



## KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KYOTO PROTOKOLÜ, TARIM SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

Levent ŞAYLAN<sup>1</sup>

Çeşitli sebeplerle, atmosferik sera gazı konsantrasyonlarında meydana gelen ciddi artışlar, doğal olarak değişen iklimin; değiştirilmesine ve değişimin hızlanmasına neden olmuştur. Küresel iklim değişikliği açısından, günümüzde karşımıza çıkan bu değişikliğe sebep olan faktörlerin nasıl durdurulacağı ve azaltılacağıdır. Tarım, orman, su kaynakları vb. alanların iklim değişikliğinden nasıl etkileneceği ve değişen iklime uyum sağlayıp sağlamayacağı en önemli sorulardan bazılarıdır. İklim değişikliği ile ilgili dünyanın önünde duran sorunlara uzun yıllardır dikkat çekilmektedir. İklim değişikliğinin tehlikeli seviyelere çıkmasını engelleyecek sera gazı emisyonunun azaltılması ile ilgili önlemler ve ülkelerin bu alanda yapması gerekenler ile ilgili şu ana kadar bazı önemli adımlar atılmıştır, ancak bunların yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. Küresel iklim değişikliğinin en önemli etkilerinden biri de çatısız bir fabrika olarak ta tanımlanan tarım sektörüdür. Bu çalışmada iklim değişikliği ve Kyoto protokolü ile değişikliğin tarıma olası etkileri, yapılması gerekenler belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişikliği; Tarım, Tarımsal Meteoroloji

### GİRİŞ

Sanayileşmenin başlangıcından itibaren, atmosferdeki sera gazlarından özellikle CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O konsantrasyonlarında önemli bir artış söz konusudur. Bu durum küresel ısınmaya ve sonuçta dünyadaki ekosistemi etkileyebilecek küresel iklim değişikliğine sebep olabilecek seviyeye gelmiştir. İklim değişimine neden olan birçok doğal olay vardır ve iklimler değişecektir. Günümüzde üzerinde durulan ve durulması gereken, atmosferdeki sera gazları konsantrasyonlarında dikkate değer ve hızlı artışa genellikle insan kaynaklı etkilerin (antropojenik) sebep olduğudur. Bu amaçla, Dünya'da, 80'li yılların sonlarında iklim değişimi konusunda hükümetler arası bir kuruluş (IPCC) çalışmalarına başlamış ve iklimdeki değişimler, bunun sebepleri, etkileri ile alınması gerekli önlemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Geline nokta, atmosferik sera gazı konsantrasyonlarında önemli artışların olduğu ve söz konusu artışların yavaşlatılması, durdurulması, hatta azalması gerektiğidir (Şaylan, 2007).

Dünya atmosferindeki sera gazlarının bazılarında meydana gelen ani yükselmelerin sebepleri olarak birçok neden gösterilmektedir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu özellikle son 50 yıllık dönemde çok hızlı bir artış göstermiş ve günümüzde 380 ppm değerinin üzerine kadar çıkmıştır. Atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonu son on yıl boyunca her yıl ortalama 1.9 ppm artmıştır. Küresel sıcaklıkta da son 50 yılda doğrusal bir artış eğilimi vardır ve her on yılda ortalama 0.19 °C gibi bir artış söz konusudur. Gelecek 20 yılda da hava sıcaklığının ortalama 0.2 °C/10 yıl şeklinde artacağı tahmin edilmektedir. Farklı gelecek şartlarına göre hazırlanan senaryoların sonucunda iklim modelleri vasıtasıyla 2100 yılına kadar küresel hava sıcaklığının minimum 1.1 °C ile maksimum 6.4 °C'ye kadar artabileceği öngörülmektedir (IPCC, 2007). Bu durum küresel ısınmaya ve sonuçta iklimin değişmesine neden olmaktadır (Şaylan, 2007).

### KYOTO PROTOKOLÜ

1992 yılında Rio De Janeiro'da kabul edilen ve 1994'te yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ek olarak kabul edilen olan bu protokol, 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde görüşülerek kabul edilen bu protokol, 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Protokolün amacı,

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul  
saylan@itu.edu.tr

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunun, küresel iklimi tehlikeli bir biçimde etkilemeyecek seviyelerde tutmak veya artan bu konsantrasyonu düşürmek olarak özetlenebilir. Her ülke bu protokolü onaylamamıştır. Bu protokolün kabulü, ülkeler göre bazı sorumluluklar getirmektedir. Ülkelerin bu protokolü kabul etmesi yani sera gazı salınımlarını sınırlandırmaları ve azaltmaları, özellikle salınım neden olan kaynakların azaltılmasına, yutan kaynakların da artırılmasına dayanır. Salınım kaynaklarının-ki bunların en önemlisi sanayi, enerji sektörüdür- öncelikle verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Tarım ve Ormancılık sektörü de özellikle sürdürülebilirlik, tarım ve orman alanlarının kullanımındaki değişim, orman yangınları, hayvanlar vb. sebeplerle iklimi değişikliğine etkide bulunmaktadır. Tarımsal açıdan tarımın sürdürülebilirliğinin sağlanması ve arazi kullanımı/değişimi, yani sera gazı yutan ve salınan kaynakların artırılması ve korunması konusu son derece önemlidir. Her ülke bu protokol çerçevesinde kendi ülke sera gazı bütçesini (atmosfere verilen sera gazları ve atmosfere alınan sera gazlarının bütçesini) belirlemek ve burada atmosfere verilen miktarı düşürmekle ilgili bazı sorumlulukları kabul etmektedir. İklim değişikliğine neden olan faktörlerden özellikle insan faktörlü sera gazı emisyonlarının azaltılması günümüzün ve geleceğin en önemli konularından biridir. Bu bağlamda ülkeler için en önemlisi öncelikle sera gazları emisyon ve yutak bütçelerini uluslar arası kabul gören yöntemlerle ölçmek, belirlemek ve hesaplamaktır. Kyoto protokolü sonrasında yapılan ve yapılacak toplantılarda (Kopenhag zirvesi vb) dünyada özellikle sera gazı emisyonunda önemli paya sahip ülkelerin ve diğer ülkelerin artık bu sera gazı emisyonlarını azaltmak, yutak kapasitesini arttırmak için kararlar alınması (ülkelerin kabul edebileceği) ve bir an önce uygulamaya geçilmesi gerekmektedir. Atmosferik sera gazı konsantrasyonun azaltılmasının ekonomik bir yükü vardır, bu sebeple gelişmekte olan ülkelere sera gazı emisyonlarını azaltmak için teknik ve ekonomik desteğin sağlanması önemlidir. Ülkemizin yükümlülükleri olsa da olmasa da, özellikle sera gazı bütçemizin bileşenlerini bilimsel yöntemlerle belirleme, ölçme, izleme konularında araştırmalar artırılmalı ve geliştirmelidir.

### İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TARIM

İklim değişikliği, günümüzde etkisini hissettirmeyi sürdürmektedir ve araştırmacıların konu ile ilgili geleceğe yönelik çalışmalarının önemini de arttırmaktadır. Yapılan araştırmalar, yarı kurak enlemlerde yer alan Türkiye gibi ülkelerde artacağı tahmin edilen ortalama sıcaklık değerlerine bağlı olarak, özellikle kuraklık ve su kaynakları kullanımı konularında olası sorunlara işaret etmektedir.

Çatısız bir fabrikaya benzeyen tarım sektöründe üretimi etkileyen en önemli olaylar meteorolojiktir. Bu sebeple, Tarımsal Meteoroloji bilimi günümüzde en önemli araştırma alanlarından biri haline gelmiştir. Amaç tarımsal üretime meteorolojik faktörlerin etkilerini belirlemek ve üretimin artırılmasına tarımsal meteorolojik destek sağlamaktır. Kurak ve yarı kurak ülkelerin en önemli sorunları arasında yağışın miktar ve dağılımının yetersizliği nedeniyle bitkilerin gelişimi için yeterli miktarda ve gerekli zamanda ihtiyaç duyulan suyun bulunmaması yer almaktadır. Söz konusu ülkelerde tarımsal üretim genelde yağışın doğal dağılımına, miktarına ve sulama imkanlarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Kısacası kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış, tarımsal üretimi kontrol eden en önemli faktördür. Yarı kurak enlemlerde bulunan Türkiye'de de bazı bölgelerde kuraklık sorunu kendini özellikle tarım sektöründe ve ekosisteme yaptığı etkiler ile göstermektedir (Şaylan ve ark., 2003). Tarımsal açıdan bakıldığında ekstrem meteorolojik olaylar, örneğin çok sıcak, soğuk veya çok şiddetli yağışlı veya kurak günler bitki gelişimini ve verimini olumsuz etkileyebilir.

Tarım alanında iklim değişimi/değişikliğinin etkilerini belirlemek, küresel ve bölgesel iklim değişimi modellerinin sonuçlarına dayanarak yapılmaktadır (Çaldağ, 2009). Gelecek için elde edilen iklim değişimi ile ilgili senaryoların tarımsal anlamda önemi büyüktür. Dünya veya ülke gıda ihtiyacının karşılanabilmesi, uluslararası/ulusal politikaların belirlenebilmesi ve uygulanabilmesi için bu bilgilerin dikkate alınmasında yarar vardır. İklim değişiminin bitkiye etkileri bazı modeller ile bitkinin gelişimi benzetilerek belirlenebilir. Böylece herhangi bir meteorolojik faktörde meydana gelebilecek bir değişimin verime nasıl etki yapabileceği tahmin edilebilmektedir. Bu konuda 1994 yılından beri İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde Tarımsal Meteoroloji alanında model ile ilgili çalışmalar

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

yürütülmektedir. Halen Trakya'da bu konuda ölçüm ve gözlemlere dayanan uygulamalı bir TÜBİTAK Projesi (COST) yürütülmektedir.

Bilhassa ana besin kaynağımız olan buğday bitkisinin atmosferik parametrelerde meydana gelebilecek değişimlere göstereceği hassasiyet, bitki-iklim modeli kullanılarak Türkiye'nin tarım alanlarında yetiştirilen verim açısından değerlendirilebilir. Örneğin, sıcaklığın 1°C artması durumunun verimini ne kadar azaltacağı/arttıracığı model tarafından öngörülebilir. Yağış, nem, güneş radyasyonu CO<sub>2</sub> konsantrasyonu gibi faktörlerin tek tek veya birleşik etkileri de incelenebilir.

Kuru tarımın hakim olduğu ülkemizde yine de kullanılan suyun yaklaşık dörtte üçü tarım alanında değerlendirilmektedir. Sulama yapılan alanlarımızın yüzölçümü 5 milyon ha civarındadır. Bu durum Türkiye'de özellikle kuraklık açısından değerlendirildiğinde; yağışlardaki eksik, kuraklığın artması sonucunda er ya da geç, tarımda kullanılacak suyun azaltılması zorunluluğunu ortaya çıkaracaktır. Genellikle sulama konusunda uzman olan tarım mühendislerinin önceden bildiği, ülkemizde bazı bölgelerde zamana ve bölgeye bağlı olarak su kayıplarını azaltan, daha verimli sulama yöntemleri yeni bir çözüm değildir. Önemli olan, çözüm yollarının uygulanmasının yaygınlaşmasını sağlamaktır (Şaylan, 2007).

İklim değişiminin en fazla etkilediği faktörlerden yağışın dağılımı, miktarı ve kalitesidir. Yağışın şiddetinde artmaların olması, kurak dönemlerin yaşanması Türkiye gibi ülkeler için önümüzdeki yıllarda karşılaşılabilecek önemli sorunlardandır. İklim bilimcilerin elde ettiği simulasyon sonuçları, Türkiye'nin özellikle bazı bölgelerinde yağışta 2100 yılına kadar olan dönemde ciddi miktarlarda azalma olabileceğine işaret etmektedir. Yağış miktarının azalması ile ilgili bu tahmin nüfus artışı ile birlikte düşünüldüğünde gelecekte kişi başına düşen suyun miktarının daha da azalacağı ortaya çıkmaktadır ki, bu da bizleri suyun miktar ve kalite olarak öneminin gelecek yıllarda daha da artacağı sonucunu çıkarmaya götürmektedir.

Ülkelerin hatta şehirlerin gelecekteki kuraklık durumuna göre risk ve eylem planlarını oluşturması gerekmektedir. Günümüzde yağışlarda meydana gelen azalmalar ve artan sıcaklıklar içme, kullanma ve tarımsal amaçlı sulama suyunun azalmasına neden olmaktadır. Sanayi sektörü de doğrudan veya dolaylı olarak kuraklıktan etkilenmektedir. Sıcaklık artışları ve radyasyonda meydana gelecek artışların buharlaşmayı artırması beklenir. Azalması beklenen yağışlarla gelen suyun, buharlaşma ile giden miktarının artması, bize teorik olarak su dengesinde biriken su miktarının azalacağını işaret etmektedir. Tarımın yanısıra her alanı ilgilendiren su ile ilgili iklim değişikliği senaryolarının, gelecek ile ilgili sonuçları dikkate alınarak planlar hazırlanmalı ve alınabilecek önlemler belirlenmelidir. Gelecekte tarımsal amaçlı su kullanımının, özellikle sulama sistemlerinin, bu sistemlerdeki iletim kayıplarının ve sulama yöntemlerinin gözden geçirilmesi söz konusudur. Bu konuda halen bazı destekler verilmektedir. Ancak sulama alanına iletilen suyun iletim kayıplarının da azaltılması için önlemler alınmalıdır. Mevcut su depolama tesislerinin, akarsularımızın ve yer altı sularımızın iklim değişiminden nasıl etkilenebileceği incelenmelidir. Yapılmış incelemelerin sonuçları, muhakkak bu sistemlerin sürdürülebilirliğinde dikkate alınmalıdır.

1990'lı yıllarda enerji üretimimizin % 48'i petrol ürünleri kullanılarak üretilirken 2004 yılında bu değer % 39'a gerilemiş, aynı dönemde doğal gazın kullanımı ise % 2'den % 13'e yükselmiştir. Aynı zaman aralığında ülkemizde kullanılan enerjinin % 35'ini sanayi sektörü harcarken 14 yıl sonra bu sektörün enerji tüketimi toplamın % 42'sine çıkmıştır. Tarım sektörünün enerji kullanımını 1990 yılından 2004 yılına gelindiğinde değişmemiş, % 5 seviyesinde kalmıştır (FNCTCC, 2007).

Türkiye'nin atmosfere sera gazı emisyonu 1990'lı yıllardan 2004' e kadar ki dönemde % 74 yükselmiştir (TURKSTAT, 2007). Bu dönemde tarım sektöründe enerji kullanımının sabit kaldığı düşünülürse sanayi tarafından kullanılan enerjideki % 7'lik artışın sera gazı artışı ile ilişkilendirilmesi mümkün olabilir. Bu sebeple enerji sektörünün ülkemizin toplam sera gazı emisyonunun % 76.7'sini oluşturduğu belirtilmektedir. Türkiye'de kişi başına 2003 yılı verilerine göre CO<sub>2</sub> emisyonu 3.3 ton'dur. Sera gazları emisyonumuzun % 5.1'i tarım sektöründen kaynaklanırken, % 8.9'unu endüstri sektörü oluşturmaktadır. Sera gazlarının emisyonunda CO<sub>2</sub>'in payı % 81.5, CH<sub>4</sub>'ün payı %15.6 ve N<sub>2</sub>O'un payı da

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

% 1.8'dir. Atmosfere verdiğimiz sera gazlarını CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak ifade ettiğimizde toplam miktarın ancak % 25'ini atmosferden geri alınabildiği (yutaklarda) belirtilmiştir (TURKSTAT, 2007).

Atmosferimizin küresel ortalama sıcaklığı 15 °C civarındadır. Bilindiği gibi, sera gazları atmosferimizde gerekli olan gazlardır ve atmosferde sera gazları bulunmasalardı küresel olarak hava sıcaklığı bugünkü durumundan yaklaşık 30 °C daha düşük olurdu. Bu bakımdan atmosferde sera gazlarının bulunması gereklidir. Fakat, sera gazları konsantrasyonlarındaki artış doğal değildir ve çok hızlıdır. Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> gazının Karbon (C) olarak depolandığı yerlerden en önemlisi okyanuslar ve derinlikleridir. İkinci derecede önemli depolama kaynağı fosil kaynakların bulunduğu yerler ve bunu takiben topraktır. Kara yüzeylerinde ise bitkilerle kaplı alanlar, atmosferler ile en hızlı karbon değişiminin meydana geldiği yerlerdir. O halde atmosferden sera gazını yutacak kaynakların artırılması gerekmektedir. İklimin değişmesi sonucu ülkemizin bulunduğu enlemler için yapılan tahminlerin yağışlarda gelecekte bir azalmanın olacağını ortaya koyması bu bağlamda düşündürücüdür.

Ülkemizin, 1990 yılında 29.2 Tg olan CH<sub>4</sub> emisyonu 2004 yılında 46.3 Tg'a çıkmıştır. Bu önemli bir artıştır ve artışın yarısından fazlasını katı atıklardan (çöp) gelen emisyon oluşturmaktadır. Tarım sektöründen kaynaklanan CH<sub>4</sub> toplam salınımının 1990'lı yıllarda % 22'sini oluştururken, 2004 yılında bu salınım miktarı % 8'e düşmüştür. Dikkat çekici olan enerji ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan CH<sub>4</sub>'ün payının söz konusu 14 yıllık dönemde % 15'lerden % 32'lere çıkmasıdır. N<sub>2</sub>O emisyonu durumumuza bakıldığında, tarımın toplam N<sub>2</sub>O emisyonundaki payının 1990'dan 2004'e kadar değişmediği ve % 10.8'lük bir paya sahip olduğu bildirilmektedir (TURKSTAT, 2007; FNCTCC, 2007).

Toplam sera gazları emisyonumuzun % 81.5'inin CO<sub>2</sub>'den, % 15.6'sının CH<sub>4</sub>'ten ve % 1.8'inin N<sub>2</sub>O'ten oluştuğu ülkemiz 2003 yılı verilerine göre, Türkiye'de kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu 3.3 ton'dur (FNCTCC, 2007). Toplam sera gazı emisyonunun büyük bir miktarının (%76.7) enerji sektöründen kaynaklandığı belirtilmektedir (FNCTCC, 2007). Tarım sektörünün bu emisyon içindeki payı ise sadece % 5.1'dir. Endüstri sektörü, enerji sektörünü takiben ikinci en büyük emisyon kaynağını (% 8.9'lük bir payla) oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, gelecekteki olası durumlar tespit edilerek, iklim değişiminin ülkemize etkileri ile ilgili planlar yapılmalı ve bu çerçevede özellikle bitkiler, hayvanlar ve su kaynakları açısından yeni çevresel şartlara adaptasyon koşulları incelenmeli ve adapte olabilecek çeşitler üzerine çalışmalar başlatılmalıdır. İlave olarak ülkemizde iklim değişimi ve etkilerini farklı disiplinler açısından izleyecek, tarımsal meteorolojik açıdan araştırma yapacak/yaptırarak, sonuçlarını değerlendirecek bir organizasyona da ihtiyaç bulunmaktadır.

Ülkemizde konu ile ilgili yapılması gerekenler özellikle tarım sektörü için değerlendirilecek olursa, küresel iklim değişiminin ülkemize yansımalarını ve bununda tarıma etkisini araştırarak ve izleyecek bir merkeze ve uzmanlar grubuna ihtiyaç vardır. Ülkemizin tarım (hayvancılık dahil) sektörünün atmosfere verdiği ve aldığı sera gazları bütçesinin belirlenmesi için uluslar arası kabul gören bilimsel yöntemler kullanılarak, gerekli veri tabanları oluşturulmalıdır. Buğday bitkisinden atmosfere verilen ve atmosferden alınan CO<sub>2</sub> miktarının belirlenmesi amacıyla bir TÜBİTAK projesi halen Trakya'da yürütülmektedir. Bu tür çalışmaların ülkede yaygınlaştırılması ve ormanlarda da uygulanması gerekmektedir. İlgili veritabanı oluşturulurken öncelikle iklim değişikliğinin tarıma olası etkileri ve değişime ülkemiz tarımının uyum sağlayıp sağlamayacağı belirlenmeli ve zararın azaltılması için neler yapılması gerektiği araştırılmalıdır. Bu çalışmalar belirli bir merkez tarafından yönlendirilmeli ve gelecekteki iklim değişikliğinin tarıma yapabileceği etkiler tüm boyutları ile değerlendirilmelidir.

## Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

### TEŞEKKÜR

*İklim değişikliğinin tarıma etkileri ile Karbondioksit ve Su Buharı akıları konularındaki araştırmalara verdiği desteklerden ötürü TÜBİTAK'a (108O567 nolu COST ve 109R006 nolu 1001 projeleri kapsamında) teşekkürü bir borç bilirim.*

### KAYNAKLAR

Çaldağ, B., 2009. Trakya Bölgesi'nin Tarımsal Meteorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ağustos 2009, 258 s.

FNCTCC, 2007. "First National Communication of Turkey on Climate Change", Coordinated by Ministry of Environment and Forestry. Editors: Günay Apak and Bahar Ubay.

IPCC, 2007. Climate change 2007: Physical Science Basis, Summary for Policymakers, 1-21.

Şaylan, L., B. Çaldağ, F. Bakanoğulları, H. Toros, O. Şen, M. Kadioğlu, K. Koçak, F. Avşar, M. A. Gürbüz, M. Yazgan ve K. Alp, 2003. Trakya bölgesini kuraklık, asit yağışları ve yağış rejiminin incelenmesi projesi, 3. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 19-21 Mart 2003, İstanbul, Türkiye, 97-106.

Şaylan, L., 2007. Ekosistemin CO2 değişiminin belirlenmesi, 1. Türkiye İklim Değişimi Kongresi, TİKDEK 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi 11-13 Nisan 2007.

Şaylan, L. ve Çaldağ, B. 2007, İklim değişiklikleri ve kuraklık, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 22 Mart 2007, Tekirdağ, 14-23.

Şaylan, L., 2008. Karbondioksit ve enerji akılarının Tarım ve Orman Alanlarında Belirlenmesi, TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart 2008, Ankara, 121-130.

TURKSTAT, 2007. "Greenhouse gas emissions inventory, 1990-2004", No:197. /<http://www.turkstat.gov.tr>, (17 Mart 2007'de ilgili web sayfası incelenmiştir.).