

Y. I. TOSUN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ISPARTA

ÖZET: Toz kömürlerimizin biriketlenerek ev yakıtı olarak değerlendirilmesi ülkemizde yaygın hale gelmiştir. Sıcak bağlayıcı maddeler ile biriketlenmenin avantajları ve yakıt kalitesinde değişiklik yaratmamasına rağmen çevre açısından oluşturduğu olumsuzlukları soğuk bağlayıcılar ile gidermek mümkün olabilmektedir. Çimento, çimento ile beraber mermer atık tozu, çimento ile beraber kireç ve alçı katılarak üretilen kömür biriketlerinin çevre dostu oluşu bu tekniğin önemini güncelleştirmektedir. Diğer bir soğuk bağlayıcı madde olan sodyum silikat ile linyit ve taşkömürlerimizin biriketlenebilirliği incelenmiş ve üretilen biriketlerin kaliteleri belirlenmiştir.

ABSTRACT: Use of briquetted coal fines as household fuel has recently increased in the country. Although the hot bonded coal briquettes have many advantages over cold bonded one and even do not change the quality of coal, cold bonded coal briquettes may eliminate the environmental issues. Production of coal briquettes with addition of cold binders such as only cement, cement and lime, cement and marble fine and only gypsum has recently been a popular method in the world. Therefore, in this paper, the possibility of use of another type of cold binder, sodium silicate, for briquetting our lignites and hard coals was investigated and the qualities of briquettes were given.

1. GİRİŞ

Maksimum parça boyutu 10 mm olan toz kömürlerimizin tuğla, çimento, seramik endüstrisinde yer alan pişirme ve kalsinasyon fırınlarında, ayrıca termik santrallerimizde enerji gereksinimi için değerlendirilmesi, bu enerji hammadde kaynağının kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu tür toz boyuttaki enerji hammaddesinin tüketiminin yaygınlaştırılması, bu tozun, sanayi yakıtı olarak satışı dışında ev yakıtı olarak değerlendirilebilmesi ile mümkün olabilecektir. Toz kömürlerimizin daha fazla kıymet kazanması için boyutunun büyütülmesi, tozun ceviz kömür veya yumurta kömür şekline getirilmesi gerekmektedir. Sıcak bağlayıcı maddeler, özellikle melas, zift gibi bağlayıcı maddeler bünyelerindeki yüksek uçucu içeriğinden dolayı çevreye yüksek miktarda is oluşturacak baca gazı oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle, kükürt oksitler (SO_x), hidrokarbonlar, azot oksitler (NO_x) hava kirliliğine ve insan sağlığını tehdit edici olabilmektedir (Crickmer, Zegeer, 1981). Sıcak bağlama teknolojisi ile üretilen biriketlerin yüksek uçucu madde içeriğinden ötürü çevreye olan olumsuz etkileri çimento, kireç, mermer atık tozu (Tosun, 1996), alçı gibi soğuk bağlayıcıların biriketlemede kullanımı ile giderilebilmektedir (Tosun, Gündüz, Şentürk, 1996).

Kömür ocaklarından, yıkama tesislerinden ve taşıma esnasında kömürün parçalanabilme özelliğinden dolayı açığa çıkan kömür tozlarının belirli yakma

sistemlerinde değerlendirilebilişi, bu tür tozların bütünleştirilerek kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle, bütünleştirme yöntemlerinden biri olan sıcak bağlayıcı biriketleme yöntemi yıkanmış toz kömürlerimizin bütünleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, sıcak bağlayıcı biriketlemeye alternatif olarak geliştirilmiş soğuk bağlayıcı biriketleme yöntemi kömür tozlarının bütünleştirilmesinde çevre standartlarına daha uygun biriketlerin üretilmesini mümkün kılmaktadır (Tosun, Sarıışık, 1995).

Maksimum parça boyutu 6-8 mm olan kömür tozları sıcak bağlayıcı biriketleme yöntemi ile bütünleştirilebilmektedir. Soğuk bağlayıcı biriketlemede ise, bu boyut 18 mm ye ulaşabilmekte ve özellikle belirli bir yıkama işlemine tabi tutulmuş temiz kömürlerimiz soğuk bağlayıcı biriketleme yöntemi ile istenilen parça boyutuna getirilebilmektedir. Ayrıca sıcak bağlayıcı biriketlemede kullanılan kurutma, ısıl yağurma ve presleme işlemine gerek duyulmamaktadır. Böylelikle soğuk bağlayıcı biriketleme yöntemi ile üretilen biriketlerin üretim maliyeti de oldukça önemli miktarlarda azalabilmektedir (Tosun, Gündüz, Şentürk, 1996).

Silika bağlayıcı kömür biriketleri soğuk bağlama tekniği ile üretilmektedir. Biriketin bünyesine ilave edilen silika yanma esnasında kül olarak kalmaktadır. Bu kül içeriğinden ötürü kömürün bünyesinde

bulunan kükürdün büyük bir bölümü külün içinde tutulabilmekte ve böylelikle de daha çevre dostu kömür biriketleri üretilebilmektedir.

Bu çalışmada, Tunçbilek ve Amasra kömürleri, belirli toz boyuta getirildikten sonra silika ile soğuk bağlayıcı biriketleme işlemine tabi tutulmuş ve üretilen biriketlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Test bulguları irdelenerek, silika ile soğuk bağlayıcı biriketleme yönteminin uygulanabilirliği tanımlanmıştır.

2. SİLİKALI SOĞUK BAĞLAMA TEKNİĞİ

Silikalı soğuk bağlama yöntemi esas olarak soğuk bağlayıcı biriketleme yönteminin içinde bulunmaktadır. Çeşitli araştırmalarda belirlendiği gibi (Tosun, Şentürk, Gündüz, 1995), çimento esaslı soğuk bağlayıcı malzemeler kömürlerin biriketlenmesinde başarılı olarak kullanılabilmiştir. Elde edilen biriketlerin yeterli fiziksel özelliklerde ve çevre dostu oluşu, bu yöntemin ülkemizde de kullanımının yaygınlaştırılması gerekliliğini göstermektedir. Mermer atık tozları veya kireç kullanımı ile de kömürün bünyesindeki kükürt, yanma esnasında kömürün külünde tutulabilmiştir (Tosun, Gündüz, Şentürk, 1996). Yöntemin çeşitli olumlu yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Parça boyutu 18 mm ye ulaşan kömürler biriketlenebilmektedir,
- Bağlayıcı eleman olarak kullanılan soğuk bağlayıcı madde kömür biriketlerini çevre dostu yapmaktadır,
- Soğuk bağlayıcı madde yüksek kükürtlü kömürlerin biriketlenebilmesini mümkün kılmaktadır,
- Bağlayıcı ve bağlayıcısız biriketlemede kullanılan kurutma işlemine gerek yoktur,
- Sıcak bağlayıcı biriketlemede uygulanan ısı yoğurma işlemine gerek yoktur,
- Biriketleme esnasında kullanılan yüksek basınçlı preslere gerek yoktur,
- İlk yatırım ve işletme maliyeti düşüktür.
- Ürün istenilen ev yakıtı formunda elde edilebilmektedir.

Soğuk bağlama tekniğinin tüm bu avantajlarına rağmen, sadece düşük küllü kömürlere uygulanabilişi, kullanımını sınırlandırmaktadır. Soğuk bağlayıcı madde olarak silika kullanıldığında, sadece çimento veya çimento ile birlikte kireç katılarak üretilen biriketlerin kalitelerine benzer nitelikte biriketler

üretilebilmektedir. Soğuk bağlamaya benzer silikalı kömür biriketleme tekniğinin kömürlerimiz için uygulanabilirliği araştırılmalı ve en uygun değerlendirme yöntemi belirlenmelidir.

3. METHOD

Bu çalışmada, biriketleme işlemi farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip temsili Tunçbilek ve Amasra tüvenan kömür numuneleri üzerine uygulanmıştır. Tunçbilek ve Amasra kömürünün kimyasal analizleri aşağıdaki Tablo 1 de verilmiştir. Kömür numunelerinin kimyasal analizleri incelendiğinde, kömür numunelerinin saf karbon bazında (SKB) uçucu madde oranlarının yaklaşık olarak %37-38 arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 1. Tüvenan Tunçbilek ve Amasra kömürünün kısa analizleri.

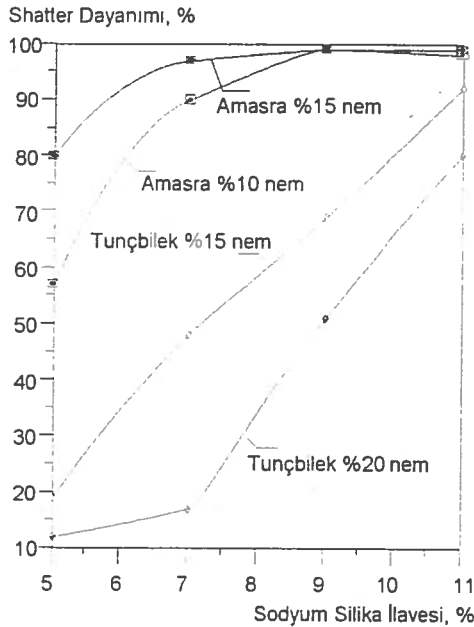
Kimyasal Bileşimi	Tunçbilek Kömürü	Amasra Kömürü
Kül(nemsiz), %	25.6	33.4
Nem (Orjinal), %	14.6	4.9
UçucuMad.Or.(SKB),%	38.2	37.4
SabitKarbon(SKB), %	61.8	62.6
Toplam Kükürt (nemsiz)	3.9	0.7
Isı Değeri, kcal/kg	4840	4950

Biriketleme işleminde kullanılan tüvenan kömür numuneleri toz boyutdadır ve elek analizleri ise Tablo 2 de verilmiştir. Testlerde kullanılan kömür numunelerinin parça boyutu 10 mm'nin altında olup, Tunçbilek kömür numunelerinin elek analizi incelendiğinde, kömürün yaklaşık olarak %80'inin 4.5 mm nin altında olduğu ve Amasra kömür numunelerinin elek analizi incelendiğinde ise %80'inin yaklaşık olarak 7.5 mm'nin altında olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Tüvenan Tunçbilek ile Amasra kömürünün elek analizleri.

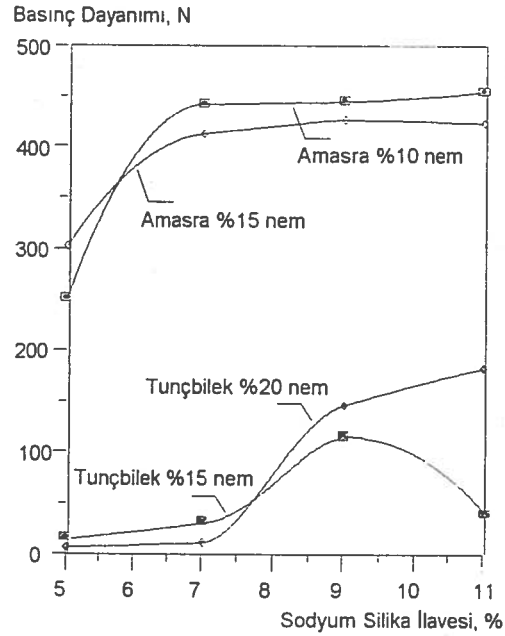
T.Boyut,mm	Tunçbilek Kömürü		Amasra Kömürü	
	Ağ.,%	EA,%	Ağ.,%	EA,%
-10.0+4.75	15.5	100.0	34.3	100.0
-4.75+2.80	23.3	84.5	19.9	65.7
-2.80+1.70	18.1	61.2	12.0	45.8
-1.70+0.85	16.7	43.1	10.6	33.8
-0.85+0.30	11.2	26.4	10.9	23.2
-0.30	15.2	15.2	12.3	12.3
Σ	100.0		100.0	

Tunçbilek ve Amasra kömür numunelerinin higroskopik nem analizleri yapıldığında numunelerin yaklaşık olarak %4-6 arasında nem içerdikleri gözlenmiştir. Ancak, yapılan ısıtma testlerinde Tunçbilek kömür numunelerinin Amasra kömüründen %5 daha fazla nemi bünyesine absorpladığı belirlenmiştir. Bu nedenle kömür numunelerinin bünyelerine alabildikleri nem miktarlarına bağlı olarak biriketleme işleminde uygulanan çeşitli denemeler sonucu, Amasra kömüründe ağırlıkça %10 ve %15 su ilavesi ile, Tunçbilek kömüründe ise, %15 ve %20 su ilavesinde biriketleme işlemi yapılmıştır. Silindirik kömür biriketleri 1000 kg'lık bir baskı kuvveti altında 40 mm iç çapındaki 100 mm uzunluğundaki demir boruların içine silika ve su katkılı kömür bulamacının dökülmesi şeklinde elde edilmiştir. Üretilen biriketler bir gün havada kurumaya tabi tutularak, yeterli biriket sağlamlığına ulaşılmaktadır. Testlerde üretilen biriketler, basınç dayanımı ve Shatter dayanımı testlerine tabi tutulmuştur. Deneyler, hem Tunçbilek hemde Amasra kömüründen elde edilen biriketler üzerine uygulanmıştır. Amasra kömürü numuneleri %10, %15 su ile birlikte, ağırlıkça %5, %7, %9 ve %11 sodyum silikat ilavesinde, ayrı ayrı biriketlenmiş ve üretilen biriketlerin Shatter dayanımları belirlenmiştir. Testlerin sonuçları aşağıdaki Şekil 1 de gösterilmektedir.



Şekil 1. Sodyum silika miktarının, Tunçbilek ve Amasra kömürü ile farklı oranlarda su ilavesinde elde edilen biriketlerin Shatter dayanımlarına etkisi.

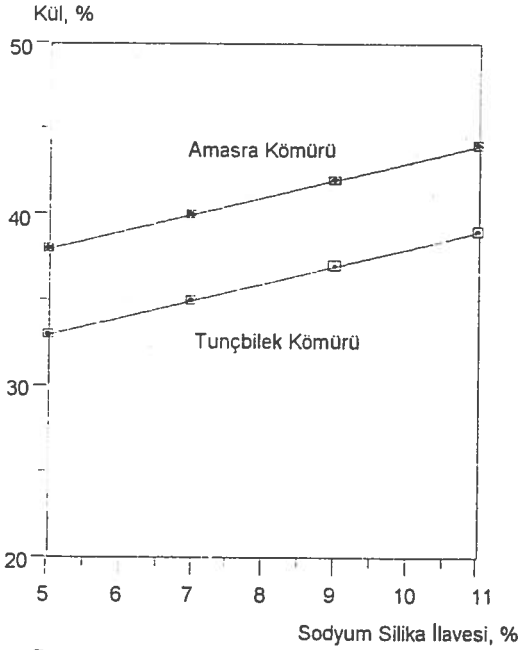
Şekil 1 incelendiğinde, Amasra kömüründen üretilen biriketlerin Shatter dayanımlarının yüksek olduğu gözlenmektedir. Amasra kömüründen üretilen biriketlerin aşınma dayanımları genellikle %80'in üzerinde bulunmaktadır. Ancak, Tunçbilek kömür numunelerinin daha yüksek oranda su absorplamasından dolayı, biriketlerin bağlanma özelliği daha zayıf olmuştur. Bu nedenle, Tunçbilek kömür numunelerinden üretilen biriketlerin aşınma dayanımları %5 ve %7 silika ilavesinde çok zayıf olmuş ve Shatter değerleri %50-60'ın altında kalmıştır. Biriketlerin Shatter dayanımlarına ilaveten basınç dayanımları hassas 2kN halkalı Tensiometrede ölçülmüştür. Biriketlerin dayanımları N olarak ekstansometreler yardımı ile ölçülmektedir. Üretilen biriketlerin dayanımları Şekil 2 de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. Sodyum silika miktarının, Tunçbilek ve Amasra kömürü ile farklı oranlarda su ilavesinde elde edilen biriketlerin basınç dayanımlarına etkisi.

Tunçbilek kömürünün daha çok su absorplamasından dolayı silikanın bağlayıcı etkisi azalmış ve aynı zamanda basınç altında biriketlerin iç yapısında daha kolay kesilme düzlemlerinin oluşmasına neden olmuştur. Böylelikle, Tunçbilek kömüründen üretilen biriketlerin basınç dayanımı 100 N'un altında kalmıştır. Bu değer standartlardaki kabul edilebilir değerlerin çok altında bulunmaktadır. Hatta biriketler el baskı kuvvetinin altında dahi kırılabilmektedir. Amasra kömüründen üretilen biriketler için mekanik dayanım daha yüksektir. Basınç dayanımı 450 N'a

ulaşabilmektedir. Bu basınç dayanımı ile, sıcak bağlama tekniği ile biriketlenmesinde çeşitli güçlüklerle karşılaşıl原因 Amasra kömürünün, soğuk bağlama tekniği ile biriktilenebileceği belirlenmiştir. Testlerde üretilen biriketlerin kimyasal özelliklerini ve niteliklerini incelemek için alınan temsili biriketlerin kül, ısı değeri ve kükürt analizleri yapılmıştır. Tunçbilek ve Amasra kömüründen üretilen biriketlerin kül analizi sonuçları silika ilavesine bağı olarak Şekil 3 de gösterilmiştir.

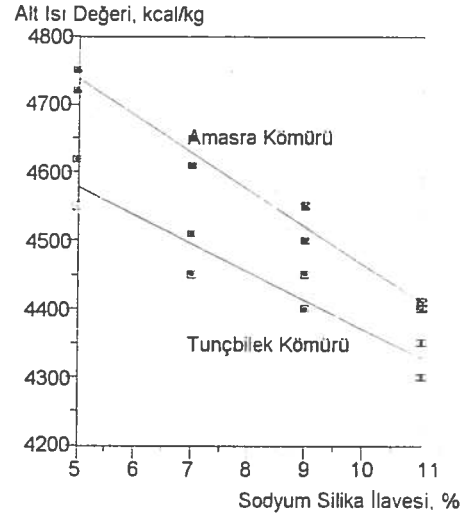


Şekil 3. Sodyum silikat ilavesinin, Tunçbilek ve Amasra kömürlerinden üretilen biriketlerin külüne etkisi.

Biriketlerin kül değeri sodyum silikat ilavesine bağı olarak doğru orantılı bir şekilde artmıştır. Tüvenan kömür tozlarının tabi olarak yüksek bulunan kül değeri silikalı biriketlemede daha da artmaktadır. Bu olgu, soğuk bağlama tekniği ile biriketlenmenin en büyük olumsuzluğu olmaktadır. Bu nedenle, silika bağı biriketleme işlemi düşük küllü, özellikle %5 ile %10 küllü yıkanmış kömürlere uygulanabileceğini göstermektedir. Testlerde, Tunçbilek kömürünün külü silikalı biriket içinde %33 ve Amasra kömürünün külü ise, biriketlerde %38'e ulaşmaktadır.

Tüvenan Tunçbilek ve Amasra kömürünün kalorimetre bombasında üst ısı değeri bulunarak, kömürlerin orjinal alt ısı değeri tespit edilmiş ve ayrıca üretilen biriketlerin ısı değeri temsili biriket

numunelerinin kalorimetre bombasında yakılması ile belirlenmiştir. Biriket kömürlerinin alt ısı değeri Şekil 4' de silika ilavesine bağı olarak gösterilmiştir.

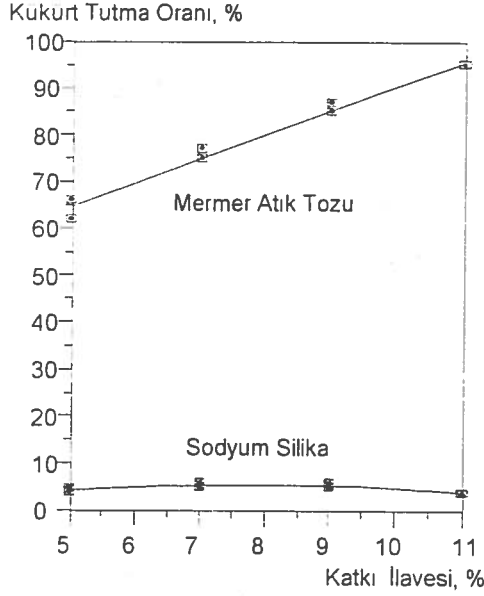


Şekil 4. Sodyum silikat ilavesinin Tunçbilek ve Amasra kömürlerinden üretilen biriketlerin alt ısı değerine etkisi.

Şekilde de görüleceği üzere biriketlerin ısı değeri silika miktarlarına bağı olarak azalmaktadır. Bu azalma lineer olarak değişmektedir. %5 silikalı Amasra kömüründe ısı değeri 4950 kcal/kg'dan 4740 kcal/kg'a düşmektedir. Küle benzer şekilde Tunçbilek ve Amasra kömürlerinden üretilen biriketlerin ısı değeri artan kül değerine bağı olarak sodyum silika ilavesiyle azalmaktadır. Bu yöntemin olumsuz bir yönü olmasına rağmen, silikalı biriketleme işleminin diğer soğuk bağlama tekniklerine üstünlüğü, biriketlerin kolayca tutuşarak yanabilmesidir. Kömür biriketleri silikalı soğuk bağlama tekniğinde kömüre eş değer yanma özelliği göstermektedir ve yanma sırasında ortaya çıkan kül cüruf şeklinde biriketin en yüksek sıcaklıkta dahi yapısının bozulmadan yanmasına neden olmaktadır.

Deneylerde kullanılan kömür numunelerinin toplam kükürt, yanabilir kükürt ve küllerin toplam kükürt analizleri yapılarak, numunelerde yanma sonrası ve esnasında ne kadar kükürtün kömürün külünün bünyesinde tutulduğu tespit edilebilmiştir. Biriketlerin kükürt analizleri yapılarak, mermer atık tozu ile üretilen biriketlerin (Şentürk, Gündüz, Tosun, Sarıışık, 1996) ve silikalı biriketlerin yanma esnasında bünyelerinde tuttukları kükürt oranları % olarak Şekil

5 de gösterilmiştir %5 ile %11 mermer atık tozu ilavesi biriketlerin yanma sonrasında bünyelerinde yüksek miktarda kükürt tutulmasına neden oldukları, ancak, silika ilavesinin miktarı ne olursa olsun, kükürt tutmada etkin olmadığı gözlenmiştir. Sodyum silikatın tutmuş gözüktüğü %5'lik kükürt tutma oranı, kömürün kül mineral maddesinin kükürt tutma oranıdır.



Şekil 5. Sodyum silikat ve mermer atık tozu ilavesinin Tunçbilek kömürlerinden üretilen biriketlerin kükürt tutma oranına etkisi.

Silikanın dışındaki soğuk bağlayıcı maddeler kömürün yüzeyini kapatmakta ve hatta gözeneklerinin içine girerek kömürün oksitlenme ve yanma özelliğini önemli ölçüde değiştirmektedir. Ancak, silika bu olumsuzluğu ortadan kaldırmaktadır. Biriketlerin mekanik dayanımları, diğer soğuk bağlama tekniklerinde üretilen biriketlere nazaran daha zayıf olduğu gözlenmiş olsa dahi, daha geliştirilmiş çalışmalar ile bu olumsuzluk giderilebilecektir. Uyguladığımız testlerin sonucunda, taş kömürlerinin linyitlere nazaran daha az su emme özelliğine bağlı olarak, rahatlıkla silika ile biriktilenebileceği belirlenmiştir. Linyitlerimizin bu yöntemeye uygun olmadığı açıkça test sonuçlarından görülmektedir. Bölümümüzde şu anda yapılmakta olan çalışmalar, linyitlerimizin yüzey özelliğini iyileştirerek, bu yöntemeye uygun hale getirmeyi ve birikitlemeyi kapsamaktadır.

KAYNAKLAR

Crickmer, D.F., Zegeer D.A., 1981, Elements of Practical Coal Mining, AIME, New York.

Şentürk A., Gündüz L., Tosun Y.İ., Sarıışık A., 1996, *Mermer Teknolojisi*.

Tosun Y.İ., Sarıışık A., 1995, *Soğuk Bağlama Tekniği-Katı Yakıtlarda Kükürtdioksit Tutma*, 10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Tosun Y.İ., Şentürk A., Gündüz L., 1995, *Katı Yakıtların Soğuk Bağlama Tekniği İle Değerlendirilmesi*, 10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Tosun Y.İ., 1996, *Use of Marble Wastes Against Pollution*, The First International Symposium on Mine Environmental Engineering, Dumlupınar University Engineering Faculty Mining Engineering Dept., Kütahya.

Tosun Y.İ., 1996, *Desulfurisation Use of Marble Wastes*, TIEES-96 First Trabzon International Energy and Environment Symposium, July 29-31, Trabzon.

Tosun Y.İ., Gündüz L., Şentürk A., 1996, *Soğuk Bağlayıcı Kömür Birikitleme- Kükürtdioksit Tutma*, 10. Kömür Kongresi, Zonguldak.