

Zekeriya Aktürk

Atatürk Üniversitesi Tıp  
Fakültesi Aile Hekimliği AD

**İletişim Adresi:**

Prof. Dr. Zekeriya Aktürk  
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Aile Hekimliği AD. 25240 Erzurum  
Tel: 0442 2317228  
Email: zekeriya.akturk@gmail.com

**Konuralp Tıp Dergisi**

e-ISSN1309.3878  
konuralptipdergi@duzce.edu.tr  
konuralpgeneltip@gmail.com  
www.konuralptipdergi.duzce.edu.tr

## İnsan Sağlığı Açısından Biyokütle Enerjisi ve *Miscanthus x giganteus*

### ÖZET

Enerji ihtiyacının giderek artması ve fosil enerji kaynaklarının kullanımına bağlı sorunlar yöneticileri alternatif enerji kaynaklarına yönlendiriyor. Bu yazıda Türkiye’de de gündemde olan yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle enerjisi ve *Miscanthus x giganteus* uygulamasının insan sağlığına olası etkileri üzerine bir derleme sunulması amaçlanmıştır. Biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Sera etkisi ve zararlı emisyonların fosil yakıtlara göre %90 oranında az olması, fotosentez hızının yüksek olması ve yeni iş sahaları sağlaması gibi avantajları nedeniyle *Miscanthus x giganteus* bitkisi bu alanda tercih edilmektedir. Fosil yakıtlara göre daha az olmakla birlikte, biyokütle uygulamalarının da sera etkisi, su kaynaklarını ve biyo-çeşitliliği tehdit etme, eutrophication, hava kirliliği, tarım alanlarını azaltma ve üretim kazaları gibi insan sağlığını ilgilendiren riskleri vardır. Biyokütle uygulaması yapılacak tesislerde olası risklerin kantitatif olarak ortaya konması ve önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir. Her ne kadar biyokütle enerjisi fosil enerjiye göre iyi bir alternatif olsa da rüzgar, su ve güneş enerjisi gibi daha temiz ve sağlıkla ilgili riskleri daha az olan alternatiflerin öncelikli olarak düşünülmesi gerektiği görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Biyokütle Enerjisi, *Miscanthus x giganteus*, İnsan Sağlığı

## Biomass Energy and *Miscanthus x giganteus* in Terms of Human Health

### SUMMARY

Rising energy needs and the serious problems encountered with fossil energy resources directs the policy makers towards alternative energy sources. In this review, we present the popular biomass energy alternative and *Miscanthus x giganteus*, with special emphasis to possible health related risks. Biomass energy has a priority among renewable energy alternatives. *Miscanthus x giganteus* is a preferred plant due to its 90% less unwanted effects such as greenhouse and gas emissions and its relatively high photosynthesis capacity. Although less when compared to fossil energy sources, the biomass energy also has some possible health hazards such as greenhouse effect, threat to water resources and biodiversity, eutrophication, air pollution, decrease in agricultural land and food production as well as production accidents. Possible risks and preventive measures have to be quantitatively defined for establishments intending to produce biomass energy. Although biomass energy seems to be a better alternative when compared to fossil counterpart, continuous efforts should be sought for healthier alternatives such as energy derived from wind, water or the sun.

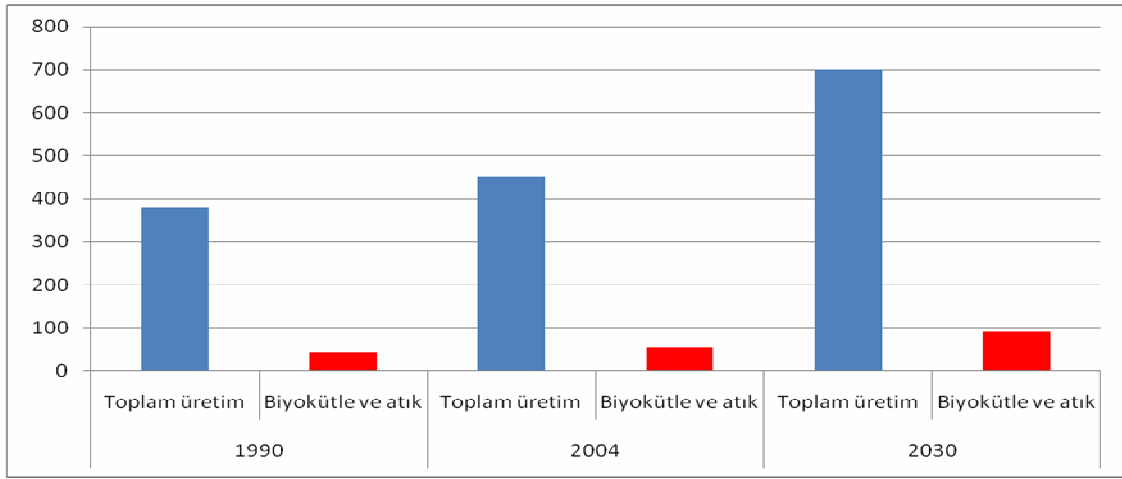
**Key words:** Biomass Energy, *Miscanthus x giganteus*, Human Health.

## GİRİŞ

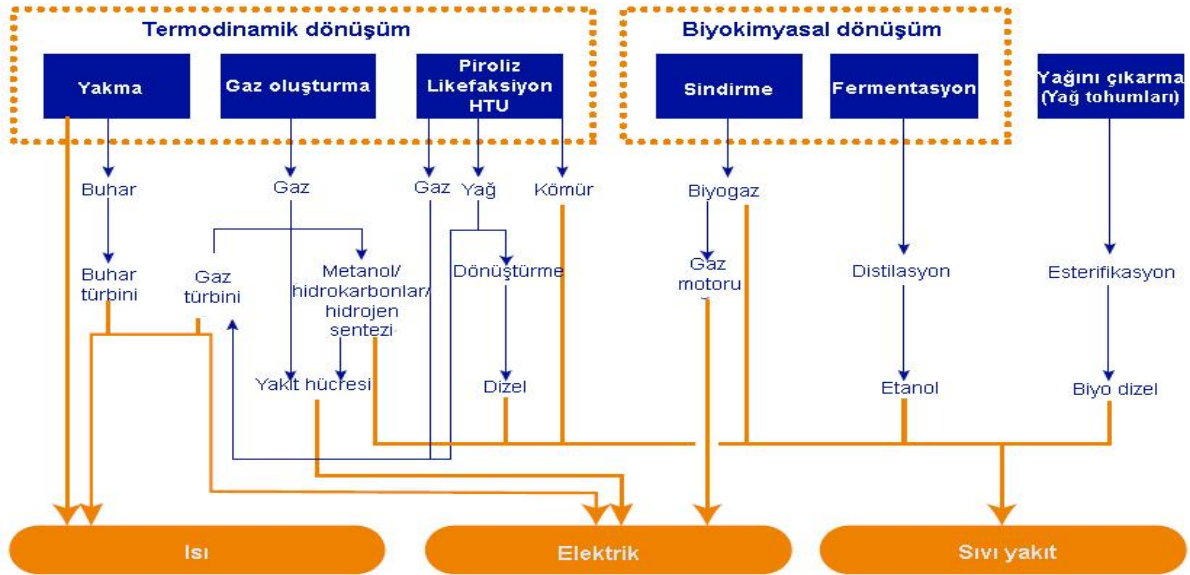
Dünya nüfusunun ve enerji ihtiyacının giderek artması ve öncelikle iklim değişiklikleri ve fosil enerji kaynaklarının tükenmesi gibi endişeler, ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir (1). 2030'da birçok ülkenin enerji ihtiyacının %20'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmesi beklenmektedir (**Grafik 1**) (2).

Son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve girişimcilerin de bu alana yönelmeleri nedeniyle biyokütle uygulamalarının insan sağlığına olabilecek etkileri gündeme gelmiştir. İlk bakışta çağdaş ve alternatif bir enerji kaynağı olabilecek bu uygulamanın insan sağlığıyla

ilgili yönlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu makalede biyokütle enerjisi ve insan sağlığıyla ilgili yönleri hakkında bir derleme sunulmaktadır. Bitkiler ve bitki artıklarının yakıt olarak kullanılmasıyla enerji elde edilmesi anlamına gelen (3) biyokütle, bir alternatif enerji kaynağı olarak giderek popülerlik kazanmaktadır. ABD'de 6.5 gigawattlık bir enerji biyokütleden elde edilmektedir. Dünya enerjisinin %15'inin biyokütle yakımından elde edildiği tahmin edilmektedir. Biyokütleden enerji üretimi başlıca termodinamik dönüşüm, biyokimyasal dönüşüm ve bitkilerin yağını çıkarma yollarıyla elde edilmektedir (**Şekil 1**).



**Grafik 1.** Dünya enerji üretimi trendi (Eksajul).



**Şekil 1.** Biyokütlenin çeşitli enerji türlerine dönüştürülme yolları.



**Resim 1.** Hasat döneminde *Miscanthus x giganteus*.

Biyokütle enerjisi uygulaması, fotosentezle güneş enerjisini depolayan bitkilerden bu enerjinin açığa çıkarılması esasına dayanmaktadır. Bir ton taş kömürü ısınma amacıyla yakıldığında atmosfere ortalama 2,8 ton CO<sub>2</sub> salınmaktadır; bir ton odunsu biyokütle yakıldığında ise atmosfere ortalama 0,73 ton CO<sub>2</sub> salınmaktadır (4).

Biyokütle enerjisinin fosil yakıtlar gibi organik atıklarının olmaması, atıkların değerlendirilmesini sağlaması, yeni enerji ve iş kaynakları sağlaması gibi avantajları sayılmaktadır (5). Organik maddelerin fermentasyonu sonucunda oluşturulan biyogazın bileşiminde %60–70 metan vardır. Atık olarak ortaya çıkan fermente gübre de yeniden kullanılabilir (6).

#### ***Miscanthus x giganteus***

*Miscanthus*'a dayalı biyokütle uygulamaları Avrupa'ya 1930'larda Japonya'dan gelmiştir ve 1985'li yıllardan beri uygulanmaktadır (7). Biyokütle enerjisi, bitkinin yakılması, etanol, metanol, biyodizel ve laktik asit üretilmesi şeklinde elde edilebilir.

*Miscanthus* ekimiyle ilgili Türkiye'de çeşitli denemeler yapılmıştır. Bir araştırmada Konya şartlarında 3. yetiştirme yılında verim değerleri araştırılmış ve enerji bilançosu ortaya konmuştur. En yüksek verim 100 kg.N/ha gübre normunda 13.192 t.KM/ha, net enerji oranı 9.63, enerji tüketimi 1818 MJ/t olarak bulunmuştur (8).

Ekildikten 3–4 yıl sonra hasata başlanabilmektedir ve hasat döneminde bitkinin boyu 3,5 metreyi bulmaktadır (**Resim 1**). Biyokütle enerjisinde *Miscanthus*'un önerilmesinin bir nedeni de fotosentez kapasitesinin oldukça yüksek olmasıdır. Örneğin darı ile karşılaştırıldığında gün ortası fotosentez hızı %27 daha fazla bulunmuştur (7,9).

#### **Sağlık Açısından Olası Riskler**

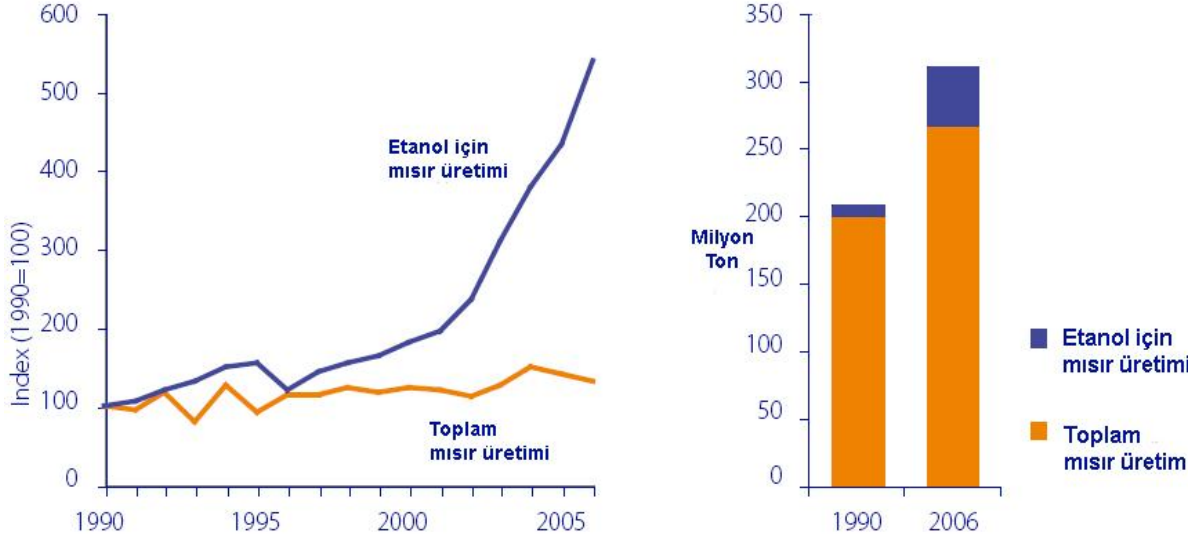
Biyokütle enerjisinin birçok avantajının yanında sağlığı direkt veya dolaylı olarak etkileyebilecek

bazı riskleri de söz konusudur. Bunlardan önemli bulunanlar aşağıda sıralanmıştır:

- **Sera etkisi:** Su buharı, CO<sub>2</sub>, metan, nitroz oksit ve ozon salınımı: bu maddelerin insan sağlığı üzerinde direkt ve indirekt etkileri vardır. Bu uygulamalar fosil yakıtlar kadar olmasa da karbondioksit emisyonunu artıracaktır (10).  
Bu tesislerin ozon üretimini artıracığı ve ozona bağlı sağlık etkilerinin görüleceği de belirtilmiştir. ABD'de 2009 State of the Air raporuna (11) göre Atlanta'da 3 hafta boyunca ozon seviyelerinin %42 azalması acil başvurularını %55 azaltmıştır. Neticede salınan bu maddelere bağlı sera etkisi (Greenhouse gas effect) ve daha ilerisine de iklim değişiklikleri ortaya çıkabilir.
- **Su kaynaklarının tüketilmesi:** verimli bir biyokütle tesisi için çok büyük alanlarda arazilerin ekilmesi gerekmektedir. *Miscanthus x giganteus* bitkisi enerji verimliliği açısından oldukça iyi olmakla birlikte (206.967 MJ/hektar/yıl) (12) bu bitkide bile yeterli verimi elde etmek için yüzlerce dönüm arazinin ekilmesi gerekmektedir. Bu kadar fazla ekilen bitkinin su kaynaklarına olan etkisi dikkate alınmalıdır. Kaldı ki, bitki üretiminin dışındaki süreçte de sistemin su ihtiyacı olacaktır.
- **Biyoeçşitliliğe tehdit:** Ekosistemin çalışmasında biyoeçşitlilik önemli bir yer tutmaktadır ve biyoeçşitlilikteki kayıpları geri getirmekte çoğu kez mümkün değildir. Arazinin kurutulmak veya başka yollarla tarım arazisine dönüştürülmesi burada önemli bir yer tutmaktadır. Bu durum, ekilen bitkinin çeşidine ve

kullanılacak olan kimyasallara da bağlı olacaktır. Bitkinin invazif olmaması bir avantaj oluşturabilir (12). Gerektiğinde *Miscanthus x giganteus*'un yok edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bitki, birçok herbiside dirençli olmakla birlikte, glyphosate uygulamasının eradikasyon sağladığı bulunmuştur (13).

- **Eutrophication:** Biyokütle uygulamaları sonucunda eko-sistemdeki kimyasal maddelerde artış olabilir. Sonuçta ekosistemin primer üretkenliğinde artış ortaya çıkar. Bunun sonucunda anoksi ve su kalitesinin bozulması gibi olumsuz çevre etkileri ortaya çıkabilir (14).



Grafik 2. ABD'de etanol üretimi amaçlı mısır yetiştiriciliği trendi (2).

Tablo 1. Enerji sistemleri ve yaralanma istatistikleri

Enerji Sistemleri	Ölümlü Kaza Sayısı	Toplam Ani Ölüm Sayısı	Üretilen Toplam Enerji GW-yıl
Kömür (Maden kazaları dahil)	62	3600	10.000
Petrol (Üretim ve taşıma dahil)	63	2070	21.000
Doğal-gaz (Patlama) 24	1440	8.600	-
Hidroelektrik (Baraj yıkılması)	8	3839	2.700
Nükleer (Çernobil kazası)	1	31	1.000

- **Hava kirliliği:** Havaya salınan küçük partikül miktarında da artış olacaktır. Bu partiküllerin insan solunum yolu epitelleri tarafından filtre edilemeyecek kadar küçük olması nedeniyle özellikle solunum yollarıyla ilgili rahatsızlıklara yol açması muhtemeldir. Sonuçta özellikle akciğer enfeksiyonları, astım ve kronik bronşit gibi akciğer hastalarının etkilenmesi beklenebilir (15).
- **Tarım Alanlarının Azalması:** Biyokütle enerjisi uygulamalarının teşvik edilmesi ve yaygınlaşmasıyla birlikte birçok verimli tarım arazisi besin kaynaklı tarımdan enerji bitkileri üretimine geçirilmektedir. Sonuçta mısır, buğday ve pirinç gibi tarım

ürünlerinin ekiminin azalması riski söz konusudur (2). Örneğin, dünyadaki mısır üretimi fazla değişmediği halde mısırın enerji amaçlı kullanımı hızla artmaktadır (Grafik 2). Etanol üretiminde bitki tohumlarının yerine selülozun kullanılmasının bu soruna kısmen çözüm olabileceği önerilmiştir (9). Bu yöntemin daha az gübre gerektirmesi, bitkinin tamamının kullanılması nedeniyle atık oluşumunun azalması ve çeşitli bitkilerin kaynak olarak kullanılabilmesi gibi avantajları da vardır.

- **Üretim Kazaları:** Enerji üretimi ve taşınması sırasında ortaya çıkan kazalar da önemli bir insan sağlığı sorunudur. En çok

kaza ve yaralanmalar kömür ve petrol üretimi ve taşınmasıyla ilgilidir (**Tablo 1**) (16). Biyokütle enerjisi uygulamalarında kaza ve yaralanmaların daha az olması beklenebilir. Bununla birlikte, zirai ilaçlara bağlı yan etkilerden elde edilen enerji ürününün depolanması ve taşınmasına kadar risk oluşturabilecek alanlarda dikkatli olunmalıdır.

Diğer taraftan, bitkilerin büyüme aşamasında etraftan karbondioksit aldıkları dikkate alınırsa yanmayla ortaya çıkan karbondioksitin daha fazla olmayacağı, hatta bitki ekimini artırarak CO<sub>2</sub> dengesini tersine çevirmenin mümkün olduğu belirtilmektedir. Günümüzde enerji kaynağı olarak birçok alanda bir fosil yakıt olan doğalgaz kullanılmaktadır. Biyokütle enerjisi uygulamalarının fosil atıklara göre emisyonu %90 oranında azalttığı belirtilmektedir (17). Ayrıca, kömürle çalışan enerji ünitelerinde karbondioksit oranını azaltmak masraflıdır (ton başına 100–200 Dolar). Oysa %15 oranında biyokütle katılması bu masrafı %95 oranında azaltabilir (7).

*Miscanthus*'a dayalı biyokütle enerjisi üretiminde çevreyle ilgili endişelerin nispeten az olacağı belirtilmiştir (18). Sera etkisi ve asit oluşturuç gazların net oranının olumlu olması bu yöntemin global ısınmayı ve asit yağmurlarını azaltıcı etkisinin olabileceğini düşündürmektedir.

#### SONUÇ

Sonuç olarak, biyokütle enerjisi uygulamaları fosil yakıtlardan enerji elde edilmesine göre daha sağlıklı bir alternatif olarak gözükmektedir ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak giderek popülerlik kazanmaktadır.

*Miscanthus*'a dayalı biyokütle enerjisi üretimi, enerji dengesi, sera etkisi ve asit oluşturuç gazlar gibi birçok açıdan ümit vericidir. Bununla birlikte, kurulacak tesislerin yukarıda belirtilen olası sağlık riskleri, kantitatif olarak belirtmeli ve önlemler alınmalıdır. Her ne kadar biyokütleyle dayalı enerji üretimi fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında sağlık açısından daha yararlı gibi gözükse de su, rüzgâr ve güneş gibi temiz enerji alternatiflerinden üstün değildir. Bu konuda yatırım ve araştırmaların devam etmesi gerekir.

#### KAYNAKLAR

1. OECD/IEA. World Energy Outlook 2008. Paris: International Energy Agency, 2008.
2. Fresco LO. Biomass, food & sustainability: Is there a dilemma? Amsterdam: University of Amsterdam, 2007.
3. CDM Executive Board Report (EB23). Definition of Renewable Biomass. UNFCCC Clean Development Mechanism, 2006.
4. Orman Genel Müdürlüğü'nde Biyoenerji Konusunda Yapılan Çalışmalar. Orman Genel Müdürlüğü 2009, <http://web.ogm.gov.tr/Haber%20Resimleri/sunular/biokutle160709.ppt>. 16 Eylül 2009.
5. Sheer F. Power Plants or Power Plants? A look at biomass energy as an alternative fuel. Northern Arizona University Environmental Communication Resource Center 2009, <http://www.nau.edu/~soc-p/ecrc/biomass.html>. 11 Eylül 2009.
6. Kumbur H, Özer Z, Özsoy HD, Avcı ED. Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. 2005.
7. Scurlock JMO. *Miscanthus*: A Review of European Experience with a Novel Energy Crop. Tennessee: OAK Ridge National Laboratory, 1999.
8. Acaroglu M. *Miscanthus x Giganteus*'un Orta Anadolu-Konya Şartlarında Yetiştirilmesi ve Enerji Bilançosunun Belirlenmesi. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi, 2004.
9. Cellulosic Biomass Study of *Miscanthus x giganteus* and the LI-6400. NewsLine 2007;1(4).
10. Sammons B. Health Effects and Costs of Biomass Burning. The Star 2009.
11. State of the Air Report 2009. State of the Air 2009; <http://www.stateoftheair.org/>. 12 Eylül 2009.
12. Sustainable Biofuels: Prospects and Challenges. London: The Royal Society; 2008. Report No: 01/08.
13. Anderson EK, Hager AG, Voigt TB, Bollero GA. Herbicide Phytotoxicity and Eradication Studies in *Miscanthus x giganteus*. Illinois 2009.
14. Eutrophication. Wikipedia 2009; <http://en.wikipedia.org/wiki/Eutrophication>. 14 Eylül 2009.
15. Kumie A, Emmelin A, Wahlberg S et al. Magnitude of indoor NO<sub>2</sub> from biomass fuels in rural settings of Ethiopia. Indoor Air 2009;19(1):14-21.
16. Kadioğlu S, Tellioglu Z. Enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye etkileri. Ankara: TMMOB, 1996 55-67.
17. Duygu AE. Modern Biyokütle Enerjisi. Eurosolar Türkiye 2009, <http://www.eurosolar.org.tr/sunumlar/ErginDuyguSunus.pdf>. 15 Eylül 2009.
18. Fernando AL, Oliveira JFS. Some aspects of Environmental Impact Assessment of *Miscanthus x giganteus* production in Portugal - Application of a model. UK Department for Business, Innovation and Skills 2009, <http://www.berr.gov.uk/files/file20819.pdf>.