



Basılı ISSN 1302-5856

**Türk Coğrafya Dergisi***Turkish Geographical Review*

www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



## İnegöl (Bursa) havzasında hava kalitesinin fiziki ortam ile ilişkisi

*The relationship between air quality and physical environment of Inegol (Bursa) basin*

Semra İskan <sup>\*a</sup> Telat Koç <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

<sup>b</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

ORCID: S.İ. 0000-0002-3548-9091; T.K. 0000-0002-5516-4104

### BİLGİ / INFO

**Geliş/Received:** 31.01.2021

**Kabul/Accepted:** 16.04.2021

#### Anahtar Kelimeler:

İnegöl

Hava kalitesi

Fiziki ortam

#### Keywords:

*Inegol*

*Air quality*

*Physical environment*

#### \*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(S. İskan) semraiskan@gmail.com

**DOI:** 10.17211/tcd.871839

#### Atf/Citation:

İskan, S., & Koç, T. (2021). İnegöl (Bursa) havzasında hava kalitesinin fiziki ortam ile ilişkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 7-18.

<https://doi.org/10.17211/tcd.871839>

### ÖZ / ABSTRACT

Bu çalışma, son yıllarda insan sağlığını etkileyecek boyuta ulaşan İnegöl'ün (Bursa) hava kirliliği sorunlarını araştırıyor. İnegöl havzasında hava kalitesinin bozulmasının neden ve sonuçları bakımından yeterli çalışma olmaması, sürdürülebilir kullanım açısından bilimsel sorun olarak tanımlanmıştır. Sunulan çalışmada, İnegöl yerleşmesinin etkileşim alanı da dikkate alınarak, Kasım- Aralık 2016 ile Ocak- Şubat 2017 kış (soğuk) döneminden hareketle, hava kalitesi özelliklerini belirleyerek, bu durumu şekillendiren fiziki ortam özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hava kalitesini incelemek için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan kirletici maddeler olarak belirlenen PM10 ve SO2 verileri alınmış ve havza üzerinde dört farklı yükseltiye(284 m, 316 m, 426 m, 827 m) sıcaklık ölçme istasyonu kurulmuştur. Elde edilen sıcaklık verileriyle, havza üzerinde terselmenin geliştiği tespit edilmiştir. Hava tipine bağlı olarak gelişen bu terselmelerin, topografyanın da etkisiyle daha da güçlendiği sonucuna ulaşılmıştır. İnegöl havzasında, hava kalitesinin şekillenmesinde kaynaktan çıkan kirletici miktarının yanı sıra fiziki ortam özellikleri de belirleyici olmaktadır. Buna ek olarak İnegöl yerleşmesinin, havza tabanına kurulmuş olması, hava kalitesinin düşük olmasına ortam hazırlayan etmen olarak dikkat çekmektedir. Bu nedenle belirlenen sorunun çözümü için öncelikle arazi kullanımı ve planlamasında, fiziki ortamın özelliklerinin dikkate alınmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

*The study investigates the air pollution problems of Inegol, which have reached such an extent in recent years. It has an impact on human health. This is a scientific problem in terms of sustainable use. Purpose of the research; to examine the relationship between air quality and physical environment of Inegol and determine the physical geography factors that shape the air quality characteristics, starting from the winter period November 2016 by February 2017. To examine the air quality, PM10 ve SO2 data determined as pollutants from the MoEU were obtained and a temperature measurement station was established at four different elevations (284 m, 316 m, 426 m, 827 m) on the basin. With these data, it was determined that inversion developed on the basin. This inversions develop depending on the weather type have become stronger with the effect of the topography. In the shaping of the air quality in Inegol, the physical environment and the amount of pollutants are determinant. Inegol established on the basin floor. A factor creates an environment for the low air quality. Therefore, it is necessary to consider the characteristics of the physical environment in land use and planning in order to solve the determined problem.*

### Extended Abstract

#### Introduction

The problems arising from human and environment interaction are increasing in residential areas. Environmental problems are at the top of these problems. Among these problems, the most important one is the deteriorations in air quality. Especially in the shaping of the air quality in the residential areas where the industry develops, the effects of the settlements as well as the physical geography characteristics can be consider.

For this reason, it has become important to understand the physical geography characteristics in air quality investigations for the settlements in order to be habitable areas. Inegol basin is also among the areas that have problems with air quality. However, sufficient studies examining the formation and development of air quality in Inegol could not reach. It is considered that the inability to reach any research in Inegol, as the main reason for this study. The aim of this study is to examine the air quality and the relationship of the Inegol basin and its

immediate surroundings with the physical environment. The topographic unit that determines the shaping of air quality for the research area defined as Inegol Basin (Hosgoren, 1975). Inegol Basin approximately corresponds to the boundaries of Inegol District.

### Data and Methods

It is the common determination of many studies that have deteriorated air quality due to both the effect of polluting sources and climate characteristics, especially during winter. For this reason, the cold period November, December (2016) and January February (2017) have been determined as the working period. First, the physical environment characteristics of the Inegol basin were determined, and then the effects of these characteristics on air quality emphasized. In the study, wind from meteorological parameters and PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> from pollutants were evaluated. The pollutant data used in this study examined within the scope of the limit values in the Air Quality Control Regulation (AQCR). The temperature change depending on the altitude investigated by installing stations on four different elevations. In addition to temperature data, pressure and wind speed data obtained from Inegol Automatic Meteorological Observation Station (IAMOS) also used in the study. Another data source of the study is the daily synoptic bulletins prepared by General Directorate of Meteorology. Daily synoptic bulletins contain a lot of information that records daily weather conditions, including ground card, 500 hPa card, average highest and low temperatures and meteorological events (cloudiness and weather events such as rain, snow, fog). Based on all these data obtained regarding the research field, determination of air quality, determination of the effective pressure system, determination of air types (Koc,2001), determination of the change of climate elements over time, determination of the change and vertical distribution of temperature over time, determination of inversion conditions were carried out. Then, the relationship between air quality, topography and climate elements questioned.

### Results and Discussion

In the research, based on the Inegol settlement, has determined of the air quality in the Inegol basin. The determination of the physical environment characteristics that shape the air quality and the solution proposals emphasized. In Inegol settlement, air pollutants caused by fuel consumption for heating and developed industrial activities. If there were no settling and industrial pollutants in Inegol, the air quality would not decrease. It was determined that the PM<sub>10</sub> pollutant in Inegol settlement exceeded the limit values determined in the AQCR 62 times in total during the 120 days of the study period, and thus it is seen that the pollutant that is effective in shaping the air quality is PM<sub>10</sub>. It was determined that SO<sub>2</sub>, one of the pollutants, does not exceed the limit values specified in AQCR. The primary factor shaping the air quality in Inegol settlement; it is thought that weather conditions and inversion conditions depending on the type of weather are effective. Especially the air types (AYO and AYK) that develop due to the high pressure of the Azores draw attention as the main factor that prepares the conditions for inversion in the Inegol basin. The triggering / preparatory physical environment feature in shaping the air quality in Inegol settlement is air type. The inversion, which decreases the air quality and occurs due to the air type, further strengthened by the topography. While Ine-

gol settlement is surrounded by plateaus of 600 - 800 m from the north, it is located at, the base of a basin (approximately 280 m) bounded by Uludağ, whose height reaches 2543 m in the south. First of all, the heaviness winds caused by the elevations around the basin, especially Uludağ, and the radiation that occurs under high pressure conditions at night in clear sky conditions, has an increasing feedback effect. In addition to the physical environment characteristics described, the fact that Inegol settlement established on the basin floor attracts attention as the primary factor shaping air quality. Inegol settlement established at the base of the Inegol Basin in a location that described as the "Don Bowl" basin. Due to the location of the settlement in the "Don Basin" formed at the basin floor depending on the weather types and topographic features, it is necessary to use more fuel for heating purposes. This factor has a lowering effect on air quality in the physical environment of Inegol settlement. In the Inegol Basin, the inversion level, which starts to develop at night, rises to approximately 450 - 850 m and loses its effect towards noon. The low air quality in Inegol settlement; It is thought to be due to the inaccuracy of the place of establishment and the integrated effect formed in the control of air types and topography. In order to solve the problems determined, it is necessary to consider the characteristics of the physical environment in land use and planning. In order to achieve this, it is necessary to investigate the physical environment properties in accordance with the possible use purpose before any field opened for use.

### 1. Giriş

Yerleşim alanları, insan ve ortam etkileşiminin belirginleştiği ve beraberinde çevre sorunlarının ortaya çıktığı alanlardır. Hava kirliliği/kalitesi çevre sorunları içinde öncelikle fark edilen bir sorun olarak dikkat çekmektedir. Özellikle sanayinin geliştiği kentlerde gelişen çevre sorunlarının şekillenmesinde, yerleşmeden kaynaklı etkilerin yanı sıra fiziki ortam özelliklerinin de etkisi olabilmektedir. Bu nedenle yerleşmelerin yaşanılabilir alanlar olması için hava kalitesi incelemelerinde, doğal ortam özelliklerinin anlaşılması önem kazanmıştır. Bu doğrultuda hava kalitesi ve şekillendiren etmenler konusunda genel ve yerel çalışmalar yürütülmektedir. Kirletici kaynakları artırmamasından dolayı hava kalitesi incelemelerinde özellikle sanayileşmenin çok olduğu kentler öne çıkmaktadır.

Hava kalitesi ve ilgili konularda ulaşılan kaynakların fazla olması nedeniyle konularına göre sınıflandırma yoluna gidilmiştir. Bu kapsamda hava kalitesi veya kirliliği ifadesini kullanarak oluşumunu şekillendiren fiziki şartları ele alan çalışmalar; Akpınar vd. (2009), Alkan (2018), Başarı vd. (2005), Hacısalıhoğlu (1994), İbret ve Aydınöz (2009), Keser (2002), Kopar ve Zengin (2009), Menteşe ve Tağıl (2012), Menteş ve Tağıl, (2015), Özdalyan vd. (2001), Özşahin vd. (2016), Sever (2008), Sungur ve Gönençgil (1997) ve Şahin vd. (2001) olarak sıralanır.

Ulaşılan araştırmalardan özellikle sıcaklık terselmesi (inversiyon) konusunu ön plana çıkararak dikkat çekmektedir; (Buldur & Sarı, 2018; Coşkun vd., 2020; Feng vd., 2020; Gramsch vd., 2014; Beard, 2012; Largerson & Staquet, 2016; Sungur, 1977; Sungur, 1980 ve Şen vd., 2019). Hava kalitesi ile sağlık ilişkisi bir başka çalışma alanı olarak öne çıkmaktadır; (Koç, 1998; Tağıl, 2007 ve Nguyen, 2019). Bu çalışmalara ek olarak Koç, (2001)

ve Garipağaoğlu, (2003) ise hava kalitesi özelliklerinin mekânsal farklılaşmasını yani bölgelere göre dağılışını ele almışlardır.

Türkiye’de de bu kapsamda bir takım bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Yıldırım ve Korkmaz (1998) Kahramanmaraş’ta kış mevsiminde etkisini giderek artıran bir hava kirliliği sorununun fiziki ortam özellikleri ile ilgisini, Koç (2001)’de yüksek basınç sistemleri ile hava kalitesi arasındaki ilişki sorgulanmıştır. Keser (2002) Kütahya’nın topografik ve iklimik özellikler açısından hava kalitesine etkisi, Başar vd., (2005) Aydın’da hava kirliliği ve kışın artmasındaki sebepler, Sever (2008) Malatya şehrinde yaşanan hava kirliliğini incelemiştir. Yurdam (2008) yaptığı çalışmada Çanakkale kentinde hava kalitesi ile iklim elemanlarından sıcaklık basınç ve rüzgâr ilişkisi araştırmıştır. Menteşe ve Tağıl (2012) tarafından yapılan çalışmada Bilecik şehrinde iklim elemanlarının (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nem ve basınç) hava kalitesi ( $PM_{10}$  ve  $SO_2$ ) üzerindeki etkisini incelenmiştir. Sungur ve Gönençgil (1997) İstanbul örneğini hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişkiyi ve Özşahin vd., (2016) Keşan’ın iklimik bilhassa da topografik özellikler açısından hava kirliliğine elverişli ortam koşullarının bulunduğunu belirlemişlerdir.

İnegöl, Türkiye’nin pek çok ili gibi fazla nüfusu ve gelişmiş sanayisi ile dikkat çekmektedir. İnegöl’de arazi kullanımı ve çevre sorunları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Menteşe, 2015). Bununla birlikte İnegöl havzasında, hava kalitesi ve onu şekillendiren etmenler konusunda herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. İnegöl’de gözlemlenen hava kalitesi sorununda, mevcut durumun belirlenmesi ve hava kalitesini etkileyen etmenlerinin açıklanması, çözüm üretilebilmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir. İnegöl ve çevresinde sürdürülebilir yaşamın planlanması için belirlenen bilimsel verinin eksikliği bu çalışma için bir problem olarak tanımlanmıştır. Sunulan çalışmada tanımlanan bu problemin çözümü için, İnegöl yerleşmesinin etkileşim alanı seçilmiştir. Kasım- Aralık 2016 ile Ocak- Şubat 2017 kış (soğuk) dönemi için hava kalitesi özelliklerini belirleyerek, hava kalitesini kontrol eden fiziki etmenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Hava kalitesi ile fiziki ortam ilişkilerini ele alan çalışmalar Akpınar ve Öztop (2009), Kopar ve Zengin (2009) yanı sıra özellikle sıcaklık terslemesine dikkat çeken çalışmalar da Buldur ve Sarı (2018), Coşkun ve Gözalan (2020), Feng, Wei, ve Wang, (2020), Sungur (1980) ve Şen vd.,(2019) gibi çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlar arasında Türkiye’de özellikle Buldur ve Sarı (2018) tarafından, Isparta’nın Türkiye’nin dokuz yüksek atmosfer sıcaklık ölçümü yapılan merkezlerinden birisi olması avantajından da yararlanılarak terselme ve hava kalitesi ilişkileri ele alınmıştır. Sunulan çalışmada çalışma alanında yüksek atmosfer sıcaklık gözlemlerinin olmaması nedeniyle değişik yüksekliklerde gözlem merkezleri oluşturulmuştur.

İnegöl yerleşmesinin yer aldığı havzanın sınırları yaklaşık olarak İnegöl İlçesi’nin sınırlarını belirlemektedir. Bu nedenle İnegöl’de hava kalitesi ve fiziki ortam ilişkisi ele alınırken İnegöl havzası/ilçesi sınırları kapsamında bir çalışma yapılmıştır.

İnegöl, Bursa iline bağlı bir ilçedir. Anadolu Yarımadası’nın kuzeybatısında, Marmara Bölgesi’nin güneydoğusunda yer alır.  $40^{\circ} 09' - 39^{\circ} 85'$  derece kuzey enlemi,  $29^{\circ} 26' - 29^{\circ} 76'$  doğu

boylamı arasındadır. Bursa’nın da güneydoğusunda yer alan İnegöl’ün; kuzeyinde Yenişehir ilçesi, güneyinde Kütahya ili, güneybatısında Keles ilçesi ve güneydoğusunda Bilecik ili bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanının yeri ve sınırları.

Figure 1. The location and boundaries of the research area.

Araştırmada hava kalitesini şekillendiren fiziki ortam özellikleri olarak; topografya, basınç sistemleri, hava kütleleri, sıcaklık, terselme (inversiyon), basınç, rüzgâr hızı ve hava tipleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Sunulan çalışmanın belirlenen amaca ulaşılabilmesi durumunda, İnegöl yerleşmesinde hava kalitesi ile ilgili hem güncel sorunların çözülmesi hem de olası sorunların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Böylece İnegöl’de sürdürülebilir bir yerleşmesinin gerçekleştirilebilmesi için eksikliği belirlenen bilimsel veri, kullanıcılara sunulmuştur. Bundan sonraki aşama, karar vericilerin bu bilgileri uygulamada dikkate almasına bağlıdır.

## 2. Veri ve Yöntem

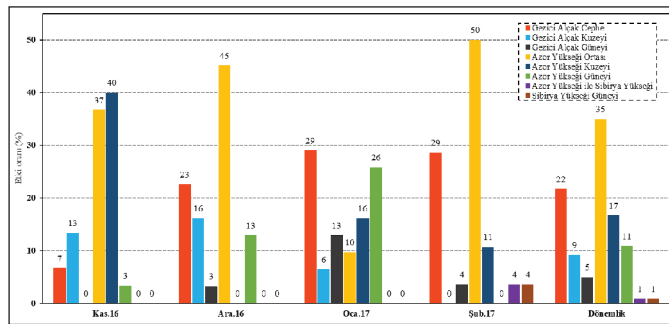
Hava kalitesi çalışmalarında kaynak, ortam ve alıcı/etkilenen boyutları bulunmaktadır (Müezzinoğlu, 2000). Araştırmada kaynaktan salınan ( $SO_2$  ve  $PM_{10}$ ) atmosferik kirleticilerinin ortamda bulunma oranının, hava kalitesinin şekillenmesindeki etkisinin ve fiziki ortam özelliklerinin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle öncelikle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan hava kalitesi özelliklerini belirlemek amacı ile günlük  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  değerleri alınmıştır. Alınan kirletici bilgileri ve meteorolojik parametrelerden rüzgâr arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için korelasyon analizleri yapılmıştır. Hava kalitesi ile ilgili verilerin Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğindeki (HKKY) aşma sayıları belirlenmiştir. Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliğine (HKKY 2018) göre;  $PM_{10}$  insan sağlığının korunması için bir yılda 24 saatlik zamanda, 35 defadan fazla  $50 \mu g/m^3$  sınırını aşmamalıdır.  $SO_2$  ise insan sağlığının korunması için bir yılda 24 saatlik zamanda, 3 defadan fazla  $125 \mu g/m^3$  sınırını aşmamalıdır. Daha sonra ise hava kalitesi ile topografya ve iklim elemanları arasındaki ilişki sorgulanmıştır. Topografik özelliklerin belirlenmesi amacı ile Harita Genel Komutanlığı’ndan  $1/25\ 000$  ölçekli basılı ve sayısal haritalara ulaşılmıştır. Sayısal ve sayısallaştırılan harita verileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (MapInfo 17) ortamında işlenerek çalışma sahasının topografik özellikleri belirlenmiştir.

Araştırmada, İnegöl havzasının çalışılması amaçlanmış olmakla birlikte bu alanda hava kalitesinin şekillenmesini belirleyen topografik ünite, İnegöl Havzası olarak tanımlanmıştır. İnegöl Havzası yaklaşık olarak İnegöl İlçesi sınırlarına karşılık gelmektedir.



İnegöl'ün iklimi Thorntwaite iklim sınıflamasına göre, çok kurak, mezotermal (orta sıcaklıktaki iklimler) iklim sınıfındadır. Erinç, Türkiye'de yağış ve evapotranspirasyon yolu ile su kaybı arasındaki ilişkiye dayanarak bölgelerin nemlilik durumunu ortaya koymuştur. Kısaca açıklırsa, Erinç'in yağış etkinliği indisi, bir yerin aldığı yağış miktarı ile kaybettiği su miktarı arasındaki orana bağlıdır. Bu indisle İnegöl Ovası'nın nemlilik/kuraklık derecesi tespit edilmiştir. İnegöl Ovası ve çevresi yağış etkinliği indisine göre kuraktır (Menteşe, 2015).

Hava tiplerinin aylık etkilerine bakıldığında kasım ayında %40 oranla en çok Azor Yüksekliği Kuzeyi (AYK) etkili olmuştur. Aralık ayında ise %45 ile Azor Yüksekliği Ortasıdır (AYO). Ocak ayında %29 oranla Gezici Alçak Cephe (GAC) ve Şubat ayında %50 oranla Azor Yüksekliği Ortası etkili olmuştur. İnceleme dönemi içinde genel olarak Gezici alçak cephe (GAC) ve Azor Yüksekliği Ortası toplam oranda %57 ile en çok etkili olan hava tipleridir. Azor yüksekliği ortasının güneş ışınlarının kuzey yarımküreye gelişi ve polar cephelerin etkisine bağlı olarak en çok görülmesi beklenmiş ve bu sonuca ulaşılmıştır. Bunu Azor Yüksekliği Kuzeyi %17'lik bir oranla takip etmiştir. Etkisi daha az görülen hava tipleri sırasıyla Gezici Alçak Kuzeyi (GAK), Gezici Alçak Güneyi (GAG), Azor yüksekliği Güneyi (AYG), Azor Yüksekliği ve Sibiryaya Yüksekliği (AY/SY) birlikte etkili olduğu hava tipi ve Sibiryaya Yüksekliği Güneyidir (SYG). Bu hava tiplerinin etki oranı ise toplamda %10-15 arasındadır (Şekil 3).



Şekil 3. İnegöl Havzasında iklimi şekillendiren hava tiplerinin etki oranları.  
Figure 3. The impact rates of the weather types that shape the climate in the Inegöl Basin.

### 3.1.2. Beşeri ortam özellikleri

Türkiye'nin nüfus açısından en kalabalık ilçelerinden biri olan İnegöl'ün, Cumhuriyet kurulduktan sonra 1927'de yapılan ilk nüfus sayımında 48 000 olan nüfusunun %75'i (36 000) köylerde; %25'i (12 000) şehirlerde yaşamaktaydı. Ancak 70'li yıllarda mobilya endüstrisinin gelişmesi ve sanayileşmenin de eklenmesiyle ilk kez 1985 sayımında, kent nüfusu köylerin nüfusunu geçmiştir. 2016 yılı sonu itibarıyla yaklaşık 255 032 olan nüfusun %75'i (172 000) şehirde yaşamaktadır. Nüfus bakımından Bursa merkez ilçeleri dışında Bursa'nın en kalabalık ilçesidir (İnegöl Belediyesi, 2011). İlçe merkezinin nüfusu 2019 yılı itibarıyla 273 933 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2019). Bursa'nın en büyük ilçelerinden olan İnegöl, önemli bir mobilya merkezidir. Aynı zamanda hammadde kaynaklarına yakınlık avantajı sebebiyle de sanayi açısından önemli bir merkez olmaktadır. Bünyesinde barındırdığı 3 OSB (İnegöl Organize Sanayi Bölgesi) ile Türkiye ekonomisinde önemli bir konumdadır. Uzun yıllar geçimini tarım ve hayvancılıkla sağlayan İnegöl, çevresinin ormanlarla kaplı olmasından dolayı orman ürünleri sanayiinde gelişme göstermiştir. Kuruluş yeri itibarıyla Uludağ'ın eteklerinde yer alan İnegöl, yakın çevresinde bu-

lunan ormanlar nedeniyle daha çok orman ürünleri alanında imalat yapılan bir yer olma özelliğine sahiptir. 1950'li yıllardan itibaren küçük atölyelerde tamamıyla mobilya imalatına geçmiştir. İnegöl özellikle 1980'lerden sonra Organize Sanayi Bölgesinin de etkisiyle sanayi alanında daha da hızlı bir gelişme göstermiştir (İnegöl Belediyesi, 2011).

İnegöl'ün şehirleşme düzeyi %72-1997, Türkiye ortalamasının (%65-1997)'da üzerindedir (Yücesahin, 2003). İnegöl'ün merkez mahallelerinin gelişim bilgileri (2013 yılına kadar) İnegöl Belediyesi'nden alınmıştır ve harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2). İnegöl'ün ilk mahallesi Sinanbey Mahallesi olup Burhaniye, Cuma ve Yenice mahalleleri ilk mahalleleridir. Daha sonra 1950 yılına kadar da Süleymaniye, Osmaniye, Orhaniye, Turgutalp, Kemalpaşa, Hamidiye ve Mahmudiye mahalleleri de merkeze bağlanarak ilçenin büyümesi hızlanmıştır. 1950'den sonra Huzur Mahallesi, Akhisar Mahallesi ve Mesudiye mahalleri de İnegöl merkeze bağlanmıştır. 2000 yılında da Fatih, Cumhuriyet ve Üçevler mahallelerinin ve 2013 yılında da Baykoca mahallesinin de İnegöl'le birleşmesiyle İnegöl merkez yerleşmeleri bugünkü görünümünü almıştır (Şekil 2). Bu gelişim incelendiğinde gelişim yönü, batıdan doğuya doğru havza tabanında gelişmektedir ve nüfus yoğunluğu havza tabanında artmaktadır. Bu nüfus yoğunluğu da tahmin edilen terselme seviyesinin altındadır.

### 3.2. Hava Kalitesi ve Ortam İlişkisi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava İzleme Ağı'ndan alınan verileri incelendiğinde İnegöl'de, çalışma kapsamında belirlenen kirletici maddeler olan SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>'nin her zaman var olduğu görülmektedir. Çalışma dönemimiz 120 gün süredir. Kirleticilerden PM<sub>10</sub> miktarı her ayda ve günde var olup, sınır değerleri çoğunlukla aşmaktadır. PM<sub>10</sub> oranını toplamda 62 gün 50 µg/m<sup>3</sup> oranının aştığı sonucuna ulaşılmıştır. SO<sub>2</sub> oranında ise sınır değerlerin aşıldığı durumlar gözlenmemiştir.

Araştırmada çalışma döneminin hava kalitesi değişkenleri (PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>) ile iklim elemanlarından rüzgâr ilişkisi ele alınmıştır. Bu kapsamda korelasyon analizleri yapılmıştır. Hava kalitesi değişkenleri ile rüzgâr hızı arasında ters ilişki; yani biri artarken diğersinin azalması şeklinde bir değişim belirlenmiştir. Bu ilişkinin en güçlü olduğu ay Kasım 2016 ve en zayıf olduğu ay ise Ocak 2017 olarak belirlenmiştir. İnegöl havzasında hava kalitesi değişkenleri ile rüzgâr arasındaki ters/negatif ilişki PM<sub>10</sub> da daha belirgindir. Bu negatif/ters ilişki Kasım 2016 da -0,65 değerine kadar çıkmaktadır. Bu bilgilerden hareketle İnegöl havzasında rüzgâr hızının artması sırasında PM<sub>10</sub> kirleticisinin azaldığı tersi durumda ise arttığı belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İnegöl havzasında, çalışma döneminde, rüzgâr hızı ve PM<sub>10</sub> ile SO<sub>2</sub> arasındaki çapraz ilişki katsayıları.

Table 1. Wind speed and correlation coefficients between PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> in the Inegöl basin during the study period.

| Aylar          | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> |
|----------------|------------------|-----------------|
| Kasım 2016     | -0,65            | -0,28           |
| Aralık 2016    | -0,55            | -0,26           |
| Ocak 2017      | -0,38            | -0,06           |
| Şubat 2017     | -0,59            | -0,15           |
| Çalışma Dönemi | -0,53            | -0,08           |

## Kasım 2016

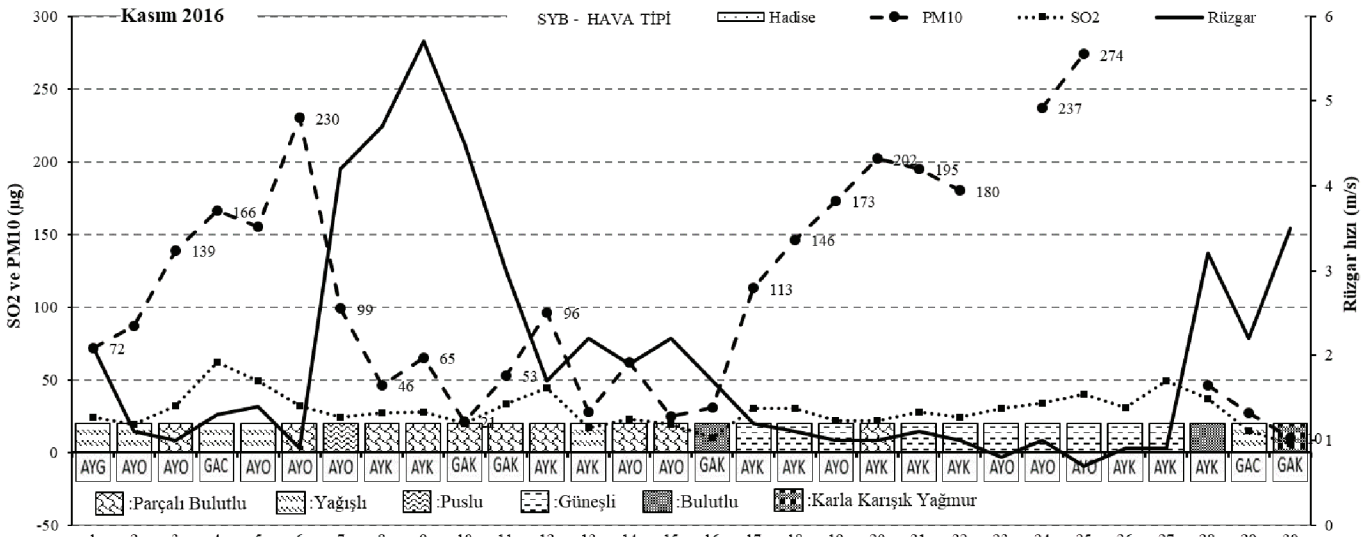
Kasım 2016 HKKY'ndeki kriterler kapsamında,  $PM_{10}$  değerlerinin  $50\mu g/m^3$  sınırını aşmaması gerekirken dört kez  $200\mu g/m^3$ 'ün üzerinde olduğu sonuçlara ulaşılmıştır. En yüksek ise 25 Kasım 2016 tarihinde  $274\mu g/m^3$ 'e kadar arttığı görülmektedir. İnegöl havzasında Kasım 2016'da  $PM_{10}$  8 kez  $100\mu g/m^3$ 'ü ve 7 kez  $50\mu g/m^3$ 'yi aştığı belirlenmiştir. Bu durum Kasım 2016'da 19 gün sınır değerlerin aşıldığını göstermektedir.  $SO_2$  miktarının ise HKKY sınır değerlerini aştığı bir durum ölçülmemiştir (Şekil 4).

Kasım ayında havanın açık ve rüzgâr hızının az olduğu tarihlerde kirleticilerin arttığını ve rüzgârın artmasıyla da kirletici oranlarının azaldığı görülmektedir. Örneğin rüzgâr hızının en az olduğu ( $0.01 m/sn$ ) 25 Kasım tarihinde, kirleticilerde  $PM_{10}$  ( $274 \mu g/m^3$ ) bu aydaki ve çalışma dönemindeki en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu günde rüzgâr hızının azalmasında AYO'na bağlı olarak gelişen sakin ve durgun hava koşulları etkilidir (Şekil 5/ Şekil 6).

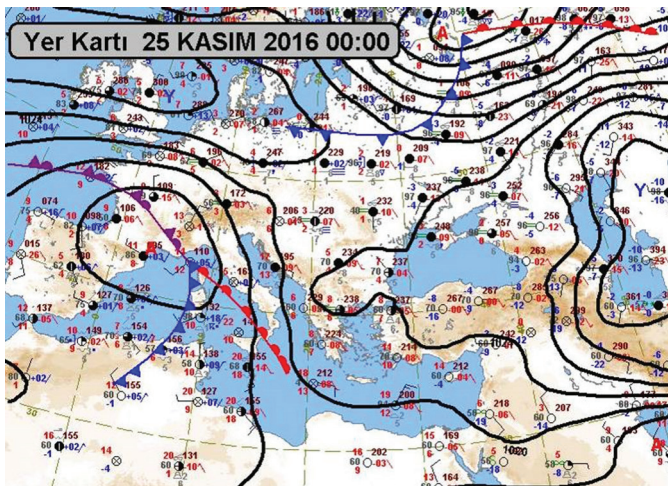
8-10 Kasım döneminde rüzgâr hızının yükselmesi ( $5.0-6.0 m/s$ ) hava kalitesinde belirgin bir iyileşmeye neden olmuştur. Rüz-

gâr etkisine bağlı olarak kirleticiler dağılmıştır. Diğer taraftan AYK ve AYO hava tiplerinin etkili olduğu dönemde (19- 25 Kasım) ise havanın açık ve rüzgâr hızının az olması kirletici miktarı da artışa neden olmuştur (Şekil 4). Normal atmosfer koşullarında, sıcaklığın yükseldikçe azalması beklenen bir durumdur. Bununla birlikte 16-27 Kasım 2016 döneminde, sıcaklığın yükseldikçe azalması gerekirken arttığı belirlenmiştir. Sıcaklık terselmesi (inversiyon) olarak tanımlanan bu durum, Kasım 2016 döneminde değişik günlerde gözlenmekle birlikte özellikle 16-27 Kasım 2016 tarihleri arasında, terselmenin her gün gerçekleştiği bir ısrar dönemi belirlenmiştir (Şekil 7).

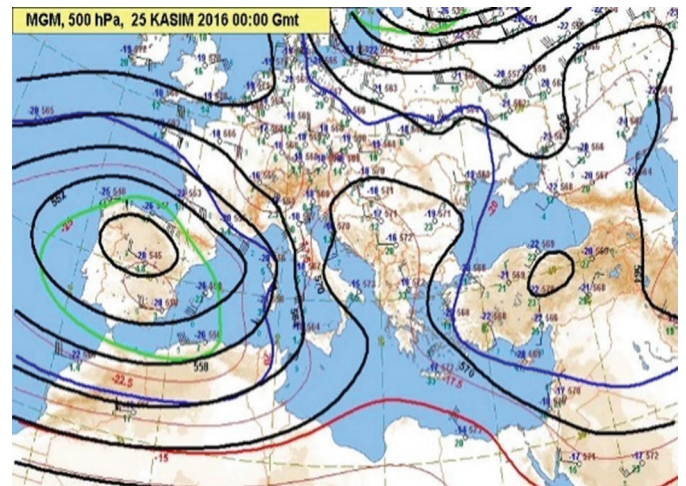
İnegöl havzasında sıcaklığın dikey değişiminin açıklanabilmesi için özellikle terselmenin ısrarla tekrarlandığı dönemler "tipik dönem" olarak tanımlanmıştır. İnegöl'de kasım ayında hava kalitesi ile fiziki ortam ilişkisinin örneklerle açıklanabilmesi için aylık süreçte belirlenen tipik dönemler (Şekil 8), dikey sıcaklık değişiminin günlük gidişleri (Şekil 9) ve dikey sıcaklık değişiminin saatlik gidişleri (Şekil 10) üzerinde özellikle durulma ihtiyacı hissedilmiştir. İnegöl havzasında 16-27 Kasım döneminde, her gün sıcaklık terslemesinin yaşandığı ve bu sürecin on bir (11) gün arka arkaya devam ettiği gözlenmiştir. Kasım 2016 da be-



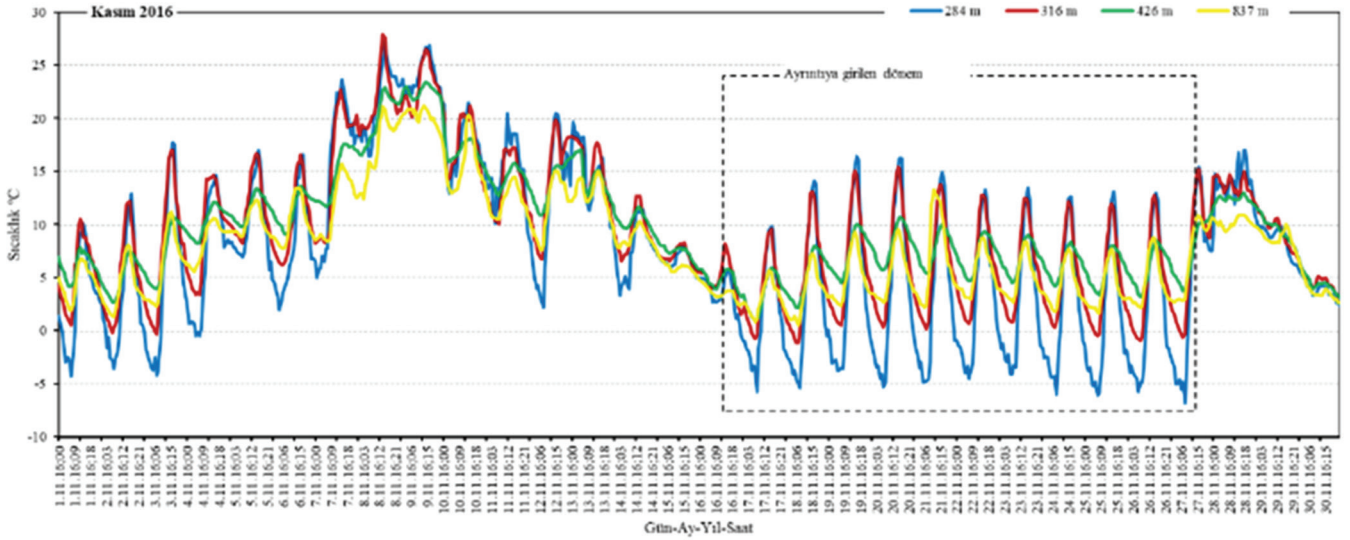
Şekil 4. İnegöl havzasında Kasım 2016'da hava tipleri, hadiseler, rüzgâr hızı ile  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ilişkisi. Şekilde kullanılan hava tipi kısaltmaları metin içinde verilmiştir. **Figure 4.** Weather types, events, wind speed and  $PM_{10}$  and  $SO_2$  relationship in Inegöl basin in November 2016. The air type abbreviations used in the figure given in the text.



Şekil 5. 25 Kasım 2016 tarihindeki yer seviyesi meteoroloji haritası. **Figure 5.** Ground level meteorological map on 25 November 2016.



Şekil 6. 25 Kasım 2016 tarihine ait 500 hPa. **Figure 6.** 500 hPa for 25 November 2016.



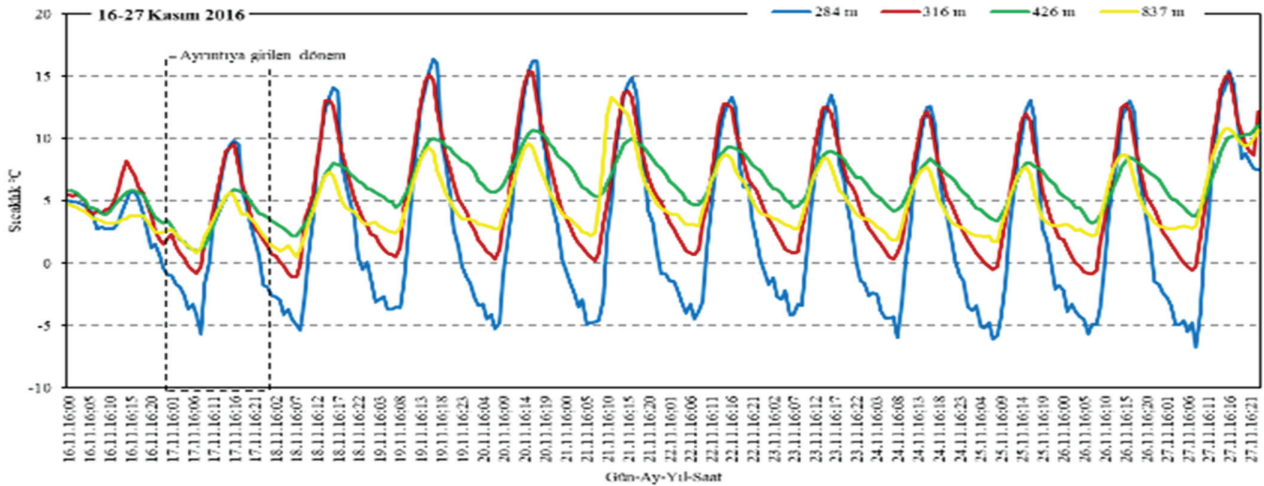
Şekil 7. İnegöl havzasındaki dikey sıcaklık değişiminin Kasım 2016'da aylık farklılaşması.

Figure 7. Monthly differentiation of vertical temperature change in Inegol basin in November 2016.

İrilenen tipik dönem Şekil 8'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

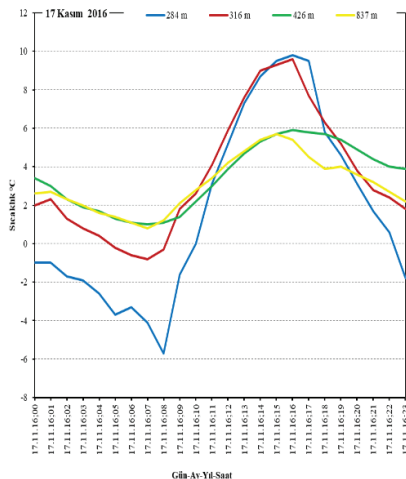
Normal koşullarda sıcaklığın İnegöl (284 m) OMGİ'de en yüksek olması ve yükseldikçe azalması beklenir. Bu durum gün

içerisinde saat 14.00 ve 15.00 civarlarında gözlenmiştir. İnegöl havzasında, sıcaklık saat 15.00'te İnegöl OMGİ (284 m) 9.5 °C, Cerrah (316 m) 9.5°C, Yenice (426 m) 5.7°C ve Esenköy (827 m) ise 5.7°C olarak ölçülmüştür. İnegöl havzasında 17 Kasım saat



Şekil 8. İnegöl havzasında tipik dönemde (16-27 Kasım) sıcaklığın dikey değişimi.

Figure 8. Vertical temperature change from the Inegol basin in the typical period (16-27 November).



Şekil 9. İnegöl havzasında 17 Kasım 2016 tarihinde dikey sıcaklık değişiminin günlük farklılaşması.

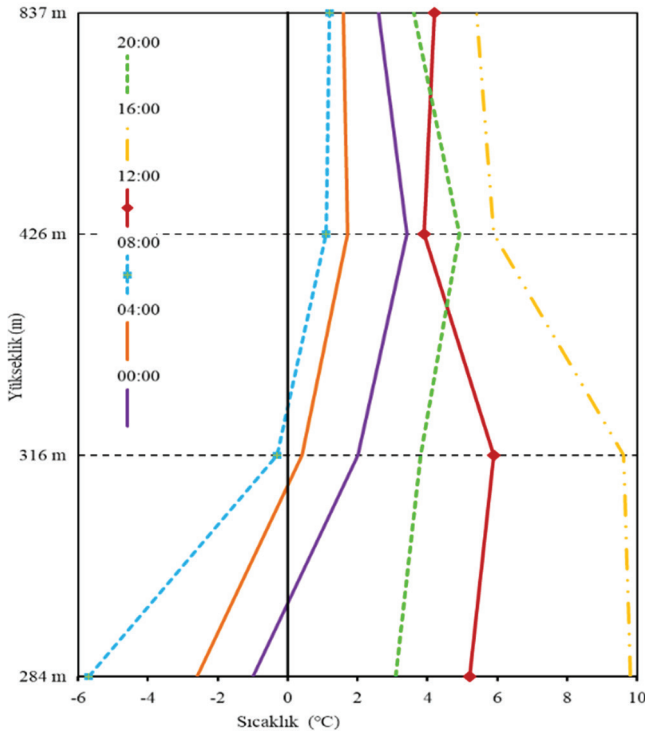
Figure 9. Daily variation of vertical temperature change in Inegol basin on 17 November 2016.

08.00'de sıcaklık İnegöl (284 m) -5.7 °C, Cerrah (316 m) -0.3°C, Yenice (426 m) 1.1°C ve Esenköy (827 m) ise 1.2°C olarak ölçülmüştür. 18 Kasım 2016 saat 08.00'de sıcaklık İnegöl (284 m) -5.4°C, Cerrah (316 m) -0.1°C, Yenice (426 m) 2.6°C ve Esenköy (827 m) ise 1.1°C olarak ölçülmüştür (Şekil 9). Bu durum 16-27 Kasım tipik döneminde 11 gün arka arkaya tekrarlayan terselme koşullarının varlığını ifade etmektedir (Şekil 8).

Dikey sıcaklık değişiminin, gün içerisindeki saatlik farklılaşması şekil 10'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir. 17 Kasım saat 12.00 ile 16.00 arasında dikey sıcaklık değişimi normal koşullara yakın bir gidiş göstermektedir. Bu tarihte İnegöl havzasında AYK hava tipi etkilidir ve hava açık, ışımanın güçlü gerçekleşebileceği koşullar yaşanmaktadır. Terselme koşulları saat 20.00'den itibaren belirginleşmeye başlamıştır ve gece yarısı 00.00'da daha da güçlenmiştir. Bu terselmede (saat 16.00 ile 00.00 arası), İnegöl havzasının güneyinde bulunan Uludağ'ın (2543 m) yükseklerinden başlayan güçlü ışıma etkilidir. Alçalan havanın

soğumasıyla oluşan ağırlaşma rüzgârlarının (katabatik rüzgâr) İnegöl havzasına ulaşması hava sıcaklığını düşürmektedir. Böylece fiziki ortamın terselmeye olan etkisi açıkça görülmektedir. İnegöl havzasında terselme koşulları sabaha kadar güçlenerek devam etmekte ve sabah 08.00'de doruk noktaya ulaşmaktadır (Şekil 10). Terselme koşullarının sabaha kadar güçlenerek devam etmesinde, ağırlaşma rüzgârlarına ek olarak İnegöl Ovası tabanından da gerçekleşen ışıma da etkilidir. Sıcaklıkların dikey gidişi değerlendirildiğinde, İnegöl havzasında terselme koşullarının en fazla Yenice (426 m) ile Esenköy (827 m) istasyonları arasında bir seviyeye kadar (yaklaşık 400 – 600 m) etkili olduğu düşünülmektedir. Terselmelerin genellikle Yenice (426 m) istasyonunun bulunduğu seviyelerde gerçekleştiği gözlenmiştir.

İnegöl havzasının güneyden Uludağ (2543 m), kuzeyden Karataş Tepe (726 m) ve Kale Tepe (617 m) hattı ile çevrili olması, fiziki ortam olarak çanak topografyasının varlığını belirginleştirmektedir. Uludağ'ın varlığı özellikle ağırlaşma rüzgârlarının oluşma şartlarını güçlendirmektedir. Buna ek olarak İnegöl havzası tabanından gerçekleşen ışıma, terselme koşullarını hazırlayan bir diğer etmendir. Aynı zamanda Azor Yüksek Basıncına bağlı hava tiplerinde yaşanan açık hava ile sakin rüzgâr koşulları da, topografyanın etkisine hem ortam hazırlayan hem de güçlendiren etki yapmaktadır. Bütün bu fiziki ortam özelliklerine bağlı olarak gelişen ve güçlenen terselme koşulları, kaynaktan çıkan kirleticilerin ortamdan uzaklaştırılmasını engelleyerek hava kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 10. İnegöl havzasında 17 Kasım 2016 tarihinde sıcaklığın saatlik dikey değişimi.

Figure 10. Hourly vertical temperature change in Inegol basin on 17 November 2016.

#### Aralık 2016

Hava kalitesi incelemesi için belirlenen sınır değerlerin aşılması Aralık ayında da devam etmektedir. PM<sub>10</sub> oranının, aralık ayında en yüksek 240µg/m<sup>3</sup>'a (20 Aralık ) kadar yükseldiği ve 5 kez 200µg/m<sup>3</sup>'ü (6,9,10,11,20 günleri), 7 kez 100µg/m<sup>3</sup>'ü ve

10 kez 50µg/m<sup>3</sup>'ü aştığı sonucuna ulaşılmıştır. PM<sub>10</sub> oranının, bu ayda da toplamda 22 gün sınır değerleri aştığı görülmektedir (Şekil 11). SO<sub>2</sub> oranlarında sınırları aşan değerlere rastlanmamıştır. Yine rüzgâr hızının düştüğü zamanlarda, kirleticilerin özellikle de partikül maddenin (PM<sub>10</sub>) arttığı görülmektedir. Örneğin PM<sub>10</sub> oranının en yüksek olduğu 6 Aralık (PM<sub>10</sub> 219 µg/m<sup>3</sup> / rüzgâr hızı 1,2 m/sn), 10 Aralık (PM<sub>10</sub> 235 µg/m<sup>3</sup> / rüzgâr hızı 1.8 m/sn ) ve 20 Aralık (PM<sub>10</sub> 240 µg/m<sup>3</sup> / rüzgâr hızı 0.8 m/sn ) tarihlerinde rüzgâr hızı düşüktür. Kasım ayında olduğu gibi rüzgâr hızı düşük iken kirletici oranı fazladır. Kirleticilerden PM<sub>10</sub> oranının en yüksek olduğu günlerde (219 µg/m<sup>3</sup> - 235 µg/m<sup>3</sup> - 240 µg/m<sup>3</sup>) atmosferdeki hava tipi AYO'dır. Etkili olan bu hava tipi terselme gelişimine zemin hazırlamaktadır. Bu hava tiplerine bağlı olarak rüzgâr hızı düşük, hava açık ve sakindir. Hava da yatay hareket gelişemediğinden kirleticiler dağılamamaktadır ve ortamda kirlilik artmaktadır (Şekil 11).

Aralık ayında da sıcaklığın alçaktan yükseğe doğru azalırken 426 m ve 837 m istasyonlarında arttığı durumlar gözlenmektedir. Özellikle 18-20 Aralık tarihlerinde tipik dönem terselme gelişimi görülmektedir. Bu terselmede atmosferde etkili olan basınç sistemlerinin etkilidir. Çalışma alanımızda bu tarihlerde AYO etkilidir (Şekil 11). AYO'nun terselme gelişimine etkisi kasım ayında açıklanmıştır.

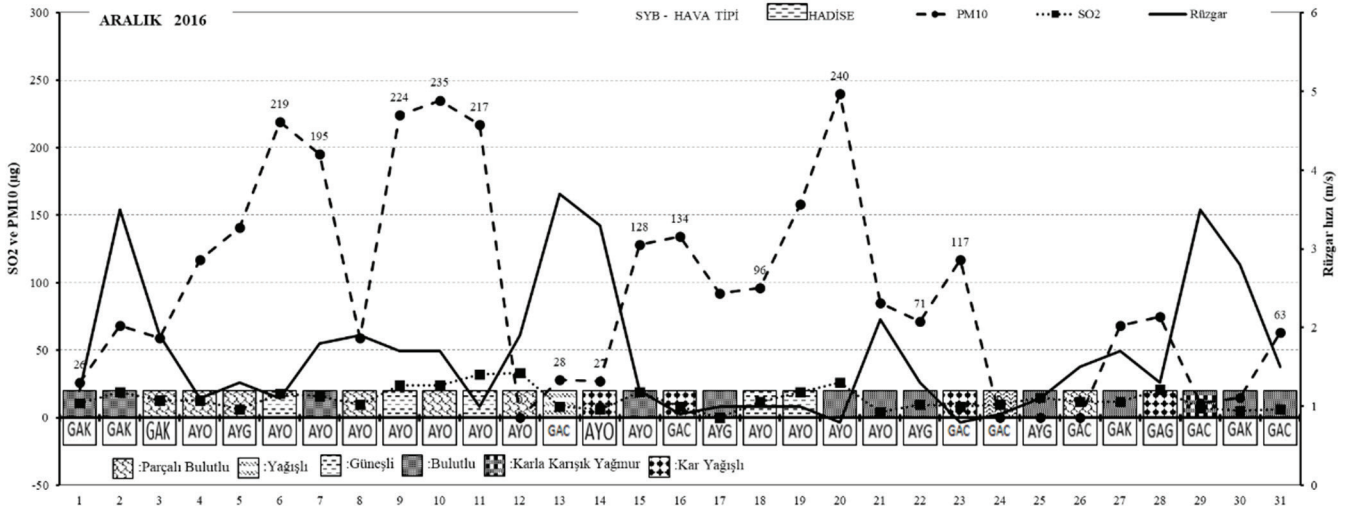
Örnek gün 18 Aralıkta İnegöl havzasında 08:00'da 284 m sıcaklık -10.1 °C, 316 m sıcaklık -6.1 °C, 426 m sıcaklık -3.5 °C, 837 m sıcaklık -4.2 °C olarak gerçekleşmiştir (Şekil 12). Böylece terselmenin geliştiği gözlenmiştir. Daha sonraki saatlerde sıcaklık şartlarının, yer seviyesinden yükseldikçe değişmesi normal devam etmiştir. 18 Aralık günü sabah 08:40'ta çekilen fotoğrafta terselme tabakasının varlığı görülmektedir. Terselmeye ve AYO'na bağlı olarak oluşan sis, İnegöl havzası tabanında bulunan İnegöl yerleşmesinin üzerini bir kapak gibi kapatmıştır (Fotoğraf 1). Bu terselme incelendiğinde yerden yükseldikçe sıcaklığın 400 metrelere kadar normal seyrettiği, 400-850 arasında ise azalması gerekirken arttığı gözlenmiştir.

#### Ocak 2017

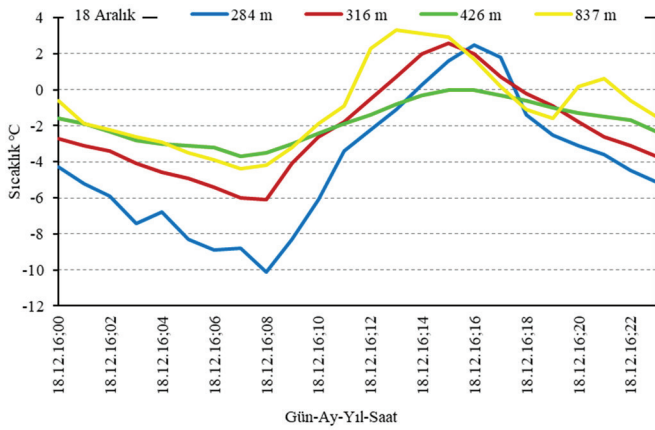
Ocak 2017'de kirleticilerden PM<sub>10</sub> 7 kez 100µg/m<sup>3</sup> ve 13 kez 50µg/m<sup>3</sup>'ü olmak üzere toplamda 20 gün sınır değerleri aşmıştır. SO<sub>2</sub> oranlarında sınırları aşan değerlere rastlanmamıştır. Şekil 13'te ocak ayında diğer aylara göre rüzgâr hızının fazla olduğu ve çoğunlukla gezici alçak cephelerin varlığı görülmektedir. Kirleticilerden PM<sub>10</sub>'nin sınır değerleri aşmış olmasına rağmen diğer aylardaki gibi 200 µg/m<sup>3</sup> civarına kadar ulaşmadığı görülmektedir. Bu durumu yatay hava hareketinin kirleticileri dağıttığı ve böylece artışı engellediğine bağlamak mümkündür (Şekil 13).

Örnek gün 14 Ocak tarihinde, terselmenin geliştiği güne baktığımızda atmosferde AYK etkilidir. Daha önceki aylarda incelediğimiz yüksek basınca bağlı terselme şartları bu günde de gerçekleşmiştir. Aynı zamanda fiziki ortam şartları da terselmeyi güçlendirmektedir. 14 Ocak saat 04:00'te 284 m'de sıcaklık -1.5 °C, 316 m'de 0.2 °C, 426 m'de 1.8 °C, 837 m'de 0.7 °C olarak ölçülmüş ve terselme gelişim başlamıştır (Şekil 14). İnegöl Ovası geniş bir çanak topografyasında olduğundan çanak tabanında güçlü bir ışıma olur ve bu da terselme durumunu artırıcı bir etkidir. Bu sürece bağlı olarak alçak/çukur sahalarda soğuk havanın toplanması yükseldikçe sıcaklık değişiminin sıcaklığın artması şeklinde gerçekleşmesine neden olur. Böylece





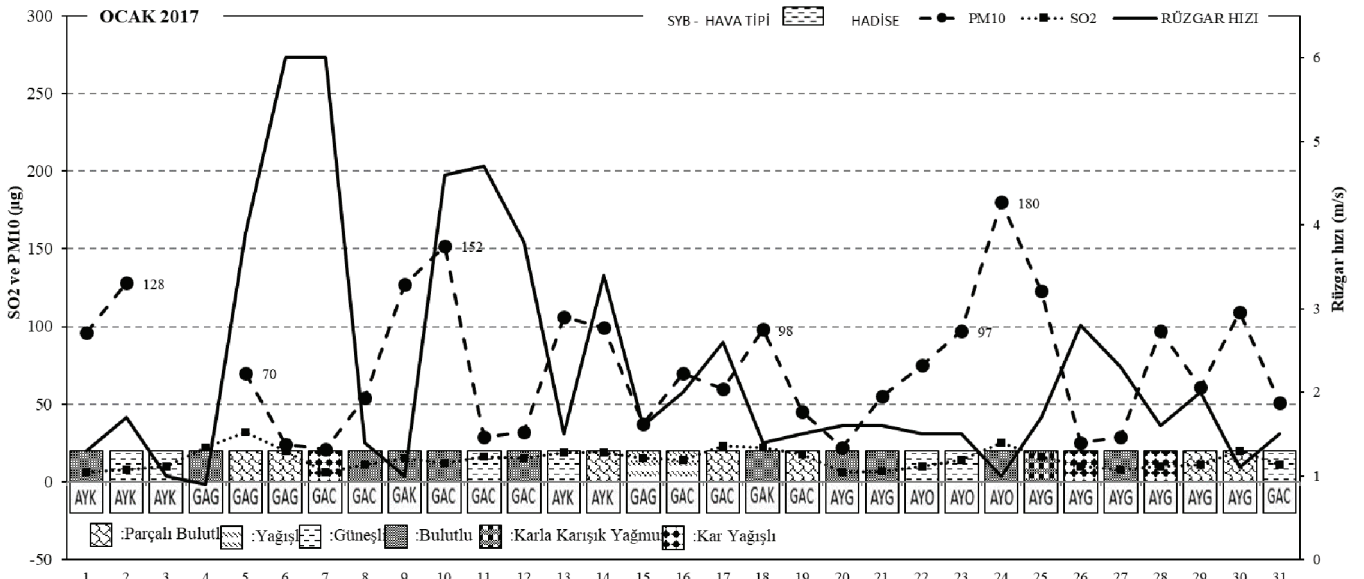
Şekil 11. İnegöl havzasında Aralık 2016'da hava tipleri, hadiseler, rüzgâr hızı ile  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ilişkisi.  
Figure 11. Weather types, events, wind speed and  $PM_{10}$  and  $SO_2$  relationship in Inegol basin in December 2016.



Şekil 12. İnegöl havzasında 18 Aralık 2016 tarihinde dikey sıcaklık değişiminin günlük farklılaşması.  
Figure 12. Daily variation of vertical temperature change in Inegol basin on 18 December 2016.

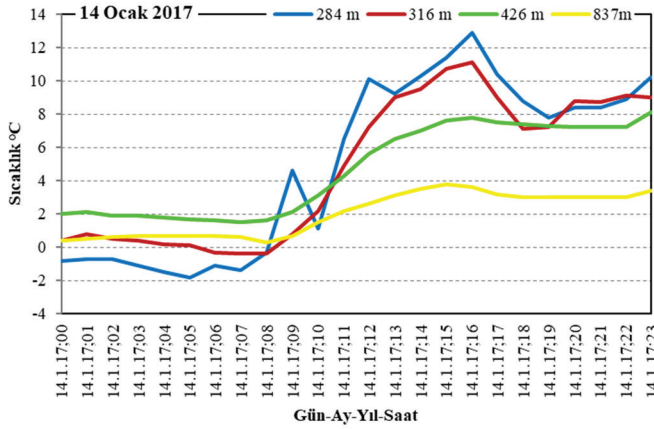


Fotoğraf 1. İnegöl yerleşmesinin sis örtüsü altında kalmasının gösterildiği fotoğraf (837 m. 18 Aralık 2016 / 8:40).  
Photo 1. The photograph showing the Inegol settlement under the cover of fog (837 m. 18 December 2016 / 8:40).



Şekil 13. İnegöl havzasında Ocak 2017'de hava tipleri, hadiseler, rüzgâr hızı ile  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ilişkisi.  
Figure 13. Weather types, events, wind speed and  $PM_{10}$  and  $SO_2$  relationship in the Inegol basin in January 2017.

yüksek kesimlerde sıcaklık değişimi az/yavaş olur. Yani termik hava akımlarına bağlı terselmeler birbirini etkisini artırırlar. Aynı gün saat 10.00'da yeryüzünde sıcaklık artışına bağlı olarak tersleme şartları bozulmuştur.



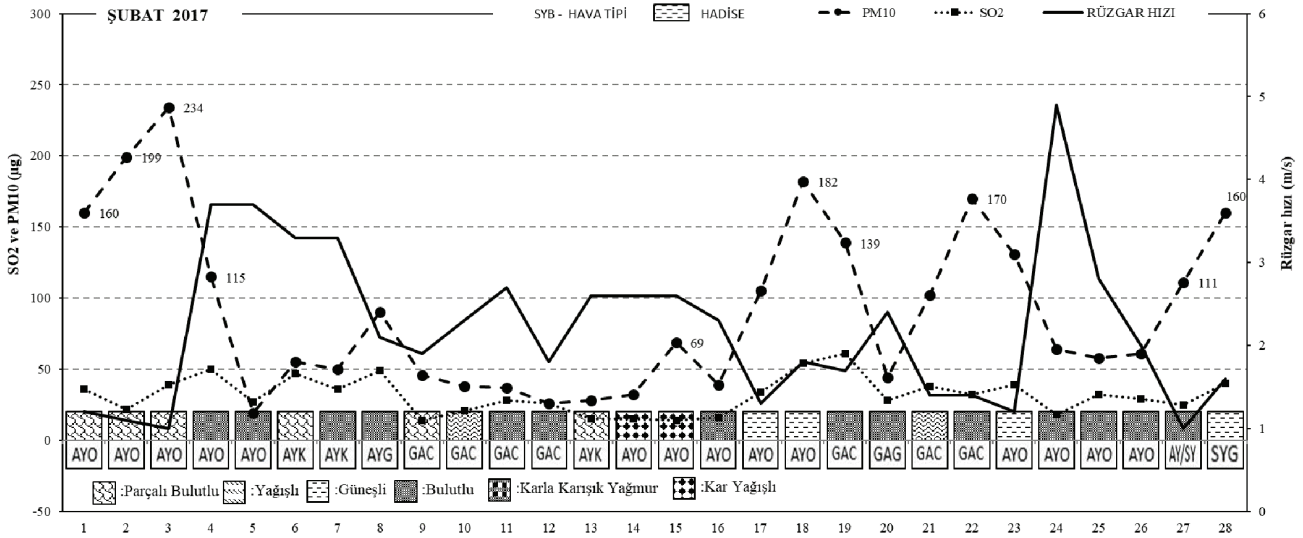
Şekil 14. İnegöl havzasında 14 Ocak 2017 tarihinde dikey sıcaklık değişiminin günlük farklılaşması.

Figure 14. Daily variation of vertical temperature change in Inegol basin on 14 January 2017.

### Şubat 2017

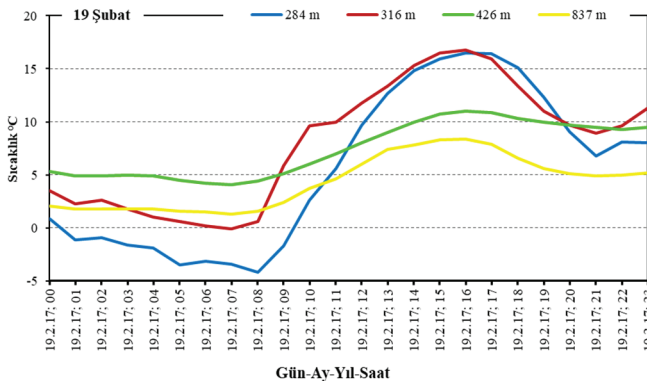
Çalışma döneminin son ayı olan Şubat 2017'de PM<sub>10</sub> oranı 1 kez 200µg/m<sup>3</sup>, 11 kez 100µg/m<sup>3</sup>, 7 kez 50µg/m<sup>3</sup> olmak üzere toplamda 19 gün sınır değerleri aşmıştır. SO<sub>2</sub> oranlarında sınırları aşan değerlere rastlanmamıştır. 3 Şubat 2017'de partikül madde 234 µg/m<sup>3</sup> iken rüzgâr hızının (0.09 m/sn.) düşük olduğu göze çarpmaktadır. Bu tarihte atmosferde AYO hava tipi etkilidir. Şubat ayında genel olarak rüzgâr hızı yüksektir ve PM<sub>10</sub> sınır değerleri çoğu zaman aşılmıştır (Şekil 15). Kirlenici değerlerinin Kasım-Aralık 2016 aylarındaki gibi çok yüksek olmadığı görülmektedir.

Örnek gün olarak 19 Şubat tarihi seçilmiştir. 19 Şubat saat 00.00'da 284 m'de sıcaklık 0.9 °C, 316 m'de 3.5 °C, 426 m'de 5.3 °C, 837 m'de 2.1°C olarak ölçülmüştür ve tersleme tespit edilmiştir. Bütün gece devam eden tersleme sabah saat 09.00 itibariyle bozulmuştur. Bu bozulma yine sıcaklığın artmasına, gece oluşan tersleme şartları ise atmosferde etkisini sürdüren AYO'na bağlanmaktadır (Şekil 16). Bu tersleme yine daha önce belirtilen 400 -850 metre seviyeleri arasında gerçekleşmiştir. 19 Şubat günü sabah saat 07:35'te en yüksekteki istasyondan alınan görüntüde, İnegöl çanağının üzeri bir kapak gibi sis/ bulut örtüsüyle kapanmıştır (Fotoğraf 2). Bu sis örtüsüne bağlı olarak İnegöl'deki kirlenici oranlarında belirgin bir artış görülmektedir (Şekil 15).



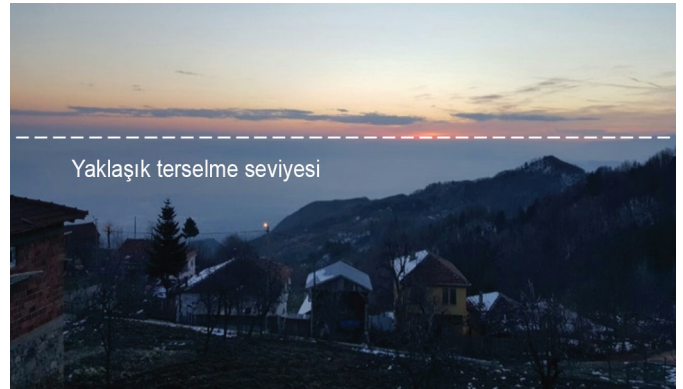
Şekil 15. İnegöl havzasında Şubat 2017'de hava tipleri, hadiseler, rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ilişkisi.

Figure 15. Weather types, events, wind speed and PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> relationship in February 2017 in Inegol basin.



Şekil 16. İnegöl havzasında 19 Şubat 2017 tarihinde dikey sıcaklık değişiminin günlük farklılaşması.

Figure 16. Daily variation of vertical temperature change in Inegol basin on 19 February 2017.



Fotoğraf 2. İnegöl yerleşmesinin sis örtüsü altında kalmasının gösterildiği fotoğraf (837 m 19.02.2017 / 07:35).

Photo 2. Photograph showing the Inegol settlement under the fog cover (837 m 19.02.2017 / 07:35).

#### 4. Sonuç ve Öneriler

İnsan ve ortam etkileşiminin oluşturduğu sorunlardan biri de hava kalitesinin bozulmasıdır. İnegöl İlçesi hava kalitesinin bozuk olduğu yerleşmelerden biridir. İnegöl yerleşmesi ve yer aldığı havzada, hava kalitesinin belirlenmesi ile hava kalitesinin bozulmasına neden olan etmenler üzerine yeterli çalışmaya ulaşılamamıştır. Sunulan araştırmada, İnegöl havzasında hem hava kalitesi ile hava kalitesini şekillendiren fiziki ortam özelliklerini belirlemek hem de bu sorunun çözümü için öneriler geliştirmek temel iki amaç olarak belirlenmiştir. Araştırmada İnegöl havzasındaki hava kalitesi sorunu ile ilgili sırasıyla; hava kalitesinin belirlenmesi, hava kalitesini şekillendiren fiziki ortam özelliklerinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur.

Bu çalışmada topografik özellikler; basılı ve sayısal haritalardan, iklim özellikleri; sinoptik ve klimatolojik verilerden, kentin gelişim aşamaları; İnegöl Belediyesi arşivinden, hava kalitesi ise SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> verilerinden yararlanılarak değerlendirilmiştir.

İnegöl'de hava kirleticileri, ısınma amaçlı yakıt tüketimi ile gelişmiş sanayi etkinlikleri kaynaklıdır. Öncelikle belirtmelidir ki İnegöl'de yerleşme ve sanayi kaynaklı kirleticiler olmasa hava kalitesinde düşme yaşanmayacaktır. Çalışma döneminde (120 gün) PM<sub>10</sub> kirleticisinin HKKY'nde belirlenen sınır değerleri toplamda 62 defa aştığı belirlenmiştir ve hava kalitesi üzerinde etkili olan kirleticinin PM<sub>10</sub> olduğu gözlenmiştir. Kirleticilerden SO<sub>2</sub>'nin HKKY'nde belirtilen sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir.

Hava kalitesinin şekillenmesinde tetikleyici/hazırlayıcı fiziki ortam özelliği, hava tipidir. İnegöl havzasında hava kalitesini şekillendiren birincil etmenin; etkili olan hava tipine bağlı hava şartları ve terselme koşulları olduğu düşünülmektedir. Azor yüksek basıncına bağlı gelişen hava tipleri (AYO ve AYK) İnegöl havzasında terselmenin koşullarını hazırlayan birincil etmen olarak dikkat çekmektedir. Hava kalitesini düşüren ve hava tipi tarafından oluşumu hazırlanan terselme, topografik özellikler tarafından daha da güçlendirilmektedir. İnegöl yerleşmesi kuzeyden 600 – 800 m'lik platolar ile çevrili iken güneyde yüksekliği 2543 m'ye ulaşan Uludağ tarafından sınırlanan bir çanağın tabanında (yaklaşık 280 m) bulunmaktadır. Uludağ başta olmak üzere havza çevresindeki yükseltilerden kaynaklı ağırlaşma rüzgarları ile yüksek basınç koşullarında, gece açık gökyüzü şartlarında gerçekleşen ışımaya, arttıran geribildirim etkisi yapmaktadır.

Açıklanan fiziki ortam özelliklerine ek olarak İnegöl yerleşmesinin havza tabanına kurulmuş olması, hava kalitesini şekillendiren etmenlerden biri olarak dikkat çekmektedir. İnegöl yerleşmesi, havza tabanında "Don Çanağı" olarak tanımlanabilecek bir konumda kurulmuştur. Yerleşmenin "Don Çanağında" bulunması nedeniyle, ısınma amaçlı daha fazla yakıt kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, hava kalitesini düşürücü bir etki meydana getirmektedir.

Yapılan çalışmadaki arazi gözlemleri ve ölçüm sonuçlarından hareketle İnegöl havzasında terselmenin genellikle 400 – 850 m'nin arasında geliştiği belirlenmiştir. Özellikle geceleri gelişmeye başlayan terselme seviyesi yaklaşık 400-850 metrelere kadar yükselmekte ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak öğle sa-

atlerine doğru etkisini kaybetmektedir. İnegöl yerleşmesinde hava kalitesinin düşük olmasının; kuruluş yerinin yanlışlığı ile hava tipleri ve topografya kontrolünde şekillenen bütünlük etkiye bağlı olduğu düşünülmektedir.

Öncelikle belirtmek gerekir ki, bu çalışmada belirtilen sorunlar yalnızca İnegöl havzasında değil Türkiye'nin pek çok yerleşmesinde gözlenmektedir. Belirlenen sorunların çözümü için arazi kullanımı ve planlamasında fiziki ortam özelliklerinin dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için de herhangi bir saha, kullanıma açılmadan önce fiziki ortam özelliklerinin olası kullanım amacına uygun olarak araştırılmasına ihtiyaç vardır.

İnegöl yerleşmesinde hava kalitesinin iyileştirilebilmesi için;

- Yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları ile kaynaklardan çıkan kirleticilerin azaltılması,
- Bundan sonra İnegöl havzası tabanında yerleşmeye ve sanayileşmeye izin verilmemesi,
- İnegöl Havzasında bundan sonra yapılacak yerleşme veya sanayi yatırımlarına fiziki ortam özellikleri bakımından uygun alanlarda izin verilmesi önerileri sıralanabilir.

Bu önerilerin Türkiye'deki pek çok yerleşme için geçerli olabileceği düşünülmektedir.

#### Teşekkür ve Katkı

Araştırmada kullanılan cihazların alımındaki desteklerinden dolayı, öncelikle dönemin Belediye Başkanı Sayın Alınur Aktaş'a ve İnegöl Belediyesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

#### Kaynakça

- Akpınar, E. K., Akpınar, S., & Öztop, H. F. (2009). Statistical analysis of meteorological factors and air pollution at winter months in Elâziğ, Turkey. *Journal of Urban and Environmental*, 3, 7-16. [doi: 10.4090/juee.2009.v3n1.007016](https://doi.org/10.4090/juee.2009.v3n1.007016)
- Alkan, A. (2018). Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı kentlere bir örnek: Siirt. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2). 641-666. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bitlissos/issue/41200/475981>
- Başarı, P., Okyay, P., Ergin, F., Coşan, S., & Yıldız, A. (2005). Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği /1997-2004. *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 6( 3), 11-15. <http://adudspace.adu.edu.tr:8080/xmliui/handle/11607/2130>
- Buldur, A. D., & Sarı, S. (2018). Sıcaklık terselmesinin hava kirliliğine etkisi (Isparta şehir merkezi örneği). *Turkish Studies* 13(3), 163-179. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.12858>
- Coşkun, M., Coşkun, S., & Gözalan, S. (2020). Temperature inversion winter seasonal in Karabük-Safranbolu basin: possible effects on natural and human environment (Turkey). *Turkish Studies*, 15(1), 71-82. <http://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.40320>
- Çavuş, C., & Koç, T. (2017). Mekânsal planlamada yer sistemi yaklaşımı; Hakça/gerçekçi planlama (H/GP). *Humanitas*, 5(9) 173-191. <https://doi.org/10.20304/humanitas.318509>
- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2017, Haziran). Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://cygm.csb.gov.tr/yon-etmelikler-i-440>

- Feng, X. Wei, S., & Wang, S. (2020). Temperature inversions in the atmospheric boundary layer and lower troposphere over the Sichuan Basin, China; Climatology and impacts on air pollution. *Science of the Total Environment*, 138579. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.138579](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138579)
- Garipağaoğlu, N. (2003). Türkiye'de hava kirliliği sorununun coğrafi bölgelere dağılımı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 8(9), 55-77. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/26626>
- Gramsch, E., Caceres, D., Oyola, P., Reyers, F., Vazquez, Y., Rubio, M. A., & Sanchez, G. (2014). Influence of surface and subsidence thermal inversion on PM2.5 and black carbon concentration. *Atmospheric Environment*, (98), 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.08.066>
- Hacısalihioğlu, İ. Y. (1994). Karabük'te hava kirliliği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 29, 475-494. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/198838>
- Hoşgören, M. Y. (1975). *İnegöl Havzasının jeomorfolojisi*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Matbaası.
- İbret, B. & Aydınöz, D. (2009). Şehirleşmede yanlış yer seçiminin hava kirliliği üzerine olan etkisine bir örnek: Kastamonu. *Coğrafya Dergisi*, 18, 71-88. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/231050>
- İnegöl Belediyesi. (2017, Kasım) İnegöl Tarihiçesi <http://www.inegol.bel.tr/inegol/inegol-tarihi/>
- John, D. S., Celeste, B., Randall, G., Steven, C. P., Monica, T., Rebecca, T. G., John, G. M. (2012). Winter temperature inversions and emergency department visits for asthma in salt lake county, Utah, 2003–2008. *Environmental Health Perspectives*, 1385-1390. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104349>
- Keser, N. (2002). Kütahya'da hava kirliliğine etki eden iklimatik ve topografik faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (5), 69-98. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/718707>
- Koç, T. (1998). Air quality and its health consequences in central Balıkesir town. *Proceedings of the Fourth International Aerosol Symposium*, Petersburg, Belarus, 6-9 July 1998, vol.44a, no.11, pp.130-132
- Koç, T. (2001). *Kuzeybatı Anadolu'da iklim ve ortam*. Çantay Kitapevi.
- Koç, T. (2008). *Kaz Dağı kuzeyinde (Bayramiç-Evciler Havzası) morfolojik birimler ve arazi kullanımı ilişkisi*. İçinde Erginal E.A (Ed), *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2008* (s. 134-153). Pozitif Matbaa
- Kopar, İ., & Zengin, M. (2009). Coğrafi faktörlere bağlı olarak Erzurum kentinde hava kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 51-68. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/199043>
- Largerson, Y., & Staquet, C. (2016). Persistent inversion dynamics and wintertime PM10 air pollution in Alp valleys. *Atmospheric Environment*, 135, 92-108. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.045>
- Menteşe, S., & Tağıl, Ş. (2012). *Topografyanın hava kirliliği üzerindeki etkisi: Zonguldak örneği*. İçinde TUCAUM 2012 VII Coğrafya Sempozyumu 18-19 Ekim 2012 (s. 123-131). Ankara Üniversitesi, Türkiye Araştırma ve Uygulama Merkezi TÜCAUM yayın no 4. [http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/semp7\\_15.pdf](http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/semp7_15.pdf)
- Menteşe, S. (2015). İnegöl Ovası'nda kentsel yayılmanın arazi kullanımını ve çevre kaynakları üzerine etkisi. Balıkesir. <https://hdl.handle.net/20.500.12462/2741>
- Menteşe, S., & Tağıl, S. (2012). Bilecik'te iklim elemanlarının hava kirliliği üzerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(28), 3-16. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/853638>
- Müezzinoğlu, A. (2000). *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*. Dokuz Eylül Yayınları.
- Nguyen, T. T. (2019). Temperature inversion and air pollution relationship, *Environ Geochem Health, Çevresel Jeokimya ve Sağlık* 40, 929–937. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0190-0>
- Özdalyan, B. Çelik, M., & Kadı, İ. (2001). Karabük'te hava kirliliği ve çözüm önerileri. *Teknoloji Dergisi*, 4 (3-4), 51-56. <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TIRJNE1qazU/karabuk-te-hava-kirliligi-ve-cozum-onerileri>
- Özşahin, E. Eroğlu, İ., & Pektezel, H. (2016). Keşan'da (Edirne) hava kirliliği. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (36),83-100. <http://dergisosyalbil.selcuk.edu.tr/susbed/article/view/1294>
- Sever, R. (2008). Malatya'daki hava kirliliğine coğrafi bakış. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 13(20), 59-76. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/26710>
- Sungur, K. A. (1977). Ankara'da hava kirlenmesi bakımından ısı terselmesinin rolü. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 22, 119-126.
- Sungur, K. A. (1980). Isı terselmesinin (inversiyon) hava kirliliği üzerindeki rolü ve negatif etkisinin azaltılması için alınacak önlemler. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 23, 171-180.
- Sungur, K. A. & Gönençgil, B. (1997). Çeşitli iklim elemanlarının hava kirliliği üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 6, 337-345 [http://tucaum.ankara.edu.tr/wpcontent/uploads/sites/280/2015/08/tucaum6\\_16.pdf](http://tucaum.ankara.edu.tr/wpcontent/uploads/sites/280/2015/08/tucaum6_16.pdf)
- Şahin, M., İncecik, S., Topçu, S., & Yıldırım, A. (2001). Analysis of Atmospheric Conditions during Air Pollution. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 51(7), 972-982. <https://doi.org/10.1080/10473289.2001.10464334>
- Tağıl, Ş. (2007). Balıkesir'de hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarına etkisini anlamada jeostatistiksel yöntemler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 37-56. [https://doi.org/10.1501/Cogbil\\_0000000070](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000070)
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) (2018, Ekim). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (2017, Aralık). <https://www.havaizleme.gov.tr/>
- Yıldırım, U., & Korkmaz, H. (1998). Kahramanmaraş'ta coğrafi faktörlerin hava kirliliğine etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi* (33), 398-411. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/198727>
- Yurdam, A. H. (2008). *Çanakkale kent merkezinde atmosfer olayları ve hava kalitesi ilişkisi* (Yayın No: 220469 ) [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi
- Yüceşahin, M. M. (2003). Şehirleşme süreci bakımından İnegöl ilçesi şehirselleşmeleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(1), 75-95. [https://doi.org/10.1501/Cogbil\\_0000000027](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000027)