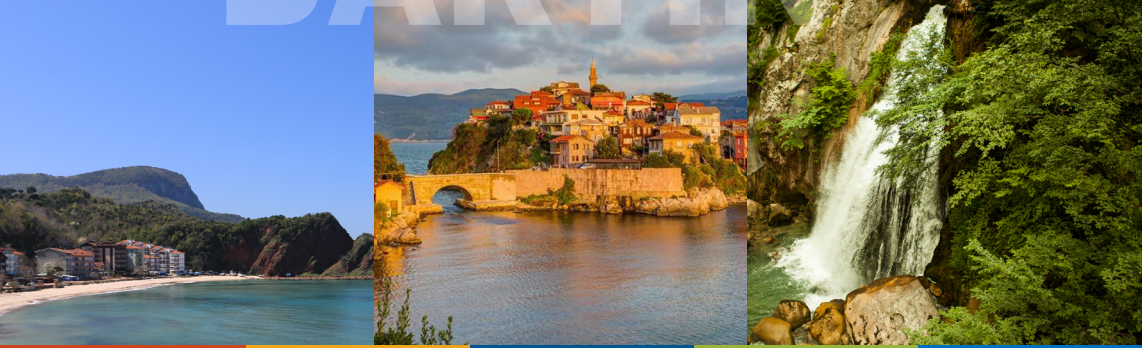




**T.C.  
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK  
BAKANLIĞI**

KUZEY İÇ ANADOLU  
TEMİZ HAVA  
MERKEZ MÜDÜRLÜĞÜ

# BARTIN



## **BARTIN İLİ HAVA KALİTESİ ANALİZ RAPORU (2010-2016)**



**BARTIN İLİ**  
**HAVA KALİTESİ**  
ANALİZ RAPORU  
(2010-2016)





KUZEY İÇ ANADOLU  
TEMİZ HAVA MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

[www.kiathm.csb.gov.tr](http://www.kiathm.csb.gov.tr)

**Yasal uyarı**

Bu yayının içeriği **Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkez Müdürlüğüne** ait olup, Kurumun izni olmadan herhangi bir şahıs veya şirket bu raporda yer alan bilgilerin kullanım hakkına sahip değildir.

**Telif hakkı uyarısı**

**Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkez Müdürlüğüne** ait olup; Aksi belirtilen durumlar dışında, kaynağı belirtilmek koşulu kaydıyla çoğaltılmasına izin verilmiştir.

## Biz Kimiz?

Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü; 10 Temmuz 2015 tarih ve 29412 sayılı Resmi Gazete’nde yayımlanan Bakanlar Kurulunun 15.06.2015 tarih ve 2015/7754 sayılı Kararı gereği 27.09.1984 tarih ve 3046 sayılı Kanununun 17 nci maddesine istinaden kurulmuştur.

Ankara, Kırıkkale, Yozgat, Kırşehir, Çankırı, Kastamonu, Karabük, Zonguldak, Bartın, Bolu, Düzce, Eskişehir ve Kütahya illerini kapsayan Ankara merkezli Müdürlüğümüz, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü’ne doğrudan bağlı olmakla birlikte, ihtisas alanı hava olan icracı Bölgesel bir kuruluştur.

Görevimiz; hava kirliliği boyutu hakkında doğru ve bağımsız bilgi sunarak, kirlilik kaynağının tespiti ile alınacak tedbirlerin uygulanmasını etkinleştirmektir.

Çevre alanında politika, karar, plan, uygulama ve değerlendirme çalışmalarını yürütmenin yanı sıra, halkın, soluduğu havanın sağlığa olan etkisini bulabileceği bilgi kaynaklarından biriyiz.



## GİRİŞ

Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezine bağlı iller arasında yer alan Bartın, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Şehir 41° 53' Kuzey enlemi ile 32° 45' Doğu boylamları arasında yer alır. Bartın'ın Kuzey'inde 59 km'lik sahil şeridiyle Karadeniz, Doğu'da Bartın, Doğu ve Güney'de Karabük, Batı'da ise Zonguldak illeri bulunur. İl merkezinin rakımı 25 m'dir. Merkez, Amasra, Ulus ve Kurucaşile Bartın'a bağlı dört ilçedir.

Bartın; doğu batı kuzeyden yüksekliği 2000 metreyi geçmeyen dağlarla çevrilidir. Dağlar yüksek olmamakla birlikte dik sahillere doğru sarp kayalıktır. En yüksek nokta Keçikıran Tepesidir.(1619m) İlin önemli dağları; Aladağ, Kocadağ, Kayaardı, Karasu ve Arıt Dağları'dır. Kent Merkezini batıdan Aladağ, kuzeyden Karasu dağları ve doğudan Arıt dağları kuşatmaktadır. Bartın nehri ve kolları tarafından derin bir biçimde parçalanmış arazi çok engebeli bir görünümündedir. Nehir'in genişlediği alanlarda ve dağların oldukça dik yamaçları arasında dar ve derin vadiler yer alır. Bartın Nehri'nin iki ana kolunu oluşturan Kocaçay ve Kocanaz Çayı, Bartın merkezinde Gazhane Burnu'nda birleşip 14 km sonra Boğaz mevkiinde Karadeniz'e ulaşır. Ulus ilçesinde Uluyayla, Arıt beldesinde Zoni ve Kumluca beldesinde Ardıç (Gezen) ve Kokurdan yaylaları dağ ve yayla turizmi açısından önemlidir.



Şekil 1 Bartın Fiziki Haritası

'PARTHENİA'dan Bartın'a dönüşen adın kaynağı 'PARTHENİOS'tur. Bartın Irmağının antik çağdaki adı olan Parthenios; Yunan mitolojisinde Tanrıların Babası OKENAUŞ'un çocukları olan yüzlerce tanrıdan birisi ve 'Sular Tanrısı'dır. Sular İlahı veya Muhteşem Akan Su anlamına gelir.

1920 yılında Zonguldak Mutasarrıflığına bağlanan Bartın 1924 yılında Zonguldak'ın il olmasıyla birlikte bu ilin ilçesi haline gelmiştir. 07 Eylül 1991 tarihinde de 28.08.1991 tarih ve 3760 sayılı yasayla il statüsünde kavuşmuştur.



Bartın İline bağılı ilçelerden Osmanlı döneminde ilçe iken Cumhuriyetle birlikte bucak statüsüne düşürülen Amasra 1987 yılında yeniden Ulus 1944 yılında, Kuruçaşile ise 1957 yılında ilçe olmuştur. [1]

Bartın halen Merkez, Amasra Ulus ve Kuruçaşile olmak üzere 4 ilçesi Kozcağız, Kumluca, Abdinpaşa ve Hasankadı beldeleriyle birlikte toplam 8 Belediyesi ve 265 köyü vardır. [9]

Şehrin yüzölçümü 2076 km<sup>2</sup>'dir. Bartın'ın nüfusu, 2016 ADNKS verilerine göre 192,389'tir. Nüfusta, 95,131 erkek, 97,258 kadın bulunmaktadır. 2016 yılı nüfus artışı %0,88 nüfus yoğunluğu 93 km<sup>2</sup>'dir. [2]





# İçindekiler

Biz Kimiz? .....	3
Giriş .....	4
<b>1. Kavramlar .....</b>	<b>7</b>
1.1. Hava Bileşenleri ve Hava Katmanları .....	7
1.2. Hava Kalitesi ve Yasal Yükümlülükler .....	10
1.3. Hava Kirliliği Kaynakları .....	16
1.4. Kirlletici Parametreler .....	19
1.5. Hava Kirliliğinin Etkileri .....	23
1.6. Hava Kirliliğine Etki Eden Faktörler .....	28
<b>2. Bartın İlinde Hava Kirlilik Kaynaklarının Mevcut Durumu .....</b>	<b>35</b>
2.1. Isınma kaynağı .....	35
2.2. Ulaşım sektörü .....	43
2.3. Sanayi Sektörü .....	44
2.4. Meteorolojik Faktörler .....	46
<b>3. Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçlarının Analizi .....</b>	<b>50</b>
3.1. İstasyon Hakkında Genel Bilgi .....	50
3.2. Ölçüm Sonuçlarının Analizi .....	55
3.3. Meteorolojik Faktörlere Göre Ölçüm Sonuçlarının Analizi .....	64
<b>4. Ölçüm Sonuçlarının Mevzuat Esaslarına Göre Analizi .....</b>	<b>70</b>
<b>5. Episot Dönemlerinin Analizi .....</b>	<b>76</b>
<b>6. Hava Kirliliğinde Etken Kaynağın Belirlenmesi .....</b>	<b>87</b>
<b>7. Kaynaklar .....</b>	<b>90</b>

## 1.KAVRAMLAR

### 1.1. Hava Bileşenleri ve Hava Katmanları

Yerçekimi sayesinde dünyayı çepeçevre saran ve güneşten gelen enerjinin hızlı bir biçimde uzaya geri dönmesini engelleyen ve canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesi için önemli olan buhar ve gaz tabasına atmosfer, atmosferi oluşturan maddelere de hava denir.

Hava başlıca azot ve oksijen gazlarının bir karışımıdır. Bu karışımında az miktarda argon, karbondioksit, argon, neon, helyum, kripton, metan ve hidrojen maddeleri vardır.

Gazların dış ortamda belirli bir hacim ve şekilleri yoktur. Buldukları kapalı kabın içini tamamen doldururlar ve hacimleri kapalı kabın hacmine eşit olur. Atmosferi oluşturan gazların Dünya'yı sarmasının nedeni gaz moleküllerine etki eden yerçekimi kuvvetidir. Atmosfer Güneş'ten gelen ışınlar ile ısınır ve genişler. Bu durumda havayı oluşturan moleküller yer çekimi kuvveti ve Güneş enerjisi ile belli bir dengede durur.

Atmosferde bulunan gazları iki grupta incelemek mümkündür.

**Atmosferde bulunan ve oranı değişmeyenler gazlar:** Havanın %78'i azot, %21'i oksijen ve %1'lik kısmında asal yani serbest halde dolaşan gazlar (helyum, hidrojen, kripton, argon, neon, ksenon)'dır. **Atmosferde bulunan gazlar ve oranları değişen gazlar ise:** karbondioksit ve su buharıdır. Atmosferde her daim bulunmayan gazlar ise tozlar ve ozondur.

**Karbondioksit:** Karbondioksit, (CO<sub>2</sub>) renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir gazdır. Normal atmosfer şartlarında %0.03-%0.06 arasında değişen konsantrasyonlarda, kaynak sularında da çözülmüş halde bulunur. Bir milyon hava molekülünde yaklaşık 350 karbondioksit molekülü bulunur. Çevrede önemli görevi vardır. Örneğin, bitkiler karbon dioksit alırlar ve fotosentez yapımında kullanarak yaşamlarını sürdürürler. Karbondioksitin diğer bir özelliği de güneşten gelen ışınların değişmeden yeryüzüne ulaşmasını sağlamaktır. Karbondioksit doğal veya yapay olarak yanma ya da oksidasyon sonucunda oluşur. CO<sub>2</sub>'nin kendisi toksik bir gaz değildir. Ancak atmosferdeki CO<sub>2</sub> kon-



Şekil 2: Atmosferi Oluşturan Bileşenler

santrasyonun yükselmesi sonucu, güneşten gelen kısa boylu dalgaların atmosferde tutulması söz konusu olduğunda, yeryüzü sıcaklığının artmasına, yani sera etkisine neden olur.

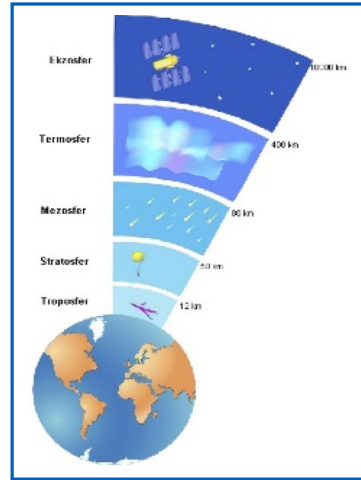
**Su buharı:** Havada değişen oranlarda su buharı bulunur. Toz parçacıkları, bakteriler ve bitkilerden uçuşan sporlar her zaman havada mevcuttur.

**Ozon:** Simgesi O<sub>3</sub> olan ozon keskin kokulu, solunumu tehlikeli, mavi renkli bir gazdır. Aynı zamanda oksijenin kimyasal bir bileşenidir. Yer yüzeyi yakınlıklarında zehirli bir kirlenici olmasına rağmen, üç oksijen atomunun birleşmesinden oluşuşan ozon (O<sub>3</sub>) stratosfer tabakasında yaşamsal önem taşır.

Bunun yanında atmosfer yerküreyi yerçekiminin etkisiyle çepeçevre saran gazların bileşimleri ve yoğunluklarının farklı olmasından dolayı atmosfer katmanları oluşmuşştur. **Bu katmanlar 5 gruptan oluşmaktadır.**

**Troposfer (10 ile -60 °C):** Dünya'ya en yakın katman olan troposfer 18 km kalınlığındadır. Atmosferi oluşturan gazların % 75-80'i bu tabaka içerisinde yer alır. Yapısı tamamen yer radyasyonuna bağılı olarak değişir. Su buharının %99'u troposfer tabakasında yer alır. Su buharı solar enerjiyi ve yerden gelen termal radyasyonu absorbe ederek sıcaklığın ayarlanmasında önemli rol oynar. Ayrıca meteorolojik olaylar bu katmanda gerçekleşir. Bu yüzden hava durumu bilgilerini almak için bu katmana cihazlar gönderilir. Troposferde sıcaklık 200 C° de bir derece azalmaktadır. Çünkü yerden yansıyan güneş ışınları ile ısınmaktadır. Ayrıca bu katmanın alt kısmı daha sıcak üst kısmı daha soğuktur. Kuvvetli hava akımları yani jet stream rüzgârları bu seviyeler civarındadır.

**Stratosfer (10 ile -60 °C):** Bu katman troposferden sonra 50 km kadar daha yükselir. En önemlisi bu katmanda rüzgar oluşumu gözlenir. Bu katmanda su buharı hiç yoktur. Bundan dolayı da bu atmosfer katmanının da dikey hava harekâtı gözlenmez. Sadece yatay hava harekâtı görüldüğü için de diğer tabakalar ile stratosfer arasında herhangi bir taşıma yol açmamaktadır. Buda birçok facianın ortaya çıkmasını engellemektedir.



Şekil 3: Atmosfer Katmanları

**Mezosfer:** Mezosferdeki hava basıncı ve yoğunluğu en düşük seviyededir (1/1000 yere göre). N<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> gazları bulunur ancak O<sub>3</sub> oldukça azdır. Atmosferin en soğuk bölgesidir, sıcaklık -100 dereceye kadar düşer. Mezosfer tabakası yeryüzünü uzaydan gelen meteorlardan korur, meteorlar bu tabakaya girdiklerinde yanarlar. Bu seviyede nefes alacak oksijen yoktur. Oksijenin atmosferdeki yüzdesi hava ile aynıdır. Mezosferin en alt seviyesini stratosfer ısıtır, ısı yavaş dönüşümle mezosfere geçmektedir.

**Termosfer:** Termosfer 80- 90 km'nin üzerinde uzanır. Hava çok incedir. Sıcaklık yükseklikle artar, sıcaklık çok yüksektir, burada ultraviyole radyasyonu ısıya dönüşmektedir. Bu tabakada sıcaklık 2000 dereceye kadar ulaşmaktadır. 100-200 km. 'lerde atmosferdeki temel bileşenlerden nitrojen ve oksijen bulunmaktadır. Oksijen UV radyasyonunu absorbe etmektedir ve büyük miktarda kinetik enerji ortaya çıkmaktadır. Mezosfer katmanından itibaren 400 km uzunluğuna ulaşan katmandır. Atmosferin en kalın katmanlarından birisidir. Termosfer katmanında güneş ışınları yoğun olarak hissedilmektedir. Bu katman radyo dalgalarını ve haberleşme sinyallerini çok iyi iletmektedir. Troposfer ve stratosferin aksine termosferdeki sıcaklık, solar aktivite miktarına bağlı olarak yüzlerce derece olarak değişebilmektedir. Bu ekstrem yükseklikte gaz molekülleri ayrışmaktadır, burada moleküler oksijen ve nitrojenden oldukça fazla atomik oksijen vardır. Termosfer tabakası ikiye ayrılır: İyonosfer ve Eksosfer.

**İyonosfer:** Bu tabaka termosferin alt bölümüdür, 80 ila 550 km arasında yer alır. Gaz partikülleri güneşten gelen ultraviyole ve X-ray radyasyonunu absorbe eder. Gaz partikülleri elektrik yüklenir (ionlar). Radyo dalgaları bu seviyeden yeryüzüne döner. Elektron yoğunluğuna bağlı olarak iyonosfer tabakası üçe ayrılır: D tabakası (60-90 km), E tabakası (90-140), F tabakası (140 km. nin üzerinde)

**Ekzosfer:** Yeryüzeyinden oldukça uzak mesafede bir bölgedir. 550 km'den binlerce kilometreye kadar uzanır, genellikle uydular bu bölgede bulunur. Bu bölge yeryüzü atmosferi ile gezegenler arası uzayda bir geçiş zonu olarak adlandırılır.



## 1.2. Hava Kalitesi ve Yasal Yükümlülükler

Atmosferi meydana getiren gazların karışımlarından oluşan hava, canlı organizmanın yaşam sürecindeki en önemli öğelerden biridir. Bir insanın günde yaklaşık olarak 2.5 lt. su, 1.5 kg. besin, 10 – 20 m<sup>3</sup> hava gereksinimi vardır. Açlığa 60 gün, susuzluğa 6 gün dayanabilen insan, havasızlığa ancak 6 dakika dayanabilmektedir. (1) Atmosferde toz, duman, gaz, koku ve saf olmayan su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin, insanlar ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyecek ve/veya maddi zararlar meydana getirecek miktarlara yükselmesi, "Hava Kirliliği" olarak nitelenmektedir. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilenmektedir. Havayı kirleten maddelerin sınır değerleri (havada zararlı olmayacak derecedeki en yüksek değerleri), her ülkenin ilgili kuruluşları tarafından yönetmeliklerle belirlenir. Kirleticili parametrelerin ilgili yönetmeliklerde tanımlanan sınır değerlerin altında olduğu durumlar ise hava kalitesi olarak tanımlanmaktadır. Hava kalitesi kavramı Ülkemizde ilk olarak 1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile gündeme gelmiştir.

AB uyum sürecinde hava kalitesi alanındaki 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktiflerinin ulusal mevzuata aktarılması sonucu hazırlanarak 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği'nin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kirleticileri, esas olarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.

Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için; hava kalitesinin düzeyini ölçmek amacıyla kurulan istasyonları doğru işleterek verinin güvenilirliğini sağlamak, hava kirliliğine neden olan kaynağı doğru tespit ederek ilgili kirleticileri kapsayacak şekilde entegre hava kalitesi kontrol planlarının hazırlanması gerekmektedir.

2008/50/EC sayılı CAFE direktifi ve 2004/107/EC ile Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğini içeren 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktiflerinde tanımlı kirleticili parametre-

ler; online ölçülen ve sahada toz örneklerinden alınacak numunelerin analize dayalı olmak üzere 2 grupta toplanmaktadır. Bu kirleticiler;

Birinci grupta; kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), karbon monoksit (CO) ozon, partikül madde (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>),

İkinci Grupta ise; Kurşun (Pb), Benzen, arsenik, kadmiyum, nikel ve benzo(a) piren

Birinci grupta yer alan parametreler ile ikinci grupta yer alan kurşun ve benzenin limit değere esas birimleri µg/m<sup>3</sup>, ikinci grupta yer alan diğer parametrelerin limit değerlere esas birimleri ng/m<sup>3</sup> olup, kirletici parametreler bazındaki limit değerler insan sağlığını ve ekosistemi korumaya yönelik olarak tanımlanmıştır.

İnsan sağlığını koruyama yönelik limit değerler:

SO<sub>2</sub> için; saatlik limit değer, günlük limit değer, üç saatlik ardışık değerleri içeren uyarı eşiği ile bir yıl içerisinde saatlik ve günlük limit değerlere göre aşım sayısı

NO<sub>2</sub> için; saatlik limit değer, yıllık limit değer, ardışık değerleri içeren uyarı eşiği ile bir yıl içerisinde saatlik limit değere göre aşım sayısı,

PM<sub>10</sub> için; günlük limit değer, yıllık limit değer ile bir yıl içerisinde günlük limit değere göre aşım sayısı,

PM<sub>2.5</sub> için; 3 yıllık ortalama maruziyet aralığı, yıllık maruziyet konsantrasyonu (mevcut yönetimde yer almayı CAFE direktifinde tanımlanmıştır)

Kurşun, Benzen Arsenik, Kadmiyum, Nikel ve Benzo(a)Piren için; yıllık limit değer,

CO için; günlük sekiz saatlik ortalama limit değeri,

Ozon için; Günlük 8 saatlik ortalama limit değeri,

Vejetasyonun korunmasına yönelik limit değerler:

- SO<sub>2</sub> için; yıllık limit değer,
- NO<sub>x</sub> için; yıllık limit değer,
- Ozon için; Mayıs ayından Temmuz ayına kadar 1 saatlik değerlerden hesaplanacak AOT40, 1 saatlik bilgi ve 1 saatlik uyarı eşiği

HKDY Yönetmeliğinin yürürlüğe giriş tarihinden itibaren kirletici parametreler bazında uygulanacak limit değeraztım süreçleri ile CAFE direktifinde tanımlı olan ve azaltım takvimine tavi olmayan kirletici parametrelerin limit değerleri Şekil-4'te verilmektedir.

BARTIN İLİ HAVA KALİTESİ ANALİZ RAPORU

Parametre	Periyot	SINIR DEĞERLER (µg/m <sup>3</sup> )																
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SO <sub>2</sub>	Saatlik ortalama değer (İzlenim tablosu)	900	900	900	900	900	500	500	470	440	410	380	350	350	350	350	350	350
	Günlük ortalama değer (İzlenim tablosu)	400	370	340	310	280	250	250	225	200	175	150	125	125	125	125	125	125
	Kıy sınırları sınır değeri (1 Ekim-31 Mart)	250	250	250	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Yıllık ortalama değer (Ekosistem)	-	-	-	-	-	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Hedef Sınır Değeri	60	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)	I. seviye:500 II. seviye:350	I. seviye:500 II. seviye:350	I. seviye:500 II. seviye:350	I. seviye:500 II. seviye:350	I. seviye:500 II. seviye:350	500*	500*	500*	500*	500*	500*	500*	500*	500*	500*	500*	500*
	Yüklenmiş sınır değeri (1 Ekim-31 Mart)	II. seviye:1100 IV. seviye:1500	II. seviye:1100 IV. seviye:1500	II. seviye:1100 IV. seviye:1500	II. seviye:1100 IV. seviye:1500	II. seviye:1100 IV. seviye:1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Yüklenmiş sınır değeri (Ekosistem)	-	-	-	-	-	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Yüklenmiş sınır değeri (Hedef)	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	PM <sub>10</sub>	Günlük ortalama değer (İzlenim tablosu)	300	280	220	180	140	100	100	90	80	70	60	50	50	50	50	50
Kıy sınırları sınır değeri (1 Ekim-31 Mart)		200	175	155	135	112	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yıllık ortalama değer (İzlenim tablosu)		150	132	114	96	78	60	60	56	52	48	44	40	-	-	-	-	-
Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)		I. seviye:260 II. seviye:200 III. seviye:120 IV. seviye:80	I. seviye:260 II. seviye:200 III. seviye:120 IV. seviye:80	I. seviye:260 II. seviye:200 III. seviye:120 IV. seviye:80	I. seviye:260 II. seviye:200 III. seviye:120 IV. seviye:80	I. seviye:260 II. seviye:200 III. seviye:120 IV. seviye:80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüklenmiş sınır değeri (Ekosistem)		-	-	-	-	-	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Hedef Sınır Değeri		300	300	300	300	300	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	200
Yüklenmiş sınır değeri (1 Ekim-31 Mart)		100	100	90	80	70	60	60	56	52	48	44	40	40	40	40	40	40
Yüklenmiş sınır değeri (Ekosistem)		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Günlük 8 saatlik ortalama sınır değeri (İzlenim tablosu)		30000	30000	20000	22000	18000	18000	16000	14000	12000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)		10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub> 'den B saatlik ortalama sınır değeri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	-	-
	Kıy sınırları (yıllık ortalama 3 saatlik ortalamaları)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180	-	-
	Yüklenmiş sınır değeri (yıllık ortalama 3 saatlik ortalamaları)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	-	-
	Hedef Sınır Değeri (Ekosistem) **	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18000	-	-
	Yüklenmiş Sınır Değeri (Ekosistem)**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6000	-	-
Kurşun	Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)	2	2	1.7	1.4	1.1	1	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	-	-	-	-	
	Hedef Sınır Değeri (İzlenim tablosu)	-	-	-	-	-	10	10	10	10	9	8	7	6	5	-	-	
Bakır	Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hedef Sınır Değeri**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kadmium	Yüklenmiş sınır değeri***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hedef Sınır Değeri***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nikel	Yüklenmiş sınır değeri***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hedef Sınır Değeri***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Krom	Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hedef Sınır Değeri***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PM <sub>2.5</sub>	Yüklenmiş sınır değeri (İzlenim tablosu)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	
	Hedef Sınır Değeri (İzlenim tablosu)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Not : \* 3 saatlik ortalama değerlerin ortalaması  
 \*\* Mayıs-Temmuz 1 saat ortalaması AOT40  
 \*\*\* µg / m<sup>3</sup>

Şekil 4: Kirlenici Parametrelerin Azaltım Takvimine Göre Limit Değerleri

Ülkemizde yürürlükte olan Yönetmelikte; yukarıda tanımlanan ve maruziyet süresine göre konsantrasyon düzeyi belirlenen parametrelerin yanı sıra hava kirliliğinde etken kaynak emisyonunun saptamak, kaynak envanterinin tutarlılığını kontrol etmek ve emisyon azaltım stratejilerinin verimliliğini kontrol etmek izlemek amacıyla izlenmesi gereken parametreler tanımlanmıştır.

**Bunlar;**

- a) Hava kirliliğinin önemli kaynaklarından uzakta, kırsal arka fon yerlerinde yıllık ortalama bazda PM<sub>2.5</sub> parametresi için toplam konsantrasyonun yanı sıra Şekil-5’de tanımlı kimyasal bileşenlerine bakılması

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Elementel karbon (EC)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Organik karbon (OC)

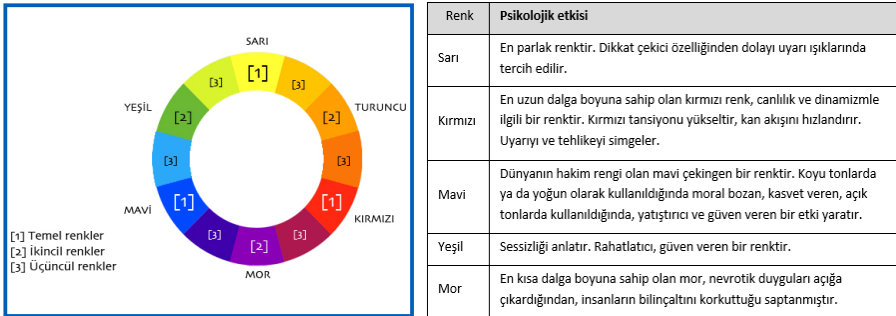
Şekil 5: PM<sub>2.5</sub> içinde bakılacak parametreler

b) Ozon öncül maddelerin ölçülmesi, bunun içinde en azından azot oksitler ve Şekil-6'da tanımlı uçucu organik bileşiklere bakılması

	1-Büten	İzopiren	Etil benzen
Etan	trans-2-Büten	n-Hekzan	m+p-Ksilen
Etilen	cis-2-Büten	i-Hekzan	o-Ksilen
Asetilen	1.3-Bütadien	n-Heptan	1,2,4-Trimet. benzen
Propan	n-Pentan	n-Oktan	1,2,3-Trimet. benzen
Propen	i-Pentan	i-Oktan	1,3,5-Trimet. benzen
n-Bütan	1-Penten	Benzen	Formaldehit
i-Bütan	2-Penten	Tolüen	Toplam metan içermeyen hidrokarbonlar

Şekil 6: Ozon Öncüllerin Değerlendirilmesi İçin Analiz Edilecek Uçucu Organik Bileşikler

Havadaki Benzo(a)piren seviyesini değerlendirmek için sınırlı sayıda ölçüm yerlerinde; benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenz(a,h)antracene gibi polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) incelenmesi (ayrıca her 100.000 km<sup>2</sup> de bir fon örnekleme noktasında ise partikül ve gaz halindeki iki değerlikli cıva konsantrasyonunun tespiti de mevzuatta önerilmektedir) gerekmektedir. Hava kalitesi düzeyinin sağlıklı ilişkilendirilmesinde tüm dünyada kullanılan renkle ilişkili göstergeler kullanılmaktadır. Hava Kalitesi İndeksi olarak tanımlanan bu göstergede; hava kalitesi düzeyi izlenen her bir kirlenici parametrenin konsantrasyon değer aralığı ülkelerin politik kararları doğrultusunda belirlenerek renk skala aralıkları belirlenmektedir. İndeks göstergelerinde kullanılan renklerin temel grupları ile renklerin insan psikolojisi üzerine etkileri Şekil-7' de tanımlanmıştır.



Şekil 7: Renk Çarkı ve Renklerin İnsan Psikolojisi Üzerine Etkileri



Hava Kalitesi İndeksi sınıfları oluşturulurken, insanlar tarafından kolay anlaşılması hedef alınarak az sayıda kademe ve tanımlayıcı ifadelerin tercih edildiği, kademeler etiketlendirilirken, kişiden kişiye farklı algılamaya sebep olabilecek “mükemmel”, “uygun”, “yeterli”, “tatmin edici” gibi ifadeler ve “az”, “çok” gibi nicelik bildiren kelimelerin kullanılmasından sakınıldığı tespit edilmiştir.

EPA tarafından yayınlanan hava kalitesi indeksi tüm dünya ülkelerinde hava kalitesi düzeyinin kamuoyu bilgisine sunulmasında ortak taban olarak kullanılmaktadır. EPA hava kalitesi indeksi; 5 parametre için (Partikül madde (PM10), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO2), azot dioksit (NO2) ve ozon (O3)) oluşturulmuş olup, sadece belli bir yer ve zamanda sınır değeri en fazla aşan kirleticie göre raporlama yapmaktadır. Birden fazla kirleticinin standart değeri aşması durumunda (HKİ, 100 değerini aşarsa) ise indeks değeri en yüksek kirleticie göre belirlenmekte, ayrıca diğer kirleticiler de bilgilendirme amaçlı raporlanmaktadır. Bazı ülkeler tarafından EPA indeksinde verilen aralıklara ilave olarak hassas gruplar için de bir indeks tanımlanması yapılmaktadır. EPA hava kalitesi indeks aralığı ve her bir kirleticie parametrenin konsantrasyon aralığı Şekil-8 ve 9’da verilmektedir.

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endije Seviyeleri	Renkler	Anlamı
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmez.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat algılamadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıda insan için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101 - 150	Hassas Gruplar için Sağıksız	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Çok Sağıksız	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenmesi olasıdır.
301 - 500	Riskli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Şekil 8: EPA Hava Kalitesi İndeks Aralığı ve Renk Skalası

O <sub>3</sub> (ppm) 8 saat	O <sub>3</sub> (ppm) 1 saat <sup>1</sup>	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24 saat	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24 saat	CO (ppm) 8 saat	SO <sub>2</sub> (ppb) 1 saat	NO <sub>2</sub> (ppb) 1 saat	HKİ	Kategori
0 -0,059	-	0-54	0,0-12,0	0,0 – 4,4	0 – 35	0 – 53	0-50	İyi
0,060-0,075	-	55-154	12,1-35,4	4,5 – 9,4	36 – 75	54 – 100	51-100	Orta
0,076 -0,095	0,125-0,164	155-254	35,5-55,4	9,5 – 12,4	76 – 185	101 – 360	101-150	Hassas gruplar için sağlıksız
0,096-0,115	0,165 -0,204	255-354	(55,5-150,4) <sup>3</sup>	12,5 – 15,4	(186 – 304) <sup>4</sup>	361 – 649	151-200	Sağlıksız
0,116 – 0,374	0,205 – 0,404	355-424	(150,5-250,4) <sup>3</sup>	15,5 – 30,4	(305 – 604) <sup>4</sup>	650 – 1249	201-300	Çok sağlıksız
(2)	0,405 – 0,504	425-504	(250,5-350,4) <sup>3</sup>	30,5 – 40,4	(605 – 804) <sup>4</sup>	1250 – 1649	301-400	Tehlikeli
(2)	0,505 – 0,604	505-604	(350,5-500,4) <sup>3</sup>	40,5 – 50,4	(805 – 1004) <sup>4</sup>	1650 – 2049	401-500	Tehlikeli

(1) Bölgeden genellikle 8 saatlik ozon değerlerine göre HKİ oluşurması beklenir. Fakat 44. sayıdaki bölgede 1 saatlik ozon değerlerine göre HKİ oluşurması daha ihtiyatlıdır. Bu durumlarda, indeks için 8 saatlik ozon değerlerinin hesaplanmasını yanında; 1 saatlik ozon değerlerinin de hesaplanması yapılır ve en yüksek iki değer raporlanır.  
(2) 1 saatlik ozon değerleri, 301'den daha büyük HKİ için tanımlanmamıştır. 301 ve daha büyük HKİ, 1 saatlik ozon değerlerine göre hesaplanır.  
(3) PM2.5 için özel farkı bir sınıfı ayırtılmadığı için, değerler buna göre değerlendirilmiştir.  
(4) 1 saatlik SO2 değeri 200'den büyük HKİ için tanımlanmamıştır. 200 ve daha büyük HKİ, 24 saatlik SO2 konsantrasyonları ile hesaplanır.

Şekil 9: EPA Hava Kalitesi Kirlenici Parametre Konsantrasyon Aralığı

## EPA indeksi

aralığının belirlenmesinde; Belli bir noktada ve zamanda ölçülen her bir kirlenici için Şekil-10'da verilen kesme noktalarına göre ayrı ayrı alt-indeks değeri hesaplanmakta, en yüksek indeks değerini veren kirleniciye göre o noktadaki HKİ belirlenmektedir.

$$I_{high} - I_{low} = \frac{C_p - BP_{low}}{BP_{high} - BP_{low}} + I_{low}$$

Denklemden kullanılan:

$I$  = indeks değeri,

$C_p$  = kirlenici konsantrasyonu,

$BP_{low}$  =  $C_p$ 'na eşit veya daha küçük kesme noktası,

$BP_{high}$  =  $C_p$ 'na eşit veya daha büyük kesme noktası,

$I_{low}$  =  $BP_{low}$ 'a karşılık gelen indeks kesme noktası,

$I_{high}$  =  $BP_{high}$ 'a karşılık gelen indeks kesme noktasıdır.

Ancak, bu indeks tüm kirlenicilerin insan sağlığına bir arada muhtemel zararlı etkilerini hesaplamamaktadır. Bu amaçla bazı ülkelerde PM2.5, O3 ve NO2 kirlenici parametrenin birlikte değerlendirildiği hava kalitesi indeksi kullanılmaktadır.

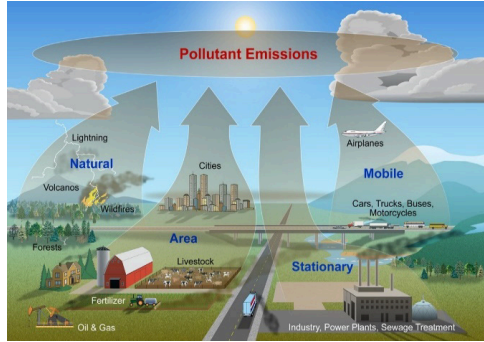
Genel amacı yaşam ortamlarında solunan hava kalitesi düzeyinin insan sağlığına olumsuz etkileri olup olmayacağı konusunda kamuoyunu bilgilendirerek karar destek sistemlerinin bu kapsamda etkin kontrol tedbirleri alınmasını sağlamak olan ve ülkemizde kullanılan Hava Kalitesi İndeks gösterge değerleri, renk skalası ve kirlenici parametrelerin zaman dilimlerine göre konsantrasyon değerleri Şekil-10'de verilmektedir.

İndeks	HKİ	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		1 saatlik ort	1 saatlik ort	8 saatlik ort	8 saatlik ort	24 saatlik ort
İYİ	0-50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
ORTA	51-100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	52-100
HASSAS	101-150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
SAGLIKSIZ	151-200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
KÖTÜ	201-300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
TEHLİKELİ	301-500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Şekil 10: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesişme Noktaları

### 1.3. Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğine neden olan kaynakları; yanardağ volkan faaliyetleri, orman yangınları ile bitki örtüsü ve doğanın tahrip edilmesi gibi doğal kaynaklar ile insan faaliyetleri sonucu oluşan yapay emisyon kaynakları oluşturmaktadır. Yapay kaynaklar alansal (ısınma), noktasal (sanayi) ve çizgi (ulaşım) kaynak olarak



Şekil 11: Atmosfer Katmanları

#### 1.3.1. Doğal Kaynaklar

Doğanın kendisinde bulunan hava kirliliği kaynakları; volkanlar, tozlar, orman yangınları, okyanus spreleri ve buharlaşmadır. Bu kaynakları genel hatları ile inceleyecek olursak.

**Yanardağ/volkan faaliyetleri:** Volkanik faaliyetler esnasında meydana ge-

len gaz ve partiküller atmosferde kirliliğe neden olur. Volkanlar, atmosfere önemli miktarda kükürt dioksit ve partiküler madde yaydıkları için radyasyon dengesini olumsuz yönde etkiler. Volkanlar, doğal hava kirliliği kaynakları içinde ön planda yer alır. (3)

**Tozlar:** En büyük partikül kaynaklarından biri olan kalın kum tabakaları rüzgarlarla taşınarak uzun mesafelere yer değiştirebilir; bu değişim esnasında atmosferde hava kirliliğine neden olur. Kuru hava esnasında tozların rüzgârla savrulması da toprak erozyonuna neden olur.

**Orman yangınları:** Sağlıklı bir orman ekosistemi, biyolojik çeşitliliğin ana kaynağıdır. Bu nedenden dolayı ormanlar, korunması gereken çevresel değerlerin başında gelir. Orman yangınları ile atmosfere önemli miktarlarda duman ve zehirli gazlar karışır. Orman yangınları;

- Bitkilerin ve hayvanların yok olmasına,
- Erozyona,
- Su kaynaklarının bozulmasına,
- Hava kirliliğine,
- Çölleşmeye,
- Sel, heyelan ve çığ gibi felaketlere neden olur.

**Okyanus spreyleri:** Okyanuslar ve denizler üzerinde tuz spreyleri şeklindeki sodyum klorür buharlaşma ve rüzgârlarla atmosfere yayılırlar.

**Buharlaşma:** Eser gazların önemli bir kısmı okyanus ve denizlerden buharlaşma yolu ile atmosfere yayılır.

### ■ 1.3.2. Yapay Kaynaklar

İnsanların faaliyetleri sonucu oluşan ve bölgenin endüstriyel gelişimi, nüfusu, şehirleşme durumu gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösteren yapay hava kirliliği 3 grupta incelenir.

**Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği:** Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği özellikle kış döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Ülkemizde kullanılan yakıtların yaklaşık olarak %41'i ısınma alanında kullanılmaktadır. (3) Kış aylarında gözlenen bu sorunun temel nedenlerini; ısınmada kalitesiz yakıtların (kükürt, kül ve nem oranı yüksek kalori değeri düşük kömürler) iyileştirilme işlemine tabi tutulmadan kullanılması, yakıtların tekniğine uygun yakma sistemlerinde kullanılmaması, yanlış yakma tekniklerinin



uygulanması, kullanılan kazanların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması ve çekişi ve tasarımı uygun olmayan baca sistemlerinin kullanılması olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra hızlı nüfus artışı ve kentlerde nüfus yoğunlaşması, topoğrafik ve meteorolojik şartlara göre şehirlerin yanlış yerleşmesi ve dolayısıyla çarpık kentleşmede yukarıda sıralanan sorunlardan dolayı oluşan hava kirliliği boyutunun daha fazla hissedilmesine neden olmaktadır. Kış aylarında ısınma amacıyla soba ve kaloriferlerde genellikle odun, kömür, fuel-oil ve doğal gaz gibi yakıtlardan dolayı oluşan temel kirlenici parametreler yakıt türüne göre değişim göstermekle birlikte katı yakıtlarda ağırlıklı olarak; karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), azotdioksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül maddeler (is, kurum ve toz) dir.

**Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği:** Günlük ihtiyaçlarımızın karşılanması, Ülke kalkınması, yeni iş sahalarının açılarak işsizliğin önlenmesine hizmet amacıyla kurulan fabrikalardan kaynaklanan hava kirliliği 2 aşamalı olarak değerlendirilmektedir. Bunlar; tesislerin enerji ihtiyacı için kullanılan yakıt ve tesis proseslerini içermektedir. Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin temelinde; yanlış yer seçimi, yakma kazanının daha az emisyonlara neden olan teknolojiyi içermemesi, temiz enerji kaynaklarının kullanılmaması, baca gazı artıma tekniklerinin kullanılmaması veya verimlerinin düşük olması, proses üniteleri için en uygun teknolojilerin tercih edilmemesi, geri dönüşümü mümkün olmayan hammaddelerin kullanılması, çevre izinlerinin tamamlanmaması vb. gibi faktörler yer almaktadır.

**Trafikten Kaynaklanan Hava Kirliliği:** Günlük yaşantımızın bir parçası olan her gün değişik şekilde yararlandığımız motorlu araçlar büyük kentlerin ana cadde ve kavşaklarında, karayolları çevrelerinde önemli boyutta hava kirliliği sorununun oluşmasına neden olmaktadır Bir insanın günlük ihtiyacı olan 15 m<sup>3</sup> temiz havayı bir tek taşıtın sadece 10 dakikalık bir süre içerisinde tehlikeli hale dönüştürmesi, kentlerdeki yüz binlerce taşıtın neden olduğu hava kirliliğinin boyutu hakkında bizlere yeterli bir fikir verebilmektedir. (3) Şehir trafiğindeki araçların; teknik bakımlarının yeterince yapılmaması, bilinçsiz kullanımı, insanların bulunduğu alanlarda trafikte dur kalk sıklığı ve süresi, eski araç kullanımı, trafik sıklığı ve yol yapısı gibi etkenler egzoz emisyonları kaynaklı hava kirliliğinin daha büyük boyutlarda yaşanmasına neden olmaktadır. Taşıt kaynaklı hava kirliliğinde kirlenici konsantrasyonu ve türü motor cinsine göre değişmektedir. Taşıtlarda benzinli ve dizel motor olmak üzere iki tür motor kullanılmaktadır. Benzinli motorla çalışan bir taşıtın başlıca kirlenici kaynakları; egzoz borusu, benzin deposu, kartel havalandırma,

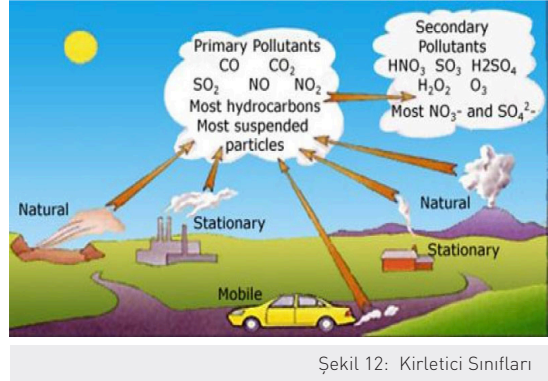
karbüratör, fren balataları ve lastiklerdir. Dizel motorlu taşıtlarda ise başlıca kirlenici kaynakları egzoz borusu, fren balataları ve lastiklerdir. Egzozdan üç tür duman çıkmaktadır. Bunlardan uygun yakma tekniğinin olmadığını gösteren siyah duman, tam yanmamış yakıt taneciklerinden oluşmaktadır. Uygun yanma koşullarının olduğunu gösteren Gri-Beyaz duman, tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu dumandır. Motorun bakım ihtiyacı olduğunu gösteren Mavi duman, yanmamış yakıt ve yağ karışımından oluşmaktadır. Taşıtlardan kaynaklanan kirleniciler, genel ve özel kirleniciler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Egzoz gazları içinde bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), su buharı (H<sub>2</sub>O), hidrojen (H<sub>2</sub>) ve azot (N<sub>2</sub>) gazları kirlenici olarak kabul edilmemektedir. Egzoz gazı içerisindeki karbonmonoksit (CO), partikül madde (is, toz, tanecik v.s.) ve hidrokarbonlar genel kirleniciler olarak kabul edilmektedir. Benzinli taşıtlarda ise kurşun (Pb) bileşikleri önemli bir kirlenicidir. (3)

#### 1.4. Kirlenici Parametreler

Hava kirlenici parametreler kaynaklarına göre birincil ve ikincil kirleniciler olarak adlandırılırlar. (Şekil 12)

##### Birincil (Primer) Kirleniciler:

Bir kaynağı olan kirlenicilerdir. Bu sınıftaki kirleniciler insan faaliyetlerinden (antropojenik) ve doğal faaliyetlerden (natural) oluşan ve atmosfere verilen kirleniciler olarak ikiye ayrılırlar. Antropojenik kaynaklı kirlenicilere karbonmonoksit(CO), kükürtdioksit(SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), hidroklorik



asit(HCl), halojenli organikler (solventler), petrol kökenli organikler, partiküller örnek olarak verilebilir. Bunlar endüstriden, taşıt araçlarından, yakıt yakılmasından, ısıtma faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Doğal kaynaklardan oluşan kirleniciler ise jeolojik kaynaklardan sülfürlü gazlar (SO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S), metan (CH<sub>4</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), minerallerin tozları, volkan ve deniz spreylere klorür (Cl<sup>-</sup>) ve sodyum(Na<sup>+</sup>) iyonları, biyolojik (fotosentez yapan organizmalar, atıkların ayrıştırılması, bitki ve hayvanların metabolik faaliyetleri) kaynaklardan hidrojen-karbon esaslı gazlar (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>Cl, terpenler ) olarak verilebilir.

**İkincil (Sekonder) Kirleticiler:** Atmosferde mevcut birincil kirleticilerin kendi aralarında verdikleri reaksiyonlardan ve güneş radyasyonunun etkisi ile gerçekleşen reaksiyonlardan oluşan kirleticilerdir. Oksidantlar olarak adlandırılan ozon ve PAN (Peroksi Asetil Nitrat) ve  $\text{NO}_2$  en çok rastlanan gaz fazındaki ikincil kirleticilerdir. Yine birincil kirleticilerden  $\text{NO}$ 'un oksitlenmesi ile  $\text{NO}_2$  ve devamında nitrik asit ve nitrat iyonlarına benzer şekilde  $\text{SO}_2$  de  $\text{SO}_3$  oksitlenmekte ve nem eşliğinde sülfürik asit partiküllerine dönüşmektedirler. (4) Aerosoller içinde de reaksiyonlar devam eder ve  $\text{SO}_x$  ve  $\text{NO}_x$  gazlarından doğal oluşumlarla amonyum sülfat ve amonyum nitrat tuz partikülleri oluşur. Zira bu kirleticiler çok düşük konsantrasyon değerlerinde dahi insan sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu kirleticiler içerisinde en önemli grup kanser yapıcı, tetrajonik ve mutajenik etkilere sahip maddelerdir. Bu kirleticilerle, atmosferik özelliklerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonların en önemlileri ise fotokimyasal olaylardır ki, bunlardan özellikle floroklorokarbonlar, güneşten gelen zararlı UV (ultraviyole) ışınlarına karşı yeryüzüne koruyan ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır. Doğal veya insan yapısı sonucu atmosfere karışan kirleticiler, her iki halde de atmosfere yayıldıkları anda hızla kimyasal reaksiyonlar oluştururlar ve hava akımları ile karışır, dağılır, yayılır ve taşınırlar. Böylece kirleticiler, kaynaktan çıkıp, alıcılara ulaştığında karakterleri değişebilir.

Kirletici parametreler ve kaynaklarını incelediğimizde;

**Kükürt Oksitler:** Havadaki kükürt oksitler içerisinde en önemlisi kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ) gazıdır. Kükürt oksit kirleticilerinin oluşmasının en büyük nedeni, ısınma amaçlı ve sanayilerde kullanılan kömürlerdir. Kükürt oksit 0,3-1 ppm seviyelerde ağızda kötü bir tat bırakır, 3 ppm" in üstünde ise boğucu bir hisse neden olur.

**Azot Oksitler:** Azot oksitler havadaki en önemli kirletici gazlardandır. Yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan  $\text{NO}$  ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan  $\text{NO}_2$  gazlarının toplamından oluşur. Azot oksitleri daha çok enerji santrallerinden ve motorlu araçların egzoz borularından yayılır. Bir azot oksit olan nitrojen dioksit ( $\text{NO}_2$ ) solunması kalp, akciğer ve karaciğer rahatsızlıklarına ve solunum yolu hastalıklarına yol açar.

**Karbon Monoksit:** Karbon monoksit, ( $\text{CO}$ ) renksiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın bir gaz olup hem kaynak noktasında etrafa iyi dağılmaması hem de renksiz ve kokusuz olması sebebiyle varlığı fark edilmeyen bir kirleticidir. Fosil yakıtların kullanılması, egzoz gazları, orman yangınları ve kapalı mekânlardaki sigara dumanı gibi nedenlerle atmosfere büyük

oranda karbon monoksit (CO) gazı yayılır. Karbon oksitleri, baş dönmesi ve reflekslerde yavaşlamaya sebep olur. Havada yüksek oranda bulunmaları ölümlere neden olabilir.

**Hidrokarbonlar:** Motorlu taşıtlarda kullanılan petrolün, tüm olarak yanması etilen ( $C_2H_4$ ) ve benzen ( $C_6H_6$ ) gibi hidrokarbonların çevreye yayılmasına neden olur. Bu hidrokarbonlar, havadaki başka kimyasal maddelerle tepkimeye girdiğinde, gözlere ve solunum yollarına zarar verir. Benzen gibi bazı hidrokarbonların kanser yapıcı etkileri de vardır.

**Organik Maddeler:** Genel olarak kirlilik, havadaki katı parçacıklar ve kükürt dioksit miktarına göre belirlenir. Oysa atmosferde oluşan kimyasal olaylarda, organik maddeler büyük rol alır. Çünkü organik maddeler, atmosferde ister reaksiyona girsinler, ister girmesinler kimyasal reaksiyonların çekirdeğini oluştururlar. Hava kirliliği denildiğinde, kirleticiler ve bunların bulunduğu atmosfer ortamı aynı derecede rol oynar. Herhangi bir yerde hava kirliliği çalışması yapıldığında, ilk olarak o bölgenin meteorolojik koşulları ve havanın kimyasal yapısının incelenmesi gerekir.

**Partikül Maddeler:** Sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamında askıda durmasıyla oluşan toz veya partikül madde diye adlandırılan kirleticidir. Bu asılı maddelerin çok ince olup havada koloidal süspansiyon oluşturmalarına aerosol denmektedir. Doğal sis olayında asıl etken bu aerosollardır. Bunun gibi kirlenmeye bağlı yapay sis olaylarında da aerosollar etkili olur. Tozlar, katı maddelerdir ve doğrudan endüstri veya ısınma tesislerinin atık gazlarıyla havaya atılan kül, kömür, çimento tozları, kum, talaş ve toprak gibi maddeler bu sınıfa girer. Partikül maddeler kirleticilerin zararlı etkilerinin daha yoğun hissedilmesine neden olur.

**Ağır Metaller:** Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin incineratörlerde (atıkların kontrollü bir biçimde yakılarak imha edilmesinde kullanılan bir cihaz) yakılması sonucunda ortama yayılır. İnsan sağlığını büyük ölçüde olumsuz yönde etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; kurşun, kadmiyum, nikel, civa metalleri ve asbest önem taşır. Dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik (iki veya daha fazla kirleticili maddenin yaratmış olduğu kirliliğin tek başına olmasına nazaran birbirleri ile etkileşim halinde daha fazla ve daha zor ayrıştırılabilir kirlilik oluşturması durumudur.) etkilerinden dolayı insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir.





## ■ 1.5. Hava Kirliliğinin Etkileri

### ■ 1.5.1. Sağlık Üzerine Etkileri

Hava kirleticilerin sağlık üzerindeki etkileri iki farklı zaman boyutuna sahiptir. Birinci boyut "akut" etkilerdir ve kirleticinin insan vücuduna girmesinden sonra hedef organ üzerinde aniden ortaya çıkan etkilerdir. Hava kirliliğinin yaşandığı bölgelerde vücuda giriş yerleri gözler ve ağız ve burun yoluyla akciğerlerdir. Yanma hissi ve solunum problemleri ilk etkilerdir. "Kronik" etkiler ise maruz kalma süresinin fonksiyonudur ve uzun süreler maruz kalma sonucu ortaya çıkan etkilerdir. Toplum içinde bazı nüfus gruplarında hava kirleticilere duyarlılıklar da farklıdır.

Hava kirleticilerin sağlık üzerindeki etkileri iki farklı zaman boyutuna sahiptir. Birinci boyut "akut" etkilerdir ve kirleticinin insan vücuduna girmesinden sonra hedef organ üzerinde aniden ortaya çıkan etkilerdir. Hava kirliliğinin yaşandığı bölgelerde vücuda giriş yerleri gözler ve ağız ve burun yoluyla akciğerlerdir. Yanma hissi ve solunum problemleri ilk etkilerdir. İkincil boyut olan "Kronik" etkiler ise maruz kalma süresinin fonksiyonudur ve uzun süreler maruz kalma sonucu ortaya çıkan etkilerdir.

**Ozon:** kuvvetli bir oksitleyicidir ve solunum sistemini etkiler. En önemli etkisi akciğer dokusuna verdiği zarardır. Akut etkileri arasında öksürük, göğüs ağrıları göz yaşarması, baş ağrısı, akciğer fonksiyon kayıpları ve astım nöbetleridir. Akciğerlerde kirpikçikli hücreler etkilenirler. Bu hücreler akciğere ulaşan partiküllerin temizlenmesini sağlamaktadırlar İlave olarak akciğer olveollerinde hücre zarlarında zararlar oluşur. Bu zararlar akciğerlerde kan ile hava arasında oksijen ve karbondioksit değişiminin sağlandığı baloncuklardır. Yüksek konsantrasyonda ozona maruz kalınması halinde bağışıklık sistemi fonksiyonlarında kayıplar, yaşlanmanın hızlanması, enfeksiyon hastalıklarına direnç azalması gibi rahatsızlıklar görülür. Ozonu oksitleyici özelliğine bağlı olarak alveol hücrelerinde daimi kayıplar oluşur.

**Kükürt dioksit:** Kükürt dioksitin hedef organı akciğerlerdir ve akut sağlık etkileri vardır. Bu etkiler tahriş ve nefes yollarının daralması şeklinde görülür. Bu daralmalar yapışkan salgıların temizlenmesinde azalmalara neden olur. Normal koşullarda akciğer yolları açıktır ancak maruz kaldıktan sonra SO<sub>2</sub>'nin etkisi nedeniyle hava yolları daralır. Bu daralma diğer sağlık koşullarını da olumsuz etkiler. Sağlıklı insanlarda boğaz yanması, öksürme ve teneffüs güçlüğü yanında SO<sub>2</sub> 0,5 ppm değerine yaklaştığında hissedilir



koku rahatsızlığı şeklinde etkilere yol açmaktadır. Akut olarak maruz kalındıktan sonra güneş ışığına daha duyarlı hale gelinmektedir. Kronik etkiler arasında SO<sub>2</sub> bağışıklık sistemini baskılayarak bronşite yakalanma ihtimalini artırmaktadır. Bu durum anfizem olarak adlandırılan akciğer yetmezliğine neden olmaktadır. Ayrıca bağışıklık sisteminin baskılanması kanser riskini artırmaktadır.

**Partiküller madde:** Partiküller madde parametresi partikül çapına göre farklı adlarla adlandırılmaktadır. Atmosferik partiküler madde (APM) havadaki asılda belirli sürelerde kalabilen bütün çaplara sahip partikül grubunu temsil eder ve genel olarak 30 µm den küçük çaplara karşılık gelir. PM<sub>10</sub>, ortalama çapın 10 µm'den küçük olan partikülleri ve PM<sub>2,5</sub> ise ortalama çapın 2,5 'den küçük olan partikülleri içine alır. Solunum sistemi ağız ve burundan başlayarak akciğerlerin en uç noktasına kadar partiküllerin etkisine çaplarına bağılı olarak farklı bölgelerde farklı şekillerde etkilenir. Çapı 30 µm'den büyük partiküller burun içinde 1-1,5 cm mesafede tutulurlar. Çapı 10 µm'den büyük partiküller burun sinüsler ve nefes borusunda etkili bir şekilde tutulurlar. 10 µm'den küçük olanlar broşlara ve akciğerin alt kısımlarına geçebilirler. 0,5 µm'den küçük olan partiküller çökelme hızının düşük olması nedeniyle toplam çökelmenin en az olduğu çapa karşılık gelmektedir. 0,1-1,0 m aralığı en az tutulan partikül çaplarına tekabül etmekte ve verilen nefesle tekrar dışarıya atılmaktadır. Partiküller çaplarına ve akciğerlerde neden olacakları etkiye bağılı olarak ağız ve burundan geçebilecek partiküller (Inhalable), genizden sonra akciğere geçebilen partiküller (Thoracic), kirpiksi hücrelerin olduğu alt solunum sistemi kısmına geçebilen (respirable) ve yüksek riskli partiküller (high risk respirable) olmak üzere dört kategoriye ayrılırlar. Bu grupta etkili olan partikül çapları thoracic için 10, respirable için 4 ve high risk respirable için 2,5 µm olarak verilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda PM'e maruz kalınması (akut etki) ölüm oranlarını, astım ve bronşit ve akciğer enfeksiyonlarına yakalanma oranlarını artırmaktadır. Bu partiküller solunum yollarını tahriş etmekte, daralmasına ve hava geçişinin azalmasına neden olmakta, akciğer yüzeyinin salgı ile kaplanmasını engellemektedir. İnce partiküllerin kronik etkiler arasında akciğer kapasitesinde kayıplar, akciğer harabiyeti, yara oluşumuna bağılı olarak partiküllerin alveollerden uzaklaştırma mekanizmasının çalışmaması belirtilmelidir. İnce partiküller ağır metaller gibi bazı toksik kirleticilerin de taşıyıcısı olduğundan akciğerlerde alveollerde kana geçerek vücudun hassa organlarına taşınarak zarar verirler. Partiküllerin atmosferdeki en önemli göstergesi görüş mesafesinin

azalmasıdır ve diğer pek çok olumsuz etkisi yanında psikolojik olarak da etkilenmeye neden olur.

**Azot dioksit:** Ozon sentezine yol açması yanında insan sağlığı üzerinde de etkilere sahiptir. Akut etkisi doğrudan ve dolaylı yollarla gerçekleşir. Doğrudan etkisi akciğer hücre zarlarına ve hava yolları üzerinde gerçekleşmektedir. Astım nöbetlerini tetikler. Dolaylı olarak da ödem oluşumuna ve hücreler arası boşluğun sıvı ile dolmasına ve yerel olarak enfeksiyonların oluşumuna yol açmaktadır. Kronik etkiler arasında nekrozis (doku harabiyeti) ve hücre ölümlerine neden olmaktadır. Ayrıca NO<sub>2</sub>'nin alveollerde hücre duvarı incelmesine ve gaz transferinde yetersizliklere neden olduğuna dair deliller mevcuttur. Farelerde NO<sub>2</sub>'ye maruz kaldıktan sonra kanser hücresi verildiğinde NO<sub>2</sub>'ye maruz kalmayan farelere göre yüksek oranda akciğer kanser nodülleri geliştiği rapor edilmiştir.

**Karbon monoksit:** CO kandaki hemoglobine bağlanarak zarar vermektedir. Hemoglobin oksijen taşıyan bir protein olup hayat için önemlidir. CO ile bağlanınca kanın oksijen taşıma kapasitesi etkilenmektedir. Yüksek oranda CO oksijensiz kalmaya neden olmakta güç ve refleks kaybı, yorulma, baş ağrısı gibi beyinin oksijensiz kalmasına ait belirtiler oluşmaktadır. Buna akciğer ve kalbin de olumsuzlukları eklendiğinde ölümcül etkiler ortaya çıkmaktadır. Merkezi sinir sistemi ve beyin fonksiyonları etkilenmektedir.

**Kurşun:** Kurşun toksik bir metaldir. Diğer kirleticilerden farklı etkilere sahiptir. Pb sistemik bir toksik madde olup vücutta birçok hayati organı hedef alır. Merkezi sinir sistemine zarar verir. Beyin fonksiyonları etkilenir. Kasların kontrolü ve öğrenme kayıplarına yol açar. Kırmızı kan hücrelerinin çoğalmasını sağlayan enzimleri etkiler ve kansızlığa neden olur. Çocuklarda gelişme geriliğine ve insanlarda böbrek yetersizliğine kalp ve karaciğer harabiyetine neden olur. Üreme fonksiyonların azaltır.



### ■ 1.5.2. Bitki ve Hayvanlar üzerindeki Etkiler

**Kükürtdioksit:** Bitkilerde beyaz lekeler, damarlar arasında beyazlaşma, klorozis (klorofil kaybına bağlı sararma) görülür.

**Ozon:** Bitkilerde; leke, küçük bereler, beyazımsı noktalar, pigmentasyon, yaprakların alt kısmında parlaklık artışı, gümüşü, broz rengine dönüşme, genç yapraklar da çok hassasiyet, spongy hücreler, iğne yapraklı bitkilerde ise kahverengi renge dönüş ve tahrip oluşmasına neden olur.

**Azot dioksit:** Bitki damarları arasındaki dokularda ve yaprak kenarlarında düzensiz, beyaz veya kahverengi içine çökmüş yaraların oluşmasına neden olur.

**Hidrojen florür:** Bitkilerin uç ve kenar yangıları, yaprak kopması, nekroze olmuş kısımlarla yeşil kısımlar arasında dar kırmızı bantların oluşumuna neden olmaktadır.

**Hidrojen klorür:** Bitkilerde asit tipi nekrotik yaralar, çam yapraklarının uç kısım yangısı, geniş yapraklarda kenar nekrozları etkisi gösterir.

**Hidrojen sülfür:** Bitkilerin esas kısımlarında ve kenarlarda kavrulmaya neden olur.

**Sülfürik asit:** Yaprak üst yüzeyinde nekrotik lekeler oluşur, bitkilerin bütün yaprakları etkilenir.

### ■ 1.5.3. Hayvanlar Üzerindeki Etkiler

Evcil hayvanlar(kedi, köpek, inekler vb) insanlar gibi hava kirlenmesinden etkilenmektedir. Hava kirliliğine maruz kalan hayvanlarda yapılan otopside akciğer ödemleri görülmüştür. Nefes yollarından çok toksik kirleticilerle bulaşmış gıda maddeleri yoluyla giriş belirleyicidir. Bu durum besi hayvancılığında hava kirlenmesine maruz kalmış bitki kısımlarının yenmesi ile vücutta birikmekte ve hayvansal ürünlere geçmektedir. (3) Pestisit, herbisit ve fungusitlerin önemi artmaktadır. Florür, kurşun, ağır metaller ve partiküler maddeler evcil hayvanlarda etkili olmaktadır. Florürler, bu kirletickiye maruz kalmış bitkisel yemleri tüketen, inek, koyun at, domuz ve kümes hayvanlarında florozis hastalığına neden olmaktadır. Kurşunla kirlenmiş otların yedirilmesi durumunda da kurşun maruziyetine bağlı olarak rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Arsenik, selenyum ve molibden gibi ağır metaller de kümes hayvanlarında birikime neden olmaktadır.

### 1.5.4. Malzeme Üzerindeki Etkiler

Metaller üzerinde korozyon etkisi belirleyicidir. Etki nem, sıcaklık ve kirlenme konsantrasyonuna bağlıdır. Demir cinsi malzemelerde %90 oranında korozyon etkilidir. Sülfürik asitin en büyük etkisi korozyondur. Çinko, bakır, nikel ve bronz metalleri de  $SO_x$ ,  $H_2S$  ve diğer asidik hazzardan etkilenirler. Korozyon elektrikli ve elektronik metallerde çok daha etkilidir. Bina malzemeleri yüzeyine yapışan partiküllerden dolayı kirlenme ve boyanma ortaya çıkmaktadır. Mermer, kireçtaşı ve dolomit malzemeler asidik gazlar dolayısı ile kimyasal olarak aşınmaktadır. Tarihi ve arkeolojik yapılarda geri döndürülemez zararlar oluşmaktadır. Kimyasal olarak aşındırmadan nem eşliğinde  $SO_2$  ve  $CO_2$  kirlenmelerinin oluşturduğu sülfürik asit ve karbonik asit sorumludur. Bu asitler malzemelerle suda çözünebilir ürünler verirler ve bu ürünler yağmur suyu ile yıkanarak uzaklaştırılırlar. (3) Binaların dış cephesinin boyaarı  $H_2S$ ,  $SO_x$ ,  $NH_3$ ,  $O_3$  ve PM gibi kirlenmeler nedeniyle solmakta, parlaklığını yitirmekte, yapışma ve mukavemet özelliklerini kaybetmektedir. Dokunmuş tekstil ürünleri, deri ürünler ve kağıt malzemeler üzerinde de hava kirliliğinin etkisi söz konusudur. En önemli etkiler kirlenme ve liflerin zayıflamasıdır. PM ve asidik hava kirlenmeler sorumludur.  $SO_2$ ,  $O_3$ , PM ve  $NO_x$  kirlenmeleri dokularla reaksiyona girerek renk solmasına neden olurlar.  $SO_x$  kağıtların ve deri malzemelerin görünüşünü ve kompozisyonunu etkiler. Nem ile  $SO_x$  sülfürik asiti oluşturur ve bu malzemeleri kırılabilir ve parçalanabilir hale getirir. Kauçuk özellikle ozonun etkisi ile kırılabilir. Otomobil lastikleri en çok etkilenen kauçuk malzemedir.

### 1.5.5. Global Etkiler

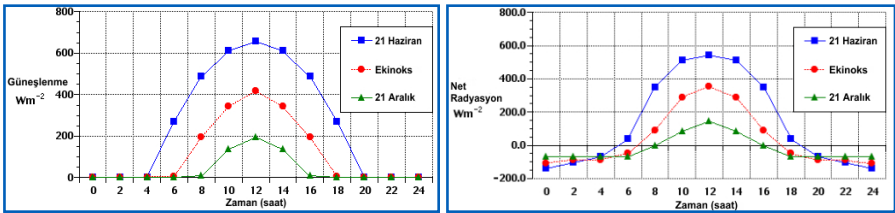
Hava kirlenmeler atmosferde zaman zaman pus (haze) ve sis oluşumuna neden olarak görüş mesafesinin azalmasına yol açarlar. Diğer taraftan stratosferik ozon deliği, asit birikimi, iklim değişikliği gibi büyük ölçekli etkileri de vardır.

## 1.6. Hava Kirliliğine Etki Eden Faktörler

Hava kirliliğine etki eden faktörlerin başında; atmosferde meydana gelen hava olaylarının oluşumunu, gelişimini ve değişimini nedenleri ile inceleyen ve bu hava olaylarının canlılar ve dünya açısından doğuracağı sonuçları araştıran meteoroloji bilim dalı gelir.

### 1.6.1. Sıcaklık

Yeryüzünün kutuptan kutuba farklı ısınması birçok sonuca neden olur. Burada temel ilke güneşin açısının enlemlere ve mevsimlere göre değişimidir. Dünya güneş etrafındaki dönüşünü 365 günde, kendi eksenini etrafındaki dönüşü ise 24 saatte tamamlar. Dünya 23 derecelik eğik bir eksen üzerinde dönmektedir. Eğer bu eğim olmasaydı mevsimlerde olmayacaktı ve kutuplar dışında birçok alanda yıl boyu 12 saat günışığı olacaktı. Dünyanın kutup eksenini üzerinde 23 derecelik bir açıyla 24 saatte dönmesinden dolayı güneşten gelen ışınların miktarı hem güneşlenme süresi hem de net radyasyon olarak farklılıklar göstermektedir. (Şekil 13)

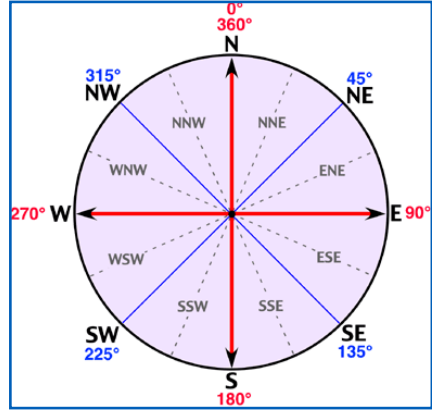


Şekil 13 Zaman Dilimine Göre Güneşten Gelen Isınma Miktarı Değişim Grafiği

Dünyanın güneş etrafında dönmesinden dolayı mevsimler meydana gelmektedir. 20-21 mart ilkbahar noktası gün eşitliğini 22-23 eylül ise sonbahar noktası gün eşitliğini göstermektedir. 21-22 haziran ve 21-22 aralık ise yaz ve kış gündönümünü göstermektedir. Eğer dünya homojen bir yapıya sahip olsaydı yani karalar ve denizler olmasaydı, kutuba yakın alanlar soğuk, ekvatora yakın alanlar sıcak olurdu. Ancak yeryüzü karalar ve denizlerden oluşan karmaşık bir yapıya sahiptir. Karaların denizlerin farklı ısınıp soğuması enlem ve yükselti faktörleri yeryüzünün her noktasının farklı ısınmasına neden olmaktadır. (5)

## 1.6.2. Rüzgâr

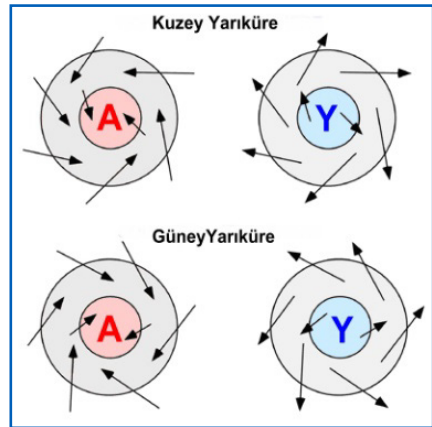
Rüzgâr en basit anlatımla yatay hava hareketi olup yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan hava akımıdır. Rüzgâr hızı anemometre ile ölçülür, ancak artık meteorolojik ölçümlerin çoğu sensörler yoluyla otomatik meteoroloji istasyonları tarafından yapılmaktadır. Rüzgâr, doğu, batı, kuzey (yıldız) ve güney (kıble) olmak üzere dört ana, kuzeydoğu (poyraz), kuzeybatı (karayel), güneydoğu (keşişleme) ve güneybatı (lodos) ara yönleri ile tanımlanmaktadır (Şekil 14). Meteorolojik ölçümlerde ise daha da hassas ara yönler kullanılmaktadır.



Şekil 14: Meteorolojik Rüzgar Yönü ve Açıları

Rüzgâr yüksek basınçtan alçak basınca doğru akar. Basıncın etrafına göre yüksek olduğu merkezler, yer seviyesinde yüksek basınç merkezini gösterir. Yüksek basınç merkezi kuzey yarıkürede saat istikametinde bir dönüş yapar. Alçak basınç merkezi ise kuzey yarıkürede saat istikametinin tersine bir dönüş yapar (Şekil 15). Güney yarıkürede ise dönüşler kuzey yarıkürenin tersinedir. Eş basınç (izobar) değerleri birleştirilerek, yeryüzüne ait en önemli bilgileri veren yer haritaları elde edilir. Bu haritalar tüm dünyayı gösterdiği gibi yalnız ülkelere ve bölgelere ait hazırlanabilir. Bu haritalar üzerinde alçak ve yüksek basınç alanları soğuk ve sıcak cephele yağışlı ve sisli bölgeler gibi birçok ayrıntılar yanında bu haritanın daha sonra nasıl olacağına dair ipuçları vardır.

Karaların ve denizlerin farklı ısınıp farklı soğumasından kıyı meltemleri oluşur. Karalar denizlere göre daha çabuk ısındığından, ısınan hava yükselir ve yerinde alçak basınç merkezi



Şekil 15: Basınç Merkezleri Dönüş Yönü

oluşur, deniz üzeri henüz ısınma olmadığı için buradaki basınç karaya göre daha fazladır yani yüksek basınçtır. Gündüzleri denizden karaya, geceleri ise karadan denizlere doğru olan kıyı rüzgârları dünyanın değişik noktalarında değişik isimlerle adlandırılır. Ayrıca soğuk havanın hafif olup yükselme, sıcak havanın ağır olup çökme özelliklerine göre dağ, yamaç ve vadilerde de gece gündüz sıcaklık farkından dolayı rüzgar akışları vardır. Aslında kartalları ve planörleri enerji kullanmadan yüksek sevilere çıkaran sıcak havanın yükselmesidir. Kıyı meltemleri sakin havalarda görülür, bunlardan daha kuvvetli alçak ya da yüksek basınç etkisi görülen alanlarda basınç merkezlerinin akışı hâkimdir. Musonlarda çok büyük ölçekli kıyı meltemidir, yazın okyanustan yağışlı hava, kışın Himalayalardan soğuk ve kuru hava kıyıları etkiler. Hava yerden yukarı doğru yükselirken genişler ve soğur. Hava içindeki nem, bulut oluşturmak üzere yoğunlaşır. Bu şartlar altında troposferde hava kirliliği ile ilgili sorun oluşmaz ve kirlenici parametrelerde çökme meydana gelmez. Kararsız (anstabıl) ve nötr şartlarda, yere yakın hava, üstteki havadan daha hızlı olarak ısınır. Isınan hava soğuk tabakaya doğru yükselir. Sıcaklığın yerden yükseklikle azalması, havayı karıştırarak bacalardan ve egzozlardan atılan kirlenicilerin dağılmasına ve seyrelmesine yardımcı olur. Bir kısım hava, çevre havasından daha sıcaksa bu hava atmosferde kendi sıcaklığına, yoğunluğuna ve basıncına ulaşınca kadar yükselir. Böylece kararsız ve nötr şartlarda bacadan ve egzozdan atılan gazların atmosferde yükselmesi ve dağılması hızlı bir şekilde gerçekleşir. (5)

### ■ 1.6.3. Basınç

Atmosfer basıncı, atmosferdeki gazların yeryüzüne uyguladığı kuvettir. 45° enleminde 15°C sıcaklıkta deniz seviyesinde ölçülen atmosfer basıncı 1013 mbar ya da 760 mm ile ifade edilir. Bu değere normal atmosfer basıncı denir. 1013 mbar'dan daha düşük basınç değerlerine alçak basınç, 1013 mbar'dan daha fazla basınç değerlerine yüksek basınç denir. Basıncın yeryüzündeki dağılışı aynı değildir. Yerçekimi, sıcaklık, yükselti ve Dünya'nın günlük hareketi basınç türlerinin oluşumunda etkilidir.

**Alçak Basınçlar:** Çevresine göre basınç değerlerinin düşük olduğu merkezlerdir. Havanın hareketi çevreden merkeze doğrudur. Kuzey yarım kürede saatin ters yönünde iken güney yarım kürede saat yönündedir. Alçak basınç alanlarında yükselici hava hareketleri etkilidir. Yükselen hava giderek soğur ve yoğunlaşır. Bu nedenle gökyüzünde bulut, yağmur gibi birçok yoğunlaşma

ürünü görülür. Alçak basınçlar sıcaklığa ya da Günlük harekete bağlı oluşabilmektedir. Ekvator'da yer alan alçak basıncın oluşumu sıcaklık kökenlidir. 60° enleminde yer alan alçak basıncın oluşma nedeni ise kutup ve tropikal hava kütlelerinin karşılaşma alanı olmasından kaynaklıdır. Yaz mevsiminde karalar, kış mevsiminde ise denizler sıcaktır ve buna bağlı olarak buralar alçak basınç özelliği göstermektedir.

**Yüksek Basınçlar:** Çevresine göre basınç değerlerinin yüksek olduğu merkezlerdir. Havanın hareketi merkezden çevreye doğrudur. Güney yarım kürede saatin ters yönünde iken kuzey yarım kürede saat yönündedir. Yüksek basınç alanlarında hava açık, güneşli ve bulutsuzdur. Yüksek basınçlar da sıcaklık ve günlük harekete bağlı oluşabilmektedir. 30° enlemindeki çöller ile kutuplar üzerinde yer alan yüksek basınçların oluşum nedenleri farklıdır. Kutuplardaki yüksek basınç termik kökenli olup burada sıcaklığın düşük olmasından kaynaklıdır. 30° enlemlerinde yer alan basınçlar ise Dünya'nın günlük hareketi ve rüzgarların sapmaya uğraması kaynaklıdır. Yaz mevsiminde denizler karalara göre daha ılıktır, kış mevsiminde ise karalar denizlere göre daha soğuktur. Bu nedenle yazın denizler kışın karalar üzerinde yüksek basınç oluşur. Basıncı etkileyen faktörler;

**Yükseklik:** Yükseklik arttıkça basınç azalır. Yükseldikçe hava moleküllerinin seyrekleşmesi birim alana uygulanan basıncında azalması anlamına gelmektedir.

**Sıcaklık:** Sıcaklık arttıkça basınç azalır. Sıcaklığın artması havanın seyrekleşerek yükselmesine neden olur böylece yüzeydeki basınç azalır. Kutuplarda ve soğuk bölgelerde (karalarda kış mevsiminde) soğuyan hava ağırlaşarak yere yığılır bu da basıncın artmasına neden olur.

**Yerçekimi:** Yerçekimi arttıkça basınç artar. Yerçekiminin en fazla olduğu kutuplarda basınç fazla, ekvatorsa ise azdır. Bu şekilde olmasının tek nedeni yerçekimi değildir. Yukarıda da söylendiği gibi bunda sıcaklığında etkisi oldukça fazladır.

**Dinamik Etkenler:** Hava kütlelerinin alçalarak yığılması ya da yükselerek seyrekleşmesi sonucunda oluşur. Alçalarak yığılması yığılma bölgesinde ağırlığın artmasına yani basıncın artmasına neden olurken, yükselerek seyrekleşmesi ağırlığın azalmasına yani basıncın azalmasına neden olur.

Atmosferin yukarı seviyelerini anlamak için dünya üzerinde 1000 den fazla istasyonda 12 saatte bir (bazı özel istasyonlarda saatlik, üçer ve altışar saatlik) balonla ölçüm yapılmaktadır. Yaklaşık 40 km ye kadar ulaşan derinlikte olan

sıcaklık, nem, yükseklik ve rüzgar bilgileri elde edilmektedir. Elde edilen bilgiler yoluyla atmosferin standart seviyelerine (1000, 850, 700, 500, 300, 250, 200, 100 hPa) ait haritalar elde edilmektedir. Bu haritalardan en önemlisi 500 hpa haritasıdır, yaklaşık yerden 5500 metre yukarıdaki sıcaklık, nem rüzgâr dağılımı ile bu seviyedeki havanın kalınlığını (yüksekliği) göstermektedir. Bu haritaların çiziminde eş yükseltileri birleştiren kontur ve eş sıcaklıkları birleştiren izotermeler kullanılmaktadır (Şekil-41). Haritalar üzerindeki sıcaklık değerleri mevsime göre, atmosferin yukarı seviyelerindeki sıcak yada soğuk havayı belirlemektedir. Ayrıca konturların bükülüşü ve rüzgâr yön ve şiddeti de hava tahmincileri için önemli ipuçları sağlamaktadır. Alçak ya da yüksek merkezlerin hareketi birçok faktöre bağlı olarak değişir. Bunlardan en önemlileri; basınç gradyan kuvveti, merkezkaç kuvveti ve koriolis kuvvetidir. (5)

#### ■ 1.6.4. Nem

1 m<sup>3</sup> havanın içindeki su buharının gram olarak ağırlığına mutlak nem denir. Mutlak nem, sıcaklığa bağlı olarak, Ekvator'dan kutuplara doğru, denizlerden karalara doğru ve yükseklere çıkıldıkça azalır. 1 m<sup>3</sup> havanın belli bir sıcaklıkta taşıyabileceği nemin gram olarak ağırlığıdır. Hava kütleleri ısındıkça genişip hacimleri artar. Bu nedenle nem alma ve taşıma kapasiteleri de artar. Eğer hava taşıyabileceği kadar nem alırsa doyma noktasına ulaşır ve doymuş hava adını alır. Hava kütlesi kendisinden daha soğuk bir hava ile karşılaştığında ya da soğuk bir zemin üzerinden geçtiğinde sıcaklığı düşer. Böylece nem miktarı değişmeden sıcaklığı düşen hava kütlelerinin bağıl nemi artar. (5)

#### ■ 1.6.5. Enverziyon

Dikey olarak yükselen havanın sıcaklığı her 100 metrede 0,65 derece azalır (normal lapse-rate).Eğer sıcaklık yükseklikle azalmıyor artıyorsa bu duruma (negatif lapse rate) enverziyon denir. Enverziyon genellikle kış mevsiminde, büyük şehirlerde çok belirgin olarak görülür ve hava kirliliğine neden olur. Özellikle kış mevsiminde, yüksek basıncın hakim olduğu sakin gecelerde yeryüzü radyasyon kaybı nedeniyle havadan daha çabuk soğur ve yere yakın seviyelerde soğuk, yerin biraz üstünde ise sıcak hava bulunur. Bu durumda yerdeki soğuk hava hapsolür ve yükselmez, ne zaman yer sıcaklığı ısınarak

yukarı seviyelerden yüksek hale gelir o zaman oluşan radyasyon sisi ve enverziyon ortadan kalkar. (5)

### ■ 1.6.6. Karışım Yüksekliği

Karışım tabakasının yüksekliği veya karışım yüksekliği (MLH), atmosferin yer kabuğuna en yakın seviyesinde olan troposferin yapısını tanımlayan temel bir parametredir ve yer seviyesinden atmosfere yayılan kirlenici maddelerin dağılımının gerçekleştiği atmosferik ortamdır. Bu parametre yerel kaynaklardan yayılan kirlenicilerin atmosfer içerisinde ne oranda yükselebileceği ve yayılabileceğinin en belirgin göstergesidir. Bunun yanı sıra hava kirliliği tahmin modelleri ve iklim analizlerinde kullanılan önemli bir parametredir. Birkaç değişkene bağlı bir parametre olup genelde doğrudan ölçülemez. Yüksek basınç şartlarının olduğu bir alada hava, devamlı çökme eğilimi gösterir. Bu nedenle kirlenmiş hava, yükselme ve dağılma şansı bulunmaz. Alçak basınç (Siklon)'larda ise, hava hareketi yükselici özellik gösterir. Türbülans ve konvektif harekete sahiptir. Kirlenmiş havayı Atmosferin üst katlarına taşıyarak, yükseklerdeki rüzgarlarla dağılmasına neden olur. Rüzgarın varlığı, kirlenmiş havanın taşınması ve bir yerlere sürüklenmesi demektir. Rüzgarın sakin veya hafif olması ise, kirlenmiş havanın olduğu yerde kalması demektir. Bu nedenle, rüzgara kapalı alanlar, kirlenmişliğin en yoğun olduğu alanlar olarak karşımıza çıkarlar. (5)





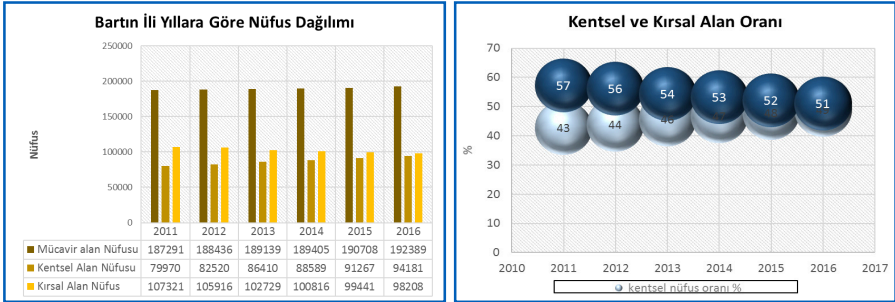




## 2. BARTIN İLİNDE HAVA KİRLİLİK KAYNAKLARININ MEVCUT DURUMU

### 2.1. Isınma kaynağı

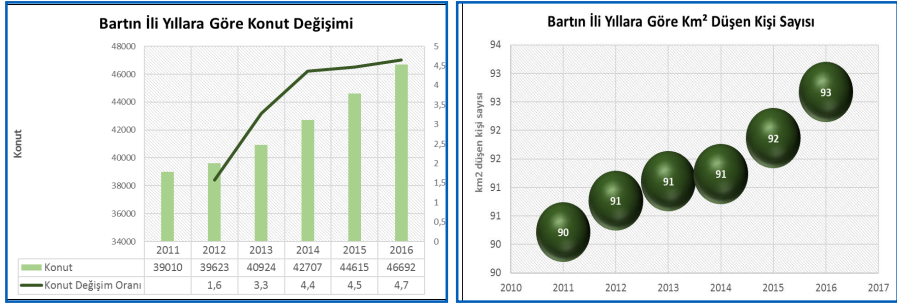
Isınma kaynağının hava kalitesi düzeyine olan katkısının değerlendirilebilmesi için; ısınma kaynağının bileşenleri olan konut sayısı, konutlarda ısıtmada kullanılan yakma sistemi türü, yakma sistemlerinde tüketilen yakıt türü ve miktarı bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Uzun dönem hava kalitesi düzeyi analizini içeren bu çalışma için ilde konut sayısını netleştirmek için referans noktası olarak yıllara göre nüfus değişimi incelenmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kurumu verileri kullanılarak il, ilçe ve mahalle bazlı nüfus ve konut sayısı değişimi incelenmiştir. Bu bilgiler Bartın Belediye Başkanlığı, www.nufusu.com vb. gibi yerlerden temin edilen verilerle doğrulama testine tabi tutulmuştur. TÜİK verilerinde nüfus ve konut sayısındaki değişimin mahalle bazlı analizinde; en büyük değişim ve veriler arasındaki uyumsuzluk Belediye Kanunu ve Büyükşehir Belediye Kanunu ile birlikte düzenlenen mücavir alan sınırlarından dolayı 2013-2014 döneminde görülmüştür. Yüz ölçümü 2076 km<sup>2</sup> olan ilde 2016 yılı itibari ile km<sup>2</sup>'ye düşen kişi sayısı 93'dir. Bartın ili mücavir alan sınırları içinde kentsel ve kırsal alan nüfus dağılımı ve alansal bazda nüfus oranları Şekil-16'de verilmiştir.



Şekil 16 Yıllara Göre Nüfus Dağılımı ve Kentsel-Kırsal Alan Değişim Grafiği [4, 6]

Şekil-16'da görüldüğü üzere il genelinde yıllar itibari kentsel alanda yaşayan nüfus ortalama %3 oranında artarken kırsal alandaki nüfus özellikle 2013 yılından itibaren azalma eğilimi göstermiştir. 2011-2016 dönemi için kentsel alanda yaşayan genel nüfusun ortalama %46'sına tekabül ederken kırsal nüfus %54'üne tekaül etmekte olup, bu durum ilde kırsal alanın ağırlığı göstermektedir. Isınma kaynaklı hava kirliliğinin ana nedeni yakma sistemleri ol-

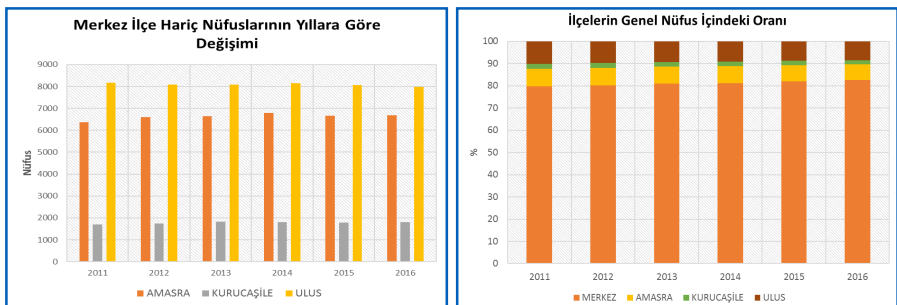
duğundan, il genelinde nüfustan sonra konutların durumunun analizi yakma sistemlerine ulaşmada önemli bir diğer unsurdur. İl genelinde en güvenilir konut verisi TUIK'den alınmış olup sonuçlar Şekil-17'de verilmiştir.



Şekil 17 Yıllara Göre Konut Sayısı Değişim Grafiği [4, 6]

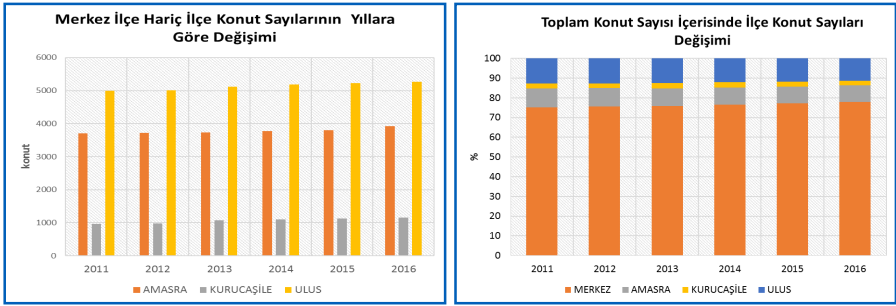
2010-2016 dönemi için il nüfusunun yaklaşık olarak %48 ine tekabül eden konut sayısı yıllar içerisinde artış eğiliminde olup en en yüksek artış %4.7 oranı ile 2016 yılında gözlenmiştir. Bartın ilinde kentsel alanda konut başına düşen kişi sayısı yaklaşık olarak 2 kişidir.

Hava kirliliğinde alan kaynak olarak tanımlanan ısınmanın ana aktörünün konutlar olması sebebiyle il genelinde nüfus ve konut sayısı değişiminden her bir ilçe bazındaki değişimin incelenmesi nüfus ve konut sayısı açısından öncelikli olarak ilçelerin tespiti açısından önemlidir. Bartın ili mücavir alan sınırları içerisindeki Merkez, Kuruşile, Amasra ve Ulus ilçelerinde nüfus yıllara göre nüfus ve konut değişimi analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 18 ve 19'da verilmiştir.



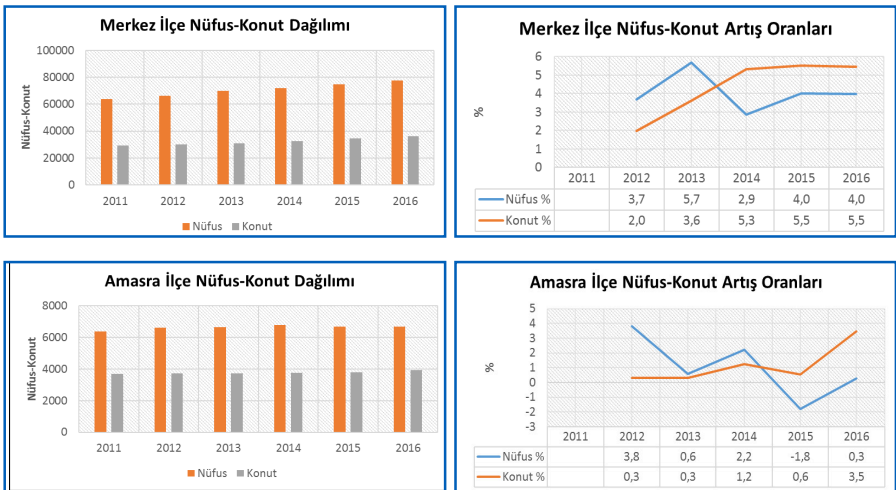
Şekil 18 İlçeler bazında Nüfus Değişim Grafiği

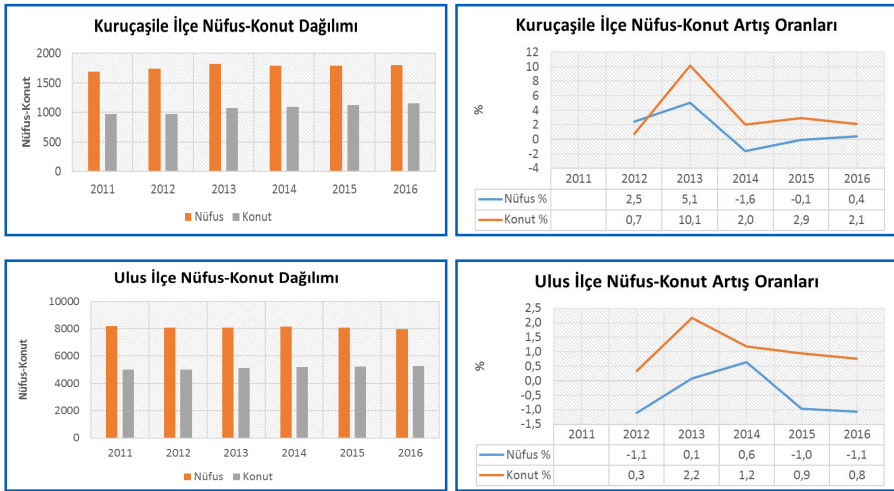
İl nüfusunun %81' ine sahip olan merkez ilçe diğer ilçelerin nüfusunu baskıladığından Şekil 18'den çıkarılmıştır. İlde yer alan toplam 4 adet ilçenin toplam nüfusunun il nüfusuna oranı %19'dur. İlçeler arasında merkezden sonra en yüksek nüfus oranı %9 ile Ulus ilçesi olup bunu %8 oranında Amasra ilçesi takip etmektedir. Yıllara göre nüfus sayısı çok değişmeyen ve il geneli içindeki en düşük nüfus oranına sahip ilçeler Seben ve Kıbrısçık'tır. Nüfus bazında yapılan bu değerlendirmenin konut özelindeki analiz sonuçları ise Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 19 İlçe Nüfuslarının Yıllara Göre Değişim Grafiği (6)

Şekil 19'da görüldüğü üzere konut sayısı değişiminde nüfusa paralel olarak merkez ilçe ile Ulus ilçeleri en yüksek katkıya sahiptir. Bartın il sınırları içerisinde yer alan ilçelerde nüfus ve konut sayısı değişimi ile yıllara göre artış ve azalış oranlarının analiz sonuçları Şekil 20'de yer almaktadır.

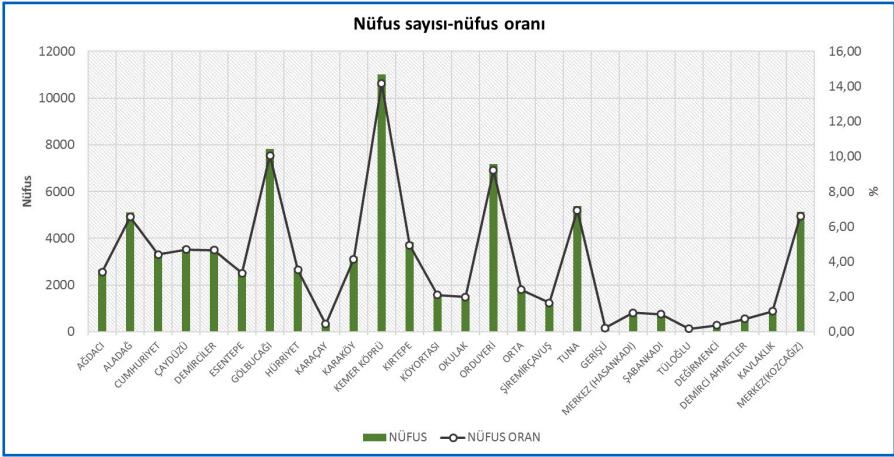
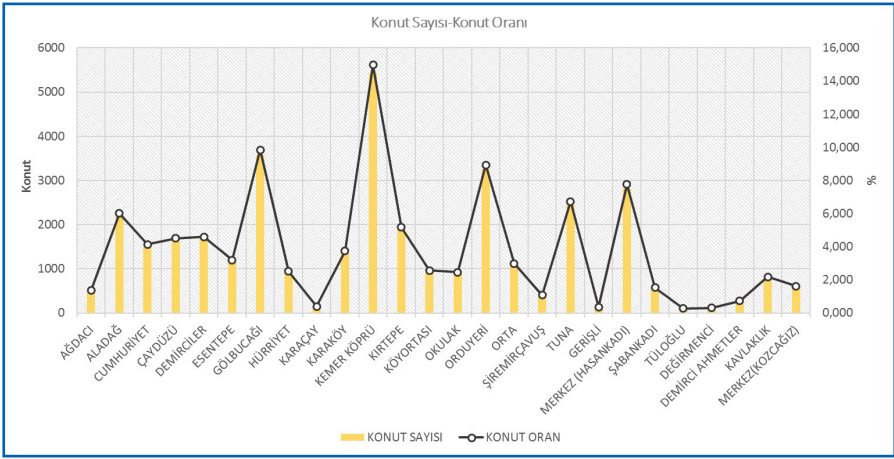




Şekil 20 Bartın İline bağlı İlçeler Nüfus ve Konut Sayılarının Yıllara Göre Değişim Grafiği (6)

Şekil 20’de görüldüğü üzere yıllara göre Merkez ilçede yıllar itibari ile konut ve nüfus sayısı artışı eğitimi göstermekte olup nüfusta en yüksek artış 2012 yılından 2013 yılına geçişte % 5.7 ile konutta ise 2015 ve 2016 yıllarında %5’dir. Diğer ilçelerde genel itibari le yıllara göre artış ve azalış şeklinde gözlenen nüfus ve konut değişiminde en yüksek oran 2012 yılından 2013 yılına geçişte %10.1 ile Kuruçayı ilçesindedir. En düşük nüfus değişimi 2015 yılında -%1.8 ile Amasra’da gözlenirken bunu 2014 yılına %-1.6 ile Kuruçayı ilçesi izlemiştir.

Bu raporun temel amacı il bazında hava kalitesi düzeyinde kaynakların etkisini incelemek olduğundan ısınma kaynaklı hava kirliliğine katkıda öncelikli olan ilçe merkez ilçe olması sebebi ile merkez ilçede nüfus ve konut değişimi mahalle bazlı analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 21’de verilmiştir.



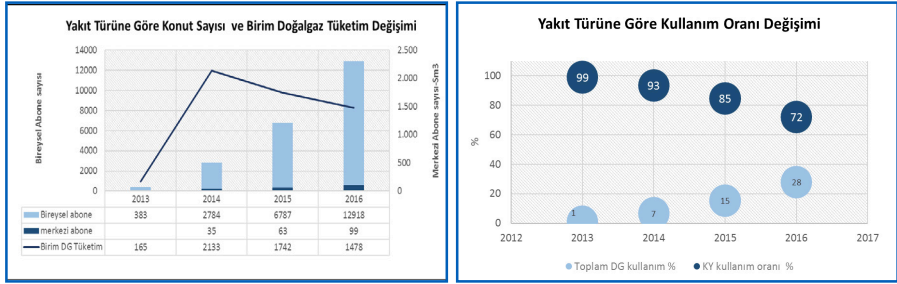
Şekil 21 Merkez ilçe mahalleri nüfus - konut değişim grafiği

Şekil 21’de görüldüğü üzere merkez nüfusun ve konutun yaklaşık %14’ne sahip mahalle Kemerköprü olup, bunu %- %10’luk nüfus ve konut oranı ile sırasıyla Gölbucağı, Orduyeri, Hasankadı, Tuna ve Aladağ mahalleleri izlemektedir.

Konut oranı en düşük olan mahalleler ise Tuloğlu, Değirmenci, Demirciahtmetler, Şiremirçavuş ve Ağdacıdır.

Isınma kaynaklı hava kirliliğinin etken kaynağı yakıt ve yakma sistemleri olduğundan yukarıda detaylı olarak verilen konut sayısına bağlı olarak yakıt

kullanım değişimi ve miktarları yıllara göre analiz edilmiş olup sonuçları Şekil 22’de verilmiştir.

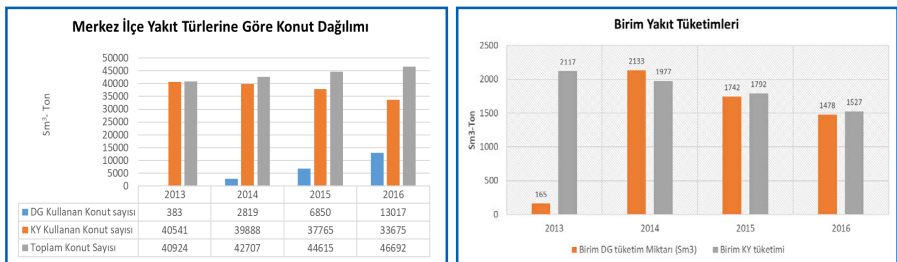


Şekil 22 İl bazında ısınmada kullanılan yakıt türleri ve kullanım oranları değişim grafiği

Şekil 22’de görüldüğü üzere il genelinde;

- 2013 yılında kullanılan doğalgazın toplam konut sayısındaki kullanım oranı %1 iken 2016 yılında bu oranın %28 değerine ulaştığı,
- Katı yakıt kullanım oranı il genelinde 2011 yılında %99 iken 2016 yılında bu oranın %72’ye düştüğü,
- İl genelinde en düşük birim tüketim miktarının 2013 yılında 165 Sm<sup>3</sup> olup, yıllar itibari ile birim tüketim miktarlarından çok düşük olması sebebiyle değerlendirmeye alınmadığından 2014-2016 yılları arasında ortalama yıllık birim doğalgaz tüketiminin 1784 Sm<sup>3</sup> olduğu, söz konusu dönemde en yüksek değer 12133 Sm<sup>3</sup> ile 2014 yılında; en düşük birim tüketim miktarının ise 165 Sm<sup>3</sup> ile 2013 yılında olduğu,
- İl genelinde 2013 yılında katı yakıt kullanan hane sayısı 40541 iken 2016 yılında 33675 konut sayısına düştüğü

İl geneli özelinde yapılan yakıt dağılım çalışmasının iler bazındaki durumu analiz edilmiş olup; sonuçlar Şekil 23 te verilmiştir.







Şekil 23 İlçeler Doğalgaz ve Katı Yakıt Kullanımları İle Merkez İlçe Doğalgaz Tüketim Oranları Grafiği

Şekil 23' te; ilçeler bazında ısınmada kullanılan yakıt türü, kullanan konut sayısı, tüketim miktarları ile her bir yakıt türüne göre kendi kullanım içinde yakma sistemlerinin oranı bilgileri incelendiğinde;

- Doğalgaz kullanımının sadece Merkez ilçede kullanımına 2013 yılında başlandığı diğer 3 ilçede ise kömür kullanıldı
- Doğalgaz kullanımı merkez ilçede 2013 yılında %1 iken 2016 yılında %36 olduğu, katı yakıt kullanımı da 2013 %99'dan 2016 yılında %27'lik bir azalışla %72 oranına düştüğü,
- Merkez ilçede ağırlıklı olarak Bireysel yakma sisteminin yaygın kullanıldığı,
- Merkez ilçede birim doğalgaz tüketiminin 2011-2016 döneminde yıllık ortalama

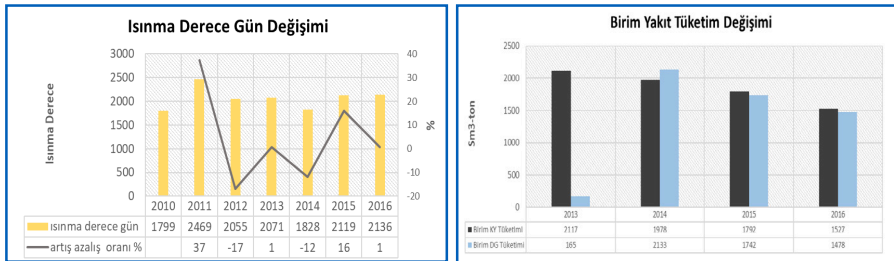


ması 1347 Sm<sup>3</sup> olup yıllar itibari ile 2013-2014 döneminde 1968 Sm<sup>3</sup> bir fark varken diğer yıllar 300-200 Sm<sup>3</sup> civarında bir değişim olduğu,

- Merkez İlçe dışındaki toplam 3 İlçede %100 katı yakıt kullanımının olduğu,
- Katı yakıt tüketiminin en yüksek Ulus İlçesinde olduğu bunu Amasra ve Kurucaşile ilçelerinin izlediği,
- 2016 yılı verilerine göre Merkez İlçede en yüksek doğalgaz kullanımı %68 ile Karaköy mahallesi olup bunu %63'le Cumhuriyet, % 60 ile Kemerköprü izlerken katı yakıt kullanımının en yüksek olduğu mahallelerde sıralamanın Ağdacı, Sıramışçavuş, Çaydüzü, Aladağ, Esentepe, Gülbucağı ve Tuna olduğu tespit edilmiştir.

Doğalgaz dağıtım şirketinden alınan bilgiler ışığında yapılan ve yukarıda detayları verilen analizde yıllara göre doğalgaz birim tüketimindeki azalışın gerçekliğini analiz etmek için Enerji Piyasası Düzenleme Kurulundan alınan veriler ile sahada yapılan anket çalışmaları değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde;

EPDK verilerine göre 2016 yılı yıllık birim tüketim miktarı 955 Sm<sup>3</sup> iken Akmercan Batıkar verilerine göre 1478 Sm<sup>3</sup>, anket sonuçlarına göre ise;120 m<sup>2</sup>'lik bir binanın ısıtılmasında merkezi sistemde aylık tüketimin 219 m<sup>3</sup>, kombi sisteminde ise söz konusu binanın 120 m<sup>2</sup>'lik alanının ısıtılmasında 242 m<sup>3</sup> doğalgaz kullanıldığı tespit edilmiştir. Anket sonuçlarına göre; Merkezde yıllık katı yakıt kullanımı 1 ton iken, sosyal yardımlaşma kömür kullanımının ise 1,5 ton olduğu görülmektedir. Ancak birim doğalgaz tüketiminden yola çıkarak yapılan bir hesaplamada ise birim katı yakıtın il geneli için yaklaşık 2 ton olduğu, Merkez İlçe'de ise katı yakıt kullanımının ortalama 1.9 ton olduğu tespit edilmiştir. Yıllar içerisinde yakıt tüketimindeki azalışın güvenilirliğini test etmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğünce yayınlanan Yıllar itibari ile ısınmaya gerekliliği ile ilişkili olan Isınma Derece Gün verileri kullanılmış olup sonuçlar Şekil 24'de yer almaktadır.

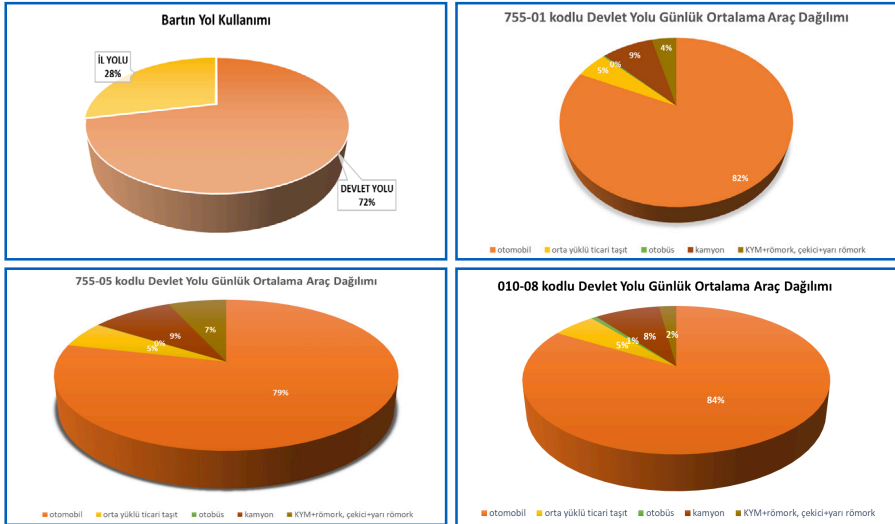


Şekil 24 Isınma Derece Gün ve Birim Yakıt Değişim Grafiği

Şekil 24'de görüldüğü üzere; en fazla ısınma ihtiyacı 2011 yılında, en az ısınma ihtiyacı ise 2010 ve 2014 yıllarındadır. İlde doğalgazın geliş tarihi dikkate alındığında doğal birim tüketiminde en yüksek kullanımın 2014 yılında en düşük kullanımın ise 2013 yılı olması 2015 ve 2016 yıllarında 2014 yılına göre gittikçe düşmesi birim doğalgaz tüketimleri ile ısınma derece gün arasında bir paralellik olmadığını göstermektedir.

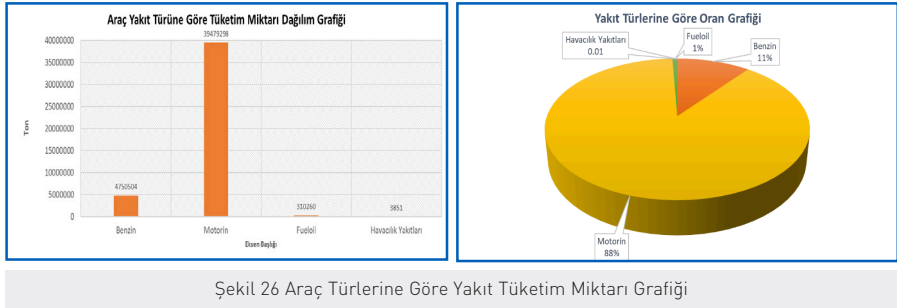
## 2.2. Ulaşım Sektörü

Çizgi kaynak olarak nitelendirilen ulaşımın hava kalitesi düzeyine olan katkısının değerlendirilebilmesi için; ulaşımında etken olan araç türü, araç türüne bağlı yakıt türü ve tüketim miktarı, yol türü, yol uzunluğu, yol genişliği, dur kalklar vb. bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Uzun dönem hava kalitesi düzeyi analizini içeren bu çalışma için ildeki araç türü ve sayısı yol tipine göre farklı kurumların sorumluluğunda olduğundan şehir içi yol verisi TUIK, şehirlere-rası yol durum verisi ise Karayolları Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ancak ulaşım kaynaklı emisyonların çok farklı bileşenleri içermesi ve il öze- linde bu bileşenlerin yapılacak spesifik projeler dışında temini zor olduğundan bu bölümde çok genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bartın ili çevresinde geçen 3 ana yol bulunmakta olup il yollarının toplamdaki oranı %28 iken devlet yollarının oranı %72'dir. Devlet yollarına ait 2016 yılı araç türlerine göre dağılım hacmi Şekil 25'te yer almaktadır.



Şekil 25 Devlet yolu araç türlerine göre 2016 yılı günlük trafik yoğunluğu grafiği

Bartın çevresindeki 3 oto yoldada hafif taşıt oranı ortalama %83 iken ağır taşıt oranı %17'dir. Bartın ilinde yol kullanımında en yüksek pay %72 ile devlet yoludur. 755-01 kodlu yolda otomobil oranı %82 iken 755-05 kodlu yolda bu oran %79, 010-08 kodlu otoyolda bu durum %84'dür. Enerji Pisayası Düzenleme Kurulu'ndan temin edilen 2016 yılı il özelindeki araçlarda tüketilen yakıt türü ve miktarına ilişkin verilerin analiz sonucu Şekil-26'de yer almaktadır.



Şekil 26 Araç Türlerine Göre Yakıt Tüketim Miktarı Grafiği

Şekil 26'de görüldüğü üzere Bartın İl sınırları içerisindeki şehir içi yollarda %88 oranı ile motorinin ve %11 ile de benzin tüketiminin olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; Bartın ilinin merkeze yakın devlet yollarında otomobil kullanımının yüksek orana sahip olduğu ve yüksek oranda motorinin kullanıldığı buna bağlı olarak kükürt ve partikül madde bazında da katkının yüksek olacağını göstermektedir.

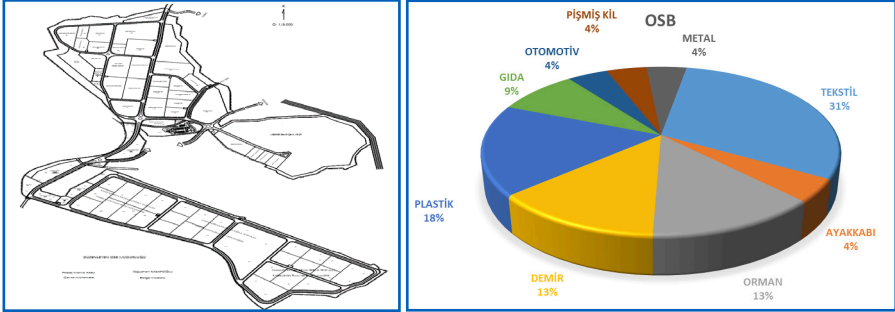
### 2.3. Sanayi Sektörü

Nokta kaynak olarak nitelendirilen sanayi sektörü incelenirken Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), ilgili Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri, www.firmalar.com internet adresi ile Organize Sanayi Bölge Müdürlüklerinden temin edilen veriler kullanılmıştır. Bartın ilinde sanayi tesislerinin türlerine göre alansal gösterimi Şekil 27'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere; Bartın ilinin kuzey batı yönünde yaklaşık 3,5 km mesafede yeni sanayi sitesi, yaklaşık 4,3 km mesafede Bartın Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve yaklaşık 7 km mesafede Kimtaş Kireç Sanayi; güney batı yönünde yaklaşık 6,5 km mesafede Rimaks Tekstil ve güney doğu yönünde yaklaşık 8 km mesafede Organize Sanayi Bölgesi'nin bulunduğu dağılım haritasında görülmektedir. Ayrıca İlde 43 tane işletmenin Hava Emisyon Konulu İzin/İzin ve Lisans (GFB) Belgesi bulunmaktadır.



Şekil 27 Merkez İlçe Sanayi Tesisleri Yeri ve Sektörel Dağılımı

Şehir merkezine ve hava kalitesi izleme istasyonuna göre Güneydoğu Yö-nünde yer alan yaklaşık 8 Km mesafede olan Organize Sanayi Bölgesine ait vaziyet planı ve sektörel dağılımı Şekil 28’de verilmektedir.

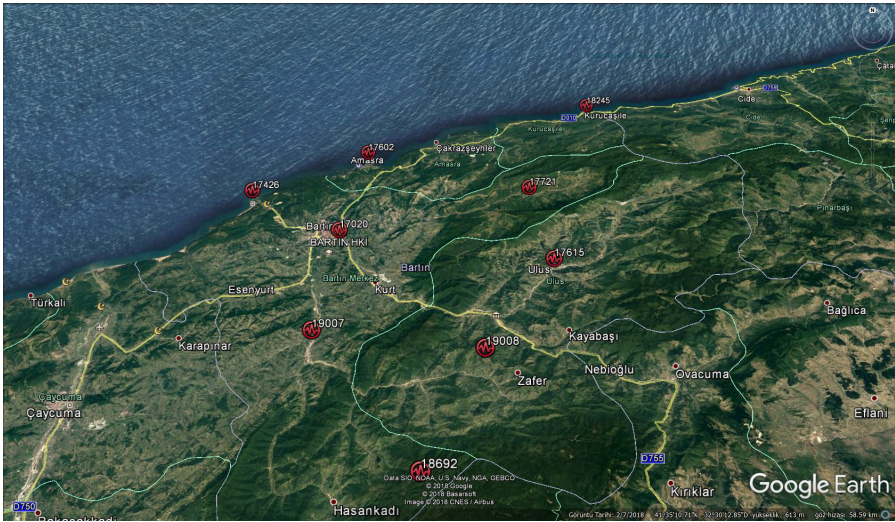


Şekil 28 OSB Yer ve Sektörel Dağılımı

Şekil 28’de görüldüğü üzere %73 oranda faaliyette olan OSB’de en yüksek orana sahip sektörler %31 ile tekstil, %18 ile plastik, %13 oranı ile demir ve orman sektörleri takip etmektedir.

## 2.4. Meteorolojik Faktörler

Meteoroloji, atmosferde meydana gelen hava olaylarının oluşumunu, gelişimini, değişimini nedenleri ile inceleyen ve hava olaylarının canlılar ve dünya üzerindeki etkilerini araştıran bir bilim dalı olup hava kirliliğinde gerek dağılımda gerekse taşınımındaki etkisinden dolayı hava kirliliğine etki eden faktörler arasında yer almaktadır. Bartın il sınırları ve yakın civarında Şekil 9'da konumları verilen toplam 9 adet meteoroloji istasyonu bulunmakta olup bunlar Bartın Merkez (17020), Yenihamidiye (19007), Amasra (17602), Güney Mendirek Feneri (17426), Ceyüpler Köyü (19008), Arıt Belediyesi (17721), Ulus (17615), Kurucasile (18245), Hasankadı Köyü (18692)'dir. Bu rapor kapsamında kullanılan meteorolojik veriler Bakanlığımıza ait hava izleme istasyonunun doğu yönünde 62 m mesafedeki 17020 kodlu istasyondan temin edilmiştir.



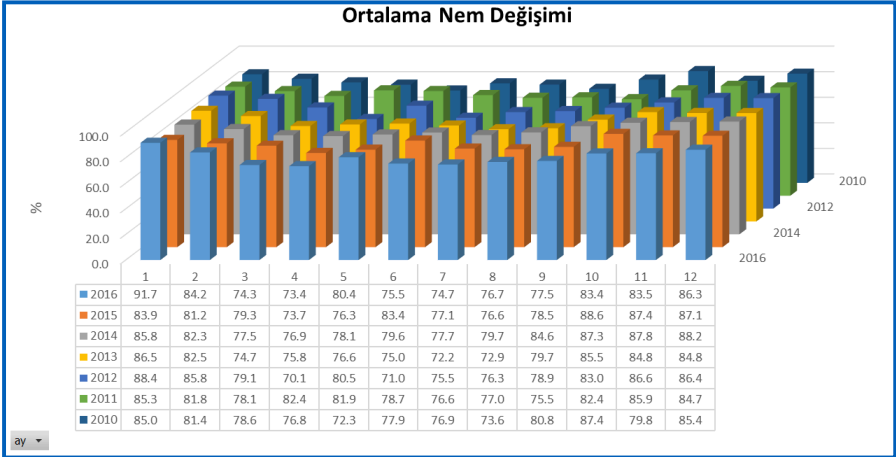
Şekil 29 Meteorolojik İstasyonların Konum Haritası

2010-2016 dönemi için 17020 kodlu istasyondan temin edilen sıcaklık değerlerinin analiz sonuçları Şekil 30'da verilmiştir. Ortalama sıcaklık 1.6 ile 25.6 °C arasında değişirken, sıcaklıkların en düşük olduğu ayların Aralık ve Ocak en yüksek olduğu ayların ise Temmuz ve Ağustos olduğu gözlenmiştir. Ölçüm dönemi içinde ayrıca en yüksek sıcaklık değerleri Ağustos 2010 ve Temmuz 2012 iken bunu Ağustos 2013-2016 dönemleri takip etmektedir. En düşük sıcaklık ise; 1.6 °C ile Şubat 2012'de yaşanmıştır.



Şekil 30 Sıcaklık Değişim Grafiği

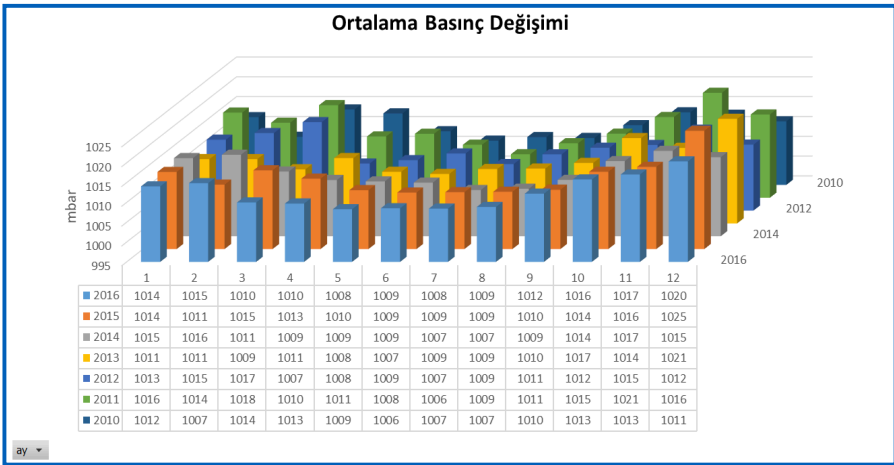
Hava kirliliğinde etkili bir diğer faktör olan nem'in yıllar içerisindeki değişimi Şekil 31'de verilmiştir. Ortalama nem değeri %72 - %92 Rh aralığında seyrederken En yüksek 2016 Ocak ayında, en düşük ise; 2013 Temmuz ayında gözlenmiştir. Ayrıca mevsimsel olarak nem değerinin aylara göre çok fazla değişmeden yüksek değerlerde seyretmesi ilde karadeniz ikliminin etkenliğinin işaretidir.



Şekil 31 Yıllara Göre Nem Dağılım Grafiği

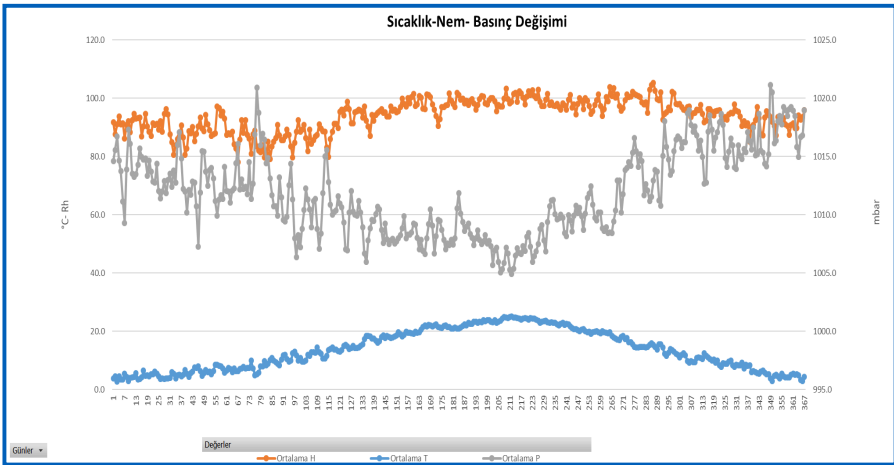
Meteorolojik faktörlerden basıncın 2010-2016 dönemine ait analiz sonucu, ilin basınç değeri ortalama 1012 mbar civarında olduğu Şekil 32' de görülmektedir. Ayrıca ölçüm döneminde en yüksek basıncın 2010 Kasım ayında 953 mbar, ve en düşük basıncın ise 2015 Aralık ayında 1025 mbar olarak ölçülmüş olup, ölçüm döneminde aylık değişime bağlı kalmaksızın yüksek basıncın hakimdir.





Şekil 32 Basınç Değişim Grafiği

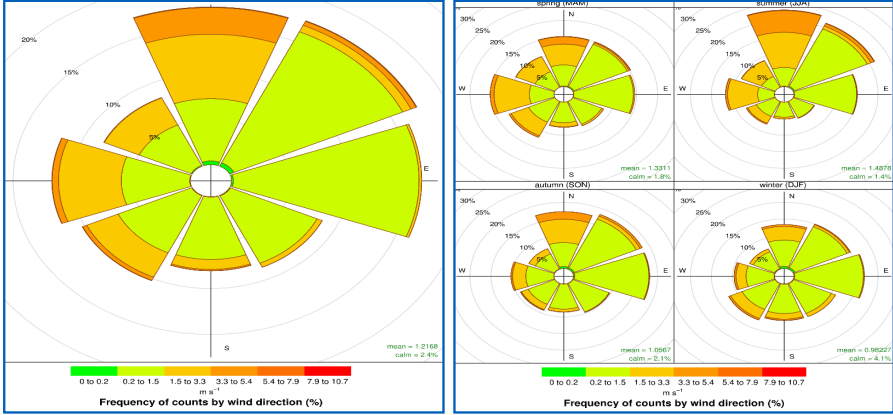
İlde meteorolojik veriler arasındaki ilişkinin net bir şekilde ortaya konulabilmesi için sıcaklık basınç ve nemin parametrelerinin değişimi birlikte incelenmiş olup sonuçlar Şekil 33’te verilmiştir.



Şekil 33 Sıcaklık, Nem ve Basınç Değişim Grafiği

Grafikten görüldüğü üzere sıcaklık ile nem arasında idealde olması gereken ilişkinin özellikle yaz yağmurlarının yoğun olduğu dönemde bozulduğu ayrıca yaz aylarında basınç değerlerinin diğer dönemlere göre biraz daha düşük

olduğu, yazın yükselen sıcaklıkla birlikte basıncın düştüğü tespit edilmiştir. Kaynaktan çıkan emisyonların taşınımında önemli faktörlerden en önemlisi olan rüzgar hızı ve hakim rüzgar yönü ile mevsimsel dağılım sonuçları Şekil 34'de verilmiştir.



Şekil 34 Hakim Rüzgar Yönü ve Mevsimlere Göre Değişim Grafiği

İlde hâkim rüzgâr yönü ağırlıklı olarak %16 sıklıkla Kuzey ve Kuzey doğulu-dur. Söz konusu Yönlerin dışında %5-13 sıklıkla tüm yönlü rüzgârlar etkili olduğu söylenebilir. İl genelinde ağırlıklı olarak sakin rüzgarlar hakimken bunu %7 sıklıkla Kuzey ve Batı yönleri ile %2-4 sıklıkla diğer yönlerdeki hafif rüzgârlar takip etmektedir. Ayrıca %4 oranında Kuzeyli orta hızlı rüzgârlarda etkisini göstermektedir. Mevsimsel değişimde ise; özellikle kış döneminde ağırlıklı olarak sakin rüzgârların yanı sıra orta hızlı rüzgârlar hakip olup yaz aylarında kuzey yönünde hafif ve orta hızlı rüzgârlar etkilidir. Kış aylarında sakin rüzgarların hakim olması kaynaktan çıkan kirleticinin yatay taşınımına dağılmadan yakın çevreyi etkileyeceğinin işaretidir.

### 3. HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM SONUÇLARININ ANALİZİ

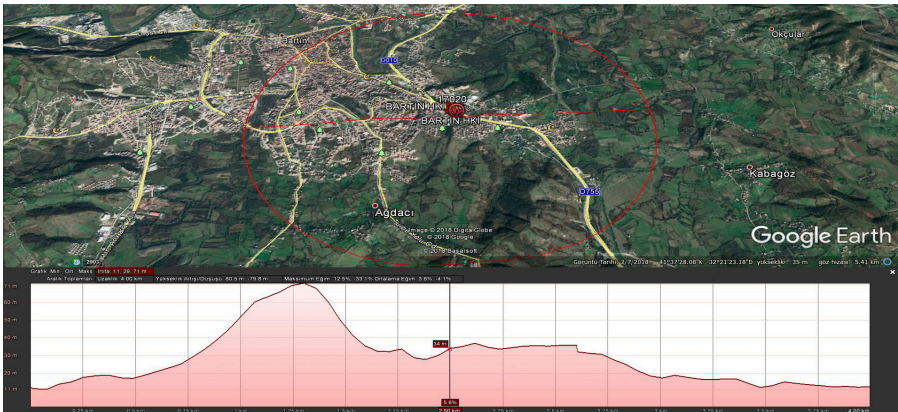
#### 3.1. İstasyon Hakkında Genel Bilgi

Bartın ili Merkez İlçesinde Tuna Mahallesi sınırları içerisinde 41.624444 Enlem ve 32.356389 Boylam koordinatlarında kurulan ve 2007 yılından itibaren faaliyette olan hava kalitesi izleme istasyonunda Horiba Apsa 360A Marka cihazla kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve BAM 1020 Marka cihazla da partikül madde (PM<sub>10</sub>) ölçümleri yapan ölçüm cihazları bulunmaktadır. Meteoroloji İl Müdürlüğü'nün bahçesinde bulunan istasyon, kentsel alanda ısınmadan kaynaklanan kirliliğin tespiti amaçlı kurulmuş olup PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> kirleticileri ölçülmektedir.



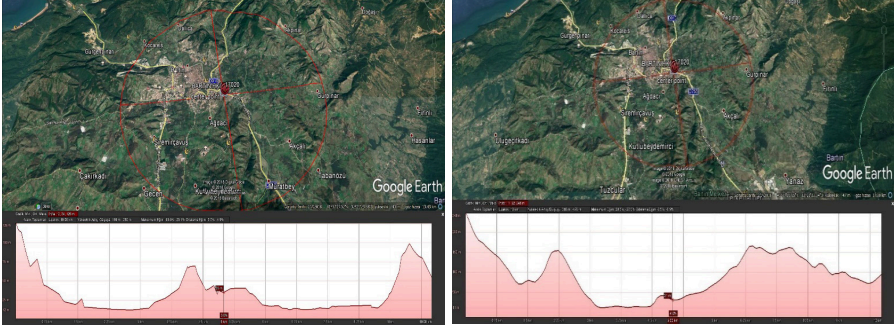
Şekil 35 HKE İstasyonu Yeri

Alan olarak kentsel alanı hava kirliliği kaynağı olarak da ısınma kaynağını temsil eden istasyonda Enviroment Marka cihazla kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve Enviroment MP 101m Marka cihazla da partikül madde (PM<sub>10</sub>) ölçümleri yapılmaktadır. İstasyona ait ölçüm sonuçlarını analiz etmeden önce ölçüm sonuçlarının kaynaka ilişkilendirilebilmesi için HKDY Yönetmeliğinde tanımlanan temsil alanı için il merkezindeki hava kirliliği kaynaklarının dağılımı ve topoğrafik yapı yükselti değişimi dikkate alınarak yaklaşık 2 km ve 5 km yarıçaplı bir alan belirlenmiş olup görüntüsü Şekil 36'da verilmiştir.



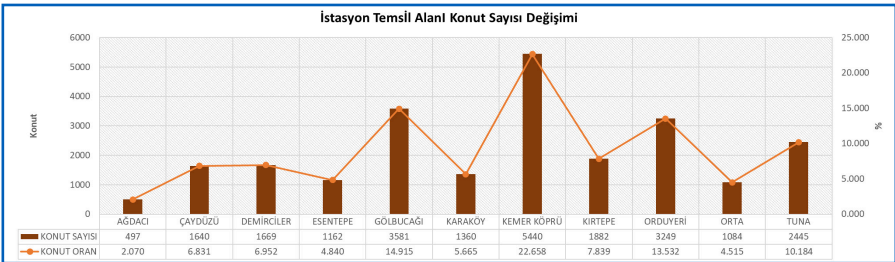
Şekil 36 İstasyon Temsil Alanı

İstasyonun 2 km yarıçaplı temsil alanı içerisinde; 2 km yarıçaplı alanda istasyonun batı yönünün istasyona göre 22 m alçakta, doğu yönünün istasyona göre 22 m alçaklıkta, istasyonun kuzey yönünün istasyona göre 28 m alçaklıkta, güney yönünün istasyona göre 117 m yükseklikte olduğu gözlenmiştir. Şehrin yüzölçümü dikkate alındığında 5 km'lik alan içerisindeki yönsel yükselti değişimi analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 37'de verilmektedir.



Şekil 37 5 km'lik Alan İçin Yükseklik Kesitleri Alanı Yükseklik Kesitleri

Bilindiği üzere hava kalitesi düzeyini etkileyen bir diğer önemli faktörde topografik yapıdır. Topografik yapının etkisinin analizini içeren Şekil 32'de görüldüğü üzere; 5 km yarıçaplı alan içerisinde istasyonun bulunduğu konuma göre kuzey yönü 218 m, güney yönü 64 m, doğu yönü 13 m yüksekliğinde ve batı yönü ise 79 m yüksekliktedir. Bartın hava kalitesi ölçümü yapılan noktanın tüm yönlerden daha aşağıda kalmaktadır. Bu durum; şehrin genel olarak çukurda kalması, etrafındaki yüksek dağlarda geceleri soğuk hava akımlarının oluşabileceği, hava taşınımının azalması, doğal enverziyon oluşumuna katkı sağlayacağı ve tüm bu özelliklerin topoğrafik olarak hava kirliliğini artırıcı etkiye sahip olduğu görülmektedir. Hava kalitesi izleme istasyonunun temsil alanındaki, hava kirliliği kaynaklarının analiz sonuçları Şekil 38'de verilmektedir.

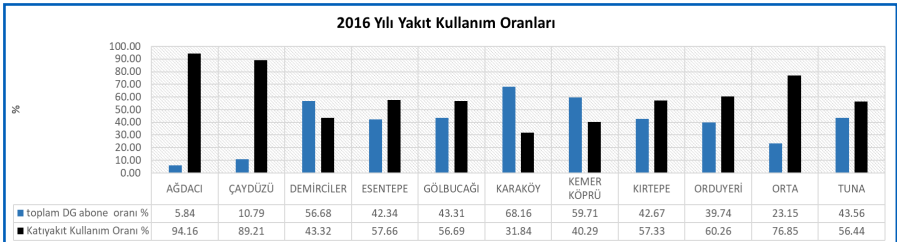
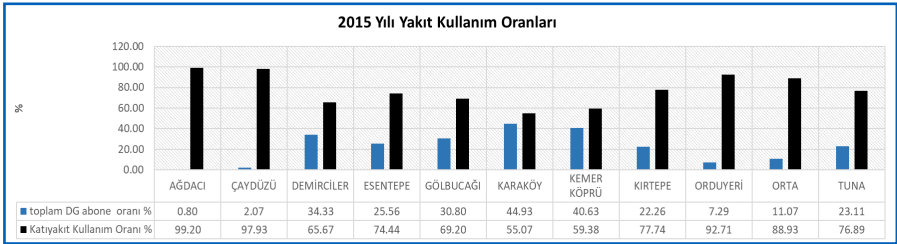
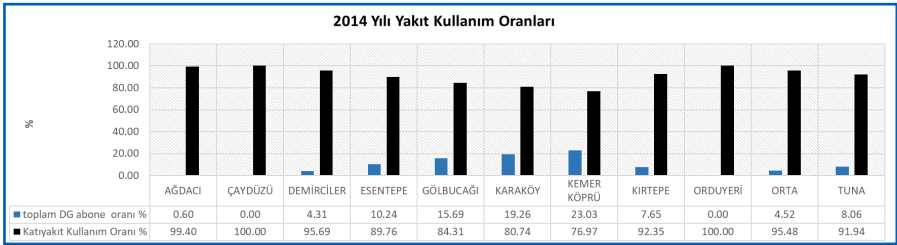
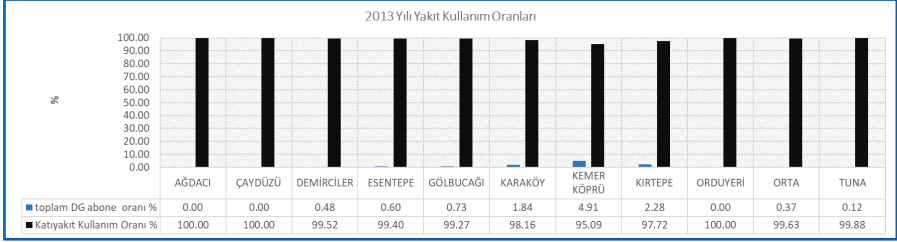


Şekil 36 İstasyon Temsil Alanı





Merkez ilçede toplam 26 adet mahalle bulunmakta olup, toplam mahalle sayısının %42 oranındaki mahalle hava kalitesi izleme istasyonunun 2 km yarıçaplı alanı içerisinde yer almaktadır. En yüksek konut oranını sahip mahalleler sırası ile Kemerköprü, Gölbucağı, Orduevi ve Tuna'dır. İstasyon temsil alanı içerisindeki mahallelerde yakıt kullanım durumları analiz edilmiş olup sonuçları şekil 39 da verilmiştir. Vakıfgeçitiçeren mahallesinde sanayi tesisleri olduğundan doğalgaz tüketim miktarı yüksek olup grafikten çıkarılmıştır.



Şekil 39 İstasyon Temsil Alanı Yakıt Kullanım Grafiği

Doğalgaz kullanımına başlanılan 2013 yılı itibari ile katı yakıt kullanımı yıllar arı ile doğalgaz kullanımına dönüşmüş olup; en yüksek katı yakıt kullanan mahalleler arasında %94 Ağdacı, %89 Çaydüzü, %77 Orta mahalleleri yer almaktadır. Hava kalitesi izleme stasyonunun Kuzey yönünde olup özellikle kış sezonunda hakim rüzgar doğrultusundaki hafif ve orta rüzgarlar doğrultusunda ki Tuna mahallesinde 2013 yılında katı yakıt kullanımı %100 iken 2016 yılında doğalgazın yaygınlaştığı katı yakıtın %56 seviyesine geldiği, Orduyeri mahallesinde Katı yakıt kullanımı %100 iken %60 seviyesine indiği; istasyonun Kuzeybatı yönünde yer alan Demirciler mahallesinde %99,5 seviyesinden %43,32 seviyesine indiği, Gölbucağı mahallesinde %99'dan %56 seviyelerine indiği görülmüştür. İstasyonun güneybatı yönündeki Karaköy mahallesinde ise doğalgaz kullanımı %68 seviyelerine gelmiştir. Aynı şekilde temsil alanı içerisinde bulunan tüm mahallerde doğalgaz kullanımında artış gözlenmiştir.. Yıllara göre katı yakıt kullanımı %50 ve üzeri seviyede kalan mahalleler ise Ağdacı, Çaydüzü, Orta, Orduyeri, Esentepe, Kırtepe, Gölbucağı ve Tuna olup hava kalitesi izleme istasyonu 2 km yarı çaplı alan içindeki toplam 11 mahallenin %72' isinde katı yakıt kullanımı devam etmektedir.



İstasyonun temsil alanındaki ulaşım kaynağının durumu incelendiğinde; istasyonun doğu, güneydoğu, kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu yönlerinde D755 (755-01, 755-05 kodlu) devlet yolu geçmekte olup yolun istasyona en yakın konumu kuzeydoğu yönünde 87 m mesafededir. Bir diğer yol olan D010 (010-08) devlet yolunun ise Kuzeybatı, Batı, Güneybatı yönlerinden geçmekte olduğu ve yolun istasyona en yakın konumunun kuzeybatı yönünde 305 m mesafe olduğu görülmektedir. Bu raporun ulaşım bölümünde yapılan detay analizde de verilen bilgiler ışığında şehrin yakın konumundan geçen ve hakim rüzgar yönünde olan 755-01, 755-05 ve 010-08 kodlu devlet yollarında otomobil ve motorin kullanımı yüksek olduğundan, dizel otomobillerden kaynaklanan emisyonların ilin hava kalitesine etkisi vardır diyebiliriz.

Bartın ilinde kurulu bulunan sanayi tesislerinin detaylı analizi sanayi bölümünde yer almakta olup hava kalitesi izleme istasyonu temsil alanı içerisinde istasyonun Güneydoğu yönünde 8 km mesafede Organize Sanayi Böl-

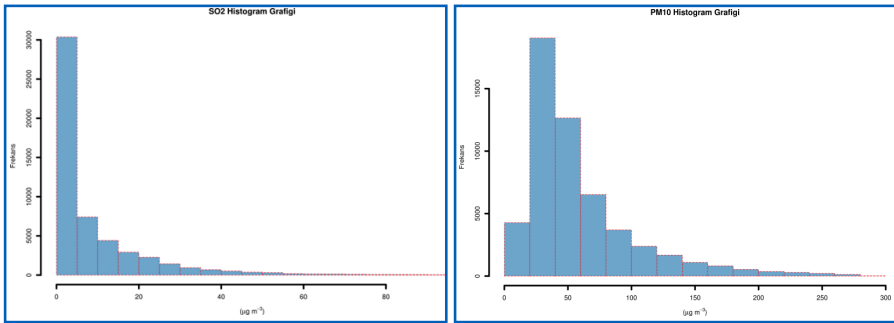


gesi ve 6.5 km mesafede Rimaks Tekstil fabrikası, Kuzeybatı yönünde 3.5 km mesafede Yeni Sanayi Sitesi ile 4,3 km mesafede Çimento Sanayi ve 7 km mesafede Kimtaş Kireç fabrikası bulunmaktadır. Söz konusu tesislerin mesafe olarak yakınlığı ve kullanılan yakıt dikkate alındığında hakim rüzgar yönünde bulunması sebebiyle bu işletmelerinde hava kalitesine katkısı olabileceği düşünülmektedir.

İstasyonun temsil alanındaki ulaşım kaynağının durumu incelendiğinde; istasyonun kuzey ve kuzeydoğu yönlerinde D-100 Karayolu geçmekte olup, yolun istasyona en yakın konumu kuzey yönünde ve 440 m mesafededir. İlin yakınında geçen bir diğer yol ise D160 olup istasyona en yakın konumu güneydoğu yönünde ve 570 m mesafededir.

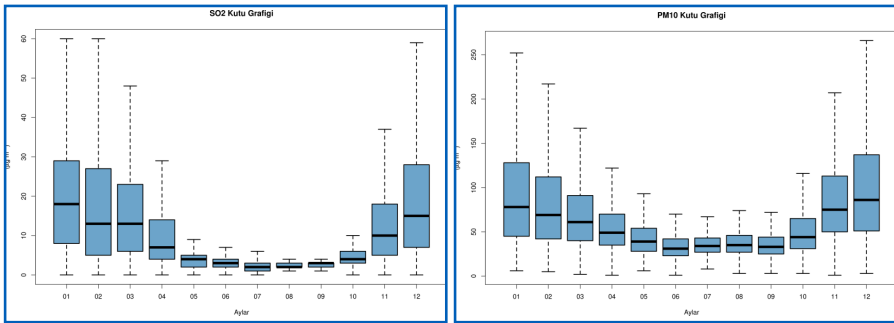
### ■ 3.2. Ölçüm Sonuçlarının Analizi

İstatistik; belirli bir alanda toplanan sayısal değerlerin toplanması, toplanan verilerin düzenlenmesi, analiz edilmesi, yorumlanması, objektif ve doğru kararı verme ile ilgili bilimsel teknik ve metotlar geliştiren ve uygulayan bilim dalıdır. Araştırmalarda kullanılacak çeşitli örnekleme yöntemleri vardır. Araştırmanın amacına, maliyet, süre gibi kısıtlayıcı şartlara ve kitlenin özelliklerine göre bunlar içinde en uygun olanın seçilmesidir. Araştırma kapsamı alınacak birimlerin seçiminde rasgele ve rasgele olmayan örnekleme teknikleri kullanılabilir. Rasgele örneklemede, kitleden alınacak çeşitli örneklerle elde edilen tahminler arasındaki farkları belirleyen "rastgele hatalar" belirli istatistiksel teknikler yardımıyla kontrol altında tutulabilir. Rastgele olmayan örneklemede ise bu hatalar belirlenemez. Veri analizi araştırma kapsamında toplanan verilerin özetlenmesi, değerlendirilmesi için gerekli tüm istatistiksel yöntemleri kapsar. [7] Toplanan verilerin özetlenmesinde kullanılan en basit yol frekans dağılımını özetleyen Histogram grafikleri olup söz konusu grafikler bir değişken içerisinde her bir değer için yada değer kümelerinin kaç kez tekrar ettiğini görmeye yarayan araçlardır. [8] 2010-2016 dönemine ait istasyondaki kirletici parametrelerin ölçüm sonuçlarının histogramı Şekil-40' da verilmektedir. SO<sub>2</sub> verilerinin % 53'ü 0-5 µg/m<sup>3</sup> iken %14' i 5-10 µg/m<sup>3</sup> aralığında olup geri kalan verinin %30'u 10-60 µg/m<sup>3</sup> aralığında özellikle verinin %2-3 lük bölümü 25-60 µg/m<sup>3</sup> aralığına tekbül etmektedir. Toz konsantrasyonlarının ise %7'si 0-20 µg/m<sup>3</sup> aralığında iken % 38' inin 20-40 µg/m<sup>3</sup> , %21'inin ise 40-55 µg/m<sup>3</sup> geri kalan verinin %31'i 55-150 µg/m<sup>3</sup> olup %3'lük gibi çok küçük bir dilim aralığının ise 150-275 µg/m<sup>3</sup> de olduğu gözlenmiştir.



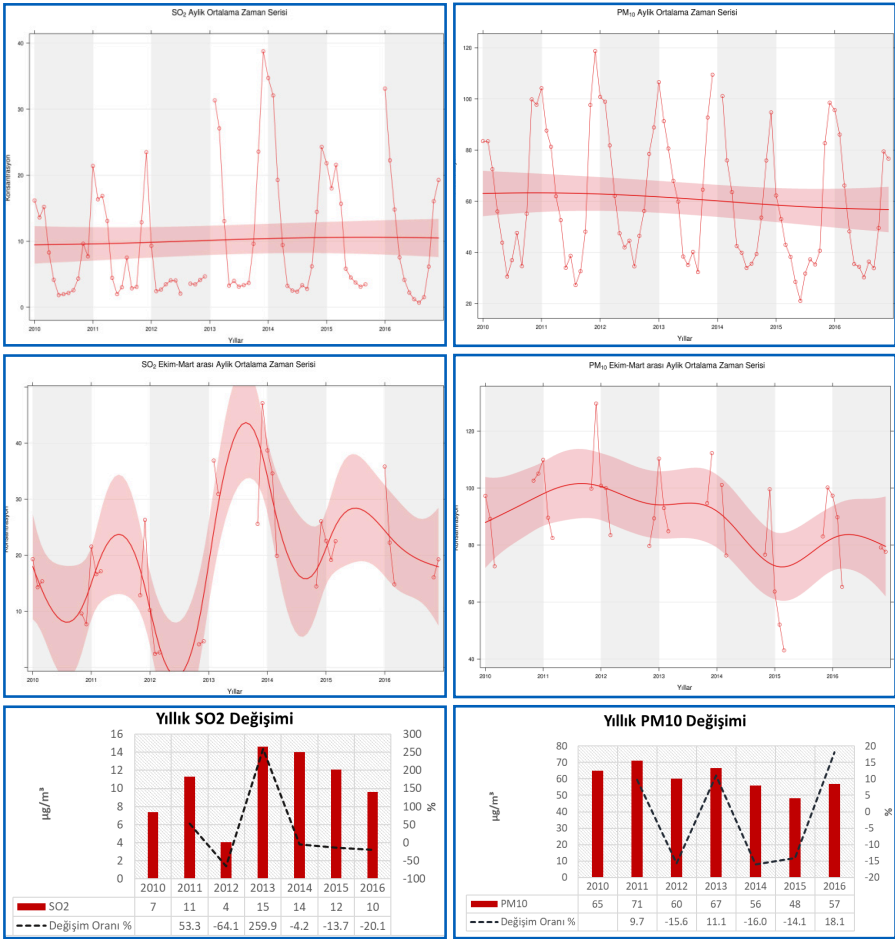
Şekil 40 Kirlenici Parametrelerinin Histogram Grafiği

Her iki kirlenici parametreye ait verilerin 2010-2016 dönemi içindeki dağılımında en düşük, en yüksek ve ortanca değerleri daha net bir şekilde tespit ederek verinin anlamlandırıldığı kutu grafik sonuçları Şekil 41’de verilmiştir.



Şekil 41 Kirlenici Parametrelerinin Kutu Grafiği

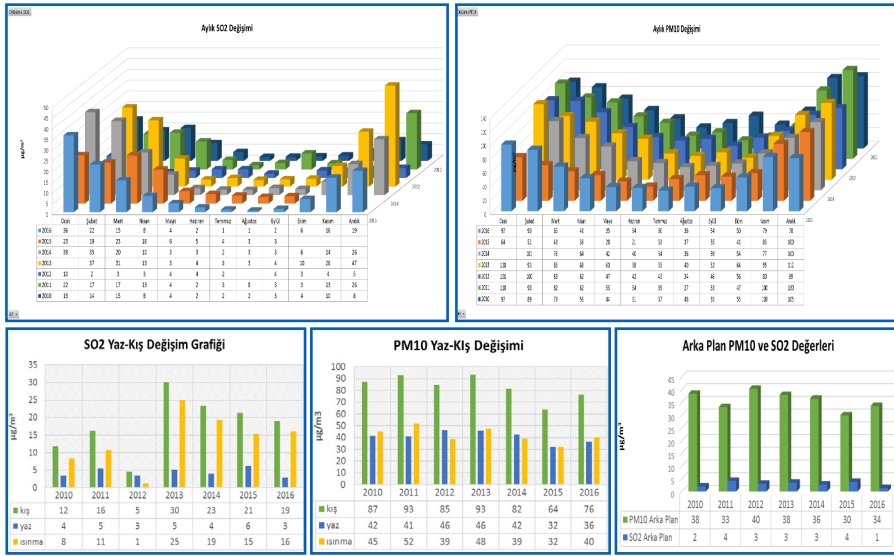
SO2 parametresinde en yüksek ortanca değer Ocak ayında PM10 parametresinde ise Aralık ayında gözlenmiştir. Bu ayları ağırlıklı olarak kış ayları izlemektedir. Her iki kirlenici parametre için verilerin 4. Çeyreğinin kış aylarında saçılımları fazladır. SO2 parametresi verilerinin %50 lik kısmı kış aylarında 10-30 µg/m3 aralığında, PM10 parametresi için ise 50-130 µg/m3 aralığında seyretmektedir. Her iki kirlenici parametre için konsantrasyon değerlerinin yaz aylarında bariz bir şekilde düştüğü ve saçılımlarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca her iki parametrenin karakteristiğinin kış aylarında değişimi aynı özellik gösterirken yaz aylarında toz konsantrasyonunun SO2 göre bir nebze farklı saçılımının olması yaz aylarında toz emisyonuna neden olan başka bir kaynağın bir miktar etkisinin olduğunu göstermektedir. Ölçüm sonuçlarının uzun dönem eğilimlerinin analiz edildiği trend sonuçlar Şekil 34’de verilmiştir.



Şekil 42 Kirletici Parametrelerinin Trend Grafiği

SO<sub>2</sub> parametresinde yıllara göre aylık salınımları hep aynı baz değerinde kalırken özellikle kış dönemlerinde büyük saçınımların olduğu, Ekim-Mart dönemi detaylı incelendiğinde 2010 baz yılına göre SO<sub>2</sub>'de en büyük düşüş 2011-2012 en yüksek artış ise 2012-2013 döneminde olup yıllar itibarı ile ortalama konsantrasyonlar 4-15 µg/m<sup>3</sup> aralığında seyretmiştir. Toz parametresinde ise 2010 yılı baz alındığında aylık salınımların yıllara göre aynı baz değerinde seyrettiği kış aylarında büyük saçınımların olduğu söylenebilir. Ayrıca Ekim-Mart döneminde ise 2010 baz yılına göre en büyük düşüş 2014-2015

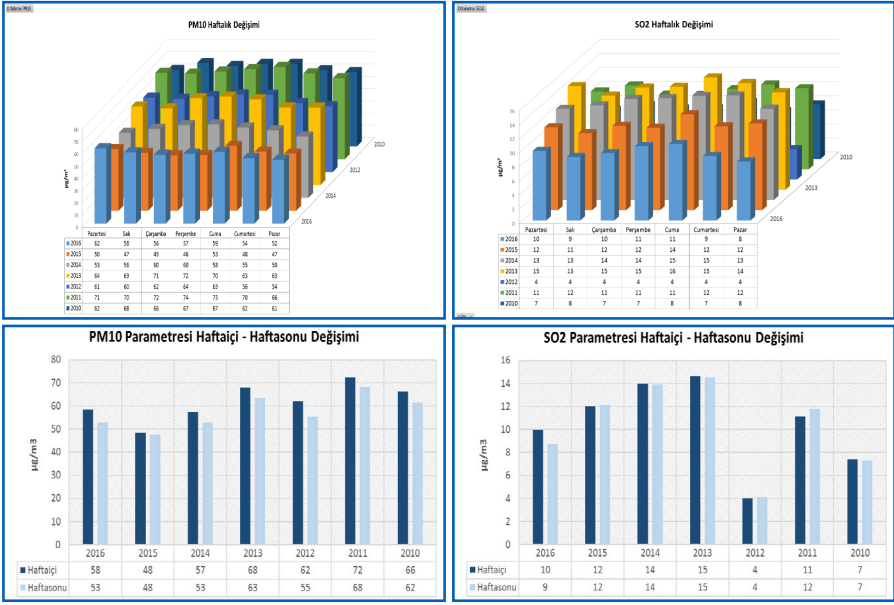
döneminde olduğu diğer yıllarada baz yıla yakın değerlerin gözleendiği yıllık ortalamaların ise 48-71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aralığında kaldığı gözlenmiştir. 2010-2016 döneminde kirlenici parametrelerin aylık ve mevsimsel değişim analizi Şekil 43'de verilmiştir.



Şekil 43 PM10 SO2 Aylık ve Mevsimsel Değişim Grafiği

Her iki kirlenici parametrede de kış aylarında daha yüksek konsantrasyonların gözleendiği, özellikle SO2'de yaz aylarında ciddi boyutlarda konsantrasyon düşerken PM10 konsantrasyonlarının yaz aylarında en yoğun kış aylarına göre yaklaşık %35 daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca SO2 konsantrasyonlarında Ocak-Şubat aylarına göre yaz aylarında konsantrasyonlar onda birine düşerken Mayıs-Eylül döneminde değerler hep aynı seviyede seyretmektedir. Kış mevsiminde ölçülen SO2 parametresinin ısınmadaki katkısı 2010-2016 döneminde ortalama %69 iken PM10 parametresinin ısınmadaki katkısı %51'dir. Ölçüm dönemi boyunca ilde ısınmanın hiç etkisinin olmadığı dönemde toz için arka plan değeri 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  iken SO2 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olup bu durum ilde 2019 döneminde uygulamaya girecek günlük partikül madde limit değerinin kış sezonunda sıklıkla aşılacağına da göstergesidir.

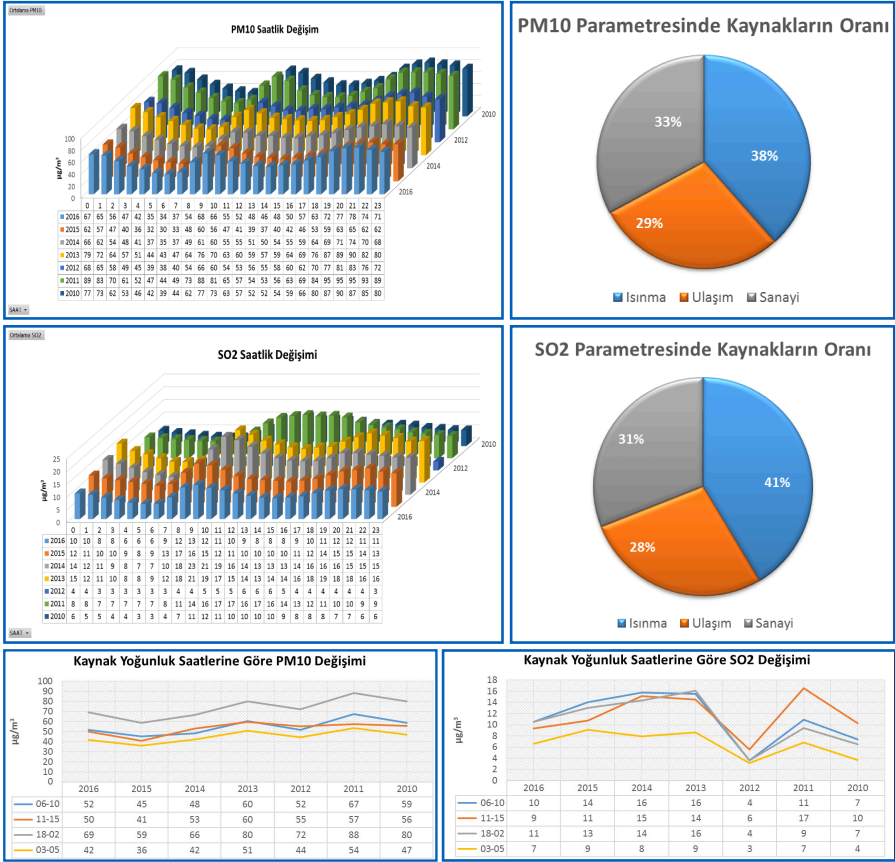
Her iki kirlenici parametrenin haftanın günlerine ve gün içindeki saatlik değişimlerini içeren genel analiz sonucu Şekil 44'de verilmiştir.



Şekil 44 Kirlenici Parametrelerin Günlere Göre Değişim Grafiği

SO2 parametresi ve toz emisyonu haftanın tüm günlerinde küçük değişimlerle birlikte günler arasında bariz farklılık olmadan salınım göstermekte olup hafta içi ve haftasonu salınımlarda fark yok denecek kadar az sayılmaktadır. Saatlik değişimler gün ve kaynakların yoğun olduğu zaman dilimleri esas alınarak incelenmiş olup sonuçlar Şekil 45'de verilmiştir.

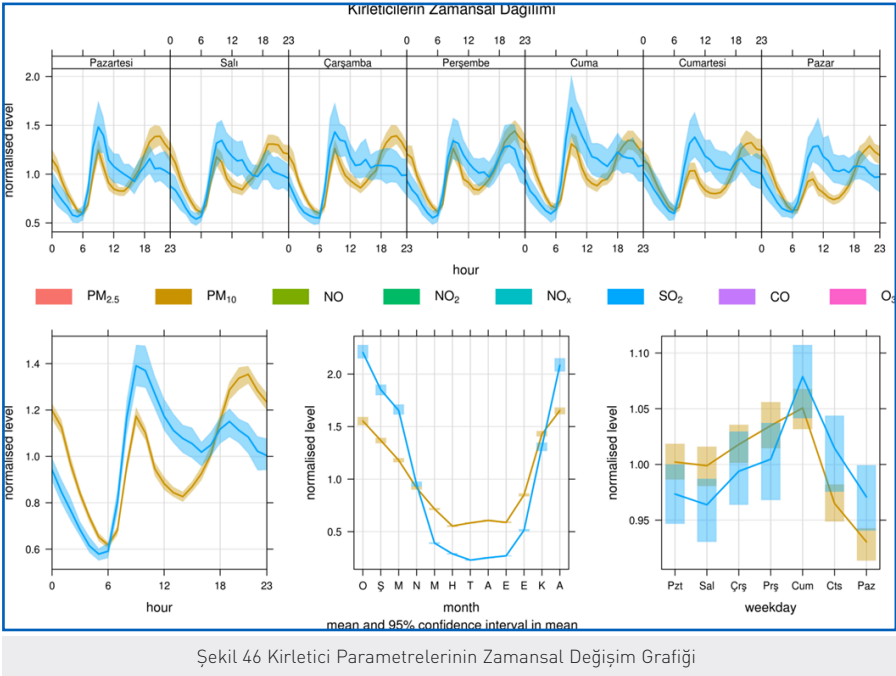
SO2 ve PM10 'un bütün yıllarda 07:00-10:00 saatleri arasında ve 18:00-23:00 saatleri arasında yükseldiği, en yüksek SO2 değerlerinin 2014 yılında saat 09:00'da PM10 konsantrasyonunda ise; 2011 yılı saat 19:00-21:00 arasında en yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Her iki kirlenici parametrenin sabah ve akşam yakma saatlerinde konsantrasyonlarının artması ayrıca ısınmanın etkisinin çok düşük oranlarda olduğu 03:00-05:00 zaman dilimlerinde PM10'un ortalama 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  SO2'nin ise 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  civarında olması sanayi ve şehirlerarası ulaşımın da etkin olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak kaynakların yoğunluk saatlerinden hareketle yapılan değerlendirmede; PM10 da en yüksek katkı %38 ile ısınmadan gelirken bunu %33 sanayi ve %29 ile ulaşım izlemektedir. SO2 için ise ısınmanın oranı %41 iken bu oran sanayide %31 ve ulaşımında ise %28 dir.



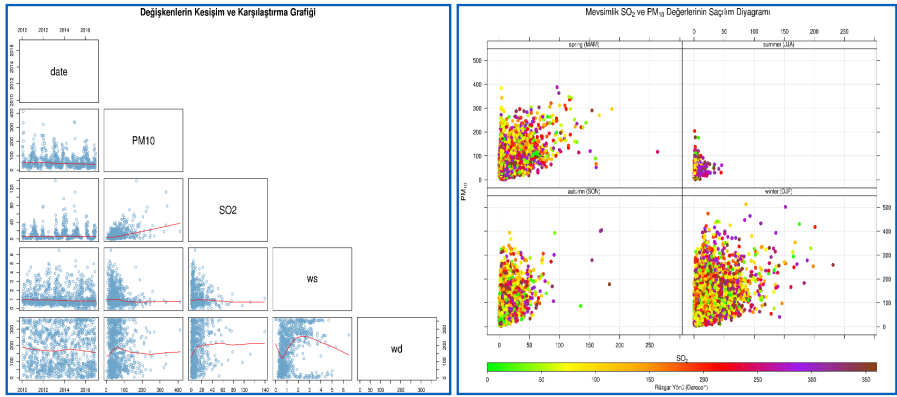
Şekil 45 Kirlenici Parametrelerin Saatlik Değişim ve Kaynak Oran Grafiği

Her iki kirlenici parametrenin yıllara göre günlük ve saatlik değişimleri arasındaki farklı eğilimleri daha net anlamlandırmak için Şekil 46'da yer alan normalize edilmiş zamansal dağılım grafiği hazırlanmıştır.





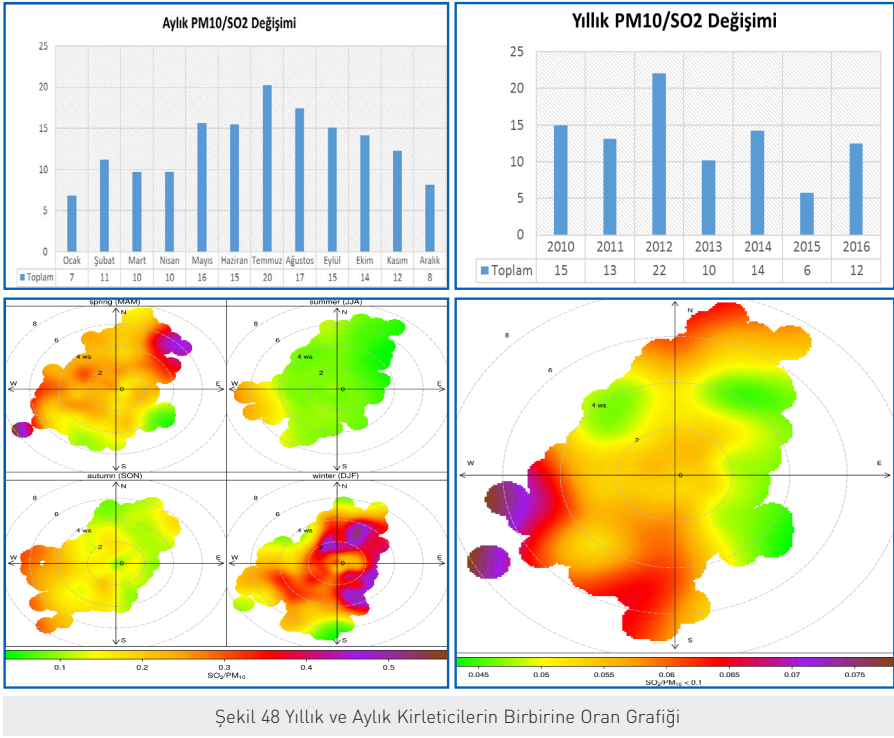
Şekil 46'da görüldüğü üzere her iki kirletici parametrenin genel salınımında; saatlik değerlerde 06:00-10:00 ile 18:00-23:00 zaman dilimi diğer zaman dilimlerine; günlük değerlerde cuma günü diğer günlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Aylık değerlerde ise kış aylarında daha yüksek değerler gözlenmekle birlikte yaz aylarında daha düşük değerler görülmektedir. Kirletici parametrelerin aynı kökenlerini belirlemek amacıyla değişkenlerin keşimi ve karşılaştırma grafiği ile kirleticilerin mevsimsel saçılımı analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 47'de yer almaktadır.



Şekil 47 Değişkenlerin Kesişim ve Karşılaştırma Grafiği

Her iki kirlenici parametrenin düşük konsantrasyonlarında aralarında pozitif ilişki varken yüksek konsantrasyonlarda doğrusallık devam etmektedir. Genellikle rüzgâr hızının 4 m/s nin altında ve rüzgâr yönü çoğunlukla homojen dağılım göstermiştir. Her iki kirlenici parametre için de rüzgâr hızı ile konsantrasyonlar ters orantılı olarak değişim göstermektedir. Yüksek hızlı rüzgarlar Batılı ve Kuzeyli yönlerden olup; genellikle hakim olan saikin rüzgarlarda konsantrasyonların rüzgar yönü ile direk ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Her mevsim farklı saçınımların gözlemlendiği saçınım grafiğinde; yaz mevsimi hariç kirlenicilerin konsantrasyonlarının yüksek olduğu özellikle kış mevsiminde saçınımların fazla olduğu görülmektedir. Kış mevsiminde toz konsantrasyonları daha yüksek değerlere ulaşırken SO<sub>2</sub>'de yaz dönemine göre bariz bir artış gözlenmiştir.

Katı yakıtlarda en önemli emisyon kaynağı olan yakıt içindeki kükürt ve kül oranı ile bağlantılı olan SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> parametrelerinin Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yöneteliğinde özellikleri verilen ithal ve yerli kömür kriterlerine göre değerlendirildiğinde; ithal kömür için PM<sub>10</sub>/SO<sub>2</sub> oranı 18 iken yerli kömürde bu oran 13 olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda PM<sub>10</sub>/SO<sub>2</sub> oranında  $\leftarrow 25$  aralığı esas alınarak yapılan analiz sonuçları Şekil 48'de verilmiştir.

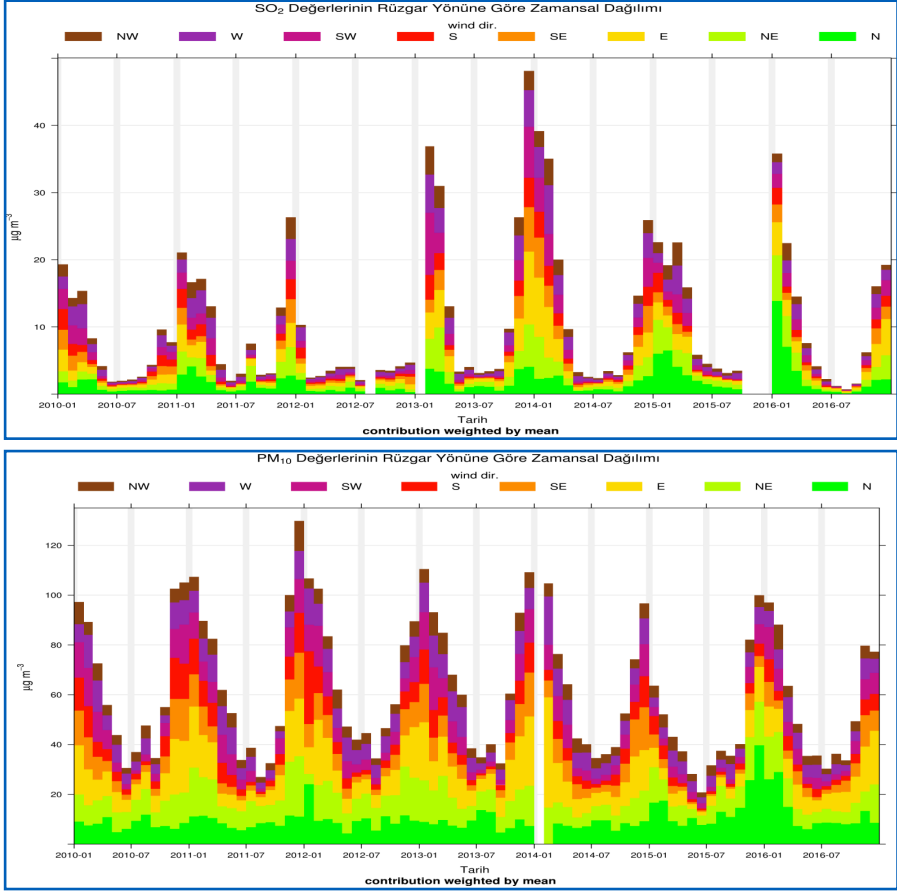


Şekil 48 Yıllık ve Aylık Kirlenmelerin Birbirine Oran Grafiği

Yıllar itibari ile; Sonbahar ve Kış mevsiminde PM10/SO2 oranının yaz mevsimine kıyasla 10 ve altı değerde kalması yerli kömür kullanımının yaygın olduğunu göstermekte olup SO2/PM10 değişim grafiği de bu durumu desteklemekle birlikte Kuzey, Kuzeydoğu ve Güneydoğu yönlerindeki yakın kaynak ile Güneybatı yönündeki uzak kaynaklarda yerli kömür kullanımı söz konusudur. Ayrıca yıllar itibari ile yerli ve ithal kömürün dönem dönem kullanıldığı özellikle 2012 yılında ağırlıklı olarak ithal kömürün kullanıldığı görülmüştür.

### 3.3. Meteorolojik Faktörlere Göre Ölçüm Sonuçlarının Analizi

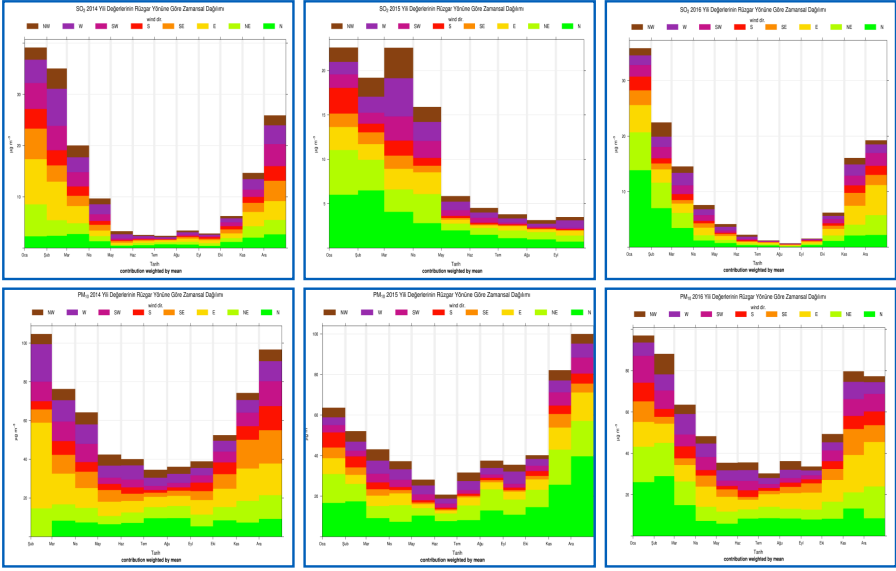
Her iki kirlenici parametrenin meteorolojik faktörlerle ilişki hava kirliliğine neden olan kaynağın belirlenmesinde önemli bir faktör olduğundan 17070 kodlu istasyondan elde edilen rüzgâr hızı ve yönü verileri ile ölçüm sonuçlarının birlikte analizi Şekil 49'da verilmiştir.



Şekil 49 Kirlenicilerin rüzgâr yönlerine göre dağılım grafiği

Şekil 49'da görüldüğü üzere; her iki kirlenici parametre için gerek yaz gerekse kış döneminde en düşük konsantrasyon değerlerinde Kuzeybatılı ve Güneyli rüzgârlar hakimdir. Her iki kirlenicinin yüksek konsantrasyonları kış

döneminde görülmekte olup Kuzey, Kuzeydoğu ve Doğulu rüzgarlar hakimdir. 2014-2016 dönemi için; rüzgar yönüne göre konsantrasyonların aylık değişimi analiz edilmiş olup; sonuçları Şekil 50’de verilmektedir.

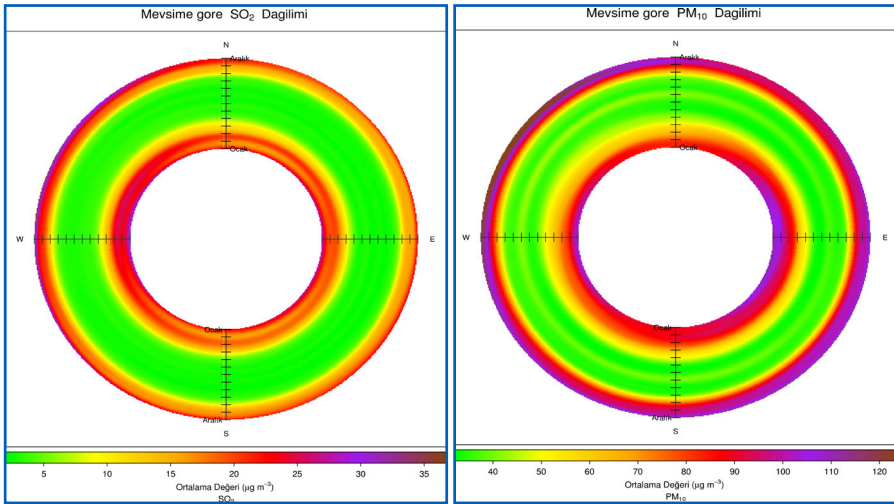


Şekil 50 Aylık Kirlenimlerin rüzgar yönüne göre değişim grafiği

Aylık olarak konsantrasyonların değişiminde;

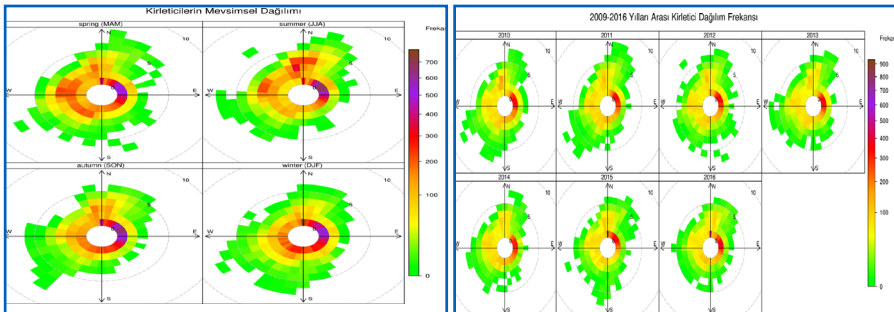
- Her iki kirlenim parametresinin düşük konsantrasyon değerlerinde Kuzeybatı ve Güney yönlü rüzgarların ve özellikle yaz aylarında güneyli ve güneydoğulu rüzgarların hakim olduğu,
- SO2 parametresinde Ocak 2016 döneminde gözlenen yüksek konsantrasyonların tüm yönlerden gelen rüzgarların etkisinde olduğu ancak, Kuzeyli ve Kuzeydoğulu rüzgarların yüksek frekansta gözlemlendiği,
- SO2 parametresinde 2016 yılında 40 µg/m<sup>3</sup> değerler ölçülürken, 2015 yılında en yüksek değer 30 µg/m<sup>3</sup> olarak görülmektedir.
- PM10 parametresinde 2014-2015 yılının frekanslarının ve konsantrasyonlarının benzer özellik gösterdiği ancak 2015 yılında Ocak-Mart döneminde azalmaların olduğu, yaklaşık 30-40 µg/m<sup>3</sup> civarında konsantrasyonların değiştiği ve tüm yıllarda Kuzey ve Kuzeydoğulu rüzgarların frekansının yüksek olduğu, aynı zamanda biraz da Doğulu rüzgarların etkili olduğu tespit edilmiştir.

Kirleticilerin rüzgar yönüyle ilişkilendirilmesini farklı bir açıdan ele alan değerlendirilmenin sonuçları Şekil 46'da verilmiştir. Halka grafikte görüldüğü üzere; SO<sub>2</sub> ve toz emisyonları kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksek konsantrasyondadır. SO<sub>2</sub> parametresinin sadece kış aylarında batı ve kuzeybatı daha fazla olmakla birlikte genellikle tüm yönlerden gelen rüzgarla konsantrasyon daha yüksektir. PM<sub>10</sub> parametresinin ise kış ayları konsantrasyonu yaz aylarından yüksek olup batı ve kuzeybatı yönlerinde 120 µg/m<sup>3</sup> geçtiği diğer yönlerde ise 100-110 µg/m<sup>3</sup> aralığında seyrettiği görülmektedir.



Şekil 51 Kirleticilerin mevsimsel Dağılımı Grafiği

Kirleticilerin gerek mevsimsel gerekse yıllara göre frekans dağılımının rüzgâr yönüyle ilişkisi Şekil 52'de yer almaktadır.

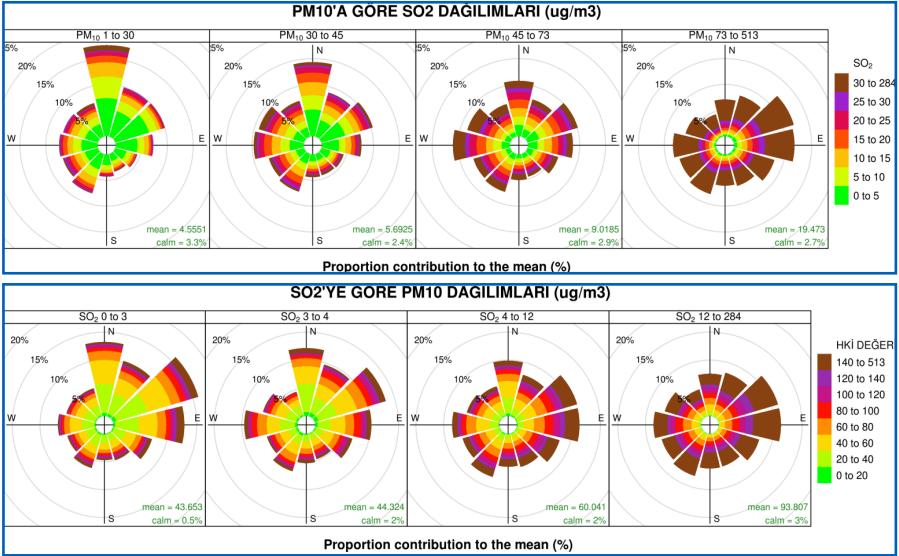


Şekil 52 Kirleticilerin mevsimsel ve yıllık değişim grafiği



Şekil 52 analiz edildiğinde; her mevsimde kuzey, kuzeydoğu ve doğulu rüzgarlar yüksek frekanstadır. Orta frekansta ise her yönlü rüzgarların etkisinin olduğu söylenebilir. Sonbahar ve Kış mevsimlerinde Kuzey ve Kuzeydoğu rüzgârlar yüksek frekansta seyrederken sonbahar ve kış mevsiminde söz konusu yönlere ilaveten Batı yönünde de yüksek frekanslar olduğu görülmektedir. Yıllara göre değişimde tüm yıllarda 500 frekans aralığında Kuzeydoğu rüzgârlar görülürken, 0-100 frekans aralığı tüm yönlerde ve tüm yıllarda görülmüştür. Ayrıca ölçüm dönemi boyunca rüzgâr hızlarının 0 – 3 m/s aralığında olduğu yer yer görülen 4 - 5 m/s aralığının az olması sebebiyle grafikte o bölgeler kesikli olarak görülmektedir.

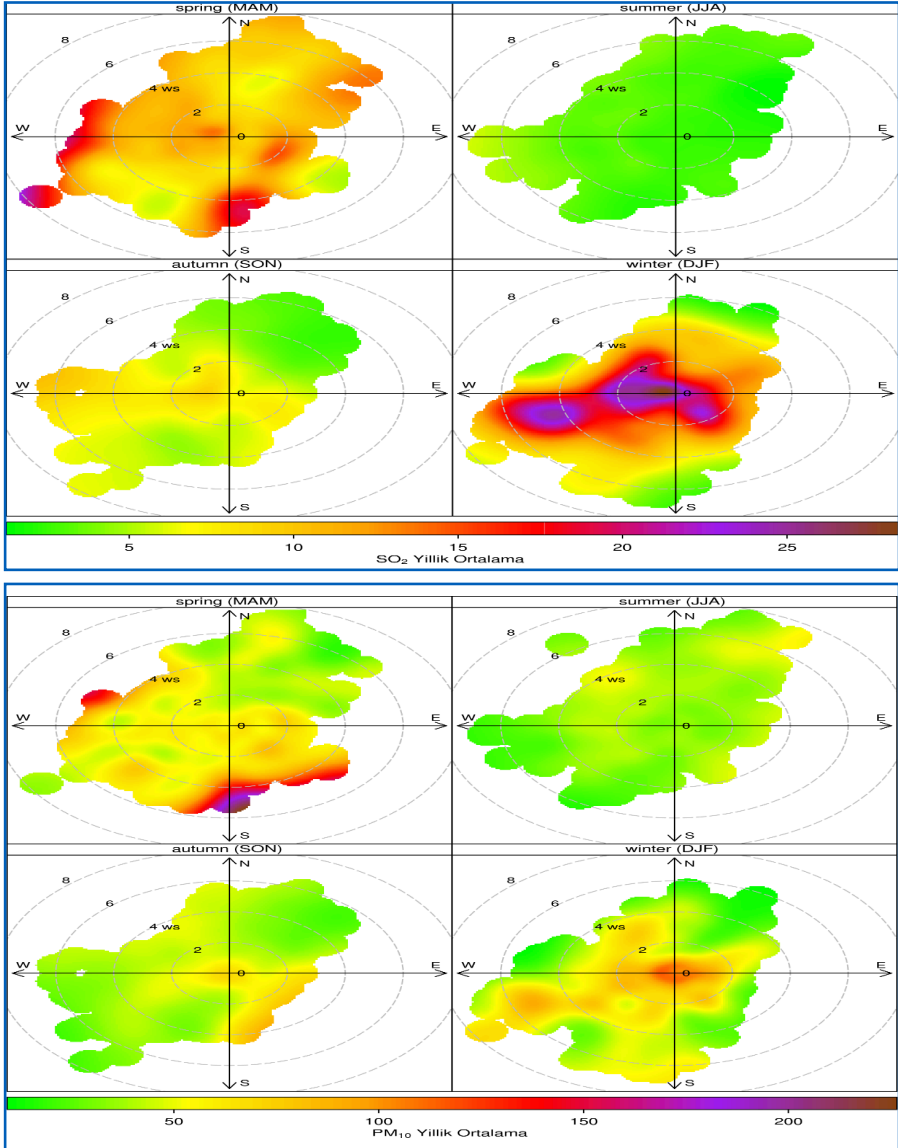
Kirleticilerin birbirlerine göre dağılımlarının hava kalitesi indeks göstergelerine göre değerlendirmesini içeren analiz sonuçları Şekil 53'de verilmiştir.



Şekil 53 Kirleticilerin birbirlerine göre dağılımı grafiği

SO2'nin en düşük konsantrasyon değerlerinde; PM10 ortalaması 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olup, %7 sıklıkla kuzey ve kuzeydoğu rüzgarlarda HKI'nin 'İYİ' aralığı gözlenmiştir. SO2'nin yüksek konsantrasyon aralıklarına gidildikçe HKI'de 'SAĞLIKSIZ' ve 'KÖTÜ' değerler oluşmuştur. PM10'un en düşük değerleri olan 1-30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  te SO2 nin ortalama değerinin 4,55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğu, %12 sıklıkla 'İYİ' indeks aralığının gözlendiği, PM10'un 1-30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aralığından itibaren %2 sıklıkla SO2'nin 'TEHLİKELİ' düzeye geçtiği ve PM10 ortalaması arttıkça

bu oranın arttığı tespit edilmiştir. Hakim rüzgar yönü dikkate alınarak kirleticilerin dağılım yönlerini gösteren kirlilik gülü hazırlanmış olup sonuç Şekil 54’de verilmiştir.



Şekil 54 Kirleticilere göre kirlilik gülü

Sonuçlar analiz edildiğinde;

#### İlkbahar mevsiminde;

- SO<sub>2</sub> değeri; rüzgar hızının düşük değerlerinde genel olarak kuzeybatı yönünden etkilendiği, bununla birlikte rüzgar hızı arttıkça kuzeybatı, güney, güneybatı, güneydoğu ve doğulu kaynaklardan etkilendiği ve SO<sub>2</sub> aralığının 15-20 arasında olduğu gözlenmektedir.
- Güneybatı yönünde 7-8 m/sn hızlarda SO<sub>2</sub> değeri 20-25 aralığına ulaşmıştır.
- PM<sub>10</sub> değeri; en yüksek 200 µg/m<sup>3</sup> değerine güney yönünden ve 5-6 m/sn rüzgar hızlarında ulaşmaktadır. Yine 4-6 m/sn hızlarında iken güney, güneydoğu, güneybatı ve kuzeybatı yönlerinde 150 µg/m<sup>3</sup> değerlerinde yüksek konsantrasyonlar gözlenmektedir.

#### Yaz mevsiminde;

- SO<sub>2</sub> değeri; genel olarak 6 µg/m<sup>3</sup> değeri altında seyretmektedir. Rüzgar hızının 6-8 m/sn aralığına çıktı yönler kuzeydoğu ve güneybatıdır.
- PM<sub>10</sub> değeri, tüm yönlerdeki rüzgar hızlarında ağırlıklı olarak 0-60 aralığında kalmıştır.

#### Sonbahar mevsiminde;

- SO<sub>2</sub> değeri; tüm yönlerde farklı hızlarda 0-10 aralığında görülmektedir.
- PM<sub>10</sub> değeri; 1 m/s hızında tüm yönlerde 50-100 µg/m<sup>3</sup> aralığında olup; güneydoğu yönündeki rüzgarlarda 50-100 değeri arasında 0-5 m/sn hızlarda olduğu görülmüştür.

#### Kış mevsiminde;

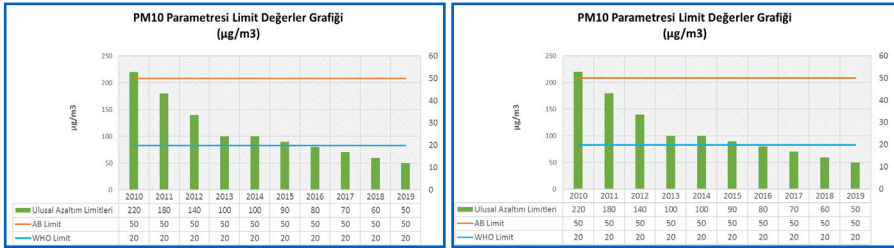
- SO<sub>2</sub> değeri; tüm yönlerdeki rüzgarlarda en düşük hızlarda en yakın kaynaktan etkilendiği ve yüksek konsantrasyon değerlerine ulaşıldığı, güneybatı yönünde 3-5 m/sn hızında ve güneydoğu yönlerinde 0-2 m/sn hızlarında da yüksek konsantrasyon değerlerinin olduğu görülmektedir.
- PM<sub>10</sub> değerinin, tüm yönlü rüzgarlarda düşük hızda 100-120 değeri arasında olduğu görülmüştür.

tespit edilmiştir.

#### 4. Ölçüm Sonuçlarının Mevzuat Esaslarına Göre Analizi

Bilindiği üzere 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nin temel amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kirleticileri, esas olarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır. Söz konusu yönetmelikte hava kalitesinin izlenmesi gereken kirletici parametrelerin zaman süreçlerine göre limit değerleri tanımlanmıştır.

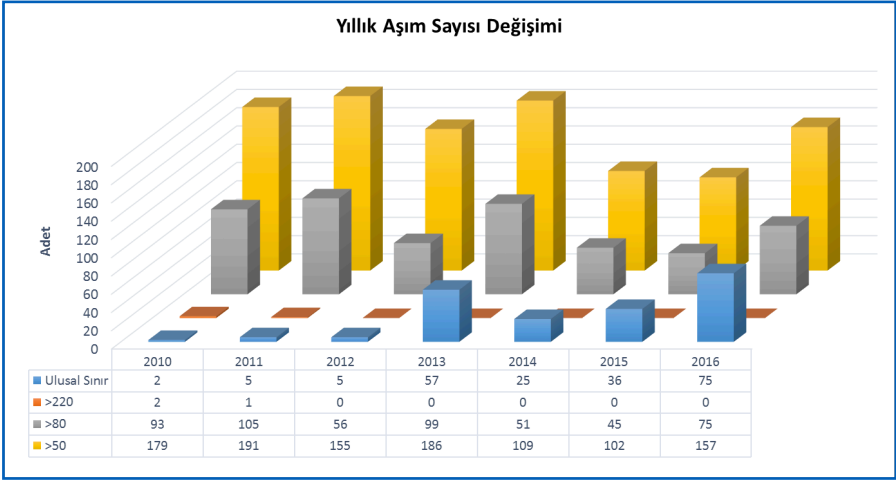
Analiz dönemini içeren 2010-2016 dönemine ait kirletici parametre bazındaki yıllara göre mevzuatta tanımlı limit değerler grafiği Şekil 54 te verilmiştir.



Şekil 55 Mevzuatta Yer Alan SO2 ve PM10 Sınır Değerleri ve Uyarı Eşikleri

Mevzuatta tanımlı limit değerler AB limit değerlerine ulaşmaya kadar Ülkemizdeki hava kirliliği kaynaklarının mevcut alt yapısı esas alınarak belirlenmiş olup, yıllar itibari ile bir azaltım uygulanarak SO2 için Ülkemizde 2010 yılında günlük limit değer 340 µg/m3 ve PM10 için ise 220 µg/m3 iken 2019 yılında SO2 için AB limit değerleri olan 125 µg/m3 ve PM10 için ise 50 µg/m3 değerlerine ulaşılması hedeflenmiştir.

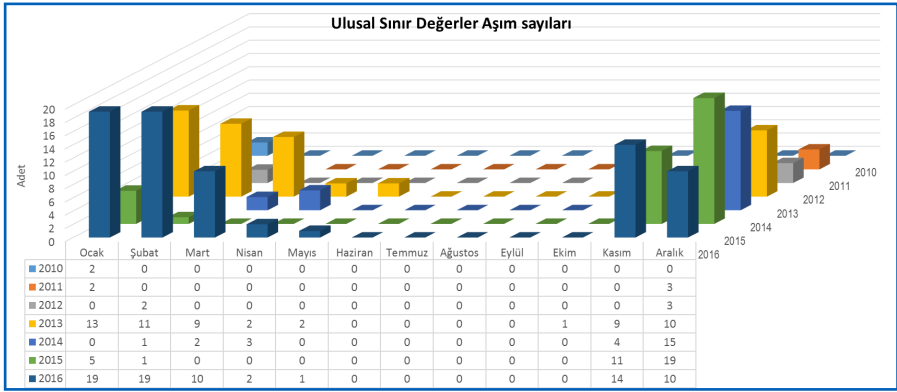
Bartın ilinde ölçümü gerçekleştirilen söz konusu parametrelerin yıllar itibari ile HKDY Yönetmeliğinde SO2 için tanımlı saatlik ve günlük limit değer ile PM10 için tanımlı günlük limit değerleri aşım sayıları incelenmiş olup sonuçlar Şekil 56'da verilmiştir. Bartın ilinde SO2 parametresinde saatlik ve günlük limit değerler aşılmadığından değerlendirme PM10 üzerinden yapılmıştır.



Şekil 56 Yıllık Aşım Sayısı Grafiği

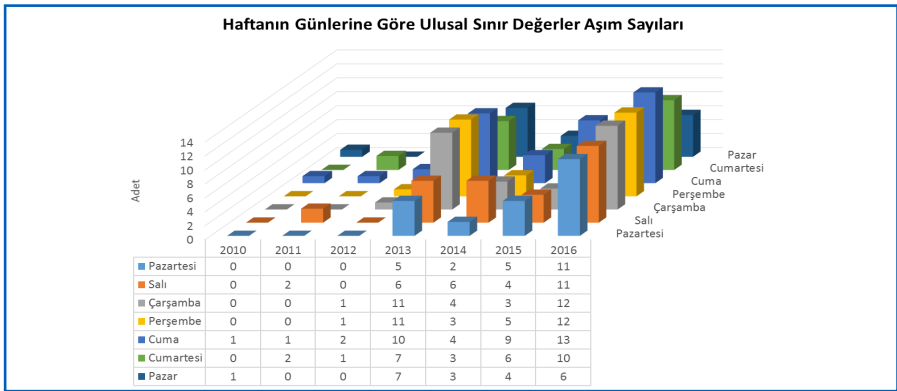
Şekil 56'da görüldüğü üzere Ülkemizde uygulanan ve yıllar itibari ile sürekli azalan limit değerlerin aşım sayılarında yıllar içerisinde artış gösterdiği görülmektedir. HKDY Yönetmeliğinden aşım sayıları içinde esaslar tanımlanmış olup, bu toz parametresi için yılda 35 keredir. Şekil 52'da verilen aşım sayıları bu çerçevede incelendiğinde; 2013, 2015 ve 2016 yıllarında bu değerlerin aşıldığı aşıkardır. Aşım sayısının ildeki hava kirlilik düzeyine mi yoksa aşım sayısındaki azalma oranına mı bağlı olduğunu netleştirmek için 2010 yılı limit değeri  $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile 2016 yılı limit değeri olan  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  için yapılan analizde grafikte görüldüğü üzere Yıllara göre geçerli olan ulusal limit değerle paralellik göstermesi ildeki hava kalitesi düzeyindeki aşımın limit değerinin yıllara göre azalımından çok kaynaklar nedenli hava kirliliği sorunu olduğunun göstergesidir. Bu durum grafikte görülen 50 limit değeri için 2019 yılında ilde sıkı kontrol tedbirlerinin uygulanması zorunluluğunda beraberinde getirmektedir. Yıllar içerisindeki aylık değişim analiz sonuçları sonuçlar Şekil-57'de verilmektedir.





Şekil 57 Yıllara Göre Aylık Aşım Sayısı Değişim Grafiği

Şekil de görüldüğü üzere yıllar itibari ile sınır değere bağlı olarak aşım en çok 2016 yılının kış aylarında olmuştur. Sınır değerini düşeceğini göz önünde bulundurursak ilde baskın hava kirliliği olarak kaynağında ısınmanın etkisinin görüldüğü, hava kirliliğinin azaltılmasında keskin tedbirlerin alınmasını da kaçınılmaz kılmaktadır. Aşım sayılarının haftanın günlerine göre analiz sonuçları Şekil 58'de yer almaktadır.



Şekil 58 Haftanın Günlerine Göre Yıllar İtibari İle Ulusal Limit Değer Aşım Sayıları Sayısı Değişim Grafiği

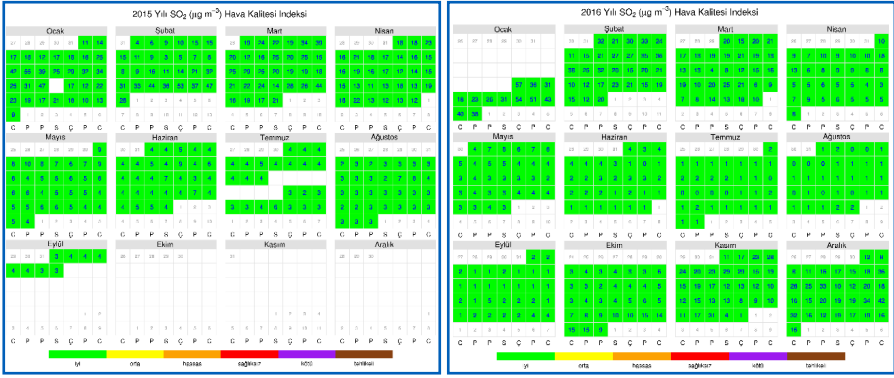
Şekil de görüldüğü üzere yıllar itibari ile farklılık göstermekte birlikte Çarşamba, Perşembe ve Cuma günlerinde diğer günlere oranla biraz daha fazla aşım gözlenmiştir.

Farklı kirlenmelerle ilgili limit değerlerin dışında hava kalitesi düzeyi hakkında

kamuyunun bilgilendirmesi amacıyla kullanılan ve Hava Kalitesi ve Yasal Yükümlülükler bölümünde detaylı olarak açıklanan Hava Kalitesi İndeksi kullanılmaktadır. Ülkemizde bu amaçla oluşturulan Ulusal Hava Kalitesi İndeksine göre 2010-2016 dönemi için her iki parametrenin zaman takvimi için hazırlanan indeks grafikleri Şekil 59'ta verilmektedir.







Şekil 59 Kirlenmelerin Takvimsel Grafiği

Şekil 59'da görüldüğü üzere; 2010-2016 döneminde tüm aylarda SO<sub>2</sub> parametresi HKİ indeks değeri 0-50 aralığına tekabül eden yeşil ( İYİ )' dir. PM10 parametresinde ise; yaz aylarında HKİ indeks değeri İYİ koşulunda iken, kış aylarında ise HASSAS SAĞLIKSIZ ve yer yer KÖTÜ koşulu ortaya çıkmıştır. HKİ indenks göstergesinin mevsimsel farklılıkları kaynakların etkisini bariz bir şekilde ortaya koymaktadır.



## 5. EPİSOT DÖNEMLERİNİN ANALİZİ



Hava kirliliğinin etki eden faktörlerle ilişkilendirilmesinde konsantrasyonların sınır değeri aştığı tüm dönemlerin meteorolojik koşullarla ilişkilendirilmesindeki zaman ve uygulama zorlukları göz önünde bulundurularak yüksek konsantrasyonların oluştuğu kritik dönemler(episot) belirlenerek bir çalışma yapılmıştır. Kirlenici konsantrasyonundaki artışlar bazen meteorolojik faktörlere bağlı olarak dönemsel artış gösterirken bazen de bölge yakındaki yangın, kimyasal patlama vs. bağlı olarak artış göstermektedir. Sıcaklık, basınç ve rüzgar gibi meteorolojik parametreler kirlenicilerin dağılımında önemli bir etkiye sahip olması sebebiyle episot günleri incelenirken bölgenin sinoptik analizi yapılmış ve kirlenici yoğunluğunun artmasının sebepleri araştırılmıştır. Ayrıca meteorolojik parametrelerin kirlenici dağılımında hesaba katıldığı 'HYSPLIT' programı kullanılarak bölgesel ölçekteki kirliliğin kaynağı 3 günlük geri yörünge analizi yapılarak araştırılmıştır.

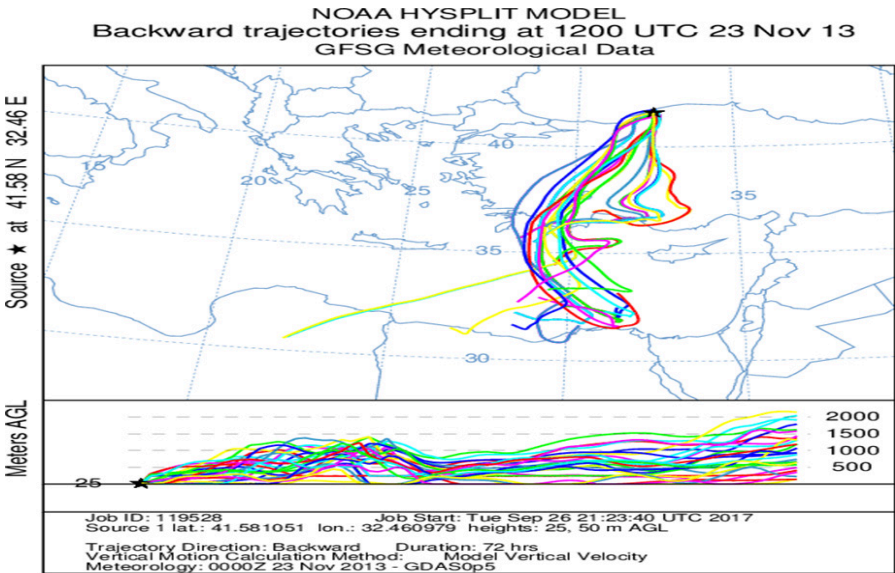
Yapılan çalışmada episot günler seçilirken Tablo'da verilen yıllara göre PM10 hava kalitesi sınır değerleri referans alınmıştır. Seçilen günlerde karşılaşılabilirliği için genellikle yaz ve kış mevsimlerine ait tarihler tercih edilmiştir. Meteorolojik parametrelerin farklılık gösterdiği yaz ve kış aylarında kirlenici konsantrasyonunun da farklı değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Seçilen tarihler için çalışma alanları tek tek incelenmiştir. Birden fazla ilin etkilendiği periyodik günler de ayrı olarak tarih şeklinde ve 3 noktalı HYSPLIT yörünge analizi yapılarak kirlilik kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu tarihler ve etkili oldukları iller aşağıda verilmiştir.

Tarih	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Bartın için yapılan incelemede yıllara göre değişen kirletici sınır değerleri göz önüne alındığında ekstrem değerlere sahip olan
23 Kasım 2013	202.1	
15 Aralık 2012	209.3	

günler belirlenmiş olup meteorolojik analizi gerçekleştirilmiştir. Ankara ile karşılaştırıldığı zaman nüfus yoğunluğu, topografik etkiler vs. açısından farklılıklar gösteren Bartın kirletici yoğunluğu açısından daha az kirlilik değerlerine sahiptir. Kasım ve Aralık ayı bu anlamda kirletici yoğunluğunun en fazla olduğu aylar olarak ön plana çıkmıştır. Gözlemlenen artış meteorolojik faktörler göz önüne alınıp yorumlanmıştır. Bu amaçla PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonunun yüksek olduğu tarihler sıcaklık, basınç ve rüzgar haritaları göz önüne alınarak incelenmiştir. Ayrıca taşınan kirlilik yörünge analizine tabi tutulmuştur. 3 günlük geri yönde yörünge analizi sayesinde kirliliğin taşınım yönü tespit edilmiştir. Bartın'da aşırı kirliliğin gözlemlendiği günler aşağıda verilmiştir.

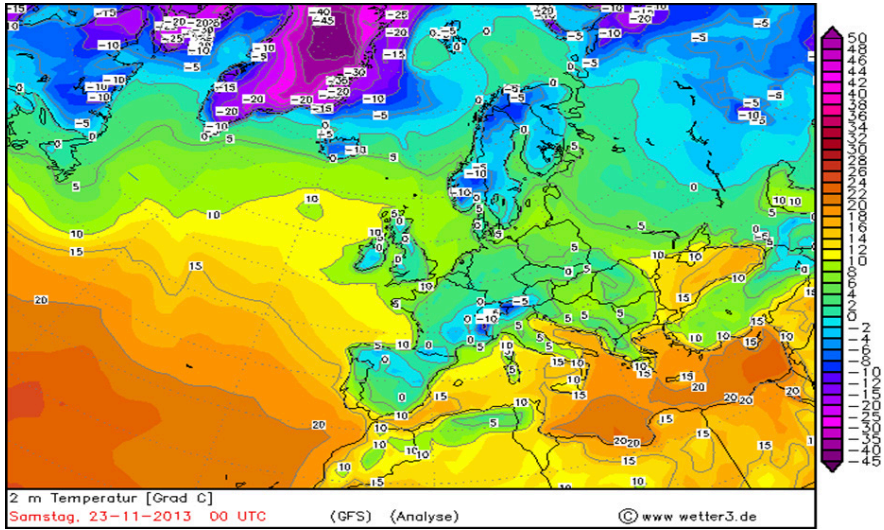
### 1-| 23 Kasım 2013

23 Kasım 2013 tarihi için 12 GMT'deki havanın geri yönde 3 günlük yörünge si incelendiğinde kirliliğin kaynağının Mısır olduğu görülmektedir. 23 Kasım 2013 tarihine ait yörünge analizi haritası ve bölgede etkili olan rüzgar pater-nine bakıldığında Mısır üzerinde etkili olan kuzey batılı rüzgarlarla birlikte taşınımın gerçekleştiği söylenebilir.



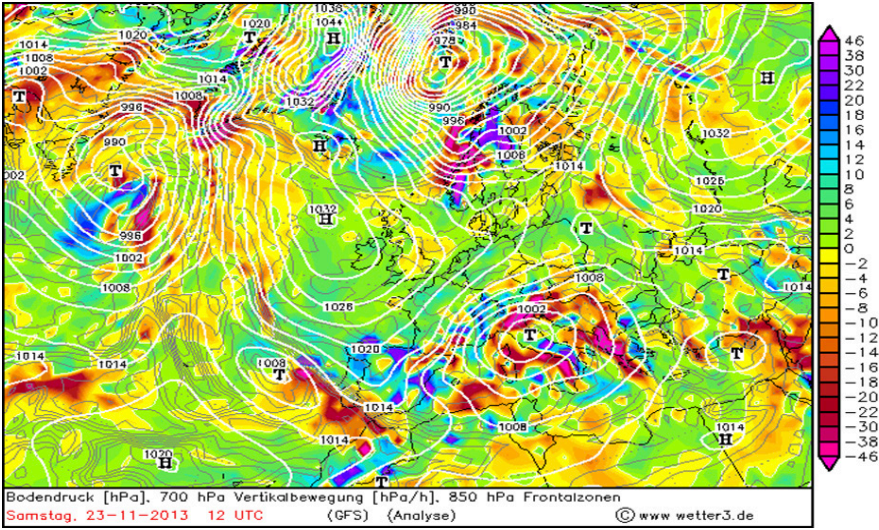
Şekil 60 23 Kasım 2013 Bartın İçin 3 Günlük Geri Yönde Yörünge İncelemesi





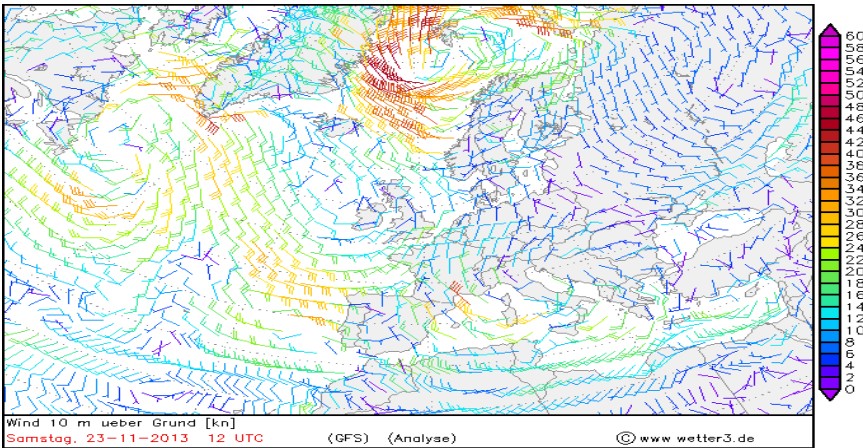
Şekil 61 23 Kasım 2013 Bartın İçin 3 Günlük Geri Yönde Yörünge İncelemesi

23 Kasım 2013 tarihinde hava sıcaklığının bölgede 00 UTC itibarıyla 15 °C olarak gözlemlenmiştir (Şekil 61). Aynı tarihlerde Ankara için hava sıcaklığı aynı saatlerde 10°C dir. Sıcaklık farkı her iki şehrin farklı iklimsel özelliklere sahip olmasından ve Bartın'ın Karadeniz'e kıyısı olmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Bölgenin denize kıyısı olması Bartın'ın havasını yumuşatmaktadır. Gece sıcaklığının çok düşük olmaması ısınma amaçlı yakıt kullanımının daha az olmasına neden olmaktadır dolayısıyla kirlenici emisyon salınımı daha az olmaktadır. Kış koşulları enverziyon oluşumu açısından elverişli olduğu için sıcaklık, basınç ve rüzgar haritaları incelendikten sonra enverziyon tespiti için Skew-T Log-P diagramı analiz edilmesi kirliliğin sebebinin anlaşılması açısından fayda sağlayacaktır fakat bölge için Skew-T Log-P diyagramlarına ulaşılamamıştır.



Şekil 62 23 Kasım 2013 basınç eş değışim dağılımı

23 Kasım 2013 tarihi için 12 UTC de basınç eş değışim dağılımına göre bölgede alçak basıncın hakim olduğu görülmektedir (Şekil 62). 23 Kasım tarihinde bölgede hakim olan yükselici hava hareketi bölgede mevcut olan kirliliği azaltıcı yönde etki etmektedir. Bartın içinde değerlendirildiğinde PM10 değerindeki değer son olarak rüzgar şiddeti ve yönü incelenerek açıklanmaya çalışılacaktır.

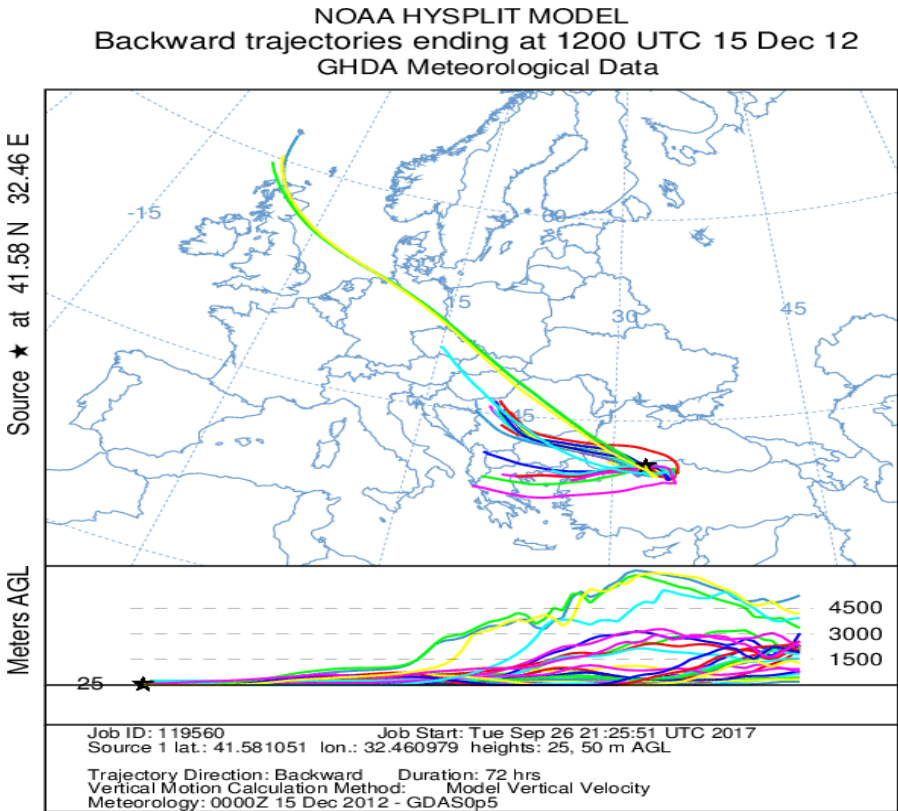


Şekil 63 23 Kasım 2013 rüzgar şiddet ve yönleri dağılımı

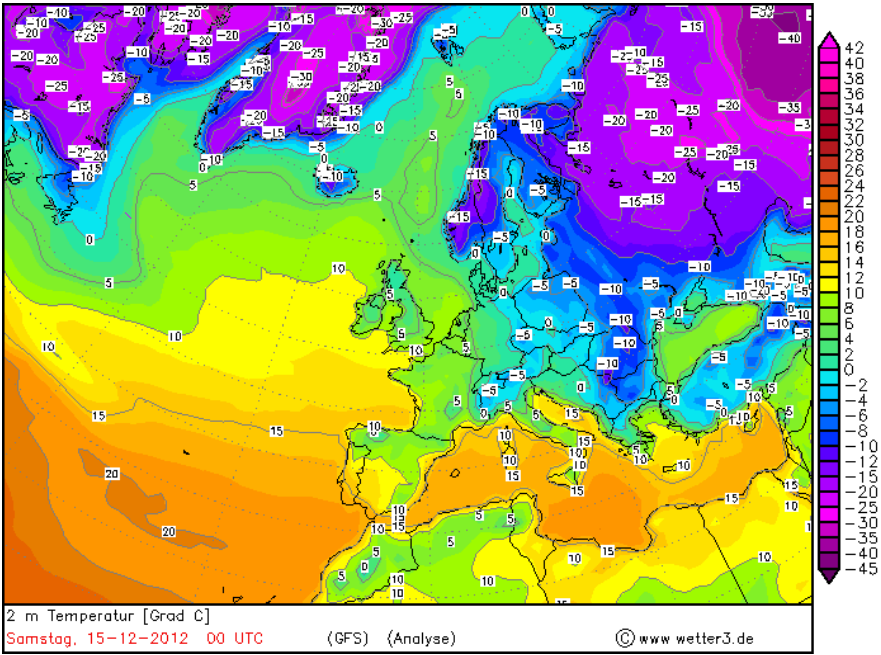
23 Kasım 2013 tarihinde çalışma bölgesi için rüzgar hızı haritası incelendiğinde bölgede sakin bir havanın olduğu görülmektedir (Şekil 63). Rüzgar güneybatı yönünden 2 knot ile esmektedir. Bölgede sakin esen rüzgar bölgede halihazırda bulunan kirliliği dağıtıcı etkiye sahip değildir.

## 2-) 15 Aralık 2012

15 Aralık 2012 tarihi için 12 GMT'deki havanın geri yönde 3 günlük yörüngesi incelenmiştir. Kirliliğin büyük bir bölümü Romanya, Sırbistan ve Karadağ ülkelerinden gelirken çok az bir kısmının İngiltere üzerinden gelerek Bartın'a etki ettiği görülmektedir. Bu tarihte aynı zamanda rüzgar yönü ve hızını içeren harita da incelendiğinde rüzgar yönünün kirlilik taşınımında büyük katkı sağladığı görülmektedir.



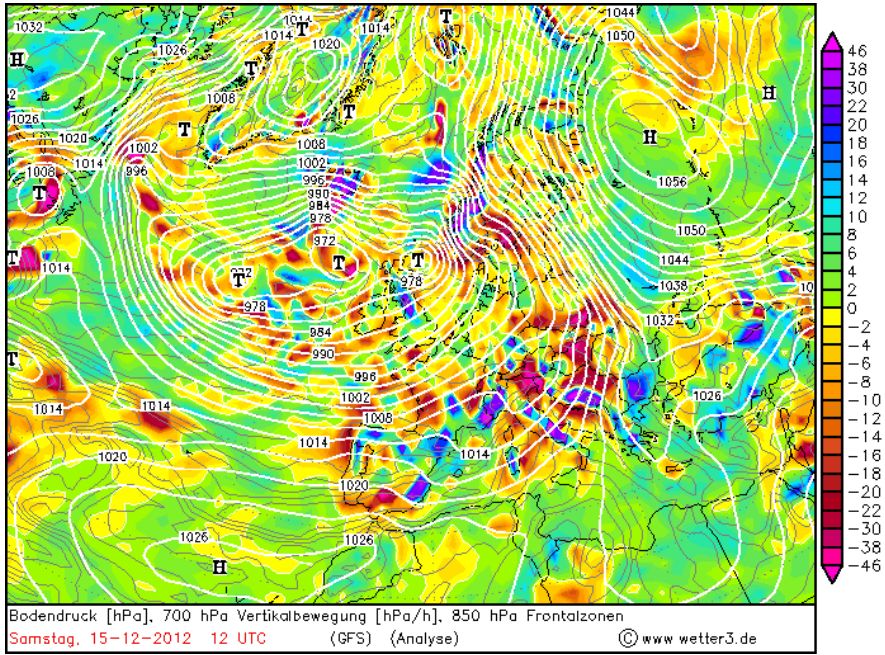
Şekil 64 15 Aralık 2012 Bartın İçin 3 Günlük Geri Yönde Yörünge İncelemesi



Şekil 65 15 Aralık 2012 sıcaklık eş değişim dağılımı

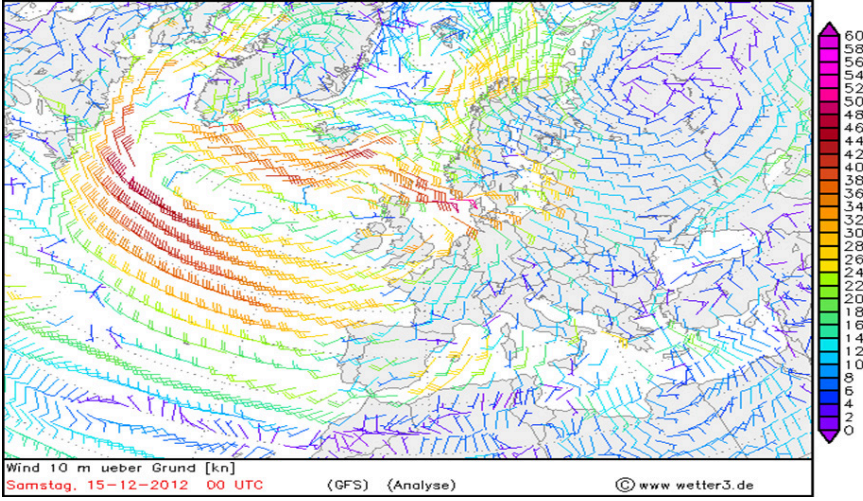
15 Aralık 2012 tarihinde hava sıcaklığı bölgede 00 UTC itibariyle 0 ile 5 °C arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 62). Aynı tarihlerde Ankara için hava sıcaklığı aynı saatlerde -5°C dir. Gece sıcaklığının kasım ayına göre düşüş göstermesi ısınma amaçlı yakıt kullanımından dolayı kirletici emisyon salınımı daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Kış koşulları enverziyon oluşumu açısından elverişli olduğu için sıcaklık, basınç ve rüzgar haritaları incelendikten sonra enverziyon tespiti için Skew-T Log-P diyaframı analizi yapılması çok faydalı olacaktır fakat diyafram Bartın için elde edilemediğinden analizi raporda gerçekleştirilememiştir.





Şekil 66 15 Aralık 2012 basınç eş değişim dağılımı

15 Aralık 2012 tarihi için 12 UTC de basınç eş değişim dağılımına göre bölgede yüksek basıncın hakim olduğu görülmektedir (Şekil 50). Bu tarihte bölgede hakim olan alçalcı hava hareketi bölgede mevcut olan kirliliği artırıcı yönde etki etmektedir. Sıcaklık ve basınç haritaları incelendiğinde 15 Aralık 2012 tarihinde 209.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olan PM10 değerinin 23 Kasım 2013 tarihinde 202.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  değerinden büyük olmasının sebepleri anlaşılmaktadır. Bartın içinde değerlendirildiğinde PM10 değerindeki değer son olarak rüzgar şiddeti ve yönü incelenerek açıklanmaya çalışılacaktır.



Şekil 67 15 Aralık 2012 rüzgar şiddet ve yönleri dağılımı

15 Aralık 2012 tarihinde çalışma bölgesi için rüzgar hızı haritası incelendiğinde bölgede sakin bir havanın olduğu görülmektedir (Şekil 67). Rüzgar güneydoğu yönünden 6 knot ile esmektedir. Bölgede sakin esen rüzgar bölgede halihazırda bulunan kirliliği dağıtıcı etkiye sahip değildir.

## 2-) BİR DEN FAZLA İLİN ETKİLENDİĞİ DURUMLAR

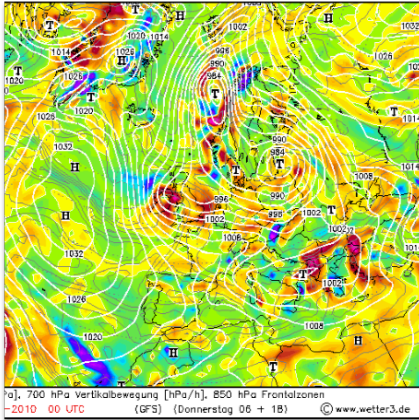
Bu rapor kapsamında tespit edilen episot dönemlerin aynı anda birden fazla etkilenen illerin dönemleri belirlenmiş olup sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tarih	İller
19-23 Ocak 2015	Düzce, Bolu, Karabük, Kütahya
7-10 Ocak 2010	Kırşehir, Kırıkkale, Karabük, Çankırı
29-31 Ocak 2010	Kastamonu, Çankırı, Bartın
20-25 Aralık 2013	Bolu, Zonguldak, Düzce
29-30 Kasım-1-2 Aralık 2010	Yozgat, Kırşehir

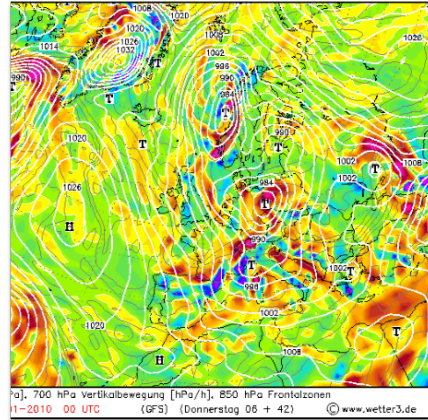


**29-31 OCAK 2010**

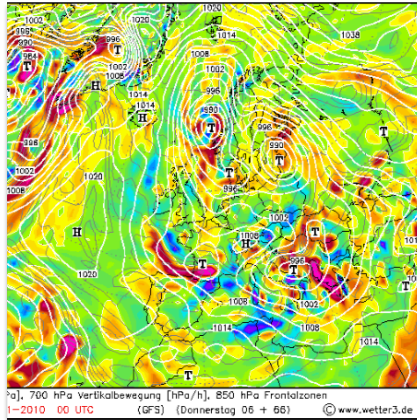
**29 Ocak basınç**



**30 Ocak basınç**

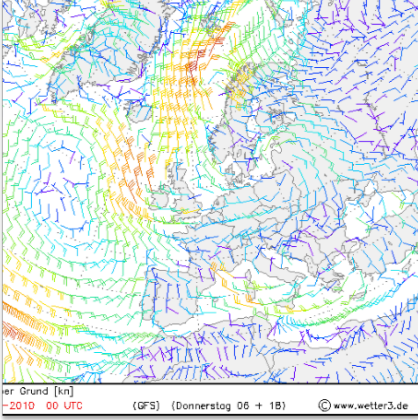


**31 Ocak basınç**

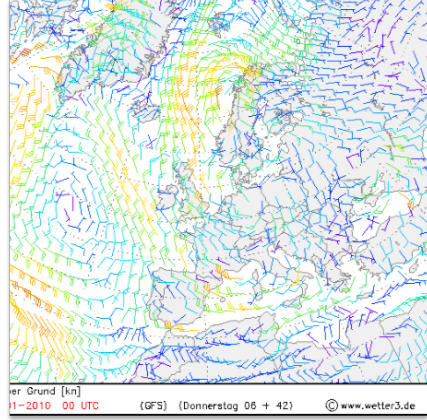


Şekil 68 Basınç Eş Değişim Dağılımı

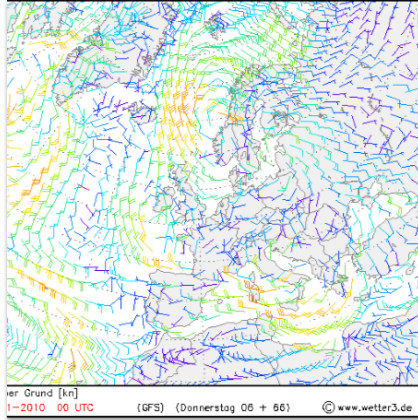
### 29 Ocak rüzgar



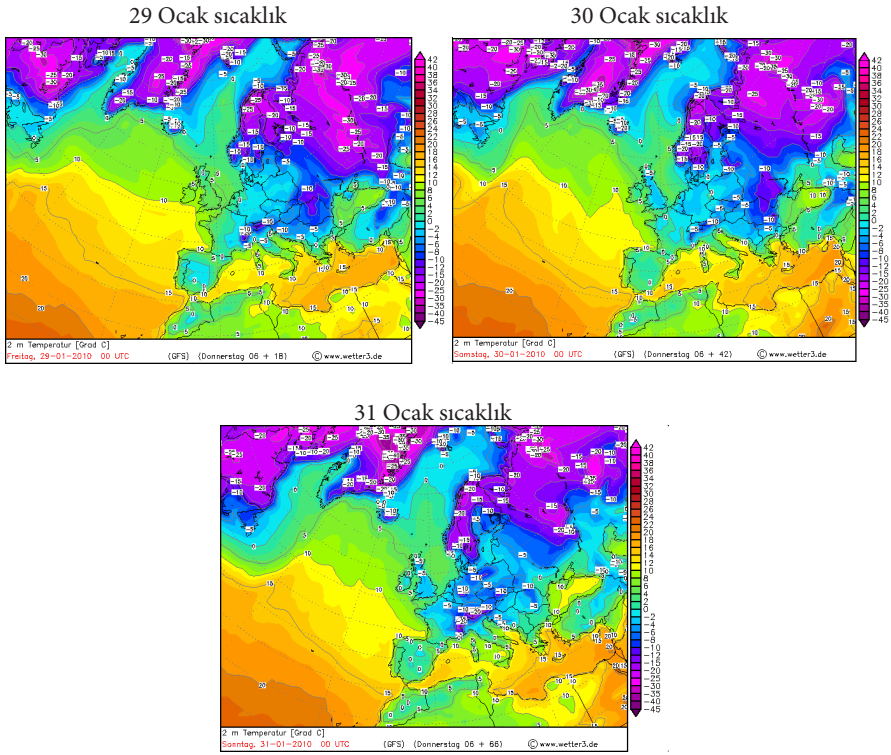
### 30 Ocak rüzgar



### 31 Ocak rüzgar



Şekil 69 Rüzgar Şiddet ve Yönleri Dağılımı



Şekil-70: Sıcaklık Eş Değişim Dağılımı

HYSPLIT model çıktılarının görülemediği için 29-31 Ocak periyodunda kirlenmelerin kaynağı net bir şekilde gösterilememiştir. Buna karşın, Kastamonu, Çankırı ve Bartın illerinde benzer hava şartları etkisini gösterdiğinden aynı hava paterninden etkilenmişlerdir. Yunanistan üzerinde bulunan alçak basınç merkezi sayesinde rüzgarlar Güneydoğuludur. Bunun bir sonucu olarak Afrika'dan toz taşınmış olabileceği, tahminler arasındadır. Aynı zamanda Türkiye üzerinde bir yüksek basınç varlığı görülmektedir.

## 6. HAVA KİRLİLİĞİNDE ETKEN KAYNAĞIN BELİRLENMESİ

İlin topografik yapısı ile ağırlıklı olarak kış dönemlerinde gözlenen yüksek basınç ve düşük rüzgar hızlarındaki meteorolojik faktörler özellikle kış döneminde yaşanan hava kirliliğinin daha fazla oranda hissedilmesine imkan tanımakla birlikte kış aylarındaki nem oranının yüksekliği bu dönemlerde daha yüksek oranlarda ortaya çıkabilecek toz salınımının daha da düşmesine neden olmaktadır. Ölçüm sonuçlarının yıllar itibari ile dalgalı olmakla birlikte azalım eğilimi de göstermesinin geçmiş yıllarda merkezdeki mahallelerde ısınma döneminde yüksek oranda kullanılan katı yakıtın yerini doğalgaza bırakması ancak mahallelerde yıllar itibari ile konut sayısındaki artışla birlikte hala katı yakıt kullanımının devam etmesi birincil kaynağın etkisini net olarak ortaya koymaktadır. Bu duruma örnek olarak istasyon konumunun kuzey yönündeki Tuna mahallesinde 2013 yılında katı yakıt kullanımı %100 iken 2016 yılında doğalgazın yaygınlaştığı katı yakıtın %56 seviyesine geldiği, Orduyeri mahallesinde Katı yakıt kullanımı %100 iken %60 seviyesine indiği; istasyonun Kuzeybatı yönünde yer alan Demirciler mahallesinde %99,5 seviyesinden %43,32 seviyesine indiği, Gölbucağı mahallesinde %99'dan %56 seviyelerine indiği görülmüştür. İstasyonun güneybatı yönündeki Karaköy mahallesinde ise doğalgaz kullanımı %68 seviyelerine gelmiştir. Kirletici parametrelerin zamansal değişim grafiklerinin aylık, saatlik konsantrasyon ve aşım sayılarının yakma saatleri ve kış aylarını göstermesinde ısınma kaynağının etkisini destekleyen diğer bir unsurdur. Kirletici parametrelerin yıllar itibari ile günlük konsantrasyonlarının birbirine oranını içeren analiz sonuçları ile aylık değişim grafiği geçmiş yıllarda katı yakıt kullanımının yüksek olduğunu desteklemektedir. Aylık değişim grafiklerinin analizinde özellikle ısınmanın etkisinin olmadığı yaz aylarında arkaplan toz değerlerinin  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  civarında olması önemli olan ikinci bir baskın kaynağın göstergesidir. Ölçüm sonuçlarının zamansal değişiminde özellikle sabah saatlerinden öğlen saatlerine kadar toz konsantrasyonlarının yüksek olması bu durumu desteklemektedir. Ayrıca haftanın günlerinde belirli günlerde konsantrasyonların diğer günlere oranla yüksek olması o günlerdeki farklı bir kaynağın varlığını ortaya koymaktadır. İstasyonun kuzeydoğu yönünden geçen D755 Devlet yolunun yakınlığı ve hakim rüzgar yönünde bulunmasının da ulaşımın da etkili olacağını gösterirken Güneydoğu, Güneybatı ve Kuzeybatı yönlerinde bulunan sanayi tesislerinin de diğer bir hava kirliliği kaynağı olacağını işaret etmektedir.



Hava kirliliği kaynaklarının yoğunluk saatleri referans alındığı hava kalitesi izleme istasyonunun temsil alanı içinde yer alan yakın kaynaklardan;

- Isınmanın toz emisyonundaki katkısı % 38 iken SO'nin katkısı %41,
- Ulaşımın toz emisyonlarındaki katkısı %29 iken SO2 nin katkısının %28,
- Sanayi sektörünün toz emisyonundaki katkısı %33 ve SO2 deki katkısının %31

olması ilde birincil kaynağın ısınma, ikincil kaynağın sanayi ve üçüncü kaynağında ulaşım olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca hakim rüzgar yönü ve kaynaklarla birlikte bu durum incelendiğinde; kış aylarında özellikle istasyon yakınındaki özellikle kuzey, doğu ve güneydoğu yönündeki mahalleler başta olmak üzere katı yakıt kullanan tüm yönlerdeki mahallelerin etkisinin yanı sıra güneybatı yönündeki devlet yolu ve sanayi tesisi gibi uzak kaynaklarında etkisinin olduğu söylenebilir.







## 7.KAYNAKLAR

1. Bartın Valiliği
2. www.nüfus.com.tr
3. Meteoroloji Genel Müdürlüğü,
4. www.cevreonline
5. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
6. CAFÉ Direktifi
7. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Bartın İl Çevre Durum Raporu (İÇDR),
8. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Çevre Durum Raporu,
9. TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS), İlçelere göre il/ilçe merkezi ve belde/köy nüfusu, 2013, www.tuik.gov.tr, TÜİK Nüfus ve Konut Araştırması
10. TÜİK Motorlu Kara Taşıtları Haber Bülteni,
11. TÜİK İllere Göre Motorlu Kara Taşıtları Sayısı,
12. Karayolları Genel Müdürlüğü
13. Aksa ve Kargaz Doğalgaz Dağıtım Şirketleri
14. 81 İl Durum Raporu, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı,
15. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Doğalgaz Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu, Sf:75-80, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı,
16. Unal Y,S. , Hüseyin Toros, Ali Deniz, Selahattin İncecik, 2011b, "Influence of meteorological factors and emission sources on spatial and temporal variations of PM10 concentrations in Istanbul metropolitan area", Atmospheric Environment, Vol. 31, No: 45, s, 5504-5513.
17. Soylu (2008) Hava Kirliliği Ders Notları, Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
18. Yıldırım Y (2012) Hava Kirliliği Ders Notları, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak
19. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2015, 1.A.4 Small Combustion
20. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2015, 1.A.3.b Road transportation

21. Cheng, K-S., Yeh, H-C, ve Tsai, C-H, (2000), An Anisotropic Spatial Modeling approach for remote sensing image rectification, Remote Sensing of Environment 73(1), 46-54, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00079-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00079-1)
22. Hava Kalitesi İzleme (<http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>)
23. Hyspilt 2014, Air Resources Laboratory, NOAA's Office of Atmospheric Research, National Oceanic and Atmospheric Administration,
24. Sayhan H. (2003) Kırşehir'de Kış Aylarında Görülen İncersiyon Olayının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri, G.Ü Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 1 (4), 29-54.
25. Toros, H. (2000), İstanbul'da Asit Yağışları, Kaynakları ve Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi
26. Toros, H., Erdun, H., Çapraz, Ö., Özer, B., Daylan, E. B., Öztürk, A. İ., 2013, Air Pollution and Quality Level in Metropolitan Turkey for Sustainable life, European Journal of Science and Technology, 1:1, 12-18.
27. Unal Y.S., Deniz A., Toros H., Incecik S., 2011a, "Temporal and spatial patterns of precipitation variability for annual, wet, and dry seasons in Turkey", International Journal of Climatology
28. [www.eea.europe.eu](http://www.eea.europe.eu)
29. <http://airnow.gov/index>
30. [https://www3.epa.gov/airnow/aqi\\_](https://www3.epa.gov/airnow/aqi_)
31. Ankara THM Ön Değerlendirme Raporu 2014
32. [cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr](http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr)















**T.C.  
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK  
BAKANLIĞI**

KUZEY İÇ ANADOLU  
TEMİZ HAVA  
MERKEZ MÜDÜRLÜĞÜ

Haymana Yolu 5. Km  
Gölbaşı / ANKARA

**[www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr)**

Tel : 0.312 498 21 50  
Faks : 0.312 498 21 66