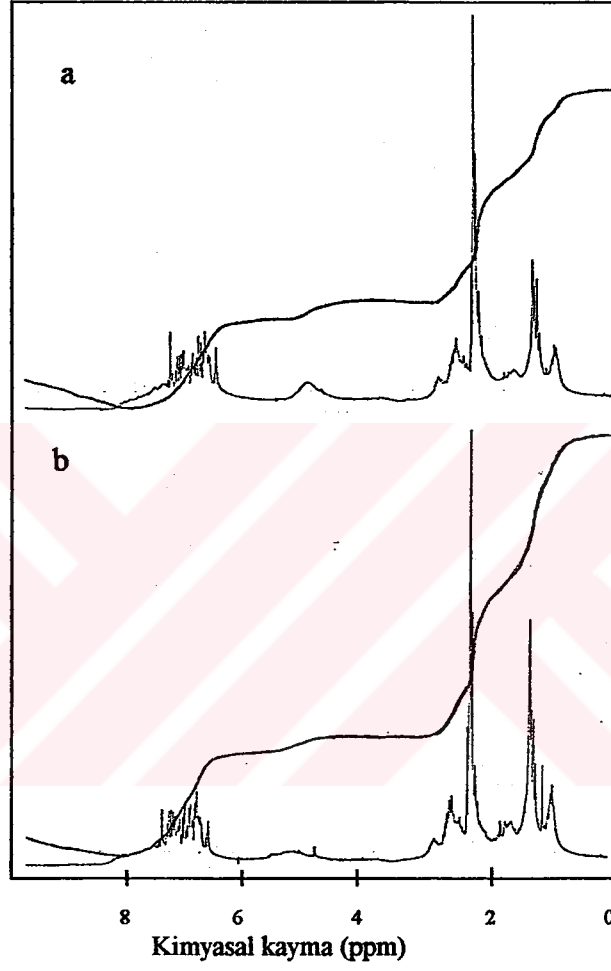
7.15 ppm' de (Schultz vd., 1983) toluen eluatlarının tamamında bulunan pikler benzen protonunu ifade etmektedirler.

Toluen eluatlarında 6.5-6.65 ppm kimyasal kayma aralığında saptanan aromatik halkaya komşu olefinik protonlar (Schultz, 1983) tek bir pik olarak karşımıza çıkmaktadır.

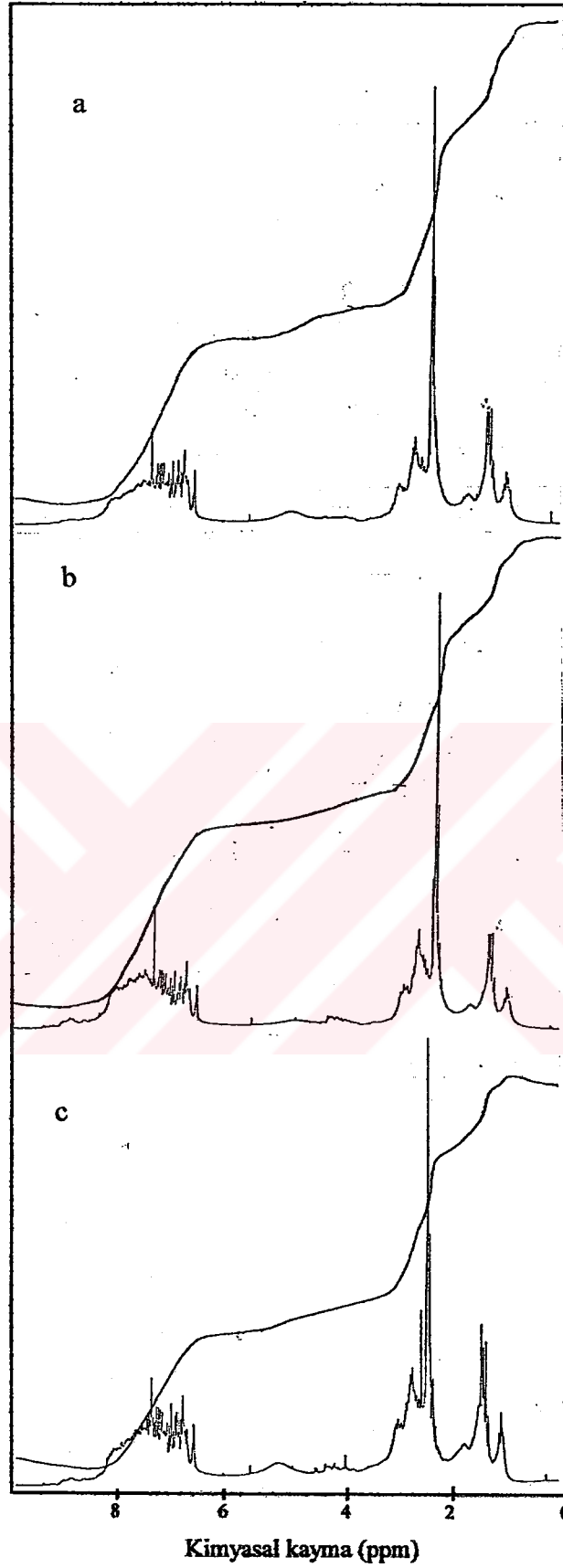
3.4-4.0 ppm aralığında görülen, aromatik halkaları bağlayan  $-CH_2$  gruplarından kaynaklanan (olefinik protonlar) (Collin vd., 1983) ve floren tipi bileşiklere ait pikler %40ABD+%60(ÜZ+KZ) ve %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) toluen eluatlarında mevcuttur. Bu pik, vitriniti oldukça zengin olan %40ABD+%60(ÜZ+KZ) toluen eluatında şiddetlidir. Semifüsinit oranı yüksek, inertinit oranı düşük olan %30ABD+%70(KR-KR) eluatında da düşük şiddette gözlenmiştir.



Şekil 6.92 Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) toluen eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları

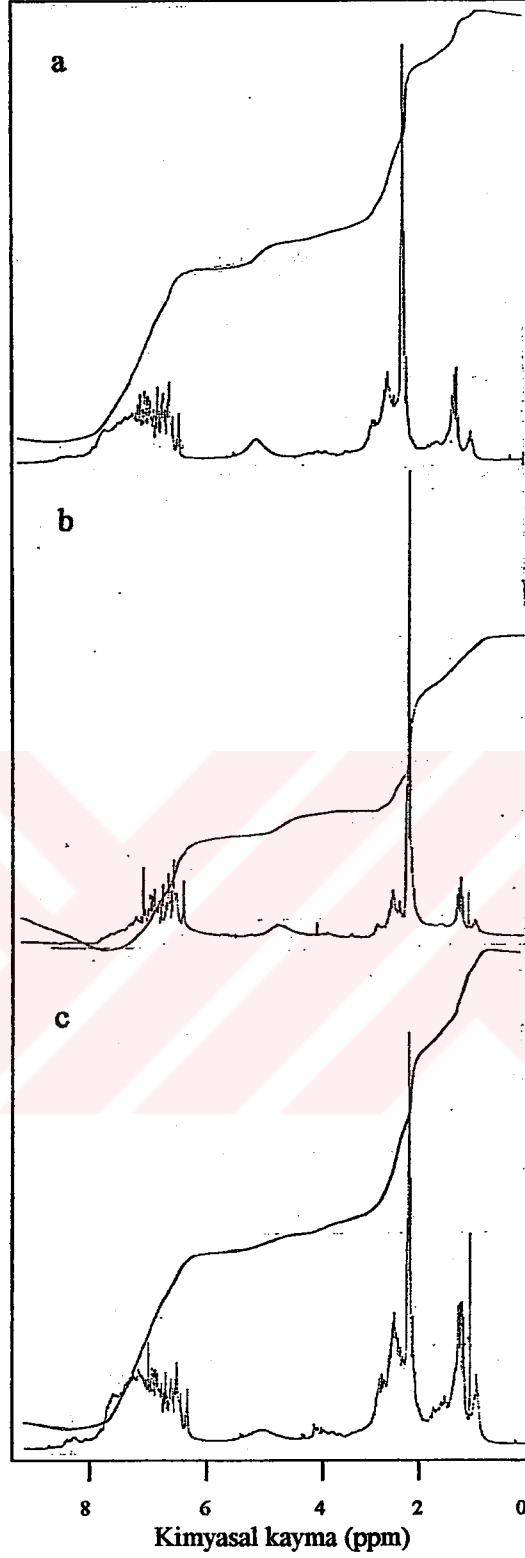


Şekil 6.93. Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar(b) toluen eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları

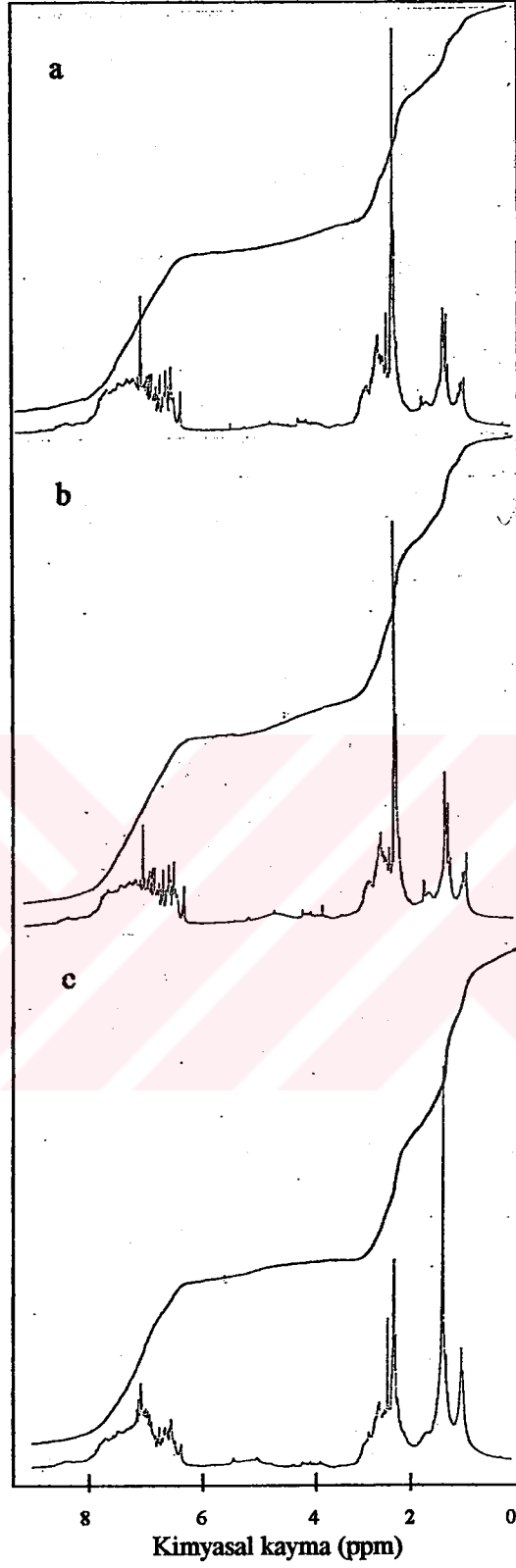


Şekil 6.94 Üzülmöz+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları  
(a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ); (c )%40ABD+%60(ÜZ+KZ)

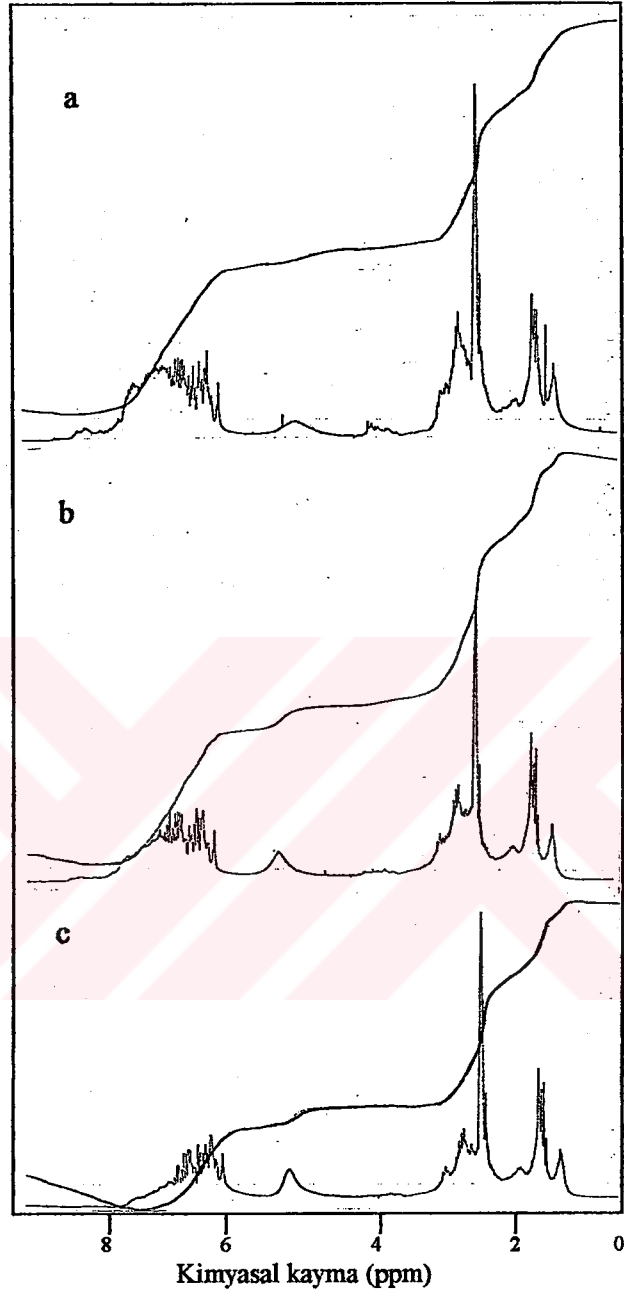




Şekil 6.95. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları, (a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.96 Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları (a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ); (c)%40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.97. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları, (a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)

Hekzan eluatlarında 1.25 ppm' de gözlenen ve uzun düz zincirli alkanların  $\text{CH}_2$  hidrojenlerinin karakteristiklerini belirleyen pik semifüsinit ve inertinit oranı düşük olan %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) hariç diğer eluatlarda düşük şiddette bulunmaktadır.

0.5-1.0 ppm aralığında zincir ucundaki metil gruplarının varlığını gösteren pik ÜZ+KZ, KR-KR ve %40ABD+%60(KR-KR) eluatlarında mevcut değildir. AÇD+(ÜZ+KZ) eluatlarında metil gruplarının fazla miktarda olması  $H_\gamma$  değerlerinin yüksek olmasından anlaşılmaktadır.

Hem Armutçuk hem de Amasra ile yapılan karışımlarda, Armutçuk ve Amasra' nın oranı arttıkça, vitrinit oranının artışına bağlı olarak aromatik protonların sayısında azalma saptanmıştır. ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarının liptinit oranı ile aromatik protonların oranı doğru orantılı olarak azalma göstermektedir. ABD+(KR-KR), AÇD+(ÜZ+KZ) ve AÇD+(KR-KR) karışımlarında ise liptinit oranı artış gösterirken aromatik protonların miktarı azalmaktadır. Karışımlarda artan Armutçuk ve Amasra oranına göre semifüsinit ve inertinit oranlarının azalması ile aromatik proton miktarlarında azalış saptanmıştır. Aromatik proton miktarının azalmasına bağlı olarak,  $H_\beta$  oranının artması uzun düz zincirli alkil gruplarının çoğalmasının ifadesidir.

Hekzan eluatında yüksek oranda bulunan  $H_\beta$  protonları , toluen eluatında daha düşük miktardadır. Vitrinit oranı düşük, semifüsinit ve inertinit miktarı yüksek olan %20ABD+%80(KR-KR) karışımının  $H_\beta$  seviyesi oldukça düşüktür.

Toluen eluatlarında aromatik halkaları bağlayan metilenlerin hidrojen ( $H_{\alpha,2}$ ) miktarları karışımların tamamında oldukça düşük seviyededir.

Toluen eluatlarının hidrojen tiplerinin kantitatif olarak dağılımlarını gösteren Çizelgeler de 6.84, 6.85, 6.86, 6.87 ve 6.88' de verilmiştir.

Çizelge 6.84. Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H-n.m.r.}$  spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

TOLUEN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
BÜYÜK	24.35	3.99	39.66	26.28	5.72
ÇINARLI	27.78	1.93	33.16	31.48	5.65

Çizelge 6.85. Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H-n.m.r.}$  spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

TOLUEN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KZ+ÜZ	44.44	3.33	36.67	15.56	-
%20 ABD %80 KZ+ÜZ	42.70	6.11	32.82	17.35	1.02
%30 ABD %70 KZ+ÜZ	40.00	5.67	37.32	14.95	2.06
%40 ABD %60 KZ+ÜZ	38.46	5.10	39.49	16.31	0.64

Çizelge 6.86. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

TOLUEN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KR-KR	46.33	3.95	36.16	13.56	-
%20 ABD %80 KR-KR	44.57	5.43	39.13	9.78	1.09
%30 ABD %70 KR-KR	41.98	5.47	38.44	12.67	1.44
%40 ABD %60 KR-KR	39.42	4.09	38.22	18.27	-

Çizelge 6.87. Üzülmöz+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

TOLUEN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KZ+ÜZ	44.44	3.33	36.67	15.56	-
%20 AÇD %80 KZ+ÜZ	40.34	5.68	32.95	17.73	3.30
%30 AÇD %70 KZ+ÜZ	37.95	5.61	34.97	19.60	1.87
%40 AÇD %60 KZ+ÜZ	36.01	1.61	28.44	30.27	3.67

Çizelge 6.88. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen toluen eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumlarına göre hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

TOLUEN ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	H <sub>ar</sub>	H <sub>α,2</sub>	H <sub>α</sub>	H <sub>β</sub>	H <sub>γ</sub>
KR-KR	46.33	3.95	36.16	13.56	-
%20 AÇD %80 KR-KR	40.32	2.23	35.17	20.36	1.92
%30 AÇD %70 KR-KR	35.42	2.23	39.67	20.02	2.66
%40 AÇD %60 KR-KR	29.20	1.55	43.00	23.60	2.65

#### 6.4.3.2.3. Metanol eluatının yapısının incelenmesi

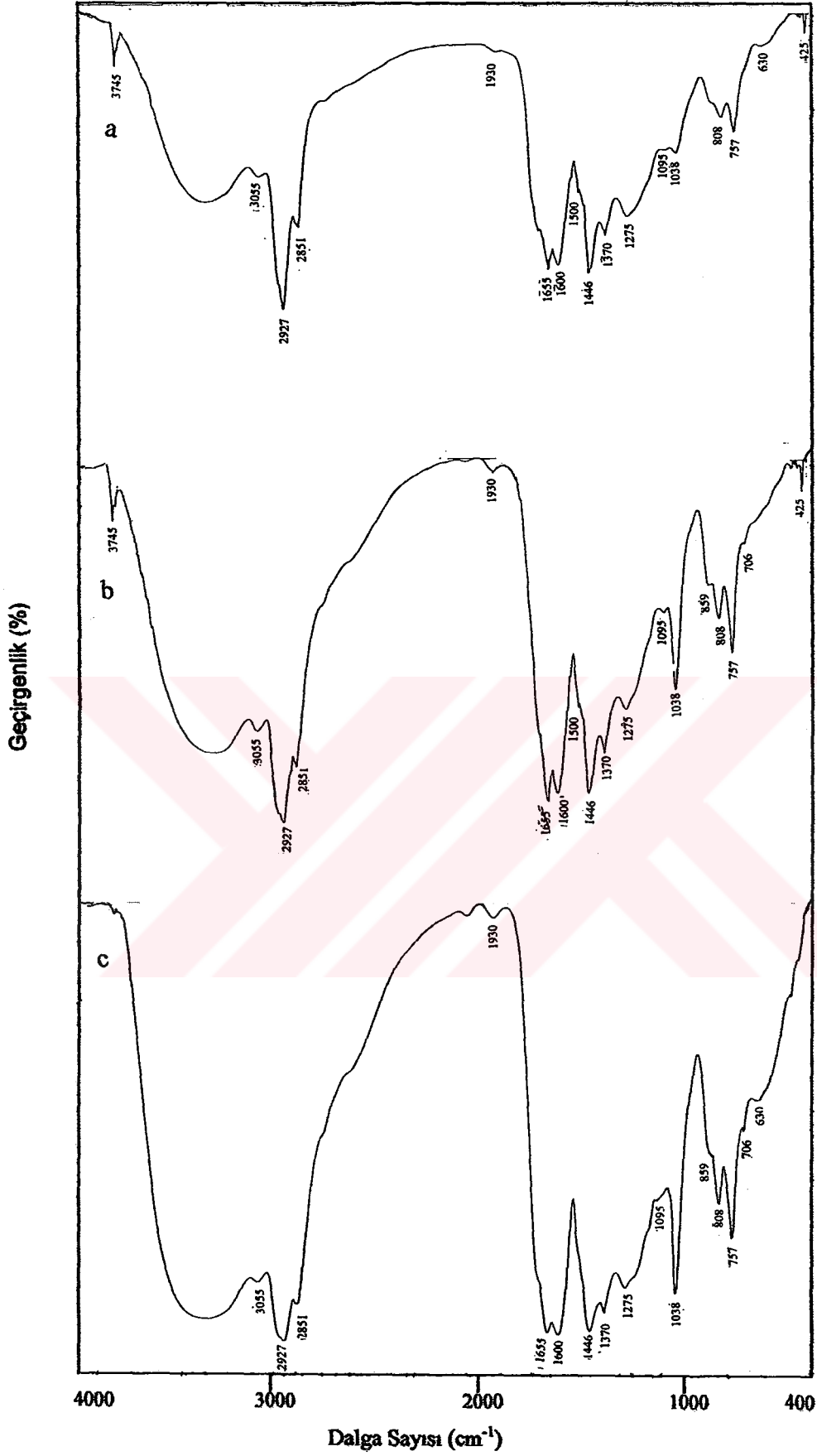
##### 6.4.3.2.3.1. FT-IR spektrumu

Metanol eluatlarının FT-IR spektrumları Şekil 6.99., 6.100., 6.101., 6.102., 6.103. ve 6.104.' de verilmiştir.

Metanol eluatlarının FT-IR spektrumlarında, 3800-3100 cm<sup>-1</sup> aralığında oldukça yayvan ve büyük bir pik bulunmaktadır. Bu pik, hidroksil yapı (fenolik -OH) ve kısmen de pirolük N-H gerilmesinin oldukça şiddetli olduğunun bir ifadesidir. Pikin geniş olması fenollerin H- bağları ile bağlanmış olduğunun göstergesidir. 3400 cm<sup>-1</sup> dalga boyundaki pik bu eluatların polar yapıda olduklarını ispatlamaktadır.

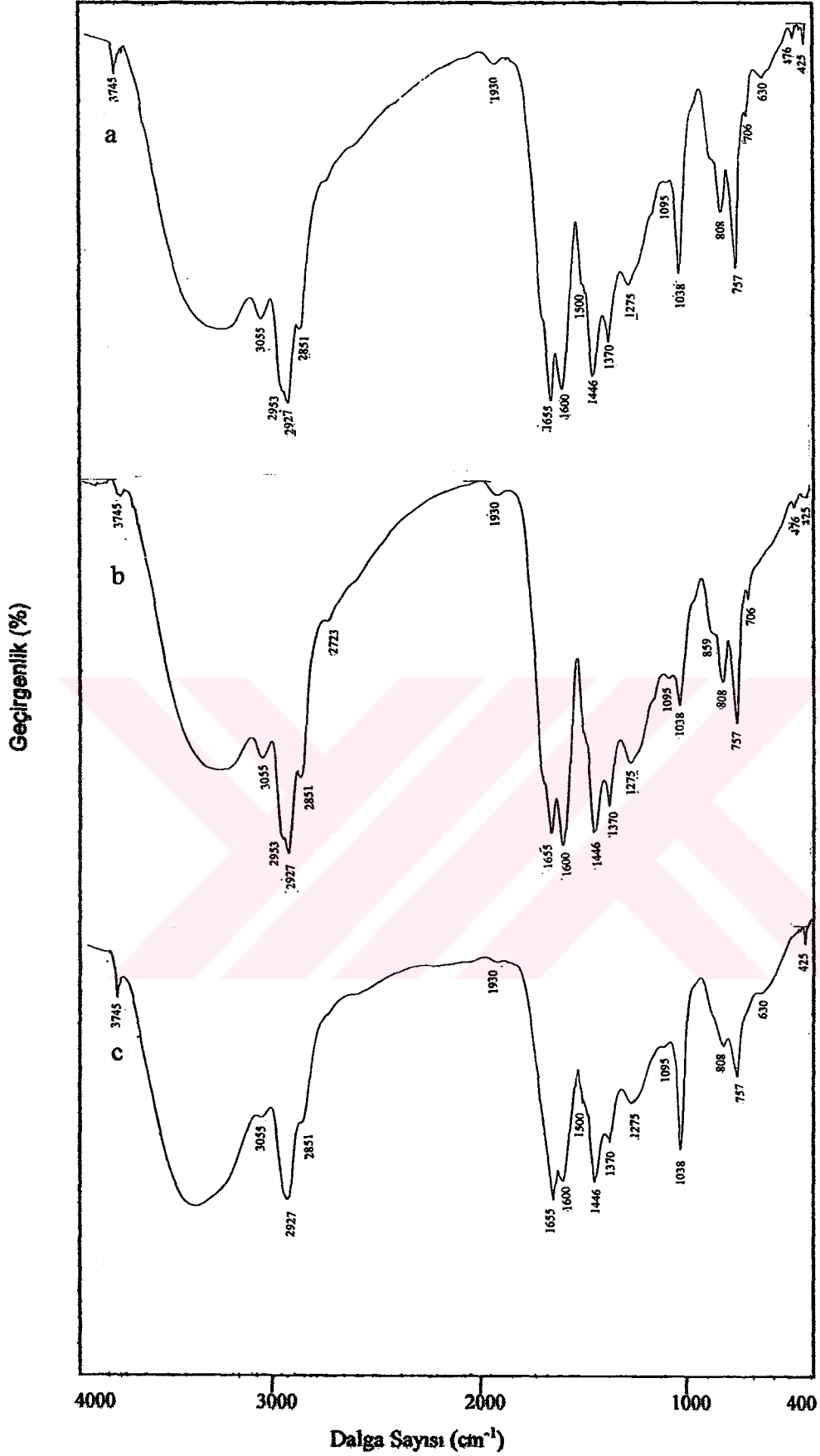
Toluen eluatına göre daha düşük alifatik C-H gerilme titreşimleri mevcuttur.

1650-1600 cm<sup>-1</sup> aralığında ikili bir tepe oluşturan bant C=C, C=O ve siklo olefinlerin varlığını kanıtlar. Ayrıca, 1600 cm<sup>-1</sup>' deki pik piridinlerin de mevcut olabileceğini gösterir. Genellikle bu bantta, karışımlarda Armutçuk ve Amasra' nın

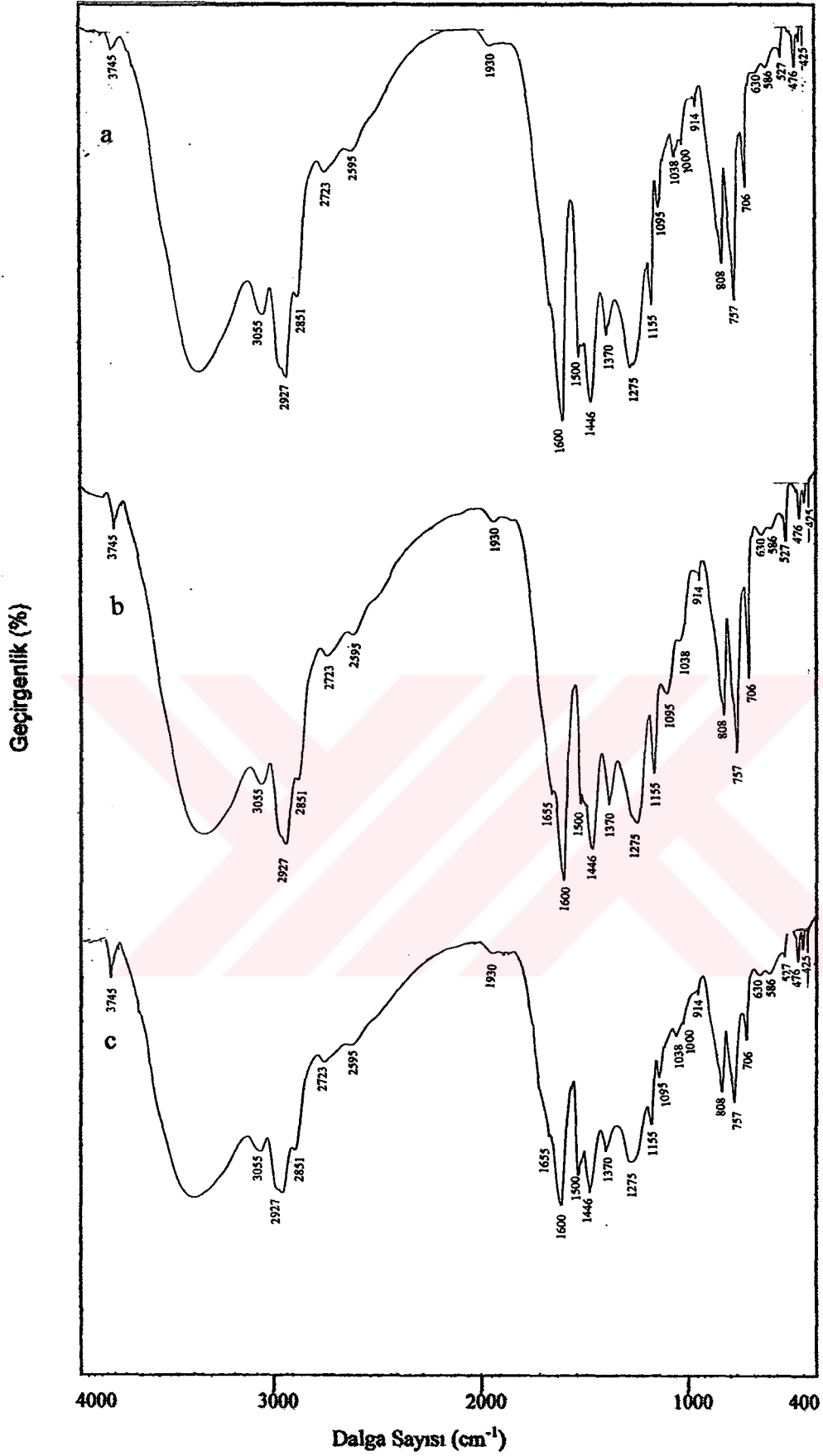


Şekil 6.98 Üzülmaz işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Nasıfoğlu (c) damarları metanol eluatlarının FT-IR spektrumları

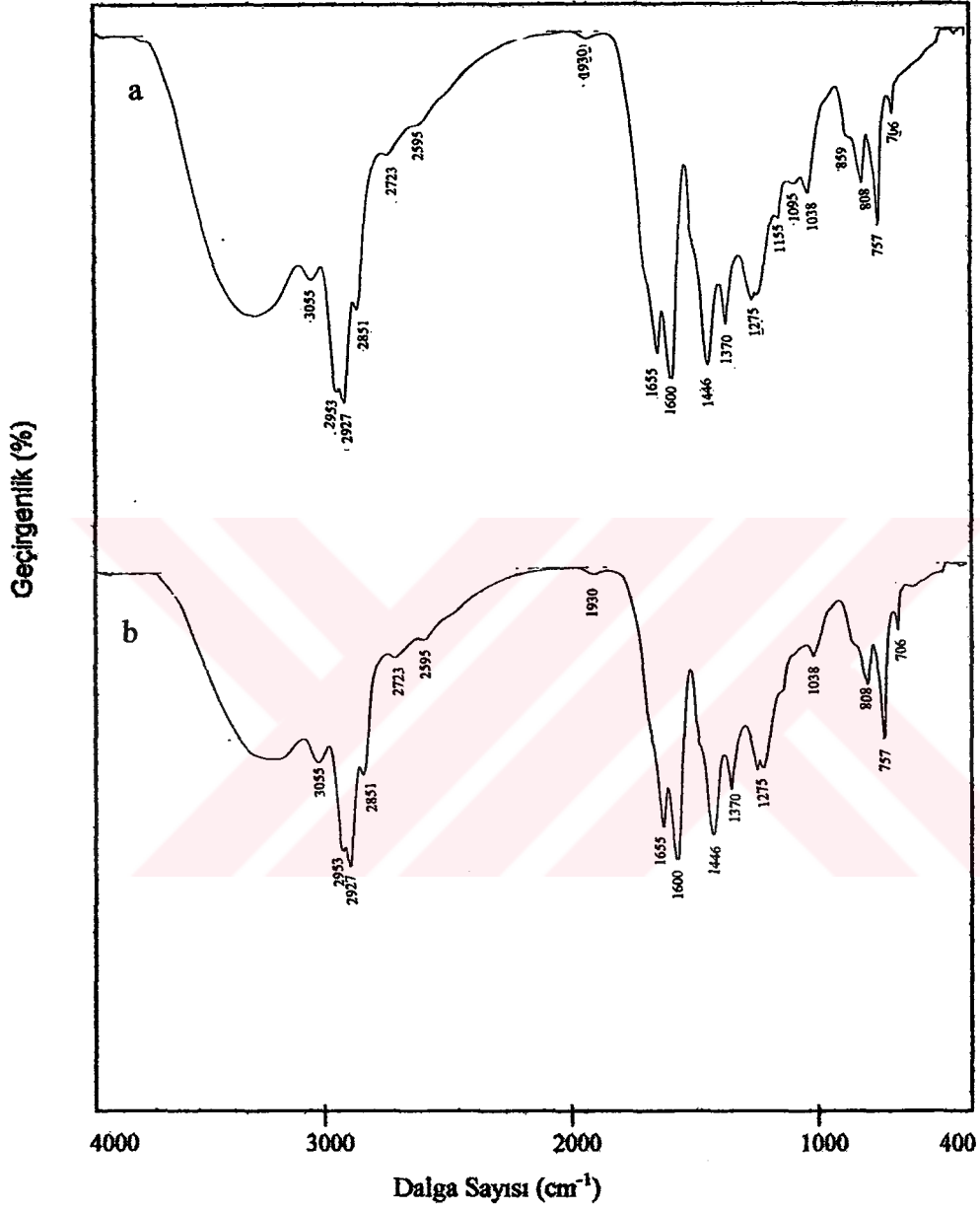




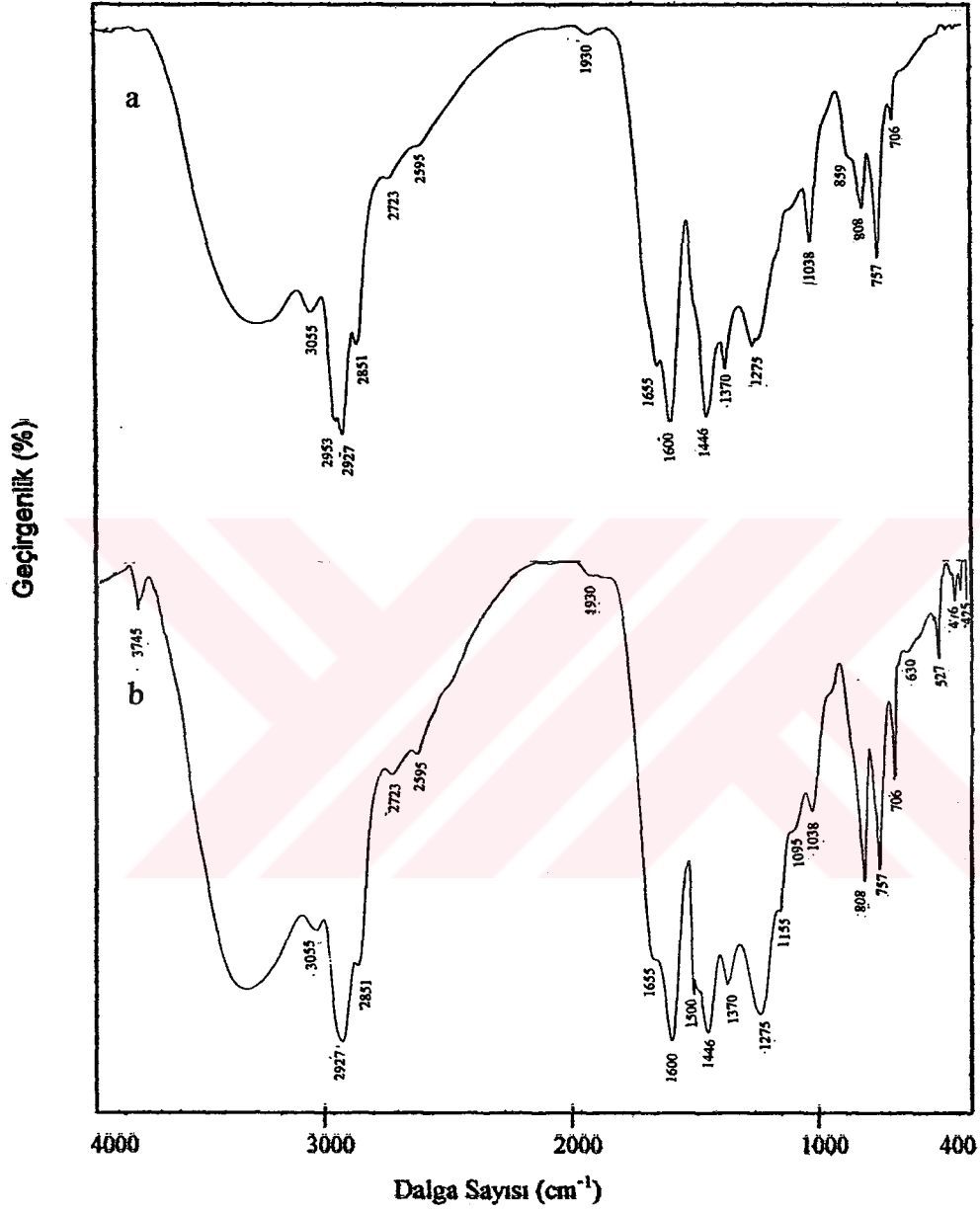
Şekil 6.99 Kozlu İşletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Büyükkış (c) damarları metanol eluatlarının FT-IR spektrumları



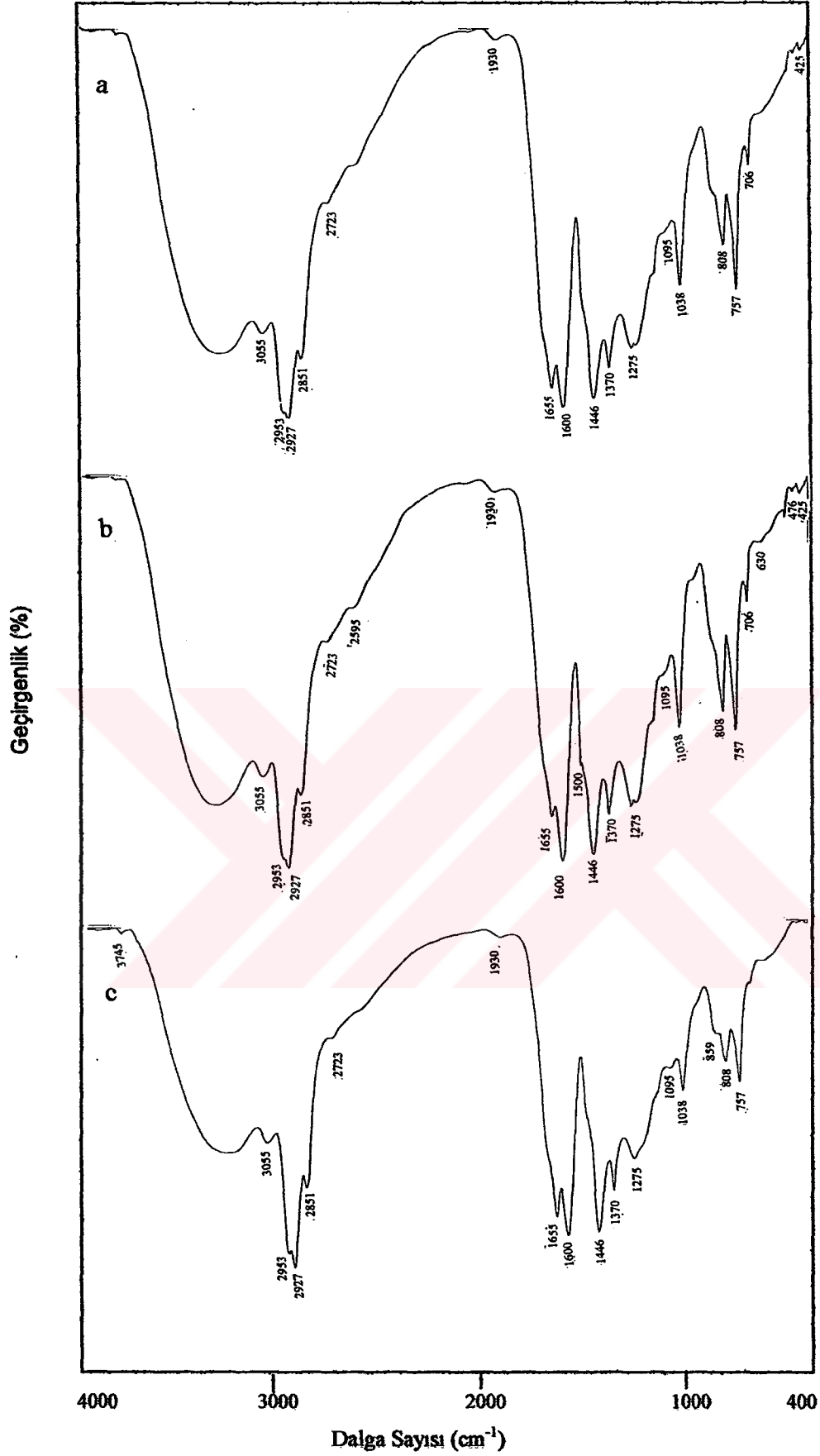
Şekil 6.100 Karadon işletmesi Sulu (a), Çay (b) ve Akdağ (c) damarları metanol eluatlarının FT-IR spektrumları



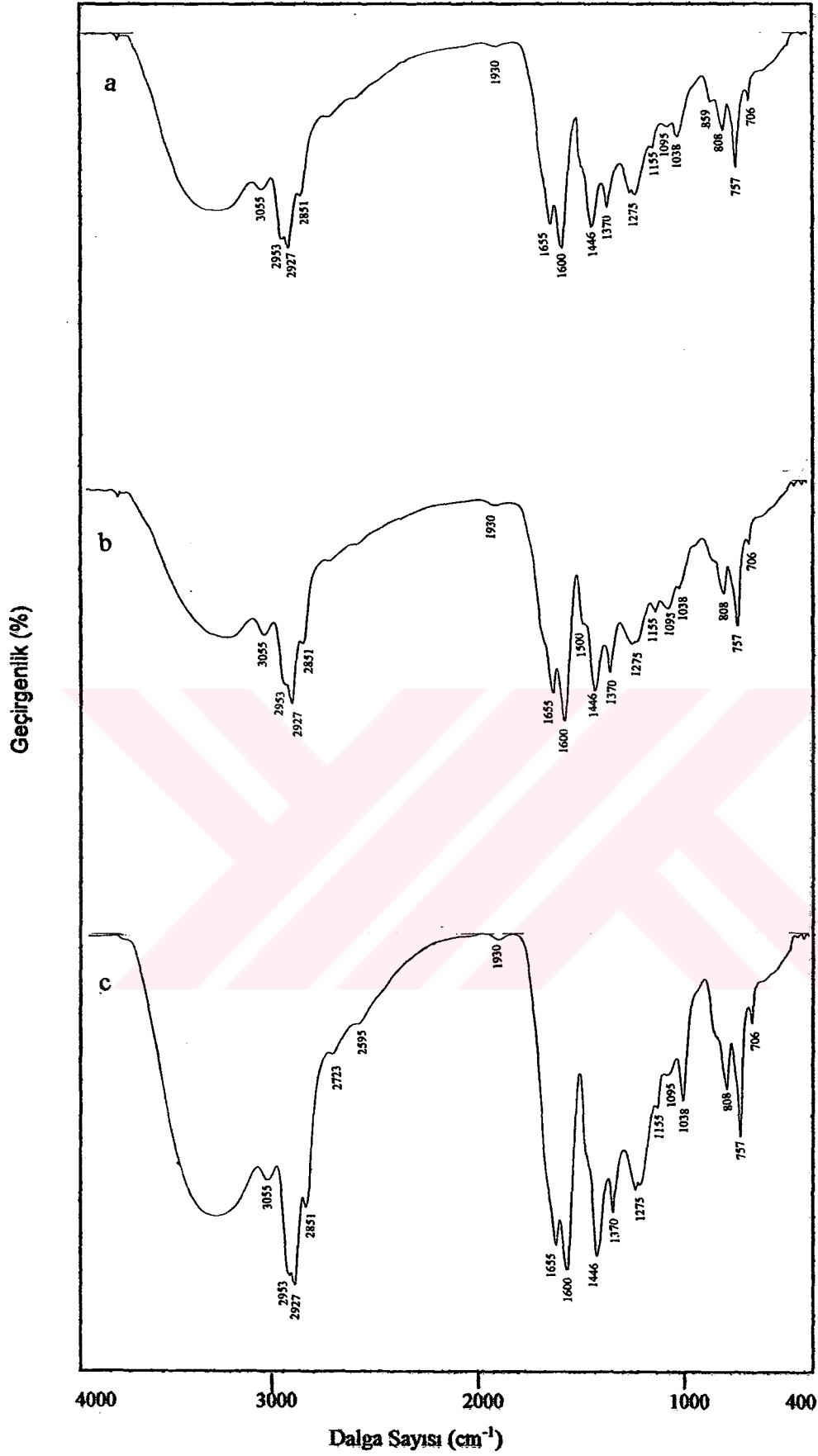
Şekil 6.101. Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon karışım (b) metanol eluatlarının FT-IR spektrumları



Şekil 6.102 Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) metanol eluatlarının FT-IR spektrumları

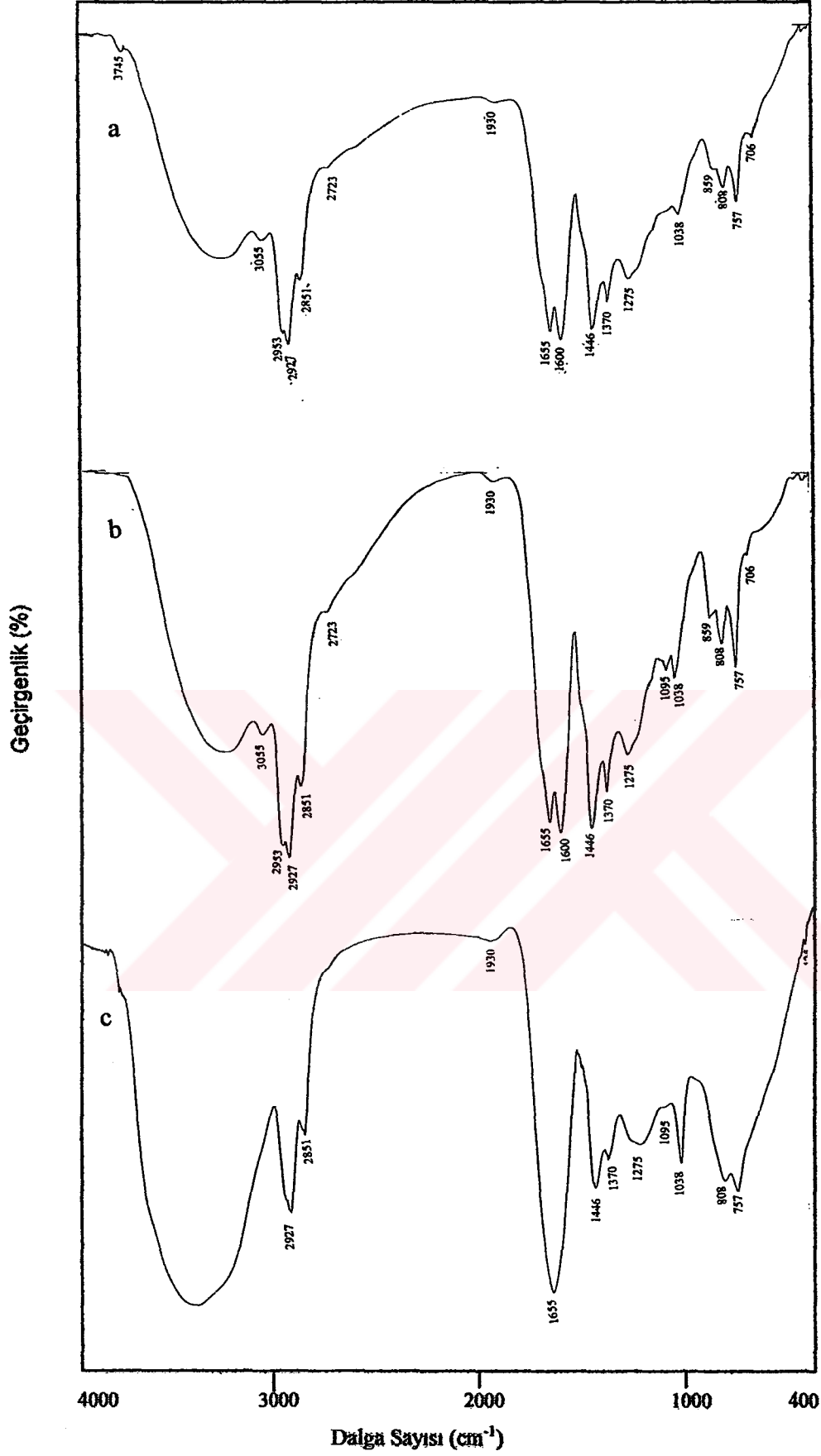


Şekil 6.103. Üzümmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları  
(a) %20 ABD + %80 (ÜZ+KZ), (b) %30 ABD + %70 (ÜZ+KZ); (c) %40 ABD + %60 (ÜZ+KZ)

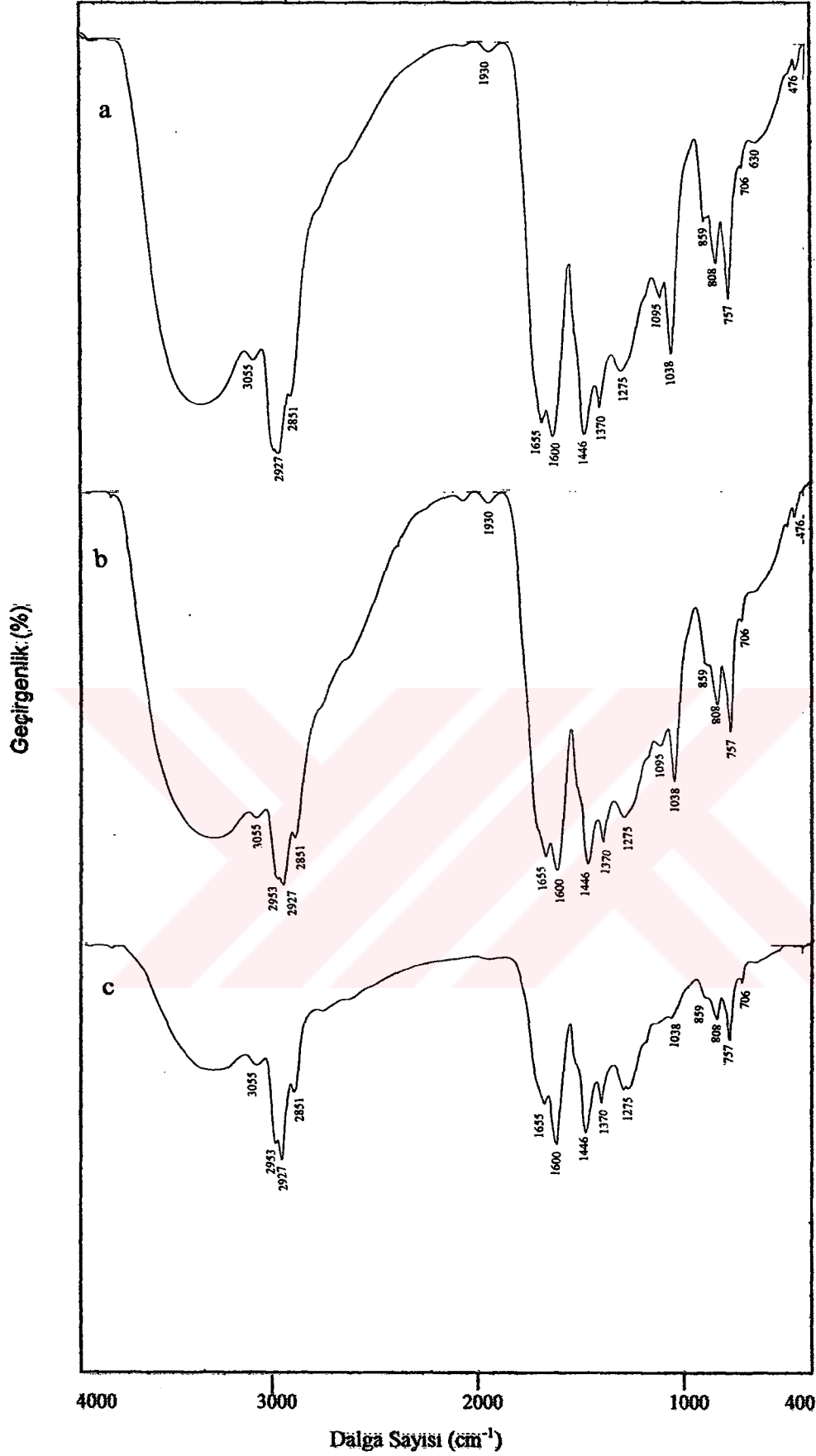


Şekil 6.104 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları

(a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.105. Üzülmez+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları (a) %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b) %30AÇD+%70(ÜZ+KZ); (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)



Şekil 6.106. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı

ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının FT-IR spektrumları

(a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)



artış oranına bağlı olarak azalma görülmüştür. %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) eluatında da  $1600 \text{ cm}^{-1}$  piki kaybolmuştur.

Aynı zamanda  $1446 \text{ cm}^{-1}$ 'deki pik aromatikliği ifade etmektedir. Bu pik toluen eluatlarına göre hem damar hem de karışımların eluatlarında oldukça büyüktür.  $1500 \text{ cm}^{-1}$  piki de aromatikliğin bir göstergesidir ve Karadon eluatlarında belirgin olarak saptanmıştır.

Toluen eluatlarında olduğu gibi karbonil ve fenolik -OH gruplarının mevcut olması metanol eluatlarının da karboksil (COOH) grupları içerdiğini gösterebilir.

$1275 \text{ cm}^{-1}$  pikinin şiddetli olması aromatik eterlerin (C-O-C) toluen eluatlarına göre daha fazla olduğunun bir göstergesidir.

Aynı şekilde, aromatik C-H düzlem içi eğilmesini ifade eden  $1038 \text{ cm}^{-1}$  piki Karadon ve Karadon karışımlarının metanol eluatlarında toluen eluatlarına göre daha şiddetlidir.

$808 \text{ cm}^{-1}$  ve  $757 \text{ cm}^{-1}$  piklerinin oldukça şiddetli olması metanol eluatlarının diğer eluatlara göre daha fazla aromatik yapı içerdiğinin bir kanıtıdır. Amasra ile yapılan karışımlarda  $808 \text{ cm}^{-1}$  pikinin şiddeti azalmaktadır.  $757 \text{ cm}^{-1}$  piki ise sivri ve  $808 \text{ cm}^{-1}$  pikinin iki katı büyüklüğündedir. Bu, aril halkalara komşu dört aromatik protonun daha yoğun olarak bulunduğu bir ifadesidir.

#### 6.4.3.2.3.2. $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumu

Karışımların metanol eluatlarına ait  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları şekil 6.105., 6.106., 6.107., 6.108., 6.109. ve 6.110.'da verilmiştir.

Aromatik azota bağlı protonlar (8.3-9.0 pm) (Schultz vd., 1983) metanol eluatlarında bulunmamaktadır.

7.15 ppm' de (Schultz vd., 1983) görülen pikler benzen protonunun varlığını kanıtlamaktadır.

6.0-9.0 ppm aralığında fenol ve yapısında azot gibi heteroatomları bulunduran aromatik bileşiklerin hidrojenlerinden kaynaklanan piklere karışımların tamamında rastlanmıştır.

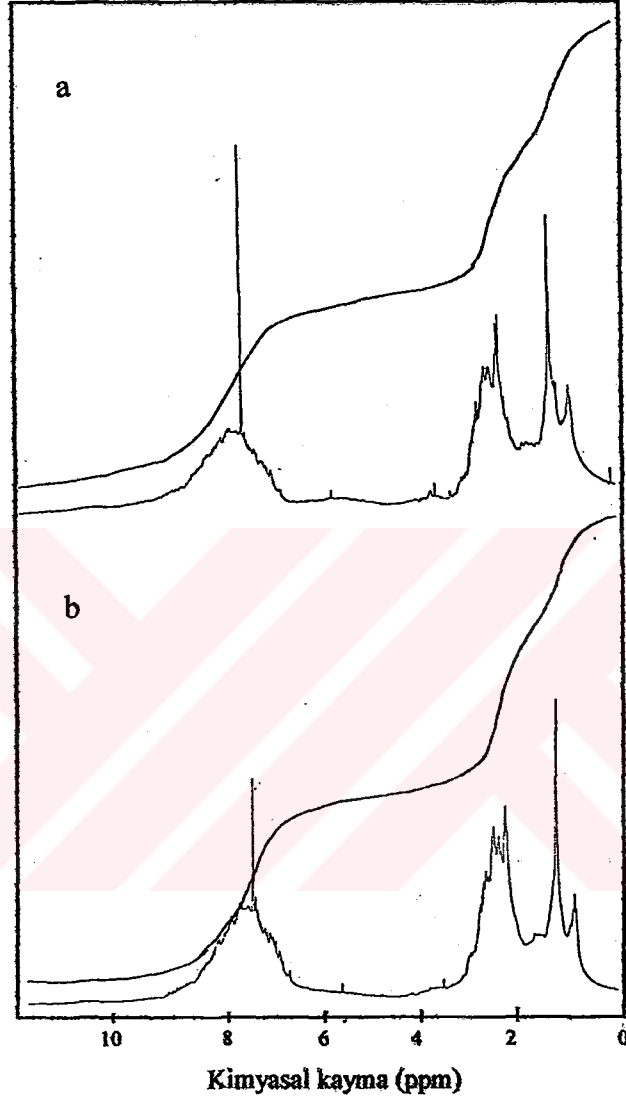
6.5-6.65 ppm aralığında aromatik halkaya komşu olefinik protonlara (Schultz, 1983) ÜZ+KZ, KR-KR, AÇD, %30ABD+%70(ÜZ+KZ), %20ABD+%80(KR-KR), %40ABD+%60(KR-KR) metanol eluatlarında çok düşük seviyede rastlanmıştır.

3.4-5.0 ppm aralığında görülen, aromatik halkaları bağlayan metilenlerin hidrojenlerine (olefinik protonlar) (Collin vd., 1983) ait pikler az ve küçük şiddette olmak üzere sadece %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) metanol eluatında bulunmaktadır.

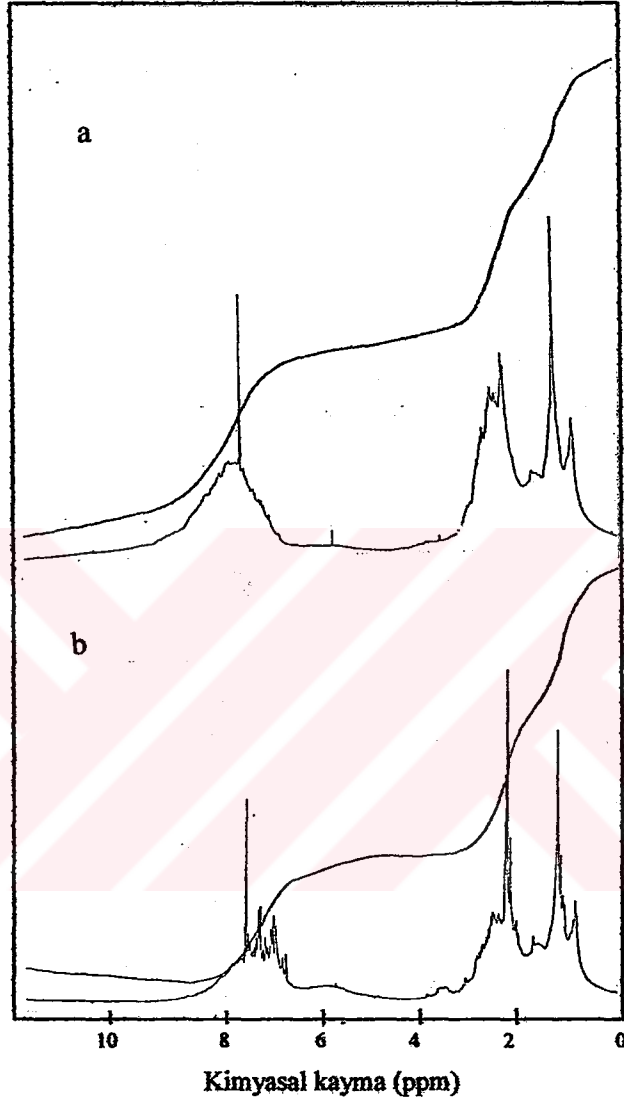
3.5-4.2 ppm aralığında  $-OCH_n$  gibi eterik bileşikler ve  $-CSH$ ,  $-CH_2OH$  gibi heteroatom içeren bileşiklerin hidrojenlerine ait pikler oldukça düşük şiddette görülmektedir.

Zincir ucundaki  $CH_3$  gruplarını varlığını gösteren 0.5-1.0 ppm aralığındaki pik bütün karışımlarda bulunmaktadır. %40ABD+%60(KR-KR) eluatunda bu pikin çok yüksek olması metil gruplarının diğer eluatlara göre daha fazla miktarda bulunduğunun işaretidir.

Metanol eluatlarında aromatik karakterli polar bileşiklerin yüksek değerinde olduğu bulunmuştur. ABD+(ÜZ+KZ) toluen eluatları ile karşılaştırıldığında metanol eluatlarının aromatikliğinin daha fazla, ABD+(KR-KR) karışımının hem toluen hem de metanol eluatlarında aromatikliğin aynı değerinde olduğu saptanmıştır. AÇD+(ÜZ+KZ) toluen eluatlarının metanol eluatlarından daha aromatik, buna karşılık AÇD+(KR-KR) eluatlarında ise hemen hemen yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 6.107. Üzülmez+Kozlu karışım (a) ve Karadon Karışım (b) metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları



Şekil 6.108. Armutçuk işletmesi Büyük damar (a) ve Amasra işletmesi Çınarlı damar (b) metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları

Hem Armutçuk hem de Amasra ile yapılan karışımlarda Armutçuk ve Amasra' nın miktarlarının artması ile aromatik polar bileşiklerin oranlarında düşüş görülmesi, bu numunelerin ürünlerin aromatikliğini azaltıcı yönde etki yaptığını göstermektedir. %20AÇD+%80(KR-KR), %30AÇD+%70(KR-KR), %40AÇD+%60(KR-KR) eluatlarında ise bu bileşiklerin sayısının birbirine yakın miktarlarda olduğu saptanmıştır.

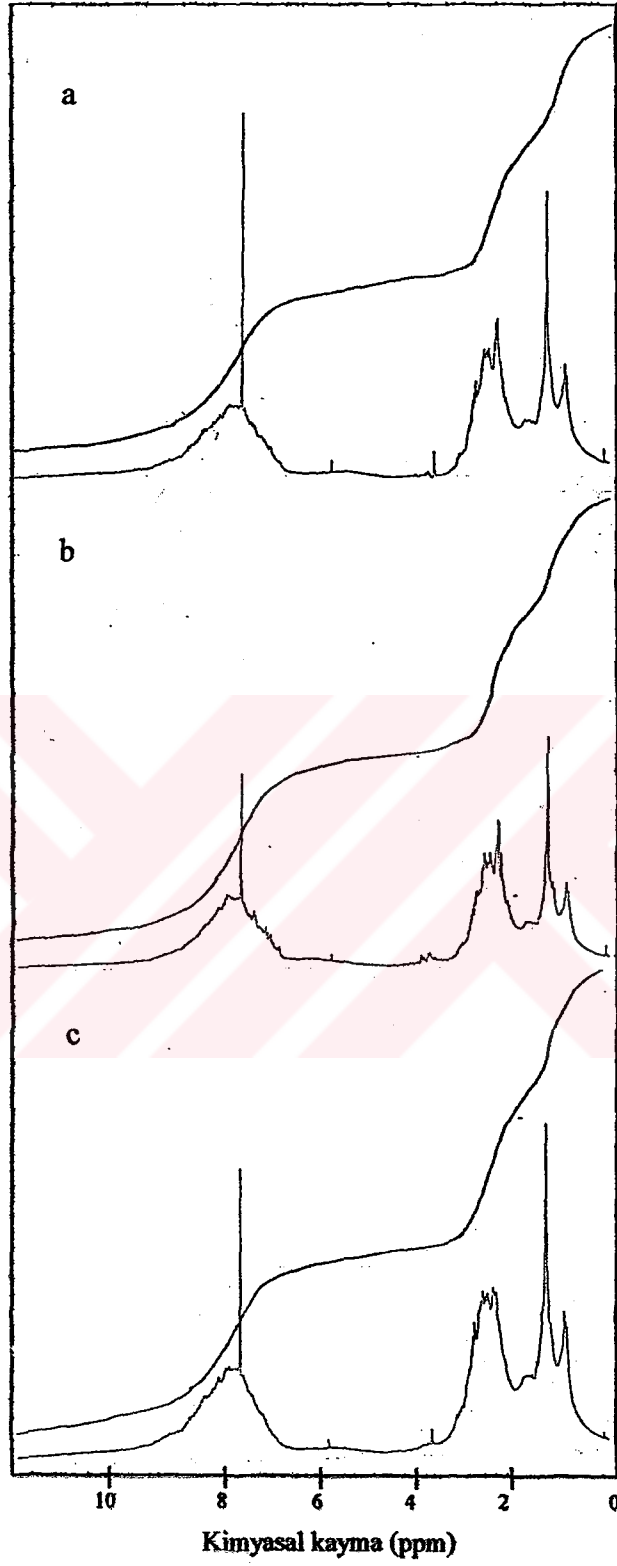
H<sub>β</sub> oranları aromatik bileşiklerin aksine karışımdaki Armutçuk ve Amasra' nın artmasına bağlı olarak yükselme göstermektedir. Sadece, %20AÇD+%80(KR-KR), %30AÇD+%70(KR-KR), %40AÇD+%60(KR-KR) karışımları aynı zincir uzunluğunda alkil gruplarına sahiptir.

Liptinit oranı yüksek, inertinit ve semifüsinit oranları düşük olan %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) metanol eluatının aromatik polar bileşikleri miktarı oldukça düşük seviyede iken, yapısında uzun düz zincirli alkil gruplarının fazla olması H<sub>β</sub> oranının yüksek seviyede olması ile anlaşılmaktadır.

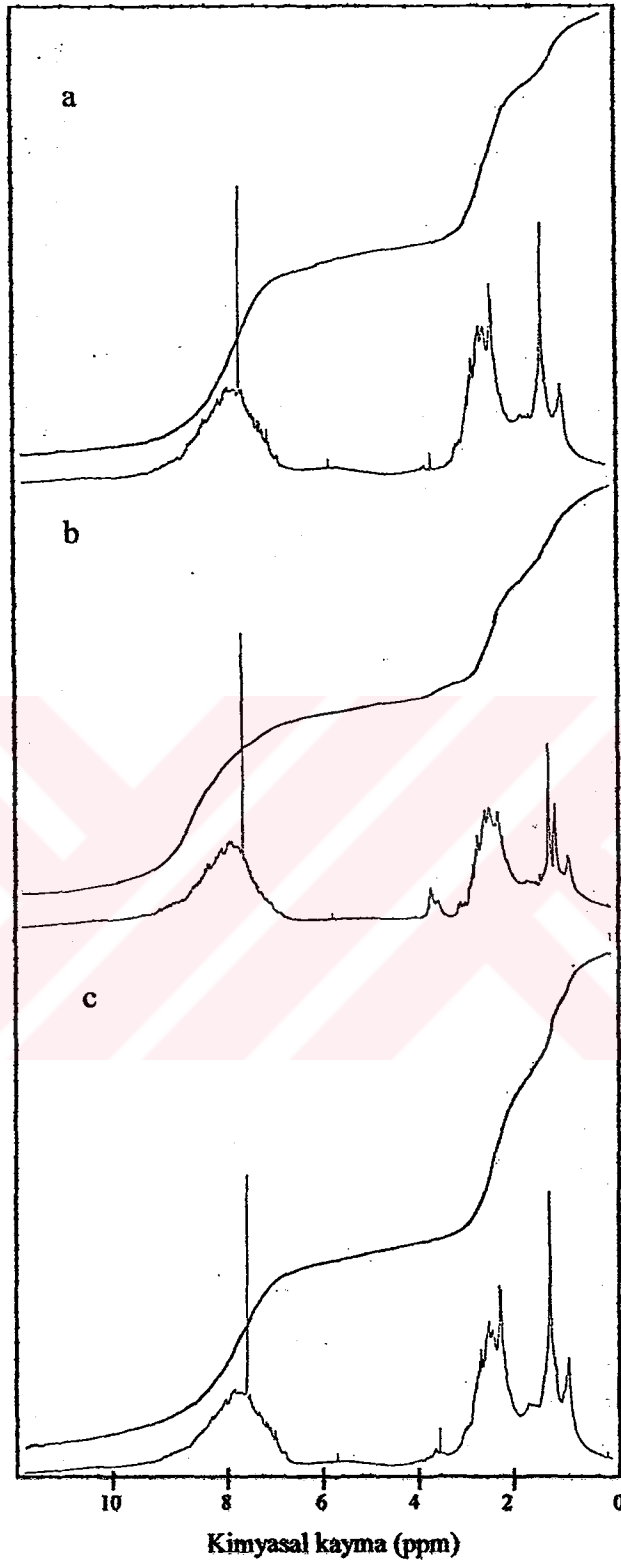
Vitrinit oranları yüksek olan %40ABD+%60(ÜZ+KZ) ve %30ABD+%70(ÜZ+KZ) metanol eluatlarının aromatik proton dağılımları (sırası ile, %44.71 ve %40.69) diğer ürünlere göre daha yüksektir. Bu, vitrinit grubu maserallerde polar aromatik birimlerin diğer metanol eluatlarına göre daha fazla olduğunu gösterir. Ayrıca, %30ABD+%70(ÜZ+KZ) eluatının H<sub>γ</sub> oranının oldukça düşük olması alifatik grupların uzun düz zincirli alkil gruplarını içerdiğini gösterir.

İnertinitçe zengin olan %30ABD+%70(KR-KR) ve %40ABD+%60(KR-KR) metanol eluatlarında 3.5-4.2 ppm aralığında görülen piklerin proton oranlarının yüksek olması, eterik bağların fazla olduğunu ifade eder.

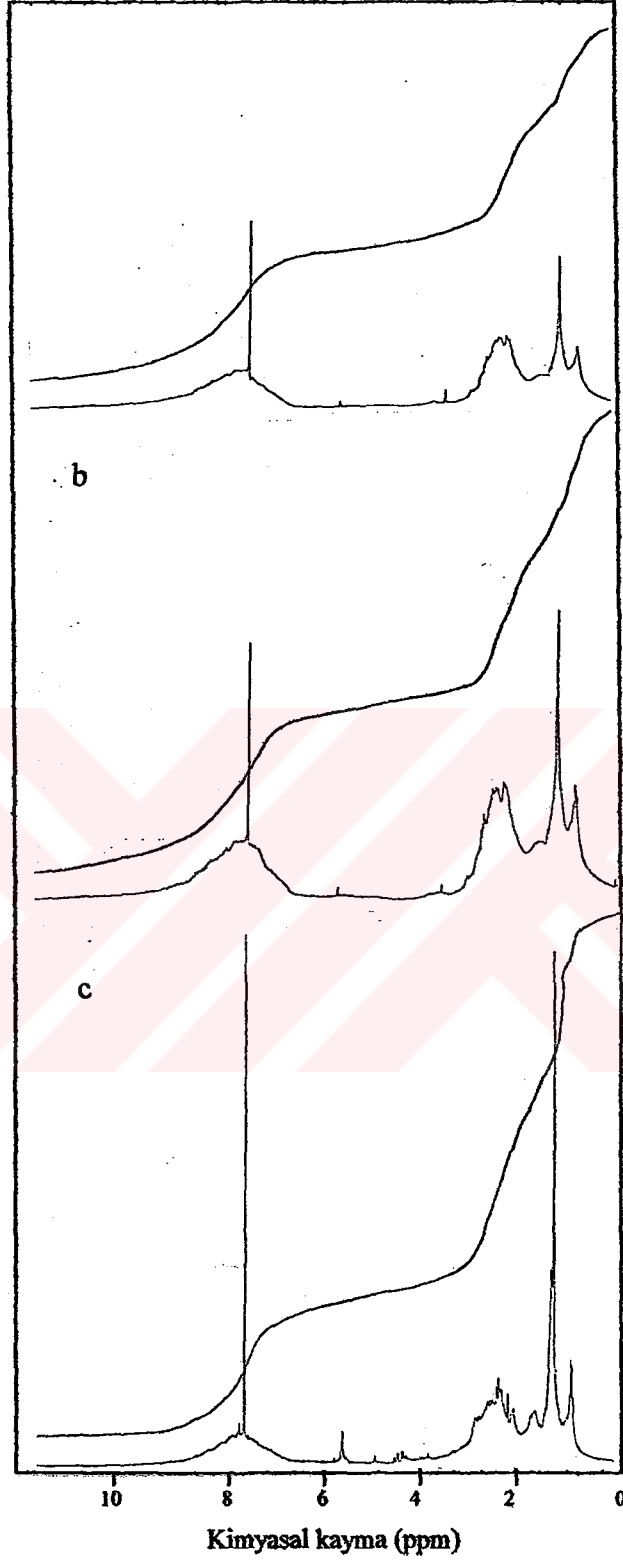
<sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumlarından yararlanarak hesaplanan proton tiplerinin oranları Çizelge 6.89., 6.90., 6.91., 6.92. ve 6.93.' de verilmiştir.



Şekil 6.109 Üzülmöz+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları  
 (a)%20ABD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30ABD+%70(ÜZ+KZ); (c )%40ABD+%60(ÜZ+KZ)

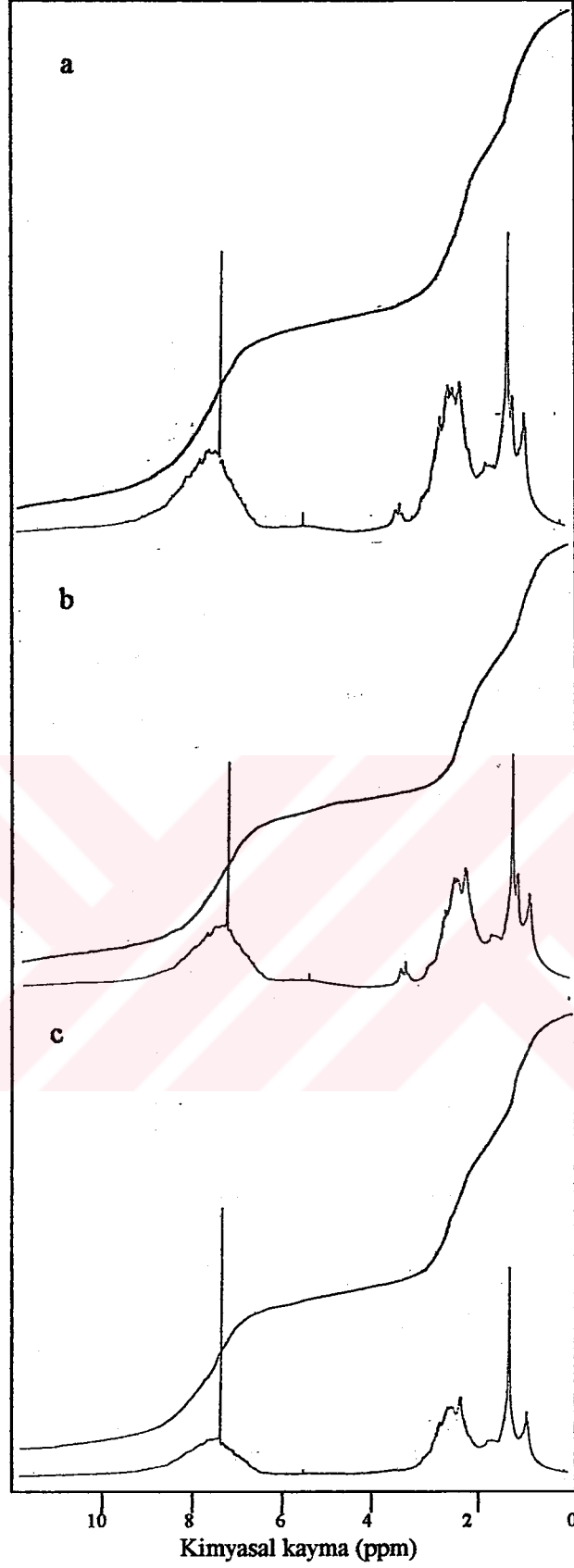


Şekil 6.110 Karadon karışımının çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile  
harmamından elde edilen metanol eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumları  
(a) %20ABD+%80(KR-KR), (b) %30ABD+%70(KR-KR), (c) %40ABD+%60(KR-KR)



Şekil 6.111. Üzülmöz+Kozlu karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları  
(a)%20AÇD+%80(ÜZ+KZ), (b)%30AÇD+%70(ÜZ+KZ); (c) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ)





Şekil 6.112. Karadon karışımının çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumları (a) %20AÇD+%80(KR-KR), (b) %30AÇD+%70(KR-KR), (c) %40AÇD+%60(KR-KR)

Çizelge 6.89. Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarından elde edilen metanol eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

METANOL ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
BÜYÜK	36.23	3.14	31.82	21.89	6.92
ÇINARLI	31.58	1.97	31.58	26.45	8.42

Çizelge 6.90. Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının  $^1\text{H}$ -n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

METANOL ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	$H_{ar}$	$H_{\alpha,2}$	$H_{\alpha}$	$H_{\beta}$	$H_{\gamma}$
KZ+ÜZ	38.46	2.56	29.49	19.62	9.87
%20 ABD %80 KZ+ÜZ	45.73	4.00	30.34	13.59	6.34
%30 ABD %70 KZ+ÜZ	44.71	2.47	31.12	15.82	5.88
%40 ABD %60 KZ+ÜZ	40.69	2.81	32.19	16.19	8.12

Çizelge 6.91. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

METANOL ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	H <sub>ar</sub>	H <sub>α,2</sub>	H <sub>α</sub>	H <sub>β</sub>	H <sub>γ</sub>
KR-KR	38.02	3.09	34.20	20.37	4.32
%20 ABD %80 KR-KR	44.88	3.57	31.55	14.05	5.95
%30 ABD %70 KR-KR	42.86	5.43	28.00	17.28	6.43
%40 ABD %60 KR-KR	35.09	5.85	31.41	21.63	6.02

Çizelge 6.92. Üzülmöz+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

METANOL ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	H <sub>ar</sub>	H <sub>α,2</sub>	H <sub>α</sub>	H <sub>β</sub>	H <sub>γ</sub>
KZ+ÜZ	38.46	2.56	29.49	19.62	9.87
%20 AÇD %80 KZ+ÜZ	39.33	5.67	29.17	15.83	10.00
%30 AÇD %70 KZ+ÜZ	39.44	3.41	29.23	18.32	9.60
%40 AÇD %60 KZ+ÜZ	34.93	4.13	30.79	20.63	9.52

Çizelge 6.93. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarından elde edilen metanol eluatlarının <sup>1</sup>H-n.m.r. spektrumlarından hesaplanan hidrojen dağılımı sonuçları

METANOL ELUAT	HİDROJEN DAĞILIMI (%)				
	H <sub>ar</sub>	H <sub>α,2</sub>	H <sub>α</sub>	H <sub>β</sub>	H <sub>γ</sub>
KR-KR	38.02	3.09	34.20	20.37	4.32
%20 AÇD %80 KR-KR	34.74	5.26	31.05	21.58	7.37
%30 AÇD %70 KR-KR	35.95	3.93	31.01	22.78	6.33
%40 AÇD %60 KR-KR	34.23	5.36	30.65	22.62	7.14

İnertinit ve semifüsinitçe fakir olan %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) eluatlarında H<sub>γ</sub> dağılımlarının yüksek, H<sub>β</sub> oranlarının düşük olması, aromatik birimlere substitüe olmuş alifatik grupların dallanmış olabileceğini gösterir ki, bu hekzan eluatlarına göre oldukça azdır. Demek ki, AÇD+(ÜZ+KZ) metanol eluatları diğer metanol eluatlarına göre daha çok alifatik polar bileşikler içermektedir.

### 6.5. Kok Gazının İncelenmesi

Damar ve karışım taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının içeriğini veren sonuçlar Çizelge 6.94, 6.95, 6.96, 6.97, 6.98, 6.99, 6.100 ve 6.101' de verilmiştir.

ERDEMİR' de metalurjik kok üretimi sırasındayan ürünlerde elde edilen kok gazının Orsat cihazı ile bulunan bileşimi şöyledir: %60.40 H<sub>2</sub>, %21.20 CH<sub>4</sub>, %1.4 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, %8.0 CO, %2.4 CO<sub>2</sub>, %2.4 C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>, %0.2 O<sub>2</sub> ve %4.0 N<sub>2</sub>. KARDEMİR' de elde edilen kok gazının bileşimi ise %58.53 H<sub>2</sub>, %22.03 CH<sub>4</sub>, %0.44 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, %1.86 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, %6.2 CO, %2.6 CO<sub>2</sub>, %0.45 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, %0.28 C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>, %0.37 O<sub>2</sub> ve %7.2 N<sub>2</sub>' dir.

Bu çalışmada, damar ve karışım kömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazını oluşturan bileşenlerden  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_3H_8$  ve  $C_3H_6$  miktarları gaz kromatografisi ile tayin edilmiştir.

Çizelge 6.94 Üzülmez işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi

BİLEŞİK	SULU	ÇAY	NASIFOĞLU
$H_2$	63.59	66.47	68.45
$CO$	7.49	7.78	5.16
$CO_2$	3.13	2.60	3.02
$CH_4$	22.28	20.78	20.84
$C_2H_6$	2.23	1.67	1.78
$C_2H_4$	1.10	0.40	0.49
$C_3H_8$	0.09	0.10	0.34
$C_3H_6$	0.09	0.20	0.02

Kok gazını oluşturan bileşenlerden  $H_2$  miktarı %57.87 ile %73.89,  $CH_4$  oranı %13.95 ile %28.25,  $CO$  %4.87 ile %8.58,  $CO_2$  %1.15 ile %4.06,  $C_2H_6$  oranı %0.93-3.76,  $C_2H_4$  %0.40-2.37,  $C_3H_8$  miktarı %0.08 ile %0.34 ve  $C_3H_6$  miktarı da %0.02 ile %0.53 aralığında değişen oranlarda olduğu saptanmıştır.

Üzülmez ve Kozlu damar kömürlerinin kok gazlarının bileşenlerini karşılaştıracak olursak, en yüksek vitrinit içeriğine sahip olan Üzülmez işletmesi Nasıfoğlu kok gazı en yüksek  $H_2$  miktarına sahiptir. Karadon kömürlerinin kok gazlarında ise en düşük vitrinit içeriğine sahip olan Akdağ kömürünün en yüksek  $H_2$  oranına sahip olduğu saptanmıştır. En düşük vitrinit oranına sahip olan Üzülmez işletmesi Çay kömürünün kok gazı en düşük metan verimine sahiptir. En yüksek vitrinite sahip

olan Karadon işletmesi Sulu damarının en düşük metan içeriğine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.95. Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi

BİLEŞİK	SULU	ÇAY	BÜYÜKKILIÇ
H <sub>2</sub>	64.40	65.42	61.20
CO	7.11	5.67	7.30
CO <sub>2</sub>	1.49	2.09	3.42
CH <sub>4</sub>	22.41	22.98	22.70
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.62	2.20	3.06
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.51	1.17	1.80
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.13	0.14	0.20
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.33	0.33	0.32

Çizelge 6.96 Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi

BİLEŞİK	SULU	ÇAY	AKDAĞ
H <sub>2</sub>	65.96	66.98	68.33
CO	7.85	6.78	5.85
CO <sub>2</sub>	2.85	2.10	2.01
CH <sub>4</sub>	20.81	21.33	21.07
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.44	1.54	1.68
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.86	0.83	0.75
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.11	0.09	0.10
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.12	0.35	0.21

**Çizelge 6.97 Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damarlarına ait taşkömürlerinin yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi**

BİLEŞİK	BÜYÜK	ÇINARLI
H <sub>2</sub>	57.87	62.07
CO	7.61	8.56
CO <sub>2</sub>	4.06	3.37
CH <sub>4</sub>	25.60	21.17
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.37	3.10
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.82	1.27
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.14	0.15
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.53	0.31

**Çizelge 6.98 Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi**

KÖMÜR	ÜZ+KZ	%20 ABD	%30 ABD	%40 ABD
		%80 ÜZ+KZ	%70 ÜZ+KZ	%60 ÜZ+KZ
H <sub>2</sub>	70.34	68.84	71.70	71.01
CO	6.92	6.44	5.84	7.09
CO <sub>2</sub>	2.25	1.72	1.25	3.19
CH <sub>4</sub>	15.23	18.44	16.83	14.05
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.31	2.96	2.97	3.12
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.56	1.17	1.11	1.38
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.14	0.16	0.17	0.16
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.51	0.27	0.13	-

Çizelge 6.99. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Armutçuk işletmesi Büyük damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi

BİLEŞİK	KR-KR	%20 ABD %80 KR-KR	%30 ABD %70 KR-KR	%40ABD %60 KR-KR
H <sub>2</sub>	65.87	72.43	63.13	63.06
CO	6.78	6.66	4.87	5.90
CO <sub>2</sub>	2.55	3.14	1.98	1.55
CH <sub>4</sub>	22.07	12.28	24.28	23.62
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.45	3.76	3.01	3.64
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.93	1.35	2.37	1.72
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.08	0.17	0.12	0.14
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.27	0.21	0.24	0.37

Çizelge 6.100. Üzülmez+Kozlu karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi

KÖMÜR	ÜZ+KZ	%20 AÇD %80 ÜZ+KZ	%30 AÇD %70 ÜZ+KZ	%40AÇD %60 ÜZ+KZ
H <sub>2</sub>	70.34	63.62	64.67	56.49
CO	6.92	8.58	6.85	8.38
CO <sub>2</sub>	2.25	3.70	1.15	2.41
CH <sub>4</sub>	15.23	18.15	23.12	28.25
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.31	3.71	2.13	2.19
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.56	1.68	1.42	1.68
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.14	0.29	0.25	0.21
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.51	0.27	0.41	0.39



**Çizelge 6.101. Karadon karışımı ve bu karışımın çeşitli oranlarda Amasra işletmesi Çınarlı damarı ile harmanlarının yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu elde edilen kok gazlarının hacimsel bileşimi**

BİLEŞİK	KR-KR	%20 AÇD %80 KR-KR	%30 AÇD %70 KR-KR	%40AÇD %60 KR-KR
H <sub>2</sub>	65.87	70.35	67.74	73.89
CO	6.78	7.36	6.39	7.62
CO <sub>2</sub>	2.55	3.10	2.16	2.82
CH <sub>4</sub>	22.07	16.78	21.12	13.95
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.45	1.34	1.54	0.93
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.93	0.51	0.76	0.41
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.08	0.30	0.10	0.20
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.27	0.26	0.19	0.18

Karışım kömürlerinin maseralleri ile H<sub>2</sub> ve metan gazları arasında bir ilişki saptanamamıştır.

ABD+(ÜZ+KZ) karışım kömürlerinin kok gazlarının hidrokarbon içerikleri ABD oranının karışımında artması ile azalmakta, AÇD+(ÜZ+KZ) karışım kömürlerinin kok gazlarında ise AÇD miktarının artışı ile artış göstermektedir. KR-KR karışımlarının hem ABD hem de AÇD ile elde edilen kok gazlarında ise belirgin bir davranış görülmemiştir.

Üzülmez ve Kozlu kömürlerini kendi aralarında incelersek, en yüksek uçucu madde miktarına sahip olan Kozlu işletmesi Büyükkılıç damarı kok gazının hidrokarbon içeriği oldukça yüksektir. Karadon kömürlerini de kendi aralarında incelersek, en düşük uçucu madde oranına sahip olan Çay damarının kok gazının hidrokarbon miktarı düşüktür. ABD+(ÜZ+KZ) karışımlarının ABD oranına bağlı olarak uçucu madde miktarı artarken kok gazının mevcut hidrokarbon içeriklerinde azalma, AÇD+(ÜZ+KZ) ile hidrokarbon içeriklerinde artış olduğu görülmüştür. KR-KR karışımının ABD ve AÇD ile yapılan karışımlarında ise doğrusal bir saptama yapılamamaktadır.

## 7. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

1. Tüvenan kömürlerin kimyasal analizi sonucu, kül miktarlarının %10.48 ile %36.94, sabit karbon miktarlarının %43.22 ile %64.85, uçucu madde oranlarının %19.84 ile %36.66, kükürt değerlerinin %0.23 ile %0.82, ısı değerlerinin de 20.99 MJ/kg ile 31.53 MJ/kg arasında değiştiği saptanmıştır.

2. Yakıt amacı ile kullanılan Zonguldak kömürleri, yeni yıkama tesisleri kurularak veya mevcut tesislerin modernize edilerek, kül miktarının %10 veya daha da aşağı düşürülmesi ile metalurjik kok üretiminde kullanılmalıdır.

3. Yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda, metalurjik kok üretimi için uygun kül oranının sağlanacağı yoğunluk  $1.60 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir.

4.  $1.60 \text{ g/cm}^3$  ' de yüzdürme-batırma deneyleri sonucu karbonizasyona tabi tutulan yüzen kısımların kül miktarları %4.36 ile %11.92, uçucu madde oranları %23.62 ile %36.24, sabit karbon miktarları %55.77 ile %68.07, ısı değerleri de 28.68 MJ/kg ile 33.16 MJ/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Yapılan elementel analiz sonucu, karbon miktarları %77.87-89.87, hidrojen miktarları %4.54-5.29, azot değerleri %0.63,1.26, kükürt içerikleri de %0.41,0.74 arasında değişen oranlarda olduğu tayin edilmiştir.

4. Petrografik analiz verilerinden yararlanarak kok stabilitelerinin hesaplanması sonucu, Üzülmüş işletmesi Sulu, Çay ve Nasıfoğlu damar kömürlerinin kok stabiliteleri, sırası ile, 58, 52 ve 46, Kozlu işletmesi Sulu, Çay ve Büyükkılıç damar kömürlerinin kok mukavemetleri, sırası ile, 65, 56 ve 43, Karadon işletmesi Sulu, Çay ve Akdağ taşkömürlerinin kok stabiliteleri, sırası ile, 53, 58 ve 53 olarak hesaplanmıştır. Armutçuk işletmesi Büyük ve Amasra işletmesi Çınarlı damar kömürlerinin kok stabiliteleri de, sırası ile 51 ve 25' dir.

5. Harman kömürlerinde Armutçuk ve Amasra oranı arttıkça kok stabilite değerleri düşüş göstermektedir. ÜZ+KZ kok stabilite değeri 61 iken, %20ABD+%80(ÜZ+KZ), %30ABD+%70(ÜZ+KZ) ve %40ABD+%60(ÜZ+KZ)

kok stabilite değerleri, sırası ile, 58, 51, 50 olarak hesaplanmıştır. %20AÇD+%80(ÜZ+KZ), %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) ve %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) kok stabilite değerleri ise, sırası ile, 57, 54 ve 43 olarak tayin edilmiştir. KR-KR kok sabilesi 54 olarak tayin edilmişken, %20ABD+%80(KR-KR), %30ABD+%70(KR-KR), %40+%60(KR-KR) stabilite değerleri, sırası ile, 57, 57, 56, %20AÇD+%80(KR-KR), %30AÇD+%70(KR-KR) ve %40AÇD+%60(KR-KR) stabilite değerleri ise, sırası ile, 53, 52 ve 51 olarak hesaplanmıştır.

6. Karışımların stabilite değerlerinden, ABD miktarının hem ÜZ+KZ hem de KR-KR için %40' a varan oranlarda kullanılabileceği saptanmıştır. AÇD miktarının ÜZ+KZ için %30, KR-KR için ise %40' a kadar karıştırılabileceği görölmüştür. Böylelikle, daha önce yapılan çalışmalara (Birön, 1976; Bayrı, 1961; Sunay, 1969; Özden, 1980; Özden, 1985) göre, koklaşma özelliği az olan ABD ve koklaşma özelliği olmayan AÇD oranlarının karışımlardaki miktarlarının arttırılması ve sadece metalurjik kok üretiminde kullanılması sağlanmıştır.

7. İyi bir yıkama tesisinin kurulması ile metalurjik kok üretiminde kullanılması gereken taşkömürlerinin bu amaç için kazandırılması sağlanacaktır. Böylelikle, taşkömürü ihtiyacında dışa bağımlılıktan kurtulma ve döviz tasarrufu sağlanacaktır.

8. Ayrıca, linyit veya toz kömürlerin de metalurjik kok üretiminde kullanılması sadece taşkömürüne bağımlılıktan kurtulmayı sağlayacaktır.

9. Kimyasal madde içeriği zengin olan katranın kimya sektöründe, kok gazında yakıt olarak kullanılması, demir-çelik fabrikalarında istenmediği halde elde edilen yan ürünlerden de gelir elde edilmesini sağlayacaktır. (ERDEMİR' de halen kok gazı yakıt olarak kullanılırken, katran da ihraç edilmektedir).

10. 65 değerinde en yüksek kok stabilitesine sahip olan Kozlu işletmesi Sulu damar kömürü %47' lik bir dilatasyon göstermiştir. Stabiliteleri 51, 43 ve 25 olan ABD, Kozlu Sulu ve AÇD kömürlerinin yapılan dilatasyon deneylerinde büzölme verdikleri saptanmıştır.

11. Liptinit miktarı en yüksek olan AÇD' nin H/C oranının da yüksek bir değerde olduğu görülmüştür.

12. Yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonucu kok ürünü en yüksek verim ile elde edilmiştir. Kok verimi %63.11 ile %77.86 arasında değişmektedir.

13. Karışım kömürlerinde ABD ve AÇD' nin oranının artması ile kok veriminde azalma görülmektedir.

14. Kok verimi, uçucu madde ve sabit karbon miktarları ile ters orantılıdır.

15. Kok ürünlerinin kül oranları %6.94 ile %15.45, uçucu madde içerikleri %0.55 ile %2.52, sabit karbon miktarları %82.95 ile %91.58 arasında değişmektedir. Isıl değerleri 7.20 MJ/kg ile 31.43 MJ/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Karbon miktarları %84.01 ile %97.32, hidrojen miktarları %0.63 ile %0.84, azot oranları %0.6 ile %1.21, kükürt değerleri de %0.47 ile %0.60 aralığında olduğu saptanmıştır.

16. Elde ettiğimiz kok kömürlerinin, AÇD hariç, kimyasal özellikleri demir-çelik fabrikalarında yüksek fırınlar için istenen sınırlara uyum sağlamaktadır.

17. AÇD koklaşmaya uygun olmayan bir kömür olmasına rağmen, yapılan karışımlarda kok mukavemetini yükseltmektedir.

18. Kömürlere göre, kok kömürü yapısındaki aromatik kesimlerin fazlalığı FT-IR spektumlarından görülmektedir.

19. Katranın aromatik grupları bünyesinde daha yoğun olarak içerdiği, FT-IR spektumlarından saptanmıştır.

20. Sabit konsantrasyonda hazırlanan katran örneklerinin floresans spektrumları alınmıştır. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak floresans spektrumlarının alınması ile katran yapısındaki değişikliklerin görülmesi daha yararlı olacaktır.

21. Katranların çözücü ekstraksiyonu ile elde edilen asfaltin fraksiyonlarının FT-IR spektrumlarından, yapısında aromatik eter, fenoller, karbonil grubunun mevcut olduğu saptanmıştır.
22. Yağ fraksiyonlarının hekzan eluatlarının  $H_\beta$ ,  $H_\alpha$  ve  $H_\gamma$  oranlarının yüksek olması, bu ürünlerin yapısında uzun zincirli alkil gruplarını barındırdığını ve heterosiklik yapıyı ifade etmektedir.
23. Hekzan eluatlarında alifatik yapının aromatik yapıdan daha fazla olduğu FT-IR ve  $^1\text{H-n.m.r}$  spektrumlarından anlaşılmaktadır.
24. Metanol eluatlarındaki  $H_\beta$  ve  $H_\gamma$  oranlarının, toluen eluatlarındakilere göre fazla olması alifatik substitüentlerin metanol eluatlarındaki büyüklüğünü göstermektedir.
25. Metanol eluatları toluen eluatlarından daha fazla fenolik OH ve karbonil grubu içermektedir.
26. Eluatların S oranlarının azalması, kükürt bağlarının ısı etkisi ile yapıdan ayrıldıklarını ifade etmektedir.
27. Toluen eluatlarının oksijen içeriği, hekzan eluatlarının oksijen içeriğine göre daha fazladır.
28. Isıl bozunma sonucu eluatların H/C oranlarının kömür ve koklara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.
29. FT-IR ve  $^1\text{H-n.m.r}$  spektrumlarından toluen ve metanol eluatlarındaki aromatikliğin fazla olduğu anlaşılmaktadır.
30. FT-IR spektroskopisi toluen ve metanol eluatlarının benzen halkasında en çok iki ve dört komşu aromatik proton bulunduğunu göstermektedir.

31.  $H_{\alpha,2}$  protonu hekzan eluatında mevcut değilken, toluen ve metanol eluatlarında çok azdır.

32. Hekzan eluatında  $H_{\beta}$  ve  $H_{\gamma}$  oranı toluen ve metanol eluatlarına göre daha yüksektir.

33. Kok gazının  $H_2$  ve  $CH_4$  miktarları ERDEMİR ve KARDEMİR' den elde edilen kok gazlarının  $H_2$  ve  $CH_4$  oranlarına göre yüksek bulunmuştur.

34. Kok gazındaki bileşenlerin ( $H_2$  %57.87-73.89,  $CH_4$  %13.95-28.25, CO %4.87-8.58,  $CO_2$  %1.15-4.06,  $C_2H_6$  %0.93-3.76,  $C_2H_4$  %0.40-2.37,  $C_3H_8$  %0.08-%0.34,  $C_3H_6$  %0.02-0.53) aralığında değiştiği saptanmıştır.



## KAYNAKLAR

Akçura, F., (1982), Dört Türk Kömürünün Düşük ve Yüksek Sıcaklık Karbonizasyon Ürünlerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi.

Akçura, F. ve Olcay, A., (1983), Dört Türk Kömürünün Düşük ve Yüksek Sıcaklık Karbonizasyon Ürünlerinin İncelenmesi, Uluslararası Kömür Teknolojisi Semineri, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

Altuntaş, N., (1996), Zonguldak Taşkömürünün Pirolizinde Mineral Madde ve Katalizörlerin Etkisi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Amnasov, I.I., (1957), Calculation of Coking Charges on the Basis Petrographic Characteristics of Coal, Koks i Khimiya, Vol.12:9-12.

Anderson, L.L., (1995), Coal Liquefaction, Encyclopedia of Energy Technology and The Environment, John Wiley&Sons.

Ateşok, G., (1988), Koklaşma, Kömür Kimyası ve Teknolojisi, O.Kural (ed.), İstanbul.

Austin, T., (1985), Shreve' s Chemical Process Industries, Chapter 5, Fifth Edition.

Aytaç, Z., (1968), Kömürlerin Oluşum ve Sınıflanması, Kok Fabrikası Teknik Bülteni II, ERDEMİR T.A.Ş., Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

Bartle, K.D., (1972), The Structure and Composition of Coal Tar and Pitch, Rev. Pure and Appl. Chem., 22, 79.

Bartle, K.D., Martin, T.G. ve Williams, D.F., (1975), Chemical Nature of a Supercritical-Gas Extract of at 350°C, Fuel, Vol.54:226-235.

Bartle, K.D., (1979), Aromatic Products of 340°C Supercritical Toluene Extraction of Two Turkish Lignites:an n.m.r. Study, Fuel, Vol.58:423-428.

Bartle, K.D., Ekinci, E., Frere, B, B., Mulligan, M., Saraç, S. ve Snape, C.E., (1981), The Nature and Origin of Harbolite and Related Asphaltite From Southeastern Turkey, Chemical Geology, Vol.34:151.

Bayrı, F., (1961), Bazı Türk Kömürlerinin Evsafi ve Bu Kömürlerde Yapılmış Olan Teknolojik Tecrübeler Dair Malumat, CENTO, Symposium on Coal, Zonguldak.

Bellamy, L.J., (1975), The Infrared Spectra of Complex Molecules, Third Edition, Chapman and Hall, London.

Birön, C., (1976), Türkiye Koklaşan Kömür Rezervleri ve Kok Üretiminde Teklifler, Türkiye Demir-Çelik Sempozyumu, Ankara.

- Burgess, K. Ve Wheeler, A., (1917), Journ. Of Chem. Soc., Vol. XCVII.
- Bustin, R.M, (1991), Organic Maturity in the Western Canada Sedimentary Basin, International Journal of Coal Geology, Vol.19:319.
- Çalışkan, N., (1984), Kok Üretiminde Kömür, ERDEMİR T.A.Ş., Eğitim Müdürlüğü Yayınları.
- Çoban, A., (1984), Kömürlerin Değerlendirilmesi İçin Uygun Method ve Teknolojilerin Seçimi, İSDEMİR Yayınları.
- Campbell, J.H., (1978), Fuel, Vol:57:217-223.
- Castello, G. ve Riccio, M., (1975), Gas Chromatographic Control of Coal Coking Process, Fuel, Vol.54:187-192.
- Clarence, K., (1978), Analytical Methods for Coal and Coal Products, Academic Press, NY.
- Claxton, G., (1961), Benzoles, Production and Uses, Granville House.
- Collin, P.J., Tyler, R.J. ve Nilson, M.A., (1983), Coal Liquefaction Products, Vol.1, Schultz, H.D. (Ed.), NY, John Wiley&Sons, 85-124.
- Dickinson, E.M., (1980), Structural Comparison of Petroleum Fractions Using Proton and <sup>13</sup>C-n.m.r. Spectroscopy, Fuel, Vol.59:290-294.
- Dryden, I.G.C., (1963), Chemistry of Coal Utilization, Supplementary Volume, H.H. Lowry (Ed.), John Wiley&Sons.
- Elliot, D.R., (1969), Blast-Furnace Irregularities Caused By Coke-Quality Variations, Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and The Institute of Fuel, London.
- Eser, S., (1981), Linyitlerin Isıl Bozunma (Pirroliz) Özelliklerinin Araştırılması, MTA, Ankara.
- Fischer, C.H., (1938), Composition of Coal Tar and Light Oil, Bureau of Mines Bull.412.
- Fitzgerald, D., Van Krevelen, D.W. ve Schuyer, J., (1957), Coal Science, Elsevier, Amsterdam.
- Fitzgerald, D., Van Krevelen, D.W., (1959), Fuel, Vol.38:17-25.
- Francis, W. Ve Peters, M., (1980), Fuels and Fuel Technology, A Summarized Manual, Second Edition, Pergamon Press.



Gavalas, G.R., (1982), *Coal Pyrolysis, Coal Science and Technology 4*, Elsevier, NY.

Gerstein, B.C., Ruan, L.M. ve Murphy, P.D., (1979), *ACS Div. Fuel Chem., Prepr.*, 24(1):90-95.

Gibson, J., (1979), *Coal and Modern Coal Processing:An Introduction*, G.J. Pitt&G.R. Millward (Ed.), Academic Press, Londra.

Giedroyc, V., Mathieson, I.M., (1969), *Influence of the Physical Quality of Coke on Blast-Furnace Performance*, Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and The Institute of Fuel, London.

Graham, J.P., (1969), *Specifications of the Properties of Coke for Ironmaking*, UK Blast-Furnace Coke Specifications, Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and The Institute of Fuel, London.

Grainger, L. ve Gibson, J., (1981), *Coal Utilization:Technology, Economics and Policy*.

Gray, R.J., Goscinski, J.S. ve Shoenberger, R.W., (1978), *Selection of Coals for Coke Making*, Conference:Iron and Steel Society of AIME and the Society of Mining Engineers (SME) of AIME , October.

Green, T., Kovac, J., Brenner, D. Ve Larsen, J., (1982), *The Macromolecular Structure of Coal*, in *Coal Structure*, R.A. Meyers (Ed.), Academic Press, NY.

Gooderham, W.J., (1937), *Journal Society Chemical Industry*, 56:26-36.

Guin, J.A., Tarrer,A.R., Lee, J.M., Lo, L. Ve Curtis, C.W., (1979), *Futher Studies of the Catalytic Activity of Coal Minerals in Coal Liquefaction*, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, 18:371.

Harzer, A., (1914), *J. Gasbeleucht*, 47:622-635.

Hasan, M.U., Ali, M.F. ve Bukhari, A., (1983), *Structural Characterization of Saudi Arabian Heavy Crude Oil by n.m.r. Spectroscopy*, *Fuel*, Vol.62:518-523.

Hatano, M., (1976), *The Effect of Coke Properties on the Blast-Furnace Operation*, *The Sumitomo Search*.

Herod, A.A., Ladner, W.R. ve Snape, C.E., (1981), *Structural Studies of Coal Extracts*, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 300, 3-14.

Huai, H., Gaines, A.F. ve Scott, A:C., (1994), *Introduction to the Petrology and Infrared Spectra of Shanxi Coals*, People' s Republic of China, *Fuel*, Vol.73:1322-1330.

Jüntgen, H. ve Van Heek, K.H., (1979), An Update of German Non-Isothermal Coal Pyrolysis Work, Fuel Processing Technology, Vol.2:261-293.

Karr, C.Jr., (1978), Analytical Methods For Coal and Coal Products, Academic Press, NY.

Kemal, M., (1988), Zonguldakta Üretilmekte Olan Temiz Kömür İçin Optimal Kül Oranının Saptanması, Türkiye 6. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi, 23-27 Mayıs, Zonguldak.

Kocaer, B., (1969), Koklaşma Nedir?, Kok Fabrikası Teknik Bülteni IV, ERDEMİR T.A.Ş., Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

Kozluca, H., (1970), Kömürün Koklaşma Mahsullarına Toplu Bir Bakış, Kok Fabrikası Teknik Bülteni VII, ERDEMİR T.A.Ş., Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

Larsen, J.W., (1980), Coal Structure, Chemistry and Physics of Coal Utilization, B.R. Cooper ve L. Petrakis (Ed.), AIP Conference Proceedings, Number 70.

Larsen, J.W., Green, T.K. ve Kovac, J., (1985), The Nature of the Macromolecular Network Structure of Bituminous Coals, J. Org. Chem., 50:4729-4735.

Larsen, J.W., (1988), Macromolecular Structure of Coals: Status and Opportunities, in New Trends in Coal Science, Y.Yürüm (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 73-84.

Li, C.H., Bartle, K.D. ve Kandiyoti, R., (1993), Characterization of Tars From Variable Heating Rate Pyrolysis of Maceral Concentrates, Fuel, Vol.72:3-11.

Li, C.H., Wu, F., Cai, H.Y. ve Kandiyoti, R., (1994), UV-Fluorescence Spectroscopy of Coal Pyrolysis Tars, Energy&Fuels, Vol.8:1039-1048.

Lowry, H.H., (1945), Chemistry of Coal Utilization, National Research Council Committee, John Wiley&Sons.

Lunge, G., (1916), Coal Tar and Ammonia, Fifth Edition, D.Van Nostrand Co., NY, Part I (Coal Tar).

Macrae, J.C., (1966), Coal-Secondary Fuels Derived From Coal, An Introduction To The Study of Fuel, Chapter 5, Elsevier, NY.

Marshall, R.J. ve Murchison, D.G., (1971), Optical Properties of Carbonized Vitrinites, Fuel, Vol.50:4-11.

Mayo, F.R. ve Kirshen, N.A., (1977), The Chemistry of Coal Liquefaction, ACS Div, Fuel Chem. Preprints, 24(2):280-288.

McCartney, J.T., (1970), Report on Studies of Rank Classification of Coal by Reflectance for a Task Group of Subcommittee XVIII, Committee D-5.

Mima, M.J., Schultz, H. Ve McKinstry, W.E., (1978), Method for the Determination of Benzene Insolubles, Asphaltenes and Oils in Coal-Derived Liquids, Analytical Methods For Coal and Coal Products, Vol.1, Chapter 19, Academic Press.

MTA, (1976), Güneydoğu Anadolu Bölgesi Asfaltitlerinden Sentetik Gaz, Sıvı ve Katı Yakıt Eldesi Olanaklarının Araştırılması, MTA Laboratuvar Dairesi, Aralık, Ankara.

MTA, (1978), Beypazarı Bitümlü Şistlerinden Retortlama Yöntemi İle Sentetik Ham Petrol Eldesi Olanaklarının Araştırılması, MTA Laboratuvar Dairesi, Ağustos, Ankara.

Nalcı, A., (1990), Kömür, Kok ve Kömür Petrografisi, ERDEMİR T.A.Ş., Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

Nixon, E.W. ve Brooks, S.H., (1969), Effect of Chemical and Properties of Coke on Blast-Furnace Performance, Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and The Institute of Fuel, London.

Oriel, J.A., Jones, I.H. ve Weir, H.H., (1945), The High Pressure Hydrogenation Plant, Brown Coal Wesseling, CIOS XX-VIII-40.

Özbayoğlu, G. ve Hoştan, Ç., (1997), Kömür Maserallerinin Zenginleştirilmesi ve Kömür Teknolojisindeki Önemi, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5. Kongresi, 14-18 Şubat, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları.

Özden, Ü. ve Gencer, Z., (1984), Koklaşmayan Amasra ve Armutçuk Kömürlerinin Metalurjik Kok Üretiminde Kullanılması İmkanlarının Pilot Fabrika Çapında Araştırılması, MTA Enstitüsü Dergisi, No.99/100, Ankara.

Özden, Ü., (1985), Zonguldak ve Soma-Merkez Kömürlerinin Basit Harmanlama ve Briket Şarj Yöntemlerine Göre Hazırlanan Karışımlarının Metalurjik Kok Üretiminde Kullanımı, MTA Genel Müdürlüğü, Kasım, Ankara.

Özpeker, I., (1988), Kömürün Oluşumu, Petrografisi ve Sınıflandırılması, Kömür Kimyası ve Teknolojisi, O. Kural (Ed.), İstanbul.

Paksoy, G., Gaines, A. Ve Ateş, H.F., (1979), Taşkömürü Katranının Ekonomideki Yeri ve İsdemir Katranının İncelenmesi, İskenderun Demir-Çelik Sempozyumu, 7-9 Haziran.

Parks, B.C., (1963), Chemistry of Coal Utilization, Supplementary Volumu, H.H. Lowry (Ed.), John Wiley&Sons.

Pişkin, S., (1988), Kömürün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Kömür Kimyası ve Teknolojisi, O. Kural (Ed.), İstanbul.

Powell, A.R., (1945), Gas From Coal Carbonization-Preparation and Properties, Chemistry of Coal Utilization, Chapter 25, H.H. Lowry (Ed.), Volume II; John Wiley&Sons.

Pryde, D.R., (1934), Gas World, (101), Coking Section, 108-110.

Richardson, J.T., (1972), Fuel, Vol.51:150-156.

Rhodes, E.O., (1945), The Chemical Nature of Coal Tar, Chemistry of Coal Utilization, National Research Council Committee, H.H. Lowry (Ed.), Volume II; Chapter 31.

Roberts, R.M. ve Sweeney, K.M., (1984), Low Temperature Prolysis of Texas Lignite, Basic Extracts and Some Related Model Compounds, Fuel, Vol.63:904.

Roberts, J. ve Jenkner, A., (1934), International Coal Carbonization, Pittmann & Sons, Londra.

Robinson, L., (1978), Hydroc. Proc., November, 215.

Rodopman, D., (1984), Demir-Çelik Üretim Ekonomisinde Koklaşabilir Kömürlerin Yeri, ERDEMİR T.A.Ş., Eğitim Müdürlüğü Yayınları.

Saraçoğulları, M., (1985), Petrografi Tekniğinin Koklaşma Teknolojisine Uygulanması, MTA Yayınları, Ankara.

Schapiro, N., Gray, R.J. ve Eusner, G.R., (1961), Recent Devolepment In Coal Petrography, Proceedings of the Blast-Furnace Coke Oven and Raw Materials Committee, Vol.20:89-112.

Schapiro, N. ve Gray, R.J., (1964), The Use of Coal Petrography In Coke Making, Journal of the Institute of Fuels, Vol.XI. No.30.

Shinn, J.H., (1984), From Coal to Single-Stage and Two-Stage Products: A Reactive Model of Coal Structure, Fuel, Vol.63:1187-1196, September.

Schultz, H.D. ve Smith, R.R., (1983), Coal Liquefaction Products, Vol.1, Schultz, H.D. (Ed.), NY, John Wiley&Sons, 139-166.

Smith, K.L., Smooth, L.D. ve Fletcher, T.H., (1993), Coal Characteristics, Structure abd Reactions Rates, Fundamentals of Coal Combustion for Clean and Efficient Use, L.D. Smooth (Ed.), Coal Science and Technology 20, USA.

Spiro, C.L. ve Kosky, P.G., (1982), Space-Filling Models For Coal 2, Extension to Coals of Various Types, Fuel, Vol.61:1080-1084.

Stach, E., Mackowsky, M.Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chanra, D. ve Teichmüller, R., (1975), Stach' s Textbook of Coal Petrology, Gabrüder Brontraeger, Berlin, Stuttgart.

Stach' s Textbook of Coal Petrology, (1982), Gabrüder Brontraeger, Berlin.

Sylitstone, D.E., (1970), The Use of Coal Petrography for Predicting the Expansion Characteristics of Coking Coals and Coal Blends, U.S. Stell Internal Memo, July.

Taylor, R. Ve Bowen, D., (1972), Larence Livermore Laboratory Rep., No. UCRL-52002.

Teo, K.C. ve Watkinson, A.P., (1987), Characterization of Pyrolysis Tars From Canadian Coals, Fuel, Vol.66:1123-1132, August.

Ting, F.T.C., (1982), Coal Structure, R.A. Meyers (Ed.), Academic Press, NY.

Toprak, S., (1994), Kömür Petrografisi ve Kömür Çökeli Ortamları, MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, Ankara.

Tromp, P.J.J. ve Moulijn, J., (1988), Slow and Rapid Pyrolysis of Coal, NATO ASI.

Türk Standartları Enstitüsü, (1966), Maden Kömüründe Kül Tayini, TS 330, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, (1966), Maden Kömüründe Kül Tayini, TS 330, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, (1966), Maden Kömüründe Kükürt Şekillerinin Tayini, TS 329, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, (1969), Taş Kömüründe Rutubet Tayini, TS 690, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, (1969), Taş Kömüründe ve Kokta Uçucu Madde Tayini, TS 711, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, (1977), Katı Mineral Yakıtların Üst ve Alt Isıl Değerlerinin Bombalı Kalorimetre İle Tayini, TS 2678, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, (1985), Kömürün Petrografik Analizi, TS 330, Ankara.

Van Krevelen, D.W., (1981), Coal, Typology, Chemistry, Physics Constitution, Elsevier Science Publishing Company Inc., Amsterdam.

Ward, C.R., (1984), Coal Geology and Coal Technology, Blackwell Sci. Publ., London.

Weller, S., Pelipetzi M.G., Friedman, S. ve Starch, H.H., (1950), Ind. Eng. Chem., 42:330-334.

Weller, S., Pelipetzi M.G., Friedman, S., (1951), Ind. Eng. Chem., 43:1572-1575.

Wilkinson, H.C., (1964), The Measurement of Some Physical Properties of Coke and Their Possible Significance in Terms of Blast-Furnace Performance, Journal of the Institute of Fuel.

Wilson, P.J. ve Wells, J.H., (1950), Coal, Coke and Coal Chemicals, Chemical Engineering Series, First Edition, Mc Graw Hill Book Company Inc.

Yürüm, Y., (1973), Yüksek Sıcaklık Kömür Katranının Gaz Kromatografisi Yöntemi İle Nitel Analizi, Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 3:82-95.



## **EKLER**



## **EK 1. Petrografi Kullanılarak Kok Stabilitesinin Hesaplanması**

Damar ve karışım kömürlerinin petrografik yapılarından faydalanarak kok stabilitelerinin hesaplanması için öncelikle, kömürün petrografik verilerinden yararlanarak reaktif ve inert maseral miktarlarının hesaplanması gerekir. Daha sonra, toplam reaktif maseralin V tipine dağılım verileri, optimal inert ve optimal sağlamlık indekslerinden faydalanarak kompozisyon balans indeksi ve mukavemet indeksinin hesaplanması gereklidir. Bu hesaplamalar için, Şekil E.1, E.2 ve E.3' den faydalanılmaktadır.

Vitrinit, liptinit ve semifüsinit'in 1/3 oranı reaktif maseralleri, semifüsinit'in 2/3 oranı, inertinit ve mineral madde ise inert maseralleri oluşturmaktadır.

Şekil E.1' den yararlanarak, kömürlerin maseral tiplerine göre optimal inert oranları belirlenmektedir. Şekil E.2' den de vitrinit tipleri ve inert oranına göre sağlamlık faktörü belirlenmektedir.

Bileşim indeksi, toplam inert miktarının optimal inert miktarına oranından, sağlamlık indeksi de optimal sağlamlık indeksinin toplam reaktif miktarına oranından elde edilmektedir. Bileşim ve sağlamlık indeks değerleri ile Şekil E.3' den faydalanarak kok kömürünün stabilitesi saptanmaktadır.



**Çizelge E.1.1 Üzülmüş işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	(%)
Vitrinit (Reaktif)	73.92
Liptinit (Reaktif)	4.64
Semifüsinit	9.30 (3.10 R + 6.20 I)
İnertinit (İnert)	8.31
Mineral Madde (İnert)	3.83
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>81.66</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>18.34</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V9	2.89	2.36
V10	24.05	19.64
V11	57.52	46.97
V12	13.26	10.83
V13	0.38	0.31
V14	1.52	1.24
V15	0.38	0.31
<b>Toplam</b>		<b>81.66</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V9	2.6	2.36	3.50	0.91	8.26
V10	2.4	19.64	3.70	8.18	72.67
V11	2.7	46.97	4.50	17.40	211.37
V12	3.2	10.83	4.70	3.38	50.90
V13	4.0	0.31	5.90	0.08	1.83
V14	5.2	1.24	7.00	0.24	8.68
V15	7.0	0.31	7.20	0.04	2.23
<b>Toplam</b>		<b>81.66</b>		<b>30.23</b>	<b>355.94</b>

$$CBI = 18.34 / 30.23 = 0.61$$

$$SI = 355.94 / 81.66 = 4.36$$

**Kok Stabilitesi = 58**

**Çizelge E.1.2 Üzülmüş işletmesi Çay damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	53.62
Liptinit (Reaktif)	4.02
Semifüsinit	(6.18R + 12.37 I)
İnertinit(İnert)	18.45
Mineral Madde (İnert)	5.36
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>63.82</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>36.18</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V8	0.91	0.58
V9	5.42	3.46
V10	20.01	12.77
V11	55.10	35.16
V12	11.80	7.53
V13	2.88	1.84
V14	0.97	0.62
V15	1.94	1.24
V16		
V17	0.97	0.62
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>63.82</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V8	2.8	0.58	2.60	0.21	1.51
V9	2.6	3.46	3.55	1.33	12.28
V10	2.4	12.77	3.70	5.32	47.25
V11	2.7	35.16	4.30	13.02	151.19
V12	3.2	7.53	4.50	2.35	33.89
V13	4.0	1.84	5.68	0.46	10.45
V14	5.2	0.62	6.65	0.12	4.12
V15	7.0	1.24	6.80	0.18	8.43
V16	9.5				
V17	12.30	0.62	7.15	0.05	4.43
<b>Toplam</b>		<b>63.82</b>		<b>23.04</b>	<b>273.55</b>
		<b>CBI=36.18/23.04=1.57</b>		<b>SI=273.55/63.82=4.29</b>	

**Kok Stabilitesi =52**

**Çizelge E.1.3 Üzülmüş işletmesi Nasıfoğlu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	(%)
Vitrinit (Reaktif)	85.52
Liptinit (Reaktif)	3.94
İnertinit(İnert)	3.74
Semifüsinit	(1.15 R + 2.30 I)
Mineral Madde (İnert)	3.35
Toplam Reaktif	90.61
Toplam İnert	9.39
Toplam	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V9	5.93	5.37
V10	19.75	17.90
V11	48.59	44.03
V12	20.95	18.98
V13	4.15	3.76
V14	0.21	0.19
V15	0.21	0.19
V16		
V17		
V18		
V19	0.21	0.19
Toplam	100.00	90.61

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V9	2.6	5.37	3.20	2.07	17.18
V10	2.4	17.90	3.50	7.46	62.65
V11	2.7	44.03	4.20	16.31	184.93
V12	3.2	18.98	4.50	5.93	85.41
V13	4.0	3.76	5.75	0.94	21.62
V14	5.2	0.19	7.05	0.04	1.34
V15	7.0	0.19	7.18	0.03	1.36
V16	9.5				
V17	12.30				
V18	14.80				
V19	17.10	0.19	7.85	0.01	1.49
Toplam		90.61		32.79	375.98
		CBI=9.39 / 32.75 =0.29		SI=375.98/90.61=4.15	

**Kok Stabilitesi =46**

**Çizelge E.1.4 Kozlu işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	69.01
Liptinit (Reaktif)	3.80
Semifüsinit	(3.99R + 7.99 I)
İnertinit(İnert)	11.98
Mineral Madde (İnert)	3.23
Toplam Reaktif	76.80
Toplam İnert	23.20
Toplam	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V10	0.95	0.73
V11	8.10	6.22
V12	44.13	33.89
V13	36.55	28.07
V14	7.67	5.89
V15	1.04	0.80
V16		
V17	0.52	0.40
V18	0.52	0.40
V19	0.52	0.40
Toplam	100.00	76.80

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V10	2.4	0.73	3.87	0.30	2.83
V11	2.7	6.22	4.60	2.30	2.861
V12	3.2	33.89	4.75	10.59	160.98
V13	4.0	28.07	5.90	7.02	165.61
V14	5.2	5.89	6.95	1.13	40.94
V15	7.0	0.80	7.12	0.11	5.70
V16	9.5				
V17	12.30	0.40	7.40	0.03	2.96
V18	14.80	0.40	7.60	0.03	3.04
V19	17.10	0.40	7.75	0.02	3.10
Toplam		76.80		21.55	413.76
		CBI=23.20/21.55=1.08		SI=413.76/76.80=5.38	

**Kok Stabilitesi =65**

**Çizelge E.1.5 Kozlu işletmesi Çay damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	(%)
Vitrinit (Reaktif)	59.44
Liptinit (Reaktif)	4.51
Semifüsinit	(4.61R + 9.22 I)
İnertinit(İnert)	16.66
Mineral Madde (İnert)	5.56
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>68.56</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>31.44</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V9	11.18	7.67
V10	55.54	38.08
V11	27.57	18.90
V12		
V13	2.09	1.43
V14	1.56	1.07
V15	0.51	0.35
V16	0.51	0.35
V17	1.04	0.71
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>68.56</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V9	2.6	7.67	3.65	2.95	28.23
V10	2.4	38.08	3.85	15.87	146.61
V11	2.7	18.90	4.45	7.00	84.11
V12	3.2				
V13	4.0	1.43	5.80	0.36	8.29
V14	5.2	1.07	6.80	0.21	7.28
V15	7.0	0.35	6.95	0.05	2.43
V16	9.5	0.35	7.10	0.04	2.49
V17	12.30	0.71	7.25	0.06	5.15
<b>Toplam</b>		<b>68.56</b>		<b>26.52</b>	<b>284.57</b>

$$CBI=31.44/26.52=1.19$$

$$SI=284.57/68.56=4.15$$

**Kok Stabilitesi =56**

**Çizelge E.1.6 Kozlu işletmesi Büyükkılıç damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	46.26
Liptinit (Reaktif)	6.65
Semifüsinit	(9.07R + 18.14 I)
İnertinit(İnert)	16.83
Mineral Madde (İnert)	3.05
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>61.98</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>38.02</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V7	4.26	2.64
V8	6.86	4.25
V9	43.52	26.98
V10	31.44	19.49
V11	4.39	2.72
V12	1.47	0.91
V13	1.47	0.91
V14	2.92	1.81
V15	1.47	0.91
V16	1.47	0.91
V17	0.73	0.45
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>61.98</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V7	3.1	2.64	2.12	0.85	5.60
V8	2.8	4.25	2.55	1.52	10.84
V9	2.6	26.98	3.55	10.38	95.78
V10	2.4	19.49	3.72	8.12	72.50
V11	2.7	2.72	4.30	1.01	11.70
V12	3.2	0.91	4.60	0.28	4.19
V13	4.0	0.91	5.70	0.23	5.19
V14	5.2	1.81	6.65	0.35	12.04
V15	7.0	0.91	6.78	0.13	6.17
V16	9.50	0.91	6.95	0.10	6.32
V17	12.30	0.45	7.15	0.04	3.22
<b>Toplam</b>					

$$CBI=38.02/23.00=1.66$$

$$SI=233.53/6198=3.77$$

**Kok Stabilitesi =43**

**Çizelge E.1.7 Karadon işletmesi Sulu damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	57.55
Liptinit (Reaktif)	1.34
Semifüsinit	(5.74R + 11.47 I)
İnertinit(İnert)	20.26
Mineral Madde (İnert)	3.64
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>64.63</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>35.37</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V9	0.91	0.59
V10	4.56	2.95
V11	16.40	10.60
V12	42.82	27.67
V13	24.57	15.88
V14	5.40	3.49
V15	2.66	1.72
V16	0.88	0.57
V17	1.80	1.16
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>64.63</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V9	2.6	0.59	3.55	0.23	2.09
V10	2.4	2.95	3.70	1.23	10.92
V11	2.7	10.60	4.25	3.93	45.05
V12	3.2	27.67	4.50	8.65	124.52
V13	4.0	15.88	5.70	3.97	90.52
V14	5.2	3.49	6.65	0.67	23.21
V15	7.0	1.72	6.85	0.25	11.78
V16	9.5	0.57	7.00	0.06	3.99
V17	12.3	1.16	7.15	0.09	8.29
<b>Toplam</b>		<b>64.63</b>		<b>19.07</b>	<b>320.37</b>

$$CBI=35.37/19.07=1.85$$

$$SI=320.3/64.63=4.96$$

**Kok Stabilitesi =53**

**Çizelge E.1.8 Karadon işletmesi Çay damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	54.66
Liptinit (Reaktif)	3.28
Semifüsinit	(7.55R + 15.10 I)
İnertinit(İnert)	16.20
Mineral Madde (İnert)	3.31
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>65.39</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>34.61</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V10	1.77	1.16
V11	23.00	15.04
V12	52.44	34.29
V13	12.39	8.10
V14	2.32	1.52
V15	1.15	0.75
V16	3.46	2.26
V17		
V18	2.32	1.52
V19	1.15	0.75
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>65.39</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V10	2.4	1.16	3.80	0.48	4.41
V11	2.7	15.04	4.15	5.57	62.42
V12	3.2	34.29	5.45	10.72	186.88
V13	4.0	8.10	5.80	2.03	46.98
V14	5.2	1.52	6.70	0.29	10.18
V15	7.0	0.75	6.85	0.11	5.14
V16	9.5	2.26	7.00	0.24	15.82
V17	12.3				
V18	14.8	1.52	7.30	0.10	11.10
V19	17.1	0.75	7.50	0.04	5.63
<b>Toplam</b>		<b>65.39</b>		<b>19.58</b>	<b>348.55</b>

$$CBI=34.61/19.58=1.77$$

$$SI=348.55/65.39=5.33$$

**Kok Stabilitesi =58**



**Çizelge E.1.9 Karadon işletmesi Akdağ damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

<u>Petrografik bileşen</u>	
Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	51.69
Liptinit (Reaktif)	4.86
Semifüsinit	(6.79 R + 13.58 I)
İnertinit(İnert)	18.53
Mineral Madde (İnert)	4.55
Toplam Reaktif	63.34
Toplam İnert	36.66
Toplam	100.00

V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V9	0.90	0.57
V10	17.86	11.31
V11	52.87	33.48
V12	15.36	9.73
V13	1.97	1.25
V14	3.55	2.25
V15	5.35	3.39
V16	1.07	0.68
V17	-	-
V18	1.07	0.68
Toplam	100.00	63.34

Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert	Reaktif hacim (%) (2)	Sağlamlık faktörü (3)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V9	2.6	0.57	3.50	0.22	2.00
V10	2.4	11.31	3.72	4.71	42.07
V11	2.7	33.48	4.25	12.40	142.29
V12	3.2	9.73	4.50	3.04	43.79
V13	4.0	1.25	5.70	0.31	7.13
V14	5.2	2.25	6.68	0.43	15.03
V15	7.0	3.39	6.85	0.48	23.22
V16	9.5	0.68	6.95	0.07	4.73
V17	12.3				
V18	14.8	0.68	7.25	0.05	4.93
Toplam		63.34		21.72	285.18

$$CBI=36.66/21.72=1.69$$

$$SI=285.18/63.34=4.50$$

**Kok Stabilitesi =53**

**Çizelge E.1.10 Armutçuk işletmesi Büyük damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	70.01
Liptinit (Reaktif)	3.86
Semifüsinit	(4.05 R + 8.11 I)
İnertinit(İnert)	12.16
Mineral Madde (İnert)	1.81
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>77.92</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>22.08</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V5	0.95	0.74
V6		
V7	1.90	1.48
V8	35.07	27.33
V9	52.14	40.63
V10	3.09	2.41
V11	0.95	0.74
V12	1.99	1.55
V13	1.30	1.01
V14	0.53	0.41
V15	1.04	0.81
V16	0.78	0.61
V17	0.26	0.20
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>77.92</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

Optimal inert	Reaktif hacim (%)	Sağlamlık faktörü	Optimal inert indeksi	Optimal sağlamlık indeksi	
	(2)	(3)	(3/2)	(3x4)	
V5	3.8	0.74	2.60	0.19	1.92
V6	3.5				
V7	3.1	1.48	2.90	0.48	4.29
V8	2.8	27.33	3.60	9.76	98.39
V9	2.6	40.63	3.70	15.63	150.33
V10	2.4	2.41	3.90	1.00	9.40
V11	2.7	0.74	4.50	0.27	3.33
V12	3.2	1.55	4.80	0.48	7.44
V13	4.0	1.01	6.95	0.25	7.02
V14	5.2	0.41	7.10	0.08	2.92
V15	7.0	0.81	7.25	0.12	5.87
V16	9.5	0.61	7.40	0.06	4.53
V17	12.3	0.20	7.60	0.02	1.52
<b>Toplam</b>	<b>77.92</b>			<b>28.35</b>	<b>296.96</b>

$$CBI=22.08/28.35=0.78$$

$$SI=296.96/77.92=3.81$$

**Kok Stabilitesi =51**

**Çizelge E.1.11 Amasra işletmesi Çınarlı damar taşkömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	(%)
Vitrinit (Reaktif)	68.36
Liptinit (Reaktif)	9.12
Semifüsinit	(9.12 R + 6.40 I)
İnertinit(İnert)	9.40
Mineral Madde (İnert)	3.52
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>80.68</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>19.32</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	V (%)	Toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı (%)
V6	69.15	55.79
V7	26.88	21.69
V8		
V9	3.97	3.20
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>80.68</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V6	3.5	55.79	2.65	15.94	147.84
V7	3.1	21.69	2.75	7.00	59.65
V8	2.8				
V9	2.6	3.20	3.50	1.23	11.20
<b>Toplam</b>		<b>80.68</b>		<b>24.17</b>	<b>218.69</b>

$$CBI=19.32/24.17=0.80$$

$$SI=218.69/80.68=2.71$$

**Kok Stabilitesi =25**

**Çizelge E.1.12 Üzülmez karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması****Petrografik bileşen**

Maseraller	%35 Çay	%35 Sulu	%30 Nasıfoğlu	Karışım (%)
Vitrinit (R)	53.62	73.92	85.52	70.30
Liptinit (R)	4.02	4.64	3.94	4.21
Semifüsinit	(6.18R + 12.37I)	(3.10R + 6.20I)	(1.15R + 2.30I)	(3.59R + 7.19I)
İnertinit(İ)	18.45	8.31	3.74	10.49
Mineral Madde (İ)	5.36	3.83	3.35	4.22
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>63.82</b>	<b>81.66</b>	<b>90.61</b>	<b>78.10</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>36.18</b>	<b>18.34</b>	<b>9.39</b>	<b>21.90</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%35 Çay	%35 Sulu	%30 Nasıfoğlu	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktiforanı
V8	0.91			0.32	0.25
V9	5.42	2.89	5.93	4.69	3.66
V10	20.01	24.05	19.75	21.35	16.67
V11	55.10	57.52	48.59	53.99	42.17
V12	11.80	13.26	20.95	15.06	1.76
V13	2.88	0.38	4.15	2.39	1.87
V14	0.97	1.52	0.21	0.93	0.73
V15	1.94	0.38		0.87	0.68
V16					
V17	0.97			0.34	0.26
V18					
V19			0.21	0.06	0.05
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>78.10</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V8	2.8	0.25	2.95	0.09	0.74
V9	2.6	3.66	3.60	1.41	13.18
V10	2.4	16.67	3.80	6.95	63.35
V11	2.7	42.17	4.55	15.62	191.87
V12	3.2	11.76	4.75	3.68	57.86
V13	4.0	1.87	5.95	0.47	11.13
V14	5.2	0.73	6.95	0.14	5.07
V15	7.0	0.68	7.15	0.1	34.86
V16	9.5		7.30		
V17	12.3	0.26	7.45	0.02	1.94
V18	14.8		7.60		
V19	17.1	0.05	7.75		0.39
<b>Toplam</b>		<b>78.10</b>		<b>28.48</b>	<b>348.39</b>

$$CBI=21.90/28.8=0.76 \quad SI=348.39/78.10=4.46$$

**Kok Stabilitesi =61**

**Çizelge E.1.13 Kozlu karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**  
**Petrografik bileşen**

Maseralar	%35 Çay	%35 Sulu	%30 Büyüklük	Karışım (%)
Vitrinit (R)	59.44	69.01	46.26	58.84
Liptinit (R)	4.51	3.80	6.65	4.90
Semifüsinit (4.61R + 9.22I)		(3.99R + 7.99I)	(9.07R + 18.14I)	(5.73R + 11.47I)
İnertinit(İ)	16.66	11.98	16.83	15.07
Mineral Madde (İ)	5.56	3.23	3.05	3.99
Toplam Reaktif	68.56	76.80	61.98	69.47
Toplam İnert	31.44	23.20	38.02	30.53
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%35 Çay	%35 Sulu	%30 Büyüklük	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktiforanı
V7			4.26	1.28	0.89
V8			6.86	2.06	1.43
V9	11.18		43.52	16.97	11.79
V10	55.54	0.95	31.44	29.20	20.29
V11	27.57	8.10	4.39	13.80	9.59
V12		44.13	1.47	15.89	11.04
V13	2.09	36.55	1.47	13.97	9.70
V14	1.56	7.67	2.92	4.11	2.86
V15	0.51	1.04	1.47	0.98	0.68
V16	0.51		1.47	0.62	0.43
V17	1.04	0.52	0.73	0.76	0.53
V18		0.52		0.18	0.12
V19		0.52		0.18	0.12
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	69.47

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V7	3.1	0.89	2.55	0.29	2.27
V8	2.8	1.43	2.85	0.51	4.09
V9	2.6	11.79	3.65	4.53	43.03
V10	2.4	20.29	3.85	8.45	78.12
V11	2.7	9.59	4.45	3.55	42.68
V12	3.2	11.04	4.70	3.45	51.89
V13	4.0	9.70	5.85	2.43	56.75
V14	5.2	2.86	6.85	0.55	19.59
V15	7.0	0.68	7.00	0.10	4.76
V16	9.5	0.43	7.15	0.05	3.07
V17	12.3	0.53	7.30	0.04	3.87
V18	1.48	0.12	7.45	0.01	0.80
V19	17.1	0.12	7.60	0.01	0.91
Toplam		69.47		23.97	311.91

$$CBI=30.53/23.97=1.27$$

$$SI=311.91/69.47=4.49$$

**Kok Stabilitesi =58**

**Çizelge E.1.14 ÜZ+KZ karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	%50 Kozlu	%50 Üzülmez	(ÜZ+KZ)(%)
Vitrinit (Reaktif)	58.84	70.30	64.57
Liptinit (Reaktif)	4.90	4.21	4.56
Semifüsinit	(5.73R + 11.47I)	(3.59R + 7.19I)	(4.66R + 9.33I)
İnertinit(İnert)	15.07	10.49	12.78
Mineral Madde (İnert)	3.99	4.22	4.10
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>69.47</b>	<b>78.10</b>	<b>73.79</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>30.53</b>	<b>21.90</b>	<b>26.21</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%50 Kozlu	%50Üzülmez	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V7	1.28		0.64	0.47
V8	2.06	0.32	1.19	0.88
V9	16.97	4.69	10.83	7.99
V10	29.20	21.35	25.27	18.64
V11	13.80	53.99	33.90	25.01
V12	15.89	15.06	15.47	11.41
V13	13.97	2.39	8.18	6.04
V14	4.11	0.93	2.52	1.86
V15	0.98	0.87	0.93	0.69
V16	0.62		0.31	0.23
V17	0.76	0.34	0.55	0.41
V18	0.18		0.09	0.07
V19	0.18	0.06	0.12	0.09
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>		<b>100.00</b>	<b>73.79</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V7	3.1	0.47	20.70	0.15	1.27
V8	2.8	0.88	2.90	0.31	2.55
V9	2.6	7.99	3.65	3.07	29.16
V10	2.4	18.64	3.85	7.77	71.76
V11	2.7	25.01	4.50	9.26	112.55
V12	3.2	11.41	4.75	3.57	54.20
V13	4.0	6.04	5.90	1.51	35.64
V14	5.2	1.86	6.90	0.36	12.83
V15	7.0	0.69	7.10	0.10	4.90
V16	9.5	0.21	7.20	0.02	1.66
V17	12.3	0.41	7.35	0.03	3.01
V18	1.48	0.07	7.50		0.52
V19	17.1	0.09	7.70		0.69
<b>Toplam</b>		<b>73.79</b>		<b>26.15</b>	<b>330.74</b>

$$CBI=26.22/26.15=1.00$$

$$SI=330.74/73.79=4.48$$

**Kok Stabilitesi =61**

**Çizelge E.1.15 KR-KR karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması****Petrografik bileşen**

Maseraler	%35 Çay	%35 Sulu	%30 Akdağ	(KR-KR) <sub>1</sub> (%)
Vitrinit (R)	54.56	57.55	51.69	54.75
Liptinit (R)	3.28	1.34	4.86	3.07
Semifüsinit (7.55R + 15.10I)	(5.74R + 11.47I)	(6.79R + 13.584I)	(6.69R + 13.37I)	
İnertinit(I)	16.20	20.26	18.53	18.32
Mineral Madde (İ)	3.31	3.64	4.55	3.80
Toplam Reaktif	65.39	64.63	63.34	64.51
Toplam İnert	34.64	35.37	36.66	35.49
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%35 Çay	%35Sulu	%30 Akdağ	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V9		0.91	0.90	0.59	0.38
V10	1.77	4.56	17.86	7.57	4.88
V11	23.00	16.40	52.86	29.65	19.13
V12	52.44	42.82	15.36	37.95	24.48
V13	12.39	24.57	1.97	13.53	8.73
V14	2.32	5.40	3.55	3.77	2.43
V15	1.15	2.66	5.35	2.94	1.90
V16	3.46	0.88	1.07	1.84	1.19
V17		1.80		0.63	0.40
V18	2.32		1.07	1.13	0.73
V19	1.15			0.40	0.26
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	64.51

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V9	2.6	0.38	3.55	0.15	1.35
V10	2.4	4.88	3.70	2.03	18.06
V11	2.7	19.13	4.25	7.09	81.30
V12	3.2	24.48	4.50	7.65	110.16
V13	4.0	8.73	5.70	2.18	49.76
V14	5.2	2.43	6.65	0.47	16.16
V15	7.0	1.90	6.85	0.27	13.02
V16	9.5	1.19	7.00	0.13	8.33
V17	12.3	0.40	7.15	0.03	2.86
V18	14.8	0.73	7.25	0.05	5.29
V19	17.1	0.26	7.40	0.02	1.92
Toplam		64.51		20.07	308.21

$$CBI=35.49/20.07=1.77$$

$$SI=308.21/64.51=4.78$$

**Kok Stabilitesi =54**

**Çizelge E.1.16 %20ABD+%80(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

<u>Petrografik bileşen</u>			
<u>Maseraller</u>	<u>%20 ABD</u>	<u>%80 (ÜZ+KZ)</u>	<u>Karışım (%)</u>
Vitrinit (Reaktif)	70.01	64.57	65.66
Liptinit (Reaktif)	3.86	4.56	4.42
Semifüsinit	(4.05R + 8.11I)	(4.66R + 9.33I)	(4.54R + 9.09I)
İnertinit(İnert)	12.16	12.78	12.65
<u>Mineral Madde (İnert)</u>	<u>1.81</u>	<u>4.10</u>	<u>3.64</u>
<u>Toplam Reaktif</u>	<u>77.92</u>	<u>73.79</u>	<u>74.62</u>
<u>Toplam İnert</u>	<u>22.08</u>	<u>26.21</u>	<u>25.38</u>
<u>Toplam</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı

	<u>%20 ABD</u>	<u>%80 (ÜZ+KZ)</u>	<u>Karışımındaki V tipi oranı(%)</u>	<u>V tipi oranı x Toplam reaktif oranı</u>
V5	0.95		0.20	0.15
V6				
V7	1.90	0.64	0.89	0.66
V8	35.07	1.19	7.97	5.95
V9	52.14	10.83	19.10	14.25
V10	3.019	25.27	20.83	15.54
V11	0.95	33.90	27.31	20.38
V12	1.99	15.47	12.77	9.53
V13	1.30	8.18	6.80	5.07
V14	0.53	2.52	2.12	1.58
V15	1.04	0.93	0.95	0.71
V16	0.78	0.31	0.40	0.30
V17	0.26	0.55	0.49	0.37
V18		0.09	0.07	0.05
V19		0.12	0.10	0.08
<u>Toplam</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100..</u>	<u>74.62</u>



Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V5	3.8	0.15	2.40	0.04	0.36
V6	3.5				
V7	3.1	0.66	2.65	0.21	1.75
V8	2.8	5.95	2.80	2.13	16.66
V9	2.6	14.25	2.95	5.48	42.04
V10	2.4	15.54	3.85	6.48	59.83
V11	2.7	20.38	4.50	7.55	91.71
V12	3.2	9.53	4.75	2.98	45.27
V13	4.0	5.07	5.90	1.27	29.91
V14	5.2	1.58	6.95	0.30	10.98
V15	7.0	0.71	7.10	0.10	5.04
V16	9.5	0.30	7.25	0.03	2.18
V17	12.3	0.37	7.40	0.03	2.74
V18	14.8	0.05	7.55		0.38
V19	17.1	0.08	7.70		0.62
<b>Toplam</b>		<b>74.62</b>		<b>26.60</b>	<b>309.47</b>

$$CBI=25.38/26.60=0.95$$

$$SI=309.47/74.62=4.15$$

**Kok Stabilitesi =58**

**Çizelge E.1.17 %30ABD+%70(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

Petrografik bileşen

Maseraller	%30 ABD	%70 (ÜZ+KZ)	Karışım (%)
Vitrinit (Reaktif)	70.01	64.57	66.20
Liptinit (Reaktif)	3.86	4.56	4.35
Semifüsinit	(4.05R + 8.11I)	(4.66R + 9.33I)	(4.48R + 8.96I)
İnertinit(İnert)	12.16	12.78	12.59
Mineral Madde (İnert)	1.81	4.10	3.42
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>77.92</b>	<b>73.79</b>	<b>75.03</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>22.08</b>	<b>26.21</b>	<b>24.97</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı

	%30 ABD	%70 (ÜZ+KZ)	Karışımındaki V tipi oran(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V5	0.95		0.29	0.22
V6				
V7	1.90	0.64	1.02	0.77
V8	35.07	1.19	11.35	8.52
V9	52.14	10.83	23.22	17.42
V10	3.09	25.27	18.62	13.97
V11	0.95	33.90	24.02	18.02
V12	1.99	15.47	11.43	8.58
V13	1.30	8.18	6.12	4.59
V14	0.53	2.52	1.92	1.44
V15	1.04	0.93	0.96	0.72
V16	0.78	0.31	0.45	0.34
V17	0.26	0.55	0.46	0.34
V18		0.09	0.06	0.04
V19		0.12	0.08	0.06
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>75.03</b>

Optimal inert ve optimal sağamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağamlık indeksi (3x4)
V5	3.8	0.22	2.45	0.06	0.54
V6	3.5				
V7	3.1	0.77	2.65	0.25	2.04
V8	2.8	8.52	2.80	3.04	23.86
V9	2.6	17.42	2.95	6.70	51.39
V10	2.4	13.97	3.65	5.82	51.00
V11	2.7	18.02.	3.85	6.67	69.38
V12	3.2	8.58	4.50	2.68	38.61
V13	4.0	4.59	4.75	1.15	21.80
V14	5.2	1.44	6.95	0.28	10.01
V15	7.0	0.72	7.10	0.10	5.11
V16	9.5	0.34	7.25	0.04	2.47
V17	12.3	0.34	7.40	0.03	2.52
V18	14.8	0.04	7.55		0.30
V19	17.1	0.06	7.70		0.46
<b>Toplam</b>		<b>75.03</b>		<b>26.82</b>	<b>279.49</b>

$$CBI=24.97/26.82=0.93$$

$$SI=279.49/75.03=3.73$$

**Kok Stabilitesi =51**

**Çizelge E.1.18 %40ABD+%60(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

<u>Maseraller</u>	<u>%40 ABD</u>	<u>%60 (ÜZ+KZ)</u>	<u>Karışım (%)</u>
Vitrinit (Reaktif)	70.01	64.57	66.75
Liptinit (Reaktif)	3.86	4.56	4.28
Semifüsinit	(4.05R + 8.11I)	(4.66R + 9.33I)	(4.42R + 8.84I)
İnertinit(İnert)	12.16	12.78	12.53
<u>Mineral Madde (İnert)</u>	<u>1.81</u>	<u>4.10</u>	<u>3.19</u>
<u>Toplam Reaktif</u>	<u>77.92</u>	<u>73.79</u>	<u>75.44</u>
<u>Toplam İnert</u>	<u>22.08</u>	<u>26.21</u>	<u>24.55</u>
<u>Toplam</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	<u>%40 ABD</u>	<u>%60 (ÜZ+KZ)</u>	<u>Karışımındaki V tipi oran(%)</u>	<u>V tipi oranı x Toplam reaktif oranı</u>
V5	0.95		0.40	0.30
V6				
V7	1.90	0.64	1.14	0.86
V8	35.07	1.19	14.74	11.12
V9	52.14	10.83	27.35	20.64
V10	3.09	25.27	16.40	12.37
V11	0.95	33.90	20.72	15.63
V12	1.99	15.47	10.00	7.61
V13	1.30	8.18	5.43	4.10
V14	0.53	2.52	1.72	1.30
V15	1.04	0.93	0.97	0.73
V16	0.78	0.31	0.50	0.38
V17	0.26	0.55	0.43	0.32
V18		0.09	0.05	0.04
V19		0.12	0.07	0.05
<u>Toplam</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>75.44</u>

Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V5	3.8	0.30	2.40	0.08	0.72
V6	3.5				
V7	3.1	0.86	2.55	0.28	2.19
V8	2.8	11.12	2.75	3.97	30.58
V9	2.6	20.64	2.95	7.94	60.89
V10	2.4	12.37	3.60	5.15	44.53
V11	2.7	15.63	3.80	5.79	59.39
V12	3.2	7.62	4.75	2.38	36.15
V13	4.0	4.10	6.00	1.03	24.60
V14	5.2	1.30	6.95	0.25	9.04
V15	7.0	0.73	7.10	0.10	5.18
V16	9.5	0.38	7.25	0.04	2.76
V17	12.3	0.32	7.40	0.03	2.37
V18	14.8	0.04	7.55		0.30
V19	17.1	0.05	7.60		0.38
<b>Toplam</b>		<b>75.44</b>		<b>27.04</b>	<b>279.08</b>

$$CBI=24.56/27.04=0.91$$

$$SI=279.08/75.44=3.70$$

**Kok Stabilitesi =50**

**Çizelge E.1.19 %20ABD+%80(KR-KR) kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

Petrografik bileşen

Maceraller	%20 ABD	%80 (KR-KR)	Karışım (%)
Vitrinit (Reaktif)	70.01	54.75	57.80
Liptinit (Reaktif)	3.86	3.07	3.23
Semifüsinit	(4.05R + 8.11I)	(6.69R + 13.37I)	(6.16R + 12.32I)
İnertinit(İnert)	12.16	18.32	17.09
Mineral Madde (İnert)	1.81	3.80	3.40
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>77.92</b>	<b>64.51</b>	<b>67.20</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>22.08</b>	<b>35.49</b>	<b>32.81</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı

	%40 ABD	%60 (KR-KR)	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V5	0.95		0.20	0.13
V6				
V7	1.90		0.38	0.25
V8	35.07		7.01	4.71
V9	52.14	0.59	10.90	7.32
V10	3.09	7.57	6.67	4.48
V11	0.95	29.65	23.91	16.07
V12	1.99	37.95	30.76	20.67
V13	1.30	13.53	11.08	7.44
V14	0.53	3.77	3.12	2.10
V15	1.04	2.94	2.56	1.72
V16	0.78	1.84	1.63	1.10
V17	0.26	0.63	0.56	0.38
V18		1.13	0.90	0.60
V19		0.40	0.32	0.22
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>67.19</b>

**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V5	3.8	0.13	2.05	0.03	0.27
V6	3.5				
V7	3.1	0.25	2.40	0.08	0.60
V8	2.8	4.71	2.70	1.68	12.72
V9	2.6	7.32	3.60	2.81	26.35
V10	2.4	4.48	3.80	1.87	17.02
V11	2.7	16.07	4.40	5.95	70.71
V12	3.2	20.67	4.65	6.46	96.12
V13	4.0	7.44	5.75	1.86	42.78
V14	5.2	2.10	6.75	0.40	14.18
V15	7.0	1.72	6.95	0.25	11.95
V16	9.5	1.10	7.05	0.12	7.76
V17	12.3	0.38	7.25	0.03	2.76
V18	14.8	0.60	7.35	0.04	4.41
V19	17.1	0.22	7.55	0.01	1.66
<b>Toplam</b>	<b>67.19</b>			<b>21.59</b>	<b>309.29</b>

$$CBI=32.81/21.59=1.52$$

$$SI=309.29/67.19=4.60$$

**Kok Stabilitesi =57**

**Çizelge E.1.20 %30ABD+%70 (KR-KR) kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

<u>Maseraler</u>	<u>%30 ABD</u>	<u>%60 (KR-KR)</u>	<u>Karışım (%)</u>
Vitrinit (Reaktif)	70.01	54.75	59.33
Liptinit (Reaktif)	3.86	3.07	3.31
Semifüsinit	(4.05R + 8.11I)	(6.69R + 13.37I)	(5.90R + 11.79I)
İnertinit(İnert)	12.16	18.32	11.79
<u>Mineral Madde (İnert)</u>	<u>1.81</u>	<u>3.80</u>	<u>16.47</u>
Toplam Reaktif	77.92	64.51	68.54
Toplam İnert	22.08	35.49	31.46
Toplam	100.00	100.00	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	<u>%30 ABD</u>	<u>%70 (KR-KR)</u>	<u>Karışımdeki V tipi oranı(%)</u>	<u>V tipi oranı x Toplam reaktif oranı</u>
V5	0.95		0.29	0.20
V6				
V7	1.90		0.57	0.39
V8	35.07		10.52	7.21
V9	52.14	0.59	16.05	11.00
V10	3.09	7.57	6.23	4.27
V11	0.95	29.65	21.04	14.42
V12	1.99	37.95	27.16	18.62
V13	1.30	13.53	9.86	6.76
V14	0.53	3.77	2.80	1.92
V15	1.04	2.94	2.37	1.62
V16	0.78	1.84	1.52	10.4
V17	0.26	0.63	0.52	0.36
V18		1.13	0.79	0.54
V19		0.40	0.28	0.19
Toplam	100.00	100.00	100.00	68.54



**Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V5	3.8	0.20	2.10	0.05	0.42
V6	3.5				
V7	3.1	0.39	2.45	0.13	0.96
V8	2.8	7.21	2.80	2.58	20.19
V9	2.6	11.00	3.65	4.23	40.15
V10	2.4	4.27	3.85	1.78	16.44
V11	2.7	14.42	4.46	5.34	87.51
V13	4.0	6.76	5.80	1.69	39.21
V14	5.2	1.92	6.80	0.37	13.06
V15	7.0	1.62	6.95	0.23	11.26
V16	9.5	1.04	7.10	0.11	7.38
V17	12.3	0.36	7.25	0.03	2.61
V18	14.8	0.54	7.40	0.04	4.00
V19	17.1	0.19	7.55	0.01	1.43
<b>Toplam</b>		<b>68.54</b>		<b>22.41</b>	<b>308.93</b>

$$CBI=31.47/22.41=1.40$$

$$SI=308.93/68.54=4.51$$

**Kok Stabilitesi =57**

**Çizelge E.1.21 %40ABD+%60(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

<u>Maseraller</u>	<u>%40 ABD</u>	<u>%60 (KR-KR)</u>	<u>Karışım (%)</u>
Vitrinit (Reaktif)	70.01	54.75	60.85
Liptinit (Reaktif)	3.86	3.07	3.39
Semifüsinit	(4.05R + 8.11I)	(6.69R + 13.37I)	(5.63R + 11.27I)
İnertinit(İnert)	12.16	18.32	15.86
Mineral Madde (İnert)	1.81	3.80	3.00
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>77.92</b>	<b>64.51</b>	<b>69.87</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>22.08</b>	<b>35.49</b>	<b>30.13</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	<u>%40 ABD</u>	<u>%60 (KR-KR)</u>	<u>Karışımındaki V tipi oranı(%)</u>	<u>V tipi oranı x Toplam reaktif oranı</u>
V5	0.95		0.38	0.27
V6				
V7	1.90		0.76	0.53
V8	35.07		14.03	9.80
V9	52.14	0.59	21.21	14.82
V10	3.09	7.57	5.78	4.04
V11	0.95	29.65	18.17	12.70
V12	1.99	37.95	23.57	16.47
V13	1.30	13.53	8.64	6.04
V14	0.53	3.77	2.47	1.72
V15	1.04	2.94	2.18	1.52
V16	0.78	1.84	1.42	0.99
V17	0.26	0.63	0.48	0.33
V18		1.13	0.68	0.47
V19		0.40	0.24	0.17
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>69.87</b>

Optimal inert ve optimal sağamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağamlık indeksi (3x4)
V5	3.8	0.27	2.15	0.07	0.58
V6	3.5				
V7	3.1	0.53	2.55	0.17	1.35
V8	2.8	9.80	2.85	3.50	27.93
V9	2.6	14.82	3.65	5.70	54.09
V10	2.4	4.04	3.85	1.68	15.55
V11	2.7	12.70	4.45	4.70	5.652
V12	3.2	16.47	4.70	5.15	77.41
V13	4.0	6.04	5.85	1.51	35.33
V14	5.2	1.72	6.85	0.33	11.78
V15	7.0	1.52	7.00	0.22	10.64
V16	9.5	0.99	7.15	0.10	7.08
V17	12.3	0.33	7.30	0.03	2.41
V18	14.8	0.47	7.45	0.03	3.50
V19	17.1	0.17	7.60	0.01	1.29
<b>Toplam</b>		<b>69.87</b>		<b>23.20</b>	<b>305.46</b>

$$CBI=30.13/23.20=1.30$$

$$SI=305.46/69.87=4.37$$

**Kok Stabilitesi =56**

**Çizelge E.1.22 %20AÇD+%80(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraller	%20 AÇD	%80 (ÜZ+KZ)	Karışım (%)
Vitrinit (Reaktif)	68.36	64.57	65.33
Liptinit (Reaktif)	9.12	4.546	5.47
Semifüsinit	(3.20R + 6.40I)	(4.66R + 9.33I)	(4.37R + 8.74I)
İnertinit(İnert)	9.40	12.78	12.10
Mineral Madde (İnert)	3.52	4.10	3.99
Toplam Reaktif	80.68	73.79	75.17
Toplam İnert	19.32	26.21	24.83
Toplam	100.00	100.00	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%20 AÇD	%80 (ÜZ+KZ)	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V6	69.15		13.83	10.40
V7	26.88	0.64	5.89	4.43
V8		1.19	0.95	0.71
V9	3.97	10.83	9.46	7.11
V10		25.27	20.22	15.20
V11		33.90	27.12	20.38
V12		15.47	12.38	9.30
V13		8.18	6.54	4.92
V14		2.52	2.02	1.52
V15		0.93	0.74	0.56
V16		0.31	0.25	0.19
V17		0.55	0.44	0.33
V18		0.09	0.07	0.05
V19		0.12	0.10	0.07
Toplam	100.00	100.00	100.00	75.17

Optimal inert ve optimal sağamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağamlık indeksi (3x4)
V6	3.5	10.40	2.65	2.97	27.56
V7	3.1	4.43	2.80	1.43	12.40
V8	2.8	0.71	2.95	0.25	2.09
V9	2.6	7.11	3.65	2.73	25.95
V10	2.4	15.20	3.85	6.33	58.52
V11	2.7	20.38	4.50	7.55	91.71
V12	3.2	9.30	4.75	2.91	44.18
V13	4.0	4.92	5.90	1.23	29.03
V14	5.2	1.52	6.95	0.29	10.56
V15	7.0	0.56	7.10	0.08	3.98
V16	9.5	0.19	7.25	0.02	1.38
V17	12.3	0.33	7.40	0.03	2.44
V18	14.8	0.05	7.55		0.38
V19	15.1	0.07	7.70		0.54
<b>Toplam</b>		<b>75.17</b>		<b>25.82</b>	<b>310.72</b>

$$CBI=24.83/25.82=0.97$$

$$SI=310.72/75.170=4.13$$

**Kok Stabilitesi =57**

**Çizelge E.1.23 %30AÇD+%70(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	%30 AÇD	%70 (ÜZ+KZ)	Karışım (%)
Vitrinit (Reaktif)	68.36	64.57	65.71
Liptinit (Reaktif)	9.12	4.56	5.93
Semifüsinit	(3.20R + 6.40I)	(4.66R + 9.33I)	(4.22R + 8.45I)
İnertinit(İnert)	9.40	12.78	11.77
Mineral Madde (İnert)	3.52	4.10	3.92
Toplam Reaktif	80.68	73.79	75.86
Toplam İnert	19.32	26.21	24.14
Toplam	100.00	100.00	100.00

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%30 AÇD	%70 (ÜZ+KZ)	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V6	69.15		20.75	15.74
V7	26.88	0.64	8.51	6.45
V8		1.19	0.83	0.63
V9	3.97	10.83	8.77	6.65
V10		25.87	17.69	13.42
V11		33.90	23.73	18.00
V12		15.47	10.83	8.22
V13		8.18	5.73	4.35
V14		2.52	1.76	1.33
V15		0.93	0.65	0.49
V16		0.31	0.22	0.17
V17		0.55	0.39	0.30
V18		0.09	0.06	0.05
V19		0.12	0.08	0.06
Toplam	100.00	100.00	100.00	75.86

Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V6	3.5	15.74	2.60	4.50	40.92
V7	3.1	6.45	2.75	2.08	17.74
V8	2.8	0.63	2.95	0.23	1.86
V9	2.6	6.65	3.60	2.56	23.94
V10	2.4	13.42	3.80	5.59	51.00
V11	2.7	18.00	4.55	6.67	81.90
V12	3.2	8.22	4.75	2.57	39.05
V13	4.0	4.35	5.95	1.09	25.88
V14	5.2	1.33	6.95	0.26	9.24
V15	7.0	0.49	7.15	0.07	3.50
V16	9.5	0.17	7.30	0.02	1.24
V17	12.	0.30	7.45	0.02	2.24
V18	14.8	0.05	7.60		0.38
V19	17.1	0.06	7.75		0.47
<b>Toplam</b>		<b>75.86</b>		<b>25.66</b>	<b>299.36</b>

$$CBI=24.15/25.66=0.94$$

$$SI=299.36/75.86=3.95$$

**Kok Stabilitesi =54**

**Çizelge E.1.24 %40AÇD+%60(ÜZ+KZ) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

<u>Maseraler</u>	<u>%40 AÇD</u>	<u>%60 (ÜZ+KZ)</u>	<u>Karışım (%)</u>
Vitrinit (Reaktif)	68.36	64.57	66.09
Liptinit (Reaktif)	9.12	4.56	6.38
Semifüsinit	(3.20R + 6.40I)	(4.66R + 9.33I)	(4.08R + 8.15I)
İnertinit(İnert)	9.40	12.78	11.43
<u>Mineral Madde (İnert)</u>	<u>3.52</u>	<u>4.10</u>	<u>3.87</u>
<u>Toplam Reaktif</u>	<u>80.68</u>	<u>73.79</u>	<u>76.55</u>
<u>Toplam İnert</u>	<u>19.32</u>	<u>26.21</u>	<u>23.45</u>
<u>Toplam</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	<u>%40 AÇD</u>	<u>%60 (ÜZ+KZ)</u>	<u>Karışımındaki V tipi oranı(%)</u>	<u>V tipi oranı x Toplam reaktif oranı</u>
V6	69.15		27.66	21.17
V7	26.88	0.64	11.14	8.53
V8		1.19	0.71	0.54
V9	3.97	10.83	8.09	6.19
V10		25.27	15.16	11.60
V11		33.90	20.34	15.57
V12		15.47	9.28	7.10
V13		8.18	4.91	3.76
V14		2.52	1.51	1.16
V15		0.93	0.56	0.43
V16		0.31	0.19	0.15
V17		0.55	0.33	0.25
V18		0.03	0.05	0.04
V19		0.12	0.7	0.05
<u>Toplam</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>76.54</u>



Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V6	3.5	21.17	2.45	6.05	51.87
V7	3.1	8.53	2.60	2.75	22.18
V8	2.8	0.54	2.75	0.19	1.49
V9	2.6	6.19	2.95	2.38	18.26
V10	2.4	11.60	3.60	4.83	41.76
V11	2.7	15.57	3.80	5.77	59.17
V12	3.2	7.10	4.55	2.22	38.31
V13	4.0	3.76	4.75	0.94	17.86
V14	5.2	1.16	5.95	0.22	6.90
V15	7.0	0.43	6.95	0.06	2.99
V16	9.5	0.15	7.15	0.02	1.07
V17	12.3	0.25	7.30	0.02	1.83
V18	14.8	0.04	7.45		0.30
V19	15.1	0.05	7.75		0.39
<b>Toplam</b>		<b>76.55</b>		<b>25.45</b>	<b>258.38</b>

$$CBI=23.45/25.45=0.92$$

$$SI=258.38/76.55=3.38$$

**Kok Stabilitesi =43**

**Çizelge E.1.25 %20AÇD+%80(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	%20 AÇD	%80 (KR-KR)	Karışım (%)
Vitrinit (Reaktif)	68.36	54.75	54.47
Liptinit (Reaktif)	9.12	3.07	4.28
Semifüsinit	(3.20R + 6.40I)	(6.69R + 13.37I)	(5.99R + 11.98I)
İnertinit(İnert)	9.40	18.32	16.54
Mineral Madde (İnert)	3.52	3.80	3.74
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>80.68</b>	<b>64.51</b>	<b>67.74</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>19.32</b>	<b>35.49</b>	<b>32.26</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%20 AÇD	%80 (KR-KR)	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V6	69.15		13.83	9.37
V7	26.88		5.38	3.64
V8				
V9	3.97	0.59	1.27	0.86
V10		7.57	6.06	4.11
V11		29.65	23.72	16.07
V12		3.795	30.36	20.57
V13		13.53	10.82	7.33
V14		3.77	3.02	20.04
V15		2.94	2.35	1.59
V16		1.84	1.47	0.99
V17		0.63	0.50	0.34
V18		1.13	0.90	0.61
V19		0.40	0.32	0.22
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>67.74</b>

Optimal inert ve optimal sağlamhk indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamhk faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamhk indeksi (3x4)
V6	3.5	9.37	2.20	2.68	20.61
V7	3.1	3.64	2.40	1.17	8.74
V8	2.8		2.70		
V9	2.6	0.86	3.60	0.33	3.10
V10	2.4	4.11	3.80	1.71	15.62
V11	2.7	16.07	4.40	5.95	70.71
V12	3.2	20.57	4.65	6.43	95.65
V13	4.0	7.33	5.75	1.83	42.15
V14	5.2	2.04	6.75	0.39	13.77
V15	7.0	1.59	6.95	0.23	11.05
V16	9.5	0.99	7.05	0.10	6.98
V17	12.3	0.34	7.25	0.03	2.47
V18	14.8	0.61	7.35	0.04	4.48
V19	15.1	0.22	7.55	0.01	1.66
<b>Toplam</b>		<b>67.75</b>		<b>20.90</b>	<b>296.99</b>

$$CBI=32.26/20.90=1.54$$

$$SI=296.99/20.90=4.38$$

**Kok Stabilitesi =53**

**Çizelge E.1.26 %30AÇD+%70(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

<u>Maseraler</u>	<u>%30 AÇD</u>	<u>%70 (KR-KR)</u>	<u>Karışım (%)</u>
Vitrinit (Reaktif)	68.36	54.75	58.83
Liptinit (Reaktif)	9.12	3.07	4.89
Semifütsinit	(3.20R + 6.40I)	(6.69R + 13.37I)	(5.64R + 11.28I)
İnertinit(İnert)	9.40	18.32	15.64
<u>Mineral Madde (İnert)</u>	<u>3.52</u>	<u>3.80</u>	<u>3.72</u>
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>80.68</b>	<b>64.51</b>	<b>69.36</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>19.32</b>	<b>35.49</b>	<b>30.64</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	<u>%30 AÇD</u>	<u>%70 (KR-KR)</u>	<u>Karışımındaki V tipi oranı(%)</u>	<u>V tipi oranı x Toplam reaktif oranı</u>
V6	69.15		20.75	14.39
V7	26.88		8.06	5.59
V8				
V9	3.97	0.59	1.60	1.11
V10		7.57	5.30	3.68
V11		29.65	20.75	14.39
V12		3.795	26.57	18.43
V13		13.53	9.47	6.57
V14		3.77	2.64	1.83
V15		2.94	2.06	1.43
V16		1.84	1.29	0.89
V17		0.63	0.44	0.30
V18		1.13	0.79	0.55
V19		0.40	0.28	0.19
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>69.36</b>

**Optimal inert ve optimal sağamlık indeksinin hesaplanması**

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağamlık indeksi (3x4)
V6	3.5	14.39	2.25	4.11	32.38
V7	3.1	5.59	2.45	1.80	13.70
V8	2.8		2.80		
V9	2.6	1.11	3.65	0.43	4.05
V10	2.4	3.68	3.85	1.53	14.17
V11	2.7	14.39	4.45	5.33	64.04
V12	3.2	18.43	4.70	5.76	86.62
V13	4.0	6.57	5.80	1.64	38.11
V14	5.2	1.83	6.80	0.35	12.44
V15	7.0	1.43	6.95	0.20	9.94
V16	9.5	0.89	7.10	0.09	6.32
V17	12.3	0.31	7.25	0.02	2.25
V18	14.8	0.55	7.40	0.04	4.07
V19	15.1	0.19	7.55	0.01	1.43
<b>Toplam</b>		<b>69.36</b>		<b>21.31</b>	<b>289.52</b>

$$CBI=30.64/21.31=1.44$$

$$SI=289.52/69.36=4.17$$

**Kok Stabilitesi =52**

**Çizelge E.1.27 %40AÇD+%60(KR-KR) karışım kömürünün kok stabilitesinin hesaplanması**

**Petrografik bileşen**

Maseraler	%20 AÇD	%80 (KR-KR)	Karışım (%)
Vitrinit (Reaktif)	68.36	54.75	60.19
Liptinit (Reaktif)	9.12	3.07	5.50
Semifüsinit	(3.20R + 6.40I)	(6.69R + 13.37I)	(5.29R + 10.58I)
İnertinit(İnert)	9.40	18.32	14.75
Mineral Madde (İnert)	3.52	3.80	3.69
<b>Toplam Reaktif</b>	<b>80.68</b>	<b>64.51</b>	<b>70.98</b>
<b>Toplam İnert</b>	<b>19.32</b>	<b>35.49</b>	<b>29.02</b>
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**V tipleri ve toplam reaktif maseralin V tipine dağılımı**

	%40 AÇD	%60 (KR-KR)	Karışımındaki V tipi oranı(%)	V tipi oranı x Toplam reaktif oranı
V6	69.15		27.66	19.63
V7	26.88		10.75	7.63
V8				
V9	3.97	0.59	1.94	1.38
V10		7.57	4.54	3.22
V11		29.65	17.80	12.63
V12		3.795	22.77	16.16
V13		13.53	8.12	5.76
V14		3.77	2.26	1.60
V15		2.94	1.76	1.25
V16		1.84	1.10	0.78
V17		0.63	0.38	0.27
V18		1.13	0.68	0.48
V19		0.40	0.24	0.17
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>70.98</b>

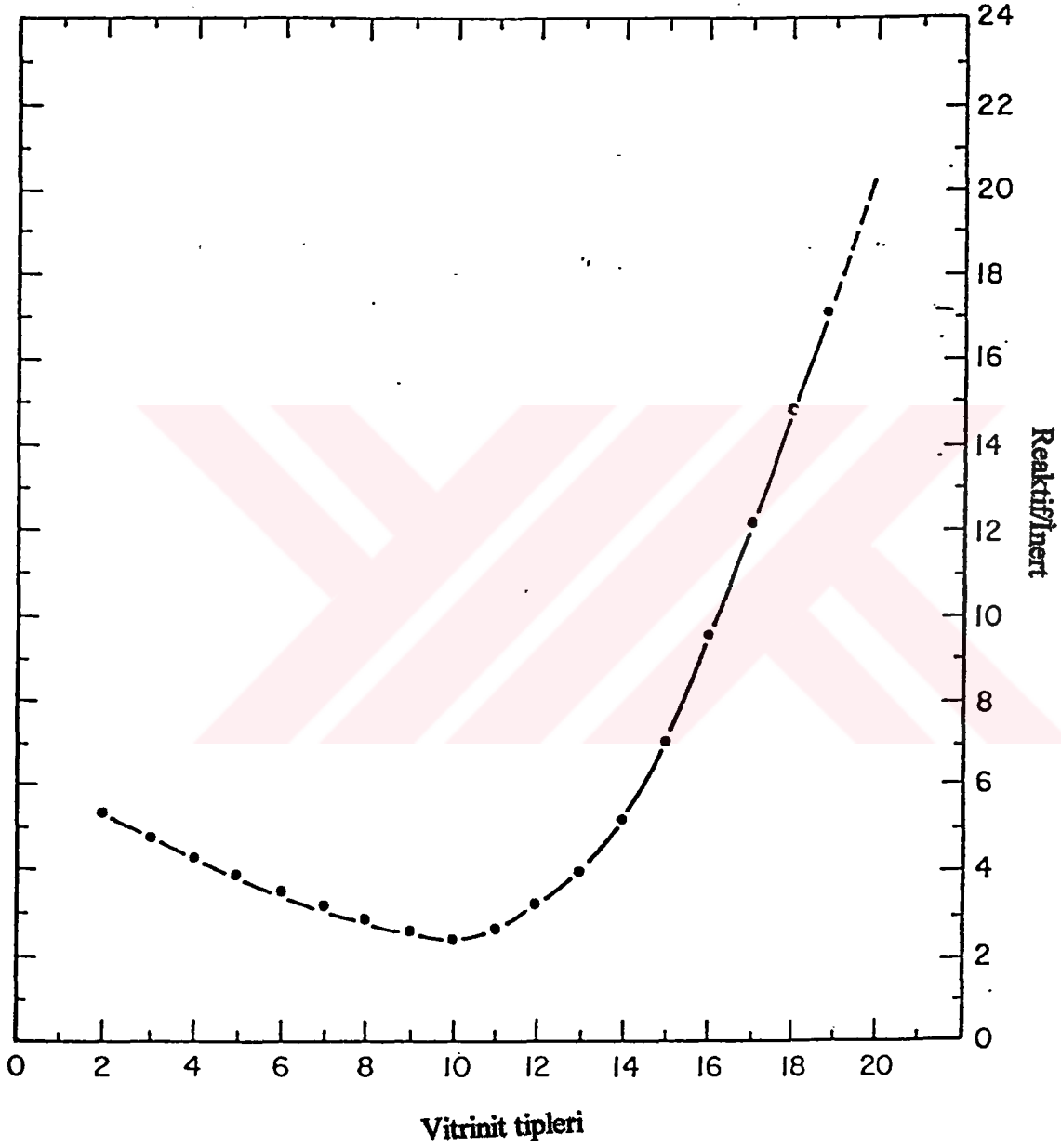
Optimal inert ve optimal sağlamlık indeksinin hesaplanması

	Optimal inert (2)	Reaktif hacim (%) (3)	Sağlamlık faktörü (4)	Optimal inert indeksi (3/2)	Optimal sağlamlık indeksi (3x4)
V6	3.5	19.63	2.35	5.61	46.13
V7	3.1	7.63	2.55	2.46	1.946
V8	2.8		2.85		
V9	2.6	1.38	3.65	0.53	5.04
V10	2.4	3.22	3.85	1.34	12.40
V11	2.7	12.63	4.45	4.68	56.20
V12	3.2	16.16	4.70	5.05	75.95
V13	4.0	5.76	5.85	1.44	33.70
V14	5.2	1.60	6.85	0.31	10.96
V15	7.0	1.25	7.00	0.18	8.75
V16	9.5	0.78	7.15	0.08	5.58
V17	12.3	0.27	7.30	0.02	1.97
V18	14.8	0.48	7.45	0.03	3.58
V19	15.1	0.17	7.60	0.01	1.29
<b>Toplam</b>		<b>70.96</b>		<b>21.74</b>	<b>281.01</b>

$$CBI=29.02/21.74=1.33$$

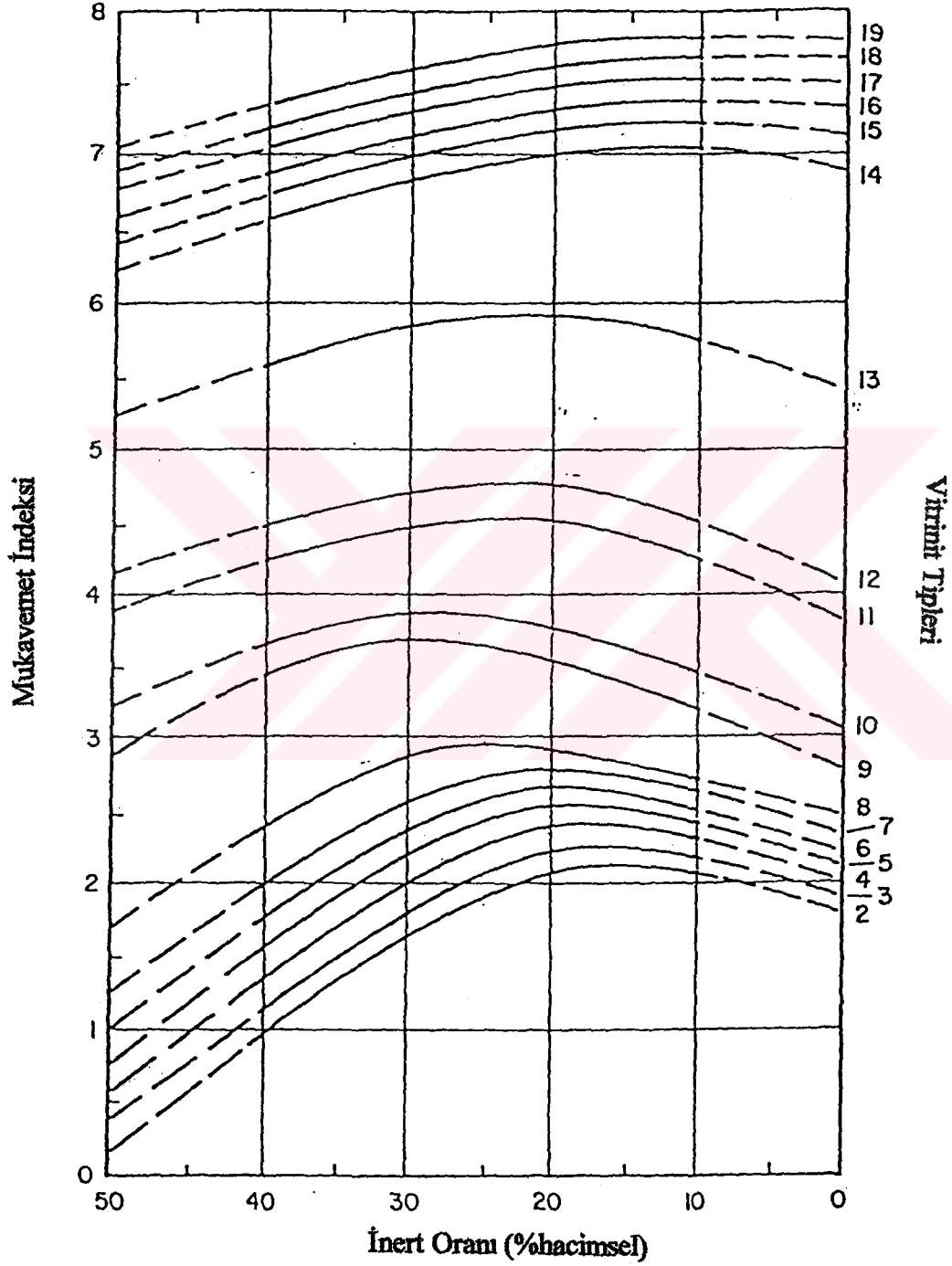
$$SI=281.01/70.98=3.96$$

**Kok Stabilitesi =51**

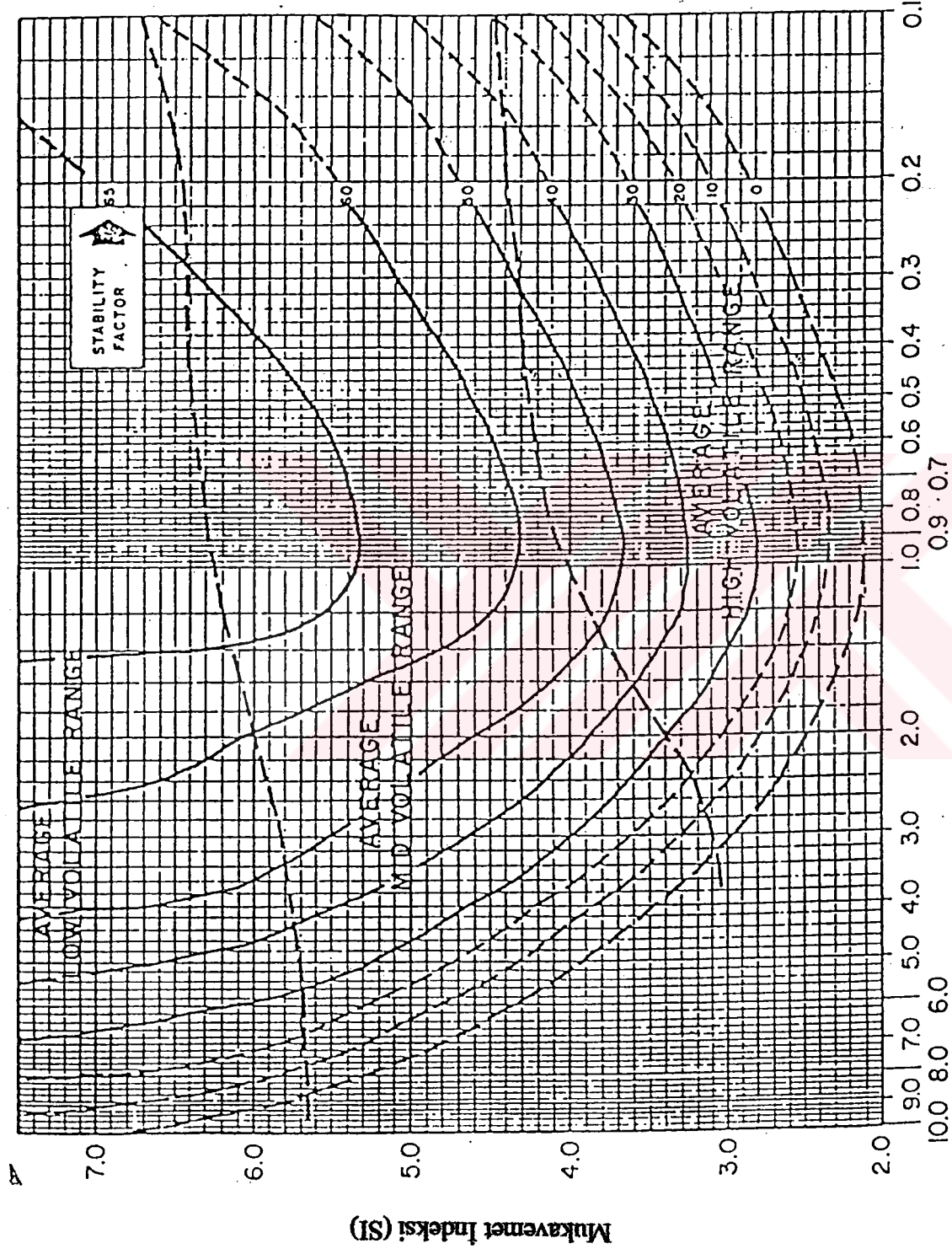


Şekil E.1 Maseral tiplerine göre reaktifleri inertlere optimum oranının değişimi





Şekil E.2 İnert oranı ve vitirnit tipleri ile sağlamlık faktörü arasındaki ilişki



Kompozisyon Balans İndeksi (CBI)

Şekil E.3 Kompozisyon balans indeksi, mukavemet indeksi ve stabilite faktörleri arasındaki ilişki

**ÖZGEÇMİŞ**

<b>Doğum tarihi</b>	09.10.1969	
<b>Doğum yeri</b>	Ankara	
<b>Lise</b>	1983-1986	Beşiktaş Kız Lisesi
<b>Lisans</b>	1986-1990	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü
<b>Yüksek Lisans</b>	1990-1994	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Programı
<b>Doktora</b>	1994-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Programı
<b>Çalıştığı kurum(lar)</b>	1993-1999	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Arş. Gör.
	1999-	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Arş. Gör.