

**İLERİ NÜKLEER SANTRALLER, İKLİMSEL DEĞİŞİM**  
**MEKANİZMALARI, KÜRESEL ISINMA ve İKLİM**  
**DEĞİŞİKLİKLERİ BİLİMSEL RAPORLARI**

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ( [acant@taek.gov.tr](mailto:acant@taek.gov.tr) )

Birleşmiş Milletlerin himayesinde küresel ısınma ve iklim değişiklikleri projeksiyonları perspektifleri kapsamında ülkeler arasında bir fikir birliği oluşturmak amacı ile hükümetlerarası bir panel IPCC kurulmuştur. Oluşturulan panel aracılığı ile dünyadaki tüm ülkeler bazında küresel ısınma ve iklim değişiklikleri sorunları hususunda bir uyum sağlaması ümit edilmiş ise de yayımlanan IPCC raporları bağlamında tam bir anlaşma temin edilememiştir. Küresel ısınma ve iklimsel değişiklikler problemleri temelinde her ülkenin çıkarının diğerlerini çok yakından ilgilendiriyor olması bunun en büyük nedenidir. Bu sebeple, ülkeler arasında bir tür çıkar çatışması yaşanmaktadır. Ülkelerin çevre eylem planları ve enerji eylem planları stratejileri içeriğinde dünya, küresel enerji arz güvenliği ikilemi ya da küresel enerji arz güvenliği açmazı içine doğru da sürüklenmektedir. Hızla tükenen ve fahiş şekilde artan birincil enerji kaynakları, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve enerji kaynak çeşitliliği yaratılması açısından temiz enerji kaynakları olarak zikredilen pahalı yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları yapılmasını gerekli kılmaktadır. Aynı zamanda yukarıda sözü edilen kötü gidişat, gelecekte küresel ısınma ve iklim değişikliği ticari savaşları yaratacak biçimde can alıcı bir düzeyde bulunmaktadır. Ancak, yaşanan küresel ekonomik kriz sonucu oluşan küresel mali çıkmaz ve müteakip küresel finansal iflas, 2012’de sona erecek olan sera gazları emisyonlarının sınırlandırılması, dizginlenmesi, kısıtlanması, azaltılması, kontrol ve denetim altına alınmasına dair Kyoto Protokolü sonrası yeni antlaşma zemininde küresel çözüm yolları bulunması çalışmalarını da önemli ölçüde zorlaştırmaktadır. Ayrıca, Nükleer Rönesans, bir başka deyimle, nükleer gücün dirilişi ya da nükleer enerjinin yeniden doğuşu süreci geçiren son derece gelişmiş nükleer teknoloji sayesinde çevreye sera gazları salımları veya

**karbondioksit emisyonları olmayan, ilk yatırım maliyetleri yüksek modern nükleer emniyet kriterleri, nükleer güvenlik ölçütleri birincil öncelikli, yeni nesil evrimsel ileri nükleer santraller ile yeni kuşak yenilikçi çağdaş nükleer elektrik reaktörleri kurulması ve işletilmesi gereksinimleri de artmaktadır. Bu bağlamda üst düzey geliştirilmiş nükleer güvenlik ve nükleer emniyet donanımlı baz enerji kaynağı modern nükleer reaktörler çalıştırılması, dünyada hüküm süren küresel enerji arz güvenliği zafiyeti yada global enerji temini çıkmazı sorunları karşısında alternatif enerji kaynakları perspektifi çerçevesinde vazgeçilmez çok önemli bir seçenek sunmaktadır. Kapasite kullanımları, verimlilikleri ve performansları yüksek, nükleer emniyet ve nükleer güvenlik ekipmanlı yeni nesil nükleer güç reaktörleri, çağdaş ileri nükleer reaktörler veya yeni kuşak nükleer enerji santralleri özellikle hızlı şekilde kalkınmakta olan ülkeler enerji portföyleri arasında büyük rağbet görmektedir.**

Küresel ısınma ve iklimsel değişim ile ortaya çıkan açık ve kesin kanıt, gelecek yıllarda sıcaklıklarda ve doğa olaylarında gözlenecek değişimlerin tahmin edilmesinin giderek olanaksız hale geliyor olmasıdır. Kuzey Atlantik'te meydana gelen kasırgaların şiddetlerinin tahmin edilememesi buna bir örnek olarak verilebilir. 2004 ve 2005 yıllarında oluşan kasırgaların, tufanlara varan derecede çok şiddetli meydana gelmesine rağmen, 2006 yılı ve sonrası böyle ciddi bir durum yaşanmamış olması ise, tahminlerin ne kadar güç ve karmaşık olduğunu kanıtlamaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişiklikleri nedeni olan iklimsel olaylardan kaynaklanan felâketlerin sayısı 1970 ila 1990 yılları arasında üç kat artmıştır. 1990'dan bu yana, tabii afetler ve doğa felaketlerindeki artış eğilimi sürmektedir. Küresel doğal felâketler veya küresel ekolojik afetler sonucu olarak da can ve mal kaybı hızla yükselmektedir. Örneğin, sadece 2005 yılındaki maddi hasar 230 milyar dolara ulaşmıştır. Ortaya çıkan insan kaybı sayısı da son derece kaygılandırıcı bir düzeye yükselmiştir. Bu arada zengin ülkelerde oluşan doğal afetler, küresel finans sistemini de ciddi şekilde sarsmakta ve küresel ekonomik krizleri tetiklemektedir. Avrupa'da yol açtığı maddi hasar da dahil olmak üzere, Katrina kasırgasının sigorta şirketlerine maliyeti, 50 milyar dolar olmuştur. Bu durum ise, dünya genelinde sigorta ücretlerinin fahiş şekilde artmasına bir neden teşkil

etmektedir. Öte yandan, **Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC)** raporlarına dair kuşku ve yoğun muhalefet de sürüp gitmektedir. Kasırgalar konusunda ünlü iklim uzmanları çok şiddetli düzeydeki fırtına ve tayfunların sayısındaki artışa küresel ısınma ve iklimsel değişikliklerin katkı yaptığını savunmaktadır. Diğer taraftan, malarya gibi salgın hastalıkların alarm seviyesinde dünyada yaygınlaşmasının, küresel sıcaklık yükselmelerinden bir başka deyişle küresel ısınmadan çok daha önemli olduğunu iddia edenler de bulunmaktadır. Bazı eleştiriler de hükümetlerarası oluşturulan panelin ekonomisine olan güvensizlikten kaynaklanmaktadır. İklim değişiklikleri ile ilgili hükümetlerarası panel IPCC tarafından hazırlanan 4. değerlendirme raporu, 2 Şubat 2007'de Paris'te yayımlanmıştır. Yayımlanan rapor, önemli, çok açık ve tartışma götürmez konuları içermektedir. Raporun önemi, Birleşmiş Milletlerin yönetiminde kurulan panelin, ülkeler arasında bilimsel düşüncelere uygun şekilde, bir politik görüşe önderlik etmesidir. Raporun çok açık olması, bir kısım rakamların 3. değerlendirme metninden farklılığına rağmen, değişimlerin minimum düzeyde ve buna karşılık sonuçlarının da çok daha içerikli bulunmasından kaynaklanmaktadır. Son iki rapor arasında dikkat çeken diğer bir farklılık, önceki raporda iklimsel değişikliklerden insanoğlu “muhtemelen veya olası” sözcüğü ile kısmen sorumlu tutulur iken, son raporda daha açık biçimde “çok olası” şeklinde ifade edilmek sureti ile insan kaynaklı nedenler fail gösterilmektedir. Son olarak raporun “tartışma götürmez” bulunması ise, sayıları az da olsa, iklim değişikliklerine muhalefet eden kuşkulu kişilerin, bilimsel bulgular karşısında, bir dereceye kadar mutabık kalmalarıdır. Tüm bunlara rağmen, tartışmaların çoğunlukla, küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin zararlı etkileri ve karşılığında yapılması gerekli çevre eylem planları ile ilgili yayınlanacak olan raporlar üzerinde yoğunlaşması beklenmektedir. IPCC raporunun içeriğinin bir kısmı, şimdiye kadar ki iklimsel değişim hızı ile ilgili ayrıntılı çalışmaları kapsamaktadır. Bu arada, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin biraz hızlandığı göze çarpmaktadır. Sıcaklıkların resmi olarak kayıtlara geçirildiği 1850 yılından beri, on ikişer yıllık on bir bölümünün haricinde tutulardan biri olan 1995-2006 arası, en sıcak 12 yıl olarak kaydedilmiştir. Böylece, geçen yüzyılda küresel sıcaklıktaki ortalama artış, üçüncü değerlendirme raporunda 0.6°C olarak tahmin

edilmişken, dördüncü raporda  $0.74^{\circ}\text{C}$ ' a yükselmiştir. Deniz seviyeleri 1961 ila 2003 yılları arasında yılda ortalama 1.8mm. yükselirken, 1993-2003 yılları arasında da yılda ortalama 3.1mm.'ye artmıştır. Rakamlar hâlâ küçük olmakla beraber, eğrinin artış şekli ya da yukarı doğru olan eğimi kaygı vermektedir. Örneğin, IPCC raporunda yayınlanmak üzere, bilimsel araştırma yazıları için son gönderme tarihlerine verilen sürenin çok önce sona ermesi nedeni ile, raporun tartışıldığı tarihlerde, Grönland (Greenland)'daki buzulların erimelerinin hızlanması ile ilgili çok kaygılandırıcı çalışmaların bazıları da, söz konusu müzakerelerin gündemine dahil edilememişlerdir. Küresel ısınma ve iklimsel değişimler ile ilgili bazı kanıtlar da açıkça gözlemlenmektedir. Örneğin, Kuzey ve Güney Amerika'nın ikliminin daha rutubetli olmasına karşın, Akdeniz ve Güney Afrika'nın iklimi git gide kuraklaşmaktadır. 1960 yılından beri, batıdan esen rüzgârlar gün geçtikçe çok daha şiddetli bir hâl almaktadır. Ayrıca, 1970'den itibaren kuraklıklar yoğun olarak daha geniş bir alanda ve uzun süreli görülmektedir. Aşırı derecede yağmur ve bundan kaynaklanan sel felâketlerinde artışlar da göze çarpmaktadır. Son on yıl içinde Kuzey Kutbunda yaz boyunca görülen deniz buzullarında yaklaşık %7'lik bir azalma dikkat çekmektedir. Her şeye rağmen değişimin beklendiği bazı bölgelerde de, hiçbir farklılık gözlenmemektedir. Örneğin, Güney Kutbundaki deniz buzulları, küresel ısınma ile artan biçimde erimelerine rağmen, muhtemelen bölgeye çok yoğun kar yağışından dolayı, hiçbir şekilde fire vermeden, mevcut durumunu aynen muhafaza etmektedir. IPCC'nin son raporundaki diğer bir bölümde, iklimlerde görülecek değişimler hakkında ön tahminler yapılmaktadır. Bu bölümde, iklim değişikliği ilmindeki merak ve aynı zamanda da kaygı uyandıran görüşlere de yer verilmektedir. Ayrıca, küresel ısınma ve iklimsel değişimlerin mekanizmaları hakkında yeni ve tam olarak anlaşılamayan konulara da açıklık getirilmektedir. Örneğin, küresel boyutta sıcaklıkların yükselmesi, ısınmanın artması veya azalmasında rol oynayan geri besleme çevrimleri üzerindeki etkileri tetikleme açıklığı kavuşturulmaktadır. Anlaşılmaz konular belirgin şekilde açıklığa kavuştukça, öngörüler azalmakta ve çok daha gerçekçi tahminler yapılabilmektedir. Böylece, IPCC'nin son raporunda 2100 yılına kadar tahmin edilen sıcaklık artışları,  $1.1^{\circ}\text{C}$  ila  $6.4^{\circ}\text{C}$  arasında verilmektedir. Daha önceki 2001 raporunda sıcaklık yükselmelerinde

öngörülen aralık, 1.4° C ila 5.8° C arasında idi. İklim değişikliklerine dair karmaşıklıklar göz önüne alındığı takdirde, IPCC'nin küresel sıcaklık artışları ile ilgili verdiği çok geniş aralık, hiçbir şekilde şaşırtıcı değildir. Bununla beraber, bu büyük aralıkta varsayılan tahmin, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri problemleri konusunda alınacak önlemlerin bir değer taşıyıp taşımadığı hususundaki tartışmalara zemin hazırlamaktadır.

Bu bölümde küresel ısınma ve iklim değişiklikleri mekanizmaları ile iklimsel değişim perspektifi incelenmektedir. Dünyamızın iklimi, sanayi devriminden bu yana değişime uğramaktadır. Sıcaklıklar 19. yüzyılda kararlılığını korumuştur. 20. yüzyılın ilk yarısında çok az yükselmiş, ikinci yarısında ve özellikle 1950-1970 yılları arasında ise, düşme eğilimi göstermiş ve daha sonra da yeniden artmaya başlamıştır. Geçen yüzyılda küresel sıcaklıklar ortalama olarak 0.6°C yükselmiştir. Mevcut durumda bu kadar kaygı neden kaynaklanmaktadır? Endişenin sebebi, sıcaklık artışı ile o kadar çok ilgili değildir. Yerküremizdeki iklimin daha önceki değişiklikleri, ya dünyanın dönmesi esnasındaki açıdan ya da güneşe olan uzaklıkların değişimlerinden oluşmakta idi. Bu defa durum farklıdır. Çünkü; günümüzde, insan kaynaklı diğer bir faktör olan çoğunlukla fosil yakıtlı termik santraller kanalıyla oluşan sera gazları emisyonları özellikle de son zamanlarda ölüm üreteçleri olarak tanımlanan kömür kullanan termik santraller vasıtasıyla meydana gelen karbondioksit salınımları veya karbon salımları artması sonucu mevzu bahis emisyonların iklimsel sistemler üzerine yoğun etkileri ortaya çıkmıştır. Karbon içerikli yakıt fiyatlarının inişli çıkışlı kararsız bir seyir izlemesi de küresel karbon salımları yada küresel karbondioksit salınımları vasıtasıyla ciddi çevre kirliliği yaratan fosil yakıtlı termik santraller ile ilgili yatırımları oldukça zorlaştırmaktadır. Fosil yakıt kullanan termik santraller, doğalgaz çevrim santralleri özellikle de kömür yakıtlı termik santraller ya da kömürle çalışan termik santraller hakkında Kyoto Protokolü sonrası olası anlaşma hükümleri gereği küresel boyutta karbon salımları yaptırımları muhtemel görülmektedir. Mevcut durum ile birlikte geleceğin enerji projeksiyonları, alternatif enerji kaynakları perspektifi içeriğinde adı sıkça geçen karbon salınımları olmayan nükleer elektrik santralleri kurulması ve işletilmesi projelerini de cazip hale getirmektedir. Bağımsız bir organ

olan Amerika Birleşik Devletleri Nükleer Düzenleme Kurulu (US Nuclear Regulatory Commission – NRC)’nun sıkı denetimindeki nükleer güç santrallerinin lisanslandırılması işlemlerinin çok disiplinli olduğu Birleşik Devletler’de Nükleer Rönesans felsefesi olarak tanımlanan nükleer gücün yeniden doğuşu yada nükleer enerjinin dirilişi perspektifleri gelişimini hızlı şekilde sürdürmektedir. Bu bağlamda atmosfere sera gazları salımları olmayan baz enerji kaynağı nükleer elektrik reaktörleri kapsamında nükleer gücün yeniden yapılanması doktrini Amerika’da yoğun biçimde tartışılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Three Mile Island nükleer güç santrali kazası ile Ukrayna Çernobil (Chernobyl) nükleer enerji santrali kazası sonuçları geliştirilen ileri nükleer teknolojik uygulamalar sayesinde nükleer güvenlik kriterleri veya nükleer güvenlik ölçütleri uygun aynı zamanda nükleer emniyet ve nükleer güvenlik donanımlı çağdaş yenilikçi nükleer santraller, modern nükleer reaktörler, evrimsel yeni nesil nükleer santraller ve yeni kuşak nükleer güç santralleri; siyasiler, iş adamları, kamu ve özel sektör temsilcilerinin hazır bulunduğu hemen her platformda öne çıkmaktadır. Öte yandan, fahiş oranlarda artan petrol ve doğalgaz fiyatları sebebiyle nükleer enerji projeksiyonları çekici hale gelmesine rağmen, hüküm süren küresel ekonomik çıkmaz; yatırım maliyeti yüksek, lisanslama işlemleri uzun olduğu kadar zorlu olan çağdaş nükleer güç reaktörleri ile ileri reaktörler inşaatları, yeni nesil nükleer güç santralleri kurulması ve çalıştırılması sürelerinde gecikmelere aynı zamanda aksamalara neden olmaktadır. İstenmeyen mali ve nükleer bürokratik sıkıntıları önleme kapsamında performansları, verimlilikleri, kapasite kullanımları üst düzeyde olan, aynı zamanda ileri radyoaktif atık yönetimi ile nükleer atıkların yok edilmesi, radyoaktif atıkların daimi depolanması teknolojik olarak basitleştirilmiş modern nükleer santraller için nükleer yatırımlar temelinde devlet desteği kaçınılmaz görülmektedir. Bu bağlamda, özel sektör ve kamu sektörü ortaklığı dahil olmak üzere çeşitli nükleer yatırım modelleri üzerinde çalışılmaktadır. Böylece, hızla değişen küresel ekonomik ve diğer global gelişmeleri göz önüne alan hükümetler; “nükleer güç santrallerinin kurulması, işletilmesi ve enerji satışına ilişkin kanun” gibi çeşitli yeni nükleer enerji teşvik yasaları, nükleer düzenlemeler yürürlüğe koymakta ya da mevcut nükleer kanun ve nükleer yönetmelikler kanalıyla nükleer bürokratik engelleri aşmaya çalışmaktadır.

Küresel ısınma mekanizmaları bağlamında bilindiği gibi, güneş ışınları yada güneş radyasyonları dünyaya çarptığı zaman, büyük bir çoğunluğu uzayın derinliklerine tekrar geri dönmektedir. Bununla beraber, karbondioksit ve metan gibi 30'a yakın sera gazı, dünyanın çevresinde sera etkisi yaratan tabaka oluşturarak, güneşten gelen ısının veya enerjinin bir kısmını soğurmak, absorblamak, hapsetmek yada tuzaklamak sureti ile, bir başka deyişle, yeryüzüne çarparak yansıyan güneş radyasyonları veya güneş ışınlarının uzaya dönmesini engelleyerek, gezegenimizin ısınmasına neden olmaktadır. Atmosferdeki karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) içine alan, soğuran ya da absorblayan bitkiler; zamanla kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtları oluşturması nedeni ile, bunlar da yapısal olarak karbondioksit ihtiva etmektedir. İnsanlar tarafından son yüzyılda bu fosil yakıtların yoğun şekilde yakılarak kullanılması sonucunda, sanayi devriminden önce milyonda 280 partikül (280 parts per million-ppm) olan küresel karbondioksit konsantrasyon düzeyi, günümüzde 380ppm'e ulaşmıştır. Buzullar üzerinde yapılan çalışmalardan, yaklaşık 500 bin yıldır bu kadar yüksek bir düzey tespit edilememiştir. Artış aynı oranlarda sürdüğü takdirde, yüzyılın sonunda karbondioksit düzeyi 800ppm'e ulaşacaktır. Atmosferdeki küresel karbondioksit konsantrasyonları seviyesi 200 yıl boyunca bugünkü düzeyini muhafaza ederse, konsantrasyonların düşmesi uzunca bir süre alacaktır. Bu durumu fark eden ilk kişi, 19. yüzyılda İsveçli bilim insanı olan Svante Arrhenius'tur. Bu bilim insanı, geçen 3000 yıllık süre zarfında karbondioksit konsantrasyonları seviyelerinin iki kat artarak, gezegenimizin ısındığını ortaya atmıştır. Arrhenius, ülkesinin de yerküredeki konumunu göz önüne alarak, bunun gayet iyi bir şey olduğunu düşünmüştür. 1938 yılında, bir İngiliz mühendis olan Guy Calendar'in, Kraliyet Meteoroloji Kurumu'nda dünyanın ısındığını iddia ettiği konuşması oldukça tuhaf karşılanmıştır. O zamanlar, küresel ısınma ve iklim değişikliği perspektifi, entelektüel kesimin bir saplantısı olarak kabul edilmekte idi. 20. yüzyılın ilk yarısında küresel ısınma ve iklim değişikliklerine kayıtsız kalınması yanında, yüzyılın ikinci yarısında da havaların belirgin şekilde soğuk geçmesi, dünyanın daha soğuk periyoda girdiği konusuna iyi bir neden teşkil etti. Ayrıca, dünya medyasında yer alan "soğuyan yerküre" ve her ulusta ciddi politik etkiler yaratacak olan "temel gıda maddelerinin üretiminde

felâkete neden olacak düşüşler” şeklindeki manşet haberler, bu görüşü öne sürenler arasında da başka bir korku ve kaygı uyandırmıştır. 20. yüzyılın ortalarında, küçük olduğu düşünülen bir sorunun, yine insan kaynaklı diğer bir yan ürünün sonucu olarak ortaya çıktığı anlaşıldı. Kükürt ve havada bulunan diğer zerrecikler, güneş ışınları yada güneş radyasyonlarını yeryüzüne çarpmadan önce yansıtarak sera etkisini dengelemekte olduğu düşünüldü. 20. yüzyılın sonlarına doğru, bu tür kirliliği kontrol altına alma çabalarının bir etkisi de görülmüştür. Atmosferdeki oldukça küçük içerikli bir madde azalırken, bir kez daha dünya ısınmaya başlamıştır. Böylece; küresel ısınma ve iklim değişikliği görüşü tekrar canlanmış ve de günümüzün en çok tartışılır konularından biri haline gelmiştir. Söz konusu tartışma; bilim insanlarını, ekonomistleri, politikacıları ve gezegenin geleceği ile ilgilenen herkesi kapsamaktadır. Bilim adamlarının bir kısmı, dünyamızın bir tehdit altında olduğunu düşünürken, diğer bir bölümü de gelirlerin bir hiç uğruna savurganca harcanacağına inanmaktadır. Kişilerin bencilliğinin sonucu olarak, gözle görülmeyen bir yumruk ve yine o kimselerin içlerinde bulunan kötülük yapma güdülerini, çevreci hareketin kalbini derinden etkileyerek, duygularını da etik açıdan keskinleştirmektedir. Tartışmalar; tanınmış simaları içine alacak biçimde sürüp gitmektedir. Örneğin; ünlü İngiliz bilim insanı James Lovelock, insanoğlunun dünyanın geleceğini yada kaderini etkileyecek şekilde hassas mekanizmasında dengesizlik oluşturduğuna inanmakta iken, son derece aktif ve faal kişi olan Danimarka’lı ünlü istatistikçi Bjorn Lomborg ise, bilim adamlarının kamuoyunu kaygılandırarak biçimde bilimsel verileri tahrif ettiklerini düşündüğünü açıkça beyan etmektedir. Diğer taraftan, Kaliforniya Valisi olan Arnold Schwarzenegger, bir görevinin de iklim değişikliklerini veya küresel ısınmayı sona erdirmek olduğunu ifade ederken, Birleşik Devletler Senatosu, Çevre ve Bayındırlık İşleri Komitesi Başkanı James Inhofe, bunların hiçbirinin akla mantığa uygun olmadığını yada hepsinin saçma ve safsatadan ibaret olduğunu dile getirmektedir. Ne yazık ki, küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin neden kaynaklandığının hiçbir kimse tarafından kesin olarak bilinmemesinden dolayı, söz konusu tartışmaya, bilgi eksikliği de eklenmek sureti ile konu hakkındaki cehalet, ciddi şekilde körüklenmektedir. Makro düzeydeki modelleme, dünyanın son derece zor ve çetrefilli mekanizmalarından biridir. 100 yıllık bir geleceği



kapsayan küresel ısınma ve iklimsel değişim projeksiyonları; uğraşılması güç, bilinmedik, beklenmedik yada umulmadık sorunlarla doludur. Mikro düzeyde yapılan modellemelerde de, herbir veri diğeri ile çelişmektedir. Örneğin; küçülen bir buzul kitlesi, büyüyen biri ile telafi edilebilmekte veya bir bölgede azalan yağış diğeri bir bölgede artan yağış olarak görülebilmektedir. İklimlerin anlaşılmasız karmaşıklığı; esas itibari ile, geri besleme halkası veya bir başka deyişle geri dönüşüm çevriminden doğmakta ve bu sistemde neyin olacağını tahmin etmenin zorluğundan kaynaklanmaktadır. Bilim insanları, her geçen gün yaptıkları buluşları ile, sistemin ne kadar karmaşık ve belirsiz olduğunu keşfetmektedirler. Geri besleme çevrimleri, karbon çevrimi veya karbondioksit döngüsü ya küresel ısınmayı artıran veya kuvvetlendiren pozitif yönde, ya da tam aksi negatif yönde olabilmektedir. Her halükârda, bilim insanlarının büyük bir çoğunluğu, bunların pozitif yani küresel ısınmayı artıran yönde olacağını saptamışlardır. Geri besleme; bilim insanları arasında en büyük kaygıyı oluşturmaktadır. Önceden vuku bulan, olağanüstü iklim değişiklikleri göz önüne alındığı takdirde, az bir ısınmanın çok daha büyük bir küresel ısınmayı başlatacak mekanizmaları oluşturacağı ve bu olay bir defa başladığında, insanoğlunun değişimi kontrol etme imkânını kaybedeceği tahmin edilmektedir. Sözü edilen geri besleme çevrimlerinin belli başlı küresel ısınma mekanizmaları aşağıda verilmektedir.

**Albedo:** Işığın soğurma veya absorblamadan ziyade yansıtma eğilimi olarak tanımlanmaktadır. Beyaz alanlar; güneş radyasyonu veya güneş ışığını yansıtmakta ve karanlık yada siyah alanlar da soğurmaktadır. Böylece, buzullar erirken, yerkürenin albedo'su azalmakta ve dünya daha fazla enerji absorblamak veya soğurmak sureti ile çok daha fazla ısınmaktadır.

**Okyanus absorpsiyonu (okyanus soğurması):** Deniz, karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) absorblamakta, bir başka deyişle soğurmaktadır. Soğuk denizler; sıcak denizlere göre çok daha fazla karbondioksit soğurmakta ve bu şekilde daha az karbondioksit absorblamaya meylederek ısınmakta, fazlasını da atmosfere salmaktadır.

**Toprağın soluk alması:** Toprak oksijen almakta ve bunun karşılığında karbondioksit vererek, bir tür nefes almaktadır. Bir başka deyimle, toprak karbondioksit yaymaktadır. Küresel ısınma;

mikrobiyel yada bakteriyel aktivitenin üstel veya eksponansiyel yükselmesine aracı olabilmek sureti ile, karbondioksit emisyonlarının yada salınımlarının bitkilerin absorblayabileceğinden çok daha hızlı şekilde artmasına neden olmaktadır. Kuzey Kutbu civarındaki donmuş ovalarda bulunan sera gazları için, günümüzde oldukça büyük bir kaygı mevcuttur. Kuzey kutbundaki donmuş ovalar eridiği takdirde, içinde bulundurdukları gazların çevreye salınmaya başlayacağı düşünülmekte ve bu durum da, bilim insanlarını son derece kaygılandırmaktadır.

**Bulutlar:** Bulutlardan kaynaklanan geri beslemenin pozitif yada negatif olup olmadığı, bilim insanları arasında büyük bir tartışma konusudur. İklim değişikliklerinin bir sorun oluşturmadığına inanan ender bilim adamlarından, Massachusetts Institute of Technology (MIT)'den Prof Dr. Richard Lindzen, “göz bebeği çevresinde yuvarlak renkli kısmın etkisi” olarak adlandırılan bir olayı öngörmektedir. Tıpkı, göz bebeği çevresindeki yuvarlak renkli kısım gibi, örneğin, parlak bir ışık saçıldığında göz bebeği kapanmakta, aynen buna benzer şekilde daha sıcak dünya daha fazla su buharı üretmek sureti ile, bulutları oluşturmakta ve de güneş ışınları ya da güneş radyasyonlarını engellemektedir. Diğer çoğu bilim adamı ise, bu şekilde oluşacak bulutların, mevcut ısıyı sadece kapatıp salıvermeyeceğini ileri sürmektedir. Öte yandan, cehalet ve bundan kaynaklanan korku ve endişe, bu arada bir endüstriyi de doğurmaktadır. Örneğin; yönetimler, uluslararası kuruluşlar ve üniversiteler neler olduğunu çözebilmek ve buna karşılık önlemler alabilmek için binlerce danışman tutmaktadır. Konu ile yakından ilgilenen vakıflar, büyük meblâğları araştırmalara akıtmaktadır. Dev holdingler ve organizasyonlar; bilim insanlarının ne düşündüğünü ve bunlara yanıt olarak politikacıların ne planladığını anlayabilmek için, adeta birbirleri ile yarış edercesine, üst düzey küresel ısınma ve iklim değişiklikleri danışmanları ile birlikte çalışabilecek genç kadrolar oluşturmaktadır. Tartışmalara son vermek ve de gelecekte izlenecek planlar hakkında politika saptayıcılarına uyumlu bir yön göstermek için yukarıda belirtildiği gibi Birleşmiş Milletler himayesinde iklim değişikliği ile ilgili hükümetlerarası panel IPCC kurulmuştur. Bununla beraber, sera gazları emisyonları bir başka deyişle kömüre dayalı termik santraller aracılığı ile atmosfere salınan karbondioksit salımları veya karbon salınımlarının gelecekteki olası düzeylerinin iklimlere etkisi veya iklimlerin bu salınımlara karşı

duyarlılığı konusunda bilimsel seviyede çok az bir bilgi sahibi olduğu göz önüne alındığında, adı geçen panelin misyonunun güçlüğü kolayca anlaşılmaktadır. Nitekim, 2001'de yayımlanan IPCC raporu, bu yüzyılın sonunda tahmin edilen küresel sıcaklık artışları 1.4°C ila 5.8°C gibi geniş bir aralıkta vermek sureti ile görevinin ne kadar zor olduğunu kanıtlamaktadır. Diğer taraftan, küresel sıcakların ne olacağına dair verilen bu çok geniş aralık, politika saptayıcılarını, IPCC'nin bulgularının yararlılığı konusunda sınırlamaktadır. Panelin kurulması, tartışmaları kesinlikle yatıştırılamamıştır. Bu kuruluşun bilimselliği ve özellikle de ekonomisi üzerinde oluşan kuşku, pek çok kişiyi, bulguları konusunda da anlaşmazlık içinde bırakmaktadır. Bir kesim, iklim değişikliğini şiddetle savunmakta iken ve bir başka kesim de bu değişikliği kabul ederken, konu ile ilgili bir eyleme geçilmesinin hiçbir değeri olmadığı hususu belli mercilerde halâ tartışılmaktadır. IPCC raporunun 8 yıl önceye dayalı olmasından dolayı, bilim; olayın ciddi olduğu görüşünü teyit etmeye çalışmaktadır. 1990'lı yıllardaki uydu verilerinin, yeryüzü verilerinde gösterilen küresel sıcaklık artışları ile zıt düştüğü gözlenmektedir. Çelişki ve farklılıklar, bilim insanlarını şaşkınlıkta bırakmış olup, bu arada kuşkuları da körüklemiştir. Daha sonra, uydu verilerinin yanlış olduğu ortaya çıkmış, düzeltmeler yapılmak sureti ile, yeryüzü verileri üzerinde bir uzlaşmaya varılmıştır. Gözlemler; küresel ısınma ve iklim değişikliklerini doğrulamakta veya olabilecekleri tahmin eden modellere öncülük etmektedir. Örneğin; Kuzey Kutbu Denizinde bulunan buzul kitlesinin, 10 yıllık süre zarfında, %9 oranında beklenmedik bir hızla erimekte olduğu saptanmıştır. Buzullar; şaşkınlıkla büyük oranlarda erimelerini sürdürmektedir. Bu olağandışı olaylar zincirinin ve önceleri dünyamızda oluşan şiddetli kasırgaların veya tufanların, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri ile bir bağlantısı olmadığı öngörülürken, günümüzde küresel ısınma ve iklimsel değişimler ile ilintili olduğu ciddi şekilde düşünülmekte bu durumda ayrı bir kaygı uyandırmaktadır. Anlatılanlar; bilimsel belirsizlikleri içermekle birlikte, tehlikeli sonuçlar oluşturma olasılığının yeterince yüksek olmasından dolayı, küresel ısınma ve iklim değişikliklerini dizginlemek aynı zamanda kontrol altına almak için gerekli şekilde tahsis edilen meblâğlar yada ödenekler kamu maliyesi zararları göz önünde bulundurularak - fonların savurganca harcanmaması kaydı ile- çok önemli bir değer teşkil etmektedir. Dünyada kömürle işletilen termik santraller

sayesinde çevreye en büyük oranlarda karbondioksit emisyonları yada karbon salınımları yapan ülke konumunda olan Amerika Birleşik Devletleri; küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili Kyoto Protokolü'nü reddetmektedir. Ancak, hızlı şekilde gelişen koşullar karşısında Birleşik Devletler, eninde sonunda kömürle çalışan termik santraller vasıtasıyla ortaya çıkan karbon salınımları yada karbondioksit emisyonlarını kısıtlamak, dizginlemek, sınırlamak, limitlemek, kontrol ve denetim altına almak için gerekli olan adımları atacaktır. Amerika, bu adımları attığı takdirde, büyük oranlarda kömür kaynaklı termik santraller kanalıyla karbondioksit salınımları ya da karbon emisyonları yapan diğer ülkelerin de benzer önlemleri alacağına dair hiçbir kuşku bulunmamaktadır. Bu bağlamda Amerika Birleşik Devletleri 2011 yılı bütçe teklifinde çağdaş nükleer güç santralleri, yenilikçi nükleer güç santralleri kurulması, nükleer reaktör inşası ve nükleer santral işletilmesi ödenekleri bir önceki yıla göre üç kat yükselttilerek 54 milyar dolara çıkarıldığı görülmektedir. Sonuç olarak, her şeye rağmen, öncelikle son ve güncel elde edilen bilimsel bulgular, kamuoyunun küresel ısınma ve iklimsel değişimler ile ilgili kaygılarını güçlendirecek yönde hızla gelişmektedir.

## **Kaynaklar**

- İklim Değişiklikleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Küresel Isınma, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Radyoaktif Atıkların Yok Edilmesi veya Nihai Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- The Economist Dergisi (09 Eylül – 15 Eylül 2006).
- İklim Değişikliklerinin Maliyeti, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Karbon Emisyonları ve Karbondioksitin Akiferlerde Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı

- Bilgiler, 2007.
- Amerika’da Küresel Isınma ile ilgili Politika Değişimi, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
  - Nükleer Enerji, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
  - Nükleer Reaktörler, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
  - Haziran 2007’de bir araya gelen G8’lerin Gündemi: Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
  - Almanya’da Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
  - Nükleer Güç Santralleri ve Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları , Faydalı Bilgiler, 2007.
  - Nükleer Atıkların İdaresi veya Yönetimi, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
  - The Economist Dergisi, The World in 2007.
  - The Economist Dergisi (10 Şubat – 16 Şubat 2007).
  - Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
  - İngiltere’de Enerji Arz Güvenliği, Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi, Nükleer Santraller ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
  - Nükleer Enerji Santralleri, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geleceği ve Enerji Kaynak Çeşitliliği, Ahmet Cangüzel Taner Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
  - Nükleer Santraller ve Gelecekteki Nükleer Enerji Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
  - Kyoto Protokolü Sonrası Küresel Isınma ve İklim Değişikliği ile ilgili Olası Son Gelişmeler, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
  - Amerika Birleşik Devletleri Çevre Kirliliği Yasası, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.

- Küresel Isınma, İklim Değişiklikleri Nedeni ile Çin ve Hindistan'da Çevresel veya Ekolojik Felaketler, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Çin ve Hindistan'da Küresel Isınma ile İklim Değişiklikleri Nedeni Olan Sera Gazı Emisyonları Hakkında Çevre Eylem Planı Politikaları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Fransa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Reaktörlerin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Avrupa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Enerji Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Çin ve Hindistan'ın Kyoto Protokolü Sonrası Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Faili Sera Gazı Emisyonları ile ilgili Muhtemel Politikaları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Fosil Yakıtlı Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Avustralya'nın Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Politikası, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Küresel Karbondioksit Konsantrasyonları Ölçümleri Araştırma Uydusu OCO, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Küresel Isınma Mültecileri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Karbon Çevrimi (Carbon Cycle) veya Karbon Döngüsü Araştırmaları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Avustralya'da Karbondioksit Salımları ve Emisyon Ticareti, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- İtalya; Nükleer Santraller, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Çevre Eylem Planları ve Enerji Eylem Planları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- The Economist Dergisi (06 Şubat – 12 Şubat 2010).  
İnternet Sitesi: [www.fmo.org.tr](http://www.fmo.org.tr)