

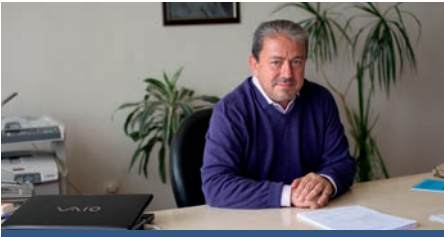
# Süper Tayfun Yeni Bir Alarmı mı?

Haiyan yani Filipinler'deki adıyla Yolanda Tayfunu, Filipinler'in tarihinde yaşadığı en büyük doğal afet olmasının yanı sıra Dünya'nın bugüne kadar gördüğü en şiddetli tropikal tayfun şöhretini de kazandı. Haber kaynakları 8 Kasım'da meydana gelen 5. derece (en tehlikeli) dev tropikal tayfunun 5000'den fazla insanın ölümüne sebep olduğunu söylüyor.

**G**eçtiğimiz Eylül ayında düzenlenen Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliği Paneli sonrası hazırlanan basın bülteninde değil, ama panel raporunda ve rapor özetinde, küresel ısınmanın son yıllarda biraz yavaşladığını kanıtlayan bir veri bulunuyor: Küresel ısınma 1951 ile 1998 arasında her 10 senede ortalama 0,12 civarında artarken, 1998 ile 2012 arasındaki 10 senelik artış ortalaması 0,05 civarında kalmış. Popüler bilim dergilerine de yansıyan bu verinin, bir tür teselli kaynağı olduğu söylenebilir.

Saatteki hızı 315 kilometreye ulaşan Haiyan'ın vurduğu liman şehri Tacloban, neredeyse tümüyle harap olmuş durumda. Tayfunun daha önce kaydedilmemiş derecedeki şiddeti dahi, tek başına bu felaket ile küresel ısınmanın denizler ve okyanuslar üzerindeki etkisi arasında bilimsel bir ilişki olup olmadığı sorusunu akla getiriyor.

Ama Haiyan Tayfunu'nun iklim tarihinde daha önce kaydedilmemiş yıkıcılıktaki hızı, İklim Paneli'nde çizilen küresel ısınma resmine koyu bir gölge düşürerek ona görece uzaktan bakmaları her zamankinden daha yakına çekti. Tahmin edileceği gibi, sadece son beş-on yılda yapılmış önemli bazı yayınlara bakmak bile, bilim insanlarının küresel ısınma ile uç hava olayları (mevsim normallerinin çok dışında seyreden hava olayları) arasındaki muhtemel ilişki konusunda çok farklı değerlendirmelere sahip olabildiğini gözler önüne seriyor.



## Dünyamız Isındıkça Meteorolojik Afetler Artıyor

Prof. Dr. Orhan Şen

İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi  
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Doğal afetlerin son yıllarda hem sayılarının hem de şiddetlerinin artmasının nedeni, küresel ısınmanın sonucu olan iklim değişikliğidir. İklim değişikliğinin belirtilerini meteorolojik uç değerlerdeki artış olarak biliyoruz. Bu uç değerler aşırı yağış, şiddetli fırtınalar ve sıcaklığın artışıdır. Çok yakın geçmişte Türkiye ve Dünya bunları yaşadı ve yaşamaya da devam ediyor. Küresel ısınmanın önüne geçilemediği için uç değerlerdeki artış daha da artarak sürecek. Küresel sıcaklıkta 1°C'lik artış uç değerlerdeki olayları %30 dolayında artırıyor.

İklim değişikliğinin asıl nedeni küresel ısınmadır. Küresel ısınma, atmosferdeki sera gazı emisyonlarının insan etkinlikleri ile art-

masıdır. Bu etkinlikler nüfus artışı ve buna bağlı olarak enerji tüketimi, toprak kullanımı, uluslararası ticaret ve ulaşım gibi diğer insan etkinliklerindeki artış ve sanayinin gelişmesidir. Sera gazları, Güneş'ten Dünya'ya gelen ve dalga boyu kısa olan radyasyonun yeryüzü tarafından emilip dalga boyu uzun radyasyon halinde atmosfer dışına geri dönmesini büyük ölçüde engeller. Dolayısıyla Dünya'nın ortalama sıcaklığı artar. Dünya'nın ortalama sıcaklığı 2012 yılı itibarı ile 1880'ler öncesine göre yaklaşık 1,9°C artmıştır. Eğer önlem alınmaz ise, bu değer 2050 yılına kadar 4,5°C'ye kadar çıkması bekleniyor.

Atmosferin ısınması, okyanusların da ısınmasına neden oluyor. Tayfunlar geniş okyanus yüzeylerinde oluşur. Okyanusların yüzey suyu sıcaklığının artması, bu tür meteorolojik afetlerin hem şiddetini hem de frekansını artırıyor. Haiyan Tayfunu'nun bu derece şiddetli olmasının nedenlerinden biri de bu bölgede mevsim itibarıyla Güneş'ten gelen enerjinin fazla olmasıdır. Dolayısıyla aşırı ısınan okyanus yüzey suyu bölgede tayfunun oluşumunu başlatmıştır. Güney yarım kürede me-

teorolojik sistemlerin doğudan batıya doğru hareket etmesi, bu tayfunun oluşumundan hemen sonra batıya doğru hareket ederek yerleşim bölgesinin üzerinde doğal afete dönüşmesine neden olmuştur. Ortalama hızı 315 km/saat olan tayfunun hamleli rüzgâr hızı 380 km/saate kadar çıkmıştır. Metrekareye 400 kg yağış düşmesi ve dalga yüksekliğinin zaman zaman 10 metreyi geçmesi Haiyan Tayfunu'nun tam bir afet yaşatmasına neden olmuştur. Haiyan Tayfunu'na kadar, rüzgâr en şiddetli fırtına 1969'da ABD'yi vuran, Camille Kasırgası'nda kaydedilmişti. Meteorolojik karakterli afetlerin artışını durdurmanın en önemli yolu atmosfere salınan sera gazlarının miktarını azaltarak küresel ısınmayı frenlemektir. Bu sorumluluk gelişmiş ülkelere aittir. Bu afetlere en çok maruz kalan geri kalmış ülkelerin, sera gazlarının atmosfere çıkışına katkısı yok. 2012 yılında Katar'ın başkenti Doha'da yapılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda ısıyı hapseden sera gazlarının, örneğin karbondioksitin atmosferdeki yoğunluğunun 2000 yılından beri yüzde 20 arttığı belirtilmiştir.



Örneğin ABD'nin seçkin üniversitelerinden MIT'de atmosfer bilimleri alanında çalışan yetkin bilim insanı Kerry Emanuel, 2005'te *Nature*'de yayımladığı ünlü makalesinde, istatistiksel verilere dayanarak küresel ısınmanın aşırı hava olaylarına neden olmadığını açıkça ifade etti. Emanuel'e göre, kuram ve modelleme bunun aksini söylese dahi, tarihsel hortum trendinin istatistik-

sel sonuçları farklı veriler sunuyor. 1970'lerin ortalarından itibaren artan hortum yoğunluğu, geride bıraktığımız 500 yıldaki herhangi bir dönemle karşılaştırıldığında %80 daha fazla.

Ancak bu artışın küresel ısınmayla ilişkisi bilimsel verilerle kanıtlanamıyor. Emanuel'e göre bu yoğunluk, hava durumundaki değişimlerin sayısının çok fazla olmasıyla ilişkili.

## Tayfun, Siklon, Kasırga ve Hortum: Benzerlikler ve Farklılıklar

Tayfun, siklon, kasırga ve hortum terimleri esasen farklı büyüklüklerdeki, şiddetli atmosferik burgaç rüzgârları (spiral şeklinde esen girdabımsı rüzgârlar) ifade ediyor. Bununla beraber, Türkiye’de yaygın olarak tümü için kullanılan “hortum” adından yola çıkarak deniz ve kara hortumları biçiminde temel bir ayırım yapılabilir.

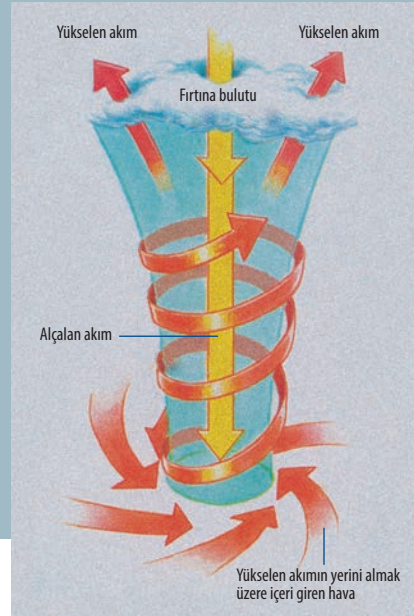
Deniz hortumları denizlerde ve okyanuslarda ortaya çıkan, şiddetli rüzgârla burgaç şeklinde dönen ve kimi zaman da karaya kadar ulaşan, çok şiddetli tropikal fırtınalar şeklinde tanımlanabilir. Deniz hortumları hangi okyanuslar üzerinde gerçekleştiklerine bağlı olarak bilim çevrelerince farklı isimlerle anılıyor. Büyük Okyanus’un kuzeydoğusundaki deniz hortumlarına tayfun, Büyük Okyanus’un güneyi ve Hint Okyanusu’ndakilere siklon, Atlas Okyanusu ve Büyük Okyanus’un kuzeyindekilere kasırga deniyor. Sadece okyanuslarda ve denizlerde gerçekleşip karaya ulaşmayan deniz hortumları günlerce sürebiliyor.

Kara hortumları ise tropikal deniz fırtınalarının kara uzantıları ya da tamamen kara kaynaklı olabiliyor. Tamamen kara kaynaklı hortumların şiddeti ve zarar seviyesi düşüktür. Her ikisi de sadece boranbuluta (kümülonimbüs) bağlı olarak meydana geliyor. Ancak kesinlikle karayla bağlantılı biçimde, kara üzerinde gerçekleşiyor. Kısacası bir deniz hortumu kara hortumuna dönüşebilirken, kara hortumu deniz hortumuna dönüşmeden karada, çok daha tehlikesiz ve kısa sürede ortaya çıkıp kayboluyor. İkisinin en önemli ortak yönü burgaç rüzgârların merkezinde alçak basınç, dışında ise yüksek basınç olması. Alçak basınç merkezi etrafında hızla dönen hava (rüzgâr) ise hepsinin ortak özelliği.

Bununla beraber şiddetli rüzgârın oluşturduğu burgaçların eksen genişliği deniz hortumları ile kara hortumları arasındaki önemli fark. Deniz hortumlarının (tayfun, siklon ve kasırga) eksenleri yüzlerce kilometreye kadar çıkabildiği halde, kara hortumlarının eksenleri yaklaşık 0,4 kilometreden büyük olmuyor. Ayrıca deniz hortumlarının eksenleri dikeye yakın ve içindeki hava yukarı doğru hareket ediyor. Kara hortumlarının eksenleri dikeye yakın açılardan yataya yakın açılara kadar değişik açılarda olabiliyor; eğimleri ve hava hareketleri de karmaşık olabiliyor.

Bir deniz hortumu 100’den fazla kara hortumu yaratabiliyor. Ancak boranbuluta bağlı, deniz kaynaklı kara hortumu eksenini küçük olsa da şiddeti ve yıkıcılığı açısından denizlerde ve okyanuslarda günlerce sürebilen devasa hortumlardan çok daha tehlikeli. ABD’deki Rhode Island Üniversitesi’nin Hurricane Science Merkezi tarafından yayımlanan bilgilere göre, denizdeki hortumların saatteki or-

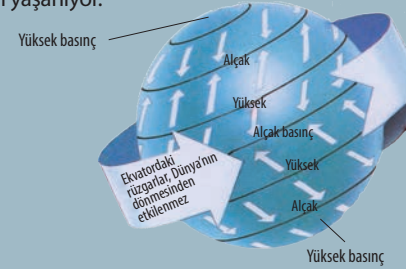
**Hortumun Oluşumu:** İçeri giren hava dönerek sarmal biçimli bir rüzgâr haline gelir. Sarmal daraldıkça rüzgârın hızı artar.



talama hızı 290 km’den az olduğu halde kara hortumlarının hızı saatte 483 km’yi aşabiliyor. Öte yandan tek bir boranbuluttan bir kaç kara hortumunun oluştuğu da bilimsel makalelerde yer alıyor.

Henüz tümüyle açıklanamasa da bir dizi doğal olayın tropikal deniz hortumlarına sebep olduğu bilim insanlarının kabul görüşü. Bunların başlıcaları atmosferik dengesizlik, tropikal okyanusların ısınması sonucu ortaya çıkan nem ve görece hafif rüzgârlar. Tüm bu şartlar belli bir süre bir arada bulununca şiddetli rüzgârlar, devasa dalgalar, aşırı yağmurlar, seller ve belli bir odak etrafında saat yönünde ya da tersinde burgaç şeklinde dönen, çok şiddetli yağmur ve fırtına bantlarından oluşan, yıkıcı hortumlar meydana gelebiliyor.

Çoğu tropikal okyanus kaynaklı kara hortumları -boranbulut oluşmayan kutuplar haricinde- sıcak mevsimler süresince Dünya’nın hemen hemen her yerinde ortaya çıkabiliyor. Ancak en fazla ABD’nin orta-batısındaki eyaletlerde görülüyor. Bu bölgelerde her yıl özellikle ilkbahar sonrası, yaz başlangıcı ve sonbahar boyunca en az birkaç düzine hortum olayı yaşanıyor.

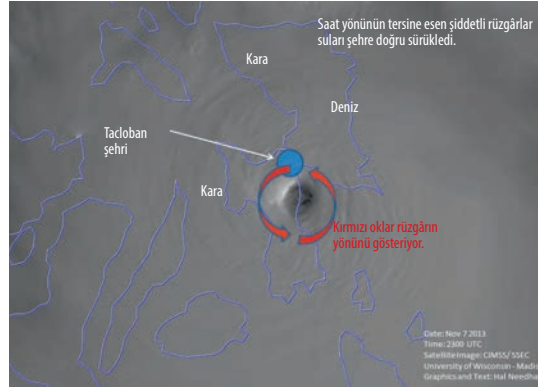
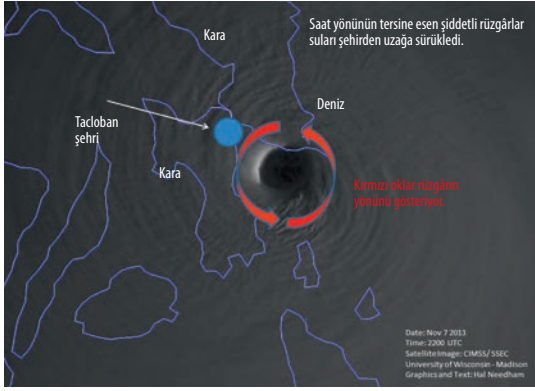


**Dünya’nın Rüzgârları:** Dünya üzerindeki basınç dağılımı, havanın yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hareket etmesiyle, yatay rüzgârları oluşturur. Dünya dönmeydi bu rüzgârlar düz yollar izleyecekti. Ama Dünya’nın dönmesi, rüzgârları yön değiştirmeye zorlar. Rüzgârlar yüksek basınçlı bölgelerden alçak basınçlı bölgelere sarmal çizerek eser. Bu rüzgârların kuzey yarımkürede sağa, güney yarımkürede sola sapmasına neden olur. Buna Coriolis kuvveti denir.

Emanuel’in son kırk yılda %80 artan hortumları hava durumu değişimlerine, yani bir tür rastlantısallığa yoruyor olması insanın aklına dünyada “iklimci dede” lakabıyla ün yapmış başka bir bilim insanının, James Hansen’in iklimbilim çevrelerinde bilinen “iklim zarı” metaforunu getiriyor. Hansen NASA’da yöneticilik yap-

tığı 1988’de yayımladığı “Goddard Uzay Araştırmaları Enstitüsü’nün Üç Boyutlu Modeliyle Yapılan Küresel İklim Değişikliği Tahmini” başlıklı makalesinde şu uyarıda bulunuyordu: İki yüzü mavi (soğuk), iki yüzü kırmızı (sıcak), iki yüzü de beyaz

(ılık) bir zar atıldığında, yüzlerden herhangi birinin gelme olasılığının birbirine eşit olması gibi, Dünya’daki sıcaklık değişim olasılıklarının da dengeli olması gerekir. Ancak sera gazları salımı bugünkü haliyle devam ettiği takdirde 21. yüzyıl başlarında iklim zarının 6 yüzünden 4’ü kırmızıya dönüşebilir.



Süper Tayfun Haiyan, Tacloban şehrinin doğusunda oluşunca yoğun kuzey rüzgârları dalgaları şiddetlendirdi.  
Uydu Görüntüsü:  
CIMSS/SSEC/Wisconsin Univ.,  
Tarih: 7 Kasım 2013, Saat: 22:00 (yerel saat) (solda)

Haiyan'ın yayılma merkezi batıya hareket ettiği için Tacloban yakınındaki rüzgârlar aniden güneydoğuya döndü. Rüzgâr yönündeki bu ani değişim sudan bir duvarın şehrin içine girmesine sebep oldu.  
Uydu Görüntüsü:  
CIMSS/SSEC/Wisconsin Univ.,  
Tarih: 7 Kasım 2013, Saat: 23:00 (yerel saat) (sağda)

Tacloban şehri, Haiyan Tayfunu'ndan önce (üstte) ve sonra (altta)



AFP

Hansen son bilimsel makalesinde, küresel ısınmada son yıllarda gözlenen azalmanın ne anlama geldiğini incelemiştir. Hansen'e göre, sera gazlarından kaynaklı küresel ısınmanın kısa vadede, havadaki aerosoller ve biyosferin (canlıların ilişki halinde bulunduğu yeryüzü tabakası) beslenmesi aracılığıyla maskeleyenmesi "şeytanla pazarlığa benziyor". Bu durumu şöyle izah etmiş: Havada asılı kalan sıvı ya da katı çeşitli parçacıklar aerosollerini oluşturuyor. Bunların atmosferde soğutma etkisi yarattığı biliniyor. Fosil yakıt tüketimi sırasında ortaya çıkan azot, sülfat gibi çok zararlı aerosoller biyosfer dokusunu inşa etmede gerekli olan, besleyici maddelerden. Bunlar biyosferdeki karbondioksit tutulumunu artırıyor. Dolayısıyla bu noktadan bakıldığında kirlilik ile ısınmadaki azalma arasında görünüşte olumlu, ancak son derece tehlikeli bir ilişki var. Çünkü bu duraklama, okyanusların hızla ısınıp yükselmesini ve fosil kaynakların azalmasını hiçbir şekilde etkilemiyor. Kaldı ki, ne aerosoller biyosferi daha sağlıklı hale getiriyor ne de karbon tutulumunun süresiz devam edeceği ileri sürülebilir. Hansen, insan ürünü küresel ısınmanın zararlı etkilerini engellemek için geriye kalan fosil yakıtları toprakta bırakmak durumunda olduğumuzu vurguluyor.

Öte yandan, Haiyan Tayfunu'ndan sadece bir kaç gün önce *Science* dergisinde yayımlanan bir başka makalede Büyük Okyanus'un kuzeyindeki suların 1950'lerden sonra hızla ve artarak ısındığı ortaya konuldu. Makaleye göre yaklaşık son elli yıldır okyanus sıcaklığında gözlenen hızlı artış ve bunun sonucunda deniz seviyesinin yükselmesi küresel ısınmanın en güçlü göstergeleri. Fosillerin kabuklarının üzerindeki kimyasal izler, okyanus sıcaklığına dair tarihsel veriler sağlıyor. Rutgers ve Columbia üniversitelerinden bilim insanları okyanus altından alınan kabuklu hayvan fosillerini inceleyerek 10.000 yıl geriye giden veriler elde etti. Buna göre Büyük Okyanus'un kuzeyi ve Antarktika'daki su kütleleri, günümüzden 10.000 yıl öncesine kadar 2,1 derece ile 1,5 derece arasın-

da ısınmış, ancak son 60 yıl içindeki ısınma 10.000 yıldır gerçekleşen ısınma döngülerinden tam 15 kat hızlı gerçekleşmiştir.

Filipinler'de her yıl ortalama 20 tayfun oluyor. Ancak Haiyan bu yılki 25. tayfundu. Miami Üniversitesi'nde süper tayfunlar üzerine çalışan deniz fiziği profesörü Hans Graber'e göre Büyük Okyanus'un Filipinler'in konumlandığı kıyısındaki derin sular aşırı sıcak. Dolayısıyla uygun atmosferik şartlar ve akıntılar oluştuğunda bir süper tayfun oluşması kaçınılmaz.

Bilim dünyası tayfun gibi uç hava olaylarının oluşum sürecini çözmüş değil. Örneğin tayfunların ve kasırgaların temel fiziksel mekanizmaları aynı, ama Christopher S. Velden tayfunlarda oluşan hortum hunilerinin neden daha yoğun iç rüzgâr gözlerine sahip olduğunun hâlâ bilinmediğini söylüyor. ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Kurumu'nda (NOAA) tayfun ve kasırgaların oluşumu üzerine çalışan Christopher S. Velden ve grubu, fırtınaları saran bulut katmanlarına nüfuz edebilecek görüntüleme özelliği olan uydular üzerinde çalışıyor. Kızılötesi görüntüleme yerine mikro ve kısa dalga görüntüleme yöntemleriyle daha net sonuçlara ulaşılması elbette çok umut verici. Ancak yukarıda sadece bir kaçına değindiğimiz seçkin bilimsel çalışmalar, insanoğlunun sebep olduğu küresel ısınmanın uç hava olaylarını tetikleyip artırdığını ortaya koyuyor. Dolayısıyla, akademi çevrelerinin küresel çevre politikaları konusunda karar vericiler üzerinde etkili olması, Dünyamızın çevre felaketlerinin arttığı değil azaldığı yüzyıllara uzanması için tek gerçekçi çözüm gibi duruyor.

#### Kaynaklar

- [http://www.ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/ar5/press\\_release\\_ar5\\_wgi\\_en.pdf](http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/press_release_ar5_wgi_en.pdf)
- [http://www.climate2013.org/images/uploads/WGI\\_AR5\\_SPM\\_brochure.pdf](http://www.climate2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf)
- <ftp://texmex.mit.edu/pub/emanuel/PAPERS/NATURE03906.pdf>
- [http://pubs.giss.nasa.gov/docs/1988/1988\\_Hansen\\_et\\_al.pdf](http://pubs.giss.nasa.gov/docs/1988/1988_Hansen_et_al.pdf)
- <http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/4/044035/article>
- <http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/1/011006/>
- <http://oceanservice.noaa.gov/facts/cyclone.html>
- <http://www.hurricanesociety.org/society/impacts/tornadoes/>
- <http://www.eolss.net/sample-chapters/c01/E4-06-02-03.pdf>
- <http://www.sciencemag.org/content/342/6158/617>
- <http://news.discovery.com/earth/weather-extreme-events/typhoon-haiyans-death-toll-rises-to-10000-131110.htm>