

ŞEHİRLEŞMENİN MARMARA BÖLGESİNDEKİ YAĞIŞLARA ETKİSİ*

Miktad KADIOĞLU

1961 Maçka-Trabzon doğumludur. 1994 yılında doçentliğini İTÜ, 1991 yılında doktora ve 1987 yılında yüksek lisans derecelerini Amerika Birleşik Devletlerinde, Missouri Üniversitesi'nin Atmosferik Bilimler Bölümünden almıştır. Lisans derecesi ile de 1984 yılında İTÜ'nin Meteoroloji Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. ABD'de doktora öğrenimi sırasında University of Missouri-Columbia'da 1990-91 yılının En İyi Doktora öğrencisi seçilmiştir. Atmosfer Bilimleri konusunda yurt içi ve yurt dışında yayınları vardır. Halen İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Bölümü'nde öğretim üyesi ve bölüm başkan yardımcısı olarak görev yapmaktadır.

ÖZET

Şehirleşmeden dolayı yerleşim bölgelerinin yüzeylerinde oluşan pürüzlülüğün ve artan sosyo-ekonomik etkinlikler sonucu atmosfere salınan kirleticilerin, şehirlerde yağış artışına sebep olduğu bilinmektedir. Marmara gibi çok büyük nüfusu barındıran bir bölgede aşırı şehirleşmeden çevre iklimi de etkilenmekte ve bölgede yoğunlaşan nüfus ve sanayinin ulaştığı tatlı su talebinin karşılanması da mümkün olamamaktadır. Bu yüzden yetersiz olan su kaynaklarının en iyi şekilde işletimi bir zorunluluk haline gelmiştir. Son yıllarda Marmara bölgesinde görülen aşırı şehirleşmeden dolayı yağışlarda bir farklılık olup olmadığını araştırmak gerekir. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde DMİ'ye ait 40 meteoroloji istasyonunun günlük yağış verileri analiz edilmiştir. Yıllık yağışlı gün sayıları ile aşırı yağış görülen gün sayılarına Mann-Kendall trend analizi yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak bölgedeki büyük şehirlerin doğu kasımlarında yağışlı günlerin sayısında artış olduğu gösterilerek bölgedeki şehirleşmenin günlük yağış üzerine olan etkisi belirlenmiştir.

GİRİŞ

Endüstri devrimi ile kentleşme hızlanarak şehirlerin iklimi değişmeye başladı. Böylece insanın iklime en belirgin etkisi, şehirselleşme sonucu atmosferik çevrenin değişmesi ile oluştu. Her yolun, fabrikanın, iş merkezlerinin ve evlerin inşası, varolan mikro iklime etki eder. Kentsel çevre büyüdükçe, iklimi de çevresindeki bölgeden farklı olmaya başlar. Nitekim kent gecelerinin, kırsal bölgelerin gecelerinden daha sıcak olduğunu biliyor ve bunu artık "şehirselleşme ısı adası" olarak adlandırıyoruz.

Geçen yüzyılın başında dünya nüfusunun %2'si şehirde yaşıyordu. Bugün ise, dünya nüfusu büyümekle kalmadı, insan nüfusunun büyük bir çoğunluğu kentlerde oturmaya başladı. Tüm dünyayı düşündüğümüzde; belki dünya nüfusunun çeyreği şehirlerde yaşıyor. Batı Avrupa, Amerika ve Japonya'nın dahil olduğu bölgelerde ise oran, bunun iki veya üç misli kadardır (Ahrens, 1988; Lutgens and Tarbuck, 1989). Herhangi bir zamanda şehir iklimindeki değişim miktarı; şehirselleşme yapılarının büyüklüğüne fabrikalar gibi endüstriyel kaynakların su kaynaklarına yakınlığına, günün uzunluğuna, yılın mevsimine ve hava koşullarıyla birlikte birçok nedene bağlıdır (Kadioğlu, 1995).

1990 Nüfus sayımına göre ise, Türkiye nüfusunun yandan fazlası (%59), yoğun insan aktivitesi tarafından etkilenmiş kent iklimlerinde yaşamaktadır, (DİE, 1992). Diğer taraftan 1985 nüfus sayımına göre ortalama 65 kişi/m² olan nüfus yoğunluğunun 1990 yılı esas alındığında ortalama 73 kişi/m²'ye ulaşması şehirlerimizde etkili olan klimatolojik şartların uzun yıllar öncesine nazaran belli bir ölçüde değişeceği intihasını vermektedir. Ülkemizdeki büyük yerleşim alanlarından atmosfere salınan kirleticilerin, kentlerdeki hava şartlarını nasıl etkilediği ve kentlerin iklimine nasıl tesir ettiği henüz ayrıntılı bir şekilde tespit edilmiş değildir, (Kadioğlu ve ark., 1993a).

Özellikle İstanbul'un geometrik bir hızla çoğalan nüfusu, hava kirliliğinin yanısıra artan ihtiyaçları karşılayabilmek için içme, kullanma ve endüstri suyu sorununu da birlikte getirmektedir. Küresel ve bölgesel ölçekte atmosferde ortaya çıkan değişimler, yerel hava sirkülasyonunu ve hava hareketlerinin normal yörüngelerini etkileyerek 2030 yılına kadar değişik yağış rejimlerine de neden olabilecektir. Büyük şehirlerimizde kritik seviyeye düşmüş içme suyu ve GAP gibi büyük su kaynaklarının planlanması ve işletilmesinde, iklim ve onun sonucu olan yüzey hidrolojisinde anlamlı bir değişim olup olmadığının da şimdiden belirlenmesi gerekmektedir, (Kadioğlu ve Toros, 1993; Kadioğlu ve ark., 1993b).

Büyük şehirlerde atmosfere aşırı ölçüde salınan kirleticilerin ve çarpık kentleşmenin sıcaklık ve yağış gibi yerel iklim elemanlarını değişik şekillerde etkilediği literatürden bilinmektedir. Böylece son yıllarda dünya genelinde bir iklim değişimi ve daha yaygın olarak bilinen, bir küresel ısınma problemi ile karşı karşıyayız. Bu problemin Türkiye genelinde iklime nasıl yansıtıldığını belirleyebilmek için, yaklaşık 60 yıllık düşük ve yüksek sıcaklık kayıtları ile yağış gözlemleri, Kadioğlu (1993,1997); Kadioğlu ve ark., (1993a,b) tarafından incelenmişti. Bu çalışmalarda, Türkiye'de kayıt edilen düşük sıcaklıklarda, özellikle İlkbahar mevsiminde, önemli artışların olduğu; yüksek sıcaklıklar ile toplam yağış miktarında ise önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir. Her ne kadar, İstanbul ve Marmara bölgesindeki diğer istasyonlarda yaz aylarındaki yağışlarda eğilim, azalma yönünde ise de bunlar istatistiki anlamda önemli trendler değildir. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular, ABD, eski Sovyetler Birliği ve Çin'deki 747 Meteoroloji istasyonuna ait gözlemlerin analizinde görülen gece sıcaklıklarındaki belirgin artış ve

gündüz, sıcaklıklarındaki önemsiz değişimler ile uyum içindedir, (Kari, 1992). Yağış, yerel ve zamansal değişiminin çok büyük ve süresiz olması nedeniyle katotik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle yağıştaki trendler, sıcaklıklardaki gibi belirgin değildir (Kadioğlu, 1997). Bundan dolayı da atmosferin küresel ısınmasına benzer bir şekilde yağışın küresel değişiminden de bahsedilemez.

Her ne kadar, yağışın uzun yıllara ait turnan serilerinde, henüz önemli bir trend görülüyorsa da. İstanbul ve civarında meteoroloji istasyonlarında son beş yıllık periyotta gözlenen günlük yağış miktarları üzerine yapılan bir araştırmaya göre (Kadioğlu, 1995) yağışlı günlerin ve yağış miktarının bir hafta içindeki günlük dağılımı şehirsal aktivitelerin yağış üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Şehirleşmeden dolayı yerleşim bölgelerinin yüzeylerinde oluşan pürüzlülük ve artan sosyoekonomik etkinlikler sonucu atmosfere salınan kirleticilerin, şehirlerin içinde ve rüzgar yönündeki kırsalda yağış artışına sebep olduğu bilinmektedir. İstanbul, Kocaeli ve Bursa gibi çok büyük nüfusları barındıran megapollerdeki aşırı şehirleşmeden çevre iklimi de etkilenmektedir. Bilindiği gibi Marmara bölgesinde yoğunlaşan nüfus ve sanayinin ulaştığı tatlı su talebinin karşılanması da aralık mümkün olamamaktadır. Bu yüzden yetersiz olan su kaynaklarının en iyi şekilde işletimi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle de, Marmara bölgesinde aşırı şehirleşmeden dolayı yağışlarda bir farklılık olup olmadığını araştırmak gerekir.

Marmara Bölgesinin yağış özellikleri ayrıntılı bir şekilde Kadioğlu ve Brdun (1994, 1995) tarafından verilmiştir. Bu çalışmada ise Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne (DMI) ait 40 adet meteoroloji istasyonunun günlük yağış verileri Mann-Kendall trend (gidiş) yöntemi ile analiz edilerek Marmara bölgesindeki şehirleşmenin günlük yağış üzerine olan etkisi, yıllık yağışlı gün sayısı ve 30 mm'den daha fazla yağış alan günlerin yıllık sayıları için ayrı ayrı belirlenmiştir.

ŞEHİRLEŞMENİN YAĞIŞ ÜZERİNE ETKİSİ

Lutgens ve Tarbuck, (1989)'a göre şehirsal bir kompleks, bulunduğu bölgenin yağışını özetle şu nedenlerden dolayı etkiler:

1. Şehirlerin oluşturduğu ısı adaları, termal olarak düşey hava akımlarına ve bunlar da atmosferin kararsızlığının artmasına neden olur.
2. Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan su buharı ve partiküler kirleticiler, bulutlardaki su buharı için yoğunlaşma ve aşırı soğumuş sıvı su damlacıkları için de donma çekirdeği görevi görür. Böylece şehirlerdeki endüstriyel aktivitelerden dolayı atmosfere salınan çok sayıdaki yoğunlaşma ve donma çekirdekleri bulutların mikrofiziksel yapısını değiştirir.
3. Pürüzlü şehir yüzeyleri atmosferin aşağı seviyelerinde konverjansa neden olur ve düşey hava hareketlerini attırır. Ayrıca, pürüzlü şehir yüzeyleri, hava (cephesel siklon gibi) sistemlerinin hareketlerini engelleyerek onlar için frenleyici etki yaparlar. Böylece yağış getirecek bir meteorolojik olay ortaya çıkınca, şehir üzerinden ayrılmakta olan bulut daha yavaş bir şekilde şehri terk edebildiği için daha fazla yağış bırakır.

Bütün bunlar ve diğer nedenlerden dolayı şehirlerin sahip olduğu iklim şartları kırsal alanlara göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkları göstermek için şehir ikliminin kırsal alanla karşılaştırması Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1. Şehirler tarafından oluşturulan iklim elemanlarındaki ortalama değişimlerinin şehir-kırsal alan karşılaştırması (Landsberg, 1973; Lutgens ve Tarbuch, 1989).

Element	Kırsal Alanla Karşılaştırma	
Partikül	10	defa daha çok
Sıcaklık		
Yıllık Ort. Sıc.	0.5°-1.5°	yüksek
Kışın Ort. Sıc.	1°-2°	yüksek
Isıtma Derece Günler	%10	az
Güneş Radyasyonu	%15-30	düşük
Ultraviyole, Kış	%30	düşük
Ultraviyole, Yaz	%5	düşük
Yağış		
Yıllık Toplam	%5-15	fazla
5mm'den az yağışlı gün sayısı	%10	fazla
Oraj Frekansı	%16	fazla
Kış	%5	fazla
Yaz	%29	fazla
Bağıl Nem	%6	düşük
Kış	%2	düşük
Yaz	%8	düşük
Bulutluluk Frekansı	%5-10	fazla
Sis Frekansı	%60	fazla
Kış	%100	fazla
Yaz	%30	fazla
Rüzgar Hızı	%25	düşük
Sakinlik	%5-20	fazla

Bu tablodan da görülebileceği gibi şehirselleşme ve kırsal alanlara düşen yağışları birbirleriyle karşılaştıran birçok çalışma, şehir üzerine düşen yağış miktarının, en yakın kırsal kesime düşen yağış miktarından %10 daha fazla olduğunu göstermiştir, (Changnon, 1970). Daha sonraki araştırmalar ise şehirleşmeden dolayı yağış miktarlarının, şehir merkezlerinin hakim rüzgar yönündeki bölgelerde arttırdığını göstermiştir, (Changnon ve ark., 1971; Changnon, 1973, 1992; Oliver, 1973).

Şehirlerin rüzgar tarafındaki yerlerde hava kirliliğinin yağışa muhtemel etkisi, 1960 yılında Stanley Changnon tarafından ortaya konmuştur. Bu çalışmaya göre 1925'ten beri, ABD'de Chicago'nun büyük endüstriyel komplekslerinin rüzgar tarafında 48 km'lik bir uzaklıkta bulunan Indiana eyaletinin LaPorte şehrinde, yağmurlu, gökgürültülü ve dolu yağışlı gün sayısında ve toplam yağışta önemli bir artış olmuştur. Bu sonuca varılırken 1930'lardan sonra Chicago'da gözlenen sisli günlerin sayısı ve atmosferik kirliliğin ölçümü ile LaPorte'nin aldığı yağış miktarının çok iyi bir uyum göstermesi önemli bir rol oynamıştır, (Changnon, 1968)

LaPorte'nin bu özelliği tespit edildiğinden beri, yağış üzerindeki şehirlerin kompleks etkisi konusunda yapılan çalışmalar, genellikle, şehirlerin rüzgar altı alanlarında yağış artışına neden olduğunu doğruladı. Sekiz ABD şehri içeren bir araştırmada %9'dan %27'ye varan bir oranda, şehirlerde kırsal kesimlere göre daha fazla yağışa rastlandı. Bunlarla beraber, şimşek, yıldırım ve dolu fırtınalarının sayısında da artışlar gözlemlendi (Landsberg, 1970).

Daha geniş imkanlar ile ikinci bir şehirselleşme araştırması ABD, St. Louis, Missouri'de gerçekleştirildi. METROMEX (Metropolitan Meteorological Experiment) olarak bilinen bu büyük program, çok değişik türde ölçüm ve değişik araştırma grupları içeriyordu. Seneler süren bu çalışma, St. Louis şehri ve endüstriyel kompleksinin, yağış dağılımını ve şehir merkezlerindeki rüzgar hızını büyük ölçüde değiştirdiğini göstermiştir.

Bütün bu çalışmaların sonuçları, şehirlerin rüzgar altı alanlarındaki ortalama yağışta %10 civarında bir artış olduğunu göstermiştir. Daha sonraki araştırmalar ise, şehirlerin yağış miktarlarını arttırmalarının en büyük nedeninin şehir merkezlerindeki zayıf rüzgarlar olduğunu göstermiştir.

Örneğin, İstanbul'da da şehirleşme ile yıldan yıla bina yoğunluğu ve dolayısıyla sürtünme artmaktadır. Böylece beklendiği gibi İstanbul'da rüzgar şiddetinde bir azalma gözlenmektedir. Rüzgar şiddetinde azalma Florya ve Göztepe Meteoroloji istasyonlarında 2 ve 10 m yükseklikte ölçülen rüzgar kayıtlarından, Ok (1994) tarafından belirlenmiştir. Bu şekilde rüzgarın sakinleşmesi sonucu, yağış getiren sistemler, birazda şehrin oluşturduğu pürüzlülüğün dolaylı, şehir üzerinde kırsal kesime nazaran daha fazla kalarak şehir merkezlerinin daha fazla yağış almasına neden olmaktadır.

İstanbul'un rüzgar alt tarafına rasgelen kısmı Anadolu yakasının da, daha fazla yağış aldığı Kadioğlu (1995) tarafından gösterilmiştir. Örneğin, Florya'da ortalama yıllık yağışlı günlerin sayısı % 30 iken, şehir merkezinden yaklaşık olarak 50 km uzakta olan ve rüzgar altı tarafında bulunan Şile'de % 43'dür. Şüphesiz bunda, topografya gibi birçok faktör rol oynuyorsa da, Chicago'nun hava kirliliği tarafından etkilenen LaPorte gibi Şile'nin batısındaki İstanbul'u düşünürsek, şehir merkezinin oluşturduğu hava kirliliği Şile'yi kısmen

etkilemektedir.

Ayrıca şehirlerdeki hizmet diğer sektörlerdeki üretim ve ekonomik etkinliklerin başladığı Pazartesi gününden itibaren atmosferde yoğunlaşma ve donma çekirdeği görevi görebilecek kirleticilerin salınmaya başlanması, hafta içindeki yağış miktarının hafta sonundaki yağış miktarına göre fark edilir bir fazlalığa sahip olmasına neden olduğu da ortaya çıkmıştır. St. Louis ve Paris için yapılan çalışmalarda (Dettviller, 1974; Landsberg, 1973), hafta içinde, Pazartesi'den Cuma'ya doğru gidildikçe yağışta bir yükselme olduğu gözlenmiştir.

Benzer şekilde Kadioğlu (1995) tarafından yapılan çalışmada İstanbul'da hafta içinde yağış Perşembe günleri, maksimuma ulaştığı görülmüştür. İstanbul ile Paris ve St. Louis arasındaki bu farklılığın nedenlerini daha ayrıntılı bir çalışma yapmadan tam olarak açıklamak zordur. Bununla beraber şu an bir açıklama getirmek gerekirse bunun nedeni, İstanbul'daki aşırı hava kirliliği ile şehre gereğinden çok fazla yoğunlaşma ve donma çekirdeği salınmasını söyleyebiliriz.

ANALİZ

Mann-Kendall yöntemi, verilen bir zaman serisinde saklı olarak bulunabilecek artan veya eksilen gidişlerin (trendin, genel temayülün) varlığı hakkında bilgi verir. Bunun için önce mevcut kayıtların her biri için Mann-Kendall istatistiği elde edilmiştir. Şimdiye kadar bir çok çalışmada bu yöntemin sadece zaman eksenini boyunca uygulandığı bilimsel çalışmalar yok denecek kadar azdır. İşte bu çalışmanın asıl amacı Mann-Kendall yöntemi ile hesaplanan istasyon esaslı istatistiğin eşdeğer haritalarının çizilerek bölgesel yorumlarının yapılmasıdır.

Mann-Kendall istatistiğinin sıfır beklenen değerli bir normal dağılıma (Gauss eğrisi) uyduğu literatürde açıkça belirtilmiştir. Buna göre %1, %5 ve %10 anlam seviyelerine karşı gelen teorik kritik istatistik değerleri için normal dağılım tablolarından sırası ile ± 2.58 , ± 1.96 ve ± 1.65 sınırları bulunur. Eldeki haritaların bu anlam seviyelerinin sınır değerleri ile karşılaştırılması sonucunda göz önünde tutulan nokta veya alanda gidiş (trend) bileşeninin bulunup bulunmadığı objektif olarak karar verilir. Aksi takdirde gidiş (trend) bileşeni mevcuttur ve işaretin + olması halinde zamanla artan; - olması durumunda ise zamanla azalan gidişten söz edilebilir. Bu çalışmada sadece %5 anlam seviyesine karşı gelen kritik ± 1.96 sınır değerleri göz önünde tutularak yorumlar yapılacaktır. Benzer şekilde olacak yorumların diğer anlam seviyeleri için yapılması okuyucuya bırakılmıştır. Şekil 1'de sıfır eşdeğerleri, hiç belirgin gidişin bulunmadığı yerleri gösterir. Böylece bu çizginin esas alınması ile bölge hiçbir kriter uygulanmadan artış ve azalış gidiş alt alanlarına ayrılabilir. Ayrıca %5 anlam seviyesi sınırları pratikte yaklaşık olarak ± 2 değeri kabul edilirse böylece +2 ve -2 eşdeğer çizgilerinin de gösterilmesi ile bölge anlamlı gidiş artışı veya azalışı gibi alt bölgelere ayrılabilir. Kuvvetli gidişlere sahip olan bölgelerdeki trendlerin nedenleri iklim değişikliğine etki eden meteorolojik, hidrolojik, çevre ve insan etkileri (antropolojik) gibi faktörlerle izah edilmeye çalışılır. Bu çalışmada ise şehirleşmenin yağışa olan etkisi literatürde bilinen özelliklerine bakılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 1'deki haritanın yukarıda söylenenlere göre incelenmesi ile aşağıdaki yorumlara ulaşılabilir:

(a) Artış ve azalış gidişlerinin sınırı olan sıfır eşdeğer eğrisi İstanbul boğazından geçerek Avrupa ve Asya yakalarının birbirlerinden farklı yapıya sahip olduğunu gösterir. Avrupa yakasında azalan gidişler; buna karşılık Asya yakasında ise artan gidişler söz konusudur. Zaten son yıllarda genellikle Avrupa yakasındaki su kaynaklarına az miktarda ve hatta önceki yıllara göre azalan miktarlarda yüzeysel su geldiği akış katsayılarından bellidir. İstanbul'un Asya ve Avrupa yakalarının iklimini kontrol eden coğrafik ve topografik şartlar değişmediğine göre Chicago'nun gar altındaki LaPorte örneği gibi İstanbul'un yerleşim ve endüstri bölgesinin doğusunda olan bu bölgedeki yağış artışına İstanbul'daki şehirleşme neden olmuştur.

bakınız: 32

bakınız: 33

(b) Benzer şekilde sıfır eşdeğer çizgisi Bursa ve Bilecik ile Bozöyük gibi yüksek rakımlı ve oldukça engebeli alanları birbirinden ayırmaktadır. Bursa gibi yoğun yerleşim ve endüstri bölgesinde azalan, diğer taraftan neredeyse artan gidişler söz konusudur. Diğer bir deyişle Bursa'nın doğusunda da yağışlı günlerde önemli bir artış görülmektedir.

(c) İç Anadolu istikametinde azalan gidişlere karşın Trakya'da Avrupa yönünde artan gidişler söz konusudur.

(d) Kuzey güney doğrultusunda Kırklareli'den başlayarak güneyde Balıkesir'i de içine alan çok kuvvetli artış trendlerinin bulunduğu bir alan sağ ve soldan 2 değerli eş eğrileri ile sınırlanmıştır.

Şekil 2'de ise her bir yıl içinde 30 mm (metre kareye 30 kg) gibi çok yağış düşen günlerin sayısındaki değişim incelenmiştir:

(a) Şekil 2'den görüldüğü gibi Marmara bölgesinin hemen hemen tümünde ekstrem yağışlarda gidiş azalma yönündedir. Bu sonuçtan medyada sık sık yer aldığı gibi küresel iklim değişimi sonucu aşırı yağış ve sonuçta ortaya çıkan sellerde bir artış olmadığı görülmektedir. Diğer bir deyişle sellere neden olan ekstrem yağış miktarlarında Şile ve Kumköy hariç, Marmara Bölgesinde önemli azalma trendi vardır.

(b) Şile kıyı çizgisi, sıfır konturunun buradan geçmesinin başlıca nedeni olabilir. Bununla birlikte, Bursa ve İstanbul'un yoğun yerleşime maruz kısımları küçük de olsa azalan bir trend göstermektedir. Bu farklılık kırsal alana göre daha pürüzlü olan şehirler üzerine yağış bırakan cephesel fırtınaların şehirler üzerinde kırsal alana göre daha uzun kalıp şehre uzun süre yağış bırakmasından kaynaklanabilir.

(c) Şekil 1'de gösterilen yıl boyunca yağışlı günlerde görülen önemli artış, Şekil 2'de gösterilen ekstrem değerlerin azalması ile uyum içindedir. Eğer yağışlı gün sayısında önemli bir artış olursa bu atmosferdeki yağışa geçebilir su buharının yeryüzüne ulaşması için gerekli olan gün sayısının artmış olması anlamına gelir. Diğer bir deyişle aşırı yağışları besleyecek kadar yağışa geçebilir su buharı atmosferde birikmeden eskiye nazaran daha sık yere ulaşmaktadır. Bu da bölgedeki şehirleşmeden dolayı yağışı tetikleyici yoğunlaşma çekirdeklerinin atmosferdeki su buharının yeterli büyüklükteki damlacıklara erişmesinde oynadığı rolden kaynaklanmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeşil alanların yok edilmesi ile çarpık şehirleşme, atmosferik çevrede geriye dönüşümü olmayan değişimlere neden olabilmektedir. Eğer şehirleşme gerçekten kendi ve çevresinin aldığı yağışı değiştiriyorsa, şehirsal aktivitelerin bugünden çok daha fazla olacağı ileriki yıllarda, şehirlerin yağış üzerindeki etkileri nasıl olacaktır? Bu soruya Marmara bölgesi için bu çalışmada kısmen cevap aranmıştır. Ayrıca İstanbul'da görülen aşırı şehirleşme ve hava kirliliğinin, doğal çevre ile birlikte atmosferik çevremizi nasıl etkilediği, özellikle bu kentimizin çeşitli noktalarında uzun yıllardır ölçülen meteorolojik elemanlarından biri olan yağışta ne tür değişiklikler meydana getirdiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada, incelenen literatüre göre şehirlerin içi ve şehir çevrelerinin aldığı yağışların şehrin etkisiyle artabilmesi için bazı şartların doğru olması gerektiğini göstermiştir. Diğer bir deyişle aşırı şehirleşme ve aktiviteler ile birlikte oluşan hava kirliliği belli bir noktadan sonra yağış artışı değil yağış azalmasına neden olmaktadır. Bulut tohumlama çalışmalarından da bilindiği gibi, bulutların yoğunlaşma çekirdekleri ile aşırı tohumlanması sonucu buluttaki su damlacıkları yeterli büyüklüğe ulaşamadıkları için gözlenen toplam yağış miktarında önemli azalmalar olur. Bu da Marmara bölgesindeki İstanbul ve Bursa gibi büyük şehirlerimizin merkezlerinde yağış gözlenen gün sayılarında önemli azalmalara neden olmuştur. Şehir merkezleri üzerinde havada yağışa dönüşebilir suyun daha çok sayıda fakat daha küçük bulut damlacıklarına dönüşmesi ve sonuçta yağışın çisenti olarak gerçekleşmesinden dolayı, küçük yağmur damlacıklarının sıcak havalarda sıcak şehir merkezlerinde yere ulaşmadan havada buharlaşıp kaybolmasına (virga) neden olabilmektedir. Buna benzer bir şekilde, Japonya'nın en kirli üç şehri Tokyo, Osaka ve Nagoya'da gözlenen yağışın kırsal kesimlere göre giderek azaldığı belirlenmiştir (Seiguti ve Tamiya, 1970).

Sonuç olarak Marmara bölgesindeki büyük şehirlerin bazılarının merkezlerindeki aşırı hava kirliliğinden dolayı yağış azalmakta, buna mukabil bu şehirlerin rüzgar altı taraflarında yağışlı günlerde istatistiksel anlamda önemli artışlar gözlenmektedir. Bu sonuç Kadioğlu (1995) tarafından yapılan başka bir incelemede tespit ettiği İstanbul'un rüzgar altı kısmına rasgelen Anadolu yakasında ve şehir merkezinde kısmen de olsa şehir etkisinden dolayı daha fazla yağış aldığı sonucuna paralellik arz etmektedir.

Bununla birlikte şehirsal aktivitelerin bugünden daha fazla olacağı ileriki yıllarda, şehirsal aktivitelerin sonucu oluşan kirliliğin şehirlerin rüzgar altı taraflarında kalan kırsal kesimdeki yağış üzerindeki etkileri de daha fazla olacaktır. Atmosferik çevredeki bozulma bugün şehir merkezlerinde gözlenen yağışlı günlerin sayılarındaki azalmalara benzer şekilde ileriki yıllarda şehirlerin çevrelerinde de yağış azalmalarına neden olabilecektir.

Bu nedenle, yurt dışında yapılan benzeri çalışmalara göre Marmara bölgesindeki büyük şehirlerin merkezlerinde yağışlı günlerin azalmasına bu şehirlerdeki çarpık şehirleşme ve hava kirliliğinin çok daha fazla olması neden olmaktadır. Bu problemlerin daha fazla artması durumunda İstanbul ve civarındaki yağışta belirgin azalmalar görülebilir. Bu durum, İstanbul'da çok kritik bir seviyeye ulaşmış, içme ve kullanma suyu problemini daha da büyütecektir.

Yine bilimsel literatürden anlaşıldığı gibi eğer çok dikkatli bir şekilde planlama yapılırsa kötü tasarlanmış olan bina ve şehirlerin, şehir iklimindeki mikroklimatik modifikasyonları en aza indirgenebilir. Böylece şehir iklimleri, kırsal kesimin iklim özelliklerinden farklı olmaz. Bunun için ülkemizde de meteoroloji bilgisinin şehir planlamasında uzmanlık seviyesinde ele alınıp kullanılması gerekir. Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) raporlarının meteorolojik yönleri gerektiği şekilde ve uzmanına yaptırılmalıdır. ÇED raporlarına dizi dizi tablolar şeklinde konan meteorolojik veriler ile çok önemli ve gerekli olan meteorolojik değerlendirmenin yapıldığı yanılgısından kurtulmalıyız.

İleride yapılacak bu ve buna benzer çalışmalarda konvektif ve cephesel yağışların ayrı ayrı incelenmesi için verilerin aylık ve mevsimsel olarak gruplandırılmasında yarar vardır. Toplam yağış yerine çisenti, orta miktarda ve sağanak yağışlardaki muhtemel değişimleri belirleyebilecek şekilde yağış gözlemlerinin gruplandırılarak incelenmesi gerekir.

KAYNAKLAR

- Ahrens, C.D., 1988 : Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment. 3rd edition, West Publishing Company, St. Paul, pp. 582.
- Changnon, A.C., 1992 : Inadvertent Weather Modification in Urban Areas; Lessons for Global Climate Change, Bull. Amer. Meteor. Soc., 73 (5), 619-26.
- Changnon, S.A. Jr. 1973 : Atmospheric Alterations from Man-Made Biospheric Changes, Modifying the Weather, Western Geographical Series, Vol. 9, pp. 135-184, Toronto.
- Changnon, S.A. Jr., F.A., Huff and R.G. Semonin, 1971: METROMEX : An Investigation of Inadvertent Weather Modification, Bull. Amer. Meteor. Soc., 52, (10), 958-96R.
- Changnon, S.A. Jr., 1970 : Recent studies of urban effects on precipitation in the United States, in Urban Climates, W.M.O., Tech. Note No. 108, 325-341.
- Changnon, S.A. Jr., 1968 : The La Porte Weather Anomaly-Fact or Fiction? Bull. Amer. Meteor. Soc., 49, (1), 165-168.
- Dettviller, L, 1974 : Inadvertent Atmospheric Modification, in Helmut E. Landsberg, Weather and Climate Modification, Ed. by W.N. Hess, John Wiley&Sons Inc., p. 755.
- DEİ, 1992 : Türkiye İstatistik Cep Yıllığı 1990, Genel Nüfus Sayımı 1990, DEİ Haber Bülteni.
- Kadioğlu, M. 1997 : Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey, Int. Journal of Climatolgy, 17, 1-10.
- Kadioğlu, M., 1995 : Şehirleşmenin İstanbul'da Yağışa Etkisi, II. Hava Kirliliği, Kontrol ve Modelleme Sempozyumu, 22-24 Mart, 1995, İTÜ, İstanbul, 72-84.
- Kadioğlu, M. ve H. Erdun, 1995 : Marmara Bölgesindeki Yağışın Ana Bileşen Analizi, TÜBİTAK Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, (19), 335-341.
- Kadioğlu, M. ve H. Erdun, 1994 : Marmara Bölgesinin Yağış Momentleri, I. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu, 23-25 Mart 1994, İ.T.Ü. Maslak-İstanbul, 133-145.
- Kadioğlu, M., 1993 : Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Koruma, 47, 34-37.
- Kadioğlu, M., ve H. Toros, 1993 : Şehirleşmenin Türkiye'de İklim Etkisi, ÇEVRE'93, Türk Devletleri Arasında 2. İlmi İşbirliği Konferansı, 26-29 Haziran 1993, Almalı, Kazakistan, 241-246.
- Kadioğlu, M., H. Toros ve B. Kurtuluş, 1993a : Küresel Isınma ve Türkiye'de İklim Değişimi, Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Genel Kurulu, 8-11 Haziran 1993, Ankara, 209-223.
- Kadioğlu, M., H. Toros ve B. Kurtuluş, 1993b : Küresel Isınma ve Türkiye'de Yağış Trendleri, DSİ, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, 12-14 Nisan 1994, Ankara, Cilt I, 467-476.
- Kari, T., 1992 : Nighttime Warming Trend Identified, Science News, 140 (1), 4.
- Landsberg, H.E., 1973 : City Air-Better or Worse, Symposium : Air Over Cities, U.S. Public Health Service, Taft Sanitary Eng. Center, Cincinnati, Ohio, Tech. Rept. A62-5.
- Landsberg, H.E., 1970 : Man-Made Climate Changes. Science, 170, 1265-1274.
- Lutgens, F.K. and E.J. Tarbuck, 1989 : The Atmosphere : An Introduction to Meteorology, 4th edition, Prentice-Hall, New Jersey, 481 p.
- Ok, V., 1994 : Kentsel Çevrede Rüzgar Hızına Bina Yoğunluğunun Etkisi, Enerji ve Çevre Sempozyumu, 13-15 Nisan 1994, Mersin, s. 322-331.
- Oliver, J.E., 1973 : Climate and Man's Environment : An Introduction to Applied Climatology. John Wiley&Sons, Inc. New York, p. 517.
- Sekiguti, T. and H. Tamiya, 1970 : Precipitation Climatology of Japanese City Area, in Urban Climatology, W.M.O., Tech. Note no. 108, 363.

* Bu Makale, Su ve Çevre Sempozyumu, (Haziran 1997, İstanbul) Bildiriler Kitabı'ndan alınmıştır.