

## Topoğrafik, meteorolojik ve klimatolojik faktörlerin Afyonkarahisar şehrindeki hava kirliliği üzerine etkileri<sup>1</sup>

*Topographic, meteorological and climatological factors affecting the air pollution in the city of Afyonkarahisar*

Hakkı Yazıcı\*<sup>a</sup>  Nusret Koca<sup>a</sup>  Evren Ekiz<sup>a</sup> 

<sup>a</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar.

### BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 04.06.2018  
 Kabul/Accepted: 01.11.2018

**Anahtar Kelimeler:**  
 Hava kirliliği  
 Afyonkarahisar  
 Topoğrafik faktör  
 Meteorolojik faktör

**Keywords:**  
 Air pollution  
 Afyonkarahisar  
 Topographic factor  
 Meteorological factor

\*Sorumlu yazar/Corresponding author:  
 (H. Yazıcı) hyazici@aku.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.430631

**Atf/Citation:**  
 Yazıcı, H., Koca, N., Ekiz, E. (2018). Topoğrafik, meteorolojik ve klimatolojik faktörlerin Afyonkarahisar şehrindeki hava kirliliği üzerine etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi* (71), 63-68. DOI:10.17211/tcd.430631.

### ÖZ / ABSTRACT

Sanayi devrimi ile birlikte enerji elde etmek için kömür ve petrol gibi doğal kaynaklar çok fazla kullanılmaya başlanmıştır. Nitekim 1900 yılında dünya enerji tüketiminde kömürü oranı % 98 civarında idi. Bu durum zamanla havanın kirlenmesine yol açmış ve 1950'li yıllarda Avrupa ve Amerika'nın bazı kentlerinde toplu ölümler yaşanmıştır. Buna karşı birtakım önlemler alınmış olmasına rağmen, hızlı nüfus artışına bağlı olarak doğal kaynak tüketiminin artması nedeniyle atmosfere salınan karbonlu, kükürtlü ve azotlu gazlar ile partiküler maddelerde önemli artışlar olmuştur. Bu durumun başta iklim olmak üzere canlı ve cansız tüm varlıklar üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Dünyanın birçok kentinde olduğu gibi Türkiye'nin bazı kentlerinde de kış aylarında hava kirliliği değerleri yükselmektedir. Bu kentlerden birini de Afyonkarahisar şehri oluşturmaktadır. Nitekim Afyonkarahisar'da kış mevsiminin bazı günlerinde kükürt dioksit ve partiküler madde miktarları sınır değerleri aşabilmektedir. Bu durum Dünya Sağlık Örgütü'nün 2016 yılı ölçümlerini esas alarak yayınlamış olduğu raporda da görülmektedir. Bu raporda, Avrupa'nın havası en kirli 10 kentinden 8'inin Türkiye'de olduğu ve bu kentler arasında Afyonkarahisar 7'nci sırada yer almaktadır. Kentteki konutların yarıdan fazlasının jeotermal ve doğalgaz gibi temiz enerji kaynakları ile ısınmasına rağmen kirlilik değerlerinin yüksek çıkması, kirliliğin sadece kullanılan yakıtın cinsi ile ilgili olmadığını göstermektedir. Nitekim atmosferdeki kirletici konsantrasyonunun artmasında veya azalmasında meteorolojik, klimatolojik ve topoğrafik özelliklerin de çok önemli etkileri vardır. Bu çalışmada Afyonkarahisar şehrinde kış aylarında havadaki kirlilik konsantrasyonunun artışına neden olan başlıca çevresel faktörler incelenmiştir.

*Following the industrial revolution natural resources such as coal and oil started to be used too much to generate energy. As a matter of fact, in 1900, coal consumption rate in the context of world energy consumption was around 98%. This caused air pollution over time, and in the 1950s mass deaths occurred in some cities of Europe and the United States. Although some measures have been taken against it, there have been significant increases in carbon, sulfur and nitrogen gases and particulate matter released to the atmosphere due to the increase in natural resource consumption due to the rapid population growth. This situation has negative effects on all living beings and non-living assets, especially the climate. In some cities in Turkey urban air pollution levels are rising in the winter like observed in other cities in the World. Afyonkarahisar is one of these cities. As a matter of fact, in Afyonkarahisar, in some days of winter season sulfur dioxide and particulate matter amounts can exceed limit values. It is also evidenced by the report that the World Health Organization published, which indicates the results based on the measurements of the year 2016. In this report, Turkey has 8 of the 10 most polluted cities in Europe, and among these cities Afyonkarahisar ranks 7th.. Despite the fact that more than half of the residences in the city are heated by clean energy sources such as geothermal and natural gas, the high pollution values indicate that pollution is not related only to the type of fuel used. As a matter of fact, meteorological, climatological and topographical features have very important effects in increasing or decreasing the pollutant concentration in the atmosphere. In this study, the main environmental factors causing the increase of pollution concentration in air of Afyonkarahisar city in the winter season are examined.*

<sup>1</sup> Çalışmanın özet kısmı VIII. Uluslararası Afyonkarahisar Araştırmaları Sempozyumu'nda sunulmuştur.

## 1. Giriş

İnsan ve diğer canlıların yaşamı için hayati öneme sahip olan havanın belirli bir kalitede olması gerekir. Çok çeşitli nedenlerle farklı yer ve zamanlarda havanın kalitesi bozulabilmekte yani hava kirlenmektedir. Hava kirliliği kavramı sanayi devrimi ile birlikte ortaya çıkan hızlı nüfus artışı, aşırı doğal kaynak kullanımı ve şehirleşme sonucunda insanlığın gündemine girmiş bir kavramdır. Kısaca hava kirliliği; Doğal ve beşeri kaynaklardan atmosfere salınan toz, gaz, duman, koku ve su buharı gibi kirleticilerin havanın doğal bileşimini bozarak canlılara zarar verecek yapıya dönüşmesidir (Yıldız, Sipahioğlu ve Yılmaz 2011). Meteorolojik koşullar (inversiyon, karışma yüksekliği, sıcaklık, rüzgâr, nem, vb.), coğrafi koşullar, kullanılan yakıt türü ve miktarları, bina tipleri, geleneksel alışkanlıklar, kentlerde hava kirliliğine neden olan faktörlerin en önemlilerindedir. Birçok il merkezinde görüldüğü gibi Afyonkarahisar şehrinde de özellikle kış aylarında ısınma başta olmak üzere motorlu taşıtlar ve sanayiden kaynaklanan hava kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir (Temiz Hava Eylem Planı Afyonkarahisar 2014-2019, 2014).

Son yıllarda yaşam kalitesini olumsuz etkileyecek düzeylere çıkan bu sorunla ilgili bazı önemli bilimsel çalışmalar (Sabah ve Çelik, 1999; Sabah, 2000; Gül, 2005; Temiz Hava Eylem Planı Afyonkarahisar 2014-2019, 2014; Afyonkarahisar İlinde Hava Kalitesi İstasyonunda Ölçülen Parametrelerin 5 Yıllık Ölçüm Sonuçlarına Ait Rapor, 2018) yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha çok kirletici kaynaklar ve sorunun çözümüne yönelik öneriler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bizim çalışmamızda ise kirlilik üzerinde etkili olan yeryüzü şekilleri ile kısa ve uzun dönemli atmosfer olaylarının etkileri incelenmiş ve hava kirliliği üzerine olan etkileri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

## 2. Amaç ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı Afyonkarahisar şehrinde kış aylarında yaşanan hava kirliliği ve kirlilik konsantrasyonunun değişimi üzerinde etkili olan meteorolojik, klimatolojik ve topografik özelliklerin incelenerek ortaya çıkarılmasıdır. Bu bağlamda öncelikle ilgili literatür gözden geçirilmiştir. Daha sonra Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğünden temin edilen Afyonkarahisar şehrine ait uzun yılları kapsayan meteorolojik veriler doküman analizi tekniği ile derlenerek yorumlanmış, ayrıca Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nce yapılan çalışmalar gözden geçirilmiştir. Bunlara ilaveten saha gözlemleri de yapılmıştır. Daha sonra tüm bu veriler analiz edilerek eldeki çalışma oluşturulmuştur.

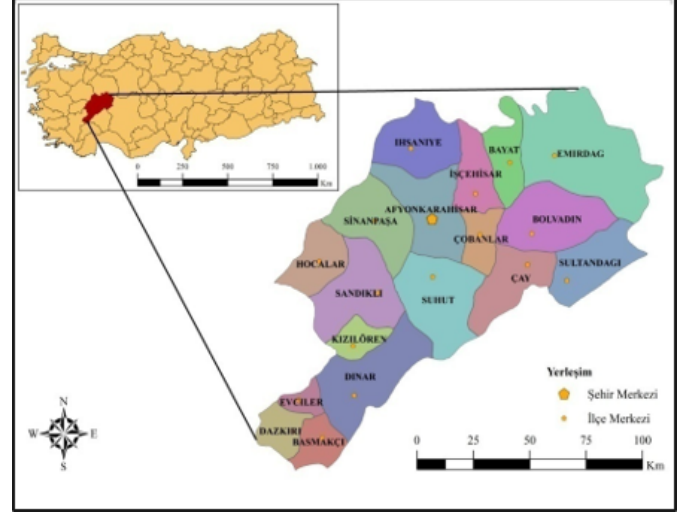
## 3. Bulgular

### 3.1. Afyonkarahisar Şehrinin Konumu ve Başlıca Coğrafi Özellikleri

Afyonkarahisar şehri, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'nde yer alan ve aynı adı taşıyan ovanın güneybatı kenarında konumlanmıştır (Şekil 1).

Yükseltisi 1021-1040 m arasında değişen Afyonkarahisar ovası, etrafı yüksek dağlarla çevrili, sularını denizlere ulaştıramayan kapalı bir havzanın tabanını oluşturmaktadır. Ovanın kuzeyinde, Türkmen dağları (Eğerli Tepe 1852 m) ile bunların güneye doğru

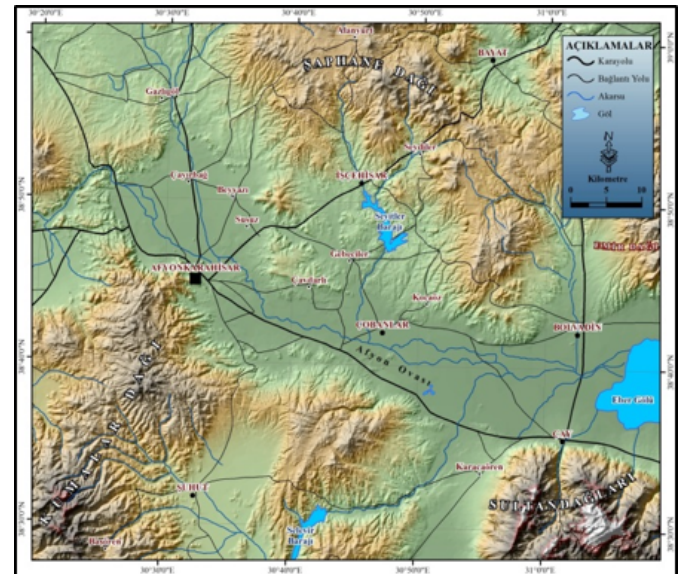
uzantıları olan sırtlar ve tepeler yer almaktadır. Batısında İlkbulak dağının (1565 m) yer aldığı ovanın güneyini tamamen volkanik bir kütle olan Kumalar dağı (Tınaztepe 1758 m) sınırlandırmaktadır. Ova ve çevresinin suları, Akarçay ve kolları tarafından drene edilerek Eber ve Akşehir göllerine akıtılmaktadır (Şekil 2) (Ardos, 1978).



Şekil 1. Afyonkarahisar ili lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of Afyonkarahisar.

Bu coğrafya içerisinde Afyonkarahisar şehri üç jeomorfolojik birimin kesişme noktasında; Kumalar dağının kuzey yamacı (Hıdırlık tepesi), volkanik domlar (Kale Tepe, Sarıkız tepesi ve Ciritler kayalığı) ve kısmen ova üzerinde yer almaktadır. Şehir ilk olarak Kale Tepe çevresinde kurulup gelişmiştir. Şehrin yerleşim alanı olarak seçilmesi savunma fonksiyonunun güçlü olmasından kaynaklanmaktadır. Yine Hıdırlık tepesi de savunma fonksiyonunu destekler niteliktedir. Ayrıca Afyonkarahisar Ovası'nın tarımsal potansiyeli de şehrin kuruluşunda oldukça etkili olmuştur (Aliağaoğlu, 2004).



Şekil 2. Afyonkarahisar şehri ve yakın çevresinin fiziki coğrafya haritası.

Figure 2. Physical geography map of Afyonkarahisar city and its surroundings.

Kale Tepe çevresinde başlayan yerleşme alanı zamanla gelişerek Hıdırlık tepesi üzerinde güneydoğu yönünde genişlemeye

devam etmiştir. Değişen şartlar ile birlikte savunma fonksiyonunun ortadan kalkmasına rağmen şehir Kale Tepe-Hıdırlık sırtları arasında gelişimini sürdürmüştür. Bu durum adı geçen morfolojik unsurların şehrin batı yönünde genişlemesine engel teşkil etmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla şehir daha çok doğu yönünde gelişim göstermiştir (Aliağaoğlu, 2004). Ancak son on beş yılda nüfusu neredeyse iki katına çıkan şehrin önce ova tabanına, sonrasında ise batıya doğru hızlı bir şekilde geliştiği gözlemlenmektedir.

İlk yerleşim yeri olan Kaletepe ve çevresi, başlangıç itibarıyla kuzey yönlü soğuk hava akımlarını engelleyerek yerleşme için elverişli bir topoğrafik ortam sunmasına karşın; zamanla şehrin gelişmesi, kullanılan yakıt miktarının giderek artması ve olumsuz iklimik şartların da etkisiyle hava kirliliğini arttıran bir faktör haline dönüşmüştür (Aliağaoğlu, 2004).

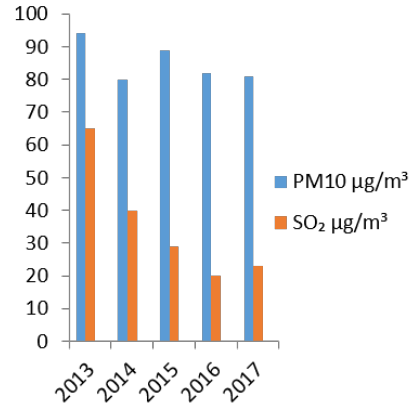
### 3.2. Afyonkarahisar Şehrinde Hava Kirliliği

Atmosfer çeşitli gazlar ve partiküller maddelerden oluşur. Bu gazlardan bir kısmı (Azot, Oksijen ve Asal gazlar) atmosferde devamlı bulunur ve miktarları değişmez. Bunlar yeryüzünde yaşamın devamı için adeta denge durumundadırlar. Buna karşılık atmosferde bulunup oranı değişen gazlar ( Karbondioksit, Su buharı ve Ozon) ise iklim ve hava olayları üzerinde etkilidir. Bir de atmosferde devamlı bulunmayan gaz ve tozlar vardır ki bunlar başlıca kirleticileri oluştururlar. Kirleticiler genellikle atmosferin en alt katı olan Troposferin ilk 3-5 km'lik kısmında bulunurlar. Her ne kadar atmosfer, doğal mekanizmalarla karışan kirleticileri zararsız hale getirme özelliğine sahipse de, bu maddelerin miktarı artınca bu işlevini yerine getiremez. Böylece özellikle kentler ve sanayi tesislerinden çıkan bir kısım gazlar ve partiküller hava kirliliğine yol (Yıldız, Sipahioğlu ve Yılmaz 2011) açmaktadır.

Atmosferdeki başlıca birincil kirleticileri; Kükürtdioksit, Azotoksitler, Karbonmonoksit, Hidrokarbonlar, Karbondioksit ve Partiküller Maddeler oluştururken, ikincil kirleticileri Kloroflorokarbonlar ve Ozon meydana getirmektedir (Yıldız, Sipahioğlu ve Yılmaz 2011). Herhangi bir yerdeki hava kirliliğinin belirlenmesinde daha çok Kükürtdioksit ve Partiküller Madde oranları ölçülür. Bu iki kirleticinin için Uzun Vadeli Sınır değer birim zamanda  $150 \mu\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Kısa Vadeli Sınır değerler ise  $400-300 \mu\text{m}^3$  arasında değişmektedir (Okutan, 1993).

Bu bilgiler ışığında Afyonkarahisar şehrinde yaşanan hava kirliliği olayı, 1990'lı yıllardan günümüze yapılan bazı çalışmaların sonuçlarına değinilerek açıklanmaya çalışılacaktır. Bunlardan 1990-1999 yılları arasındaki 10 yıllık ölçüm sonuçları esas alınarak yapılan çalışmada  $\text{SO}_2$  ve PM emisyonu açısından Afyonkarahisar'da Ekim-Nisan devresinde hava kirliliğinin yaşandığı, Kasım-Şubat arasındaki kış sezonunda ise bu değerlerin daha da yükseldiği belirtilmektedir. Yine bu 10 yıllık süre içerisinde 1991-1994 yılları arasında hava kirliliğinde artış olmasına rağmen  $\text{SO}_2$  ve PM konsantrasyonlarının Kısa Vadeli Sınır Değerleri aşmadığı, buna karşılık 1990 ve 1991 yılları dışında diğer yıllarda Uzun Vadeli Sınır Değerleri aştığı ortaya konulmuştur (Sabah, 2000). Gerek 1996 yılından itibaren konutların ısıtılmasında Jeotermal enerjinin, gerekse 2003 yılından itibaren doğalgaz kullanımının başlaması nedeniyle Afyonkarahisar 'da ölçülen  $\text{SO}_2$  değerlerinde giderek düşüşler yaşanmıştır. Nitekim

2015 yılı itibarıyla şehirdeki konutların % 53'ü temiz enerji ile ısıtılmaktaydı. Ancak bu değişimin PM konsantrasyonunda önemli bir azalmaya yol açmadığı görülmektedir (Şekil 3). Nitekim Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava Kalitesi Bülteni'nde yer alan 2016 yılı Partiküller Madde Ortalamalarına göre Afyonkarahisar şehri Bursa ve Amasya'dan sonra üçüncü sırada gelmektedir (<http://webdosya.csb.gov.tr>). Bu ise kirliliğin sadece kullanılan yakıtın cinsiyle ilgili olmadığını göstermektedir. Nitekim atmosferdeki kirleticinin konsantrasyonunun artması veya azalmasında topoğrafik, meteorolojik ve klimatolojik faktörlerin de çok önemli etkisi vardır.



Şekil 3. Afyonkarahisar ili 2013-2017 yılları kirleticinin konsantrasyon değişimi (Afyonkarahisar ilinde hava kalitesi istasyonunda ölçülen parametrelerin 5 yıllık ölçüm sonuçlarına ait rapor, 2018).

Figure 3. Pollutant concentration change between 2013-2017 for Afyonkarahisar province

#### 3.2.1. Afyonkarahisar Şehri'nde hava kirliliğini etkileyen topoğrafik faktörler

Katı, sıvı ve gaz şeklindeki kirleticilerin havaya karışması olayında; kaynak, taşıyıcı ve alıcı ortamların ayrı ayrı etkileri vardır. Alıcı ortamın hava kalitesi için belirlenmiş kriter veya standartlar vardır. Bu standartlara uyulabilmesi için kaynak ve ortama ilişkin değişkenlerin birlikte ele alınması gerekir (Okutan, 1993; Ertürk, 1993). Afyonkarahisar şehrinde hava kirliliğinin seyri ve kaynaklarına yukarıda kısaca değinilmiştir. Dolayısıyla burada daha çok çalışmanın esas konusunu oluşturan taşıyıcılar ve alıcı ortamın özellikleri üzerinde durulacaktır.

Taşıyıcılar hemen tamamen ortamın meteorolojik ve klimatolojik özellikleri ile ilgilidir. Bununla birlikte meteorolojik ve klimatolojik etkenlerle, topoğrafik etkenler hava kirliliği konusunda birbirleriyle iç içedir. Nitekim meteorolojik değişkenler (sıcaklık, yağış, rüzgâr, basınç vb.) topoğrafik yapıyla şekillenmekte ve hava kirliliğini artırıcı veya azaltıcı yönde etkiler yapabilmektedirler. Dolayısıyla bir yerde yaşanan ve felaket haline alan hava kirliliği sorunu, uygun olmayan topoğrafik yapı ve meteorolojik koşullarla doğrudan ilgilidir (Yıldız, Sipahioğlu ve Yılmaz 2011). Bu nedenle öncelikle Afyonkarahisar şehri ve yakın çevresinin topoğrafik özelliklerini ele almak uygun olacaktır.

Bir yerin topoğrafik özellikleri denilince dağ, ova, plato ve vadi gibi başlıca yer şekilleri ile bunların yüksek, alçak, düz ve eğimli olma durumları akla gelir. Ayrıca iklimle ilişkileri açısından uzanış doğrultuları, bakı özellikleri ve deniz veya büyük su kütlelerine yakın olup olmamaları da önemlidir.

Afyonkarahisar şehri kendi adıyla anılan ovanın güneybatı kenarında yer almaktadır. Ege bölgesi ile İç Anadolu bölgeleri arasındaki geçiş sahasında bulunduğundan Afyonkarahisar ovası batı Anadolu'nun en yüksek ovalarından biridir. Ova tabanında yükselti 1020-1040 m'ler arasında değişmektedir. Ovanın etrafında yükseltileri 1500 ile 1800 m'ler arasında değişen dağlar bulunmaktadır. Yani ova etrafı yüksek dağlarla çevrili bir çanak görünümündedir.

Gerek bu özellikleri gerekse deniz etkilerinden uzak bir konumda yer alması nedeniyle Afyonkarahisar ovası kış mevsiminde yüksek basınç merkezlerine ev sahipliği yapmaktadır. Nitekim uzun yıllık ortalamalara göre aylık ortalama basınç değerleri yükselerek Mart ayına kadar 900 mb'ın üzerinde seyretmektedir (Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü Afyonkarahisar 1929-2017).

Yine bu topoğrafik özellikler nedeniyle Afyonkarahisar'da kış mevsiminde sıcaklığın sıfır derecenin altına düştüğü günler sayısı 90 güne yaklaşmaktadır (Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü Afyonkarahisar 1929-2017). Bu ise bir taraftan ısınma için yakma sürelerini artırırken, bir taraftan da yatay ve dikey hava hareketlerini azaltmaktadır. Ayrıca Afyon ovasını da içerisinde barındıran Akarçay kapalı havzasının genel olarak NW-SE yönünde uzanan bir oluk biçiminde oluşu rüzgâr yönleri ve hızlarını etkilemektedir. Nitekim Afyonkarahisar Meteoroloji istasyonu verilerine göre bu havza Türkiye'de rüzgâr hız ve frekanslarının en düşük düzeyde olduğu kesimlerden birini oluşturmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Türkiye rüzgâr atlası (www.mgm.gov.tr).

Figure 4. Turkey wind atlas (www.mgm.gov.tr).

Şehirdeki binaların konumlanması ve mahallelerin oluşumunda topoğrafyanın etkisi büyüktür. Nitekim şehrin ilk kuruluş yerini Kaletepe ile Hıdırlık sırtları arasındaki vadi oluşturmaktadır. Zaten kış mevsiminde azalan güneşlenme süresinin bu kesimde mevcut topoğrafik faktörlerin etkisiyle daha da düşeceği aşîkârdır. Buna karşılık yamaç ve ova tabanında yer alan mahallelerdeki konutların güneşlenme açısından daha avantajlı oldukları bir gerçektir. Şehir yerleşim alanındaki topoğrafik özelliklere bağlı olarak ortaya çıkan bu bakı farkları, kış mevsiminde gün içerisindeki yanma sürelerinin farklılaşmasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak etrafı dağlarla çevrili, hava akımlarının oluşumunu sağlayacak doğal kanalların bulunmadığı çukur veya düzlükler kışın hava kirliliğinin arttığı yerlerdir. Çünkü buralar hem yükseklerde soğuyarak akan hava kütleleri, hem de geceleyin artan yer radyasyonu nedeniyle çok soğumaktadır. Böylece atmosferin yere yakın kısımları daha soğuk ve ağır olduğundan kirleticiler yükselmekte ve kirlilik konsantrasyonu artmaktadır. Afyonkarahisar şehrinde benzer şartlar mevcuttur ve kış mevsiminde havadaki kirleticilerin sınır değerleri aştığı görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Yıllara göre günlük veri üzerinden günlük limit değerlerin aylık aşım sayısı (Afyonkarahisar ilinde hava kalitesi istasyonunda ölçülen parametrelerin 5 yıllık ölçüm sonuçlarına ait rapor, 2018).

Table 1. The monthly number of over flow of daily limit values based on daily data according to years.

| Aylar/Yıllar | 2013 Yılı             |                       | 2014 Yılı             |                       | 2015 Yılı             |                      | 2016 Yılı             |                      | 2017 Yılı             |                      |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|              | SO <sub>2</sub>       | PM10                  | SO <sub>2</sub>       | PM10                  | SO <sub>2</sub>       | PM10                 | SO <sub>2</sub>       | PM10                 | SO <sub>2</sub>       | PM10                 |
|              | KVS                   |                       | (24 Saatlik)          |                       | (24 Saatlik)          |                      | (24 Saatlik)          |                      | (24 Saatlik)          |                      |
|              | 250 µg/m <sup>3</sup> | 100 µg/m <sup>3</sup> | 250 µg/m <sup>3</sup> | 100 µg/m <sup>3</sup> | 225 µg/m <sup>3</sup> | 90 µg/m <sup>3</sup> | 200 µg/m <sup>3</sup> | 80 µg/m <sup>3</sup> | 175 µg/m <sup>3</sup> | 70 µg/m <sup>3</sup> |
| O            | 1                     | 9                     | -                     | -                     | 3                     | 20                   | -                     | 8                    | -                     | 23                   |
| Ş            | 2                     | 12                    | -                     | 13                    | -                     | 1                    | -                     | 15                   | -                     | 23                   |
| M            | -                     | 13                    | -                     | 11                    | -                     | 10                   | -                     | 2                    | -                     | 19                   |
| N            | -                     | 13                    | -                     | 7                     | -                     | 2                    | -                     | 4                    | -                     | 11                   |
| M            | -                     | 19                    | -                     | -                     | -                     | 3                    | -                     | 3                    | -                     | 6                    |
| H            | -                     | -                     | -                     | 1                     | -                     | -                    | -                     | -                    | -                     | -                    |
| T            | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     | -                    | -                     | 1                    | -                     | 2                    |
| A            | -                     | -                     | -                     | -                     | -                     | -                    | -                     | -                    | -                     | -                    |
| E            | -                     | 1                     | -                     | -                     | -                     | 3                    | -                     | 1                    | -                     | 8                    |
| E            | 1                     | 16                    | -                     | 8                     | -                     | 11                   | -                     | 19                   | -                     | 18                   |
| K            | -                     | 21                    | -                     | 17                    | -                     | 27                   | -                     | 26                   | -                     | 28                   |
| A            | 3                     | 14                    | 3                     | 18                    | -                     | 24                   | -                     | 21                   | -                     | 22                   |

### 3.2.2. Afyonkarahisar şehrinde hava kirliliğini etkileyen meteorolojik ve klimatolojik faktörler

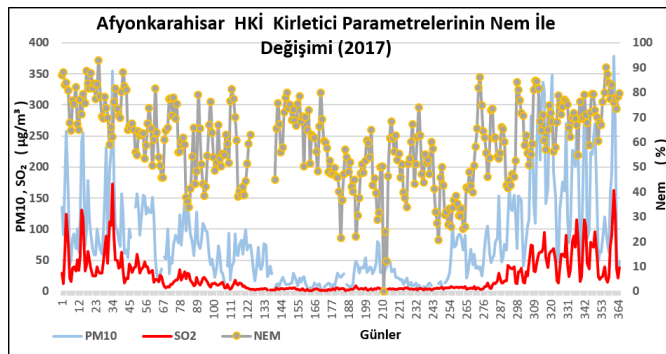
Meteoroloji, hava kürenin yapısı ile burada meydana gelen (güneşlenme, sıcaklık, bulutluluk, nem, yağış, basınç ve rüzgâr gibi) hava olaylarını inceleyip kaydederek, bunların oluşum özelliklerini ortaya çıkarmaya çalışan bir bilim dalıdır. Klimatoloji ise bütün bu hava olaylarının uzun yıllık ortalamalarını dikkate alarak, herhangi bir yerdeki hava koşulları ile bu koşulların genel karakterini inceleyip tanıtan bir bilim alanıdır. Yani klimatoloji kısaca iklim bilimi olarak ta ifade edilmektedir (Erol, 1984).

İklim, coğrafi çevrenin şekillenmesini ve insan yaşamını çok yakından kontrol eden bir etmendir. Nitekim iklim, insanın günlük yaşamı, yaşam biçimleri, yiyecek ve giyecekleri ile sağlık, karakter ve ruhsal etkinliklerini de kontrol edebilmektedir (Erol, 1984). Bununla birlikte çok çeşitli etkenlerle gaz ve toz içeriği değiştiği için doğal yapısı bozulan havanın yeryüzündeki canlı ve cansız ortamlara zarar vermeye başladığı bir gerçektir. Buna karşılık bazı meteorolojik ve klimatolojik olayların herhangi bir yerdeki hava kirliliğinin atması ya da azalması yönünde etkileri olabilmektedir.

Hava kirliliği üzerinde etkili olan iklim faktörlerinin başında sıcaklık, yağışlar, basınç ve rüzgârlar gelmektedir. Coğrafi ortamların sıcaklığı güneşten radyasyon yoluyla gelen enerjiye bağlıdır. Bu enerji bulunan yerin konum özelliklerine göre yıl içerisinde önemli değişiklikler gösterir. Nitekim coğrafi konum güneşlenme süresi ile güneş ışınlarının geliş açılarını belirleyen en önemli etkidir. Bu özelliklerin bir sonucu olarak Afyonkarahisar'da uzun yıllık ortalamalara göre güneşlenme sürelerinin 6,5 saatin altına düştüğü Ekim-Nisan döneminde, ortalama sıcaklık değerlerinin de 15 C'nin altında seyrettiği görülür (Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü Afyonkarahisar 1929-2017). Bu

ise sobaların yıl içerisindeki yanma süresinin neredeyse 6 ay geçmesine yol açmaktadır. Zaten hava kirliliğinin en önemli kaynağını konutlar ile sanayide kullanılan yakıtlar oluşturmaktadır. Kirletici kaynakların uzun süre aktif olduğu bu dönemde etrafı dağlarla çevrili, tabanı yüksek olan ovalarda meydana gelen sıcaklık terselmeleri kirliliğin daha da yoğunlaşmasına yol açar. Nitekim Afyonkarahisar ovasında özellikle kış aylarında, gerek ova tabanının radyasyonla soğuması, gerekse etrafındaki dağlarda soğuyup ağırlaşan hava kütlelerinin ova tabanına doğru akması sonucu sıcaklık terselmeleri olmaktadır. Böylece atmosferin yere yakın kısımları daha soğuk, daha ağır olduğundan kirleticiler yükselememekte ve kirlilik konsantrasyonu artmaktadır. Terselmenin başladığı seviyenin yerden yüksekliği (Karışma derinliği) kirlilik derecesi üzerinde doğrudan etkilidir. Nitekim basınç değerlerinin yüksek olduğu kış aylarında başlıca kirletici konsantrasyonlarının da yüksek olması bu durumun bir göstergesidir.

Nem ve yağışlar da hava kirliliği üzerinde etkili olmaktadır. Havadaki nem kirleticileri bünyesinde absorbe ettiğinden kirlilik konsantrasyonunu artırmak suretiyle, inversiyon dönemlerindeki kadar tehlikeli boyutlarda kirliliğe neden olabilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Afyonkarahisar HKİ kirletici parametrelerinin nem ile değişimi (Afyonkarahisar İlinde Hava Kalitesi İstasyonunda Ölçülen Parametrelerin 5 Yıllık Ölçüm Sonuçlarına Ait Rapor, 2018).

Figure 5. The change of pollutant parameters with respect to humidity for Afyonkarahisar province.

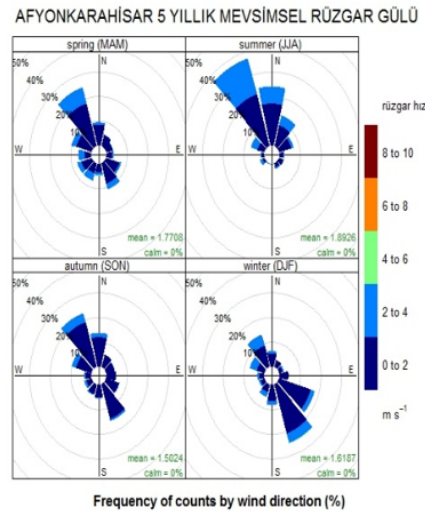
Buna karşılık yağışlar (özellikle yağmur) atmosferdeki partiküller maddeler ile gazları bünyelerine alarak uzaklaştırdıklarından hava kirliliğini önemli ölçüde azaltırlar. Afyonkarahisar'da yıllık ortalama yağış miktarı 444 mm'dir. En fazla yağış 55.6 mm ile Mayıs ayında düşerken, en az yağış 13.5 mm ile Ağustos ayında düşmektedir (Tablo 2). Yağış rejimi düzenli değildir. Yağışın mevsimlere göre dağılımına bakıldığında en fazla yağış ilkbaharda, en az yağış ise yaz mevsiminde düşmektedir. Karasallığın etkili olduğu şehirde kış aylarında kar yağışları da görülmektedir. Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 19.53, karla örtülü gün sayısı da 38.59 gündür (Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü Afyonkarahisar 1929-2017). Şehirde kar yağışı Ekim-Nisan ayları arasında görülmektedir. Kış ayları ile birlikte hem kar yağışları hem de karla örtülü gün sayısı artmaktadır. Karla örtülü günlerde yer radyasyonu güçlü olduğundan gece boyunca meydana gelen sıcaklık kaybı nedeniyle sık sık inversiyon meydana gelebilmektedir. Bu ise sıcaklığın düşmesine, sobaların daha fazla yanmasına ve kirletici konsantrasyonunun atmasına yol açmaktadır.

Farklı kaynaklardan atmosfere gönderilen kirleticiler, yatay ve dikey hava hareketleri ile ortamdaki uzaklaştırılırlar. Bu hava hareketleri sayesinde kirleticiler seyrelirler ve konsantrasyonları

Tablo 2. Afyonkarahisar şehrinde toplam yağış miktarının yıllık değişimi ve karla örtülü gün sayısı (Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü Afyonkarahisar 1929-2017).  
Table 2. Yearly change of overall precipitation and overall days of snow cover for Afyonkarahisar province.

| Parametre  | Rasat S. (Yıl) | O    | Ş    | M    | N    | M    | H    | T    | A    | E    | E    | K    | A    | Y     |
|--|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm=kg·m <sup>-2</sup> ) | 89             | 44.5 | 39.8 | 45.1 | 46.4 | 55.6 | 39.1 | 22.4 | 13.5 | 22.0 | 35.4 | 33.7 | 46.5 | 444.0 |
| Aylık Kar Yağışlı Günler Sayısı Ortalaması             | 89             | 5.31 | 4.74 | 3.90 | 1.08 | 0.07 | 0.02 |      |      |      | 0.07 | 1.00 | 3.34 | 19.53 |
| Aylık Karla Örtülü Gün Sayısı Ortalaması               | 89             | 11.8 | 8.01 | 4.50 | 2.14 |      |      |      |      |      | 1.00 | 2.96 | 8.18 | 38.59 |

düşer, böylece kirli havanın ortamdaki etkileri azalır. Kirleticilerin yatay doğrultuda taşınmalarında rüzgârların etkisi çok büyüktür. Bu konuda rüzgârların hızı, esiş yönü ve frekansı ile birlikte arazinin topoğrafik özellikleri de önemlidir. Nitekim yerleşim alanlarının rüzgârın esiş yönüne uygun bir şekilde konumlandırıldığı ve rüzgârların giriş-çıkışını sınırlandıracak yapay veya doğal engellerin bulunmadığı yerlerde hava kalitesinin bozulması oldukça güçtür. Buna karşılık rüzgâr hızlarının zayıf, topoğrafik engellerin fazla olduğu yerlerde kirli hava uzun süre hareketsiz kalabilmektedir (Garipağaoğlu, 2011). Afyonkarahisar şehri ve çevresinde benzer şartlar mevcuttur. Özellikle Hıdırlık Sırtları, Kale Tepe, Sarıkız tepesi ve Ciritler kayalığı gibi topoğrafik unsurlar hâkim rüzgâr yönünün (NW-SE) önündeki en önemli engelleri oluşturduklarından, kış mevsiminde kirli havanın şehir üzerinden uzaklaştırılmasını güçleştirmektedirler (Şekil 6).



Şekil 6. 2013-2017 5 yıllık ölçüm dönemi mevsimsel hâkim rüzgâr yönü ve hızı (Afyonkarahisar ilinde hava kalitesi istasyonunda ölçülen parametrelerin 5 yıllık ölçüm sonuçlarına ait rapor, 2018).

Figure 6. Seasonal dominant wind direction and velocity for 5-year period between 2013-2017.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

İsınmada jeotermal ve doğalgaz enerjisi kullanım oranı yükseldikçe SO<sub>2</sub> oranının düşmesine rağmen, PM değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlenmemiştir. Bu ise kirliliğin sadece kullanılan yakıtın cinsiyle ilgili olmadığını göstermektedir. Nitekim atmosferdeki kirletici konsantrasyonunun artması veya azalmasında topoğrafik, meteorolojik ve klimatolojik faktörlerin de çok önemli olduğu görülmektedir.

Gerek SO<sub>2</sub> değerlerinin düşük düzeyde tutulması gerekse Şehirdeki PM değerlerinin azaltılabilmesi için şu önlemlerin alınması uygun olacaktır;

Şehrin belli akslarında (Şuhut Kavşağı-Özdilek Kavşağı ile Maliye Kavşağı-ANS Kampusu arası) demiryolu taşımacılığına geçilmiştir.

Binaların ısı yalıtımları ile güneşe göre konumlandırılmaları konusunda zorlayıcı önlemlerin alınması gerekmektedir.

Şehirdeki bina kat durumları ile cadde ve sokak doğrultuları belirlenirken rüzgâr yönleri de dikkate alınmalıdır. Gerek kentsel dönüşüm kapsamında gerekse yeni imara açılan yerlerle ilgili imar planında bu doğrultuda düzenlemeler yapılmalıdır.

Fosil yakıt kullanan konut veya tesislerde bir taraftan yakma teknikleri konusunda eğitim verilirken, diğer taraftan düşük kaliteli yakıtların kullanımı engellenmelidir.

Zaman içerisinde birçok konutun aynı kaynaktan ısıtıldığı (Kopenhag şehri örneğinde olduğu gibi) toplu ısınma sistemlerine geçilmelidir.

Japonya ve Almanya başta olmak üzere dünyanın bazı ülkelerinde olduğu gibi konut çatıları üzerine yerleştirilecek güneş panelleri ile hem sıcak su üretilmesi hem de klimalar için elektrik ihtiyacının karşılanması sağlanmalıdır. Buna ilişkin olarak 30 Mart 2018 tarihinde çıkan torba yasa içerisinde “yenilenebilir enerji kaynakları teşviği” çıkmış bulunmaktadır. Bu yasada, çatısında en az 21 m<sup>2</sup> boş alan bulunan binalarda güneş enerji sistemi kullanılarak elektrik üretilebileceği ve kullanımdan fazla üretilen elektriğin devlet tarafından satın alınacağı belirtilmektedir.

## Kaynakça

- Afyonkarahisar İlinde Hava Kalitesi İstasyonunda Ölçülen Parametrelerin 5 Yıllık Ölçüm Sonuçlarına Ait Rapor (2018). Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Aliağaoğlu, A. (2004). Afyonkarahisar Şehir Coğrafyası. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Ardos, M. (1978). Afyonkarahisar Bölgesinin Jeomorfolojisi. İstanbul: *İ.Ü. Edeb. Fak. Yayınları No: 2418, Coğrafya Enst. Yayınları No: 97*.
- Erol, O. (1984). Genel Klimatoloji. Ankara: Ertem Büro.
- Ertürk, F (1993). Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri. Tırıs, M., Kalafatoğlu E. ve Okutan, H. (Ed). *Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü* içinde (15-48). Kocaeli: Marmara Araştırma Merkezi Matbaası.
- Garipağaoğlu, N. (2011). “Türkiye Şehirlerinin Hava Kalitesinin Zamanla Değişimine Bağlı Bir Sınıflandırma”, 5. Ulusal Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 357-368, Ankara.
- Gül, N. (2005). Afyon'da kömür kullanımının hava kirliliğine etkisi ve çözüm önerileri. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Okutan, H (1993). Hava Kirliliğinin Kaynakları. Tırıs, M., Kalafatoğlu E. ve Okutan, H. (Ed). *Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü* içinde (1-15). Kocaeli: Marmara Araştırma Merkezi Matbaası.
- Sabah, E. (2000). “Afyon'da Sabit Kirletici Kaynaklardan İleri Gelen Hava Kirliliği ve Çözüm Önerileri”. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2/1, 61-78.
- Sabah, E. ve Çelik, M., Y. (1999). “Afyon Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi, Ekonomisi ve Hava Kirliliğini Önlemedeki Katkısı”. *Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını*, 38/2-3, 3-14.
- Temiz Hava Eylem Planı Afyonkarahisar (2014-2019) (2014). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Yıldız, K., Sipahioğlu, Ş. ve Yılmaz, M. (2011). Çevre Bilimi ve Eğitimi. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.

<https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx> Erişim Tarihi: 13.03.2018.

[http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/HavaKalitesi\\_YILLIK\\_Bulten2016.pdf](http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/HavaKalitesi_YILLIK_Bulten2016.pdf) Erişim Tarihi: 14.03.2018

<https://www.dunya.com/foto-galeri/yasam/avrupanin-havasi-en-kirli-10sehrinden-8i-turkiyede-galeri-390572> Erişim Tarihi 10.03.2018