

## Konya’da Şehirleşmeye Bağlı Bağıl Nem ve Su Buharı Basıncı Değişiklikleri

*The effects of urbanization on relative humidity and water vapor pressure in Konya*

**İhsan Çiçek\*, Necla Türkoğlu**

*Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara*

**Öz:** Bu çalışmada şehirleşmenin nemlilik üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla Konya ve Karapınar Meteoroloji İstasyonlarının bağıl nem ve su buharı basıncı verileri ele alınmıştır. Nemliliğin gün içindeki değişimini saptamak için 07:00, 14:00, 21:00 ve günlük ortalamaya ait veriler değerlendirilmiştir. Şehirlerde yıl içinde bütün aylarda 07:00, 21:00 ve günlük ortalamaya ait verilerde negatif, öğle saatlerinde ise pozitif bağıl nem farkları saptanmıştır. Pozitif fark şehirlerde öğle saatlerinde yaşanan negatif şehir ısı adası ile ilgilidir. Su buharı basıncı farkları ise bağıl nem farkları kadar belirgin değildir. Öğle saatleri dışında yılın soğuk döneminde şehirler daha nemli iken sıcak dönemde ise daha kurudur. Öğle saatlerinde ise bütün aylarda şehirler daha nemlidir. Sıcak dönemde şehirlerin daha fazla nem içermesi bu dönemde park ve bahçelerde yapılan sulamadan kaynaklanmaktadır. Sıcaklık farkları ile bağıl nem farkları arasında tüm mevsimlerde ve yıllık ortalamalarda tüm gözlem saatlerinde anlamlı negatif korelasyonlar saptanmıştır. Yani artan şehir ısı adası şehirlerde bağıl nem miktarını düşürmektedir. Öğle saatleri dışında sıcaklık farkları ile su buharı basıncı farkları arasında tüm mevsimlerde ve yıllık ortalamalarda anlamlı pozitif korelasyon saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Konya, şehirleşme, şehir ısı adası, su buharı basıncı, bağıl nem

**Abstract:** This study aims to show the effects of urbanization on humidity by considering water vapor pressure and relative humidity data obtained from Konya and Karapınar Meteorology Stations. Mean values and those obtained at 07.00, 14.00 and 21.00 hours were evaluated to determine differences in humidity throughout the day. It was seen that in urban areas throughout the year, mean values and data recorded at 07.00 and 21.00 hours yielded negative relative humidity differences whereas data recorded in the afternoon yielded positive ones. These positive differences were thought to be a result of the negative urban heat islands that form in urban centers in the afternoon. Differences in water vapor pressure were not as significant as relative humidity differences. While urban centers were more humid than suburban/rural areas in winter, they were drier in summer except in the noon hours. At noon throughout the year, cities were more humid. Elevated urban humidity in summer seemed to be a result of irrigation in parks and gardens. Significant negative correlations were found between temperature and relative humidity differences in all annual mean values and observations made throughout the year. Thus, it was concluded that the development of urban heat islands lead to decreased relative humidity in cities. On the other hand, a significant positive correlation was found between temperature and water vapor pressure differences in all seasonal and annual mean values, except in the afternoon observations.

**Keywords:** Konya, urbanization, urban heat islands, water vapor pressure, relative humidity

### 1. Giriş

Şehirleşme ve sanayileşme şehir içinde farklı iklim alanlarının görülmesine neden olmaktadır. Şehirleşme ve sanayileşmenin neden olduğu etkiler atmosferin nem içeriğini de değiştirmektedir. Şehir nemliliğini etkileyen faktörler oldukça karmaşıktır. Şehir yüzeylerinin oluşturduğu engebeler,

\* İletişim yazarı: İ. Çiçek, e-posta: [cicek@humanity.ankara.edu.tr](mailto:cicek@humanity.ankara.edu.tr)

şehirlerdeki ısı kaynakları, şehir yüzeylerinin geçirimsiz yapısı, sınırlı yeşil alanlar, sanayi tesisleri, şehirlerdeki yoğun trafik, şehir atmosferinde bol miktarda bulunan yoğunlaşma çekirdekleri ve bunların oluşturduğu kimyasal etkileşimler şehirlerdeki nemlilik konusunu oldukça karmaşık hale getirmektedir. Nemlilik, karışık yapısına rağmen şehir klimatolojisi çalışmalarında en az dikkati çeken konulardan biridir. Bu nedenle şehirlerdeki nemlilik konusunda yapılan çalışmalar da sınırlıdır. Chandler (1967), şehirlerdeki mutlak nem miktarlarının bazı akşamlar kırsal alanlardan yüksek olduğunu, ortalama mutlak nem değerlerinin ise şehirlerde daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Kopec (1973), gökyüzünün açık ve rüzgârların hızlı fakat tekdüze olduğu dönemlerde, şehirlerdeki su buharı basıncının akşam saatlerinde yüksek, sabah ve öğle saatlerinde ise kırsal alanlardan düşük olduğunu saptamıştır. Hage (1975), Edmonton şehrinde mutlak ve bağıl nem farklılıklarını incelediği makalesinde kış mevsiminde bağıl ve mutlak nem miktarlarının şehirsal alanlarda yüksek olduğunu saptamıştır. Araştırmacı buna şehirlerde tüketilen yakıtların ve dikey karışımın neden olduğunu belirtmektedir. Ackerman (1987), Chicago şehrinde su buharı basıncı ve doyma noktalarının gündüz ve ilkbahar akşamlarında düşük olduğunu belirtmektedir. Yine bu iki değişkenin rüzgâr hızı, bulutluluk ve nemin atmosfer içindeki tabakalaşmasına bağlı olarak farklılaştığını saptamıştır. Brazel ve Balling (1986), arazi kullanımındaki değişikliklerin ve şehir ısı adalarının gelişiminin şehirlerdeki nem dağılımını belirlediğini belirtmektedir. Lee (1991), şehir ve kırsal alanlar arasındaki mevsimlik ve günlük nem farklılıklarındaki değişimi kuvvetli ısı adası ile birleşen fiziki faktörlerin kontrol ettiğini söylemektedir. Holmer ve Eliasson (1999), Göteborg kentinde şehir ısı adası gelişiminde şehir ve kırsal alanlar arasındaki su buharı basıncının rolünü inceledikleri makalelerinde şehir ısı adasının neden olduğu konveksiyonun şehir merkezine doğru bir rüzgâr sisteminin gelişimine neden olduğunu ve bununda su buharı basıncında değişikliklere neden olduğunu saptamıştır. Unkasevic vd (2001) yaptıkları çalışmada şehir alanlarının kırsal alanlara göre eylül ve şubat ayları arasında daha fazla su buharı içerdiğini, şubattan eylüle kadar ise şehirlerin daha kuru olduğunu saptamışlardır. Robaa (2003), Kahire’de yaptığı çalışmada şehirlerin aralık, ocak, mayıs ve eylül ayı dışında tüm yıl kuru olduğunu ve şehir atmosferinde tüm yıl daha az bağıl nem olduğunu saptamıştır.

## 2. Çalışma Alanı ve İklim Özellikleri

Çalışma alanı olarak ülkemizin en kurak yörelerinden biri olan Konya kapalı havzası seçilmiştir. Bu havzanın en büyük şehri olan Konya ile kasaba özelliği yansıtan Karapınar meteoroloji istasyonları incelenmiştir. Konya şehir merkezi nüfusu son yıllarda hızla artmış ve 2000 yılı genel nüfus sayımı sonuçlarına göre 742.690’a ulaşmıştır (DİE 2002). Konya bu nüfusu ile ülkemizin 7. büyük şehridir. Konya’da kurulan 3 Organize Sanayi Bölgesi yöredeki hızlı sanayileşmenin kanıtıdır. Bu hızlı sanayileşme Konya’daki nüfus artışını hızlandırmıştır.

Konya ve çevresi, ülkemizin en kurak yörelerinden biridir. Yörede soğuk dönemde aylık ortalama sıcaklıklar genelde 5.0 °C’nin altındadır. Temmuz ve ağustos aylarında ise sıcaklık ortalamaları 22.5 °C’nin üzerindedir. Konya’da yıllık yağış tutarı 322.2 mm, yıllık ortalama buharlaşma 1305.0 mm’dir. Bu sıcaklık ve yağış koşulları yörede yarı kurak bir iklimin hüküm sürmesine neden olmaktadır. Yörede haziran ile ekim ayları arasında 5 ay süreyle toprakta su bulunmamaktadır. Karapınar’da sadece mart ayında su fazlası varken Konya’da ocak ve mart ayları arasında 3 ay toprakta su fazlası bulunmaktadır (Çiçek 1994). Thornthwaite metoduna göre yapılan analizler, yörede yarı kurak, birinci dereceden mezotermal, su fazlası olmayan veya çok az olan ( $D'B'1db'3$ ) bir iklim tipinin hüküm sürdüğünü ortaya koymaktadır (Çiçek 1996).

### 3. Data ve Yöntem

Bu çalışmada, şehirleşmenin şehir ve kırsal alanlar arasındaki nemlilik farkına etkisini ortaya koyabilmek için Konya Meteoroloji İstasyonu (KOMİ) ve Karapınar Meteoroloji İstasyonu (KAMİ) verileri kullanılmıştır. KOMİ, 37° 58' kuzey enlemi ve 32° 33' doğu boylamı üzerinde bulunmaktadır. İstasyon bahçeli evlerin yoğun olduğu Meram semtinde, 1031 m yükseklikte yer almaktadır. İstasyon, sanayi tesislerine uzak konumu nedeniyle sanayileşme etkilerinden çok, şehirleşmeye bağlı değişiklikleri yansıtmaktadır. İstasyonda su buharı basıncı (e) gözlemleri 1969, bağıl nem (RH) gözlemleri 1950 yılında başlamıştır.

KAMİ ise 37° 43' kuzey enlemi ve 33° 33' doğu boylamında yer almaktadır. İstasyon 1004 m yüksekliktedir. Her iki istasyon arasında yükseklik farkının çok az olması su buharı basıncı ve bağıl nem değerlerinin kıyaslanmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır. KAMİ'de su buharı basıncı gözlemleri 1968, bağıl nem gözlemleri 1963 yılında başlamıştır. Her iki istasyonun su buharı basıncına ait ortak periyodunun 1969 yılından sonra başlaması nedeniyle inceleme dönemi olarak 1969–2003 yılları alınmıştır. Ülkemizde büyük klima istasyonlarının daha çok şehir merkezleri ve kasabalarda bulunması bu tür çalışmaları yapmakta önemli sıkıntılara neden olmaktadır. Bu çalışmada da KOMİ yakınında kıyaslama yapacak kırsal bir istasyonun bulunmaması nedeniyle KAMİ istasyonu alınmak zorunda kalınmıştır. Bu nedenle buradaki sonuçlar şehir-kır çiftlemesinden çok şehir-kasaba çiftlemesinin sonuçlarını yansıtmaktadır.

Yukarıda belirtilen çalışmalarda da saptandığı gibi şehir ve kırsal alanlar arasında, gün içinde nem içeriği bakımından önemli farklar görülmektedir. Bu nedenle çalışmada günlük ortalama değerler yanında, yerel saatle 07:00, 14:00 ve 21:00 gözlemlerine ait su buharı basıncı ve bağıl nem verileri kullanılmıştır. Ayrıca nemlilik farklarının şehir ısı adası (ŞIA) gelişimiyle ilişkisini ortaya koyabilmek için yukarıda belirtilen saatlere ait sıcaklık (T) verileri de incelenmiştir.

Şehirleşmenin nem üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için mutlak değer yerine KOMİ ile KAMİ arasındaki fark değerleri incelenmiştir. İncelenen iklim elemanlarındaki farklılıkları ortaya koyabilmek amacıyla ilk önce betimsel istatistik analizleri yapılmıştır.

ŞIA gelişimine bağlı olarak Konya ve Karaman Meteoroloji arasındaki sıcaklık farkı ( $\Delta T_{(KOMİ-KAMİ)}$ ) ile su buharı basıncı farkı ( $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$ ) ve bağıl nem farkı ( $\Delta RH_{(KOMİ-KAMİ)}$ ) arasındaki ilişki, bu ilişkinin yönü ve gücü, korelasyon analizi yapılarak hesaplanmıştır. Hesaplama çift kuyruklu Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Korelasyon, değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü ifade eder. Değişkenler arasındaki bağıntının derecesi (değişme paralelliği) korelasyon katsayısı ile gösterilir. Korelasyon katsayısı sayısal olarak belirtilen bir değerdir ve bu değer +1 ile -1 arasında değişir. Korelasyon katsayısı +1'e ne kadar yakınsa, değişkenler arasındaki paralellik o derece mükemmel ve aynı yönde, -1'e ne kadar yakınsa, değişkenler arasındaki paralellik o ölçüde mükemmel ve ters yönlü, 0'a ne kadar yakınsa, değişkenler arasındaki paralellik o ölçüde zayıf demektir (Kabukçu, 1994).

Korelasyon katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}).(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 . \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Bu sınamada korelasyonun anlamlılığını 0.05 ve 0.01 düzeylerinde sınanmıştır.

### 4. Bulgular

#### 4.1. Nem Farklarındaki Aylık Değişimler

##### 4.1.1. 07:00'deki değişimler

$\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerlerindeki değişimler incelendiğinde eylül ile ocak ayları arasında KOMİ, KAMİ'den daha fazla nem içermektedir. Şubat ve mart aylarında KOMİ ile KAMİ arasında bir fark yokken, nisan ve ağustos ayları arasında KOMİ daha az nem içermektedir (Şekil 1a). KOMİ'de yılın

soğuk döneminde, sabah saatlerinin daha nemli olması ısınma amacıyla kullanılan fosil yakıtlardan atmosfere salınan su buharı ile ilgilidir. Ayrıca kırsal alanlarda düşen sıcaklığa bağlı olarak atmosferdeki nemin yoğunlaşması kırsal atmosferi daha kuru hale getirmektedir (Chandler 1967, Hage 1975). Yani şehirsal alanlarda ısınma amaçlı enerji kullanımı su buharı basıncını artırırken kırsal alanlarda ışıma sebebiyle soğumaya bağlı su buharı yoğunlaşması sonucunda su buharı basıncı azalmaktadır. Sıcak dönemde kırsal alanlarda su yüzeylerinden oluşan evapotranspirasyon (toprak nemi ve tarımsal sulama) kararsız kırsal atmosfere su buharı ekler (Oke 1987). KOMİ'nin soğuk dönemde daha fazla su buharı içermesine rağmen  $\Delta RH_{(KOMİ-KAMİ)}$  incelendiğinde KOMİ'nin yıl boyunca daha az bağıl nem içerdiği görülmektedir. Şehirlerin daha az bağıl nem içermesi şehirleşmeye bağlı olarak gelişen ŞIA ile ilgilidir. Düşük ısı kapasiteli kırsal alanlarda güneş battıktan sonra hızla yaşanan enerji kaybına karşın, şehirsal alanlarda yüksek ısı kapasiteli malzemelerin kullanılması ve şehir kanyonları nedeniyle yer ışımasının azalması, ŞIA gelişimine neden olmaktadır. ŞIA genliğinin yıl içerisindeki seyri ile  $\Delta RH_{(KOMİ-KAMİ)}$  genliği arasında çok belirgin bir benzerlik vardır. Artan ŞIA ile  $\Delta RH$  arasında negatif korelasyon vardır. Aylık değişim mevsimlik ve yıllık ortalamalara da yansımaktadır (Çizelge 1). Uzun yıllık ortalamalara göre  $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde belirgindir. Tüm mevsimlerde  $\Delta RH_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerleri negatiftir ve özellikle yaz mevsiminde bu fark % 11.9'u bulmaktadır.

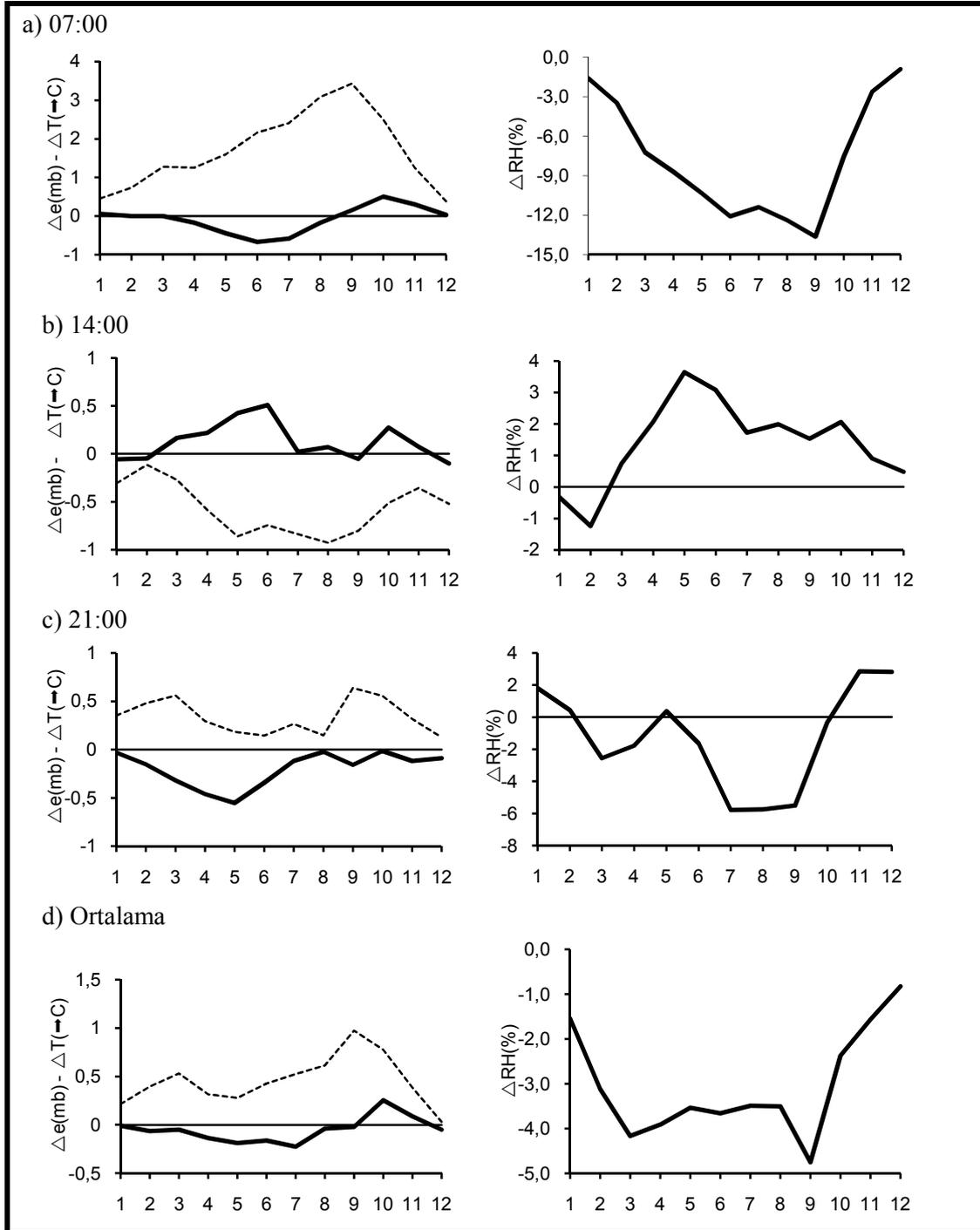
İncelenen 12783 günlük  $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerlerinin sıklık dağılımları incelendiğinde en sık % 28.8 ile -1 ile 0 mb arasındaki sınıf aralığına rastlanmaktadır. Ancak, negatif ve pozitif  $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  sıklık sınıfları arasında belirgin bir farklılık bulunmamakla birlikte, yine de negatif sıklıklarda % 2.7'lik bir fazlalık bulunmaktadır (Çizelge 2).

$\Delta RH_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerlerinin sıklık dağılımları incelendiğinde negatif sıklık değerleri toplamı % 76.5'i bulmaktadır. Özellikle - % 20 ile 0 sınıf aralığının oranı % 59.0'dur (Çizelge 3). Bu değerler KOMİ'nin belirgin olarak daha az bağıl nem içerdiğini göstermektedir. Çizelge 4'te pozitif  $\Delta T$  değerlerin % 74.8'i bulması negatif  $\Delta RH$  gelişimi ile ŞIA gelişimi arasındaki ilişkiyi açıkça ortaya koymaktadır.

#### 4.1.2. 14:00'deki değişimler

Saat 14:00'e ait grafiklerde KOMİ'de yılın büyük bir kısmında pozitif nemlilik değerleri görülmektedir. Bu durum öğle saatlerini nem bakımından günün en farklı dönemi haline getirmektedir.  $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerleri genellikle pozitif olmakla birlikte genlik -0.1 ile 0.5 mb arasında değişmektedir. Bu da subuharı basıncı bakımından KOMİ ile KAMİ arasında yıl boyunca büyük farklılık olmadığını göstermektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri KOMİ'nin belirgin olarak daha nemli olduğu dönemleri oluşturmaktadır (Şekil 1b). Kış dışında diğer tüm mevsimlerde ve yıllık ortalamalarda pozitif  $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerleri de bunu doğrulamaktadır (Çizelge 1). Yılın sıcak döneminde belirginleşen farklılığın nedeni, evapotranspirasyonun kırsal alanlarda azalmasına karşılık şehirlerde artmasıdır. Kırsal alanlarda evapotranspirasyonun azalması nedeni, yağış azlığı ve yaz aylarında hasat yapıldığından dolayı tarımsal sulamanın sona ermesidir. Şehirsal alanlarda artmasının nedeni ise sanayi faaliyetlerine bağlı olarak atmosfere su buharı salınması ve yeşil alanlarda yapılan sulamadır. Bunun yanında şehre düşen yağışın bir kısmının daha yere düşmeden tekrar su buharına dönüşerek atmosfere katılması, bir kısmının ise (kanalizasyon sistemine giden dışında) hemen buharlaşması gibi etkenler şehir atmosferinin daha fazla su buharı içermesine neden olmaktadır. Ayrıca kırsal alanlarda azalan evapotranspirasyona bağlı olarak hissedilir ısının artması, konveksiyonu artırmaktadır. Bu da öğle saatlerinde artan konveksiyon ile atmosferin üst kısımlarına su buharı taşınmasına böylece zemine yakın alt kısımdaki su buharı basınç değerinin düşmesine neden olmaktadır. Oysa öğle saatlerinde negatif ŞIA gelişimi şehir sınır tabakasının alçalmasına ve türbülansın dar bir tabaka içerisine hapsolmesine böylece şehirlerin az da olsa nemli olmasına neden olmaktadır. Bu dönemde şehirlerde ise yüksek binaların yarattığı şehir kanyonları zayıf buharlaşma, düşen doyma noktası,

antropojenik su buharı, kısıtlanmış hava dolaşımının yarattığı etkilerin tümü şehirlerin daha nemli olmasını sağlamaktadır (Hage 1975, Oke 1987).



Şekil 1. Su buharı basıncı, sıcaklık ve bağıl nem farklarının ( $\Delta e$ ,  $\Delta T$  ve  $\Delta RH$ ) aylık değişimleri (Sol taraftaki şekilde kesik çizgiler sıcaklık farkını, düz çizgiler su buharı basıncı farkını, sağ tarafta düz çizgi bağıl nem farkını göstermektedir).

Öğle saatleri  $\Delta e$  ve  $\Delta T$  değerlerinin en küçük olduğu dönemdir. Öğle saatlerinde iyi gelişen gizli ve hissedilir ısı transferi  $\Delta e$  ve  $\Delta T$  değerlerinin azalmasına neden olmaktadır (Unkasevic vd 2001). Böylece şehir atmosferi kırsal alanlara göre az da olsa bütün yıl daha nemli hale gelmektedir.

Ocak ve şubat ayları dışında KOMİ daha fazla bağıl nem içermektedir. KOMİ'nin daha fazla bağıl nem içermesi öğle saatlerinde yaşanan negatif ŞIA ile ilgilidir. Öğle saatlerinde, kırsal alanların düşük ısı kapasitesi nedeniyle hızla ısınması ve özellikle şehir kanyonlarının yarattığı negatif etki nedeniyle negatif ŞIA gelişir (Landsberg 1981, Oke 1982,1987, Klyisik ve Fortuniak 1999, Runnals ve Oke 2000). Landsberg ve Maisel (1972) yaptıkları çalışmada bağıl nemde gündüz saatlerinde % 4 azalma saptamışlar, bu azalmanın yarısının ŞIA'nın yarattığı yüksek sıcaklık, diğer yarısının ise azalan evapotranspirasyondan kaynaklandığını hesaplamışlardır. KOMİ'de saat 14:00'te yıl boyunca bu bulgulara ters bir durum hâkimdir. Bu durum yörenin karasallığı ile ilgili olmalıdır.

**Çizelge 1.** İncelenen iklim elemanları farklarının uzun yıllık ortalamaları

Mevsim		07:00	14:00	21:00	Ortalama
$\Delta e$ (mb)	Kış	0.0	-0.1	-0.1	0.0
	İlkbahar	-0.2	0.3	-0.4	-0.1
	Yaz	-0.5	0.2	-0.2	-0.1
	Sonbahar	0.3	0.1	-0.1	0.1
	Yıllık	-0.1	0.1	-0.2	-0.1
$\Delta RH$ (%)	Kış	-2.0	-0.3	-3.1	-1.8
	İlkbahar	-0.7	2.2	-5.0	-3.9
	Yaz	-11.9	2.3	-1.0	-3.6
	Sonbahar	-7.9	1.5	-2.3	-2.9
	Yıllık	-7.7	1.4	-2.8	-3.0
$\Delta T$ (°C)	Kış	0.5	-0.3	0.3	0.2
	İlkbahar	1.4	-0.6	0.3	0.4
	Yaz	2.6	-0.8	0.2	0.5
	Sonbahar	2.4	-0.5	0.5	0.7
	Yıllık	1.7	-0.6	0.3	0.5

**Çizelge 2.** Su buharı basıncı farklarının ( $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$ ) sıklık dağılımı

Sınıf Aralığı	07:00	14:00	21:00	Ortalama
-9+	0.0	0.1	0.0	0.0
-7--8	0.0	0.1	0.1	0.0
-8--7	0.1	0.2	0.2	0.0
-7--6	0.2	0.5	0.5	0.1
-6--5	0.4	0.8	0.8	0.3
-5--4	1.2	1.9	1.8	0.9
-4--3	2.4	3.1	3.4	2.2
-3--2	5.7	6.1	7.1	4.9
-2--1	13.9	13.3	15.6	13.3
-1-0	28.8	25.1	28.0	31.4
0-1	27.3	21.0	22.5	27.3
1-2	12.7	12.1	10.1	11.6
2-3	4.6	7.3	5.1	4.6
3-4	1.8	3.8	2.5	2.1
4-5	0.6	2.1	1.3	0.8
5-6	0.2	1.1	0.6	0.2
6-7	0.1	0.6	0.3	0.1
7-8	0.0	0.4	0.1	0.1
8-9	0.0	0.2	0.0	0.0
9+	0.0	0.1	0.0	0.0

#### 4.1.3. 21:00'deki değişimler

$\Delta e_{(KOMI-KAMI)}$  değerlerine göre akşam saatlerinde tüm yıl boyunca KOMI, KAMI'ye göre daha kurudur (şekil 1c). Özellikle nisan ve mayıs aylarında KOMI daha kuru hale gelmektedir. Bunda şehirlerin oluşturduğu yapay yüzeylerin yüzey akışını artırması, buna karşın sızma olayını engellemesi etkili olmaktadır. şehirlerde, düşen yağmurun yüzey akışıyla uzaklaşması bu aylarda buharlaşmanın azalmasına neden olmaktadır. Buna karşın nisan ve mayıs aylarında i bölgelerimizde akşamüzeri görülen kararsızlık yağışları sonrasında artan buharlaşma KAMI'de su buharı basıncının yüksek olmasına neden olmaktadır.  $\Delta e$  değerlerindeki genliğin kuk olması (-0.2 ile 0.6 mb arasında) sıklık dağılımlarında da görülmektedir. Negatif ve pozitif  $\Delta e$  değerlerinin oranı birbirine çok yakındır (sırasıyla % 57.5, % 42.5) (izelge:2).

**Çizelge 3.** Bağlı nem farklarının ( $\Delta RH_{(KOMI-KAMI)}$ ) sıklık dağılımı

Sınıf Aralığı	07:00	14:00	21:00	Ortalama
-50+	0.1	0.1	0.0	0.0
-50--40	0.5	0.2	0.3	0.0
-40--30	3.8	0.9	1.6	0.2
-30--20	13.1	3.1	6.4	2.4
-20--10	25.6	11.3	19.9	19.3
-10-0	33.5	31.0	35.1	43.0
0-10	16.6	34.2	23.4	27.6
10-20	4.7	13.7	9.7	6.3
20-30	1.6	3.7	2.6	1.0
30-40	0.4	1.2	0.8	0.1
40-50	0.2	0.5	0.1	0.0
50+	0.0	0.1	0.1	0.0

**Çizelge 4.** Sıcaklık farklarının ( $\Delta T_{(KOMI-KAMI)}$ ) sıklık dağılımı

Sınıf Aralığı	07:00	14:00	21:00	Ortalama
-10+	0,0	0,1	0,0	0,0
-10--9	0,0	0,1	0,0	0,0
-9--8	0,1	0,3	0,0	0,0
-8--7	0,1	0,3	0,1	0,0
-7--6	0,3	0,6	0,2	0,0
-6--5	0,5	1,0	0,4	0,1
-5--4	1,1	2,0	0,9	0,4
-4--3	2,2	3,7	2,7	1,3
-3--2	3,7	9,5	6,7	3,7
-2--1	6,3	20,7	13,0	10,9
-1-0	10,9	27,1	20,5	21,6
0-1	14,2	19,2	22,2	26,7
1-2	16,2	9,2	16,6	21,1
2-3	14,9	3,6	9,4	9,7
3-4	12,2	1,3	4,4	3,2
4-5	7,8	0,7	1,7	0,9
5-6	4,5	0,3	0,7	0,3
6-7	2,6	0,1	0,4	0,1
7-8	1,3	0,0	0,2	0,1
8-9	0,7	0,0	0,1	0,0
9-10	0,3	0,0	0,0	0,0
10+	0,1	0,0	0,0	0,0

$\Delta RH_{(KOMI-KAMI)}$  değerleri incelendiğinde soğuk dönem (kasım, aralık, ocak ve şubat) ile mayıs ayı dışındaki aylarda negatif  $\Delta RH$  değerleri tespit edilmiştir (şekil 1c). Bu aylar genellikle şIA'nın belirginleştiği dönemlerdir. Orta kuşak ülkelerinin bazılarında maksimum şIA yaz aylarında görülürken, bazılarında kiş aylarında görülmektedir. Bunda artan karasallığa bağlı olarak artan enerji

tüketimi etkili olmaktadır. ŞIA genellikle güneş battıktan 3 veya 4 saat sonra belirginleşmeye başlamaktadır. Yani bizim incelediğimiz 21:00 daha ŞIA'nın yeni gelişmeye başladığı dönemdir. Bu nedenle ŞIA'nın etkisi grafiklere tam olarak yansımamaktadır.

Sıklık dağılışında negatif  $\Delta RH$  sınıf aralıkları fazladır. -% 20 ile 0 arasındaki sınıf aralığının sıklığı % 55.0'tir (Çizelge 3). 0 ile 3 °C arasındaki  $\Delta T$  değerlerinin sıklığı ise % 58.7'dir. Bu da negatif  $\Delta RH$  üzerinde sıcaklığın etkili olduğunu göstermektedir.

#### 4.1.4. Günlük ortalamalardaki değişimler

Günlük ortalama  $\Delta e_{(KOMI-KAMI)}$  değerleri incelendiğinde, yaz aylarında negatif  $\Delta e$  değerleri, sonbahar mevsiminde ise pozitif  $\Delta e$  değerleri görülmektedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise giderek artan negatif  $\Delta e$  değerleri dikkati çekmektedir.

$\Delta RH_{(KOMI-KAMI)}$  değerlerinin yıllık gidişini incelendiğinde bütün yıl şehirlerin daha az bağıl nem içerdiği görülür. Bu durum  $\Delta T$  değerlerinin gidişini ile büyük uyumluluk göstermektedir. Sonbahar mevsimi  $\Delta e$ ,  $\Delta RH$  ve  $\Delta T$  değerlerinin en büyük olduğu dönemdir. Büyüyen  $\Delta T$ , sonbahar mevsiminde başlayan yağışları hızla buharlaştırmaktadır. Bu durum maksimum pozitif  $\Delta e$  değerlerine neden olurken, büyüyen ŞIA ise negatif  $\Delta RH$  değerlerine neden olmaktadır.

#### 4.2. $\Delta T$ ile $\Delta e$ ve $\Delta RH$ Arasındaki İlişki

$\Delta T$  ile  $\Delta RH$  arasındaki ilişki incelendiğinde bu iki değişken arasında tüm yıl boyunca günün tüm saatlerinde negatif bir korelasyon olduğu görülür (Çizelge 5). Yani artan ŞIA,  $\Delta RH$  değerlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu iki değişken arasındaki ilişki genelde orta düzeyde olup tüm korelasyon katsayıları (R) 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

**Çizelge 5.** Sıcaklık farkı ile su buharı basıncı farkı ve bağıl nem farkı ( $\Delta T$  ile  $\Delta e$  ve  $\Delta RH$ ) arasındaki ilişki

	07:00		14:00		21:00		Ortalama	
	$\Delta T-\Delta RH$	$\Delta T-\Delta e$	$\Delta T-\Delta RH$	$\Delta T-\Delta e$	$\Delta T-\Delta RH$	$\Delta T-\Delta e$	$\Delta T-\Delta RH$	$\Delta T-\Delta e$
<b>Kış</b>	-0.35	0.60	-0.69	-0.07	-0.36	0.42	-0.42	0.35
<b>İlkbahar</b>	-0.61	0.21	-0.65	-0.20	-0.41	0.10	-0.44	0.72
<b>Yaz</b>	-0.35	0.27	-0.44	-0.04	-0.32	0.09	-0.19	0.89
<b>Sonbahar</b>	-0.49	0.47	-0.56	-0.09	-0.32	0.23	-0.33	0.72
<b>Yıllık</b>	-0.50	0.30	-0.62	-0.08	-0.35	0.59	-0.36	0.20

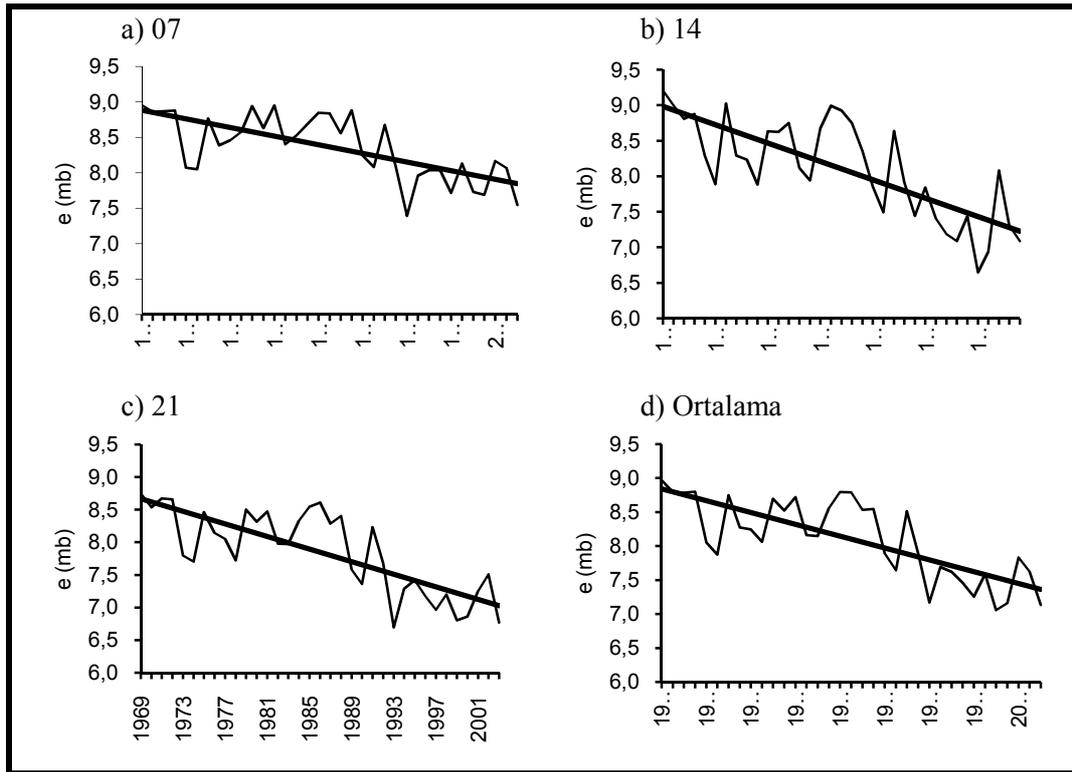
$\Delta T$  ile  $\Delta e$  arasındaki ilişki incelendiğinde tüm yıl öğle saatleri dışında pozitif korelasyon vardır (Çizelge 5). Yani artan ŞIA'ya bağıl olarak şehirler daha nemli hale gelmektedir. Saat 14:00'teki ilişkinin negatif olması negatif ŞIA ile ilgili olmalıdır. Öğle saatleri, ortalama değerlerde tüm yıl negatif ŞIA görüldüğü dönemdir. Çizelge 4'teki günlük sıklık dağılımları incelendiğinde de görüldüğü gibi 0 ile -2 °C arasındaki  $\Delta T$  değerinin sıklığı % 47.8, tüm negatif  $\Delta T$  değerlerinin sıklığı ise % 65.4'tür. Yani şehirlerde park bahçe için yapılan sulama gelen radyasyonun bir kısmının buharlaşma için kullanılmasına bu da negatif ŞIA gelişimine neden olmaktadır (Eliasson ve Holmer 1990). Bu durum  $\Delta T$  ile  $\Delta e$  arasında negatif korelasyon görülmesine neden olmaktadır. Ancak öğle saatlerindeki bu ilişki çok zayıftır.

#### 4.3. Subuharı Basıncı ve Bağıl Nem Değerlerindeki Uzun Yıllık Değişimler

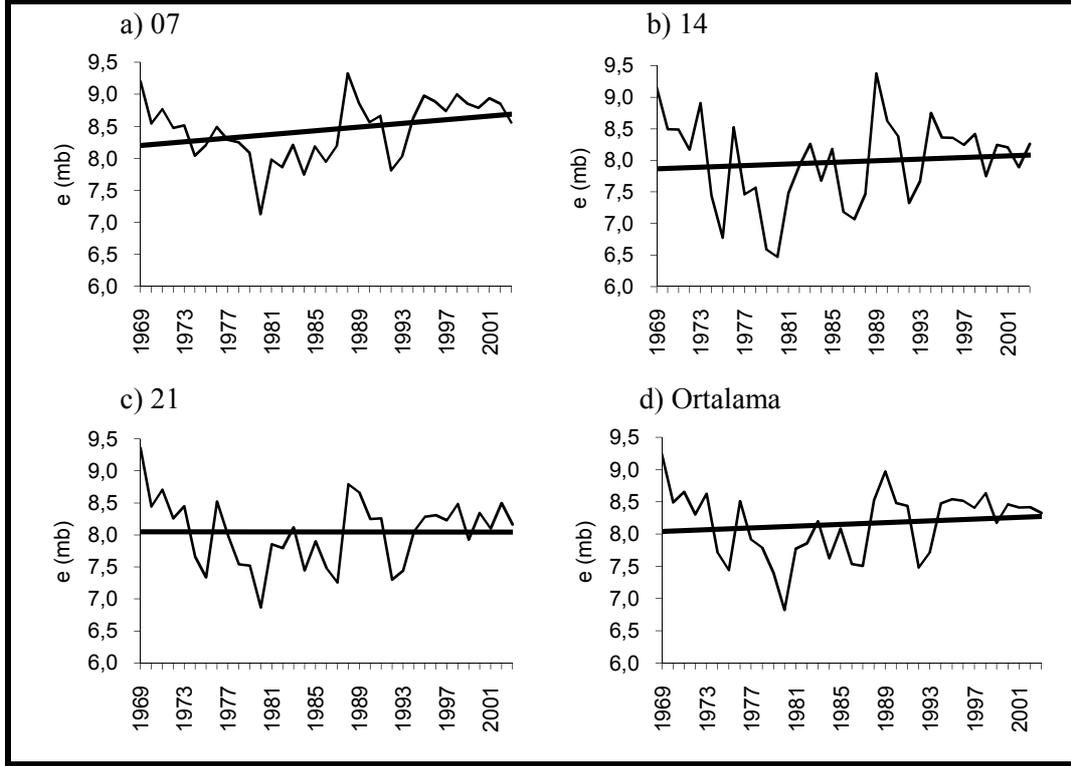
Şehirleşmenin su buharı ve bağıl nem üzerindeki etkisini saptamak için KOMİ ve KAMİ'nin uzun yıllık değişimleri ve bu değişimlerin eğilimleri çizilmiştir. KOMİ'de su buharı basıncı değerlerinin uzun yıllık değişimleri incelendiğinde, tüm incelenen saatlerde ve ortalamalarda 1990'lı yıllar civarında kuvvetlenerek artan bir azalma eğilimi vardır (Şekil 2). Oysa KAMİ'de bütün gözlemlerde artma eğilimi vardır (Şekil 3). İki istasyonun eğilimleri arasındaki farklılık şehirleşmenin etkisini yansıtmaktadır. KAMİ'deki su buharı basıncı genel iklim sistemi içerisindeki artış ile ilişkili olabilir. Çünkü İç Anadolu Bölgesi'nde yıllık ortalama ve yıllık minimum, kış minimum, ilkbahar minimum, yaz ortalama, yaz minimum ve sonbahar minimum sıcaklıklarında artışlar saptanmıştır

(Türkeş vd. 2002). Sıcaklıklarda görülen bu artış eğilimi KAMİ'deki su buharı basıncı artışı üzerinde etkili olabilir.

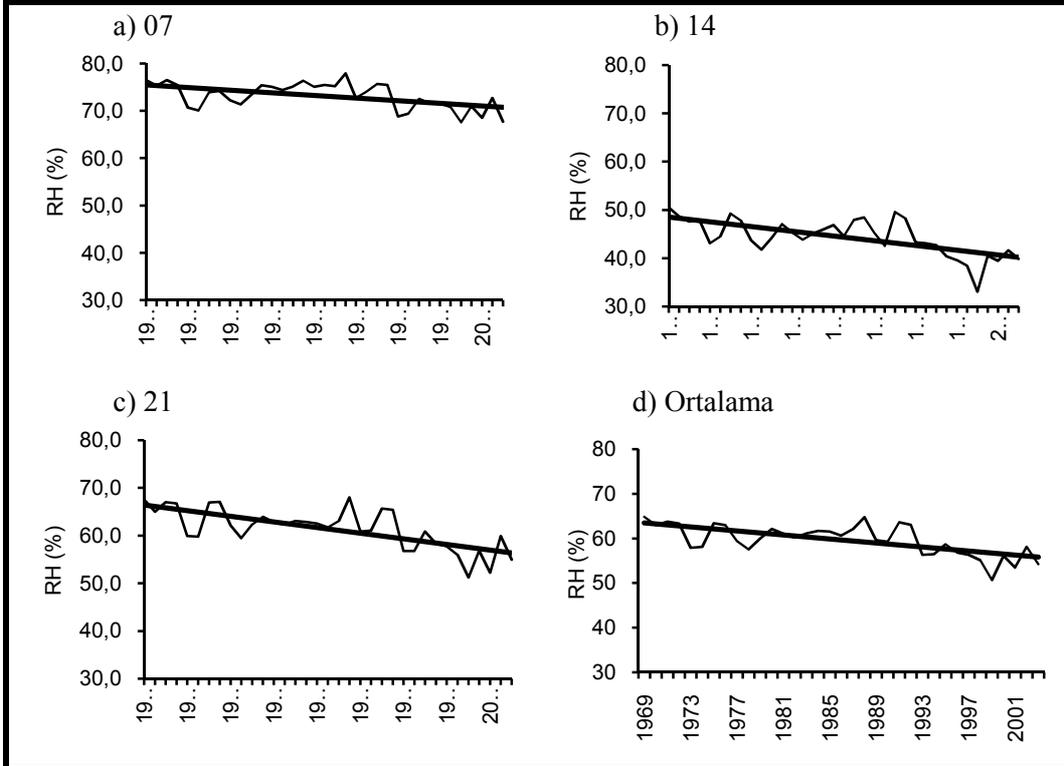
Aynı durum daha az belirgin olarak bağıl nem değerlerinde de görülmektedir. KOMİ'de bağıl nem değerlerinde kuvvetli azalma eğilimi varken KAMİ'de belirgin olmayan artış eğilimi vardır (Şekil 4-5). Bağıl nem değerlerindeki azalmanın açıklaması su buharı basıncı değerlerine göre nispeten kolaydır. Çünkü bağıl nem ile artan ŞIA arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Bu nedenle ŞIA arttıkça bağıl nem azalmaktadır. Ancak su buharı basıncı değerlerindeki azalmayı açıklamak zordur. Çünkü beklenen, şehirleşme ve sanayileşme artışına bağlı olarak su buharı basıncı değerlerinin de artmasıdır. Ancak KOMİ'de bu değer düşmektedir. Bu düşüş su buharı basıncı değerlerindeki değişimin sadece ŞIA ile açıklanamayacağını göstermektedir. Zaten  $\Delta T$  ile  $\Delta e$  arasındaki ilişkinin,  $\Delta T$  ile  $\Delta RH$  arasındaki ilişkiye göre daha zayıf olması bunu doğrulamaktadır. Jauregui ve Tejeda (1997) benzer eğilimleri özgül ve bağıl nemi ele alarak yaptıkları çalışmada da saptamışlardır. Aynı çalışmada bağıl nemdeki azalma, artan şehir ısı adasının gelişimine bağlı olarak, artan hissedilebilir ısı ile açıklanırken, özgül nemdeki azalmanın açıklanmasının zor olduğu belirtmektedirler. Bunun nedenini şehrin büyümesi sonucunda rüzgârın şehir içindeki istasyonlara ulaşma süresinin uzamasına ve buna bağlı olarak şehir nem kaynaklarından üretilen nemin istasyonlara ulaşmasının engellenmesine bağlamışlardır. Yani artan şehir kanyonları ve azalan rüzgâr hızı, nem kaynaklarından atmosfere salınan nemin şehir üzerinde homojen dağılmasını engellemektedir. Bu durum genelde şehrin dış kenarlarında bulunan meteoroloji istasyonlarında nem değerlerinde değişikliğe engel olmaktadır.



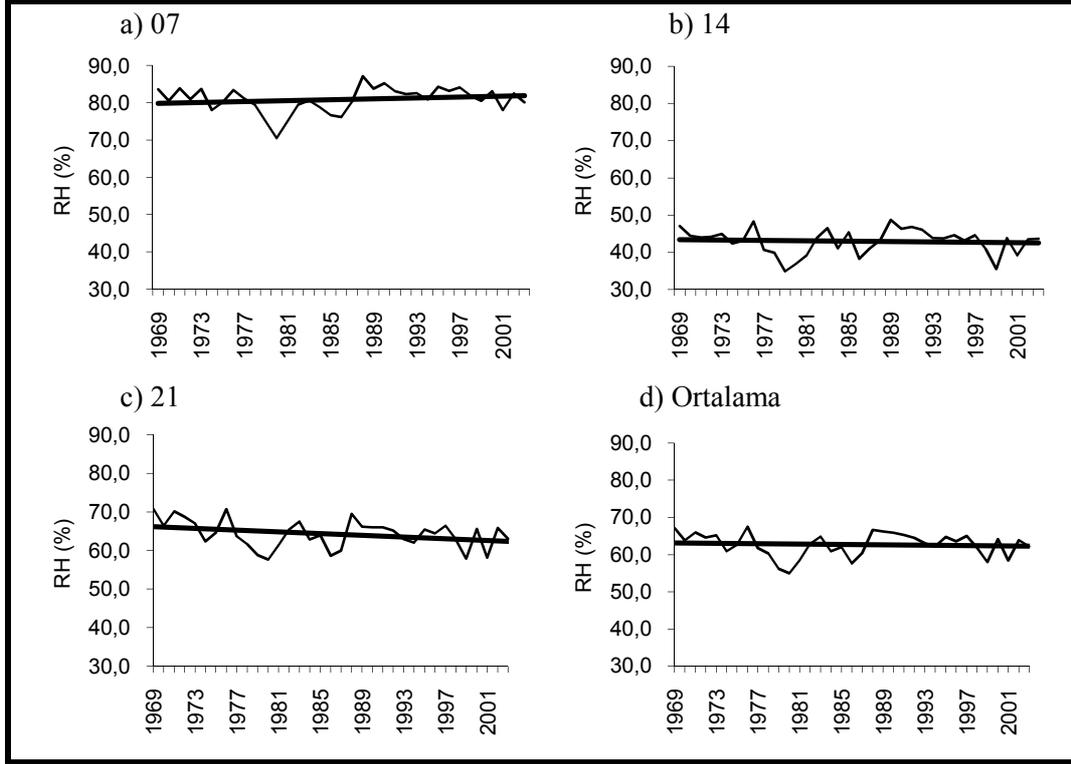
Şekil 2. Konya Meteoroloji İstasyonu'nda (KOMİ) su buharı basıncındaki değerlerindeki uzun yıllık değişimler



Şekil 3. Karapınar Meteoroloji İstasyonu'nda (KAMİ) su buharı basıncındaki değerlerindeki uzun yıllık değişimler



Şekil 4. Konya Meteoroloji İstasyonu'nda (KOMİ) bağıl nem değerlerindeki uzun yıllık değişimler



Şekil 5: Karapınar Meteoroloji İstasyonu'nda (KAMİ) bağıl nem değerlerindeki uzun yıllık değişimler

## 5. Sonuç ve Tartışma

$\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerlerindeki değişimler incelendiğinde yaz mevsiminde sabah ve akşam saatlerinde KOMİ'nin daha az nem içerdiği görülmektedir. Yaz aylarında öğle saatlerinde şehir alanları kırsal alanlara göre daha nemli olsa da aradaki fark çok küçüktür. Günlük ortalamalarda ise KOMİ'deki nem miktarı KAMİ'den daha düşüktür. Kırsal ve şehir alanlarının farklı termik davranışları ve nem özellikleri, yazın sabah saatlerinde kırsal alanların nemli olmasına neden olmaktadır. Kırsal alanlarda güneş doğması ile birlikte nemlilik artmaya başlar ve yüzeyden oluşan evapotranspirasyon ile atmosferin alt seviyelerine doğru taşınmaya başlar. Geçirimsiz yüzey örtüsü nedeniyle kırsal alanlarda yaşanan bu olay şehirlerde görülmez. Öğle saatlerinde kırsal alanların kararsız atmosfer yapısı konveksiyonu artırır. Artan konveksiyon nedeniyle yüksek atmosfere taşınan su buharı alt seviyelerdeki su buharı basıncının düşmesine neden olur. Böylece şehirler göreceli olarak kırsal alanlardan daha nemli hale gelir (Hage 1975, Oke 1979).

Sonbahar ve kış aylarında akşam saatleri dışında günün diğer saatlerinde şehirler kırsal alanlardan daha nemlidir. Hage (1975) Edmonton'da yaptığı çalışmada kış aylarında günün tüm saatlerinde şehirlerin daha nemli olduğunu saptamıştır. Bunu da şehir alanlarında atmosfere salınan ısınma amaçlı su buharı ve kırsal alanlarda azalan buharlaşma ile ilişkilendirmiştir. Yörede çok yıllık bitkilerin bulunmayışı terlemenin olmasını engellemektedir. Bu da kırsal alanlardaki su buharı basıncını düşürmektedir. Oysa şehirlerde ısınma amaçlı enerji tüketimi şehir atmosferindeki su buharı basıncını artırmaktadır.

Tüm yıl boyunca akşam saatlerinde  $\Delta e_{(KOMİ-KAMİ)}$  değerleri negatiftir. Oysa yapılan çalışmaların pek çoğunda akşam saatlerinde şehirlerin kırsal alanlara göre daha çok nem içerdiği saptanmıştır (Chandler 1967, Kopec 1973). Kırsal alanların güneş battıktan sonra hızla soğuması atmosferin zemine yakın kesimlerinin de soğumasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak zemine yakın seviyelerde oluşan yoğuşma, kırsal alanlarda su buharı basıncını düşürmektedir. Oysa KOMİ'de akşam saatlerinde atmosfer bütün yıl boyunca kurudur. Bu durum özellikle şehir istasyonunun konumundan kaynaklanmaktadır. Şehrin batısında yer alan Meram'da, özellikle akşam saatlerinde

gelişen ŞIA'ya bağlı olarak çevresi ile arasında belirgin sıcaklık gradyanı oluşur. Bu da şehre doğru esen yerel rüzgarların oluşumuna neden olmaktadır. Kırsal alandan gelen yerel rüzgara bağlı olarak su buharı basıncı da düşmektedir. Benzer özellik Holmer ve Eliasson (1999) tarafından Göteborg'da da saptanmıştır.

Su buharı basıncı değerlerinin yıllık ve mevsimlik farklarındaki oynamalar çok küçüktür. Buna karşın gün içindeki oynamalar daha büyüktür.

$\Delta RH_{(KOMI-KAMI)}$  incelendiğinde öğle saatleri dışında KOMİ yıl boyunca daha az bağıl nem içermektedir. Konya'nın bu özelliği ondan daha kurak koşullara sahip Kahire ile büyük benzerlik göstermektedir (Roba 2003). Şehirlerin daha az bağıl nem içermesi şehirleşmeye bağlı olarak gelişen şehir ısı adası (ŞIA) ile ilgilidir. Düşük ısı kapasiteli kırsal alanlarda güneş battıktan sonra hızla yaşanan enerji kaybına karşın, şehirsiz alanlarda yüksek ısı kapasiteli malzemelerin kullanılması ve şehir kanyonları nedeniyle yer ışımasının azalması, ŞIA gelişimine neden olmaktadır.  $\Delta T$  ile  $\Delta RH$  arasındaki ilişki incelendiğinde bu iki değişken arasında tüm yıl boyunca günün tüm saatlerinde negatif bir korelasyon olduğu görülür. Yani artan ŞIA,  $\Delta RH$  değerlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum da bağıl nemin sıcaklık değişmelerine karşı çok hassas olduğunu ortaya koymaktadır. Günlük bağıl nemin sıcaklığın bir fonksiyonu olması ve ŞIA'dan etkilenmesi, şehir klimatolojisi çalışmalarında kullanılmasını kısıtlamaktadır. Ancak bağıl nem değerlerindeki uzun yıllık değişimler şehirleşme etkisini tam olarak yansıtmaktadır. Bu nedenle şehir klimatolojisi çalışmalarında bağıl nemin günlük değişimi yerine, uzun yıllık değişiminin değerlendirilmesi daha doğru sonuç vermektedir.

Artan ŞIA'ya bağlı olarak KOMİ'de bağıl nem değerlerinde azalma eğilimi görülmektedir. Bu durum sıcaklık ile bağıl nem arasındaki negatif korelasyon ile ilgilidir. Yine su buharı basıncı değerlerinde belirgin bir azalma eğilimi vardır. Ancak bu azalma ŞIA'dan çok, şehirlerde değişen şehir geometrisine bağlı olarak azalan rüzgar hızı ile ilgili olmalıdır. Şehirlerde su buharı kaynaklarına bağlı olarak nemli ve kuru nemlilik adaları (wet and dry humidity island) oluşmaktadır. Özellikle şehir kanyonlarının içerisinde hapsolan nem, rüzgar hızı nedeniyle yayılmaz. Böylece şehirlerde homojen olmayan buhar basıncı dağılışı görülür. (Chandler 1967; Kopec 1973).

## Referanslar

- Ackerman, B. (1987) Climatology of Chicago area urban-rural differences in humidity. *J. Climate Appl. Meteor.* 26: 427-430
- Brazel, W. S., Balling, R. J. (1986) Temporal analysis of long term atmospheric moisture levels in Phoenix, Arizona. *J. Climate Appl Meteor.* 25: 112-117
- Chandler, T. J. (1967) Absolute and relative humidities in town. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 48: 394-399
- Çiçek, İ. (1994) Türkiye'deki Kurak Dönemin Yayılışı ve Süresi (Thornthwaite Metoduna Göre) Ank.Üniv. Türkiye Coğ. Araş. Ve Uyg. Merk. Derg. 4:77-101
- Çiçek, İ. (1996) Thornthwaite metoduna göre Türkiye'de iklim tipleri. *Ank.Üniv., DTC. Fak., Coğ. Araş. Der.* 12:33-71
- DİE (2002)
- Eliasson, I., Holmer B. (1990) Urban heat island circulation in Göteborg, Sweden. *Theor. and Appl. Climatol.* 42, 187-196
- Hage, K. D. (1975) Urban-rural humidity differences. *J. Appl. Meteor.* 14: 1277-1283
- Holmer, B., Eliasson, I. (1999) Urban-rural vapour pressure differences and their role in the development of urban heat islands. *Int. J. of Climatol.* 19: 989-1009
- Jauregui, E., Tejada, A. (1997) Urban-rural humidity contrasts in Mexico City. *Int. J. of Climatol.* 17: 197-196
- Kabukçu, A.M. (1994) *Sağlık, Sosyal ve Fen Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik.* s: 270
- Klysik, K., Fortuniak, K. (1999) Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. *Atmospheric Environment* 33, 3885-3895
- Kopec, R.J. (1973) Daily spatial and secular variations of atmospheric humidity in a small city. *J. Appl. Meteor.* 12: 639-648
- Landberg, H.E., Maisel, T.N. (1972) Micrometeorological observations in an area of urban growth. *Boundary Layer Meteorology* 1, 61-63
- Landsberg, H.E (1987) *The urban climate.* Academic Pres s:275
- Lee, D.O. (1991) Urban-rural humidity differences in London. *Int. J. of Climatol.* 11: 577-582
- Oke, T.R. (1982) The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108:455, 1-24
- Oke, T.R. (1987) *Boundary Layer Climates.* Routledge s:435
- Robaa, S.M. (2003) Urban-suburban/rural differences over Greater Cairo, Egypt. *Atmosfera*, 16:3, 157-171

- Runnalls, K.E., Oke, T.R. (2000) Dynamics and controls of the near-surface heat island of Vancouver, British Columbia. *Physical Geography* 21:4, 283-304
- Türkeş M., Sümer U.M., Demir İ. (2002) Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929–1999 *Int. J. of Climatol* 22: 947-977
- Unkasevic, M., Jovanovic, O., Popovic, T. (2001) Urban-suburban/rural vapour pressure and relative humidity differences at fixed hours over the area of Belgrade city. *Theor. and Appl. Climatol.*, 68: 67-73