

## KÖMÜR YAKITLI TERMİK SANTRAL ETKİ ALANINDA PM<sub>10</sub> VE ÇÖKEN TOZLARIN TESİS KURULUM ÖNCESİ VE SONRASI DAĞILIMI

Özgen ERCAN<sup>1(\*)</sup>, Faruk DİNÇER<sup>1</sup>, Deniz SARI<sup>1</sup>, Özcan CEYLAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze/Kocaeli

### ÖZET

Ülkemizdeki nüfus ve hızla gelişen sanayileşme ile birlikte enerji ihtiyacı da artmaktadır. Tüketilen enerjinin çoğunluğunun ithal ürünler ile elde edilmesi nedeniyle enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla ülkemizin özkaynağı olan yerli kömür kullanımı teşvik edilmektedir. Bu amaçla kurulan kömür (linyit) yakıtlı termik santrallerden birisi de Bolu Göynük ilçesinde faaliyet göstermektedir. Tesisin, etki alanında bulunan yerleşim alanlarına etkisinin belirlenmesi amacıyla tesisin kurulum öncesi ve sonrasını kapsayacak şekilde 2013-2016 yılları arasında 4 ayrı noktada dönemsel PM<sub>10</sub> ile aylık çöken toz parametrelerini de içerecek şekilde hava kalitesi izleme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda; 2013 – 2017 yılları arasındaki ortalama PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçları 4 nokta için sırayla 37,62±0,75; 35,04±0,70; 29,11±0,58 ve 39,50±0,79 µg m<sup>-3</sup>, ortalama çöken toz değerleri ise 69,41±2,08; 30,32±0,91; 30,97±0,93 ve 26,44±0,79 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Elektrofiltre toz tutma ve desülfürizasyon sisteminin uygulandığı tesisin etki alanında toz parametresinin mevcut sınır değerleri sağladığı belirlenmesine rağmen aynı bölgede baca dışı faaliyetlerin de olduğu kömür çıkarma, kırma, eleme ve kül depolama gibi faaliyetlerden kaynaklı toz emisyonlarının meteorolojik şartlara bağlı olarak farklı durumlar oluşturduğu gözlenmektedir.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Termik Santral, partikül madde, çöken toz, emisyon dağılım

### ABSTRACT

With the population and rapidly developing industrialization in our country, the energy demand is also increasing. The use of domestic coal is encouraged because the majority of the consumed energy from obtained with imported products. One of the coal (lignite) fueled thermal power plants established for this purpose is operating in the province of Bolu Göynük. In order to determine the effect of the plant on the settlement areas in the area, air quality monitoring studies have been done including the periodic PM<sub>10</sub> and monthly deposited dust parameters at four points between 2013-2017, including before and after installation of the plant. As a result of the study; the mean PM<sub>10</sub> measurement results between 2013 – 2017 for 4 points were 37.62 ± 0.75; 35.04 ± 0.70; 29.11 ± 0.58 and 39.50 ± 0.79 µg m<sup>-3</sup>, respectively. Also, the mean values of the deposited dust were 69.41 ± 2.08; 30.32 ± 0.91; 30.97 ± 0.93 and 26.44 ± 0.79 mg m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>. Despite the providing current limit values of the dust parameter for the facility where the electrostatic precipitator (ESP) filter and flue gas desulfurization (FGD) systems are applied, it is observed that the dust emissions from

(\*) ozgen.ercan@tubitak.gov.tr

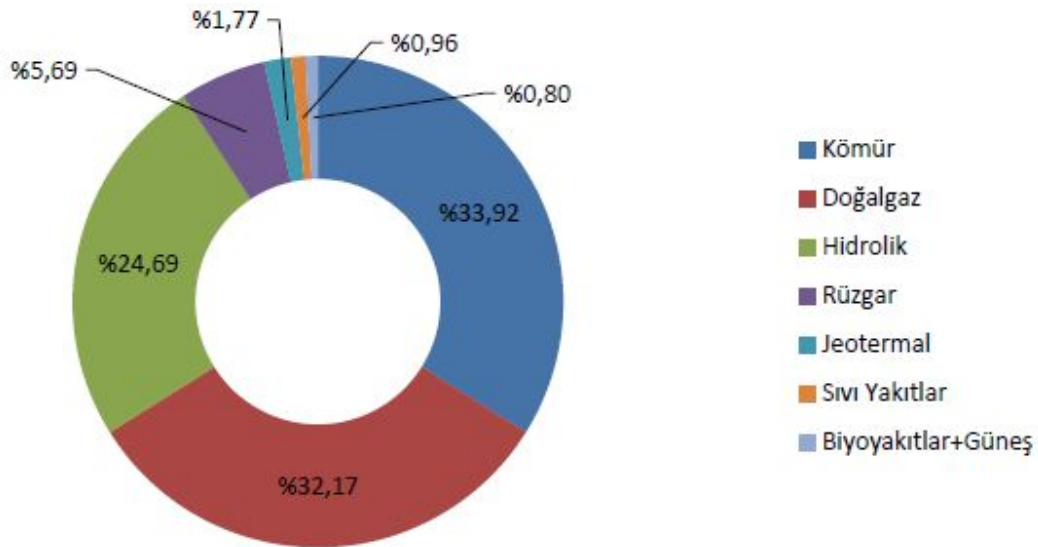
activities such as coal extraction, crushing, sieving and ash storage in the area show different cases depending on meteorological conditions.

## KEYWORDS

Thermal power plant, particulate matter, deposited dust, dispersion of emissions

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu yaşam için gerekli olan enerjiyi yüzyıllardan günümüze çeşitli kaynaklardan sağlamaktadır. Bunların ilk sırasında doğanın ücretsiz olarak sunduğu güneş gelirken diğer kaynaklara bakıldığında fosil yakıtlar olarak ifade edilen ve yer altından çıkarılması ve enerji üretimi esnasında canlıların sağlığını olumsuz etkileyen yakıtlar gelmektedir. Fosil yakıtların doğada sınırlı miktarda bulunması ve proses esnasında oluşabilecek olumsuz sağlık etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji sistemlerine yönelik hızlı şekilde artmaktadır. Ülkemizde enerji üretim kaynakları dağılımı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. 2016 yılı sonu itibariyle ülkemizde elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (EÜAŞ, 2016)

Ülkemizin ileriye yönelik enerji üretim politikaları irdelendiğinde yenilenebilir enerji kaynak çeşitliliğinin artırılması ve nükleer santral kurularak enerji üretimi planlaması yapılırken, ülkemizde önemli sayılabilecek kömür kaynaklarının da kullanılması için harekete geçilmektedir. Bu amaçla kömür rezervleri özel sektöre devredilerek kömürlü termik santrallerin kurulması, dolayısıyla elektrik enerjisi üretiminde yerli kaynakların kullanımı da öncelikler arasında yer almaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

Kömür yakıtlı termik santrallerin sayısının artması ile birlikte gerekli ve yeterli önlem alınamazsa insan sağlığını etkileyen bölgesel hava kirliliği oluşmakta, aynı zamanda bölgedeki ekosistem önemli derecede etkilenebilmektedir (Zhao et al, 2008). Termik santrallerden kaynaklı emisyonlar

incelendiğinde; SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve toz emisyonları ana kirleticiler olarak atmosfere salınmaktadır. Atmosfere salınan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirleticileri insan sağlığı üzerinde çok sayıda olumsuz etkiye sahip olup asit yağmuru, duman ve bulanıklığa sebep olmaktadır. Bu kirleticiler kömürün yanma ürünü olarak salınan toz emisyonlarının yanında ayrıca atmosferde birleşerek şiddetli solunum ve kardiyovasküler etkilere ve erken ölüme neden olabilecek toz emisyonlarına dönüşebilmektedir (EPA, 2014; IEEE 2010; Sardar 2006).

Termik santral bacalarından salınan kirleticiler için yıllar öncesinden beri kontrol teknolojileri uygulamaları yapılmaktadır. Bunlar arasında toz emisyonunun %99 oranında azaltımının sağlandığı elektrostatik toz tutucu ve torbalı filtre, SO<sub>2</sub> emisyonunun %90 oranında azaltılabildiği baca gazı kükürt giderim sistemi (FGD) ve NO<sub>x</sub> emisyonları için %90 azaltım sağlanan katalitik indirgeme (SCR) sistemleri yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Bolu İli Göynük İlçesinde 29.01.2016 tarihi itibarıyla tam kapasiteli olacak şekilde faaliyete geçen 2x135 MW kurulu güce sahip kömür yakıtlı termik santralin kurulum öncesi ve sonrasını da kapsayacak şekilde santral ve bölgede bulunan kömür işletme sahaları ile pasa döküm sahalarından kaynaklı toz emisyonlarının bölgenin hava kalitesine olan etkilerini belirlemektir. Bölgeye en yakın meteorolojik istasyon verileri kullanılarak oluşturulan rüzgâr gülleri yardımıyla toz emisyonlarının etkilendiği örnekleme noktaları belirlenecektir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Örnekleme noktaları

Örnekleme noktaları tesis kurulmadan önce hazırlanan ÇED raporundaki modelleme ve bölgede gerçekleştirilen faaliyetlerin konumuna göre belirlenmiş olup, bu noktalara ait koordinat bilgileri Tablo 1’de, bölgedeki konumlarını gösteren yerleşim planı ise Şekil 2’de verilmiştir. “Demirhanlar” örnekleme noktası tesis etki alanı dışında olduğundan şahit nokta olarak seçilmiştir.

**Tablo 1.** Pasif Örnekleme Noktalarına Ait Bilgiler

Nokta No	Nokta Adı	Koordinatlar
1	Bölücekova	40° 15.860' K; 30° 48.530' D
2	Çatak	40° 12.992' K; 30° 49.681' D
3	Aksa Misafirhane	40° 14.997' K; 30° 45.297' D
4	Demirhanlar	40° 14.616' K; 30° 52.423' D

Şekil 2 incelendiğinde, bölgede ana faaliyet olarak kömür yakıtlı termik santral yer almaktadır. Ayrıca termik santralin işletilebilmesi amacıyla bölgede bulunan kömürün çıkarılması amacıyla hazırlanan A ve B panosu, kömür üzerinden alınan toprak ve kalitesiz kısımların boşaltıldığı pasa döküm alanları, santralda işletme sonrası oluşan küllerin depolandığı geçici kül depolama alanı, işletmede kullanılması amacıyla kalker işletme alanı bulunmaktadır.

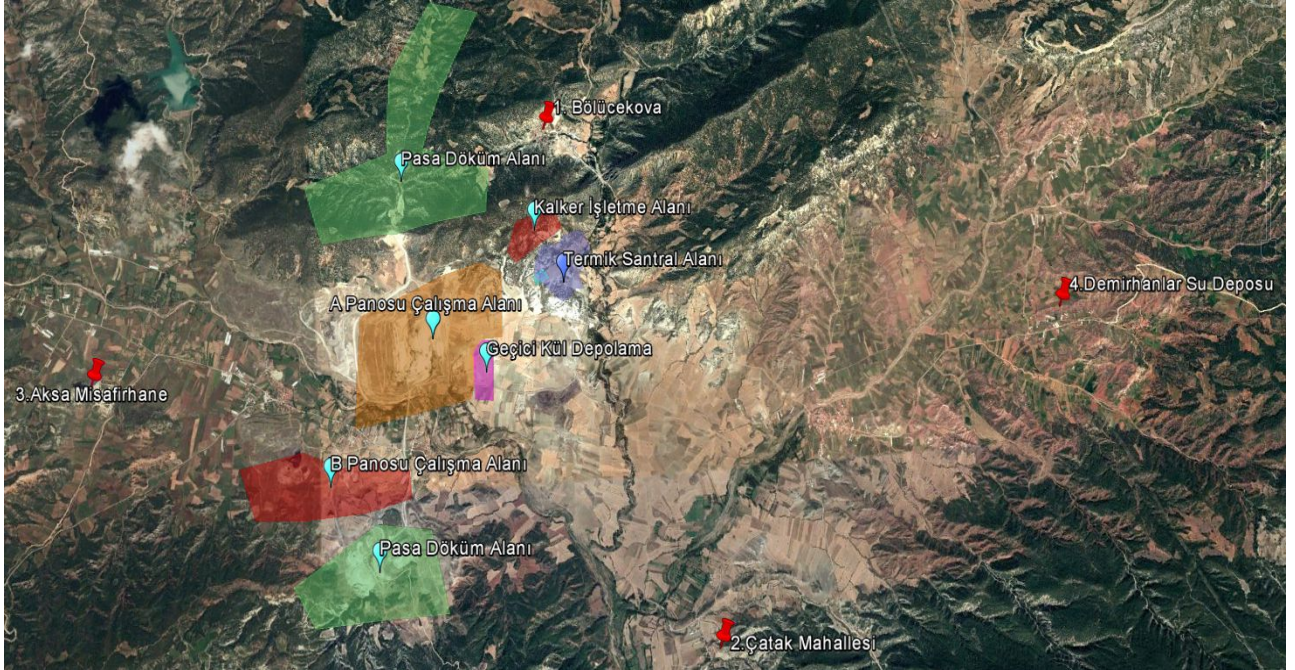
Tesise en yakın konumda olan Bolu Merkez İstasyonu verileri kullanılarak oluşturulan mevsimsel rüzgâr gülleri Şekil 3’de verilmiştir. Örnekleme noktaları, bölgede gerçekleşen ve Şekil 2’de

verilen faaliyet alanları ile Şekil 3’de verilen mevsimsel rüzgâr gülleri birlikte incelendiğinde hemen hemen bütün mevsimsel dönemlerde Bölücekova örnekleme noktasının en çok etkilenen bölge olduğu görülmektedir. Bölgedeki faaliyetler sonucu oluşan toz emisyonlarının sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde güney batı istikametinden Bölücekova örnekleme noktasının olduğu kuzey batı yönüne, yaz mevsiminde ise daha çok güney doğu istikametinden Misafirhane noktasının olduğu kuzey batı yönüne taşınabileceğini göstermektedir. Rüzgârın şiddetli olduğu dönemlerin ise en çok ilkbahar mevsiminde, daha sonra ise sırasıyla kış, sonbahar ve yaz dönemleri olarak tespit edilmiştir.

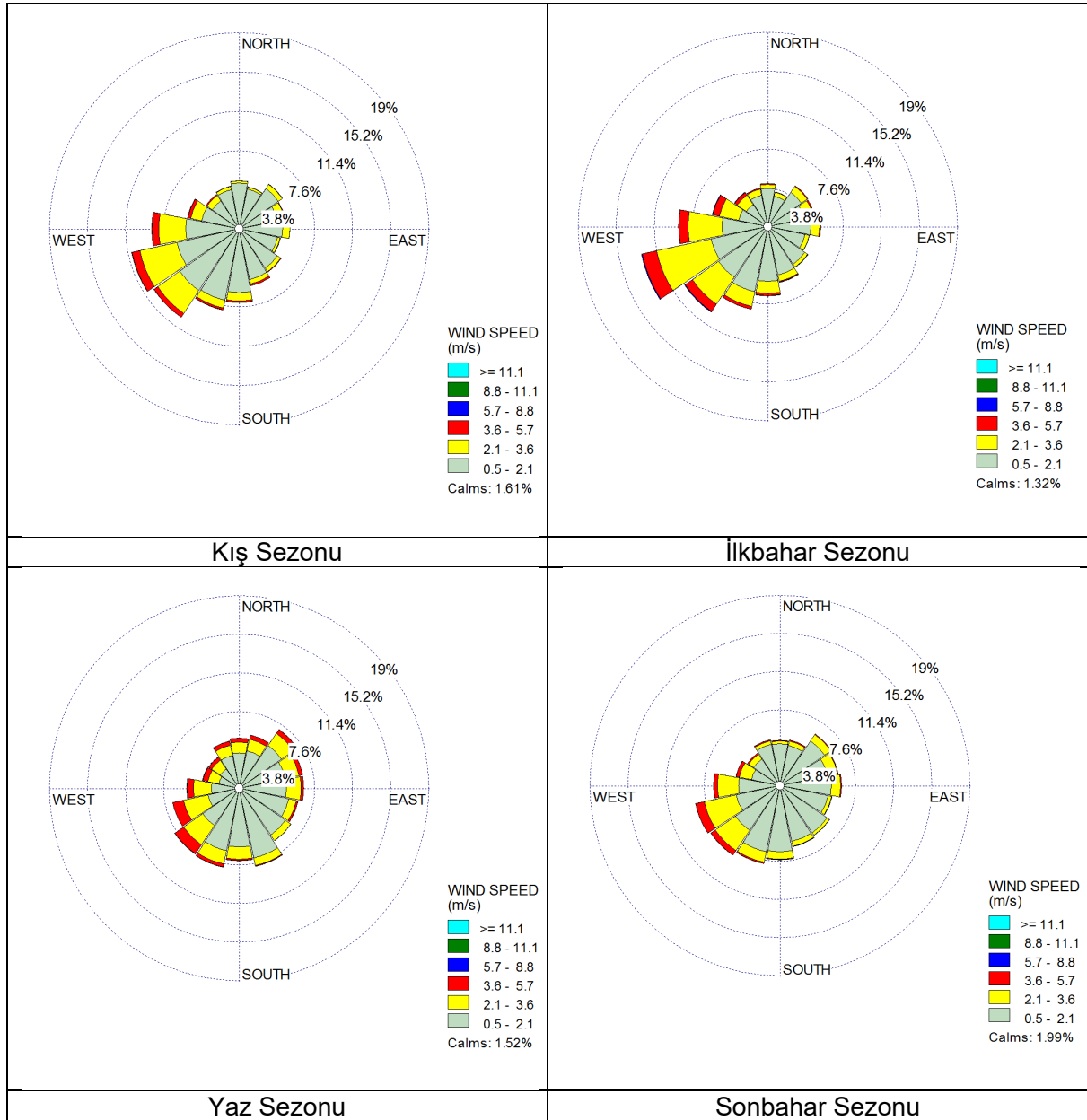
## 2.2. Analitik yöntem

Belirlenen 4 ayrı noktada tesisin kurulum öncesi ve sonrası kapsayacak şekilde Temmuz 2013-Ağustos 2017 arasında aylık çöken toz örnekleme ile 3 aylık dönemlerde günlük PM<sub>10</sub> örnekleme yapılmıştır. Çöken toz ölçümleri TS 2341, PM<sub>10</sub> ölçümleri ise EN 12341 metoduna göre sıralı toz örnekleme sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

PM<sub>10</sub> için ilgili standartta belirlendiği gibi örnekleme öncesi hazırlanan filtreler tartılarak sahada kullanılmış, yine örnekleme sonrası aynı şekilde şartlandırılarak iki gravimetrik tartım arasındaki değer çekilen hava miktarına bölünerek sonuçlar  $\mu\text{g m}^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Çöken toz sonuçları ise belirli bir yüzey alanına sahip örnekleme sisteminin yaklaşık 1 aylık periyotta sahada bekletilmesi, örneklenen tozun laboratuvarında filtre edildikten sonra şartlandırılarak gravimetrik tartım (mg) değerinin, yüzey alanı (m<sup>2</sup>) ve örnekleme süresine (gün) bölünmesiyle  $\text{mg m}^{-2} \text{gün}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Bölgedeki Faaliyet Alanları ile örnekleme yapılan noktalar



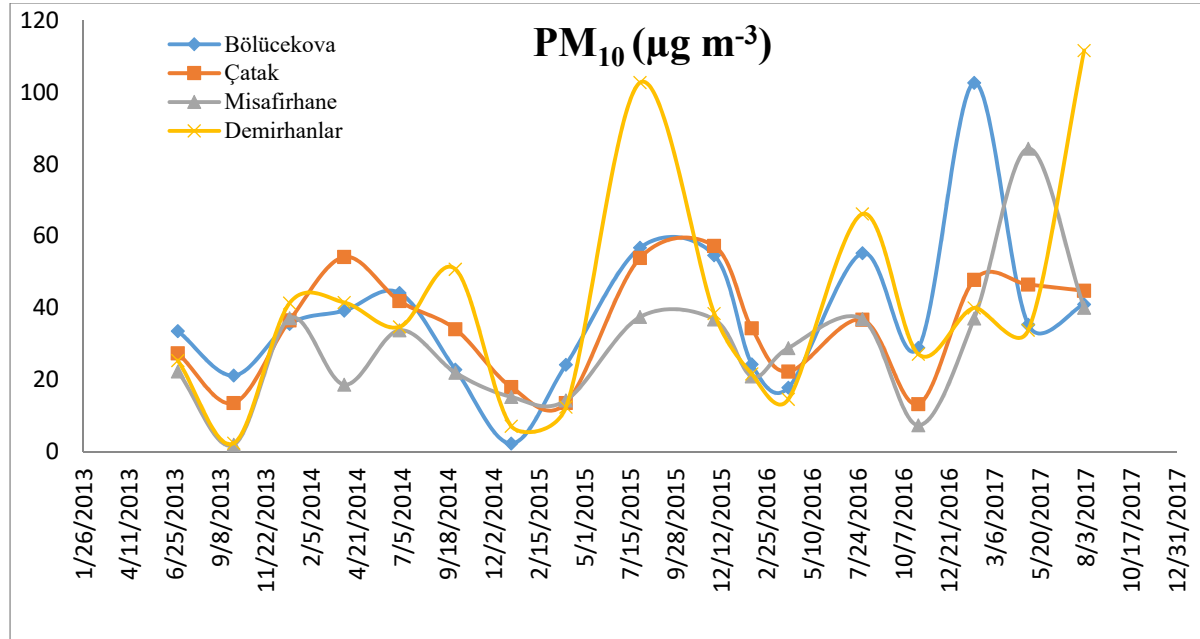
Şekil 3. Bölgeye en yakın Bolu İstasyonuna ait mevsimsel rüzgâr gülleri

### 3. SONUÇLAR

#### 3.1. PM<sub>10</sub> Konsantrasyonlarının Mekânsal ve Zamansal Değişimi

Tüm noktalardaki PM<sub>10</sub> örneklerinin gravimetrik analizi sonucunda elde edilen değerlerinin tesis kurulum öncesi ve sonrasını içerecek şekilde gösteren grafik Şekil 4’de verilmiştir. Özellikle yaz ayları hariç diğer dönemlerde bölgedeki yağışlarla birlikte havadaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının ve yerden havalanan toz emisyonlarının azalması nedeniyle tüm noktalarda daha düşük değerler elde edilmiştir. Ancak zaman zaman tespit edilen Bölücekova’daki 102,6  $\mu\text{g m}^{-3}$  değeri gibi kış aylarındaki yüksek değerlerin ise örnekleme noktasının yerleşim alanı içinde olması nedeniyle ısınmadan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar termik santrale ait 1. Ünite Nisan 2015, 2. Ünite ise Şubat 2016 döneminde faaliyete başlamış olsa da bölgedeki inşaat faaliyetleri nedeniyle bu tarihler öncesinde de özellikle yaz aylarında yüksek değerler tespit edilmiştir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (2008) kapsamında 214 yılında  $100 \mu\text{g m}^{-3}$  olarak başlayıp kademeli olarak azalan ve 2017 yılı için  $70 \mu\text{g m}^{-3}$  olan sınır değerler belirlenmiştir. Tüm periyot boyunca Çatak noktası hariç diğer noktalarda Bölücekova’da  $102,6 \mu\text{g m}^{-3}$  ile 2017 Şubat ayında, Misafirhane’de  $84,3 \mu\text{g m}^{-3}$  ile 2017 Mayıs ayında, Demirhanlar noktasında ise  $102,7 \mu\text{g m}^{-3}$  ve  $111,6 \mu\text{g m}^{-3}$  değerleri ile 2015 ve 2017 Ağustos aylarında sınır değerlerin üzerinde değerler tespit edilmiştir.



Şekil 4. PM<sub>10</sub> Ölçüm Sonuçlarının Zamansal Dağılımı

Tablo 2’de termik santralin kurulum öncesi ve sonrasının ayrı ayrı ortalamalarının verildiği değerler yer almaktadır. Kurulum öncesi Bölücekova, Çatak, Misafirhane ve Demirhanlar örnekleme noktalarında sırasıyla  $27,9$ ;  $29,8$ ;  $20,7$  ve  $26,9 \mu\text{g m}^{-3}$  değerleri gibi bütün noktalarda hemen hemen yakın değerler ölçülmüşken kurulum sonrası bütün noktalarda sınır değerleri sağlamasına rağmen  $46,3$ ;  $39,6$ ;  $36,6$  ve  $50,7 \mu\text{g m}^{-3}$  gibi daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Bu

değerler bile bölgedeki faaliyetlerin PM<sub>10</sub> değerlerine etkisini açık şekilde göstermektedir. Ölçümlere ait istatistiksel veriler incelendiğinde, her bir noktadaki standart sapma değerlerinin yüksek olmasının farklı zamanlardaki PM<sub>10</sub> değerleri arasındaki ciddi farklılıklardan kaynaklandığını göstermektedir.

**Tablo 2.** PM<sub>10</sub> Değerlerinin Tesis Kurulum Öncesi ve Sonrası Değişimi

	Örnekleme Noktaları			
	Bölücekova	Çatak	Misafirhane	Demirhanlar
Örnek Sayısı	17	17	17	17
Tesis Kurulum Öncesi Ortalama	27,9	29,8	20,7	26,9
Tesis Kurulum Sonrası Ortalama	46,3	39,6	36,6	50,7
Tüm Periyot Ortalama	37,6	35,1	29,1	39,5
Maksimum	102,6	57,2	84,3	111,6
Minimum	2,3	13,2	1,9	2,4
SSapma	22,1	14,9	18,4	30,2

### 3.2. Çöken toz konsantrasyonlarının mekânsal ve zamansal değişimi

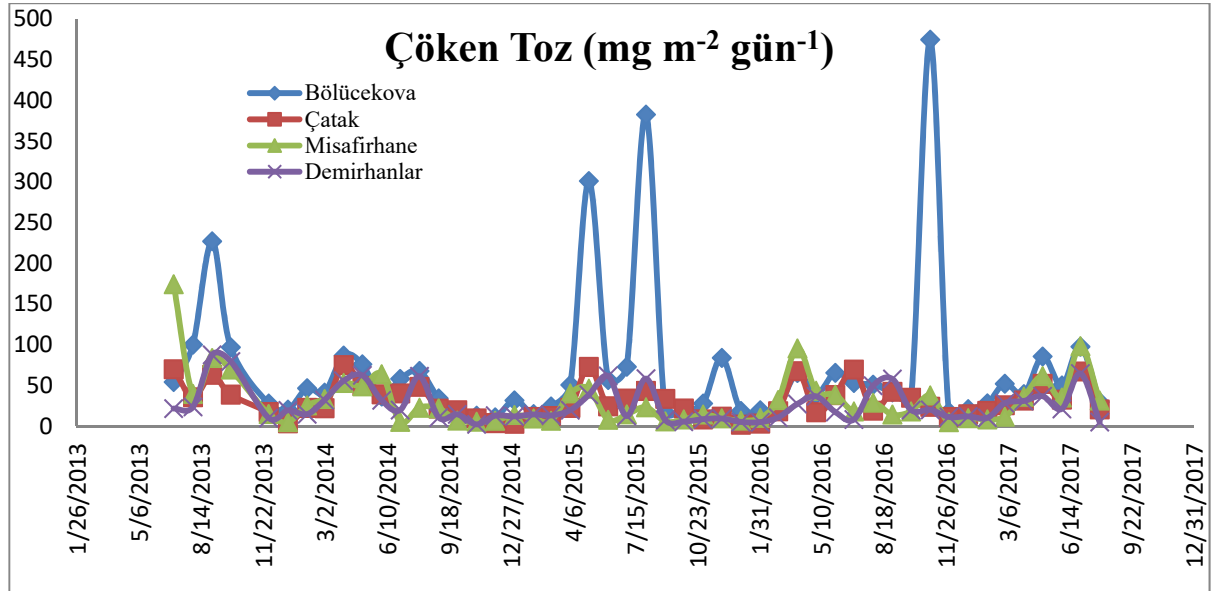
Bölgede yapılan ve çalışma süresince elde edilen çöken toz çalışmalarına ait bütün noktalardaki sonuçların zamansal değişimi Şekil 5’de verilmiştir. En yüksek çöken toz konsantrasyonları PM<sub>10</sub> değerlerinde de olduğu gibi Bölücekova örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Temmuz 2013 döneminde Misafirhane örnekleme noktasında elde edilen 174,2 mgm<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerinin tesisin henüz faaliyete geçmemesine rağmen o bölgede yapılan altyapı (işçi barınak vb.) çalışmalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Eylül 2013 dönemindeki Bölücekova noktasındaki 227,0 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerinin ise bölgedeki yoğun tesis inşaat faaliyetlerinden, ayrıca Bölücekova noktasında Mayıs ve Ağustos 2015 dönemlerinde elde edilen sırasıyla 301,0 ve 382,7 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerlerinin tesisin faaliyete geçmesi, Aralık 2016 dönemindeki 474,6 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerlerinin ise hem tesis hem de ısınmadan kaynaklı olabileceğini göstermektedir.

Tablo 3’deki çöken toz değerlerinin yıllık ortalamaları incelendiğinde, bütün yıllarda Bölücekova örnekleme noktasında diğer noktalara göre daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Sonuçlar Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2009) Tablo 2.2’de çöken toz için verilen ve 2014-2017 yıllarını kapsayan 210 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> sınır değeri ile kıyaslandığında bütün örnekleme noktalarında şartlar sağlanmaktadır.

**Tablo 3.** Çöken Toz Değerlerinin Yıllık Ortalamaları

Yıl	Örnekleme Noktaları			
	Bölücekova (mg m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )	Çatak (mg m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )	Misafirhane (mg m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )	Demirhanlar (mg m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )
2013	101,2	44,8	76,3	44,4
2014	45,1	31,9	26,0	29,4
2015	90,3	24,8	15,6	21,7
2016	75,2	28,8	28,9	22,4
2017	50,4	32,8	36,5	26,1



**Şekil 5.** Çöken Toz Sonuçlarının Zamansal Dağılımı

Tablo 4’de çöken toz değerlerinin tesis kurulum öncesi ve sonrası her bir örnekleme noktasındaki ortalamaları verilmektedir. Tesis kurulum öncesi Bölücekova, Çatak, Misafirhane ve Demirhanlar için sırasıyla 53,9; 29,8; 35,4 ve 29,4 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerleri tespit edilmişken, Nisan 2015 sonrası tesis kurulum sonrasında aynı noktalarda 81,0; 30,7; 27,1 ve 24,2 mg m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> değerleri ölçülmüştür. Tesis kurulum sonrası Bölücekova örnekleme noktasında görülen yüksek PM<sub>10</sub> değerleri gibi aynı durum çöken toz değerlerinde de görülmektedir.



**Tablo 4.** Çöken Toz Değerlerinin Tesis Kurulum Öncesi ve Sonrası Değişimi

	Örnekleme Noktaları ( $\text{mg m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ )			
	Bölücekova	Çatak	Misafirhane	Demirhanlar
Örnek Sayısı	49	49	49	49
Tesis Kurulum Öncesi Ortalama	53,9	29,8	35,4	29,4
Tesis Kurulum Sonrası Ortalama	81,0	30,7	27,1	24,2
Tüm Periyot Ortalama	69,4	30,3	30,6	26,4
Maksimum	474,6	75,0	174,2	87,7
Minimum	10,7	1,7	4,8	2,1
SSapma	90,8	20,6	31,8	21,6

#### 4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada özellikle Bölücekova örnekleme noktasının bölgede gerçekleştirilen faaliyetlerden kaynaklı toz emisyonlarından etkilendiği görülmektedir. Bu durum hem bölgede kurulan termik santral kurulum öncesi elde edilen ölçüm değerleri hem de tesis kurulum sonrası elde edilen değerler için geçerlidir. Tesis kurulum öncesi emisyonlara daha çok 2006 yılında itibaren faaliyette olan A panosu kömür çıkarma faaliyeti ile 2013 yılından itibaren faaliyette olan A Pasa Döküm Alanı katkı vermektedir. Zaten bölgedeki hakim rüzgar yönleri de mevsimsel olarak incelendiğinde hemen hemen tüm dönemlerde kuzeybatı ve güneybatı yönlerindeki bu faaliyetler sonucu oluşan toz emisyonlarının kuzey doğu yönünde olan Bölücekova noktasını etkileyebileceği görülmektedir.

Bu tür termik santral faaliyet alanlarında bu tesiste de geçerli olan bacalardan kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik gerekli tedbirler alınmış olmasına rağmen, bölgedeki diğer kömür çıkarma, kül depolanma, pasa döküm alanı, kalker işletme gibi baca dışı emisyon kaynakları büyük sorunlar oluşturabilmektedir. Bu tür faaliyetler gerçekleştirilirken mümkün olan maksimum derecede tedbirlerin alınması ile ancak bu emisyonların önlenmesi söz konusu olacaktır. Bu amaçla kömür depolama alanlarının mümkün olduğunca hakim rüzgar yönünü dikkate alacak şekilde kapalı hale getirilmesi, otomatik spreyleme-sulama sistemleri ile bu alanların kontrolü, doldurma-taşıma-boşaltma esnasında araçlarda gerekli tedbirlerin alınması gibi faaliyetler bölgedeki baca dışı toz emisyonlarının yerleşim alanlarına ulaşmasını önlemeye yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- IEEE 2010, Particulate matter emissions from a coal-fired power plant.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Faaliyet Raporu, 2016.
- EPA 2014, Reference News release: US Settlement with Michigan Utility to reduce emissions at its coal-fired power plants, fund projects to benefit Environment and communities.
- EÜAŞ Sektör Raporu, 2016.
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı 26898 nolu Resmi Gazete, 2008.
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı 27277 nolu Resmi Gazete, 2009.
- Sardar, S.B., Geller, M.D., Sioutas, C., Solomon, P.A. Development and evaluation of a high-volume dichotomous sampler for chemical speciation of coarse and fine particles, Journal of Aerosol Science, 37 (11) 1455-1466, 2006.
- Zhao, Y; Wang, S; Duan, L; Lei, Y; Cao, P; Hao, J (2008) Primary air pollutant emissions of coal-fired power plants in China: Current status and future prediction. Atmospheric Environment 42: 8442-8452.