

## Mikroklima Özelliğine Sahip İklim Koşullarında Meteorolojik Verilerle İlişkili Partiküler Kirlilik (PM<sub>10</sub>) Karakteristikleri: Iğdır Örneği

Aysun ALTİKAT<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Geliş / Received: 30/11/2018, Kabul / Accepted: 09/10/2019

### Öz

Bu çalışmada mikroklima özelliğine sahip Iğdır ilinde meteorolojik faktörlerin partiküler kirlilik (PM<sub>10</sub>) miktarındaki değişimleri bir yıllık zaman periyodunda mevsimsel olarak incelenmiştir. Araştırmada bağıl nem, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava basıncı ve hava sıcaklığı meteorolojik veriler; atmosferdeki PM<sub>10</sub> konsantrasyonu ise partiküler kirlilik düzeyi olarak dikkate alınmıştır. Faktörler parametrik olmayan özelliğe sahip olması nedeniyle Spearman's korelasyon testine tabi tutularak birbirleriyle olan değişimleri belirlenmiştir. Yapılan korelasyon testi sonuçlarına göre il genelinde PM<sub>10</sub> değişimine kış ve sonbahar dönemlerinde; hava basıncı ve rüzgâr hızı, ilkbaharda; nem ve rüzgâr yönü, yaz periyodunda ise; rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı en çok etkili olan meteorolojik parametreler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ortalama PM<sub>10</sub> miktarının kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar periyotlarında sırasıyla 164.7 µgm<sup>-3</sup>, 84 µgm<sup>-3</sup>, 117 µgm<sup>-3</sup> ve 181 µgm<sup>-3</sup> ve yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değerinin 182.23 µgm<sup>-3</sup> olduğu belirlenmiştir. Bu değer dikkate alındığında Iğdır ilindeki PM<sub>10</sub> düzeyinin, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinin belirlemiş olduğu 24 saatlik PM<sub>10</sub> limit değeri olan 50 µgm<sup>-3</sup>'den çok daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Bu aşım yılın tüm günlerinde gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PM<sub>10</sub>, iklim, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava basıncı

### Characteristics of Particulate Matter Pollution (PM<sub>10</sub>) and Their Relationships with Meteorological Elements in Micro-Climate Conditions: Example of Iğdır

### Abstract

In this study, in seasonal periods in one year, it was examined the relationship between the particulate matter (PM<sub>10</sub>) concentration and meteorological data at the micro-climate conditions in Iğdır province. For this purpose, it was evaluated relative humidity, wind direction, wind speed, air pressure and air temperature as meteorological data. In addition; the concentration of PM<sub>10</sub> in air was taken into account as particulate matter pollution degree. Spearman's correlation test was applied in the factors, owing to having non-parametric properties, to determine the relationship between the meteorological factors and PM<sub>10</sub> concentrations. The most effective meteorological parameters to the PM<sub>10</sub> level were determined air pressure and wind speed in the winter and autumn, air humidity and wind direction in the spring, and also wind direction and wind speed in the summer. In addition, average amount of PM<sub>10</sub> was found 164.7 µgm<sup>-3</sup>, 84 µgm<sup>-3</sup>, 117 µgm<sup>-3</sup>, and 181 µgm<sup>-3</sup> in winter, spring, summer and autumn periods, respectively, and also, the mean annual PM<sub>10</sub> value was 182.23 µgm<sup>-3</sup>. When this value is taken into consideration, it is concluded that the PM<sub>10</sub> level in Iğdır province is much higher than 50 µgm<sup>-3</sup>, which is the 24-hour PM<sub>10</sub> limit value determined by the air quality assessment and management regulation. This exceedance was observed during the year.

**Keywords:** PM<sub>10</sub>, climate, wind direction, wind speed, air pressure

## 1. Giriş

Iğdır, Doğu Anadolu Bölgesi'nin en doğusunda 39'-41' kuzey paralelleri ile 43'-45' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. İlin Ermenistan, Nahcivan ve İran ile sınırı olup yaklaşık 3585 m<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahiptir. Karasal iklim koşullarının gözlendiği ilde yıllık ortalama yağış ve ortalama sıcaklık sırasıyla, 256.4 mm ve 11.6°C'dir. Her ne kadar karasal iklim özelliğine sahip olsa da Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerinde görülen şiddetli kara ikliminden etkilenmez. Bunun en önemli nedeni çevresinde bulunan Ağrı Dağı (5137 m) gibi yüksek alanlara göre ilin alçakta (850 m) olmasıdır. Bu coğrafi konum sayesinde ilde mikro-klima özelliği gözlenmektedir. Bölgede yıllık ortalama basınç 916 mb, ortalama bağıl nem ise %63 civarındadır. İl genelinde çoğunlukla batı sektörlü rüzgâr yönü hâkimdir. Batı sektörlü rüzgârları kuzey rüzgârları ve az da olsa doğu sektörlü rüzgârlar takip etmektedir. Bozkır bitki örtüsüne sahip olan ilin yüksek kesimlerinde dağ stepi ve alpin çayırları mevcuttur. İlde orman niteliği taşıyan bölge bulunmamaktadır. Sadece Büyük ve Küçük Ağrı Dağları'nın kuzey bölümlerinde huş ağaçlarından oluşan küçük koruluklar vardır. Iğdır üç ülkeye sınırı bulunması, zengin biyolojik kaynakları, nispeten ılıman karakterde iklim özellikleriyle gelişmeye elverişli olmasına rağmen ilin çok ciddi çevresel problemleri bulunmaktadır. Bu problemlerden en önemlisi de yalnızca ısınma amaçlı yakıt tüketimine bağlanamayacak boyutlarda, yılın tamamını kapsayan hava kirliliğidir.

Hava kirliliği her ne kadar kentsel yerleşim alanlarında daha yoğun hissedilse de küresel anlamda insan sağlığını önemli düzeyde tehdit etmektedir (Kolehmainen et

al., 2001). Yapılan araştırmalarda hava kirlilik düzeyinin; halk sağlığı (Garcia et al., 2015), ekoloji (Tambo et al., 2016) ve küresel ısınma üzerinde (Zheng et al., 2016) önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Kronik solunum problemleri, göz tahrişi, nefes darlığı ve kanser gibi pulmoner ve kardiyovasküler hastalıklar hava kirliliğinin neden olduğu önemli ve ciddi sağlık sorunlarından bazılarıdır (Bai et.al., 2016).

Hava kirlilik düzeyinin tespitinde yararlanılan en temel gösterge partiküler madde (PM) miktarıdır. Partiküler maddenin ana kaynağı olarak; araçlardan kaynaklanan egzoz emisyonları, enerji santralleri ve endüstriyel prosesler sayılabilir. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla 10 µm'den küçük çaplı parçacıklar (PM<sub>10</sub>) partiküler madde kategorisinde değerlendirilmiştir (Liu et al., 2004). Avrupa Birliği hava kirlilik standartlarında (European Air (2008/50/EC)) PM<sub>10</sub> için yıllık ortalama sınır değeri 40 gml<sup>-1</sup> ve 24 saat konsantrasyon limiti 50 gm<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise yürürlükte olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne (HKDYY) göre 24 saatlik PM<sub>10</sub> standardı 50 µgm<sup>-3</sup>'tür ve bu ortalama 80 µgm<sup>-3</sup>'ü aştığında emisyonlara yönelik kısıtlamalar uygulanmaktadır (Ceylan and Bulkan, 2018).

Hava kirliliği üzerine yapılan araştırmalarda partiküler madde konsantrasyonunun meteorolojik koşullara bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Choi et al., 2008; Akyüz and Çabuk, 2009). Bu değişim; rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı gibi meteorolojik faktörlerden kaynaklandığı gibi, enerji ve fosil yakıt tüketimi gibi dolaylı yollardan da meydana

gelebilmektedir. Hava şartlarındaki değişim, kirleticilerin belirli bir alan içinde yayılmasına, başka bölgelere taşınarak uzaklaştırılmasına neden olmaktadır. Bu etkilerle atmosferdeki kirletici konsantrasyonu değişmektedir (Tian et al., 2014).

Hava kirlilik düzeyinin meteorolojik faktörlerle olan ilişkisinin belirlenmesi yoluyla, farklı meteorolojik şartlarda atmosferdeki kirliliğin tahmin edilmesi ve azaltılmasına yönelik kentsel tasarımlar yapılmaktadır. Özellikle hâkim rüzgâr yönünün bilinmesiyle şehir çevresinde bulunan ve kirletici özelliğe sahip fabrika, taş ocağı gibi işletmelerin hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir. Atmosferdeki kirlilik düzeyine; SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> gibi gazların etkilerinin de olduğu bilinmektedir. Iğdır ili bulunduğu coğrafi konum nedeniyle hava sirkülasyonunun çok az olduğu, özellikle kış aylarında çok yüksek oranda kirliliğinin tespit edildiği Türkiye'nin en kötü havasına sahip illerinden biridir. Bu araştırma ile kirliliğin diğer meteorolojik faktörlerle olan etkileri incelenmiştir. Bu sayede hava kirleticilerin meteorolojik faktörlerden nasıl etkileneceği net bir şekilde ortaya konulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

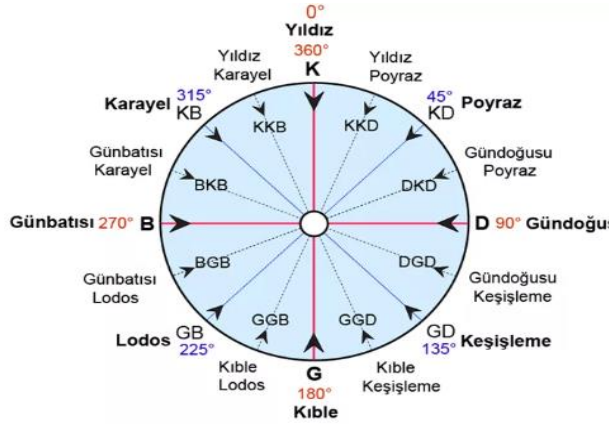
### 2.1. Materyal

Araştırmada 2016-2017 yıllarına ait PM<sub>10</sub> konsantrasyonları ve meteorolojik verilerden yararlanılmıştır. Hava sıcaklığı, bağıl nem, hava basıncı, rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı meteorolojik veriler kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava İzleme Ağı'ndan temin edilmiştir (ÇŞB, 2018). İl genelinde partiküler madde kirliliğini daha iyi yorumlamak amacıyla veriler mevsimlere

göre gruplandırılarak incelenmiştir. Buna göre kış periyodunda; Aralık, Ocak, Şubat, ilkbahar periyodunda; Mart, Nisan, Mayıs, yaz periyodunda; Haziran, Temmuz, Ağustos ve sonbahar periyodunda ise Eylül, Ekim ve Kasım ayları dikkate alınmıştır.

### 2.2. Yöntem

Araştırmada ölçüm istasyonundan günlük olarak elde edilen veriler arasında bazı verilerin ölçülemediği belirlenmiştir. Bu eksik veriler lineer interpolasyon yöntemi ile tamamlanmıştır (Januchs et al., 2015). Meteorolojik veriler ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Spearman's korelasyon testleri yapılmış ve anlam düzeyleri belirlenmiştir. Spearman's korelasyon testi hava kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda değişkenler arasındaki bağıntıyı açıklamak amacıyla kullanılan en iyi korelasyon testi olarak literatürde yerini almıştır (Maraziotis et al., 2008). Bu testte iki değişken arasında mukayese yapılmaktan ziyade birbirleri ile olan değişimleri incelenmektedir. Testin yorumlanması korelasyon katsayılarının dikkate alınmasıyla yapılmaktadır. Korelasyon katsayısı 0.5'ten küçük olan faktörler arasındaki ilişki "zayıf bağıntı" olarak kabul edilir. Bu değer 0.5 – 0.7 arasında ise faktörler arasındaki değişimin "orta düzeyde bağıntılı" olduğu sonucuna varılır. Korelasyon katsayısının 0.7'den büyük olması durumunda ise faktörler arasında "yüksek oranda bağıntı" olduğu anlaşılmaktadır. Araştırmada rüzgâr yönü açısı birimi (derece) olarak dikkate alınmıştır. Rüzgâr yönünün derece cinsinden karşılıkları ise Şekil 2.1'de verilmiştir.

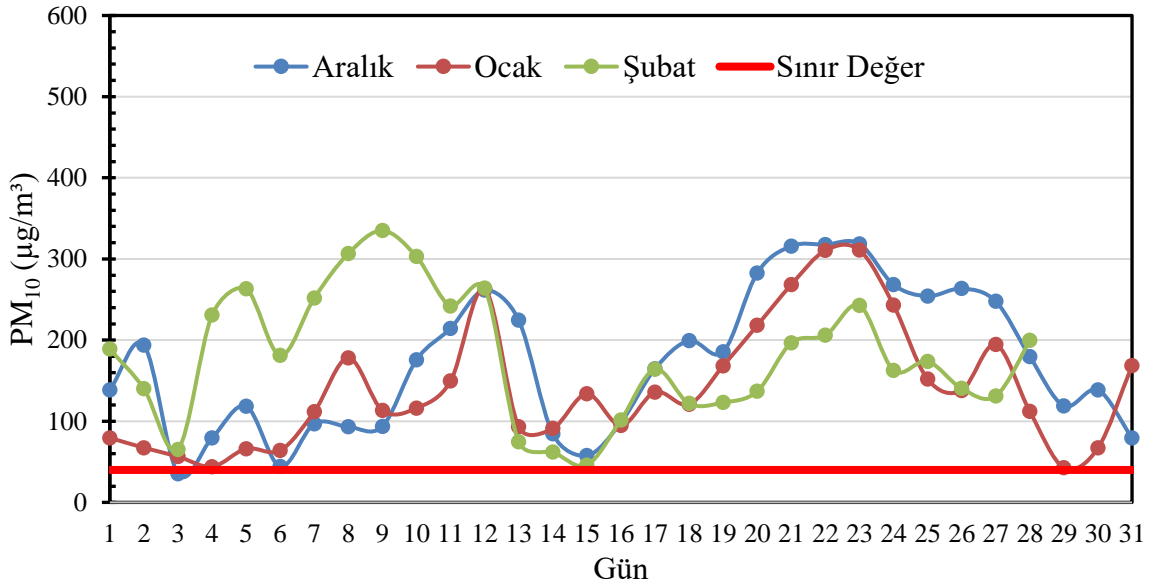


Şekil 2.1. Rüzgâr yönleri ve açı cinsinden karşılıkları

### 3. Bulgular

#### 3.1. Kış Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Araştırmada, ısınma dönemi olan ve ciddi yakıt tüketiminin olduğu kış periyodunda, partiküler madde miktarının ortalama değerinin  $164.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğu belirlenmiştir. HKDYY'ne göre Türkiye'de kabul edilen PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun limit değerleri 24 saatte  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , yıllık bazda ise  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu sonuçlardan yola çıkıldığında il genelinde tüm kış periyodu boyunca PM<sub>10</sub> miktarının sınır değerlerinin çok üstünde olduğu Şekil 3.1'den anlaşılmaktadır.



Şekil 3.1. Partiküler madde miktarının kış periyodundaki değişimi

Kış dönemine ait partiküler maddenin meteorolojik faktörlere göre değişimini belirlemek amacıyla yapılan Spearman's korelasyon testine ait korelasyon katsayıları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde hava basıncı ile atmosferdeki PM<sub>10</sub> düzeyi arasındaki korelasyon katsayısının  $0.672$  olduğu görülmektedir. Bu katsayı hava basıncı ile PM<sub>10</sub> arasında kuvvetliye yakın orta düzeyde bir korelasyon olduğunu açıklamaktadır. Korelasyon katsayısının

pozitif olmasından da anlaşılacağı gibi hava basıncı ve PM<sub>10</sub> miktarı arasında doğru orantılı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Kış periyodunda rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub> miktarındaki değişim arasında  $-0.790$  değerinde ters orantılı bir korelasyon saptanmıştır (Çizelge 3.1). Bu noktadan hareketle rüzgâr hızı ve PM<sub>10</sub> miktarındaki değişim arasında kuvvetli düzeyde bir korelasyonun olduğu anlaşılmaktadır. Kış döneminde rüzgâr hızının artmasıyla atmosferdeki PM<sub>10</sub> miktarının da azalma eğilimine girdiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Kış dönemine ait korelasyon katsayıları

	Bn	Ry	Hb	Rh	Hs	PM <sub>10</sub>
Bn	1.000	0.562**	-0.438**	0.222*	-0.082	-0.213*
Ry	0.562**	1.000	-0.478**	0.252*	-0.415**	-0.303**
Hb	-0.438**	-0.478**	1.000	-0.726**	0.322**	0.672**
Rh	0.222*	0.252*	-0.726**	1.000	-0.332**	-0.790**
Hs	-0.082	-0.415**	0.322**	-0.332**	1.000	0.284**
PM <sub>10</sub>	-0.213*	-0.303**	0.672**	-0.790**	0.284**	1.000

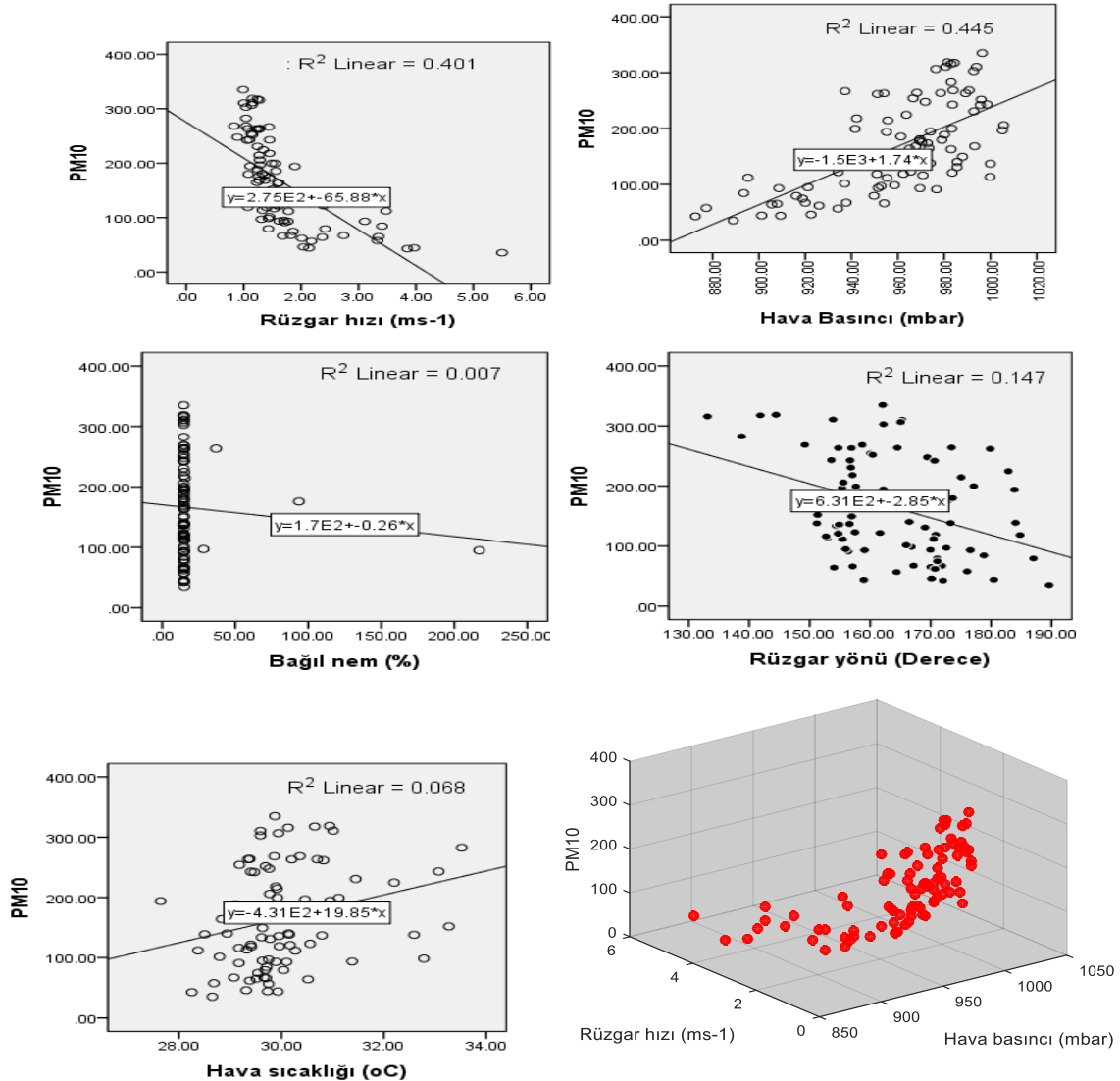
Bn: bağılnem, Ry: rüzgâr yönü, Hb: hava basıncı, Rh: rüzgâr hızı, Hs: hava sıcaklığı,

\*\* : P<0.001 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli,

\* : P<0.05 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli

Araştırmada bağıl nem, rüzgâr yönü ve hava sıcaklığı ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasında anlamlı fakat zayıf bir korelasyon belirlenmiştir. Kış periyodunda rüzgâr yönü ve bağıl nem düzeyi ile PM<sub>10</sub>

konsantrasyonu arasında ters yönlü bir ilişki belirlenirken, partiküler madde miktarı hava sıcaklığı ile doğru orantılı bir değişim göstermiştir. Meteorolojik faktörler ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasında belirlenen ilişkiler Şekil 3.2’de verilmiştir.

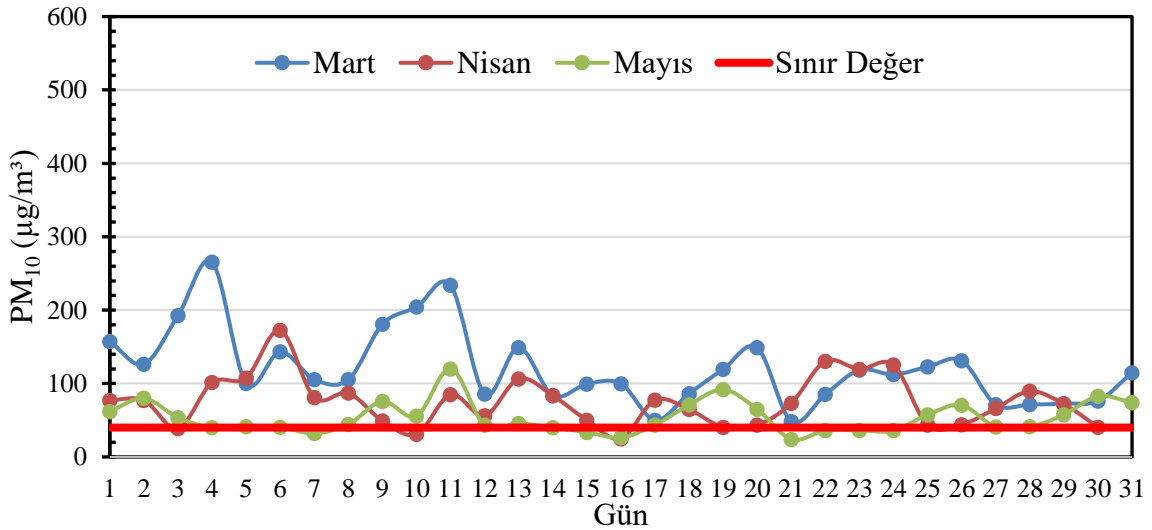


Şekil 3.2. Kış periyodunda PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun meteorolojik faktörlerle değişimi

### 3.2. İlkbahar Periyoduna İlişkin Sonuçlar

İlkbahar döneminde partiküler madde miktarı 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ile 265  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişim göstermiş ve mevsim boyunca ortalama 84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  düzeyine ulaşmıştır (Şekil 3.3). Değerler incelendiğinde ilkbahar sezonunda sadece 14 günlük süre zarfında PM<sub>10</sub> düzeyinin limit değerinin altında kaldığı belirlenmiştir. İlkbahar periyodundaki PM<sub>10</sub> değişimine ilişkin korelasyon katsayıları incelendiğinde (Çizelge 3.2), partiküler maddenin bağıl nem ve rüzgâr yönü ile ortaya yakın zayıf düzeyde bir korelasyona sahip olduğu

anlaşılmaktadır. Kış periyodunda atmosferdeki bağıl nem miktarının azalması ile partiküler madde miktarı da azalmıştır. Buna ilaveten rüzgâr yönü güney doğudan güney batıya doğru değiştiğinde PM<sub>10</sub> miktarı da azalma eğilimine girmiştir (Şekil 3.4). Hava basıncı, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığına ait korelasyon katsayıları incelendiğinde bu faktörler ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasında anlamlı fakat zayıf bir ilişki olduğu söylenebilir. Hava basıncı ve rüzgâr hızı ile partiküler madde doğru orantılı değişirken; bu değişim rüzgâr hızında ters orantılı bir şekilde değişmiştir. İlkbahar periyodunda partiküler madde miktarının atmosferik koşullar ile değişimleri Şekil 3.4’de verilmiştir.

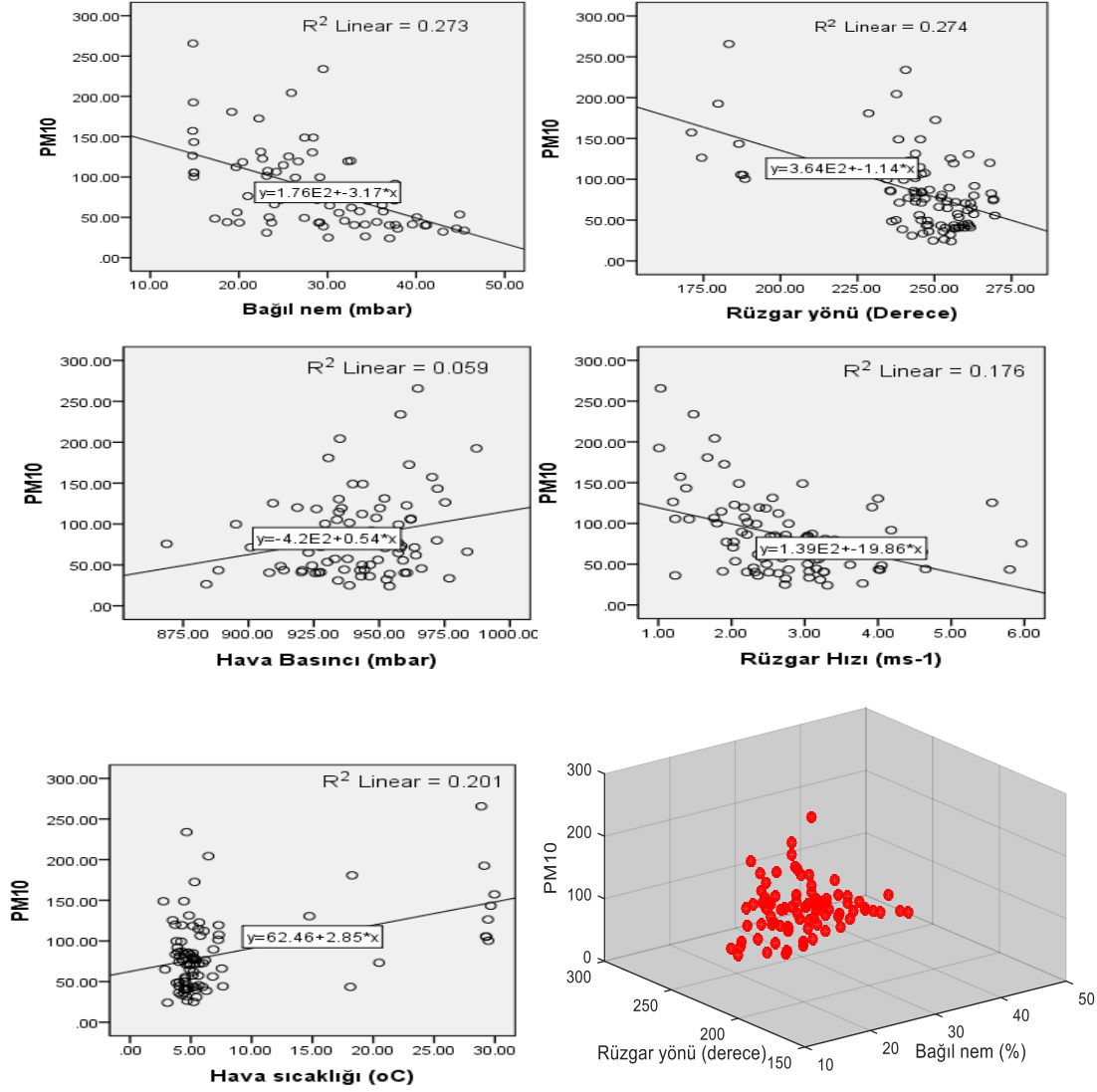


Şekil 3.3. Partiküler madde miktarının ilkbahar dönemindeki değişimi

Çizelge 3.2. İlk bahar dönemine ait korelasyon katsayıları

	Bn	Ry	Hb	Rh	Hs	PM <sub>10</sub>
Bn	1.000	0.641**	-0.099	0.178	-0.564**	-0.549**
Ry	0.641**	1.000	-0.099	0.451**	-0.324**	-0.460**
Hb	-0.099	-0.099	1.000	-0.388**	0.286**	0.170
Rh	0.178	0.451**	-0.388**	1.000	-0.425**	-0.433**
Hs	-0.564**	-0.324**	0.286**	-0.425**	1.000	0.265*
PM <sub>10</sub>	-0.549**	-0.460**	0.170	-0.433**	0.265*	1.000

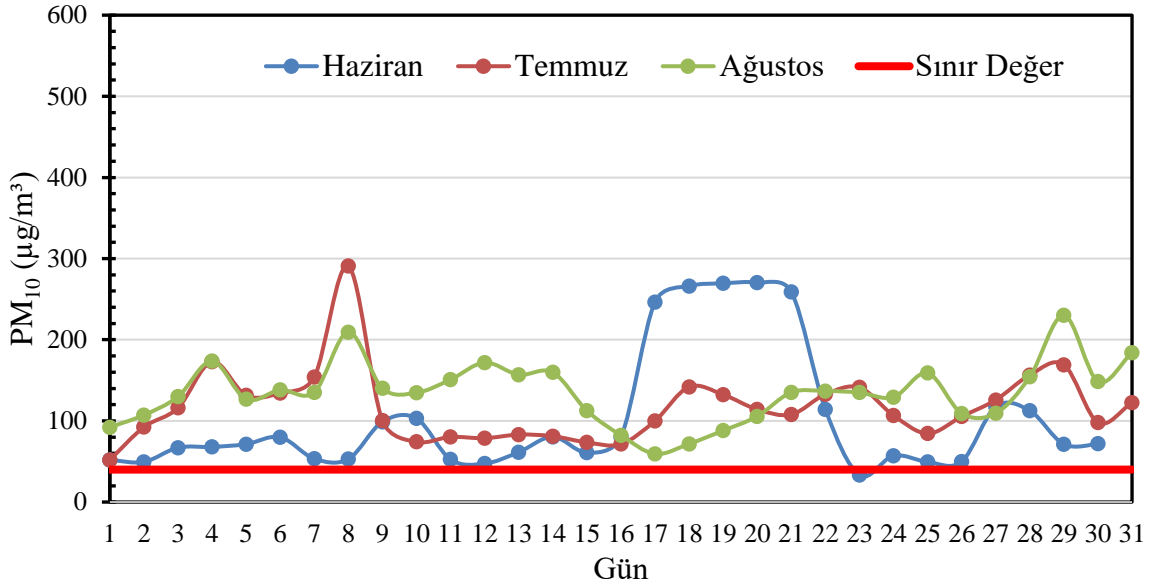
Bn: bağılnem, Ry: rüzgar yönü, Hb: hava basıncı, Rh: rüzgar hızı, Hs: hava sıcaklığı,  
 \*\*:P<0.001 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli,

Şekil 3.4. İlkbahar periyodunda PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun meteorolojik faktörlerle değişimi

### 3.3. Yaz Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Bu periyotta PM<sub>10</sub> miktarı 33 µgm<sup>-3</sup> ile 210 µgm<sup>-3</sup> arasında seyretmiş ve mevsim sonunda ortalama 117 µgm<sup>-3</sup> değerini almış ve ölçüm aralığında sadece bir defa sınır değerinin altında kalmıştır (Şekil 3.5). Korelasyon katsayıları incelendiğinde yaz döneminde PM<sub>10</sub> miktarı ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkinin diğer

dönemlere göre daha az olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde rüzgâr yönü ile PM<sub>10</sub> arasında ortaya yakın zayıf bir korelasyon belirlenirken hava sıcaklığı ile partiküler madde miktarında zayıf bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.3). Rüzgâr yönü güney batıdan kuzey batıya doğru değiştiğinde atmosferdeki PM<sub>10</sub> miktarı da azalma eğilimine girmiştir. Buna ilaveten rüzgâr hızındaki artış PM<sub>10</sub> miktarında nispeten azalmaya neden olmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Partiküler madde miktarının yaz dönemindeki değişimi

Çizelge 3.3. Yaz dönemine ait korelasyon katsayıları

	Bn	Ry	Hb	Rh	Hs	PM <sub>10</sub>
Bn	1.000	-0.216*	0.213*	-0.254*	-0.145	0.329**
Ry	-0.216*	1.000	0.218*	-0.301**	-0.231*	0.460**
Hb	0.213*	0.218*	1.000	-0.658**	0.112	0.207*
Rh	-0.254*	-0.301**	-0.658**	1.000	0.035	-0.347**
Hs	-0.145	-0.231*	0.112	0.035	1.000	-0.399**
PM <sub>10</sub>	0.329**	0.460**	0.207*	-0.399**	-0.347**	1.000

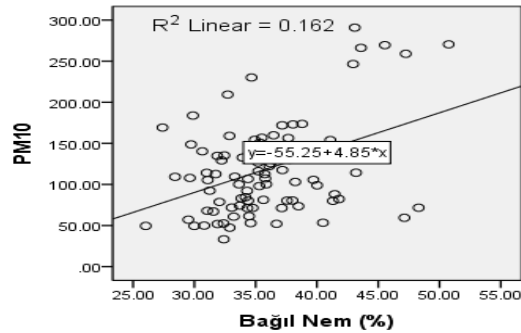
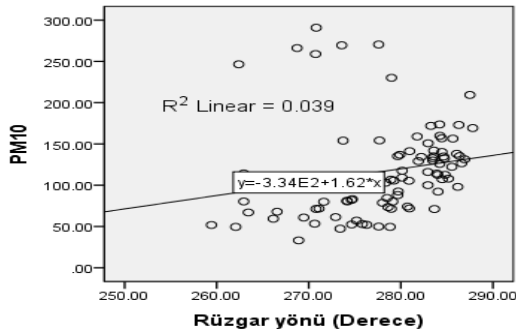
Bn: bağılnem, Ry: rüzgar yönü, Hb: hava basıncı, Rh: rüzgar hızı, Hs: hava sıcaklığı,

\*\*:P&lt;0.001 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli,

\*:P&lt;0.05 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli

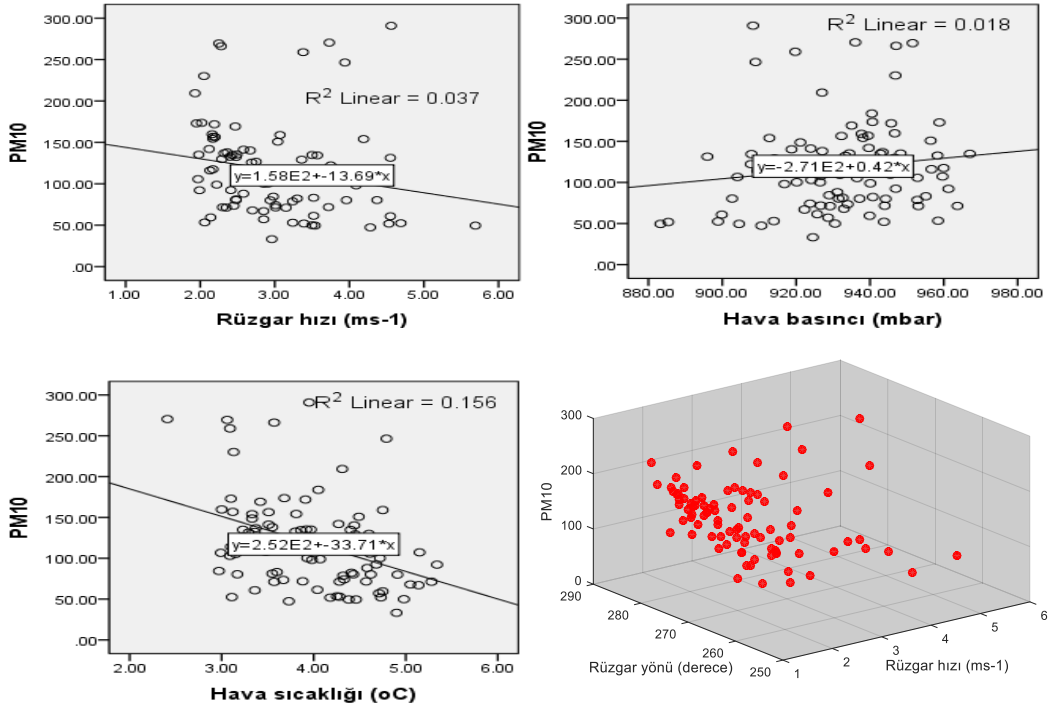
Yaz periyodunda atmosferdeki partiküler madde miktarı, bağıl nem ve hava basıncı ile benzer eğilimde değişim gösterirken hava sıcaklığı ile PM<sub>10</sub> arasında ters orantılı

bir değişim gözlenmiştir. Yaz periyodunda Partiler madde konsantrasyonu ile meteorolojik veriler arasındaki ilişkiler Şekil 3.6'da verilmiştir.





## Karakteristikleri: İğdır Örneği

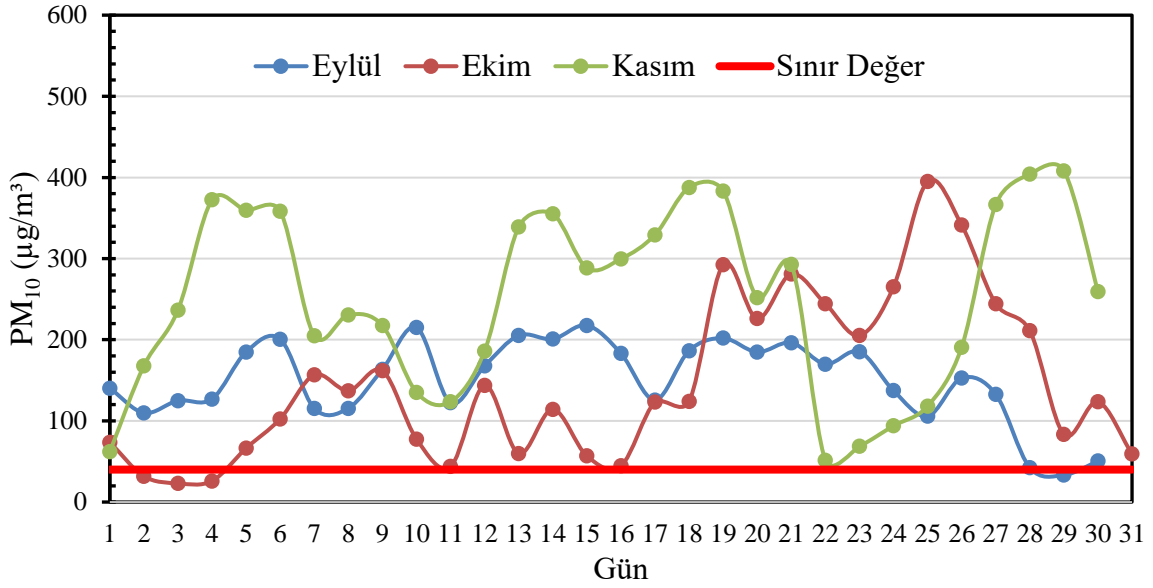
Şekil 3.6. Yaz periyodunda PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun meteorolojik faktörlerle değişimi

### 3.3. Sonbahar Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Yapılan analizler sonucunda il genelinde PM<sub>10</sub> miktarının sonbaharda 23 µgm<sup>-3</sup> ile 480 µgm<sup>-3</sup> arasında değiştiği ve mevsim boyunca ortalama 181 µgm<sup>-3</sup> değerinde olduğu belirlenmiş ve sadece dört defa PM<sub>10</sub> sınır değeri olarak kabul edilen 40 µgm<sup>-3</sup>'ün altında kalmıştır (Şekil 3.7). Sonbahar dönemine ait korelasyon katsayıları incelendiğinde rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub> miktarı değişim arasında çok kuvvetli, hava basıncı ile partiküller madde miktarı

arasında ise ortaya yakın zayıf bir korelasyon belirlenmiştir (Çizelge 3.4).

Rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub> miktarı arasında ters bir ilişki belirlenirken, PM<sub>10</sub> ile hava basıncı arasında doğru orantılı bir değişim gözlenmiştir (Şekil 3.8). Ayrıca bağıl nem ve rüzgâr yönü ile PM<sub>10</sub> arasındaki negatif korelasyon mevsim boyunca devam etmiştir. Buna ilaveten, hava sıcaklığı ile atmosferdeki kirlilik düzeyi arasında pozitif bir korelasyon olduğu da Çizelge 3.4'den anlaşılmaktadır. Sonbahar periyodundaki partiküller madde miktarı ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiler Şekil 3.8'de verilmiştir.

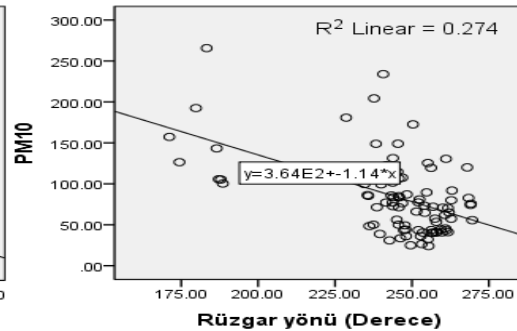
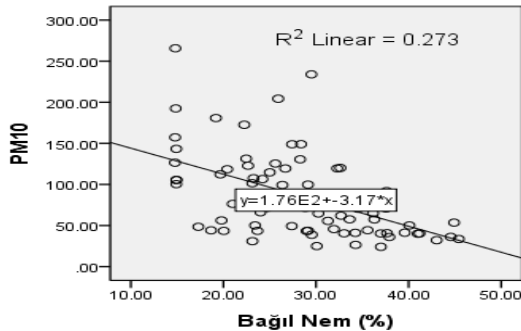
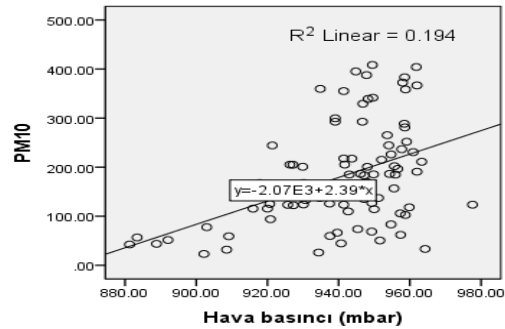
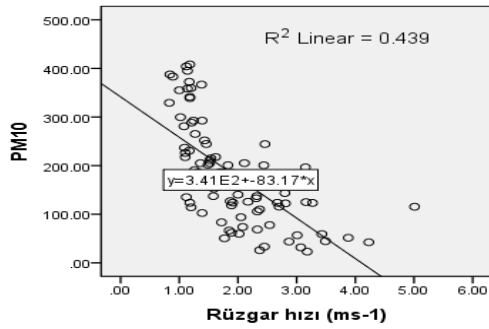


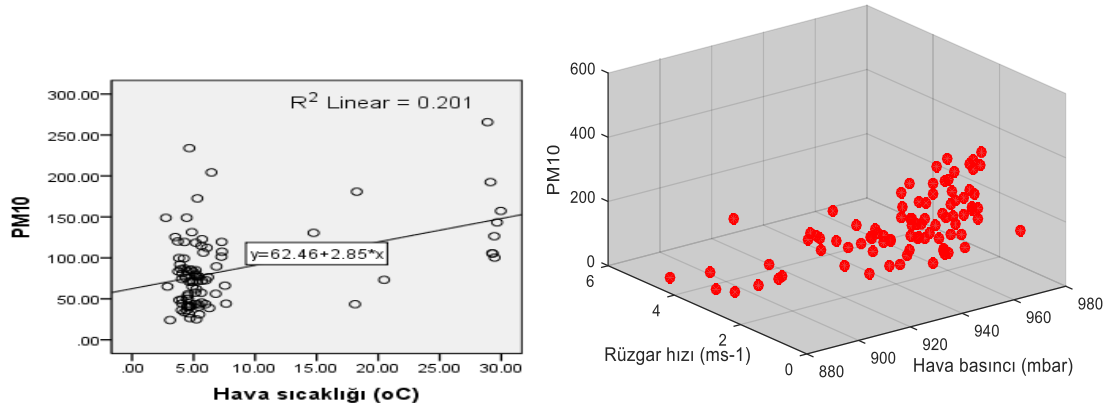
Şekil 3.7. Sonbaharda partiküler madde miktarındaki değişim.

Çizelge 3.4. Sonbahar dönemine ait korelasyon katsayıları

	Bn	Ry	Hb	Rh	Hs	PM <sub>10</sub>
Bn	1.000	0.317**	-0.006	0.033	-0.221*	-0.268*
Ry	0.317**	1.000	-0.343**	0.504**	-0.550**	-0.309**
Hb	-0.006	-0.343**	1.000	-0.608**	0.265*	0.408**
Rh	0.033	0.504**	-0.608**	1.000	-0.569**	-0.746**
Hs	-0.221*	-0.550**	0.265*	-0.569**	1.000	0.386**
PM <sub>10</sub>	-0.268*	-0.309**	0.408**	-0.746**	0.386**	1.000

Bn: bağılnem, Ry: rüzgar yönü, Hb: hava basıncı, Rh: rüzgar hızı, Hs: hava sıcaklığı,  
\*\*: $P < 0.001$  düzeyinde istatistiksel anlamda önemli,  
\*: $P < 0.05$  düzeyinde istatistiksel anlamda önemli





Şekil 3.8. Sonbahar periyodunda PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun meteorolojik faktörlerle değişimi

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Araştırmada; kış periyodunda ortalama PM<sub>10</sub> miktarı 164.7  $\mu\text{gm}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Bu periyotta hava basıncı ve rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub> miktarı arasında kuvvetli korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. PM<sub>10</sub> konsantrasyonu rüzgâr hızının artmasına bağlı azalma, hava basıncının artmasıyla da artma eğilimi göstermiştir.

İlkbahar döneminde ortalama PM<sub>10</sub> miktarı 84  $\mu\text{gm}^{-3}$  olduğu belirlenmiştir. Yapılan korelasyon testlerinde bu dönemde partiküler kirliliğe neden olan en önemli meteorolojik faktörlerin bağıl nem ve rüzgâr yönü olduğu tespit edilmiştir. Bağıl nem ve rüzgâr yönündeki azalma ile atmosferdeki PM<sub>10</sub> miktarı da azalmıştır.

Yaz periyodunda il genelinde PM<sub>10</sub> miktarının ortalama değeri 117  $\mu\text{gm}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Korelasyon katsayılarına göre partiküler madde miktarı ile en fazla ilişkili olan meteorolojik faktörlerin rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı olduğu ve PM<sub>10</sub> miktarındaki değişimin bu parametrelerle doğru orantılı bir seyir takip ettiği belirlenmiştir.

Sonbahar periyodundaki ortalama PM<sub>10</sub> miktarı 181  $\mu\text{gm}^{-3}$  olup bu değer ile rüzgâr hızı ve hava basıncı arasında kuvvetli bir

korelasyon olduğu belirlenmiştir. Araştırmada sonbahar döneminde PM<sub>10</sub> miktarı rüzgâr hızı ile ters, hava basıncı ile doğru orantılı bir şekilde değişmiştir.

Yapılan birçok araştırmada rüzgâr hızının partiküler madde konsantrasyonuna etkili olan parametreler arasında önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmaktadır (Zobeck and Fryrear, 1986; Zobeck, 1991; Yin et al., 2007). Bunun yanı sıra bağıl nemin de atmosferdeki partikül madde seviyesi üzerine etkili olduğu bilinmektedir (Ravi et al., 2004; Ravi and D'Odorico, 2005; Karar and Gupta, 2006; Ravi et al., 2006; Shah et al., 2006; Vassilakos et al., 2007; Giri et al., 2008; Neuman and Sanderson, 2008). Ravi et al. (2004) yaptıkları araştırmada partikül madde emisyonu ile atmosferdeki bağıl nem düzeyi arasında pozitif yönlü bir korelasyonun olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte Ravi and D'Odorico, (2005) ve Ravi et al. (2006) çalışmalarında bağıl nem miktarının çok fazla olması durumunda partiküler madde konsantrasyonu ile bağıl nem arasında ters bir orantının olduğunu belirtmişlerdir.

Iğdır'da mevcut PM<sub>10</sub> kirliliği Iğdır'ın yüksek hava basıncına, düşük yıllık ortalama yağış yüksekliğine ve etrafındaki yükseltiler dolayısıyla rüzgâr hızının kesilmesi sonucu düşük rüzgâr hızına bağlanabilir. Kış ve sonbahar dönemlerinde partikül madde kirliliğinin büyük oranda

ısınma kaynaklı yakıt tüketimi olduğu sonucuna varılmıştır. Çünkü elde edilen bulgularda kış ve sonbahar döneminde PM<sub>10</sub> üzerine en etkili faktörler hava basıncı ve rüzgâr hızıdır. Yüksek atmosferik basınç ve düşük rüzgâr hızı ile bacalardan çıkan partikül maddeler dağılamamakta ve bir örtü gibi şehrin üzerinde kalmaktadır. Ayrıca bu dönemde rüzgâr yönü batı kaynaklıdır ve Ağrı Dağı tarafından dağılım engellenmektedir. Diğer taraftan bağıl nem yalnızca ilkbahar sezonunda PM<sub>10</sub> kirliliği üzerine etkin bulunmuştur. Iğdır meteoroloji verileriyle uyumlu bir şekilde ilin Türkiye ortalamasının altında olsa dahi yağışın en yüksek olduğu dönemi ilkbahar sezonudur. Yağışlar ile partikül madde wash-out (bulut altı) mekanizması sayesinde yıkanmaktadır. İlkbahar döneminin bir diğer etkili parametresi rüzgâr yönüdür. Kışın batı kaynaklı rüzgârlarının yerini ilbahardan itibaren doğu kaynaklı rüzgârlar almaktadır. Özellikle yaz mevsiminde partikül madde kirliliğinin rüzgâr yönü ve hızına bağlı olması, doğu kaynaklı rüzgârlar sebebiyle ilin doğusunda yer alan Aralık ilçesinde mevcut çölleşmenin sonucu olduğu düşünülmektedir.

Mevcut PM<sub>10</sub> kirliliğinin azaltılması ya da önlenmesi için; kış ve sonbahar sezonunda ısınma kaynaklı kirliliğin önlenmesi için doğalgaz dönüşümünün hızlandırılması, doğalgaza geçmemiş konutlar için kaliteli yakıt kullanımının sağlanması, oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca; yağışın az olduğu kurak dönemlerde belediyenin etkin bir şekilde araçların geçiş güzergâhlarını sulaması, ilin özellikle batı kısmında konuşlanmış maden çıkarma ve işleme tesislerinin (büyük çoğunluğu kum-çakıl kırma-eleme, pomza, bazalt ve hazır beton tesisidir) denetimlerinin artırılması alınacak diğer önlemler arasındadır. Buna ilaveten; Aralık ilçesindeki rüzgâr erozyonunun

önlenmesi için acil olarak bu alanların tarıma açılması ya da ağaçlandırılması gerekmektedir.

#### 4. Kaynaklar

Akyüz, M., Çabuk, H., 2009. "Meteorological Variations of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> Concentrations and Particle-Associated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Atmospheric Environment of Zonguldak, Turkey", *J. Hazard. Mate.*, 170, 13-21.

Bai Yun, Yong Li, Xiaoxue Wang, Jingjing Xie and Chuan Li 2016. "Air Pollutants Concentrations Forecasting Using Back Propagation Neural Network Based on Wavelet Decomposition with Meteorological Conditions", *Atmospheric Pollution Research*, 7(3), 557-566.

Ceylan, Z. and Bulkan S., 2018. "Forecasting PM<sub>10</sub> Levels Using ANN and MLR: A Case Study for Sakarya City. *Global NEST Journal*, 20 (2), 281-290.

Choi, Y.S., Ho, C.H., Chen, D., Noh, Y.H. and Song, C.K., 2008. "Spectral Analysis of Weekly Variation in PM<sub>10</sub> Mass Concentration and Meteorological Conditions over China", *Atmos. Environ.*, 42, 655-666.

ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), 2018. T.C. "Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava İzleme Ağı" <http://www.havaizleme.gov.tr/Services/AirQuality#> erişim tarihi: 11/11/2018.

Garcia-Menendez, F., Saari, R.K., Monier, E., Selin, N.E, 2015. "U.S. Air Quality and Health Benefits from Avoided Climate Change under Greenhouse Gas Mitigation", *Environ. Sci. Technol*, 49, 7580-7588.

Giri, D., Krishna, M.V., Adhikari, P.R., 2008. The influence of meteorological

- conditions on PM<sub>10</sub> concentrations in Kathmandu Valley. *Int J Environ Res.*,2,49–60.
- Januchs, M.G.C., Dominguez. J.Q., Corona, A.V. and Andina, D., 2015. Development of a Model for Forecasting of PM<sub>10</sub> Concentrations in Salamanca, Mexico. *Atmospheric Pollution Research*, 6: 626-634.
- Karar, K., Gupta, A.K., 2006. Seasonal variations and chemical characterization of ambient PM<sub>10</sub> at residential and industrial sites of an. urban region of Kolkata (Calcutta) India. *AtmosRes.*, 81,36–53.
- Kolehmainen, M., Martikainen, H. and Ruuskanen, J., 2001. “Neural Networks and Periodic Components Used in Air Quality Forecasting”, *Atmospheric Environment*, 35, 815-825.
- Liu, Y., Park, R.J., Jacob, D.J., Li, Q., Kilaru, V. and Sarnat, J.A., 2004. “Mapping Annual Mean Ground-Level PM<sub>2.5</sub> Concentrations Using Multiangle Imaging Spectroradiometer Aerosol Optical Thickness over The Contiguous United States”, *J. Geophys., Res.* 109, 1-10.
- Maraziotis, M., Sarotis, S., Marazioti, C. and Marazioti, P., 2008. Statistical analysis of inhalable (PM<sub>10</sub>) and fine particles (PM<sub>2.5</sub>) concentrations in urban region of Patras, Greece. *Global NEST Journal*, 10: (2), 123-131.
- Neuman, C.M., Sanderson, S., 2008. Humidity control of particle emissions in aeolian systems. *J. Geophys Res Earth Surf* .,113, F02 S14.
- Ravi, S. and D'Odorico, P. A, 2005. Field-scale analysis of the dependence of wind erosion threshold velocity on air humidity. *Geophys Res Lett*, 32.
- Ravi, S., D'Odorico, P, Over, T.M., Zobeck, T.M., 2004. On the effect of air humidity on soil susceptibility to wind erosion: The case of air-dry soils. *Geophys Res Lett*, 31.
- Ravi, S., Zobeck, T.M., Over, T.M., Okin, G.S., D'Odorico, P., 2006. On the effect of moisture bonding forces in air-dry soils on threshold friction velocity of wind erosion. *Sedimentology*,53,597–609.
- Shah, M.H., Shaheen, N.N., Jaffar, M., 2006. Characterization, source identification and apportionment of selected metals in TSP in an urban atmosphere. *Environ Monit Assess*, 114,573–87.
- Tambo, E., Duo-Quan, W. and Zhou, X.N., 2016. Tackling Air Pollution and Extreme Climate Changes in China: Implementing The Paris Climate Change Agreement. *Environ. Int.*, 95, 152–156.
- Tian,G., Qiao, Z. and Xu, X., 2014. “Characteristics of Particulate Matter (PM<sub>10</sub>) and Its Relationship with Meteorological Factors During 2001-2012 In Beijing”. *Environmental Pollution*, 192: 266-274.
- Vassilakos, C., Veros, D., Michopoulos, J., Maggosa, T., O'Connor, C.M., 2007. Estimation of selected heavy metals and arsenic in PM<sub>10</sub> aerosols in the ambient air of the Greater Athens Area Greece. *J Hazard Mater*, 140,389–98.
- Yin, D., Nickovic, S., Sprigg,W., 2007. The impact of using different land cover data on wind-blown desert dust modeling results in the southwestern United States. *Atmos Environ* 41, 2214–24.
- Zheng, J., Jiang, P., Qiao, W., Zhu, Y., and Kennedy, E., 2016. “Analysis of air pollution reduction and climate change mitigation in the industry sector of Yangtze

River Delta in China”, *J. Clean. Prod.*, 114, 314–322.

Zobeck, T.M. and Fryrear, D.W., 1986. Chemical and physical characteristics of wind blown sediment II: chemical characteristics and total soil and nutrient discharge. *Trans ASAE* 129, 1037–41.

Zobeck, T.M., 1991. Soil properties affecting wind erosion. *J Soil Water Conserv* 46,112–8.