

Biyokütle Enerjisi İçin Yetiştiriciliğin Etkileri Konusunda Araştırmalar I. Bilgi Birikimi Işığında Türkiye'deki Eko-Ekolojik Etki Potansiyeli*

Studies on the Effects of Plant Growing for Biomass Energy

I. Eco-ecological Efficiency Potential for Turkey in the Light of Current Knowledge

Ergin DUYGU¹, İlknur CISDIK²

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Ankara

² Çevre ve Orman Bakanlığı

Özet: Yeryüzünde geçerli koşullar, gelişmeler ve enerji ormancılığı, tarımı ve agroforestrisi ile ilgili projeler ışığında, Türkiye'deki koşullar da göz önüne alınarak, enerjisinden yararlanmak üzere biyokütle yetiştiriciliğinin Türkiye'de uygulanmasının değerlendirilmesiyle çevresel, sosyal ve ekonomik etki/yarar analizi yoluyla potansiyelinin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada değerlendirme, modern biyokütle enerjisinin hammadde kaynakları, depolanabilirliği, taşınabilirliği ve farklı enerji türlerine dönüştürülmesinde kullanılan yöntemlerin çeşitliliği ile sağladığı olanaklara ek olarak, bu amaçla enerji bitkisi yetiştiriciliğinin sağlayabileceği ekolojik ve sosyoekonomik yönlerinin hesaba katılması ile yapılmıştır. Enerji bitkisi yetiştiriciliği ve biyokütle enerjisinin ekolojik, sosyoekonomik etki/yarar analizinin geniş bir bakış açısıyla ele alınmasına çalışılmıştır. Değerlendirmelerin sonucunda, her ne kadar karmaşık özellikte olmalarına karşın, bilimsel temellere dayanarak yapılacak projeler ve gerçekleştirilecek uygulamaların Türkiye'de çok yararlı sonuçlar verebileceği kanısına varılmıştır. Uygulamaların karmaşıklık düzeyi, insanlığın gezegenimiz üzerindeki ve toplumumuzun yerel çevre üzerindeki mevcut baskısının yansımaları olarak ele alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Biyokütle, Biyoenerji, Enerji üretimi, Sürdürülebilir kırsal kalkınma.

Abstract: In the light of the facts related to the current conditions, developments and planned projects on energy forestry, agriculture and agroforestry practices around the globe, and the current conditions in Turkey, biomass production for utilization of its energy in Turkey has been evaluated, in order to reveal its potential in environmental, social and economical cost/benefit analysis. The extreme versatility of modern biomass energy, in terms of sources, storage, transportability, and processes used in conversion to different forms of energy, in addition to the ecological and socio-economic considerations for biomass energy crop production have been taken into account in the present study. In order to provide a wide-angle perspective on the impact of energy plant growing, use of biomass energy in terms of ecological and socioeconomic cost-benefit analysis has been performed. Assessments indicate that, despite of their complexity, development of projects and their applications are made on scientific basis by following the path to developing successful biomass energy projects, very beneficial results can be held in Turkey. The level of complexity can be taken as the reflectance of the current environmental pressure of the human race on the planet, as well as the society on the local environment.

Key words: Biomass, Bioenergy, Energy production, Sustainable rural development.

1. Giriş

Bilindiği gibi fotosentez havadaki inorganik karakterli karbondioksit gazının güneş enerjisi kullanılarak suyla indüklenmesidir. Kök, gövde, yaprak ve çiçeklerden oluşan yüksek bitkilerde ilk fotosentez ürünleri çözünür şekerlerdir, depolanmaları ise özellikle nişasta ve fruktozanlar ile lignin, sellüloz gibi karbonhidrat polimerleri şeklinde olmaktadır. Kuramsal olarak fotosentez ürünleri ile dönüşüm ürünlerinin yakılmasıyla açığa çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre ve iklim CO₂ salımı açısından teorik olarak korunmuş olmaktadır. Hatta modern biyokömür üretimi teknikleriyle kullanıldığında net şekilde soğurulmanın sağlandığı gösterilmiştir (Lehmann, 2007). Fakat bu araştırmanın da işaret ettiği gibi biyokütle yetiştiriciliğinde kullanılan materyal ve yöntem de net karbon tutulması, sekastrasyonu etkinliğinde farklılıklara yol açmaktadır (Skinner, 2007).

Çeşitli canlıların vücutlarında depolanmış ya da artık ve atıklarında bulunan kimyasal bağ enerjisi biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Bilindiği gibi insanlığın biyokütle enerjisini ısınma ve pişirme gibi amaçlarla kullanımı çok eskilere dayanmaktadır ve aktarıldığına göre geçmiş tarımın uygulanması dönemi olan M.Ö. 10.500 yıl öncesinden çok daha eski, 250.000 yıl kadardır (Santa, 2004). Biyokütle enerjisinden fosil yakıt enerjisi ve aktüel biyokütle enerjisi olarak yararlanılmaktadır.

* Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2008.

Ana bileşenleri hidrokarbon olan fosil biyokütle ile türevleri olan yağlar ve proteinlerden oluşan aktüel biyokütlenin enerji kaynakları olarak çevresel etkilerinin farklılığı günümüzde enerji stratejilerinin oluşturulmasında çok farklı şekilde konumlandırılmalarına neden olmaktadır. Öte yandan bildirildiğine göre, 1999 yılında yenilenir enerji tüketimi toplamın % 13'ü kadar olup, bunun % 80'ini özellikle Asya'daki ticarî olmayan, klasik biyokütle enerjisi oluşturmaktadır, ikinci olan hidroenerjinin payı ise % 2,3 kadardır (Anonymous, 2008a).

Son olarak yayınlanan 2005 yılı istatistikleri de teknoloji lideri ABD'nde yenilenir enerji payının ancak % 7, bu oran içerisinde biyokütle enerjisinin payının % 50, hidroelektriğin ise ancak % 41 olduğunu göstermektedir (Anonymous, 2008b).

2. Günümüzdeki Tablo

2007 yılında Avrupalı liderler de iklim değişimi ile savaşım, kalkınmanın sürdürülebilirliği ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ile dışa bağımlılığı azaltmak gibi amaçlarla biyokütle, hidroenerji gibi yenilenebilir kaynaklardan kendi enerji ihtiyaçlarının % 20'sini sağlamak için AB genelinde bağlayıcı bir hedef belirleyerek imza altına almışlardır (Anonymous, 2007a).

Müzakere sürecinde olan ülkemizin bu konuda AB'ndeki gelişmeleri yakından izlemesi gerektiği gibi benzer gerekçelerle ulusal strateji açısından da bu yönde hareket etmesinin önemi açıktır (Anonymous, 2008c).

Bilindiği gibi enerji arzını uygun maliyette enerjiyle sağlayarak ekonominin rekabet gücünün artırılması, iklim değişikliği ve çevre kirliliği ile mücadele, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve sürdürülebilir kalkınma potansiyelini büyütme güncel hedeftir (Anonymous, 2008d). Bu hedefe ulaşmak için biyokütle yetiştiriciliğinin ve biyoenerji üretiminin geliştirilmesi de gerekli görülmektedir (Anonymous, 2008e). AB de uzunca bir süre önce aynı yönde strateji geliştirerek Beyaz Belge ile uygulamaya koymuştur. Son olarak da 2007 yılında alınan karara göre her üye ülke, 2020 yılına kadar taşımacılık yakıtı ihtiyacının % 10'unu biyoyakıtlardan karşılamak durumundadır (Anonymous, 2007b). Müzakere sürecinde bu hedeflerin yakından takip edilmesinin ve çalışmalara bir an önce başlanmasının gerekliliği de açıktır.

Türkiye'nin artan nüfusu, büyüyen kentleşme oranı, gelişen sanayisiyle birlikte hızlanan sera gazı emisyonu artışı yanında kuraklaşma, erozyon ve çölleşme, ormansızlaşma ve biyoçeşitlilik ile ekosistem kaybı, kırsal istihdam azalışı ve fakirleşme, hava, su ve toprak kirliliği sorunları olduğu bilinmektedir (Anonymous, 2008f). Bu çevresel sürdürülemezlik ve kalkınma riski göstergesi gelişmelerin etkilerinin azaltılmasına biyokütle yetiştiriciliğinin çeşitli katkılar sağlayabilme potansiyeli, gerek BM ve FAO gerekse AB tarafından belirtilmiştir (Anonymous, 2006a). Çünkü bilindiği üzere çevre faktörü dikkate alınmadan gerçekleştirilen sanayileşme, kalkınma ile birlikte geri dönüşü mümkün olmayacak çevresel hasarlar meydana getirmektedir ve bu tablo ülkemiz için de geçerlidir (Anonim, 2005).

Modern enerji üretimi ve tüketimi güvencesi, güvenilirliği yanında kalitesinin önemi ve enerji ihtiyacının yerel kaynaklardan sağlanması günümüzün en önemli küresel sorunlarından (Takada, 2007).

Çevre ile dost, sürdürülebilir enerji üretimini, sürdürülebilir çevre yönetimi ve kalkınmayı hedefleyen ve dünya genelinde olduğu gibi AB'nde de geniş uygulama alanına sahip yenilenebilir biyokütle enerjisi üretimi için biyokütle yetiştiriciliğinin ülkemizde de yaygınlaştırılması, bu kapsamda enerji tarımı, enerji ormancılığı ve enerji agroforestrisi uygulamalarına ağırlık verilmesinin doğru bir yaklaşım olabileceği düşünülerek araştırmaya değer bulunmuştur. Konunun olabildiğince bütüncül bir şekilde, teknik, ekolojik, ekonomik ve sosyal yönleri ile ele alınmasına çalışılmıştır.

Günümüzde popülerleşmiş olan sürdürülebilir kalkınma teriminin temelini oluşturan ekolojik ekonomi kavramının 18. yüzyıl düşünürlerinden T. Malthus ve J. S. Mill'in yaklaşımlarını izleyen bilimcilerce, 1944 yılında N. G. Roegen, W. Kapp ve 1950 yılında da K. Polanyi'nin yayınları ile gündeme getirildiği ve 1973'de E. F. Schumacher'in "Küçük Güzeldir – Bir İnsana Önem Veren Ekonomi Araştırması (Small Is Beautiful – A Study of Economics as if People Mattered)", 1977'de de

H. Daly'nin Durağan Hal Ekonomisi (Steady – State Economics) kitaplarına konu olduğu, 1987'de de J. M. Alier'in Ekolojik Ekonomi (Ecological Economics) kitabıyla olgunlaştığı aktarılmaktadır (Faber, 2008).

Eko-ekonomi de bu yaklaşımın popülerleşmesi ile terimleşmiştir ve önemli bir ögesi dışsal maliyettir. Örneğin AB tarafından da biyokütle yetiştiriciliğinin, biyokütleden enerji üretiminin, tüketiminin ve taşınımının çevre ve sağlık üzerine olabilecek önemli etkilerinin bedeli belirlenmekte; tüm bu negatif dışsallıklar, biyokütle enerjisi üretimi maliyetine katılarak içselleştirilmeye çalışılmaktadır (Anonymous, 2003a; Meibach, et al., 2007).

Aynı yaklaşımlar iklim değişikliği, kuraklaşma, erozyon, ormansızlaşma ve biyoçeşitlilik kaybı, çölleşme gibi ekolojik dengeler üzerinde etkili olan tüm konularda da geçerlidir (Anonim, 2007; Dregne et al., 1992). Bu etkiler arasında işsizlik, fakirleşme, ekolojik göçler gibi sosyal olanların yer aldığı da bilinmektedir (Anonymous, 2008g).

Biyokütle enerjisi ve bu amaçla enerji bitkisi yetiştiriciliğinin etkilerinin de tüm bu açılardan irdelenmesi gerektiği açıktır. Nitekim gerek hızlı ekonomik büyüme, gerekse kalkınmanın sürdürülebilirliği ile çevresel ve sosyal sorunlar açısından birçok benzerlikler gösteren, fakat bilim ve teknolojiyi değerlendirme, geliştirme konusunda titiz olan Çin de biyokütle enerjisini bu şekilde geliştirmeye çalışmaktadır (Anonymous, 2007c).

2005 yılında yayımlanan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un, 2. Madde 9. Paragrafı'nda biyokütle enerji kaynakları olarak organik atıklar, bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesiyle ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz yakıtlar tanımlanmaktadır. Çevre ve Orman Bakanlığı 1. Çevre ve Ormancılık Şurası Kararları 73. paragrafta da emisyonların azaltılması amacıyla sektörel önlem ve politikaların geliştirilmesi için Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planının hazırlanmasının, 74. paragrafta ise yeni ve yenilenebilir kaynaklar arasında enerji ormanları v.b. biyokütle enerji kaynaklarıyla ilgili araştırma- geliştirme çalışmalarının artırılmasının, ülkemizdeki potansiyelleri değerlendirilerek birincil enerji tüketimi ve elektrik üretimindeki paylarının artırılmasına yönelik sayısal hedefler belirlenmesinin gerektiği üzerinde durulmuştur. 6. Madde'de de su havzaları, orman ekosistemi alanlarında çok amaçlı sürdürülebilir orman ekosistemi planlama ve yönetimi için endüstriyel plantasyonlara dayalı, hızlı büyüyen ağaç türleriyle yapılacak özel ağaçlandırmalar ve modern enerji ormancılığı teşvik edilerek, biyokütle esasına dayalı, modern enerji ormanı tesisi çalışmalarında planlanan enerji santrali de dikkate alınarak uygulamaya başlanması, özel sektör ve orman köy kooperatiflerini özendirerek düzenlemelerin yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Anonim, 2006).

Bu tabloya karşın 2007 yılında yayınlanan Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi Enerji Politikaları ve Önlemleri bölümünde konu yenilenebilir kaynaklar alt başlığında yer almamıştır (Anonim, 2007).

BM tarafından hazırlanan ve biyoyakıtların faydaları ile risklerini inceleyen en kapsamlı çalışma olan BM Sürdürülebilir Biyoenerji Raporu içinde ise, bitkilerden yakıt elde etme yönteminin hem insanların yaşam koşulları, hem de çevre üzerinde ciddi etkileri, yararları olabileceğine dikkat çekildiği aktarılmakta ve desteklenmektedir (Karlsson, 2007).

Bilindiği üzere tarım ve ormancılık konularıyla, dolayısı ile de besin ve beslenme ile ilgili en etkili uluslararası kuruluş olan Besin ve Tarım Organizasyonu (FAO) bu raporda, dünyanın birçok yerinde bitkilerden yakıt elde etmek amacıyla hızla adım atılmasının yarardan çok zarar getirebileceği uyarısında bulunmuştur. Raporda, tarım alanlarının giderek biyoyakıt dönüştürülen bitkilere ayrılmasının endişe verici olduğu, ancak doğru politikalarla uygulandığında yararlı olacağı belirtilmektedir. Hızla, çevresel etkileri göz ardı eden şekilde biyokütle yakıtlarına yönelmenin ormanların yok olma sürecini hızlandıracağı, özellikle küçük çiftçilerin topraklarını kaybetmelerine neden olabileceği, ciddi gıda sıkıntısı oluşturabileceği, yoksulluğu arttırabileceği de vurgulanmaktadır. Nitekim 2008 yılındaki gıda fiyatları artışı ile bu tartışma alevlenmiştir. Bu noktada daha önce Ohara (2003), burada da irdelenecek olan biyorafineri teknolojisi ile soruna çözüm getirilebileceğini ileri

sürmüştür. Modern biyokütle enerjisi konusuna ilk giren ülke olan ABD'nin, bitki örtüsünü bu amaçla tarayarak, bölgesel ekolojik koşulları da göz önüne almak suretiyle en uygun yerli tür seçimine 1978 yılında başlamış olmasını vurgulamak gerekir (Cushman vd., 2003). Bu tabloya eklenmesi gereken, yeni yayınlanan, fakat 10 yıl süren denemelere dayanan araştırmaların sonucu da aynı görüşü paylaşmaktadır (Buffington ve Wilson, 2006; Tilman vd., 2006). Tilman vd.'lerinin kullandığı "Karışık çayır otları mısır etanolü ve soya biyodizelinden daha iyi kaynaktır" başlığı da varılan bu sonucu vurgulamaktadır. 1998 yılında yayınlanan ve adının Türkçe karşılığı "Enerji Bitkisi Türleri, Kullanımları ve Çevre ile Kalkınmaya Etkileri" olarak verilebilecek olan 320 sayfalık kitapta yer alan 49 familya ile 215'den fazla tür, ülkemiz gibi biyoçeşitliliği yüksek bir bölge için ümit vericidir (El Bassam, 1998).

19. Asrın sonlarından başlayarak fosil yakıt tüketimi artışının küresel ısınmaya yol açacağı bilimsel öngörülerini ortaya konmuş, 1930'larda kesinleştirilmişse de göz ardı edilmiştir (Fleming, 1998; Seart, 2007). Hızla geliştirilen fosil yakıt uygarlığının zararlarından kaçınmak üzere, alternatiflere aynı hızla ve bilinçsiz şekilde yönelimin başka sorunlara yol açacağı açıktır. Gelecekte tarımın ve ormancılığın enerji elde edilmesi amacı ile çok yoğun olarak, enerji sektörü ve petrol endüstrisi tarafından işletildiği zaman ortaya çıkabilecek gıda sıkıntısı gibi sorunların bugünden öngörüsü yapılarak, ayrıntılı planların yapılması gereklidir.

Yukarıda değinilen BM Raporu, biyoyakıtların ciddi faydalar sağlayabileceğine de dikkat çekmektedir. Tarım ve orman atık ve artıkları yanında organik evsel, endüstriyel atıklar ile çalışan küçüklü, büyüklü enerji üretim tesisleri sayesinde kırsal alanlarda yaşayan insanların refah düzeyinin yükseltilebileceğine işaret edilmektedir. Ancak rapor, büyük ölçekli tarımın biyoyakıt elde etmek için düzenlenmesinin, toprak erozyonuna neden olabileceği ve iklim değişikliğini sabitlemek için çok önemli olan doğal ormanların imhasına yol açabileceği uyarısında da bulunmaktadır. Gerçekte amacın boş bırakılan, bitki örtüsünü kaybetmiş olması nedeniyle erozyona açık arazilerin, bu arazilerde yetişebilecek, fazla bakım gereksinimi olmayan, biyokütle enerjisi depolama oranı yüksek bitki yetiştiriciliği ile değerlendirilmesi olduğu açıktır. Mısır gibi gıda olarak değerlendirilebilen ürün kütlelerinin düşük, fakat yararlanılmayan polisakkarit deposu artıklarının yüksek olduğu bitkilerden yararlanılması ve benzeri ekolojik uygulamaların yaygınlaştırılması biyokütle üretiminde sürdürülebilirliği sağlayacaktır. Raporda ayrıca, biyokütlenin ulaştırma sektöründe kullanımı için biyoyakıtlara dönüştürülmesi yerine, doğrudan ısı ve enerji üretimi için kullanılmasının çok daha verimli olduğuna değinilmektedir. Bilimsel olarak ortaya konmuş bu tür birçok gerçek olmasına karşın, fosil yakıt macerasında olduğu gibi, günlük ekonomik ve politik bakış açılarıyla hareket etme alışkanlığının sürdüğünü belirtmek yanlış olmayacaktır (Rosenthal, 2008). Aynı yaklaşım ülkemizde de görülmekte, örneğin Elektrik İşleri Etüd İdaresi biyoetanol için şeker pancarı, kamışı, mısır, patates, buğday, tatlı sorgum gibi ürün bitkilerinden sonra odunsular ile tarımsal artıkları, biyodizel için kolza (kanola), ayçiçek, soya ve aspri kaynak göstermektedir (Anonim, 2008a).

Rosenthal'in makalesinde ampirik araştırma sonuçlarına dayanarak vardığı sonuç ise, günümüzde popülerleşen "yeşil akaryakıt" adı verilen biyoyakıtların hemen hemen tümünün üretimindeki gaz salımları da hesaba katıldığında fosil yakıtlardan fazla salıma neden olduklarıdır. Hesaplama çağdaş toplumların talep patlaması ve yönetimlerin desteğiyle doğal bitki örtüsü tahribi, enerji bitkisi üretimine açılan arazilerin etkisi, ürünlerin nakliyle yakıtı dönüştürülmesini de içermektedir. Sonuçta çayır ve orman kaybının gaz salımını 93 kat arttırdığına dikkat çekilmiştir. Bilindiği gibi bu tahribat enerji bitkisi yetiştiriciliğiyle sınırlı değildir. Küresel ormansızlaşma, ekosistem yıkımı, erozyon, çölleşme ve kuraklaşma sorunlarının büyük ölçekli biyokütle enerjisi projelerinden çok daha önce başladığını da unutmamak gerekir (Hultberg, 2008). Rosenthal Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2020'deki iklimsel afet patlaması öngörüsüne de dikkat çekerek, insanlığın çok duyarlı, ayrıntılı planlar yapması gerektiğini anımsatmıştır. Bu çerçevede ABD'nin ileri gelen 10 ekolojistinin Yönetim ve Kongre'ye uyarı mektubu gönderdiği, AB'nin yağmur ormanı arazilerinden elde edilmiş biyoyakıt ithaline izin vermediği gibi örnekler eklenmiş, fakat sonuçta gelişmiş ülkelerin genel politikalarının yetersizliği vurgulanmıştır. Gelişen

ülkelerde çiftçilerin fiyat ve kârlılık güdüsüyle hareket etmelerinin normal olduğu belirtilerek, ABD'nin zengin tarımcılarının da aynı yönde hareket ettiği anımsatılmıştır.

BM Raporu güncel araştırmaların biyokütlenin kombine ısı ve güç üretiminde kullanımının sera gazı emisyonlarını azaltmak için en iyi ve en ucuz seçeneklerden biri olacağını gösterdiğini eklemektedir. Bu bilimsel savlara karşılık iklim değişimiyle savaşımlı otomotiv sektörünü zorlamadan, tüketicilerin taleplerini karşılayarak yürütmek gibi zor bir denge arayışındaki AB ve ABD yönetimleri yanında hızlı kalkınma amacındaki ülkeler konuya siyasî ve popülist bir yaklaşım göstermektedirler. OECD tarafından da belirtildiği gibi, özellikle sera gazı salımlarının ve bu salımlarda kara trafiği yükünün yüksek olduğu gelişmiş ülkeler günümüz teknolojisi ile petrol kökenli akaryakıtlara çevreci ve tek kolay uygulanabilir alternatif olan biyoyakıtlara yönelmektedirler (Anonymous, 2008h).

BM Raporunda biyoyakıtların ancak iyi planlanırsa yararlı bir güç olabileceği, aksi durumda kötü sonuçlara yol açabileceği, biyoenerji sektörü gelişiminin daha temiz enerji hizmetleri sağlayabileceği, ancak yiyecek, toprak ve tarım ürünlerinin fiyatlarını da arttırabileceği öngörülmüştür. Bu durumun özellikle geri kalmış ülke halklarını derinden etkilemiş olduğu da kesinleşmiştir (Ziegler, 2008). Bu tablonun nedenleri arasında küresel iklim değişimi sonucu kuraklaşma, erozyon, çoraklaşma, çölleşme, nüfus artışı, plansız kentleşme, toprak ve su kirliliği gibi çevre sorunları sonucunda kıtalardaki verimli tarım arazilerinin azalmasının etkileri de küçümsenemez (Abdalla, 2008). Fakat tarımda gıda için üretilmekte olan ürünlerin enerji için pazarlanması kolaylığı biyoyakıt üretimine karşı olan görüşlerin temel gerekçelerinden birini oluşturmaktadır.

Bilindiği gibi su da çok önemli bir konudur. Nüfus artışı ve yoğunlaşması, üretim ve tüketim artışı yanında sanayileşme, sulamalı ve kimyasallara dayalı tarım, kuraklaşma, kar yağışı ve dağ buzulları gibi yıllık su kaynaklarının azalışı ve çölleşme etkilerine eklenecek bilinçsiz biyokütle enerjisi amaçlı yetiştiriciliğin yaygınlaşması, durumu daha da kötüleştirebilecektir. Amaç, enerji bitkisi yetiştiriciliğinden bu gidişi hafifletecek şekilde yararlanmak olmalıdır (Anonymous, 2006b).

Yukarıda değinilen raporda BM de politika yapıcılarının biyoyakıt kullanımını arttırmak için girişimlere başlamadan önce “bütüncül bir yaklaşım” uygulamaları gerektiğine dikkat çekmiştir. Bu görüşe katılmamak mümkün değilse de, bu yaklaşımın tüm ekonomik büyüme ve kalkınma çabalarına yönelik etkinlikler için geçerli olmasının gerekli olduğu açıktır. BM raporunda tarım alanlarının giderek daha geniş biçimde biyoyakıt elde edilen bitkilere ayrılmasının, gıda maddelerini daha da pahalı hale getireceğine ve yoksul insanları daha da yoksullaştıracağına işaret edilmektedir. Öte yandan, raporda modern biyokütle enerjisine yönelme öncesi dönemlerdeki çeşitli baskılar sonucunda kıtaların verimli tarım arazilerinin oranının % 10 düzeyine kadar indiği, çölleştirilmiş arazilerin de % 30'lara çıktığı da belirtilmekte, bu eğilimin sürdüğü de eklenmektedir. Çözüm ise yukarıda da değinildiği gibi özellikle karışık, biyoçeşitliliği yüksek, işleme ve girdi istemi düşük üretime yönelmektir. Aynı nedenle BM 2008 yılında 18 Haziran Çölleşme ve Kuraklıkla Savaşım Günü teması olarak organik tarımı seçmiştir. BM biyoyakıt raporu, “Sadece biyolojik çeşitlilik, sera gazı emisyonları ve su kullanım politikalarının bir noktaya yönelmesiyle biyokütle enerjisi uygun bir çevresel ortam ve tarımsal ölçek bulabilir” sonucunu çıkartmakta, üretim planlamasında mutlaka çevresel faktörlerle gıda güvenliğinin birlikte ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Ekolojik duyarlılığı yüksek olan AB de bilimsel çalışmalar yapmakta ve uygulamaların bu yönde ve sistematik şekilde sürdürülmesine çalışmaktadır (Petersen vd., 2007).

Burada sunulan araştırma, müzâkere ve Kyoto Protokolü'ne taraf olma aşamasında olan ülkemizin, gerek bu gelişmeleri yakından izlemesinin önemli olduğu, gerekse de yukarıda sözü edilen çevresel sürdürülebilirlik ile çevresel etkinlik, ekolojik ayakizi endekslerindeki yeri göz önüne alınarak planlanmıştır (Levy 2002; Anonymous, 2003b; Esty 2005; Anonymous, 2008i). Endekslerde ülkemizin konumunun hiç de parlak olmadığı görülmektedir. Bu endekslerde ülkelerin ekolojik etkinlikleri yanında çevreye etki değerlendirmesinde sosyoekonomik kriterler de göz önüne alınmaktadır. Finlandiya gibi endekslerde iyi konuma sahip ülkeler dışında kalan tüm ülkelerin bilimsel, akılcı ve uzun erimli stratejiler geliştirmeye gereksinimleri olduğu açıktır.

3. Yöntem

Araştırmanın ana teması olarak seçilen Türkiye'nin konu ile ilgili ekolojik koşullarıyla ekonomik durumunun göstergesi bilgi ve veriler uluslararası ya da ulusal, resmî ve yarı-resmî kaynaklar ile akademik literatürden alınarak değerlendirilmiştir. Biyokütle enerjisi, enerji tarımı, ormancılığı ile agroforestrisinin ekolojik, sosyal ve ekonomik etki analizleri de AB, BM ve FAO ile Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) gibi uluslararası kaynaklarla çeşitli ülkelerin resmi ya da yarı resmi kaynaklarından araştırılmıştır. Bu şekilde konunun, ülkemiz koşullarında nasıl ele alınması gerektiği ve uygulamanın ne gibi yararlar sağlayabileceği konuları tartışılmıştır. Amaç, gerek enerji bitkisi yetiştiriciliğinden yararlanılmaması durumundaki eko-ekolojik kayıpları, gerekse de, yararlanılmasına çalışılması hâlinde sağlayabileceği katkıyı olabildiğince net olarak ortaya koyabilmektir.

4. Türkiye'de Enerji Bitkisi Yetiştiriciliğinin Eko-ekonomisi

Bilindiği gibi toprağın tipik olarak en verimli kısmı en üst tabakasıdır. Erozyona açık olan bu tabakanın taşınması ya da verimsizleşmesi yoluyla kaybının ekonomik zarar hesabı, kabaca dahi olsa yapılabilmektedir. Örneğin Pimentel vd. (1995) tarımsal verimlilik ve tarımın sürdürülebilirliğini tehdit eden erozyonun 40 yılda verimli tarım arazilerinin yaklaşık üçte birini yok ettiği, yılda 10 milyon ha'dan fazla alanı verimsizleştirdiği, günde 250.000 hızla artan nüfusun beslenmesini çıkmaza soktuğunu açıklamışlardır. ABD ölçeğindeki etkinin yılda 160 milyon ha verimli arazi, 9 milyar ton toprak ile 130 milyar ton su olması üzerinden yıllık maliyetini 27 milyar \$ olarak hesaplamışlardır. Kaybolan bitki nütrientlerinin gübrelerle telâfisinin değerini de 20 milyar \$ olarak belirlemişler, gübrelerin çevresel etkileri konusuna girmemişler, toprak derinliği kaybının etkisini 7 milyar \$ olarak vermişlerdir. Yan etkileri de hesaba kattıklarında ise 44,3 milyar \$ sonucuna ulaşmışlardır.

Türkiye'de ise ülkenin % 81'ini değişik oranlarda etkileyen, tarımsal alanların % 73'ünde ve I.-IV. sınıf alanların da % 68'inde etkili olan su ve rüzgâr erozyonunun yılda 1 milyar ton toprak kaybına neden olduğu gibi bazı orman alanlarında da etkili olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2002b). Toplamda 57,5 milyon ha alanın zarar gördüğü, büyük kısmının orman tahribatı ile tarıma alınan eğimli alanlar olduğu belirtilerek, tarımda erozyondan koruma kaygısının zayıf olduğuna dikkat çekilmiştir. 1978 yılında devreye sokulan önlemler paketinin ancak 2,2 milyon ha alana uygulanabildiği de eklenmiştir.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Genel Müdürlüğü (AGM) tarafından yapılan ve Erozyon Kontrolü Çalışmalarında Maliyet - Zaman ve Fayda Analizi başlığı altında verilen bilgiler şu şekilde özetlenebilir (Anonim, 2008b).

AGM tarafından başlatılan çalışmadaki ilk belirlemelere göre erozyon kontrolü tedbiri alınmasına uygun 2,7 milyon ha potansiyel erozyon sahasının varlığının belirlendiği ve yılda 100 bin ha alanda çalışma ile orman rejimindeki sahalardaki uygulamaların 26 yıl süreceğinin görüldüğü, rejim dışındaki çok geniş sahalarda da erozyon tehdidi altında olduğu vurgulanmıştır. Bir ha için maliyetin, bölgeye göre değişmekle beraber, ortalama 1.000 ABD \$ olduğu belirtilmiş ve bunun doğrudan kırsal nüfusa gitmesinin sosyal yararı üzerinde durulmuştur. Bir işçinin yılda 3,6 ha erozyon kontrolü çalışması ile yılda 6 ay süreyle 27.700 kişiye iş temin edilmiş olacağı gibi erozyonun toprağın üst, verimli ince tabakasını etkilemesiyle tarımsal veriminin azalarak yok olduğu gerçeği anımsatılmıştır. 2,5 cm kalınlıkta canlı toprağın doğal şekilde yeniden oluşmasının en uygun şartlarda 250, normalde 1.000 yıl gerektirdiği eklenmiştir. Toprak canlılarının da azalarak yok oluşuyla toprak oluşumuna katkı sağlayan bakteri, mantar ve doğal bitki örtüsünün, ekonomik türlerle birlikte, kaybının önemine dikkat çekilmiştir. Aşınan toprağın akarsulara, barajlara taşınarak baraj ömrünü kısaltmasının mâliyetinin eklenmesi gereği yanında, taşınarak ovalardaki tarım arazilerinde biriken rüsûbatın verimsizleştirici etkisinin zararı üzerinde de durulmuştur. Eğimli çıplak topraktaki yüzey akışının yeraltı sularının beslenmesini engellemesinin etkileri eklenmiş ve sonucun çölleşme, fakirleşme, susuzluk ve açlık, ekolojik göç ve kentlerde büyüyen sosyal sorunlar olduğu gerçeği dile getirilmiştir. Etkili erozyon kontrolü çalışmalarının değerinin milyarlarca dolarla ölçülemeyecek kadar büyük olduğu sonucuna varılmışsa da hesabına girilememiştir.

Aynı kaynakta AGM, işlenen tarım alanlarının % 75'i kadarı olan yaklaşık 20 milyon ha'da yoğun erozyon olup, ancak 5 milyon ha'da görülmediği, yüzölçümün % 86,5'inde etkili olduğu, rüzgâr erozyonunun da 506 bin ha çok kurak Konya Bölgesi'nde görüldüğü, birim alandaki erozyonun ABD'nden 7, Avrupa'dan 17 ve Afrika'dan 22 kat fazla olduğunu eklemiştir. Fırat Nehri'nin yılda 108, Yeşilirmak'ın 55 milyon ton toprak taşıdığı, Keban Barajı'nda 32, Karakaya'da 31 milyon ton toprak biriktiği bildirilmiş, yılda 90 milyon ton bitki besin maddesi yitirildiği, tarım alanlarından 500 milyon, ülke genelinden 1,4 milyar ton verimli üst toprağın kaybedildiği, 25 cm kalınlığında yaklaşık 400 bin ha araziye eşdeğer olduğu, NASA araştırmalarında erozyonun giderek şiddetlenmesiyle Türkiye'nin büyük kısmının 55 yılda çöl olacağına yer verilmiştir. Bozkurt (2007) da, Çevre ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Tarım Bakanlığı tarafından Kabineye sunulan raporda, ilgilenenlerin beklediği üzere iklim değişiminin de katkısıyla kuraklaşma, su kaynakları azalışı, erozyon, çölleşme ve sıcak dalgaları etkisiyle tarımsal üretim düşüşü, hastalık ve ölüm artışı projeksiyonu gibi risklerden söz edildiğini bildirmektedir. Bakanlık uzmanlarının barajlardaki su düzeyinin düşmesiyle içme ve kullanım suyu sıkıntısına ve yağışların % 55-60 oranında ilkbahara sıkışmasının kuraklık şiddetini arttırdığına dikkat çektikleri ve geniş çaplı ormanlaştırma, enerji verimliliği artışı, geridönüşüm, modern sulama yanında biyoenerji üretiminin artırılmasını önerdikleri bildirmektedir.

AGM raporunda erozyonla su depolama kapasitesinin de yılda 50 milyar m³ azaldığı, akarsuların taşıdığı malzemenin Dünya'dakinin % 2'si kadar, 1 km²'deki kaybın 142 ton/yıl ile Dünya ortalamasının 2 katından fazla olduğuna dikkat çekilmiştir. Barajlardaki birikimin kullanılabilir rezervuar hacmi kayıplarına neden olduğu, büyük yatırımlarla gerçekleştirilen, ekonomik ömrü ortalama 100 yıl olan baraj ömrünü kısalttığı anımsatılarak Karamanlı 13 başta olmak üzere ömrü kısalan barajlar örneklenmişse de zararın miktarı verilememiştir. Türkiye'de erozyonla mücadele gereken 61,2 milyon ha alana karşılık 46 yılda ortalama 9.692 ha'da çalışma yapılabildiği, tüm alanlar için 6.314 yıla gerek olduğu vurgulanmıştır.

1. sınıf, kaliteli tarım topraklarının ülkenin % 5,6'sı kadar olduğu, otlak ve ormana uygun, tarıma uygun olmayan 6., orman ve otlak olması bile zor, erozyona meyilli 7. sınıf toprakların geniş alanlar kapladığı, verimsiz olan % 20 kadar orana sâhip 6 milyon ha alanın tarım baskısı altında olduğu belirtilmiştir. Erozyonla kaybedilen çok kıymetli mineraller ve organik maddelerin kimyasal gübre gereksinimini giderek arttırdığı da eklenmiş ve 9 milyon tonu bulunduğu aktarılmıştır. Tipik olarak verimli toprağın temel bileşenlerinin % 45'ini mineraller, % 5'ini organik maddeler, diğer adıyla humus, geri kalanını da toprak atmosferi ve çözeltisinin oluşturduğu, organik maddelerin %10'unu bitkiler, % 85'ini ölü organik maddeler, % 5'ini ise edafon adı verilen ve % 40'ını mantarlar, % 40'ını bakteri ve aktinomisitler, % 5'ini de yer solucanları, % 5'ini makro fauna, % 3'ünü mezo faunanın oluşturduğu vurgulanmıştır.

Erozyona uğramamış < % 2, orta derecede uğramış < % 6, şiddetli erozyona uğramış, < % 12 eğimli, oyuntulu < % 25, tarıma uygun olmayan < % 45 eğimli ve tahripkâr birikme oluşmuş < % 40 üzeri eğimli toprak sınıflandırmasına göre Türkiye'deki toprakların % 20'sinin orta derecede, % 36'sının şiddetli, % 17'sinin çok şiddetli erozyona uğramış olduğu bildirilmiştir. Türkiye'nin ekilebilir tarım alanlarını fazlasıyla tüketmiş durumda olduğu, Dünya'da ise ekilebilir alanların % 46'sının kullanıldığı, Dünya'daki tatlı su rezervlerinin % 75'inin tarımda kullanıldığı ve sulamayla gübre kullanımında % 350 artış olduğuna dikkat çekilmiştir. Karaçal (2005) ise gübreleme gereksinimi artışının meydana getirdiği toprak ve su kirliliği sorununun büyüme hızının ve potansiyelinin önemini vurgulamaktadır. Daha önce değinilen girdi gereksinimi düşük enerji bitkisi yetiştiriciliğinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Yukarıdaki kaynaklarda değinildiği gibi, enerji için biyokütle üretimi ile tarıma elverişsiz, verimsiz ve terk edilmiş topraklarda bile bitkisel kaynaklı girdi ve işleme gereksinimi düşük enerji hammaddesi üretimi yapılabilmesi, uygulamanın çevresel ve sosyoekonomik açıdan en önemli üstünlüklerinden biridir. İstihdam artışı ve katma değeri yüksek ürünler ve/veya enerji üretimi ile çevre ile dost sosyo-ekonomik kalkınmaya katkı sağlanabilmektedir (Mirza, 2008).

Konuyla ilgili bir uluslararası konferans çerçevesinde sunulan ve son gelişmeleri, deneyimleri değerlendirmeleri ve 350 kadar bildiriye derleyen bu makalede doğal gazla ısıtılan seraların modern odun enerjisine geçiş sonrasında ısınma masraflarının % 60-65 oranında azaltılması gibi uygulama örneklerine, Ontario'nun 2014 yılına kadar kömür yakan enerji santrallerini kapatması gibi planlara da yer verilmiştir (Purchase, 2007). Her biri 2,5 MW'lık biyogaz endüstrisi tasarım ve yatırımlarının, çiftlikler bazındaki biyogaz yatırımlarının kompost sağlama, gübre ve su kalitesi yükseltme, koku, patojen zararlarını azaltma, sera gazı salımlarını düşürme açısından etkilerinin açıklandığı aktarılmıştır. Güç Otoritesi'nin Yenilenebilir Standartları Sağlama Programı–“Power Authority's Renewable Standard Offer Program (RESOP)” tarafından çiftçilere sunulan bu destekler ile elde edilen yararların yanında ulusal şebekeye elektrik enerjisi satma olanağının verilmesinin katkılarının da örneklendiği belirtilmiştir. İki yıl süreli bir uygulamalı pilot projenin sonuçlarının Kuzey Amerika kökenli doğal bir tür olup, çok yıllık ve kumullarda bile yetişen, ekolojik baskılara dayanıklı bir tür olan, Türkçe'de dalı darı adı verilen *Panicum virgatum L.* biyokütlesinden öğütme ve briketleme ile elde edilen enerji verimliliğinin girdiye karşı 14 kat olduğunun rapor edildiği bildirilmiştir. Biyoısı adı verilen biyokütlenin ısı enerjisinden doğrudan yararlanmanın sera gazı salımının azaltılması açısından en etkili yöntem olduğu, kömür, fueloil, doğal gazın gaz ya da sıkıştırılmış formuna oranla % 86-91 oranında salımı düşürdüğünün belirlendiği de aktarılmıştır. Aynı çalışmada briket üretimiyle 1 ha arazide yılda 7,7 – 13,1 ton CO₂ kazancı sağlandığı, soya biyodizeli, mısır etanolüne karşı dalı darı sellülozik etanolünün çok daha etkili olduğunun kanıtlandığı da eklenmiştir.

Kyoto Protokolü'nün Karbon Kredisi Ticareti mekanizmasına göre ortalama soya biyodizelinin 1 litresinin değerinin 0,200 \$, mısır etanolünün 0,168 \$ olarak hesaplandığı göz önüne alındığında da dalı darının katkısının büyüklüğünün değerinin ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Son yıllarda Buffington ve Wilson (2006) ile Tilman vd. (2006) gibi birçok araştırmacı, gerek verimlilik, gerekse çevresel etkiler açısından doğal bitki örtüsünde yer alan bitki türlerinin polikültürel olarak yetiştirilmesinin, enerji bitkisi yetiştiriciliğinde yeğlenmesi gereken bir konu olduğunu ifade etmişlerdir. Çünkü bu yaklaşım organik ya da ekolojik gıda bitkileri tarımında olduğu gibi ya da olduğuna yakın şekilde az kimyasal girdi ile başarılı olmakta, toprağı yormak yerine ıslah etme yönünde katkıda bulunabilmektedir. Bu üretim şeklinin bir katkısı da genel anlamda biyoçeşitliliği koruma ve destekleme şeklinde olmaktadır.

Mirza (2008), bildiriler arasında yer alan, mezbahaları da içeren çeşitli entegre tesislerin, özel orman, tarla, bağ-bahçeler ile hayvancılık yapılan köylerde denenen, çeşitli atık ve artıkların enerji için değerlendirilmesinin fizibilitesini gösteren uygulamalı araştırmaların sonuçlarını da özetlemiştir. Bu arada Almanya'da mısır ıslahı ile elde edilen ve enerji mısırı adı verilen bir tarımsal form yetiştirilmesi ile besin yanında hektarda 26 ton biyokütle hammaddesi elde edilebildiği ve soğuğa da dayanıklı olan bu materyalden 9.700 m³ metan elde edilebildiği gibi örnekleri de özetlemiştir. Dikkat çeken diğer bir örnek de Brezilya'daki entegre hayvancılık ve et ürünleri tesisinde, haftada 200 sığır kapasitesinin değerlendirilmesiyle atık ve artıklardan biyodizel, biyogaz, biyogübre ve briketler elde edilmek suretiyle haftada 3 ton biyodizel üretilebilmesidir.

Ayrıca, bilindiği gibi tarımda besin üretimini kısıtlayabilen pazarlama ve depolama sorunları büyümesini sürdüren enerji piyasası için söz konusu değildir. Biyokütle enerjisi için kuru materyal gerekli olduğu gibi kurutmada aflatoxin sorunu ile karşılaşma gibi riskleri de yoktur (Amos, 1998).

Fakat yukarıda da değinildiği üzere enerji için biyokütle üretiminin gıda üretim güvenliği açısından birlikte planlamasının yapılması gerektiği gibi gıda ve enerji güvenliği için toprak verimliliğinin su kaynaklarının sürdürülebilirliği ile birlikte ele alınması şarttır. Uygulamanın ülkemizde yaygın hale getirilmesi ile özellikle gıda tarımı dışı kalmış veya entansif gıda tarımıyla baskı altında olan arazilerde yetiştiriciliğin yapılmasıyla, fiziksel ve kimyasal erozyon engellenebilecek; biyokütle hammadde hazırlama, biyokütle enerjisi üretim tesisleri, üretimde kullanılacak makina ve ekipmanların üretileceği diğer yan sanayi tesisleri ile yeni iş olanakları oluşturulacak; istihdam artacak, yerel enerji ile kırsal kalkınma hızlanacak; hidrolojik çevrimden, sera gazı salımlarının azalması, toprak koruma ve ıslahına kadar yararları ile sürdürülebilir kalkınma

yolunda kazanımlar sağlanabilecektir. Nitekim, Türkiye'dekine benzer ekolojik ve sosyoekonomik koşullara sahip olan Çin'de de bu yararlar göz önüne alınarak kırsal enerji projeleri geliştirilip uygulanmakta ve değerlendirilmektedir (Guo ve Li,2007).

Ekolojik yetiştiricilikte çevreci teknolojilerle ısıya, yakıtlara dönüştürülerek değerlendirilmesi süreçleri, odunlu, otsu materyallerin kullanımının ekolojik yararlarının araştırılmasının kuramsal değil, uygulamalardan elde edilmiş sonuçlara dayanan irdelemeler üzerinden yapılması gereklidir. Bu konuda da ABD, Kanada, AB'nden, Avusturalya ile Afrika ve Asya ülkelerine kadar birçok resmi ve yarı resmi kuruluşça yayımlanmış çok sayıda ayrıntılı araştırmalar içeren raporlar bulunmaktadır (Ilavsky ve Oravec, 2000; Samson vd., 2001).

Örneğin ABD Enerji Bakanlığı Ulusal Yenilenir Enerji Laboratuvarı (National Renewable Energy Laboratory - NREL) adına Samson vd.'ları tarafından yayınlanan ve Filipinler ile ilgili olan rapor 216 sayfadır. Ayrıca Avrupa Çevre Ajansı (European Energy Agency - EEA) ile Avrupa Biyokütle Enerjisi Derneği (European Biomass Association - AEBIOM) tarafından yayımlanmış olan, biyokütle enerjisi, çevresel etkileri ve ekolojik yararları ile ilgili çok sayıda rapor bulunmaktadır. Burada sunulan araştırmanın amacı da Türkiye'nin ekolojik ve sosyoekonomik koşullarında biyokütle enerjisinin olabildiğince optimize edilerek değerlendirilmesi konusunun sonuçlarını incelemektir.

Bu kaynaklar ve diğer birçok kaynaktaki bilgiler şu şekilde özetlenebilir. Slovakya'da yılda yaklaşık 400.000 ton odunlu biyokütlesinin klasik yöntemlerle enerji için kullanılmasına karşın, modern biyokütle enerjisi potansiyelinin bu 49.000 km² yüzölçümü ve 5,4 milyon nüfusu olan ülkede 7.000 terajul (16,6 trilyon kcal) olduğu bildirilmiştir (Ilavsky ve Oravec, 2000). Biyokütlenin 100-3.000 kW kapasiteli tesislerde ısı enerjisi üretiminde kullanımı ve 50 kW kapasiteli elektrik santrallerinde gazlaştırılarak kullanımı ile fosil yakıtlardaki fiyat artışı nedeniyle daha ekonomik olduğu hesabı verilmiştir. Hidrolik enerji potansiyelinin düşüklüğü nedeniyle bu odunlu ve otsu biyokütle enerji kapasitesinin çok önemli olduğu, enerjisinden modern şekilde yararlanılan biyokütle miktarının 660.000 ton, enerjisinin 6.270 TJ/yıl olduğu, toplamdaki payının % 0,6 olduğu eklenmiştir. Yapılan plana göre nemi dengelenmiş hammaddenin doğrudan yakılması ile su ısıtma, buhar jeneratörü, buhar ve gaz türbinleriyle elektrik üretimi, kapalı alanların ısıtılması, tarımsal ürün kurutmaya ağırlık verildiği eklenmiştir. Briketlerin kömür yerine, doğrudan aynı sistemlerde kullanılabilir oluşunun önemine dikkat çekilmiştir. Ormanlık Araştırma Enstitüsü'nün konuya 1991 yılında eğildiği ve 1997'de Ekonomi Bakanlığı ile işbirliği içinde çalışmaya başladığı bildirilmiştir. Bu şekilde gerekli tüm teknolojilerin geliştirilmesine ve devreye sokulmasına başlandığı vurgulanmıştır. 1993'te Orman Araştırma Enstitüsü'nün enerji ormancılığını başlattığı, daha sonra Tarım Bakanlığı'nın da devreye girdiği aktarılmıştır. Ekolojik yararlar konusunda da, tüketilen 600.960 ton odun kömürünün 13 MJ/kg enerjisinin % 80 etkinlikle kullanımının sağlandığı, 6.250 TJ enerjisiyle çevre üzerindeki kirlenme yükünün 3,08 milyon ton CO₂, 93.300 ton SO₂, 7.810 ton NO_x, 30.400 ton uçucu kül, 120.000 ton curuf ve kül salımı düzeyinde azaltıldığı, salınan CO₂ sera gazının çevrimi nedeniyle sorun oluşturmadığı belirtilmiştir. 2005 yılında bu kapasiteye eklenen 401.000 ton odun kömürünün de 2,06 milyon ton CO₂, 62.300 ton SO₂, 5.210 ton NO_x, 20.300 ton da uçucu kül, 80.000 ton curuf ve kül azaltımı ile katkıda bulunacağı da eklenmiştir.

Diğer ekolojik yararlarla ilgili olarak, yerel üretim-tüketimin fosil yakıt taşımacılığından kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılması, yerel enerji üretim ve tüketim yönetiminin gelişmesi ve ekolojik bilinçlenmeye katkı sayılmıştır.

Stupak ve Clarke (2007) ise sera gazı salımının azaltılması yanında iyi şekilde uygulandığında sosyo-ekonomik yararları görülecek olan enerji bitkisi yetiştiriciliğinin AB ölçeğinde sürdürülebilir şekilde uygulanması gerektiğini vurgulayarak, gerekli prensiplerin AB Bakanlarının Avrupa Ormanlarının Korunması Konferansı tarafından belirlendiğini belirtmişlerdir. AB tarafından finanse edilen Enerji için Ormanlık - Sürdürülebilir Orman Yönetimine Katkı (WOOD-EN-MAN, QLK5-CT-2001-00527) çerçevesinde 4 temel kriter belirlendiğini aktarmışlardır: bitki besin elementlerinin dengeleri, odun ve külünün geri dönüşümle değerlendirilmesi, biyoçeşitliliğin korunması,

geliştirilmesi ve zararlı böceklerle biyolojik savaşım, son olarak da ekonomik yararın arttırılmasını sağlayacak politikalar ve yönetim şekilleri.

Bu konudaki etkinliklerde iklim koşulları farklılık gösteren yedi kuzey ülkesinin de yer alması nedeniyle ülkelerden konuyla doğrudan ilgili enstitülerin “Orman Biyokütlesinin Enerji için Kullanımı” kitabına katkıda bulduklarını belirtmişlerdir. Türkiye'nin üyesi olmadığı, 1995 yılında kurulan AB Biyokütle Enerjisi Örgütü - AEBIOM'un Norveç Şubesi NOBIO eşgüdümünde konunun politik yönleri, ekonomisi yanında böcek biyoçeşitliliğine kadar etkileri, biyokütle küllerinin gübrelemede kullanımı, biyokütlenin üretim alanlarından uzaklaştırılmasının toprak üzerindeki etkilerine kadar farklı açılardan irdelenmesine katkıları üzerinde durmuşlardır.

Buradaki araştırmamızda savunulan tez, ülkemiz coğrafyasındaki farklı ve iklim değişiminden yerel etkinliklere kadar zaman içinde değişkenlik gösteren ekolojik ve sosyoekonomik koşulları inceleyip değerlendirerek yapılacak uygulamalarla da çok yönlü sosyal, ekonomik ve çevresel faydalar sağlayan sonuçlar elde edilebileceğidir.

Nitekim ABD Enerji Bakanlığı Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı (ORNL) da Biyokütle Plantasyonlarının Çevresel ve Sosyal Yararları/Bedelleri başlığı altında 1995'de yayınladığı raporda biyokütle ve enerji üretim amaçlı plantasyonların birçok doğrudan ve dolaylı çevresel yarar sundukları gibi negatif etkileri olabileceğini de belirtmiştir (Perlack vd., 1995). Otsu enerji bitkisi türlerini de değerlendirmeye alan, arazi kullanım alternatiflerini değerlendiren kombinasyonlarla optimal çözümlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Özellikle kömüre alternatif bulunmasının çevresel önemi vurgulanarak, başarının biyokütlenin enerjisinin açığa çıkartılmasında kullanılan yöntemle bağlı olduğu, genelde toksik metal, ozon oluşturan hidrokarbonlar, asit yağmurlarına neden olan kirletici gaz salımı azalmasının yararı belirtilmiştir. Sera gazı salımının da biyokütle % 25 etkinlikle yakıldığında bile, kömüre oranla ton başına 0,37 ton karbon salımı düzeyinde azaldığı da aktarılmış, hesaplara taşımacılıkta kullanılan dizel yakıtının da katıldığı eklenmiştir. Küresel ısınmanın çevresel maliyetinin trilyonlarca dolar ile ölçüldüğü göz önüne alınmalıdır. Fakat ABD'nde ülke için bu konuda araştırma yapan Maryland Üniversitesi, gerçek verilerin gizlenmesi sonucunda kesin sonuca ulaşamadığını açıklamak zorunda kalmıştır (Anonymous, 2007d).

Perlack vd. kırsal alandaki yerel yararları da, yıllık besin bitkileri yetiştiriciliği, zorlanan meralar ve verimsizleşmiş değerlendirilmeyen arazilerle karşılaştırarak vermiştir: Su kalitesinin korunması, yağışlı mevsimlerde sel ve taşkınların azaltılması, kuraklık dönemlerinde su kaynaklarının tükenmesinin önlenmesi, erozyonun azaltılması ve durdurulması, mikroklimanın buharlaşmanın serinletici etkisi ve nemlendirmeye iyileştirilmesi, rüzgâr perdelerinin oluşturulması, kuru alanlarda erozyonun azaltılması yanında toprak neminin korunması, kırsal yangınların azaltılması, gübre ve tarım ilaçları tüketiminin azaltılması, toprak ıslahı, doğal yaşam ortamlarının ve biyoçeşitliliğin desteklenmesi olarak sıralamışlardır.

Negatif çevresel etkiler olarak da; var olan doğal ya da az yararlanılan ormanların kısa çevrimli enerji ormancılığı gibi kısa görüşlü yaklaşımlarla feda edilmesi, su kalitesi, yüzey akışı artışı ve su tutma kapasitesi azalması, erozyon, gübreleme, ilaçlarla kirletici etkiler, toprak kalitesi ve verimliliğinin azalması, biyoçeşitliliğin zarar görmesi, monokültürel yetiştiricilik yanında egzotik türlerin kullanılmasının riskleri ve doğal yaşam ortamlarının azalması sayılmıştır. Örnek olarak da Brezilya gibi bazı ülkelerdeki yanlış uygulamalar, sonuçları ve sonra geliştirilerek uygulanmak zorunda kalınan kurallar verilmiştir.

Sonuçta bu konuda bilinçli uygulamaların sürdürüldüğü projelerde olduğu gibi enerji bitkisi yetiştiriciliği için verimsizleşen ve özellikle değerlendirilmeyen alanların kullanımı önerilmiştir. Özellikle çoğu verimsiz topraklar üzerinde gelişmiş olan doğal ormanların korunmasının önemi vurgulanmıştır. ABD'ndeki uygulamalar için de enerji güvenliği, çevre koruma, enerji teknolojileri, ekonomik canlılık açısından yararlı olabilmesi için de ekolojik bütünlüğün ve biyoçeşitliliğin korunması, geliştirilmesi, yerel ve ulusal ekonomiye katkı, arazi kullanımı optimizasyonu için planlama, diğer enerji kaynakları ile birlikte değerlendirmeye optimizasyon önerilmiştir. Kentlerin su rezervleri için ormanlaştırma örneklerinin çok olduğu, biyokütle enerjisi amacıyla kurulacak

plantasyonların da aynı amaca hizmet edebileceği gibi erozyon ve çölleşmeye karşı etkili olduğunu gösteren raporlara atıfta bulunulmuş, etki mekanizmaları fizyolojik ve ekolojik yönleriyle açıklanmıştır. Bu konunun türlere göre farklılıklar göstermesine de dikkat çekilerek, örnek olarak ökaliptüs türleriyle yapılan uygulama sonuçlarının karşılaştırması yapılmıştır.

Eucalyptus grandis türünün az su tüketmesine karşın biyokütle üretimindeki yüksek verimi, rüzgâr perdeleme, evaporasyonu azaltarak toprak nemini koruma ve verimsiz topraklarda ürün verebilmesi nedeniyle seçildiği; akasyalar gibi azot bağlayabilen türlerin de azot gübrelemesi gerektirmedikleri ve yem sağlamaları nedeniyle önemli oldukları aktarılmıştır. Hasat sonrası kütüğünden yeniden sürebilen ve hızlı büyüyen türlerin kısa çevrimli yetiştiriciliğinin erozyonla savaşındaki başarı yüksekliğinin üzerinde durulmuştur. Agroforestri ile ağaçlar yanında örtücü otsu ürün yetiştiriciliğinin katkısı vurgulanmıştır. Agroforestri ya da kısa çevrimli ağaç yetiştiriciliği ile yapılan uygulamaların özellikle ormansızlaşan alanlar, verimsizleşmiş tarım topraklarında biyoçeşitliliği sağlama ve artırma konusuna da toprak ve nemi üzerindeki etkileri ile katkılarının önemine de yer verilmiş, yalnız bu katkının ancak bilinçli uygulamalarda geçerli olduğu da eklenmiştir. ABD’ndeki biyokütle plantasyonlarında hibrid kavak çeşitleriyle elde edilen sonuçların habitata göre farklılık gösterdiği örneği verilmiştir. Ayrıca ekzotik türlerle de elde edilen başarılı sonuçlar aktararak, bu şekilde biyoçeşitliliğin de artırıldığı bildirilmiştir. Biyoçeşitliliğin iyi kullanımının tarımsal ilaçlar gibi kirletici kullanımını azalttığı ve örneğin Brezilya’da kâğıt endüstrisi için yetiştiricilikte ıslah yoluyla bu sorunun tümüyle çözülebildiği de eklenmiştir.

Sonuç olarak da biyokütle amaçlı yetiştiriciliğin başarısı için gerekli tasarımlar konusundaki temel bilgiler deneyimlere dayanılarak aktarılmış, örneğin çok yıllık ve yerli bitkilere ağırlık verilmesi önerilmiştir. Benzeri çevresel koruma amaçlı konulara değinen ABD Tarım Bakanlığı’nın raporunda da ürün bitkileri artıklarının hasadının toprağın fakirleşmesine katkısı nedeniyle çok dikkatli davranılması, bunun yerine doğal bitki türlerinden çok yıllık otsular ve ağaçların birlikte yetiştirilmesi gerektiği, yıllar içinde erozyona karşı koruyuculuğun arttığı, iyi planlanmış koruma uygulamalarıyla negatif etkilerin tümüyle giderilebildiği bildirilmiştir (Andrews ve Aschmann, 2005).

5. Sonuç

Yukarıda verilen, Türkiye’deki kuraklaşma ve çölleşme eğiliminin risklerini ortaya koyan eko-ekolojik bilgiler ile farklı ekolojik koşullara sahip ülkelerdeki uygulamalardan elde edilen sonuçlar, ülkemizin bu konuda geniş çaplı ve bilimsel verilere dayalı planlama konusunda ciddi girişimlerde bulunmasının yararlarını göstermektedir. Bu çalışmanın ikinci kısmında ise iklim değişiminin hızlanan etkilerinin sosyoekonomik maliyetleri, biyokütle enerjisi ve enerji tesisleri fizibilitesi konularının ülkemizin koşulları ışığında irdelenmesine çalışılacaktır.

Kaynaklar

- Abdalla, K. 2008. Global food crisis could have been avoided, www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=26578&Cr=food&Cr1=crisis.
- Amos, W.A. 1998. Report on Biomass Drying Technology. National Renewable Energy Laboratory, www.osti.gov/energycitations/servlets/purl/9548-3enE35/webviewable/9548.pdf.
- Andrews, S. ve Aschmann, S. 2005. Conservation Issue Brief Resource Effects of Biomass Energy Production, www.soils.usda.gov/sqi/management/files/Biomass_Conservation_Issue_Brief.pdf
- Anonim, 2002a. T.C. Ulusal Kalkınma Raporu.
- Anonim, 2002b. National Report Of Turkey, II. UNCCD, <http://www.unccd.int/cop/reports/northmed/national/2002/>.
- Anonim, 2005. Environmental Sustainability Index, www.yale.edu/esi/ESI2005_Main_Report.pdf.
- Anonim, 2006a. 1.Çevre ve Ormanlık Şurası Kararları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, <http://www.sgb.cevreorman.gov.tr/depo/kararlar.aspx>.

- Anonim, 2007. Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, <http://www.cevreorman.gov.tr>.
- Anonim, 2008a. Biyoenerji, EİE, <http://www.eie.gov.tr/biyoenerji/biyoenerji.html>.
- Anonim, 2008b. <http://www.agm.gov.tr/faaliyetler8.asp>.
- Anonymous, 2003a. External Costs, www.ec.europa.eu/research/energy/pdf/externe_en.pdf.
- Anonymous, 2003b. Global Footprint Network - Advancing the Science of Sustainability: Turkey's footprint 1961- 2003, www.footprintnetwork.org/webgraph/graphpage.php?country=turkey.
- Anonymous, 2006a. EurActiv.com - Biomass Action Plan, EU - European Information on the Plan, www.euractiv.com/en/energy/biomass-action-plan/article-155362.
- Anonymous, 2006b. Green shoots of growth - Energy from biomass is an idea whose time has returned, <http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7120/full/444654a.html>.
- Anonymous, 2007a. EU renewable energy policy, Euroactive, <http://www.euractiv.com/en/energy/eu-renewable-energy-policy/article-117536>.
- Anonymous, 2007b. Renewable energy roadmap, http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_directive_en.pdf.
- Anonymous, 2007c. China Renewable Energy and Sustainable Development Report, www.renewableenergyworld.com/assets/documents/2007/September_2007_China_Renewable_Energy_and_Sustainable.
- Anonymous, 2008a. <http://www.solarbuzz.com/StatsMarketshare.htm>.
- Anonymous, 2008b. Renewable Energy Trends 2005, Energy Information Administration (EIA), <http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/page/trends/rentrends.html>.
- Anonymous, 2008c. 27. Enerji Verimliliği Haftası Sonuç Bildirgesi, http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EV_etkinlik/2008_bildiriler/enver_sonuc_bildirgesi.doc.
- Anonymous, 2008d. UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development, www.uneprisoe.org/.
- Anonymous, 2008e. Environmental and Energy Study Institute, EESI focuses on renewable energy, energy efficiency, climate change, smart growth, alternative fuels, Woody Biomass: Scale and Sustainability, www.eesi.org.
- Anonymous, 2008f. Çevre Sorunlarının Kaynakları, www.cevreorman.gov.tr/co_03.htm.
- Anonymous, 2008g. UNEP Finance Initiative: Innovative financing for sustainability, Environmental & Social Risk Analysis, www.unepfi.org/.
- Anonymous, 2008h. Conclusions and messages for policy-makers, www.oecd.org/dataoecd/16/59/40340098.pdf.
- Anonymous, 2008i. Environmental performance index, <http://epi.yale.edu/Turkey>.
- Bozkurt, G., 2007. Turkey faces long-term desertification threat. <http://www.turkishdailynews.com.tr/article.php?enewsid=68487>.
- Buffington, D., E. ve Wilson T. O. 2006. Agricultural and Biological Engineering Biomass Energy, www.abe.psu.edu/extension/factsheets/h/H82.pdf.
- Cushman, J. H., Cooper, L.S. ve Anderson, 2003. Bibliography on Biomass Feedstock Research: 1978-2002, www.osti.gov/energycitations/servlets/purl/814118QtM1oj/native/814118.pdf.
- Dregne, H., E. ve Chou, N. T. 1992. Global desertification dimensions and costs, In Degradation and restoration of arid lands, Lubbock: Texas Tech. University.
- El Bassam, N. 1998. Energy Plant Species, Their Use and Impact on Environment and Development, James & James (Science Publishers) Ltd. London, U. K.
- Esty, D. C., Srebotnjak, T., Goodall, M., et al. 2005. Environmental sustainability index 2005, http://www.yale.edu/esi/ESI2005_Main_Report.pdf.
- Faber, D., 2008, The political ecology of global capitalism sociology, www.socant.neu.edu/faculty/faber/documents/SOC_G230_Syllabi.pdf.
- Fleming, J. R. 1998. The carbon dioxide theory of climate change: emergence, eclipse, and reemergence, <http://ams.confex.com/ams/pdffpapers/31525.pdf>.

- Guo, X. ve Li, G. 2007. Evaluation on the Eco-Economic Benefits of Rural Energy Construction Project in West Qinling Mountains Region, China.
- Hultberg, T. 2008. Forest continuity and human impact: vegetation history, www.essays.se/essay/def9a0364e/.
- Ilavsky, J. ve Oravec, M. 2000. Utilization of biomass in Slovakia Ecological Engineering, sf., 83-89 www.linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857400000562.
- Karaçal, İ. 2005. Gübrelemede çevreci yaklaşımlar, Verim Bülteni Yıl 1, Sayı 3, 4, 8, Gübre Fabrikaları T.A.Ş., İstanbul.
- Karlsson, M. 2007. UN-Energy, Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers, <http://esa.un.org/un-energy/pdf/susdev.Biofuels.FAO.pdf>.
- Lehmann, 2007. An excellent introduction to biochar, Nature, Vol 447, sf., 143-144, http://www.biochar-international.org/images/Lehman_Handful_of_C_-_Nature_5.9.07.pdf.
- Levy, M. A. 2002. Environmental sustainability index 2002, <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/MERCOSUR/File/SGT%20N6%20Ordinaria%20XXII/1d2.pdf>.
- Maibach, M., Schreyer C., Sutter, D., Essen H., P., Boon, B., H., Smokers, R., Schroten, A., Doll, C., Pawlowska, B. ve Bak, M. 2008. **Hata! Köprü başvurusu geçerli değil.** Mirza, M. 2008. Growing the Margins: Energy, Bioproducts and Byproducts From Farm and Food Sectors, Alberta Agriculture and Rural Development, [www.agric.gov.ab.ca/\\$Department/newslett.nsf/all/ghb13561](http://www.agric.gov.ab.ca/$Department/newslett.nsf/all/ghb13561).
- Ohara, H. 2003. Biorefinery, Applied Microbiology and Biotechnology, Volume 62, 74-7, <http://www.springerlink.com/content/ln4gqymd27laqhn/fulltext.pdf>
- Perlack, R. D. ve Wright L., L. 1995. Environmental and Social Benefits/Costs of Biomass Plantations, Biofuels Feedstock Development Program, Energy Div., Environmental Sciences Div. ORNL-6871, www.bioenergy.ornl.gov/reports/fuelwood/chap4.html.
- Petersen, J-E., Elbersen, B., Wiesenthal, T., Feehan, J. ve Eppler, U. 2007. Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture, www.reports.eea.europa.eu/technical_report_2007_12/en/Estimating_the_environmentally_compatible_bio-energy_potential.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. ve Blair, R. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits, Science 267: 1117-1123.
- Purchase, B. 2007. The Future of Coal in Ontario? Towards a Clean, Secure and Competitive Energy Portfolio, http://www.queensu.ca/qieep/files/Future_of_Coal-Summary_ReportNEW.pdf.
- Rosenthal, E. 2008. Biofuels Deemed a Greenhouse Threat, <http://www.nytimes.com/2008/02/08/science/earth/08wbiofuels.html>.
- Samson, R., Helwig, T., Stohl, D., De Maio, A. ve Duxbury, P. 2001. Strategies for Enhancing Biomass Energy Utilization in the Philippines, www.reap-canada.com/Reports/Newsletters/InternationalDevelopment/Strategiesfor.pdf.
- Skinner, R., 2007. Biodiversity Management in Northeastern Grazing Lands, Journal of Environmental Quality, <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>. SEQ_NO_115=211939.
- Santa, A., T. 2004. The Major Transitions in the History of Human Transformation of the Biosphere, Human Ecology Review, 11: 52.
- Seart, W. 2007. The discovery of climate change. Introduction. A Hyperlinked History of Climate Change Science, <http://www.aip.org/history/climate/summary.htm>.
- Stupak, I., Clarke, N. ve Lunnan, A., 2007. Sustainable use of Forest Biomass for Energy, Proceedings of the WOOD-EN-MAN Session at the Conference Nordic Bioenergy 2005, Trondheim, Norway, Biomass and Bioenergy 31, 665.
- Takada, M., et al. 2007. A Review of Energy in National MDG Reports, UNDP, Environment and Energy: Sustainable Energy, www.undp.org/energy.

- Tilman, D., Hill, J., Clarence, L. 2006. Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass Science, 314, 1598 – 1600, <http://www.sciencemag.org/>.
- Xiaodong G, Li, G., ve Niu, C. 2007. Evaluation on the Eco-economic Benefits of Rural Energy Construction Project in West Qinling Mountains Region, China, Ecological Economics, 5071-75.
- Ziegler, J. 2008. Biofuel production is ‘criminal path’ leading to global food crisis, www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=26478&Cr=food&Cr1=ziegler.