

KÜRESEL ISINMA ve TEMİZ ENERJİLER

Engin TÜRE

HALIÇ ÜNİVERSİTESİ,
Molla Gürani Cad. 16-18 Fındıkzade 34270 İSTANBUL

ÖZET

Günümüzde giderek artan fosil yakıt kullanımı sonucu, başta karbondioksit olmak üzere atmosfere atılan sera gazları nedeniyle oluşan küresel ısınma probleminin boyutları ve gelecekte dünyamızı bekleyen tehlikeler konusunda son yapılan çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak üretilen senaryolar tartışılmıştır. Küresel ısınma problemine çözüm olarak önerilen temiz enerjiler arasında özellikle, biyokütle, rüzgar, jeotermal ve güneş enerjileri teknik ve ekonomik uygulanabilirlik açılarından ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atmosfer, Küresel ısınma, Temiz Enerjiler, Güneş, Rüzgar, Biyokütle

GLOBAL WARMING AND CLEAN ENERGIES

SUMMARY

The global warming problem which is mainly due to the increasing usage of fossil fuels and hence emission of greenhouse gases, particularly CO₂ to the atmosphere may adversely affect our world. The scenarios based on the recent studies on these effects have been discussed. Clean energies such as solar, wind, geothermal and biomass, which is found to be a solution to the global warming problem have been examined both from technical and economic applicability.

Key Words: Atmosphere, Global Warming, Clean Energies, Solar, Wind, and Biomass

1.Giriş

Yakın zamana kadar, dünyamızın çok büyük olduğu, atmosferin bir miktar kömür ve petrol yakarak veya okyanusların denizlere çöp dökerek kirletilemeyeceği sanılıyordu. Ancak, geçen yüzyıllardaki bu inanış artık değişmiş ve insanoğlu yaşadığı gezegeni hem de büyük ölçüde kirlettiğinin farkına varmıştır. Dünyanın halen bilinen tek yaşanabilir gezegen olduğu ve yakın gelecekte başka yaşanabilir gezegenler bulunsa dahi şu andaki teknoloji ile bu gezegenlere gitmenin olanaksız olduğu gerçeğinden hareket ederek dünyanın dikkatle korunması gerektiği anlaşılmıştır. Bu kirlenmelerden bazıları, örneğin hava kirliliği hemen herkes tarafından kısa sürede hissedilmesine karşın, bazı kirlenmelerin zararlı sonuçlarının ortaya çıkması çok daha uzun süre almaktadır. Ozon tabakası incelmeleri ve Küresel ısınma işte sonuçları uzun dönemde ortaya çıkabilecek ve belki de önlenmesi için geç kalınmış olabilecek kirlenmelerdendir. Burada küresel ısınma ile nedenleri biraz daha dikkatle incelenecek, gelecekte bizleri bekleyen

tehlikeler konusunda yapılan senaryolar tartışılacak ve çözüm olarak görülen temiz enerjilerin bu etkileri azaltmadaki rolleri irdelenecektir.

2.1. Küresel Isınma

Küresel ısınmaya neden olan gazlar arasında başta karbondioksit olmak üzere karbonmonoksit, azot oksitler, metan, kloroflorohidrokarbonlar ve atmosferik ozon sayılabilir. Atmosferimizdeki bu gazların günümüzdeki miktarları, yıllık ortalamam artış miktarları, sera olayına etkileri ve kızıl ötesi ışınım absorpsiyon katsayıları aşağıda Tablo-1 de verilmiştir.

Sera Gazı	Mevcut Yoğunluk	Yıllık Ortalama Artış Miktarı (%)	Sera Olayına Katkı Payı (%)	Kızıl Ötesi (bağıl) Absorpsiyon Katsayısı
CO ₂	370 ppm	0.4	65	1
Methan (CH ₄)	1.65 ppm	1.0	25	20-30
Azotoksitler (NO _x)	305 ppb	0.2	-	-
CFC	10-20 ppt	5.0	10	10,000
Troposferik Ozon (O ₃)	35 ppb	1.0	-	-

Tablo-1 Sera gazları, miktarları ve etkileri (Houghton, 2001).

Bu tablodan da görüleceği üzere küresel ısınmaya neden olan gazların başında CO₂ gelmektedir. Metan atmosferde CO₂'e göre çok daha az bulunmasına karşılık yeryüzünden yansıyan kızılötesi ışınları absorbe etmede 20-30 kez daha etkili olmaktadır. Atmosfere atılan metan gazının her yıl yaklaşık % 1 artış göstermesinin başlıca nedenleri arasında, pis su artımı tesisleri, pirinç tarlalarındaki havasız çürüme bakterileri, büyük baş hayvanların sindirim sistemi, beyaz karıca topluluğu ve fosil yakıtların yanlış işlenmesi sayılabilir. Atmosferimizdeki CO₂ konsantrasyonu 17. yüzyıl başlarına kadar 280 ppm mertebesinde iken yaklaşık yüz yıl içinde 370 ppm mertebelerine yükselmiştir. Bir başka deyişle atmosfere atılan CO₂ miktarı 1850 den beri sürekli artarak 0.5x10⁹ ton/yıldan günümüzde 5x10⁹ ton/yıla çıkmıştır. Bu miktarın önümüzdeki yıllarda önlem alınmadığı takdirde daha da artması beklenmektedir. Günümüzde atmosferdeki CO₂'in artışının temel nedeni fosil yakıtların aşırı ve kısa bir süre içinde tüketim olmakla beraber, yağmur ormanlarındaki azalma, dünyanın her tarafındaki orman yangınları ve aşırı ağaç kesimi de bu artışa neden olmaktadır. Yapılan tahminler sera etkisine neden olan CO₂'in artmasına, fosil yakıt tüketimi yılda 5x10⁹ ton, ormanların azalması ise 1-2x10⁹ ton ile katkıda bulunmaktadır.

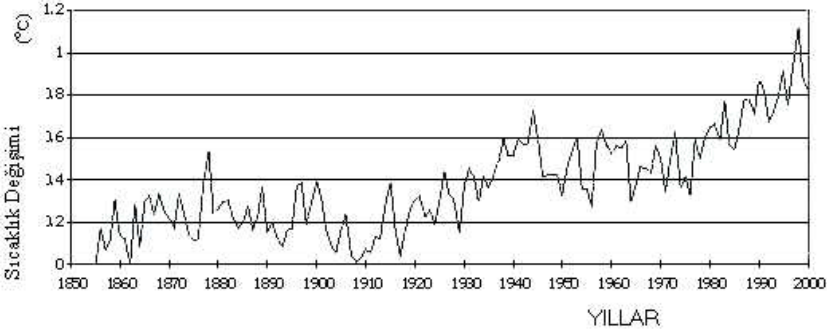
Atmosferde 7x10¹¹ ton CO₂ formunda karbon bulunmasına ek olarak bu miktara eş karbonun da, dünyadaki biyolojik atıklar da bulunduğu hesaplanmıştır. Ayrıca, toprak ve denizlerdeki organik maddelerde 1.2x10¹² ton karbon olduğu tahmin edilmektedir. Her yıl fotosentezle 1.1x10¹¹ ton karbon atmosferden alınmakta, ancak aynı miktarda CO₂ solunum ve organik maddelerin bozulmasıyla atmosfere geri verilmektedir. Okyanusların derinliklerinde çok büyük miktarda, yaklaşık 4x10¹⁶ ton çözülmüş CO₂ olarak karbon bulunmasına karşın yüzeyden 100 metre derinliğe kadar olan üst kısımda 6x10¹¹ ton gibi çok daha az miktarda çözülmüş CO₂ bulunmakta olup bunun bir kısmı atmosfere karışır. Okyanus derinliklerindeki CO₂ ile üst tabakalar arasında karışma

mümkün olsa da bunun için çok uzun bir süre geçmesi gerekmektedir. Her yıl yaklaşık 3×10^9 ton CO_2 'in derinlere gittiği tahmin edilmektedir.

Bu nedenle son yüzyılda artan CO_2 konsantrasyonuna paralel olarak dünyamızın ortalama sıcaklığında da bir artma olduğu saptanmıştır. Bu artmanın, yeryüzüne yakın yerlerde ısınma ve atmosferin yukarı kısımlarında yaratacağı soğuma nedeniyle alçak ve yüksek basınç sistemlerinin etkileneceği, buna bağlı olarak da aşırı iklim koşullarının görüleceği tahmin edilmektedir. Buna göre dünyanın bazı yerlerinde kuraklık bazı yerlerinde aşırı yağış ve sellerin görülmesi, yer yer büyük fırtınaların olması beklenmektedir. Nitekim bu olaylar, son 5-10 senede oldukça sık görülmeye başlanmıştır.

Ayrıca, sera olayının en büyük etkisinin kutuplardaki buzulların erimesine yol açması ve denizlerin yükselerek bir çok ülkenin sular altında kalması olacağı konusunda değişik senaryolar üretilmektedir. Bu senaryolara göre, CO_2 konsantrasyonunun 2050 yılında ikiye katlanmış olacağı ve 2100 yılında ise, kabul edilebilir sınırların çok ötesine, yaklaşık 1200 ppm seviyesine yükseleceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınmaya bağlı olarak dünya yüzey sıcaklığının günümüzde 19. yüzyıla göre $0.6^\circ\text{C} \pm 0.2^\circ\text{C}$ arttığı kesinlik kazanmıştır. Bu artışın yarısının yani 0.3°C ' sinin son 25 yılda olduğu ise iyi bilinmektedir. Dünyada 1856 ile 200 yılları arasında yapılan sıcaklık ölçümleri, küresel ısınmanın varlığını açık bir şekilde göstermektedir (Wigley, 1986).

KÜRESEL ISINMA DEĞİŞİMLERİ (1856-2000)



Küresel ısınma dünya üzerinde bazı bölgelerde daha az bazı bölgelerde ise kendini daha çok hissettirmektedir. Örneğin kuzey Amerika ve Avrupa'da $40-70^\circ$ kuzey paralelleri arası en çok ısınan bölgeler olmasına karşın, güney doğu Amerika'nın az da olsa soğuduğu gözlenmiştir. Buna göre küresel ısınma homojen bir dağılım göstermemektedir. Tropikal Pasifik'te okyanus-atmosfer sisteminin bozulması olarak bilinen El Niño olaylarının dünyadaki meteorolojik şartlar üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır (Reid,1992). Bu etkiler arasında Amerika'nın güneyinde ve Peru'da sel baskınlarına neden olan şiddetli yağmurlar, batı Pasifik'te kuraklık ve bazen de büyük zararlar yol açan Avustralya'daki orman yangınlarını saymak mümkündür. Buna göre tropikal Pasifik'teki şartları dikkatle gözlemek birkaç ay ile 1 yıl arasındaki dönemdeki iklim değişikliklerini tahmin etmek için çok önemli bir kaynak oluşturmaktadır. 1997-

1998 de El Niño olaylarının adının hemen herkes tarafından duyulmasına yola açan rekor düzeyde sıcaklık artması olayı devam etmekte olup, örneğin 2001 yılı 1998 den sonra ikinci en sıcak yıl olarak tarihe geçmiştir.

Lineer sıcaklık artış eğilimi özellikle 1979 ile günümüz arasında yapılan hassas ölçümlere göre atmosferin alt tabaklarında (750-8000) m arasında ölçüm yapılan zaman aralıklarına göre büyük değişimler göstermektedir. Artan küresel ısınmanın atmosferin üst tabakalarında (15,000-24,000) m arasında sıcaklığın daha da düşmesine neden olacağı beklenmektedir. Bunun nedeni ise atmosferin alt tabakalarının daha çok ısı enerjisini absorbe etmesi ve sanki sıcak bir battaniye gibi dünyayı sararak üst tabakalara ısı geçişini engellemesidir.

Küresel ısınmanın doğrudan ölçümleri ile kar örtüsü, buzullardaki azalma ve toprak altı ölçümlerinden alınan dolaylı verilerin birbirine tam olarak uyduğu saptanmıştır. Örneğin buzullardaki azalma hızı 1973 ve 1996 yılları arasında % (-2.8 ± 0.3) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kuzey yarımküredeki sıcaklık artışı son 1000 yılda tartışmasız en yüksek düzeye erişmiştir. Buzullardan alınan veriler 20. yüzyılın dünyanın bir çok bölgesi için sıcak olduğunu kanıtlamakla birlikte bu sıcaklığın bölgelere göre hayli değiştiğini de göstermektedir.

Küresel ısınma deniz seviyesinin özellikle son yüzyılda her sene birkaç milimetre yükselmesi anlamına gelmektedir. Bu miktar geçmiş 1000 yıla göre oldukça hızlı bir artış olduğunu açıkça göstermektedir. Bu artış devam ettiği sürece 1990-2100 yılları arasında beklenen artış 0.09-0.88 metre arasındadır.

Dünyadaki sıcaklık artışı yalnız küresel ısınma nedeni ile değil, güneş enerjisindeki artıştan kaynaklanma olasılığı ihmal edilmemelidir. Özellikle 1970'den sonra uzayda yapılabilen ölçümler dünyaya gelen güneş enerjisi miktarının yıllara göre, belirgin olarak da 11 yıllık periyotlar halinde değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur (Feldman, 1993). Her ne kadar 25 yıllık kısa bir sürede alınan bu hassas ölçümlere dayanarak bir sonuç çıkarmak mümkün görülme de, güneş ışınlarındaki yaklaşık $\sim 0.09 \text{ W/m}^2$ artışa karşılık küresel ısınmaya neden olan sera gazlarından olan artışın 0.4 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır. Bu da güneş ışınlarının neden olduğu sıcaklık artışının sera gazları yanında oldukça küçük olduğunu göstermektedir. Bütün bunların yanında, dünyanın güneşe göre yerinin de zamanla az da olsa değiştiği ve belli dönem aralıkları ile (Milankovitch cycles) güneşe daha yakın veya daha uzak olduğumuz anlaşılmıştır. Bu değişikliklerin iklim üzerindeki etkileri de araştırılmaktadır.

2.2. İklim Modelleri

Atmosferin oldukça karmaşık yapısı, iklim konusundaki gelecek için kesin bir hesaplama olanağı vermemekle birlikte, eldeki verilerle bazı iklim modelleri öne sürmek mümkündür. İklim modelleri günümüzdeki, teknolojinin gelişimine ve artan verilere paralel olarak gittikçe gelişmektedir. Özellikle bilgisayar ortamında çeşitli simülasyon programları geliştirilmiş olup, değişik parametreler kullanarak gerçeğe en yakın modellerin ortaya konulmasına çalışılmaktadır. Bu parametreler arasında, sera gazı emisyon miktarları, ekonomik büyüme, nüfus artışı, enerji üretimi, kullanımı sayılabilir. Bu senaryolara göre, yine 1990-2100 yılları arasında dünyamızda beklenen sıcaklık artışı $1.4 - 5.8^\circ\text{C}$ arasında bulunmuştur. Son yüzyılda deniz seviyesi yaklaşık

15-20 cm artmış olup, bunun yaklaşık 13 cm sinin buzulların erimesi sonucu, 2-7 cm sinin ise sıcaklıkla okyanus sularının genişmesi sonucu olduğu hesaplanmıştır.

Atmosfere atılan sera gazları sonucu küresel ısınma yanında, yine atmosfere atılan partiküller madde ve aerosol olarak adlandırılan damlacıklar güneş ışınlarını yansıtarak bazı bölgelerin de soğumasına yol açmaktadır. Bütün bunların sonucu olarak gelecek yüzyılda insanoğlunun atmosferin yapısını değiştireceği açıkça görülmektedir.

Bu değişimin çeşitli bölgelerde yaşayan toplumlar üzerindeki etkileri ise kısa ve uzun dönem olarak incelenebilir. Ekonomik olarak gelişmiş örneğin kuzey Amerika, Japonya ve Avrupa topluluğu gibi ülkelerde teknolojik olarak bu değişikliklerin negatif etkisi azaltılabilir, hatta bazı yörelerde bu bir avantaj olarak dahi kullanılabilir. Özellikle Kanada, Rusya gibi ülkeler için sıcaklık artışı daha önce yetiştirilemeyen yeni ürünlerin ekilmesine, daha uzun ekim mevsimi oluşmasına yol açacaktır. Buna karşın, ekonomik olan geri olan Afrika, Güney Amerika, gibi bölgelerde aşırı kuraklık, veya aşırı yağış ve sel baskınları iklim değişikliğinin bu bölgelerde çok büyük hasarlar meydana getirebileceğini göstermektedir.

2.3. Doğa Üzerindeki Etkileri

Uzun bir süreç içinde değişen iklimler ile doğadaki canlıların bu şartlara uyum sağlaması paralel olarak gitmektedir. Ancak, hızlı iklim değişikliğine ayak uyduramayan bir çok bitki ve hayvan türünün yok olması, bir anlamda eko-sistemin çökmesi demektir. Küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan büyük sel baskınları ve kuraklıklarla gelen salgın hastalıklar ile ekili alanlar üzerindeki dolaylı etkiler küresel ısınmanın zararları arasında sayılabilir.

Ayrıca, ısınan hava nedeniyle okyanuslardan daha fazla suyun buharlaşması ile su döngüsünün hızlanması ve atmosferde daha fazla su buharı tutulması ve daha kısa sürede yağmur veya dolu olarak yere düşerek zarar vermesine neden olurlar. Bunun yanı sıra, dünya üzerinde sıcaklık gradientindeki büyük değişimler, daha büyük fırtınaların, kasırgaların hatta hortumların oluşumuna yol açarlar.

2.4. Senaryolar

Değişik ülkelerde bir çok bilim adamı tarafından üretilen değişik senaryolarda genellikle iyimser, orta ve kötümser olarak kabul edilen parametrelere göre 3 değişik sonuç elde edilmektedir. Bunlardan ilkinde, fosil yakıt tüketiminin günümüzdeki gibi artarak devam ettiği kabul edildiğinde 2100 yılında CO₂ konsantrasyonunun 850 ppm' e çıktığı görülmektedir. İkincisinde ise, enerji tasarrufu, temiz enerjilerin devreye girmesi ile CO₂ emisyonunun önce biraz arttığı daha sonra sabit tutulduğu düşünülmekte ve buna göre yine 2100 yılında miktar yaklaşık 500 ppm'i geçmektedir. İyimser senaryoya göre ise, fosil yakıt tüketimi yüzyılın ikinci yarısında yerini temiz enerjilere bırakmakta ve enerji tasarrufu yardımıyla da emisyonlar azaltılmaktadır. Bu senaryoya göre de 2100 yılında CO₂ miktarı için ulaşılacak değer 450 ppm değerinin altında olarak tahmin edilmektedir. Yine bu değerlere bağlı olarak yapılan küresel ısınma tahminlerine göre bu üç senaryo için sıcaklık artış değerleri sırasıyla, 2,5 °C, 4,5 °C ve 6°C'nin üzerinde olarak verilmektedir. Bütün bunlara bağlı olarak deniz seviyesi yükselmeleri ise yine sırasıyla 30 cm, 70 cm ve 110 cm'den fazla olarak

hesaplanmaktadır (Hohmeyer,1996). Bu senaryoların gerçekleşmesi enerji konusunda izlenecek stratejilere ve daha önemlisi ülkelerin bu konudaki duyarlılıklarına bağlı olacaktır.

3.1. Küresel Isınmaya Karşı Çözüm; Temiz Enerjiler

Küresel ısınmanın başlıca nedeni milyonlarca yıl içinde oluşan fosil yakıtların birkaç yüzyıl gibi kısa bir sürede yakılması olduğu iyi bilindiğine göre, karbon kökenli bu yakıtları başka faydalı alanlarda kullanmak üzere daha ileri yüzyıllara saklamak, onların yerine sera gazı emisyonları çok az veya hiç olmayan yenilenebilir ve temiz enerjiler kullanmak tek çözüm yolu olarak görülmektedir. Bu enerjiler arasında yer alan güneş, rüzgar, biyokütle, dalga, jeotermal ve enerji tasarrufunun küresel ısınma üzerindeki etkileri incelendiğinde, başta enerji tasarrufu olmak üzere biyokütle enerjisinin daha ekonomik ve dünyanın her yerinde rahatlıkla uygulanabilir olduğu anlaşılmaktadır.

3.1.1. Enerji Tasarrufu

Enerji tasarrufu, enerjinin üretimi, taşınması, dönüştürülmesi ve kullanılması safhalarında verimliliğin artırılması ve kayıpların azaltılması ile sağlanır. Günümüzde enerji tasarrufu maalesef tam anlamıyla anlaşılamamış olup, bu yüzden hem konut sektöründe hem sanayide büyük enerji kayıpları olmaktadır. Türkiye’de tüketilen toplam enerjinin %41’inin binalarda ısı konfor amaçlı kullanıldığı ve tüketilen bu enerjinin büyük bir kısmının, ısı yalıtımına gereken önem verilmediği için kaybedildiği bilinmektedir. Bu tüketimin faturası 7 milyar Dolardan fazladır. Diğer yandan, enerji tüketiminde %33 ile ikinci sırayı alan sanayi sektöründe tüketilen enerji için de benzer bir kayıp söz konusudur. Görüldüğü gibi enerji tasarrufu temiz enerji kaynakları içinde çok önemli bir yer işgal etmekte olup, sadece ciddi bir tasarrufla Türkiye’nin ithal etme zorunda olduğu enerji açığını bu yolla kapatmak mümkündür.

Öncelikle, tüm binalarımızdaki ısı yalıtım eksikliği nedeniyle Türkiye’de binaların ısıtılması veya soğutulması için, örneğin Almanya veya Kanada’ya göre metrekaresine başına yaklaşık 3.4 kat daha fazla enerji harcanmaktadır. Benzer şekilde aydınlanmada kullanılan klasik ampuller yerine ekonomik ampullerin kullanılması ile elde edilecek enerji tasarrufunun yılda 20 GWh olacağı hesaplanmıştır. Sanayide ise tasarruf edilebilecek enerji miktarı çok daha büyük boyutlardadır. Ülkemizin yılda tükettiği elektrik enerjisi miktarının yaklaşık 130,000 GWh olduğu göz önünde tutulursa, konutlardan ve sanayiden elde edilecek elektrik enerjisi tasarrufunun ülke ekonomisine ne kadar büyük bir katkıda bulunacağı açıkça görülmektedir. Enerji tasarrufu, binalarda yapılacak yalıtım çalışmaları ile daha da büyük miktarlara ulaşabilecektir.

3.1.2. Güneş Enerjisi

Özellikle ülkemizde güneş enerjisinin soğutmada kullanılması ile büyük ölçüde temiz enerjiden yararlanmak dolayısıyla sera gazlarını azaltmak mümkün olabilecektir. Bilindiği üzere, bir binanın soğutulması için ısıtmadan daha fazla enerji kullanılmaktadır. Güneş bir enerji kaynağı olduğu ve en yoğun olarak yaz aylarında etkisini gösterdiğine göre, bu aylarda güneş enerjisini çeşitli çevrimlerle elektrik ve mekanik enerjiye çevirerek soğutmada kullanmak en etkin yararlanma şekli olarak

ortaya çıkmaktadır. Bu konuda yapılan absorpsiyonlu sistem ve güneş panelli doğru akımla çalışan kompresörlü sistem ön çalışmalardan oldukça iyi sonuçlar alınmıştır.

3.1.3. Rüzgar Enerjisi

Günümüzde artık tamamen ticari olarak kullanılmaya başlanan rüzgar enerjisi hem çevre dostu hem de ekonomiktir. Kısa süre içinde büyük gelişme gösteren türbin teknolojilerinde kW mertebelerinden bugün 5 MW'a kadar çeşitli boyutlarda rüzgar üretim yapılmakta olup, bu türbinlerden yüzlerce MW gücünde çiftlikler kurulmaktadır. Türkiye'de ilk olarak Çeşme-Alaçatı'da 1.75 MW gücünde kurulan rüzgar çiftliğinden hemen sonra Çanakkale, çeşme ve Bozcaada gibi bir çok yerde çiftlikler kurulmaya başlanmıştır. Halen Türkiye'deki kurulu güç 2002 tarihi itibarıyla 20 MW civarındadır.

3.1.3. Biyokütle

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisini fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir. Canlı kütle ve dikili ürün deyimleri ile de eş anlama gelmekte olan biyokütle, çoğu kez phytomass ve zoomass olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ölçü birimi ise, belirli bir alana oranlanmış yaş ya da kuru kütledir. Biyokütleyi aynı zamanda bir organik karbon olarak da kabul etmek olanaklıdır.

Bitkilerin fotosentezi (ışıl birleşim) sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz şeklinde depo edilen ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilen bu enerjinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için esastır. Canlı organizmaların fotosentez sonucu oluşması ve bütün yaşamın güneş enerjisinin depo edildiği oksijene bağlı olması, yenilenebilir enerji yaratan fotosentez olayının önemini açıkça göstermektedir. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere verilir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu açığa çıkan karbondioksit (CO₂) ise, daha önce bu maddelerin oluşumu sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salımı açısından korunmuş olacaktır. Görüldüğü gibi bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır.

1986 yılında Dünya Enerji Konseyi WEC örgütü, özellikle küresel ısınma, kuraklaşma, çölleşme ve erozyon sorunları yanında enerjide dışa bağımlılık, istihdam, kırsal bölgelerdeki fakirleşmeyi önlemede biyokütle enerjisine öncelik verilmesi gerektiğini belirtmiştir. Avrupa topluluğu çerçevesinde 1995 yılında kurulan "AEBIOM" biyokütle Enerjisi Örgütüne 2000 yılında Slovenya'nın da katılımı ile üye sayısı 16'ya ulaşmıştır. Benzer şekilde Asya ülkeleri 17 üyeli "Regional Wood Energy Development Programme in Asia", 18 Afrika ülkesi de "Southern African Development Community, Biomass Energy Organization" şeklinde örgütlenmiştir. Uluslar arası Enerji Ajansı (IEA) bünyesinde "Bio & Biomass Energy (IEAB)" örgütü kurmuş, Dünya Enerji Konseyi (WEC) de tüm üyelerini içeren etkinliği başlatmıştır. 1996'da Dünya Bankası tarafından da desteklenen projelerle Hindistan'da 3800, Endonezya'da 1800 ve

Pakistan'da 300 adet küçük ölçekli biyokütle santrali devreye alınmıştır. Küba, Arjantin gibi bazı Güney Amerika ülkeleri de bu konuda etkin çalışmalar yürütmektedirler .

Biyokütle enerjisi için bilinen türdeki ağaç ve bitki atıkları yanında, özel olarak gen teknolojisi ile hızlı yetişen ve enerji bitkileri olarak adlandırılan yeni türler de geliştirilmektedir. Klasik türler arasında üzerinde en çok durulan söğüt ve kavak ile yalancı akasya gibi hızlı büyüyen ağaçlar, Panicum gibi yabani otlar, şeker kamışı, tatlı süpürge otu, Uzakdoğu kökenli Myrcanthus cinsi, endüstriyel kenevir, tütün, mısır, soya, kolza gibi ürün bitkileri vardır.

Son yıllarda, yüksek büyüme hızlarına sahip ve oldukça verimsiz topraklarda bile yetişebilen enerji bitkileri üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bitkilerle, günümüzde enerji tarımı olarak da tanımlanabilen yeni bir tarım türü geliştirilmiştir. Bu tarımda kullanılan bitkilerin bazılarının tohumları artık gen mühendisliği yardımıyla geliştirilmektedir. Bu bitkiler arasında şekerkamışı, mısır, şeker pancarı gibi iyi bilinen ürünler yanında, ülkemizde fazla tanınmayan Miscanthus, sorgum gibi bazı ürünler de bulunmaktadır. Bu bitkilerin özellikleri C₄ tipi bitki grubu olarak adlandırılmaktadır. C₄ bitkilerinin genel özellikleri; düşük karbondioksit derişimine ve yüksek sıcaklığa (20-25)° C gereksinim duymalıdır. Ayrıca bu bitkiler, daha düşük oranda suya gereksinim duyarlar ve mevsimsel kuraklığa dayanıklıdır.

Hemen her bitkinin yaşamı için gerekli olan karbondioksitin havadaki tutarı da ayrıca önem taşımaktadır. Bazı bitkiler, havadaki karbondioksit derişimi (konsantrasyonu) belli bir oranın altına düştüğünde, solunum yapamazlar. Fakat C₄ bitkilerinin en önemli özelliklerinden biri atmosferdeki her karbondioksit molekülünü soğurabilmesidir. Bunun anlamı, kuramsal olarak dünyanın her yanında çok büyük alanlarda C₄ bitkisi yetiştirildiğinde, atmosferdeki karbondioksit oranının düşmesi nedeniyle sera etkisi azalacağından, dünyanın soğuma tehlikesi ile karşılaşma olasılığıdır. Bir iddiaya göre, dünyada bir zamanlar yaşanan buzul çağının nedeni C₄ bitkileridir. Ancak, günümüzde dünyamızın hızla ısındığı göz önüne alındığında C₄ bitkilerinin bu probleme iyi bir çözüm olacağı anlaşılmaktadır.

C₄ bitkileri, çok sayıda enerji ürünleri için ana ham maddedir. Son yıllarda farklı endüstri dallarında kullanımından dolayı endüstri ülkelerinin çok ilgisini çekmektedir. Bu enerji ürünleri arasında etanol, pirolitik yağ, kalitesi artırılmış yakıtlar, mangal kömürü, sentetik gaz, bitkinin su ve şekeri alınmış posa kısmından elde edilen selülozik maddeler sayılabilir. Biyokütle ve türevi yakıtlardan enerji sağlanmasında en ümit verici bir uygulama şekli de, elektrik üretmektir. Biyokütle yakılarak elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti, C₄ bitkileri ekiminden alınacak yüksek verim ile büyük miktarda azaltılabilir.

Biyokütlenin yakıt olarak kullanılması konusunda yapılan ekonomik analizler, bunların fosil yakıtlardan daha ucuz olduğunu ve daha önce belirtildiği gibi iş alanı yaratmak gibi daha bir çok üstünlükleri olduğunu ortaya koymuştur. Fosil yakıtların çevre zararlarının hesap edildiği durumlarda, biyokütle yakıtları daha da ekonomik olmaktadır. Örneğin, enerji bitkileri % 2-3 gibi düşük oranda kül ve savsanabilecek kadar az miktarda kültür içermektedir. Biyokütlenin geniş çapta ve yaygın kullanımı ile çevre zararı gazların büyük ölçüde azalacağı açıktır. Bilindiği üzere, biyokütle yetişmesi sırasında havadan aldığı CO₂'i yakıldığında geri verdiğinden, atmosferdeki

CO₂ miktarı aynı kalmaktadır. Enerji bitkileri yetişmeleri sırasında hektar başına havadan 30-45 ton CO₂ almaktadırlar.

5. Temiz Enerjilerin Küresel Isınmaya katkıları ve Ekonomik Boyutu

Temiz enerjilerin de küresel ısınmaya az da olsa bazı katkıları bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu katkıların fosil yakıtların % 1 ile 10 arasında değiştiğini göstermektedir. Burada üzerinde durulması gereken diğer önemli bir konu ise fosil yakıtların getirdiği sosyal maliyetlerin, yani çevre ve sağlık üzerindeki zararlarının enerji birim maliyetlerine yansıtılmaması nedeniyle temiz enerjilerin maliyetinin göreceli olarak yüksek görünmesine neden olmasındır. Bu konuda yapılan araştırmalar sosyal maliyetlerin çok büyük boyutlarda olduğunu göstermektedir (J.O'M. Bockris, 1985 ve Hohmeyer 1999). Temiz enerji ilk yatırım maliyetleri ile elektrik enerjisi üretimindeki tahmini üretim maliyetleri Tablo-2 de verilmiştir.

Tablo 2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım ve Yakıt Maliyetleri [Lindley, 1996]

Kaynak	Tahmini yatırım	Tahmini Yakıt
	maliyeti	maliyeti
	(\$/kW)	(Cent/kWh)
Biyokütle	600-1000	0.8-2
Güneş (termal)	700-1200	9-12
Güneş (fotovoltaik)	5400-6000	55-75
Rüzgar	800-1300	4-6
Hidroelektrik (küçük)	1300-1600	2-3
Jeotermal	2000-2500	5-7
Dalga (deniz)	2400-3500	8-12
Enerji Tasarrufu (pasif sistemler)	400-600	1-3

6. Sonuç

Dünyamız için çok ciddi bir tehlike oluşturan küresel ısınma etkileyeceği alanlar, küresel ve bölgesel sıcaklık artışları, deniz seviyesi yükselmesi, yağış miktar ve zamanlamam değişimleri, buharlaşma artışı, fırtına faaliyetlerinin değişimi ve kuraklık süre ve frekanslarındaki değişiklik olarak özetlenebilir. Buna bağlı olarak iklim değişikliklerinin etkileyeceği alanlar ise, eko-sistemin bozulması ve bazı canlı türlerinin yok olması, tarım alanlarında zararlar, su rezervlerinin azalması, sağlık üzerindeki kötü etkiler olarak belirlenmiştir. Bütün bu olumsuz gelişmeler karşı tek çözümin yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları olan, güneş, rüzgar ve biyokütle olduğu kesinlik kazanmıştır. Bu kaynaklar yardımıyla elde edilecek, hidrojen ve metanol gibi ikincil yakıtlar da kullanım kolaylığı sağlaması ve her yere taşınabilmesi ile yakın zamanda ticari olarak kullanılacaktır. Bilindiği üzere ABD başkanlığından Şubat 2003 tarihinde yapılan bir açıklamada hidrojen enerjisi için yaklaşık 2 milyar dolar tutarında ek kaynak ayrıldığı ve hidrojenin petrol bağımlılığından kurtulma için büyük önem taşıdığı belirtilmiştir. Burada başka önemli bir konu da hidrojen kullanmakla küresel ısınmanın önüne geçilmek istenmesi gerçeğidir.

KAYNAKLAR

Bockris, J.O'M and Veziroglu, T.N., 1985 "A solar-hydrogen energy system for environmental compatibility, *Environmental Conservation*, Vol. 12, No. 2, pp. 105-118.

Feldman, T.S., 1993, "The ancient climate in the eighteenth and early nineteenth century, in Michael Shortland", ed., *Science and Nature. Essays in the History of the Environmental Sciences*, British Society for the History of Science, Fleming, J.R., *Meteorology in America, 1800-1870*, Johns Hopkins University Press.

Hohmeyer, O., 1996, "Notes for a Series of Lectures on Renewable Energy", Granada, Spain, July.

Hohmeyer, O., 1999, "Man-Made Climate Change Economic Aspects and Policy Options" Springer press, VIII, ISBN: 3-7908-1146-7.

Houghton, R. A., and J. L. Hackler. 2001, "[Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes: 1850 to 1990](#)", ORNL/CDIAC-131, NDP-050/R1. Carbon Dioxide Information Analysis Center, U.S. Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A.

Lindley, D. "Notes for a Series of Lectures on Renewable Energy", Granada, Spain, July 1996.

Reid, G., 1992, "Solar total irradiance variability and global ocean temperature variations." *Eos*, 73:14 supplement, 244.

Wigley, T.M.L., Jones, P.D. and Kelly, P.M. 1986, "Warm world scenarios and the detection of climatic change induced by radiatively active gases." Bolin, Bert, Bo R. D-s, Jill J'ger, and Richard A. Warrick, eds. *The greenhouse effect, climatic change, and ecosystems*. John Wiley, 271-322.