

KİMYASAL VE ULTRASONİK DESTEKLEKÖMÜRLERİN TEMİZLENMESİ¹

Cleaning Coals Via Chemical Leaching Under Ultrasound

Abdul Hakim HAKİMİE.
Kimya Anabilim Dalı

Sultan GİRAY
Kimya Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma kapsamında Tunçbilek ve Çayırhan kömürlerinin ultrases etkisi ile ard arda kimyasal işlemlerle liç işlemi uygulanarak deminralizasyonu ve desülfürizasyonu gerçekleştirilmiştir. Örnekler önce ultrasonik banyoda oda sıcaklığında, NaOH çözeltisi ile liç edilmiştir. Ardından bu örnekler HF-H₃BO₄ çözeltisi ile ultrasonik banyoda işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; Tunçbilek ve Çayırhan kömürlerinin ultrasonik banyoda NaOH çözeltisi kullanılarak yapılan liç işlemi sonrasında kül miktarında bir artış görülmüştür. Ancak bu örnekler ikinci basamakta HF-H₃BO₄ çözeltisi ile liç edildiğinde Tunçbilek kömürü için % 20.3 oranında kükürt, % 92.5 oranında kül miktarında azalama gözlenmiştir. Aynı şekilde Çayırhan kömürünün kükürt miktarı % 20.8, kül miktarı ise % 96.8 oranında azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Temiz Kömür, Ultrasonik Banyo, Kimyasal Temizleme.

ABSTRACT

In this study stepwise leaching technique was applied for desulfurization and demineralization of two Turkish coal Tunçbilek and Çayırhan. At first, coals were leached with 20 % NaOH solution under ultrasound effect and then these products were further leached with (HF+H₃BO₄).

Application of ultrasound with NaOH wasn't effective on removal of ash and sulphur on Çayırhan and Tunçbilek coal samples. By applying ultrasound with asit solutions in second step reduction rates were evoluated for Tunçbilek coal, sulphur 20.3 %, ash 92.5 %, for Çayırhan coal sulphur 20.8 % and ash 96.8 %.

Keyword's: Clean coal, Ultrasound, Chemical Cleaning

GİRİŞ

Günlük temel ihtiyaçlarımızın karşılanabilmesi enerji ile mümkün olmaktadır. Enerji üretmek için petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olup, bu doğal kaynakların verimsiz ve rastgele kullanımı hali hazırda mevcut fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesine neden olmakta bununla sınırlı kalmayıp beraberinde pek çok çevresel soruna da yol açmaktadır. Geleceğimiz için çok ciddi tehlikeler arz eden bu durum senelerdir birçok araştırmamızın temelini oluşturmuştur. Gelişmiş ülkeler enerji rezervlerinin etkin ve verimli kullanımı için farklı politikalar geliştirmiştir.

¹ Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

Gün geçtikçe enerjiye duyulan ihtiyacın artması ve fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi ile fosil yakıtların yarattığı çevresel sorunlar daha temiz enerji kaynağı arayışlarını ve kullanımını arttırmıştır. Rüzgar ve güneş enerjisi ile hidrolik enerji yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Bu kaynaklardan enerji üretimi birçok ülkede devlet tarafından desteklenmektedir. Temiz ve çevreye zararsız enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması uzun zaman ve büyük mali destek ve yatırımlar gerektirdiğinden her geçen gün azalmakta olan fosil yakıtların değeri artmaya devam edecektir. Bunun da çevresel sorunlara yol açacağı kaçınılmaz olacağı için fosil yakıtların çevresel zararlarının giderilmesi için yanma öncesi zararlı içeriklerinden temizlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Materyal ve Metod

Materyal

Araç ve Gereçler:Karbon, Kükürt tayini, FT-IR spektrumları, sabit C, Kül, Uçucu madde ve Kalori tayini**Kimyasallar:**Sodyum hidroksit, hidroflorik asit ve borik asit

Metod

Kömür Numunelerinin Hazırlanması

Tunçbilek ve Çayırhan kömürleri, çeneli kırıcıyla parçalandıktan sonra içerisinde 10 kg ağırlığında krom bilyeleri olan bir öğütücü vasıtasıyla öğütülmüştür, öğütülen kömürlerin <60mesh elekten geçenleri kavanozlara doldurulmuştur. Deneyler içi öğütülen kömür örnekleri, buzdolabında bekletilmiştir.

NaOH ile liç işlemi

Bu yöntemde, 60 mesh (250µm)'e kadar öğütülmüş Tunçbilek ve Çayırhan kömürleri ultrasonik banyoda, önce bazik çözelti (%20 lik NaOH) ile işlem görmüştür. İşlem süreleri: 30dk, 60dk, 90dk ; Sıcaklık: 25°C ve 45 °C olarak uygulanmıştır.

6g kömür, 100ml %20'lik NaOH çözeltisi üzerine ilave edilerek yukarıda belirtilen sıcaklık ve zaman aralığında ultrases titreşimlerle işlem gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda kömür çözeltisi glass fibre süzgeç kâğıdı üzerinden vakum altında süzölmüştür. İşlem gören kömür süzöntüsünün pH değeri 6–7 olana kadar saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan örnek vakum etüvünde 105°C'de 10 saat kurutulduktan sonraki işlemler için derin dondurucuda saklanmıştır. Bu ürün Ü1 olarak adlandırılmıştır.

NaOH ön işlemi görmüş kömürlerin HF-H3BO4 ile liç işlemi

NaOH ön işlem görmüş kömür (Ü1) önce % 45 lik HF çözeltisi ile 1saat ultrasonik banyoda karıştırılmış ardından örnekler üzerine derişimi 5.05 mol olan borik asit ilave edilerek buz banyosunda oda sıcaklığına gelene kadar 1saat bekletilmiş ve ardından ultrasonik banyoda tekrar 1 saat liç edilmiştir.

Bu çalışmada, 20 g kömür üzerine 400ml saf su ve 400ml % 45 lik HF çözeltisi ilave edilerek 50°C sıcaklıkta ultrases etkisiyle işlem gördükten sonra 250g borik asit ilave edilir iyice karıştırılmış ve oda sıcaklığına gelene kadar 1 saat buz banyosunda bekletilmiştir. Ardından ultrases titreşimleri altında 1saat liç edilir. Liç işleminden sonra kömür çözeltisi glass fibre süzgeç kâğıdından süzülür. Süzgeç kağıdı üzerinde kalan kömür süzütüsünün pH değeri 6–7 olana kadar saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan örnekvakum etüvünde 105°C'de 10 saat kurutulduktan sonra diğer analizler yapılana kadar derin dondurucuda saklandı.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çayırhan (ÇYH) ve Tunçbilek (TB) kömürlerinin NaOH çözeltisi ile ultrasonik banyoda 25°C ve 45°C de, 30-90 dakika arasında desülfirizasyon ve deminerilizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonunda elde edilen kömürlerde % S, % C, ısıl değer ve uçucu madde analizleri yapılmıştır.

ÇYH kömürüne ait çalışma sonuçlar

Çizelge 1'de ki sonuçlara bakıldığında oda sıcaklığında ultrases etkileşimi ve NaOH ile liç işlemi sonrası ÇYH kömüründen en fazla kükürt azalması 25°C ve 60dk lık işlem sonunda gözlemlenmiştir. Orijinal kömürün kükürt miktarı % 4.76 iken bu işlem sonunda % 4.43 olmuştur. Bu da 25°C ve 60dk % 20 lik NaOH çözeltisiyle ultrases etkisinde ÇYH kömüründen ~% 7 oranında kükürt giderildiğini gösterir. Bu çalışma dışında diğer koşullar da yapılan denemelerde kükürt miktarındaki azalmalar % 0.8 – 4.4 arasında değişmiştir.

NaOH ile liç işleminde 45°C çalışma sıcaklığında da gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığın artırılmasının kükürt miktarındaki azalma üzerine farklı bir etkisi olmamıştır.

Çizelge 1 Çayırhan kömürünün NaOH ile işlem sonrası analiz sonuçları

Kömür örnekleri	%S	%C	%Kül	Isıl degeri (cal/g)	% Uçucu made
ÇYH-ORJ	4.76	50.50	16.94	3993.93	53.04
ÇYH-(NaOH-25°C /30dk)	4.72	51.43	23.95	5186.73	46.63
ÇYH-(NaOH-25°C /60dk)	4.43	52.61	23.63	5337.65	47.88
ÇYH-(NaOH-25°C /90dk)	4.55	53.63	18.46	5336.71	48.13
ÇYH-(NaOH-45°C /30dk)	4.52	52.70	19.06	5416.46	50.73
ÇYH-(NaOH-45°C /60dk)	4.71	53.35	23.29	5447.02	49.13
ÇYH-(NaOH-45°C /90dk)	4.64	52.80	22.55	5467.56	48.19

TB kömürüne ait çalışma sonuçlar

Çizelge 2'de ki sonuçlara bakıldığında da oda sıcaklığında ultrases etkileşimi ve NaOH ile liç işlemi sonrası TB kömüründen de en fazla kükürt azalması 25°C ve 60dk lık işlem sonunda görülmüştür. Orijinal kömürün % S miktarı % 4.18 iken bu işlem sonunda % 3.7 olmuştur. Bu da 25°C ve 60dk % 20 lik NaOH çözeltisiyle USB de işlem gören TB kömüründen % 11.50 oranında kükürt giderildiğini gösterir. Çalışma sıcaklığı 45°C olarakta çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığın artırılmasının ÇYH kömüründe de olduğu gibi kükürt miktarındaki azalma üzerine farklı bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.2.den görüleceği üzere 45°C de yapılan liç işleminde kükürt miktarındaki azalma % 9.1 olarak 45°C ve 90dk lık işlem sonunda görülmüştür. Zamanın uzatılmasının kükürt giderilmesi üzerine olumlu bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür.

Çizelge 2 TB kömürünün NaOH ile liç işlem sonrası analiz sonuçları

Kömür örnekleri	%S	%C	%Kül	Isıl değeri (cal/g)	% Uçucu made
TB -ORJ	4.18	51.96	10.68	4317.98	56.16
TB -(NaOH-25°C /30dk)	3.77	55.46	9.00	5066.14	48.73
TB -(NaOH-25°C /60dk)	3.70	56.70	8.05	5339.32	49.42
TB -(NaOH-25°C /90dk)	4.14	59.37	13.15	5381.59	63.75
TB -(NaOH-45°C /30dk)	3.83	56.00	11.62	5374.91	58.57
TB -(NaOH-45°C /60dk)	4.21	62.80	8.94	5377.29	50.75
TB -(NaOH-45°C /90dk)	3.80	58.90	10.57	5399.74	49.91

NaOH çözeltisi ve ultrases etkisiyle ön işlemi görmüş kömürlerin HF-B₃O₄ ile liç işlemi

ÇYH ve TB kömürlerinin %20 lik NaOH çözeltisinde ultrases etkisiyle 25°C ve 45°C de, 30-90 dakika arasında desülfürizasyon ve deminerilizasyon çalışmaları gerçekleştirildi. Bu işlem sonunda elde edilen kömürlerde % S, % C, kül, ısıl değeri ve uçucu madde analizleri yapılmıştır. Bu analizlere ait sonuçlar Çizelge 4.3 ve 4.4 de verilmiştir.

ÇYH ve TB kömürlerine ait desülfürizasyon sonuçları

Çizelge 3'te verilecek sonuçlara bakıldığında oda sıcaklığında %20 lik NaOH çözeltisi ve ultrases etkisiyle ön işlemi görmüş ÇYH kömürünün HF-B₃O₄ ile liç

işlemi sonrası en fazla kükürt azalması 25°C ve 60dk lık işlem sonunda gözlemlenmiştir. Orijinal kömürün % S miktarı % 4.76 iken bu işlem sonunda % 3.71 olmuştur. Bu da 25°C ve 60dk güçlü asidik çözeltiler ile ultrases etkisinde orijinal kömüründen ~% 20.8 Oranında kükürt giderildiği göstermektedir.

HF-B₃O₄ ile liç işleminde 45°C sıcaklıkta da çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 45°C sıcaklıkta yapılan liç işlemlerinde kükürt miktarında gözlenen en çok azalma 45°C ve 30dk lık işlem sonunda görülmüştür. Bu işlem sonunda kükürt miktarı % 3.78 olmuştur. Bu da % 20.58 oranında kükürt giderildiğini gösterir ken aynı zaman da sıcaklığın bu işlem de çok etkili olmadığını da göstermiştir.

Çizelge 3. Çayırhan kömürünün NaOH ve NaOH ile işlem sonrası HF + H₃BO₄ ile liç işlemleri sonrası analiz sonuçları.

Kömür örnekleri	%S	%C	%Kül	Isıl degeri (cal/g)	% Uçucu made
ÇYH-ORJ	4.76	50.50	16.94	3993.93	53.04
ÇYH-(NaOH-25°C /30dk)-HF+H ₃ BO ₄	4.15	62.26	1.01	5587.68	50.74
ÇYH-(NaOH-25°C /60dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.71	62.92	0.98	5684.15	51.75
ÇYH-(NaOH-25°C /90dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.87	61.51	0.55	5852.03	52.57
ÇYH-(NaOH-45°C /30dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.78	63.86	1.24	5888.09	54.12
ÇYH-(NaOH-45°C /60dk)-HF+H ₃ BO ₄	4.02	60.50	2.28	5944.92	50.06
ÇYH-(NaOH-45°C /90dk)-HF+H ₃ BO ₄	4.06	60.30	2.49	5948.98	49.99

Çizelge 4'de ki sonuçlara bakıldığında oda sıcaklığında ultrases etkileşimi ve güçlü asidik çözeltiler (HF-B₃O₄) ile liç işlemi sonrası TB kömüründen en fazla kükürt azalması 25°C ve 60dk lık işlem sonunda görülmüştür. Orijinal kömürün % S miktarı % 4.18 iken bu işlem sonunda % 3.33 olmuştur. Bu da TB kömüründen ~% 20.33 oranında kükürt giderildiğini gösterir. Sıcaklığın 45°C'ye artırılmasının kükürt miktarındaki azalma üzerine farklı bir etkisi olmamıştır. Çizelge 4.4.den görüleceği üzere 45°C de yapılan liç işleminde kükürt miktarındaki azalma 45°C ve 30dk lık işlem sonunda orijinal kömüre göre % 17.7 oranında bir azalma görülmüştür.

Çizelge 4 Tunçbilek kömürünün NaOH ve NaOH ile işlem sonrası HF + H₃BO₄ ile liç işlemleri sonrası analiz sonuçları.

Kömür örnekleri	%S	%C	%Kül	Isıl değeri (cal/g)	% Uçucu made
TB-ORJ	4.18	51.96	10.68	4317.98	56.16
TB -(NaOH-25°C/30dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.45	63.46	1.58	5711.85	49.62
TB -(NaOH-25°C /60dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.33	65.13	1.51	6119.48	49.89
TB -(NaOH-25°C /90dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.65	60.55	2.03	6161.04	50.94
TB -(NaOH-45°C /30dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.44	57.73	2.21	6169.87	51.07
TB -(NaOH-45°C /60dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.56	60.07	1.80	6186.83	50.19
TB -(NaOH-45°C /90dk)-HF+H ₃ BO ₄	3.89	51.14	0.82	6187.78	48.93

SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında Çayırhan ve Tunçbilek kömürleri ile yapılan araştırmada, ultrases etkisiyle sıcaklık, zaman, asit ve bazik değişkenlerine bağlı olarak kömürden kül ve kükürt uzaklaştırılması ile temiz kömür hazırlanmaya çalışılmıştır.

Sonuçları aşadaki gibi özetlemek mümkündür.

- Ultrases etkisi ile ÇYH ve TB kömürlerinin desülfürizasyon ve deminirelizasyonun da % 20 lik NaOH çözeltisi kullanarak yapılan çalışmalarda seçilen sıcaklık, zaman ve NaOH derişiminin etkili olmadığı saptanmıştır.
- NaOH ile ultrasonik banyoda liç işlemi görmüş kömür üzerinde mineral kristaller oluştuğu, bu mineral kristallerin sodyum alümina silikat mineralleri olabileceği ve NaOH çözeltisi kullanıldığında kömürün örneklerinin yapısında mevcut alüminyum oksit ve silisyum oksitlerin NaOH ile tepkimeye girerek sodyum alüminasilikatlara dönüştüğü düşünülmektedir. Bu da kömürde gözlenen kül artışını açıklayabilmektedir.
- NaOH ile işlem görmüş kömür örneklerinin ultrasonik banyoda güçlü asidik çözeltilerle (HF+H₃BO₄)işlem sonrası % S ve % kül mitalarında önemli azalmalar saptanmıştır. ÇYH kömürü için en iyi koşulların 25°C ve 90dk lık işlem olduğu saptanırken, TB kömürü için bu koşulun 25°C ve 60dk olduğu belirlenmiştir.

- iv) % 20 lik NaOH ile yapılan ön işlem sonrası HF+H₃BO₄ ile yapılan liç işlemlerinin elde edilen temiz kömürün ısıl değeri üzerinde de olumlu etkisi saptanmıştır. Orijinal ÇYH kömürünün ısıl değeri HF+H₃BO₄ işlemi sonrası % 49.00 oranında artarken TB orijinal kömürünün de ise HF+H₃BO₄ işlemi sonrası ısıl değer en fazla % 43.31 oranında artmıştır
- v) Sonuç olarak bu çalışma diğer kömür temizleme yöntemleriyle kıyaslandığında:
- İşlemin tek cihazda (ultrases etkisinden faydalanması).
 - Kısa işlem süresi.
 - Düşük sıcaklık.
 - Türkiyede kaynak olarak çok bulunan borik astin liç işleminde kullanılması.

En önemli avantajları olarak belirtmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- Angle, C. W., Donini, J. C., Hamza, H. A. 1988. The Effect of Ultrasonication on the Surface Properties, Ionic Composition and Electrophoretic Mobility of an Aqueous Coal Suspension, *Colloids suraces*, 30 (3-4), 373-385.
- Ahnonkitpaint, E., Prasassarakich P., 1989. Coal desulphurization in aqueous hydrogen peroxide. *Fuel*, 68, 819–824.
- Alam, H.G., Moghaddam, A.Z. and Omidkhah, M.R. 2009. The influence of process parameters on desulfurization of Mezino coal by HNO₃/HCl leaching. *Fuel Processing Technology*, 90, 1-7.
- Ambedkar, B., Chintala, T.N., Nagarajan, R., Jayanti, S. 2011a. Feasibility Of Using Ultrasound-Assisted Process For Sulfur And Ash Removal From Coal, *Chemical Engineering And Processing:Process Intensification*, 50, 236-246.
- Boron, D.J., Taylor S.R., 1985. Mild oxidations of coal: 1.Hydrogen peroxide oxidation. *Fuel*, 64, 209–211.
- Buttermore, W. H., Slomka, B. J. 1991. Effect Of Sonic Treatment On The Flotability Of Oxidized Coal. *International Journal of Mineral Processing*, 32 (3-4) 251-257.
- Balaz, P., LaCount, R.B., Kern, D.G. and Turcaniova, L. 2001. Chemical treatment of coal by grinding and aqueous caustic leaching. *Fuel*, 80, 665-671.
- Baruah, B.P., Khare, P. 2007. Desulfurization of oxidized indian coals with solvent extraction and alkali treatment. *Energy Fuels*, 21, 2156–2164.
- Balachandran, M. 2014. Role of infrared spectroscopy in coal analysis-an investigation. *American Journal of Analytical Chemistry*, 5,367-372.
- Saikia, B. K., Dutta, A. M., Baruah, B. P. 2014a. Feasibility Studies Of De-Sulfurization And De-Ashing Of Low Grade Medium To High Sulfur Coals By Low Energy Ultrasonication.
- Chuang, K.C., Markuszewski R., Wheelock T.D., 1983. Desulfurization of coal by oxidation in alkaline solutions. *Fuel Processing Technology*, 7, 43–57.
- DPT.,2001.Madencilik Özel Dhtisas KomisyonRaporuEnerjiMaddelerAlt komisyonu Kömür Çalışma Grubu. Ankara, DPT: 2605 - ÖİK: 616.
- Ehsani, M.R. 2006. Desulfurization of Tabas coals using chemical reagents. *Iran J.Chem. Chem Eng.*, Vol.25, No.2.

- Georgakopoulos, A., Iordanidis, A., and Kapina, V. 2003. Study of low rank Greek coals using FTIR spectroscopy. *Energy Sources Part. 25*:995–1005.
- Hacifazlıoğlu, H., Uçkan, D. 2014. Ash and Sulfur Removal from Tosya Lignite Coal with Boric Acid Leaching. *Madencilik* Vol.53, No.1-2, pp 21-29
- Karaca H., Ceylan, K., 1997. Chemical cleaning of Turkish lignites by leaching with aqueous hydrogen peroxide, *Fuel Processing Technology*, 50, 19-33,
- Kargı, F., 1997. Kömürün Desülfürizasyonunda Biyoteknolojik Yöntemler. *Bilim ve Teknik (TUBİTAK)*, 36-39.
- Karaca, S., Akyürek, M. and Bayrakçeken, S. 2003. The removal of pyritic sulfur from Aşkale lignite in aqueous suspension by nitric acid. *Fuel Processing Technology*, 80, 1-8.
- Li, Z., Sun, T. and Jia, J. 2010. An extremely rapid, convenient and mild coal desulfurization new process: Sodium borohydride reduction. *Fuel Processing Technology*, 91, 1162-1167.
- Meyers, R.A., 1975. *Hydrocarbon Process*, 53, 93.
- Mukherjee, S. Borthakur, P.C. 2003a. Effects of alkali treatment on ash and sulphur removal from Assam coal. *Fuel Processing Technology*, 85, 93-101.
- Mukherjee, S. and Borthakur, P.C. 2003b. Effect of leaching high sulphur subbituminous coal by potassium hydroxide and acid on removal of mineral matter and sulphur. *Fuel*, 82, 783-788.
- Meshram, P. Purohit, B.K. Sinha, M.K. Sahu, S.K. Pandey, B.D. 2015. Demineralization of low grade coal – A review. *Science Direct*, 41, 745-761.
- Oztas, N. A., and Yurum, Y. 2000. Pyrolysis of Turkish Zonguldak bituminous coal. Part I. Effect of Mineral Matter. *Fuel*. 79:1221–1227.
- Speight, J.G., 1983. *The Chemistry and Technology of Coal*, First Ed., Marcel
- Schubert, H. H., 1995. *Lignites of North America*, 1st. Elsevier, Netherlands, 696.
- Sonmez, O., Giray E.S., 2001. The influence of process parameters on desulfurization of two Turkish lignites by selective oxidation. *Fuel Processing Technology*, 70, 159–169.
- Saikia, B. K., Boruah, R. K., and Gogoi, P. K. 2007. FT-IR and XRD analysis of coal from Makum coalfield of Assam. *J. Earth Syst. Sci.* 116:575–579.
- Shen, S., He, J., Pan, M., Zhou, Z., Feng, C. and Liang, G. 2012. Effective removal of sulfur from high-sulfur coal prior to use by dry chlorination at low temperature. *Journal of Hazardous Materials*, 217-218, 116-122.
- Saikia, B. K., Dalmora, A. C., Choudhury, R., Das, T., Taffarel, S. R., Silva, L. F. O. 2016. Effective removal of sulfur components from Brazilian power-coals by ultrasonication (40 kHz) in presence of H₂O₂. *Ultrasonics Sonochemistry* 32, 147–157.
- Şahinoğlu, E., Uslu, T. 2013. Increasing Coal Quality By Oil Agglomeration After Ultrasonic Treatment, *Fuel Processing Technology*, 116, 332–338.
- Thomas, K.M., 1985. *Coal Structure*, British Gas, Report No: LRS. T 775, Project No: L2003. Ian Parsons Publications Officer, 3.
- Vasilakos, N.P., Clinton, C.S., 1984. Chemical beneficiation of coal with aqueous hydrogen peroxide/sulphuric acid solutions. *Fuel*, 1561–1563.
- www.enerji.gov.tr/File/?...ROOT%2F1%2FDocuments%2FE, Anonymous.1
- www.tesisat.org/turkiyede-dunya-komur-rezervleri.html, Anonymous.2
- www.iea.org/bookshop, Anonymous.3

