

TÜRKİYE'DEKİ TARIM ATIKLARININ VE TATLI SORGUMUN ENERJİ ELDESİ AMACIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Yücel ERDALLI

1956 yılında Nevşehir'de doğdu. 1982 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Müh. bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 1993-1995 yılları arasında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği-Isı Proses bilim dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1984 yılından beri TÜBİTAK-MAM Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü'nde çalışmaktadır.

Davut UZUN

1965 yılında Çine'de doğdu. 1988 yılında Marmara Üniversitesi Fen Edebiyatı Fakültesi Kimya lisans programını tamamladı. 1993 yılında aynı üniversitede yüksek lisans eğitimini tamamladı. Halen yine aynı üniversitede doktora eğitimine devam etmektedir. 1993 yılından beri TÜBİTAK-MAM Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü'nde çalışmaktadır.

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'de yetiştirilen bazı tarım ürünlerinin ve bir enerji bitkisi olan tatlı sorgumun enerji eldesi amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Türkiye'de biyokütle kaynağı olarak kabul edilebilecek pamuk, buğday, mısır, ayçiçeği ve şeker pancarı atıklarının toplam miktarı 40-50 milyon ton civarındadır. Türkiye'nin tarım ülkesi olması nedeniyle kolaylıkla yetiştirilebileceği ve hektar başına kuru madde verimi 20 ton/ha'ın üzerine çıkabilen tatlı sorgum bitkisi de biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir.

Biyokütle kaynaklarının alt ısıl değerinin 3100 ile 3800 kcal/kg arasında değişmektedir ve kuru bazda kükürt içeriği maksimum %0.19'dur. 1993 yılı itibarıyla toplam tarımsal atıklar göz önüne alındığında 180 x 1012 kcal'lık bir enerji eldesi mümkündür. Bu atıkların linyit yerine kullanılması halinde SO₂ ve CO₂ emisyonlarında önemli azalmalar sağlanacaktır.

GİRİŞ

Dünyada fosil yit kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun son 40 yıl içerisinde dört kat arttığı belirtilmektedir (1). Türkiye'nin 2010 yılında enerji ihtiyacının 2 x 10⁸ tep den fazla ve buna bağlı olarak da CO₂ emisyonunda 6 x 10⁸ tonun üstünde olacağı tahmin edilmiştir (2).

Global CO₂ seviyesindeki artışın nedeni, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimidir. Fosil enerji kaynaklarının, dünya atmosferinde oluşturduğu hızlı kirlilik yükünün artışının bilincine varılması ile birlikte, birçok ülkede alternatif enerji kaynağı bulmaya yönelik çalışmalar yoğunlaşmış ve tarımsal kaynaklı ürünlerden enerji üretimi tekrar gündeme gelmiştir. Biyokütle olarak tanımlanabilen bu tarımsal yakıtların yanması ile yine CO₂ emisyonu olmasına karşın, CO₂ bitkilerin yetiştirilmesi sırasında atmosferden fotosentez yoluyla geri alındığından denge sağlanmış olmaktadır. Enerji bitkilerinden tatlı sorgum bitkisi ile yapılan bir çalışmada, sorgumun farklı iklim koşullarında yetişebildiği, düşük kükürt içeriğine, yüksek ısıl değere sahip olduğu ve karbondioksit dengesinin sıfır olduğu belirtilmiştir (3).

1993 yılı itibarıyla ülkemiz birincil enerji üretimini, %36.6 linyit, %20.3 odun, %15.2 petrol, %10.9 hidrolik, %9.3 hayvan ve bitki atıkları ve %6.4 taşkömüründen sağlamaktadır (4). Türkiye'nin toplam linyit varlığı 8.3 milyar ton civarındadır ve bu miktarın ancak %6.92'si 3000 kcal/kg üzerinde bir kalorifik değere sahiptir (4). Ayrıca Türk linyitlerinin kül ve kükürt içerikleri de yüksektir. Bu nedenle de hızlı gelişen nüfus artışına ve endüstrileşmeye bağlı olarak artan enerji tüketimine paralel olarak da hava kirliliği probleminde artış görülmektedir. Türk kömürleri ile tarımsal biyokütle kaynaklarının karşılaştırılması sonucunda güç santrallerinde aynı enerjiyi elde etmek için biyokütle kullanımının CO₂ ve SO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltacağı belirtilmektedir (3,5). Ton başına 20 \$ karbon vergisinin eklenmesiyle biyokütle kaynaklı güç santrallerindeki elektrik üretim maliyetinin fosil yakıtlı ve nükleer yakıtlı güç santrallerine oranla daha ucuz ve etkili olduğu belirtilmektedir (6).

Odun ve zirai atıklar izgaralı yakma sistemlerinde yakıldıklarında uçucu madde miktarı yüksek olduğundan yüksek hava fazlası gerektirirken daha az reaktif olanlar kömür veya fuel-oil gibi yardımcı bir yakıt ile yakılabilmektedir. Izgaralı yakma sistemlerinde zirai atıkların yakılmasında zorluklar çıkmaktadır (7). Atıkların yakılmasında karşılaşılan diğer sorunlar ise partikül büyüklüğü ve birim hacimdeki ısıl değerdir. Partikül boyutları küçük olan atıklar izgara aralıklarını kapayarak yanma havasının geçmesini engellemektedir. Dökme yoğunluğu düşük olan atıklardan elde edilebilecek birim hacimdeki enerji miktarı da düşük olmaktadır. Bu sorunları kısmen giderebilmek için atıkların preslenerek daha yoğun bir yakıt haline getirilmesi gerekmektedir (7).

Biyokütle türü yakıtlar oldukça farklı özelliklere sahip olduklarından, hepsi için ayrı ayrı çalışma yapılması gerekmektedir (8). Biyokütle cinsi yakıtlar 5 ana grupta toplanabilir (Tablo 1).

Tablo 1. Yanabilir Biyokütle Türleri
1. Enerji bitkileri
• C ₄ tipi bitkiler (Tatlı sorgum)
• Kısa dönem ormanları (Kavak, ökaliptus)
• Yarı kurak alan bitkileri (Cynara)
2. Tarımsal / Ormansal Ürünler
• Bitki atıkları, turba
• Odun atıkları/ağaç kabuğu
• Talaş
• Pirinç kabuğu
• Hindistan cevizi kabuğu
• Pamuk, ayçiçeği, mısır ve benzeri tarım atıkları
• Hurma yağı atığı
3. Gıda Prosesi Atıkları
• Elek atıkları, kaba atıklar
• Kahve ve çay talaşı
• Küspe
• Aktive edilmiş atıklar
• Bitkisel atıklar
4. Kağıt Hamuru ve Kağıt
• Hamur sıvısı
• Birincil tasfiye çamuru
• Aktive edilmiş atıklar
5. Şehirselle ve diğere atıklar
• Kanalizasyon atıkları
• Çöp
• Çöpten üretilen yakıtlar (biyogaz vb.)
• Endüstriyel biyokütle atıklar

Bu çalışmada, farklı tarım ürünleri ve tatlı sorgumun enerji eldesi amacıyla değerlendirilmesi için enerji potansiyelleri belirlenmiş ve Türkiye'de en büyük rezerv miktarına sahip olan Elbistan linyiti ile elektrik enerjisi üretimi bazında çevresel etkileri değerlendirilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

C₄ tipi yıllık bir enerji bitkisi olan tatlı sorgumun 10 farklı çeşidine ait tohumlar 10 cm aralıklarla ve iki sıra arasındaki uzaklık 70 cm olacak şekilde ekilmiştir. Hasat sonucu elde edilen ürün bıçaklı kırıcı ile parçalanarak şekerli suyun bünyeden alınması amacıyla 150 kg/cm² basınç uygulanarak sıkıştırılmıştır. Şekeri alınmış biyokütle parçalan uygun bir tünel kurutucuda kurutularak hektar başına kuru madde verimleri tayin edilmiştir. Ekimi yapılan tatlı sorgum bitkilerinin farklı türlerine ait yaş ve kuru katı kütle verimleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tatlı sorgum bitkilerinin farklı türlerine ait yaş ve kuru katı kütle verimleri		
Tatlı sorgum Çeşidi	Yaş Ağırlık (ton/ha)	Kuru Ağırlık (ton/ha)
Brandes	50.0	13.30
Wray	100.0	23.96
Rona	20.6	7.12
Rio	45.8	12.60
M81E	52.0	12.30
Leoti	28.4	7.72
Dale	52.0	12.90
Theis	50.0	12.10
Keller	55.0	17.10
Rox	45.8	11.10

Ayrıca Türkiye'de yetiştirilen bazı tarım ürünlerinin 1987-1994 yılları arasındaki miktarları baz alınarak yıllık ortalama ürün miktarları bulunmuş ve bu ürün miktarları kullanılarak tarımsal atık miktarları hesaplanmıştır. Atık miktarları hesaplanırken tarımsal atık miktarının ürün miktarına oranı buğday için 1.5/1-2/1, mısır için 2/1-2.5/1, ayçiçeği ve pamuk için 3/1-3.5/1 ve şeker pancarı için katı kuru madde miktarının %12-14 arasında değiştiği varsayılarak hesaplar yapılmıştır (5). Bulunan sonuçlar ve hektar başına kuru madde miktarı Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Hektar başına kuru madde miktarı				
Ürün Çeşidi	Ekim Alanı (x1000 Hektar)	Ürün Miktarı (x1000 Ton)	Atık Miktarı (x1000 Ton)	Katı Biyokütle Verimi (ton/hektar)
Buğday	9,560	19,225	28,837-38,450	3.02 - 4.02
Mısır	522	2,156	4,312- 5,390	8.26-10.32
Ayçiçeği	671	958	2,874- 3,353	4.28 - 5.00
Pamuk	634	602	1,806- 2,107	2.85 - 3.32
Şekerpancarı	385	13,541	1,625- 1,896	4.22 - 4.92
TOPLAM	11,772	36,482	39,454-51,196	

TATLI SORGUM VE BAZI TARIM ATIKLARININ YAKIT ÖZELLİKLERİ

Kurutularak 250 mm tanecik boyutunun altına düşürülen tarımsal atıkların ve tatlı sorgumun toplam kükürt miktarı LECO-SC 32 kükürt analiz cihazı kullanılarak tayin edilmiştir. Elementel analiz (%C, %N, %H) tayini Carlo-Erba marka elementel analiz cihazı ile tayin edilmiştir. Nem, kül ve uçucu madde tayinleri FISHER Model 490 Coal Analyzer kullanılarak tayin edilmiştir. Üst ısı değer tayini LECO AC-200 Otomatik kalorimetrede yapılmıştır. Tüm sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Tatlı sorgum türlerinin ve bazı tarım atıklarının yakıt özellikleri (Kuru bazda)								
Biyokütle	%C	%H	%N	%S	%O	%Kül	Uçucu Madde (%)	Alt Isıl Değer (cal/g)
Brandes*	44.61	6.25	0.20	0.13	48.81	3.17	79.11	3670
Wray*	43.51	6.10	0.12	0.04	50.23	1.78	79.19	3729
Keller*	43.64	6.31	0.19	0.05	50.19	2.20	76.88	3684
Buğday	44.62	5.89	0.39	0.10	41.43	7.57	79.57	3527
Mısır	43.00	5.52	0.62	0.14	41.37	9.60	77.54	3670
Ayçiçeği	43.09	5.41	1.07	0.19	39.58	10.67	74.61	3149
Pamuk	45.66	5.40	0.72	0.14	41.40	7.28	76.52	3803
Şekerpan.	43.11	5.82	1.18	0.09	45.39	4.42	79.42	3697
Rox*	44.40	6.25	0.20	0.06	45.61	3.47	78.69	3816

*: Tatlı sorgum türleri

5. SONUÇLAR

Dünyanın karşı karşıya kaldığı en büyük problemlerden biri olan sera etkisinin başlıca nedeni olan CO₂ dengesinin biyokütle kaynaklı enerji üretimi ile dengelenmesi biyokütle kökenli yakıtlara fosil yakıtlara karşı çok büyük bir avantaj sağlamaktadır. Özellikle C4 tipi enerji bitkileri grubunda bulunan tatlı sorgumun atmosferik karbondioksiti yetişmesi sırasında yüksek verimle kullanması, yetiştirilmesi için çok verimli toprak ve aşın miktarda gübreye ihtiyaç olmaması ve tarımının kolay yapılabilmesi gibi bir çok avantajı mevcuttur.

Türkiye'nin en büyük linyit rezeni Afşin-Elbistan'da olup bu yöredeki toplam rezerv 3,539 milyon ton, alt ısıl değeri 1120 kcal/kg kuru bazda kükürt miktarı 2.07 ve karbon oranı 50.78'dir (9). Elbistan kömürü, Afşin-Elbistan termik santralinde değerlendirilmektedir. 1993 yılı verileri dikkate alındığında 8.035.669 ton kömürün santralde yakılması sonucunda 3.210.430.000 kWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. (10). 1993 yılında Afşin-Elbistan termik santralindeki elektrik üretiminin tamamı için yakılan kömürden yaklaşık 14.95 x 10⁶ ton CO₂ ve kükürtün tamamının yanarak SO₂ haline geçtiği kabul edilirse yaklaşık 3.3 x 10⁵ ton SO₂ atmosfere verilmiştir. Aynı miktardaki enerjiyi elde etmek için biyokütle kaynaklarından mısır kullanılmış ve kömürün yakıldığı eşdeğer verimle yakılmış olduğu kabul edilirse, yaklaşık 2.5 x 10⁶ ton mısır atığı gereklidir. Eşdeğer enerji eldesi için Elbistan kömürü yerine mısır atıklarının kullanılması halinde yaklaşık 3.95 x 10⁶ ton CO₂ ve 7 x 10³ ton SO₂ atmosfere verilir. Bitkilerin yetişmesi sırasında hiç CO₂ absorbe etmediği dikkate alınsa bile Elbistan linyiti yerine mısırın kullanılması sonucunda % 73.58 CO₂ ve %97.88 SO₂ giderimi sağlanmış olur.

Tablo 3 ve Tablo 4 göz önüne alınarak sadece tarım atıkları göz önüne alınarak hesap yapıldığında yılda ortalama olarak 102-135 x 10¹² kcal bir enerji buğday, 15-19 x 10¹² kcal mısır, 9-10 x 10¹² kcal ayçiçeği, 6-8 x 10¹² kcal pamuk ve 6-7 x 10¹² kcal bir enerjide şeker pancarı atıklarından sağlanabilir. Aslında bunun dışında yetiştirilen bir çok ürün atıkları da bu kapsama alınabilir. Uygun yakma sistemlerinin geliştirilmesiyle tarımsal atıklar ve diğer biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi mümkün olabilir. Türkiye'nin yaklaşık 1 yıllık tarımsal atık miktarı 40-50 milyon ton arasında olup bu miktarın enerji karşılığı 140-180 x 10¹² kcal'dir. Kükürt dioksit ve karbondioksit gibi çevre kirlenici faktörler de göz önüne alındığında biyokütle ucuz ve temiz bir enerji eldesi için önemli bir kaynaktır.

İncelenen biyokütle kaynaklarından tatlı sorgum ve çeşitli tarım ürünü atıklarının az miktardaki kükürt içermeleri çevre kirliliği açısından büyük önem taşımakta ve çevre dostu bir yakıt olarak kullanımına olanak verdiği açıkça görülmektedir. Özellikle kükürt miktarı yüksek Türk linyitleri ile belirli oranlarda biyokütlenin karıştırılarak yakılması enerji ihtiyacının karşılamada önemli katkılar sağlayacağı gibi çevreye de kömüre oranla daha az oranda kirlenici verileceği açıkça görülmektedir. Bunun dışında biyokütlenin gazlaştırılması veya pirolizi sonucunda çeşitli gaz, sıvı ve katı ürünlerin eldesi de mümkündür.

KAYNAKLAR

1. NATO ASI Series, G 31, Industrial air pollution, Editör A. Müezzinoğlu, M.L. Williams, Springer-Verlag, Berlin, 1992, pp. 219-232.
2. M. Tırıs, E. Alper, "Past and projected carbon dioxide emissions due to energy utilization in Turkey", Energy 1994, V. 19, N.4, pp. 499-500.
3. S. Türe, D.Uzun, İ.E.Türe, "The potential use of sweet sorghum as a non-polluting source of energy", Energy 1997, V.22, N.1, pp. 17-19.
4. M. Altaş, H. Fikret ve E. Çelebi, "Enerji istatistikleri", Türkiye 6. Enerji Kongresi, 17-22 Ekim 1994, İzmir.
5. A. Ergüdenler, A.İşığür "Agricultural residues as a potential resource for environmentally sustainable electric power generation in Turkey", Renewable Energy, V.5, Part II, pp.786-790, 1994.

6. A.A.M. Sayigh, "Renewable energy will meet the challenge in the year 2000" Renewable Energy, V.3, N.4-5, pp.297-304, 1993.

7. S. Atakan, "Odun talaşı ve zirai atıkların siklon yakıcıda yakılması", 2. Yanma sempozyumu, 18-20 Eylül 1989, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.

8. La Nauze R.D, "A review of the fluidised bed combustion of biomass", Journal of The Institute Of Energy, pp 66-76, June 1987.

9. F. Akçura, M. Gerger, "Başlıca Türk kömürlerinin özellikleri", MTA Raporu, Aralık 1982, Ankara,

10. TEK, "1993 yılı işletme faaliyet raporu", Rapor no: 361, Haziran 1994.

11. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi,

Çevre Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü Laboratuvarları