

Kömürlerin Kimyasal Özelliklerinin Kendiliğinden Yanma Yatkınlığı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

Özer ÖREN¹, Cem ŞENSÖĞÜT*¹

¹Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya

Geliş tarihi: 05.01.2016

Kabul tarihi: 11.05.2016

Özet

Yapılan bu çalışma ile 16 haftalık depolama süresi boyunca farklı koşullar altında depo edilen iki ayrı boyuttaki (35 ve 200 meş) kömür örneğinin kimyasal özelliklerinde (nem, uçucu madde, sabit karbon, kalori vs.) meydana gelen değişimlerin, kömürlerin kendiliğinden yanma yatkınlığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kömür örnekleri sırası ile azot tankı, derin dondurucu ve etüvde -25, 18 ve 30°C sabit sıcaklıklar altında depo edilmiştir. Kömürlerin kendiliğinden yanma yatkınlığının tespitinde “Kesişim Noktası Metodu” kullanılmış olup, deneyler sonucunda elde edilen yatkınlık indeksi (I_{FCC}) değerleri ile kömür örneklerinin kimyasal özellikleri arasında anlamlı sonuçların olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kömür, Kendiliğinden yanma, Kesişim noktası metodu, Kimyasal analiz

Investigation of Chemical Properties of Coals on the Tendency of Spontaneous Combustion

Abstract

Variations taking place in the chemical specifications (moisture, volatile matter, fixed carbon, calorific value etc.) of the coal samples with two different particle sizes (35 and 200 mesh) on the effect of the self ignition liability were examined. The coal samples in concern were preserved under different storing conditions for a period of 16 weeks. These samples of coal were upheld in different mediums such as nitrogen tank, deep freezer and oven under the pre-determined constant temperatures of -25, 18 and 30°C respectively. In order to determine the tendency of spontaneous combustion for the coal samples, the method of crossing point was used. As a concluding remark, it may be stated that there is an expressive relation between the liability index (I_{FCC}) and the chemical features of the coal samples.

Keywords: Coal, Spontaneous combustion, Crossing point method, Chemical analysis

* Yazışmaların yapılacağı yazar: Cem ŞENSÖĞÜT, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya. sensogut@dpu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kömürlerin kendiliğinden yanması, günümüz dünyasında hem yarattığı ekonomik kayıplar ele alındığında hem de meydana gelen ölümlü kazaların büyüklüğü düşünüldüğünde araştırmacılar için hala çok önemli ve çözümlenmesi gereken bir doğa olayı olarak karşımıza çıkmaktadır. Kömür havanın oksijeni ile teması geçtiğinde, oksijen molekülleri kömüre ilk olarak fiziksel daha sonra ise kimyasal olarak adsorbe olmakta ve bu süreç kimyasal bir reaksiyon olarak sonuçlanmaktadır. Bu reaksiyon neticesinde açığa çıkan ısı ortamdan uzaklaştırılmaz ise; biriken ısı kömürün kendiliğinden yanmasına neden olmakta ve uygun şartlar sağlandığında açık alevli yangına dönüşebilmektedir. Kendiliğinden yanma olayı kömürün karmaşık yapısından dolayı birden fazla faktörün etkisinde gerçekleşen bir süreçtir. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler Çizelge 1’de görüldüğü üzere iç ve dış faktörler olarak ikiye ayrılmaktadır [1]. Bu faktörlerin kendiliğinden yanma ve kömür oksidasyonu üzerindeki etkileri farklı araştırmacılar tarafından incelenmiş olup özellikle kömür özelliklerinin bu olay üzerindeki değişimleri yapılan çalışmaların merkezini oluşturmaktadır [2-8].

Yapılan bu çalışma ile kömür ve oksijen arasında gerçekleşen reaksiyonun minimuma indirilmesi ve laboratuvar ortamındaki en uygun depolama şartının ortaya konulması adına 3 farklı saklama koşulunda 16 hafta boyunca muhafaza edilen kömürlerin kendiliğinden yanma yatkinlık değişimleri gözlemlenmiştir. Kesişim Noktası Metodu (KNM) ile tutuşma sıcaklıkları ve yanma risk indeksleri belirlenmiş ve açığa çıkan sonuçlar irdelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, numunelerin süreç boyunca belirlenen kısa ve elementel analiz değerleri ile kendiliğinden yanmaya yatkinlik arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma için kullanılan kömür örnekleri Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek Bölgesi Y4 panosu açık ocaklarından temin edilmiştir. Kömür

oksidasyonunu engellemek için alüminyum folyo ve streç film ile kaplanarak Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Laboratuvarlarına getirilen kömür örnekleri, burada 35 ve 200 meş tane boyutlarına indirgenmiştir. Daha sonra bu kömür örnekleri kilitli poşetlerin içerisine konulmuş ve 8 hafta boyunca azot tankı (at), derin dondurucu (dd) ve etüv (et) ortamında depo edilmiştir.

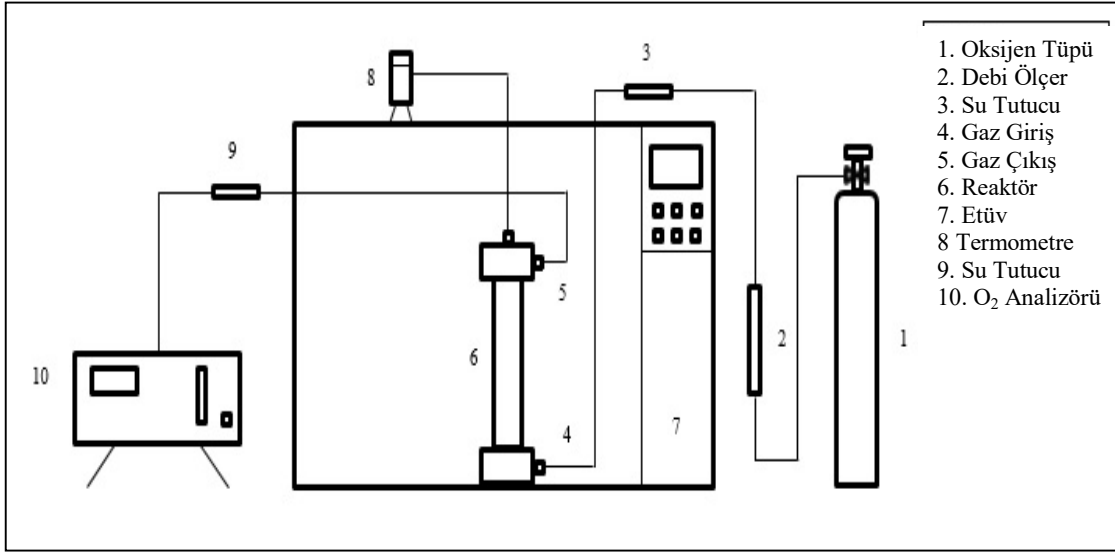
Oksidasyonun ve kömür özelliklerinin net etkilerini görebilmek adına, poşetlerden çıkarılan kömürler tepsilerde aynı depolama koşulları sabit kalacak şekilde 8 hafta daha depo edilmiştir. Depolama sıcaklıkları sırası ile azot tankı, derin dondurucu ve etüv için -25, 18 ve 30°C olarak belirlenmiştir. 16 haftalık süreç boyunca kömürlerin her iki haftada bir kimyasal analizleri gerçekleştirilirken aynı dönemde kömürlerin kendiliğinden yanma yatkinlikleri de tespit edilmiştir [9]. KNM deneyleri için Şekil 1’de gösterilen düzenek yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre; kömür reaktörüne konulan yaklaşık 30 gr ağırlığındaki numuneler, yaklaşık 5 saat boyunca 100 cc/dk hava akışına maruz kalacak şekilde doğrusal olarak ısıtılan fırın içerisine yerleştirilmiş ve gerek fırın gerekse de numune sıcaklığı 10 dakikada bir kaydedilmiştir. Söz konusu fırın 18°C’de sabitlenen ortam sıcaklığından itibaren 0,5°C’lik artışlar ile 300°C’ye kadar ısıtılmıştır. Deney esnasında, kömürlerin 110 ve 220°C sıcaklığa ulaştıkları süre dakika cinsinden kaydedilirken aynı zamanda kömürün fırın sıcaklığı kestiği noktadaki sıcaklık değeri yani tutuşma sıcaklığı da yapılan deneysel gözlemlerde belirlenmiştir. Kömürlerin ortalama sıcaklık artışı (OSA) ve kendiliğinden yanma indekslerinin (I_{FCC}) hesaplamasında Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)’deki denklemlerden yararlanılmıştır.

$$Ort. Sic. Artışı (OSA) = \frac{110}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$I_{(FCC)} = \frac{Ort. Sic. Artışı (OSA)}{Tutuşma Sıcaklığı} \quad (2)$$

Çizelge 1. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler

Kömür özellikleri	Jeolojik özellikler	Dış (ekzojen) faktörler	
		Atmosferik koşullar	Madencilik ile ilgili faktörler
<ul style="list-style-type: none"> • Kömürleşme derecesi • Petrografik yapı • Nem içeriği • Mineral madde içeriği • Tane boyutu • Pirit içeriği • Fiziksel özellikler • Bakteriler 	<ul style="list-style-type: none"> • Damar kalınlığı • Damar eğimi • Göçme özelliği • Fay ve arızalar • Derinlik • Jeotermik gradyan 	<ul style="list-style-type: none"> • Sıcaklık • Nem • Oksijen derişimi 	<ul style="list-style-type: none"> • Üretim yöntemi • İlerleme hızı • Topuk koşulları • Tavan koşulları • Tabanyolu koşulları • Hava kaçakları • Kömür kayıpları • Çalışılmış sahalar • Dolgu • Havalandırma basıncı • Hava nemliliği



Şekil 1. Kendiliğinden yanma deney düzeneği

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kömür örneklerinin kısa ve elementel analizi Garp Linyitleri İşletmesi Kömür Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 35 ve 200 meş tane boyutuna sahip tüvenan kömür örneklerine ait kısa ve elementel analiz değerleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Yapılan değerlendirmelerde orijinal kömüre ait analiz değerleri kullanılırken; tüm kömür örneklerine ait 16 haftalık süreçteki kısa ve elementel analiz verileri Çizelge 4 ve Çizelge 5'te gösterilmiştir. Ayrıca kendiliğinden yanma yatkınlık deneylerinde elde edilen sonuçlar da Çizelge 6'da belirtilmiştir.

Çizelge 2. 200 meş boyuta sahip tüvenan kömür örneğinin kısa ve elementel analiz değerleri

Analizler	Orijinal Kömür	Kuru Kömür	Metot
Nem (%)	11,69		TS 690 ISO 589 Metot C
Kül (%)	8,68	9,83	ASTM D 7582
Uçucu madde (%)	37,82	42,83	ASTM D 7582
Sabit karbon (%)	41,81	47,34	Hesap
Toplam (%)	100	100	Hesap
Kükürt (%)	1,6	1,81	ASTM D 4239
Alt kalorifik değer (kcal/kg)	5475	6273	TS EN ISO 1928
Üst kalorifik değer (kcal/kg)	5753	6515	ASTM D 5865
Hidrojen (%)	5,46	4,7	ASTM D 5373
Karbon (%)	59,09	66,91	
Nitrojen (%)	1,48	1,67	
Oksijen (%)	23,69	15,07	Hesap

Çizelge 3. 35 meş boyuta sahip tüvenan kömür örneğinin kısa ve elementel analiz değerleri

Analizler	Orijinal Kömür	Kuru Kömür	Metot
Nem (%)	13,33		TS 690 ISO 589 Metot C
Kül (%)	8,12	9,37	ASTM D 7582
Uçucu madde (%)	37,96	43,8	ASTM D 7582
Sabit karbon (%)	40,59	46,83	Hesap
Toplam (%)	100	100	Hesap
Kükürt (%)	1,52	1,75	ASTM D 4239
Alt kalorifik değer (kcal/kg)	5372	6283	TS EN ISO 1928
Üst kalorifik değer (kcal/kg)	5658	6528	ASTM D 5865
Hidrojen (%)	5,71	4,87	ASTM D 5373
Karbon (%)	58,67	67,7	
Nitrojen (%)	1,41	1,63	
Oksijen (%)	24,57	14,69	Hesap

Çizelge 4. 200 meş boyutuna sahip kömür örneğine ait 16 haftalık süreçte farklı depo şartları altındaki kısa ve elemental analiz değerleri

Depolama şartı	Depolama süresi (hafta)	Nem (%)	Kül (%)	Uçuşu Madde (%)	Sabit karbon (%)	Kükürt (%)	Alt kalorifik değer (kcal/kg)	Ust kalorifik değer (kcal/kg)	Hidrojen (%)	Karbon (%)	Nitrojen (%)	Oksijen (%)
Azot tankı (18 °C)	2	12,06	8,59	37,95	41,39	1,69	5483	5765	5,48	58,63	1,46	24,15
	4	12,01	9,82	38,72	39,45	1,60	5395	5678	5,46	58,87	1,43	22,82
	6	12,26	9,58	37,56	40,60	1,60	5431	5713	5,37	58,18	1,47	23,79
	8	12,07	9,59	37,40	40,94	1,62	5447	5727	5,19	59,42	1,41	22,76
	10	12,32	9,53	37,16	40,99	1,65	5449	5730	5,48	69,78	1,38	12,18
	12	12,00	9,78	37,76	40,46	1,61	5417	5697	6,08	63,25	1,56	17,72
	14	11,76	9,93	38,77	39,54	1,70	5478	5762	5,53	60,84	2,06	19,95
	16	10,88	9,69	37,93	41,50	1,67	5491	5766	5,09	62,76	1,79	19,00
Derin dondurucu (-25 °C)	2	10,94	8,63	38,33	42,10	1,72	5565	5843	5,47	60,47	1,46	22,25
	4	11,96	9,81	38,32	39,92	1,68	5479	5763	5,42	59,01	1,45	22,63
	6	12,56	9,38	37,20	40,86	1,69	5412	5694	5,38	58,22	1,51	23,82
	8	12,02	9,45	37,37	41,16	1,65	5487	5768	5,26	59,29	1,44	22,91
	10	12,20	9,10	37,10	41,61	1,59	5505	5786	5,95	62,28	1,53	19,56
	12	12,25	9,19	38,00	40,57	1,57	5454	5737	5,71	61,30	1,51	20,72
	14	12,06	9,40	38,33	40,21	1,67	5480	5764	5,62	60,57	2,05	20,68
	16	11,70	9,30	37,43	41,57	1,65	5510	5789	5,07	61,68	1,83	20,48
Ertiv (30 °C)	2	11,65	8,67	37,88	41,81	1,67	5429	5706	5,46	59,04	1,47	23,71
	4	11,94	9,95	38,77	39,34	1,63	5411	5694	5,46	58,32	1,43	23,21
	6	12,44	9,76	37,34	40,46	1,58	5409	5690	5,39	57,87	1,46	23,94
	8	12,25	9,64	37,12	40,99	1,55	5470	5752	5,23	58,87	1,40	23,31
	10	8,25	9,88	38,92	42,95	1,57	5708	5975	5,80	65,05	1,55	16,16
	12	7,92	10,21	39,47	42,39	1,59	5658	5924	5,76	66,84	1,61	13,99
	14	6,90	10,38	40,79	41,93	1,66	5754	6021	5,09	63,45	2,12	17,30
	16	6,50	10,18	39,82	43,50	1,68	5766	6027	4,73	64,51	1,88	17,02

Çizelge 5. 35 meş boyutuna sahip kömür örneğine ait 16 haftalık süreçte farklı depo şartları altındaki kısa ve elementel analiz değerleri

Depolama şartı	Depolama süresi (hafta)	Nem (%)	Kül (%)	Uçuşu Madde (%)	Sabit karbon (%)	Kükürt (%)	Alt kalorifik değer (kcal/kg)	Ust kalorifik değer (kcal/kg)	Hidrojen (%)	Karbon (%)	Nitrojen (%)	Oksijen (%)
Azot tankı (18 °C)	2	12,74	8,75	38,14	40,37	1,58	5363	5647	5,60	58,47	1,48	24,12
	4	13,04	9,29	39,09	38,58	1,53	5413	5704	5,50	57,23	1,43	25,02
	6	13,42	8,87	37,77	39,93	1,45	5380	5668	5,39	58,39	1,44	24,46
	8	14,02	8,75	37,07	40,15	1,45	5374	5663	5,34	57,71	1,46	25,28
	10	13,00	9,07	37,56	40,38	1,51	5415	5700	6,23	62,82	1,55	18,82
	12	13,36	9,07	38,01	39,56	1,45	5374	5662	6,05	62,58	1,50	19,34
Derin dondurucu (-25 °C)	14	12,20	9,36	38,97	39,47	1,57	5503	5791	5,93	60,75	2,02	20,37
	16	12,00	8,60	37,89	41,51	1,47	5582	5867	5,25	62,17	1,78	20,74
	2	13,24	9,60	38,03	39,14	1,70	5353	5640	5,61	58,17	1,53	23,40
	4	12,56	9,53	38,74	39,16	1,80	5467	5756	5,54	58,22	1,48	23,44
	6	13,63	9,13	37,44	39,80	1,62	5360	5648	5,35	58,23	1,44	24,23
	8	13,66	9,12	37,09	40,13	1,53	5433	5722	5,41	58,41	1,45	24,09
Etkiv (30 °C)	10	13,37	9,05	37,29	40,28	1,53	5393	5679	5,97	61,76	1,52	20,16
	12	13,43	9,09	38,59	38,89	1,50	5381	5672	6,14	63,31	1,51	18,45
	14	12,43	9,21	39,10	39,26	1,58	5512	5803	5,69	60,72	2,01	20,80
	16	12,93	8,80	37,54	40,73	1,50	5491	5778	5,38	61,63	1,75	20,94
	2	12,98	9,74	38,36	38,92	1,61	5382	5670	5,58	57,73	1,47	23,88
	4	12,61	9,53	38,72	39,14	1,58	5450	5739	5,51	58,27	1,45	23,67
Etkiv (30 °C)	6	12,68	9,14	37,66	40,52	1,51	5454	5739	4,94	58,00	1,52	24,90
	8	13,04	8,90	37,39	40,67	1,52	5474	5761	5,28	58,84	1,49	23,98
	10	8,87	9,02	39,25	42,86	1,49	5717	5990	6,04	68,06	1,61	13,77
	12	7,39	9,70	40,63	42,29	1,53	5760	6029	5,43	65,30	1,59	16,45
	14	6,50	10,23	41,68	41,59	1,70	5818	6088	5,29	62,54	2,10	18,13
	16	5,31	9,36	40,77	44,56	1,59	5988	6251	4,70	65,79	1,87	16,69

Çizelge 6. Tüm kömür örneklerine ait kendiliğinden yanma deney sonuçları

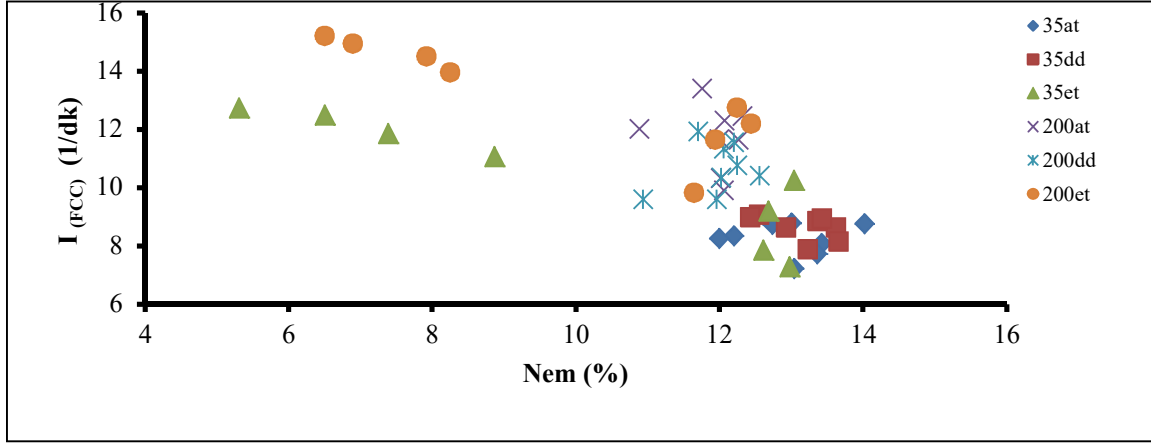
Depolama şartı	Depolama zamanı (hafta)	200 meş			35 meş		
		Tutuşma sıcaklığı (°C)	Ort. Sıc. Artışı (°C/dk)	Yatkınlık indeksi (1/dk)	Tutuşma sıcaklığı (°C)	Ort. Sıc. Artışı (°C/dk)	Yatkınlık indeksi (1/dk)
Azot tankı (18 °C)	2	148	1,46	9,90	148	1,29	8,74
	4	146	1,50	10,32	154	1,11	7,21
	6	139	1,61	11,63	145	1,17	8,07
	8	142	1,74	12,29	146	1,27	8,76
	10	136	1,69	12,44	144	1,26	8,78
	12	143	1,66	11,65	147	1,13	7,71
	14	144	1,92	13,40	142	1,18	8,32
Derin dondurucu (-25 °C)	2	149	1,42	9,58	147	1,15	7,87
	4	147	1,41	9,59	141	1,27	9,07
	6	143	1,48	10,39	145	1,25	8,62
	8	140	1,44	10,33	152	1,23	8,13
	10	138	1,59	11,55	143	1,26	8,84
	12	144	1,54	10,75	150	1,34	8,94
	14	145	1,64	11,32	146	1,30	8,96
Fırın (30 °C)	2	140	1,37	9,82	151	1,1	7,28
	4	135	1,37	11,64	149	1,17	7,85
	6	139	1,69	12,17	144	1,32	9,20
	8	144	1,83	12,73	143	1,46	10,25
	10	136	1,89	13,94	140	1,54	11,06
	12	138	2,00	14,49	145	1,71	11,85
	14	139	2,07	14,93	142	1,77	12,49
16	134	2,03	15,20	144	1,83	12,73	

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

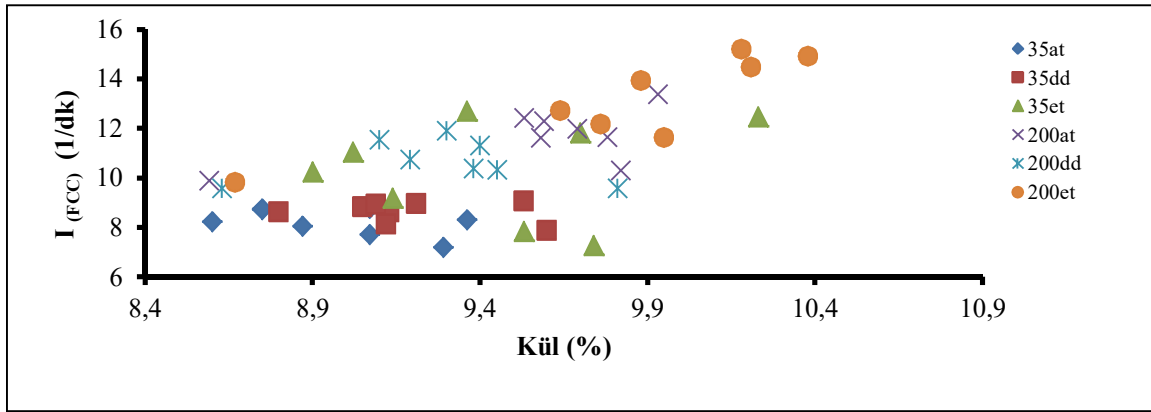
Depolama süresi boyunca kömürlerin kimyasal analiz değerlerinde özellikle sıcaklığa bağlı olarak değişimler yaşandığı görülmektedir. Kömürdeki nem oranının artması kendiliğinden yanma indeksinin azalmasına neden olmuştur. Nem içeriği yüksek kömürlerin söz konusu grafikten hareketle kendiliğinden yanma açısından daha az risk taşıdığı rahatlıkla söylenebilir (Şekil 2).

Genel olarak kömür örneklerinin kül oranlarında ciddi değişimler yaşanmasa da, sadece etüv de depo edilen ince tane için belirgin farklılıkların olduğu ifade edilebilmektedir. Kömürde meydana

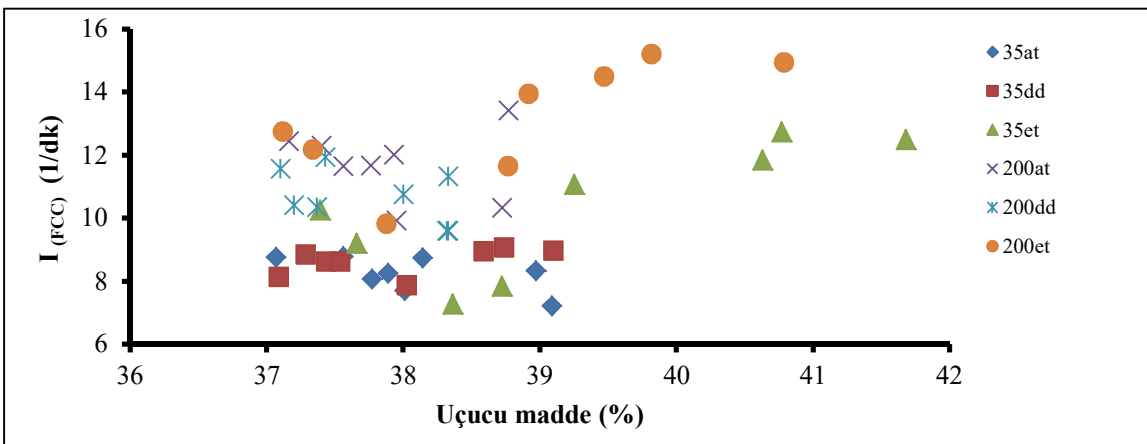
gelen oksidasyonun etkileri, kül yüzdelерinde meydana gelen artıştan açıkça görülebilmektedir. Özellikle ince taneli örnekler iri taneye oranla fark edilir biçimde yüksek değerler almıştır (Şekil 3). Şekil 4'te uçucu madde miktarlarındaki değişimin kendiliğinden yanma risk indeksi üzerindeki etkileri gösterilmektedir. Depolama süresi boyunca uçucu madde yüzdelерinde çok net değişimlerin olduğunu söylemek zordur. Dağınık bir görüntü sergilemesine rağmen özellikle etüv de depo edilen örneklerde uçucu madde ile yanma risk indeksi açısından doğru orantılı bir ilişkinin olduğu söylenebilir.



Şekil 2. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatknlık indeksi - nem ilişkisi



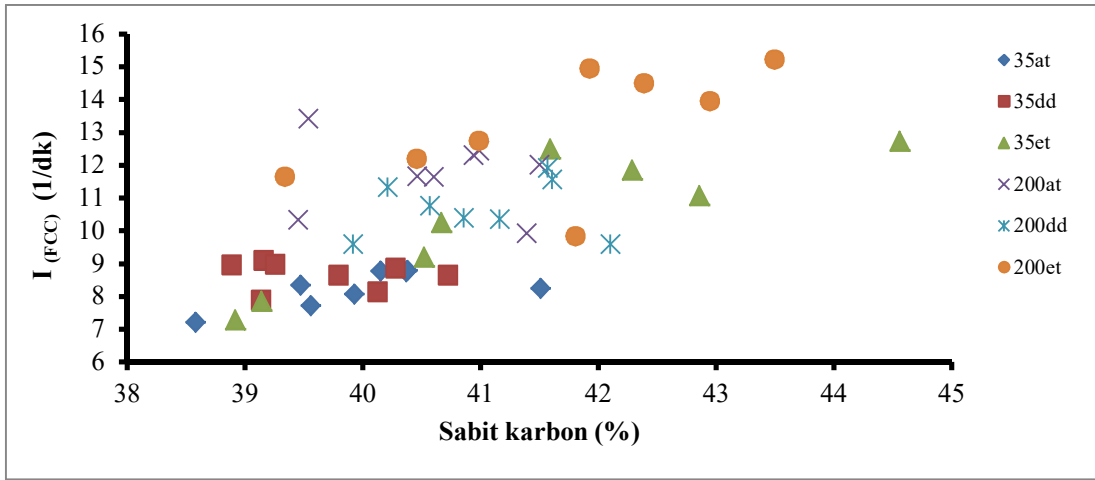
Şekil 3. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatknlık indeksi - kül ilişkisi



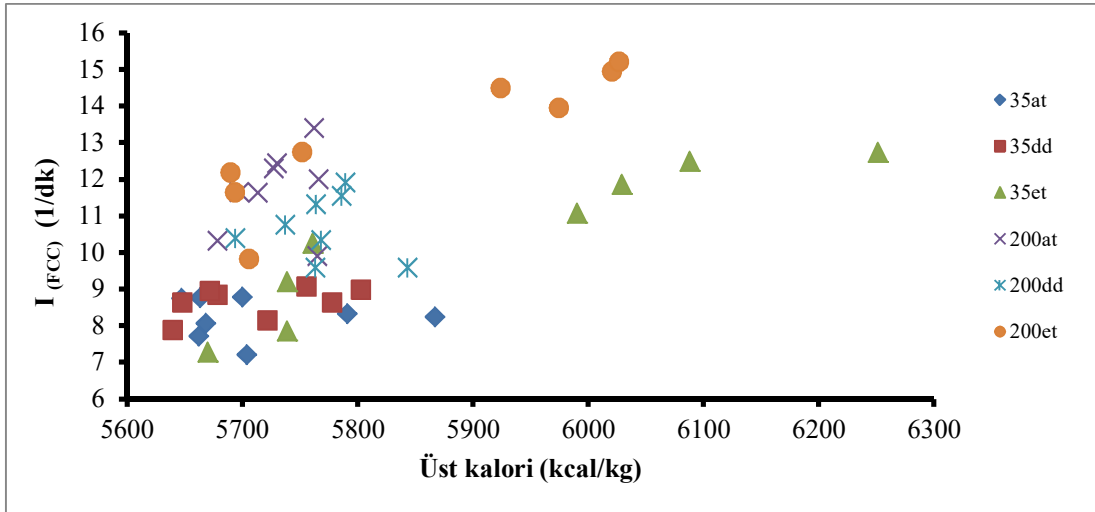
Şekil 4. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatknlık indeksi- uçucu madde ilişkisi

Kömürlerin sabit karbon miktarlarında depolama süresince genel olarak bir artış meydana gelmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, bu artışın izafi bir artış olduğu tespit edilmiş ve kömürdeki nem miktarının azalması ile birlikte yapılan hesaplamalarda karbon değerlerinde yükselmelerin yaşandığı düşünülmektedir (Şekil 5). Depo sürecinin başlangıcından tamamlanmasına kadar hem alt hem de üst kalorifik değer açısından

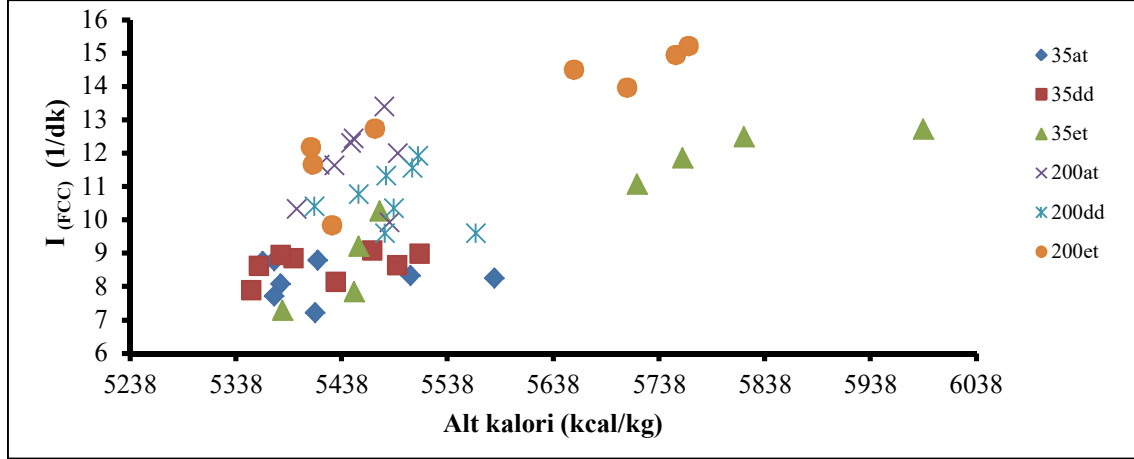
bakıldığında etiv örneğinde artışların olduğu görülmektedir (Şekil 6). Var olan kalorifik değişimlerin kömür oksidasyonundan ziyade kömürdeki nem içeriğinden etkilendiğini söylemek mümkündür. Özellikle kömürde başlangıçta yaklaşık %11-12 olarak belirlenen nem değerleri, depolama sürecinin sonlarına doğru yaklaşık %5-6 gibi değerlere gerilemiştir.



Şekil 5. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkınlık indeksi – sabit karbon ilişkisi



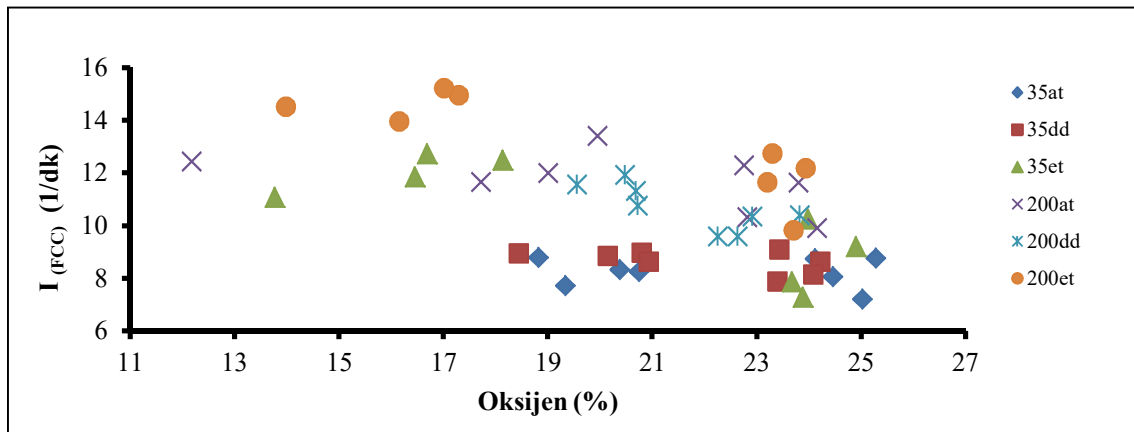
Şekil 6. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkınlık indeksi – üst kalori ilişkisi



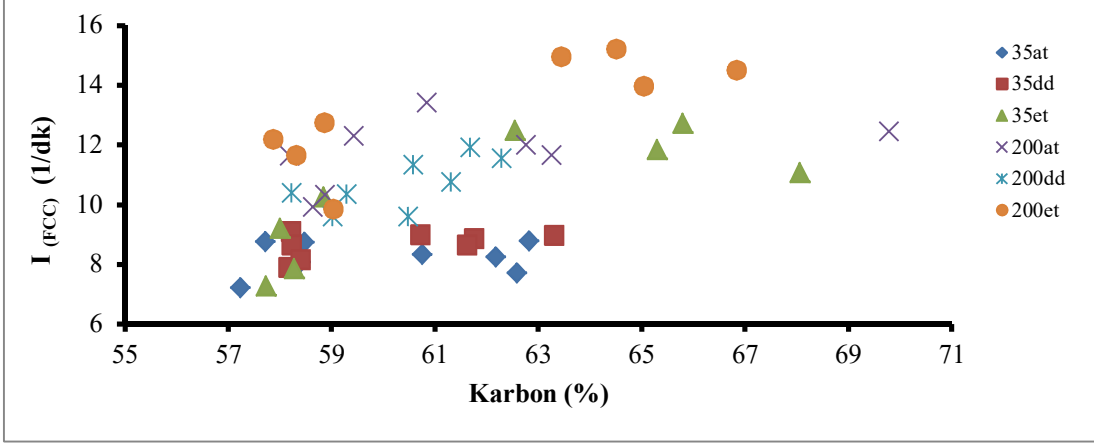
Şekil 7. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkinlik indeksi – alt kalori ilişkisi

Alt kalori değerlerindeki değişimlerin gösterildiği grafikler incelendiğinde (Şekil 7), azot tankı ve derin dondurucu örnekleri ile kapalı depo şartlarında saklanan etüv örnekleri için değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözükmemektedir. Kömürler açık olarak depo edilmeye başlandıktan sonraki süreçte, etüv örneklerine ait numunelerde belirgin bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu kömür örneklerinin elementel analizleri ile kendiliğinden yanma yatkinlikleri arasında ilişkiler Şekil 8-12 'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, anlamlı değişimlerin sadece karbon ve oksijen yüzdesinde olduğunu söylemek mümkündür. Yapılan analizlerde azot tankı ve derin dondurucu numunelerinde depolama

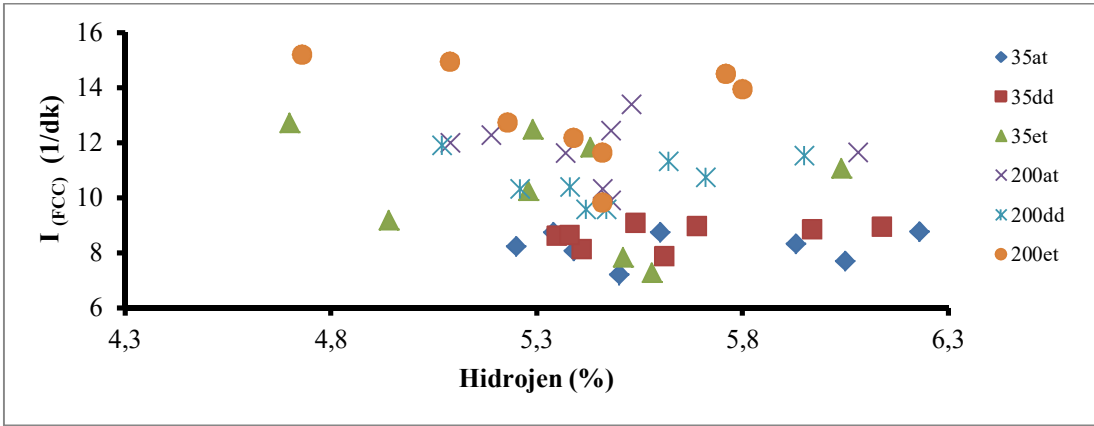
sürecinin başlangıcından itibaren oksijen yüzdesinde az miktarda değişime rastlanılmıştır. Özellikle 8. ve 10. haftalar arasındaki süreç diliminde oksijen yüzdesinde önemli düşüşler meydana gelmiştir. Bu süreçte kömür bünyesindeki oksijenin aktif hale geçerek kömür içerisindeki mikro gözeneklere adsorbe olduğu anlaşılmaktadır. Süreç içerisinde oksijen yüzdesinde meydana gelen çarpıcı düşüşlerin kaynağının özellikle oksijenin kömür bünyesindeki karbon ve hidrojen ile bağ yapması sonucu oluşan katı ürünlerden ileri geldiği düşünülmektedir. Oluşan CO, CO₂, karbonil ve karboksil türündeki bileşimlerin buna bağlı olarak ta karbon miktarını arttırdığı tahmin edilmektedir.



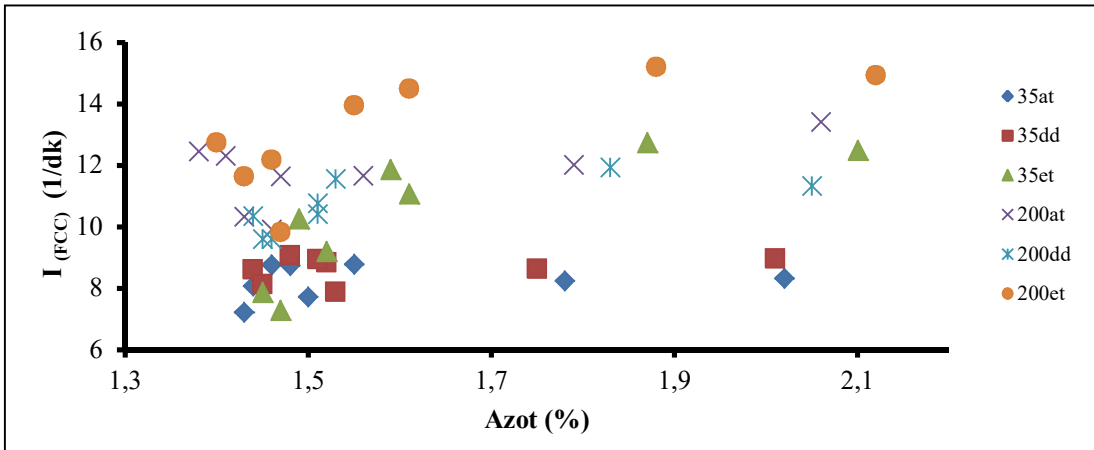
Şekil 8. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkinlik indeksi – oksijen ilişkisi



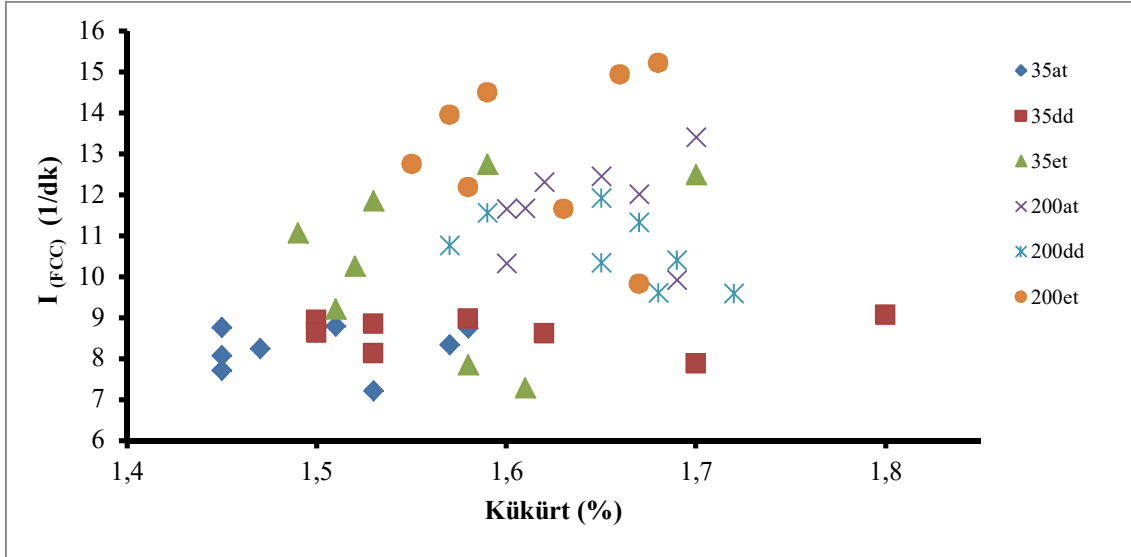
Şekil 9. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkinlik indeksi – karbon ilişkisi



Şekil 10. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkinlik indeksi – hidrojen ilişkisi



Şekil 11. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatkinlik indeksi – azot ilişkisi



Şekil 12. Tüm kömür örnekleri için 16 haftalık yatknlık indeksi – kükürt ilişkisi

5. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma ile kömüre ait kısa ve elementel analiz sonuçları ile kömürün kendiliğinden yanma yatknlığı arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre özellikle kömürün neminin kendiliğinden yanma davranışında ve oksidasyonda etkin bir rol üstlendiği gözlenmiştir. Artan nem içeriğinin yatknlık indeksini azalttığı görülmüştür. Kimyasal analiz sonuçlarında dikkat çekici en önemli noktanın, kömürdeki sabit karbon yüzdesinin süreç sonunda artması olarak söylenebilir. Geçmiş dönemlerde, oksidasyon sonucu kömürdeki karbon yüzdesinde azalmanın meydana geldiği araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir [10]. Bunun sebebinin, ilerleyen süreç ile birlikte kömürdeki nemin azalması ve bu azalmanın da hesaplamalarda % karbon değerlerinin yükselmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca oksijen yüzdesi değerlerinde de tam tersine bir azalma söz konusu olmuştur. Bu azalmaya kömür ile oksijenin reaksiyona girmesi sonucu oluşan gaz ürünlerin (CO₂ ve CO) neden olduğu tahmin edilmektedir. Kömürün külü ve uçucu maddesinin ise sürece direk etkisinin olduğunu söylemek zordur. Genel olarak yatknlık indeksi değerleri ile uçucu madde yüzdesi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu

ifade edilebilmektedir. Depolama süresi içerisinde kömürlerde oksidasyonun meydana geldiği ve bu durumun kül değerlerinde artışa neden olduğu da görülmüştür. Kömürün hem alt kalori hem de üst kalori miktarında ise etüv numunesi haricinde pek fazla bir değişim gözlenmezken, etüvde depo edilen örneklerde azalan nem ile birlikte kalori değerlerinde artış meydana gelmiştir. Bunların haricinde kömürdeki hidrojen (%), kükürt (%), azot (%) gibi diğer elementel analiz verilerinde süreç boyunca çok fazla bir değişim yaşanmazken, söz konusu verilerin kömürün yanma değerleri üzerinde çarpıcı bir etkisinin olduğu da söylenememektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Uludağ, S., 2001. Assessing Spontaneous Combustion Risk in South African Coal Mines Using a GIS Tool, M.Sc Dissertation, University of Witwatersrand, South Africa.
2. Giroux, L., Koliijn, C.J., Pichler, F.S., 2006. Storage of Small Samples of Coking Coal for Thermal Rheological Tests, Fuel Processing Technology, 87, 547-561
3. Küçükbaşrak, S., Haykırı-Açma, H., Ersoy-Meriçboyu, A., Yaman, S., 2001. Effect of Lignite Properties on Reactivity of Lignite,

- Energy Conversion and Management, 42, 613-626.
4. Qi, X., Wang, D., Milke, J.A., Zhong, X., 2011. Crossing Point Temperature of Coal, Mining Science and Technology, 21, 255 -260.
 5. Kadioglu, Y., Varamaz, M., 2003. The effect of Moisture Content and Air-Drying on Spontaneous Combustion Characteristics of two Turkish Lignites, Fuel, 82, 1685 – 1693.
 6. Nugroho, Y.S., McIntosh, A.C., Gibbs, B.M., 2000. Low temperature Oxidation of Single and Blended Coals, Fuel, 79, 1951-1961.
 7. Küçük, A., Kadioğlu, Y., Gülaboğlu, M.Ş., 2003. A Study of Spontaneous Combustion Characteristics of a Turkish Lignite: Particle Size, Moisture of Coal, Humidity of Air, Combustion and Flame, 133, 255-261.
 8. Beamish, B., Arısoy, A., 2008. Effect of Mineral Matter on Coal Self-Heating Rate, Fuel, 87, 125-130.
 9. Ören, Ö., 2015. Farklı Saklama Koşullarında Depo Edilen Kömürlerin Kendiliğinden Yanma Davranışlarının Termogravimetrik ve Yüzey Adsorpsiyon Mekanizmaları Açısından İncelenmesi-Tunçbilek Linyitleri Örneği, Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, 336 p.
 10. Liotta R., Brons G., Isaacs J., 1983. Oxidative Weathering of Illinois No. 6 coal, Fuel, 62, 781–791.

