

AÇIK OCAKLARDA TOZ DAĞILIMININ BİR BİLGİSAYAR YAZILIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of Dust Dispersion in Open Pit Mines by a Computer Program

Ersan DEĞERLİ¹
Bahtiyar ÜNVER⁽²⁾

ÖZET

Açık ocaklarda üretim faaliyetleri sırasında kaçınılmaz olarak belirli miktarda toz oluşmakta ve meteorolojik şartlara bağlı olarak çevreye dağılmaktadır. Ülkemizde, toz dağılım hesaplamalarında, Gauss matematiksel modeline dayanan, öncelikle bacalı sanayiler için geliştirilmiş ve daha sonra çizgisel ve *alansal toz kaynaklarına göre yeniden düzenlenmiş olan* modeller kullanılmaktadır. Ancak bu modellerin kullanımında bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bu çalışmada, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde yer alan Gauss Modeline ait eşitlikler ve katsayılar kullanılarak, ülkemiz meteorolojik ölçüm değerlerinin ve basit verilerin kullanıldığı, kolay uygulanabilir bir yazılım tanıtılmaktadır. Yazılımda, rüzgar hızları ile birlikte rüzgar esme sayıları da gözönünde bulundurularak sadece rüzgar hızlarını dikkate alan geleneksel yaklaşıma ait eksiklikler giderilmiştir. Bu yazıda, yazılım hakkında bilgi verilmekte ve uygulamaya ilişkin örnekler sunulmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Toz Dağılım Modeli, Açık Ocak, Çevre, Hava Kirliliği.

ABSTRACT

A certain amount of dust inevitably formed during open pit mining operations disperses around environment depending on the meteorological conditions. In our country Gaussian based models which were originally developed for chimney sources have been used. However, some problems have been experienced during their usage. A new computer program has been developed using Gaussian Model formulations existing in Air Quality Control Regulations of Turkey. Wind number and speed were considered together in the program. Whereas only the wind speed has been taken into account in the conventional approaches. Usage of the method eliminates unrealistic modelling of dust dispersion. In this paper, firstly, this computer program is presented and then results of an application are given.

Keywords; Dust Dispersion Modelling, Open Pit, Environment, Air Pollution.

¹Maden Y.Müh., Çevre Bakanlığı, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü, Ankara
²Prof.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

1.GİRİŞ

Planlanan bir ocağın ve/veya tesisin kurulması düşünülen bölgede, normal işletme koşullarında hava kalitesini hangi boyutta etkileyebileceğini, atmosfere verilen kirleticilerin atmosferik koşullara ve verecekleri tepkimelere bağlı olarak, nasıl dağıldığını belirlemek için kullanılacak tek yöntem modellemedir. Modelleme doğal koşulların laboratuvarında benzetilmesi temeline dayanılarak hazırlanan fiziksel modeller ve teorik hesaplamalara dayanan matematiksel modeller olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Ancak, uygulama kolaylığı nedeniyle yaygın olarak matematiksel modelleme tekniği kullanılmaktadır. Matematiksel modeller arasında doğrudan ölçüm yoluyla bulunan değerler ile uyumlu sonuç vermesi açısından en çok kullanılan Gauss Modelidir (Demirci, 1998), (Güllü, 2001), (Anon (a), 2001).

Toz dağılım hesaplamalarında kullanılan dağılım bilgisayar modelleri, aslında matematiksel modellerin bilgisayar yazılımlarıdır. Ancak, ulusal ve uluslararası kaynaklarda bilgisayar yazılımı isminden çok, dağılım bilgisayar modeli ismi kullanılmaktadır. Bilgisayar modelleri arasında, Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA-Environmental Protection Agency) tarafından geliştirilmiş olan Endüstriyel Kaynak Dağıtım Modelleri (Industrial Source Complex Dispersion Models-ISC modelleri), Bölgesel Dağılım Modelleri (Ali Terrain Dispersion Models-ATDM), Rüzgar Dalga Modelleri (Breozewake Models), Rüzgara Göre Hava Grafik Modelleri (Breeze Air Graphics Models) yaygın olarak kullanılan modellerdendir. Ancak, atmosferik taşınım olaylarının son derece karmaşık olması, çok sayıdaki katsayının belirlenmesindeki güçlükler, model kurma ve veri derlemede ortaya çıkan sorunlar nedeniyle bilgisayar yazılımlarının kullanımında sorunlar çıkmaktadır. Bu nedenle, evrensel bir model elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Buna karşın, temel model yaklaşımlarının uygulama yapılacak kaynak ve bölgenin özelliklerine bağlı olarak çeşitli kabul ve sadeleştirmelerle ele alınması daha yaygındır (Demirci, 1998), (Kalafatoğlu vd., 1995), (Turanoglu, 2000).

Günümüzde, evrensel model olarak gösterilen dağılım bilgisayar modelleri, aslında ait oldukları ülkelerin mevzuatına, veri tabanlarına ve meteorolojik ölçüm yöntemlerine göre geliştirilmiş modeller olup, geliştirildikleri ülkelerden farklı ülkelerde kullanılmalarında sorunlar yaşanabilmektedir. Bu nedenle farklı koşullar altında kullanılmak üzere, farklı meteorolojik ölçüm yöntemleri ve verilerine uygun bilgisayar modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde ve ülkemizde, tesislerden işletmelerden kaynaklanan kirleticilerin (emisyonların) dağılım hesaplamaları için, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilmiş olan ISC modelleri tercih edilmektedir. Açık ocaklarda toz dağılımının hesabı için ISC Modellerinden, ISCST3 modelinin alansal kaynak model sürümü kullanılmaktadır. ISCST3 alansal kaynak modeli, Gauss noktasal kaynak dağılım eşitliğinin rüzgara karşı ve rüzgar doğrultusu üzerinde sayısal entegralinden ibarettir (Anon (a), 2001). Ancak, yaygın olarak kullanılmakla birlikte bu modellerin ülkemizde uygulanmasında, başta modelin temelini oluşturan meteorolojik verilerinin doğrudan kullanılamaması olmak üzere bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Ülkemiz meteorolojik verilerinin kullanılamamasının nedeni, ISC modelleri geliştirilirken Amerika'daki meteorolojik ölçüm yöntemlerine göre elde edilen verilerin kullanılmasıdır. ISC Modellerinde kullanılan meteorolojik verilerden; "Atmosferik Karışık Yüksekliği" verilerinin Türkiye'nin bütün illerinde ölçümü yapılmamakta, ayrıca Amerika'da 32 yönlü rüzgar hızı ölçümü yapılırken ülkemizde 16 yönlü rüzgar hızı ölçümü yapılabilmektedir. Bu nedenlerle ISC modellerinin ülkemizde kullanılabilmesi için öncelikle mevcut meteorolojik verilerin modelde kullanılacak şekle dönüştürülmesi gerekmektedir.

Toz, rüzgarın estiği yönde dağılım göstermektedir. Bu nedenle, toz dağılımını etkileyen rüzgar ile ilgili etmenlerden birisi hız, diğeri de esme sayısıdır. Ancak Gauss Modelinde yer alan eşitliklerde ve bu modele göre geliştirilen dağılım bilgisayar modellerinde karmaşık meteorolojik veriler kullanılmasına

karşın, dağılımı etkileyen etmenlerden birisi olan esme sayıları hesaba katılmamaktadır. Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen ISC modellerinde rüzgar gülü grafiğinden ölçülen açı, veri olarak kullanılarak hakim rüzgar yönüne göre dağılım grafiği çizilmektedir.

Ülkemizde kullanılan modellemelerde, veri girişlerinin yanında sonuçların değerlendirilmesi de uzmanlık gerektirmektedir. Bundan dolayı, bu modelleri kullanacak ve sonuçlarını değerlendirecek kişilerin, model konusunda eğitim almaları gerekmektedir. Ancak, ülkemizde, uygulama ve denetleme konusunda yetkili kurum ve kuruluşlar ile özel sektörde söz konusu modeller konusunda yeterli sayıda uzman bulunmamaktadır. Söz konusu modellerin sonuçlarının doğruluk derecesi ne kadar yüksek olursa olsun bu nedenlerle uygulanmasında güçlükler yaşanmaktadır.

Kullanılan dağılım bilgisayar modellerinin, özellikle bacalı sanayilerin, baca gazı kirleticileri ve hava kalitesi saptamak için geliştirilmiş olmaları nedeni ile, doğrudan açık ocak işletmelerinde kullanılabilirliği mümkün olmamaktadır. Var olan dağılım bilgisayar modellerinin, ya açık ocak işletmelerinde kullanılabilirliği sürümlerinin olması, ya da açık ocaklara uyarlanması gerekmektedir.

Yukarıda değinilen nedenlerden dolayı dağılım modellerinin uygulanması belirli bir süreç almakta ve pahalı olmaktadır. Bu nedenle, yasal zorunluluk olmadıkça yatırımcılar tarafından bu modeller kullanılmamaktadır.

Bir işletmenin havaya yaydığı toz ve yayılımın, planlama aşamasında iken belirlenmesi Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) çalışmaları içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle, diğer işletmelerde olduğu gibi, açık ocak işletmelerinde de, planlama aşamasında, ortaya çıkabilecek toz miktarı ve dağılımının tespit edilmesi, ocağın üretime geçirilip geçirilmemesine karar verilmesi açısından önem kazanmıştır (Anon (b) 1997).

Bütün bu nedenler, açık ocak işletmelerinde toz dağılımı için bir bilgisayar yazılımının geliştirilmesi fikrini getirmiş ve bu çalışmanın

yapılmasına temel oluşturmuştur. Ülkemizde kullanılan meteorolojik ölçüm sonuçları dikkate alınarak karmaşık veriler yerine basit verilerin ve katsayıların kullanıldığı bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılımın temeli Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde (Anon (c), 1986) yer alan eşitlikler, katsayılar ve kabullere dayanmaktadır.

Oluşabilecek toz sorunundan etkilenebilecek alanların saptanabilmesi için hakim rüzgar hızlarına ek olarak rüzgar yönünün ve buna bağlı olarak her yöndeki esme sayısının da belirlenmesi gerekmektedir. Geliştirilen bilgisayar yazılımında, Gauss Modelinde yer alan eşitliklere göre, rüzgar yönü ve hızları dikkate alınarak yapılan hesaplama sonuçları, farklı yönlerdeki esme sayıları ile ağırlıklı olarak değerlendirilmiştir. Böylece, rüzgar hızlarının yanında, esme sayılarına göre toz yoğunlukları ve dağılım mesafeleri saptanabilmektedir. Geliştirilen bilgisayar yazılımı ile, her yöndeki esme sayısını eşit kabul ederek hesaplama yapan dağılım bilgisayar modellerine göre rüzgarla ilgili meteorolojik verilerle uygunluk gösteren ve hakim rüzgar yönü ile diğer yönlerdeki değerleri de gösteren sonuçlar elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Geliştirilen bilgisayar yazılımı ön değerlendirme açısından çok uygundur. Ancak, bilgisayar yazılım sonuçlarına göre, insan, tarım ve diğer canlılar açısından duyarlı olan bölgelerde, daha çok veriye dayanan ve hassas sonuçlar veren modellerin kullanılması, işletmenin gerçekleştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

2. BİLGİSAYAR YAZILIMINDA KULLANILAN DAĞILIM HESAPLAMALARI

Bir işletmede oluşacak olan kirletici yaydım değerlerinin dağılımı sonrası çevreye olan etkilerini tespit etmek için, yaygın olan dağılım bilgisayar modellerinde olduğu gibi Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde de Gauss Modelinde bulunan eşitlikler kullanılmaktadır. Bu nedenle bilgisayar yazılımında da Gauss Modelindeki eşitlikler kullanılmıştır.

Bu hesaplama için önce tane büyüklüklerinin sınıflandırılması gerekmektedir. Tane büyüklüklerinin sınıflandırılmasında, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde yer alan sınıflama kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Havada Asılı Tozların Çaplarına Göre Alçalma Hızları

Sınıf	Tane (Hm)	Büyüklüğü (m/sn)	Alçalma Hızı, V_{di}
I=1	5'den küçük	0,001	
I=2	5-10	0,01	
I=3	10-50	0,05	
I=4	50'den büyük	0,1	

Kirletici kütleli debisi, her tane büyüklüğü sınıfı için verilir. Dağınık kaynaklardan hava kirlenmesine katkı hesaplanırken bunlar noktasal kaynak gibi kabul edilir .

Havada asılı tanecikler için Hava Kalitesi

$$C_i(x,y,z) = \frac{10^6}{3600 \times 2 \times \pi} \times \frac{Q_i}{U_i \times \sigma_y \times \sigma_z} \times \exp\left[-\frac{y^2}{2 \times \sigma_y^2}\right] \times \left[\exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2 \times \sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2 \times \sigma_z^2}\right]\right] \times \exp\left[-\frac{z}{\sqrt{\pi}} \times \frac{V_{di}}{U_i} \times \int_0^z \frac{1}{\sigma_z(\xi)} \times \exp\left[-\frac{h^2}{2 \times \sigma_z^2(\xi)}\right] d\xi\right] \quad (1)$$

$$d(x,y) = 86400 \sum_{i=1}^4 V_{di} \times C_i(x,y,z) \quad (2)$$

Burada;

Q (x,y,z):Tepe noktasında, her bir yöndeki yayılma durumu için Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKD) (mg/m³ yoğunlaşma biriminde),

ξ :x yönünde integrasyon değişkeni,

x,y,z :Tepe noktasında kartezyen koordinatları, (x: yayılma yönünde ve bu yayılma yönüne dik durumlarda y:yatay, z:dikey)

d(x,y) :Çöken toz miktarı (mg/m².gün),

z :Tepe noktasının zeminden yüksekliği (m),

Q : Kaynaktan çıkan kirleticilerin kütleli debisi (kg/h),

Değerleri (HKD), (i=1) sınıfından (i=4) sınıfına kadar her tepe noktası için Gauss Modelinde ve Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin Ek 2 (Hava Kirliliği Seviyesinin Ölçümü ve Tespiti) 6.5.1 maddesinde "Formül II" olarak verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 1). Her sınıfta bulunan katkılar toplanarak hava kirlenmesine katkı değeri bulunur. Tane büyüklüğü, 50 jım' den küçük olan ancak dağılımı belli olmayan tozlar için, alçalma hızı (Vdi) 0,07 m/sn alınarak hesaplama yapılır. Bu durumda tozların toplam yayılımı, 50 j,m'den küçük tane büyüklüğünde tozlar için geçerli kütleli debi değerine sahiptir (Anon (c), 1986)

Çöken tozların hava kirlenmesine katkı değerleri için ise Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin Ek 2 (Hava Kirliliği Seviyesinin Ölçümü ve Tespiti) 6.5.2 maddesinde "Formül III" olarak verilen eşitlik kullanılmaktadır (Eşitlik 2).

σ_y, σ_z : Yatay ve dikey yayılma katsayıları (m), (Rüzgarın gidiş yönüne (x yönü) ve kaynaktan olan uzaklığına (x değeri) bağımlı olarak bulunabilen y ve z doğrultularındaki kirlilik dağılımlarının standart sapma katsayıları)

U_a :Anemometre ile ölçülen rüzgar hızı (m/sn),

UR :Yer seviyesindeki (U_a) rüzgar hızının havanın kararlılık sınıfına göre belirlenmiş olan temsili rüzgar hızı (m/sn),

U_h :Tozun, zeminden yükseldikten itibaren dağılmaya başladığı mesafedeki rüzgar hızı (m/sn),

h :Tozun zeminden itibaren dağılmaya başladığı yükseklik (m),

V_j : Havada asılı taneciklerin alçalma hızı (m/sn),

V_d : Çöken tozların alçalma hızı (m/sn)

Ancak kullanılan eşitlikler ve katsayılar, Gauss Modelinde ve Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde endüstriyel çalışmalar için belirlenmiştir. Açık ocaklarda tozun dağılmaya başladığı yükseklik (h) ve bu yükseklikteki rüzgar hızı (U_h) endüstriyel çalışmalarda etkin baca yüksekliği ve buradaki hız olup kullanılan Gauss Modelindeki eşitliklerde ve yönetmelikte bu değerler kullanılmaktadır.

Gauss Modelinde ve bu modele göre geliştirilen bilgisayar dağılım modellerinde esme sayıları, her yönde eşit kabul edilerek, hesaplamalara dahil edilmemiştir. ISC modellerinde, esme sayılarına göre hazırlanan rüzgar gülünden hakim rüzgar açısı tespit edilerek hakim rüzgar yönüne göre grafik çizimi yapılmıştır. Mantıksal olarak, oluşabilecek toz sorunundan etkilenebilecek alanların saptanması için hakim rüzgar hızlarına ek olarak rüzgar yönünün ve buna bağlı olarak her yöndeki esme sayısının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, rüzgar yönü ve hızları dikkate alınarak yapılan dağılım yazılımı sonuçları farklı yönlerdeki esme sayıları ile ağırlıklı olarak değerlendirilmiştir. Toz dağılımının esme sayılarına göre farklı yönlerdeki dağılımları Eşitlik 3 ve 4 'ün bilgisayar yazılımına dahil edilmesi ile bulunabilmektedir.

$$C_E = C + C \times \left(\frac{U_E - U_{EOR}}{U_{EOR}} \right) \quad (3)$$

$$d_E = d + d \times \left(\frac{U_E - U_{EOR}}{U_{EOR}} \right) \quad (4)$$

Burada;

C :Rüzgar hızına göre hesaplanan her bir yöndeki yayılma durumu için hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKD) (mg/m^3 yoğunlaşma biriminde),

C_E :Esme sayısına göre her bir yöndeki yayılma durumu için Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKD) (mg/m yoğunlaşma biriminde),

d :Rüzgar hızına göre hesaplanan çöken tozların miktarı ($mg/m^2.gün$),

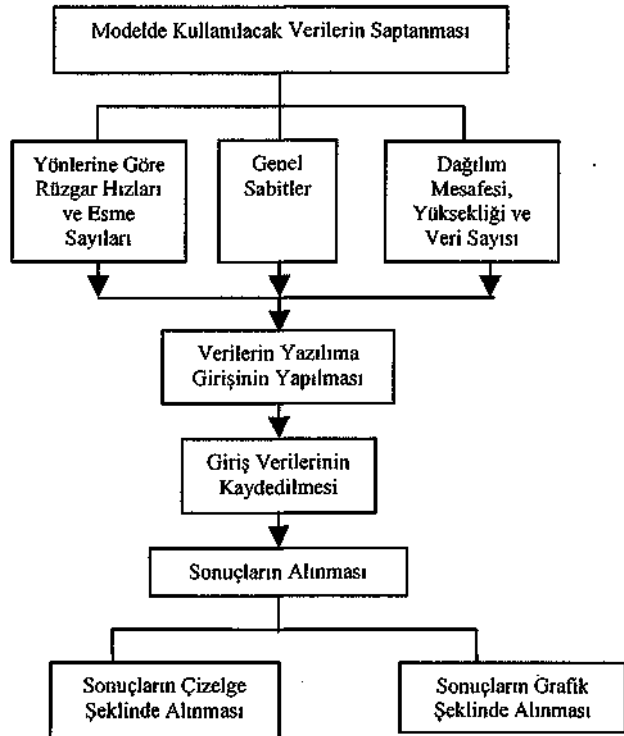
d_E :Esme sayısına göre çöken tozların miktarı ($mg/m^2.gün$),

U_E :Yöndeki esme sayısı

U_{EOR} :Tüm yönlerdeki esme sayılarının aritmetik ortalaması

3. AÇIK OCAKLARDA TOZ DAĞILIM HESAPLAMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR YAZILIMI

Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak visual basic ortamında bir bilgisayar programı yazılmıştır . Bilgisayar modelinin nasıl kullanılacağını gösteren akım şeması aşağıda verilmektedir.



Şekil 1. Bilgisayar modelinin akım şeması

3.1. Bilgisayar yazılımında kullanılan veriler

Yazılımda kullanılan veriler, yönlerine göre rüzgar hızları (şiddeti), genel sabitler ve en uzak mesafe (maksimum uzaklık) olmak üzere üç ayrı grupta toplanmış olup, programın bilgisayar ekranındaki görüntüsü Şekil 2'de verilmektedir.

3.1.1 Yönlere göre rüzgar hızlarının ve esme sayılarının yazılıma veri olarak girişi

Program ekranında belirtilen yönlerin karşısındaki ilk sütuna, Şekil 2'de belirtilen meteorolojik veriler ve eşitlikler kullanılarak hesaplanan rüzgar hızları (U_h), ikinci sütuna da esme sayıları veri olarak kaydedilmektedir.

i) Yayılma sınıfları

Yayılma sınıfları, her tam saat için ölçülen rüzgar hızları, bulutluluk derecesi, bulut cinsi,

ay ve günün kesimleri ile Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verileri dikkate alınarak Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği Ek 2 (Hava Kirliliği Seviyesinin Ölçümü ve Tespiti) 6.9 maddesinde yer alan Çizelge 1'deki sınıflamaya göre saptanmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2 . Yayılma Sınıflarının Tespiti

Yer	Sekiz Saatlik Toplam Bulutluluk Oranları				
	Gece saatleri		Gündüz saatleri		
Rüzgarları Hızı(U_h)			(Güneş ışması altında)		
(m/sn;	0/8-6/8 *	7/8-8/8 *	0/8-2/8 *	3/8-5/8*	6/8-8/8*
	Bulutlu	Bulutlu	Bulutlu	Bulutlu	Bulutlu
1 ve daha küçük	E	D	B	B	B
1,5-2,0	E	D	B	B	C/I
2,5-3,0	D	C/II	B	B	C/I
3,5-4,0	C/II	C/II	B	B	C/I
4,5 ve daha büyük	C/II	C/II	C/I	C/II	C/II

: Bulutluluk oranı

Şekil 2. Yazılımın bilgisayar ekranında görüntüsü

ii) Rüzgar hızları ve esme sayıları

Anemometre tarafından zeminden belirli bir yükseklikte (z_a), 10 dakikadan 60 dakikaya kadar bir süre içerisinde ortalama sürelerde ortalama değer olarak belirlenmiş rüzgar hızları, U_a ile gösterilmektedir. Çeşitli (U_a) rüzgar hızları için, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği EK 2 (Hava Kirliliği Seviyesinin Ölçümü ve Tespiti) 6.11 maddesinde yer alan ve Çizelge 3'de verilen örnek rüzgar hızları (U_R) kullanılmaktadır.

Çizelge 3. Temsili Rüzgar Hızı (U_R) Değerinin Belirlenmesi

U_a (m/sn)	U_R (m/sn)
1,4 den küçük	1
1,4-1,8	1,5
1,9-2,3	2
2,4-3,8	3
3,9-5,4	4,5
5,5-6,9	6
7,0-8,4	7,5
8,5-10,0	9
10,0 dan büyük	12

Burada;

- U_a : Anemometre yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/sn)
- U_R : Yer seviyesindeki (U_a) rüzgar hızının havanın kararlılık sınıfına göre yuvarlanmış olan rüzgar hızı (m/sn)
- u_h : Tozun dağılmaya başladığı yükseklikteki rüzgar hızını (m/sn) ifade etmektedir.

Eşitlik 1 ve 2'de kullanılan rüzgar hızı (U_h) Eşitlik 5'de verilen ifade ile hesaplanmaktadır (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, EK 2, 6.11 maddesi).

$$u_h = u_R \left(\frac{h}{z_a} \right)^M \quad (5)$$

z_a : Anemometrenin zeminden yüksekliği (m) (Genelde anemometre ile rüzgar hızı ölçümleri 10 metre yükseklikten yapılmaktadır.)

Eşitlik 5'de kullanılan M üssel değeri, Hava

Kalitesinin Korunması Yönetmeliği EK 2 (Hava Kirliliği Seviyesinin Ölçümü ve Tespiti) 6.11 maddesinde yer alan ve Çizelge 4 de verilen değerleri almaktadır.

Çizelge 4. Eşitlik 5 de Yer Alan M üssel Etmeni İçin Kullanılan Değerler

Yayılma Sınıfı	M
A(Çok Kararsız)	0,09
B(Kararsız)	0,20
CVI(Nötral)	0,22
C/II(Nötral)	0,28
D(Kararlı)	0,37
E(Çok Kararlı)	0,42

Rüzgar esme sayıları olarak, her yöndeki aylık ya da yıllık esme sayıları toplam değerleri kullanılmaktadır. Bu değer ya bölgede faaliyette bulunulacak aylarda ya da yıl boyunca ölçüm yapılarak, ya da en az on yıllık ölçümler sonucu elde edilen toplam esme sayılan değerlerinin ortalamaları alınarak belirlenmektedir. Uzun bir süreç olması nedeniyle ölçümle saptama yöntemi fazla kabul görmemektedir.

3.1.2 Genel sabitler

i) Yayılma katsayılarının (F, f ve G, g) girilmesi:

Yayılma sınıflarına uygun olarak madencilik işlemleri ve etkin baca yüksekliği (h) 50 m'nin altında olan işletmeler için, F ve G yayılma katsayıları, f ve g üstel değerleri, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği EK 2 (Hava Kirliliği Seviyesinin Ölçümü ve Tespiti) 6.10 maddesinde yer alan ve Çizelge 5'de verilen yayılma katsayıları çizelgesine göre belirlenmektedir.

Çizelge 5. Madencilik İşlemleri ve Etkin Baca Yüksekliği (h) 50 m'nin Altında Olan İşletmeler İçin Kullanılan Yayılma Katsayıları

Yayılma Sınıfı	F	F	G	S
A(Çok Kararsız)	1,503	0,833	0,151	1,219
B(Kararsız)	0,876	0,823	0,127	1,108
C/I (Nötral)	0,659	0,807	0,165	0,996
C/II(Nötral)	0,640	0,784	0,215	0,885
D(Kararlı)	0,801	0,754	0,264	0,774
E(Çok Kararlı)	1,294	0,718	0,241	0,662

ii) Havada asılı taneciklerin ve çöken tozların alçalma hızı (V_{di} ve V_{da} , m/sn) değerlerinin girişi:

Havada asılı taneciklerin dağılım hesaplamasında, havada asılı tanecik hızı için (V_{di}) 0,01 m/sn değeri veri olarak giriş yapılır. Çöken tozların hesaplamasında ise V_{da} değerinin yanında tozların alçalma hızı (V_{da}) değeri olarak 0,07 m/sn değerinin girişi yapılır.

iii) Tozun yerden yükselip dağılmaya başladığı mesafe (h, m) değerinin girişi:

Madencilik çalışmalarında tozun yerden yükselip dağılmaya başladığı (h), 10 metre (araçlardan kaynaklanabilecek olan tozun yükselebileceği en yüksek seviye) olarak giriş yapılmaktadır.

iv) Ayırıcı veri (z) değerinin girişi:

Bilgisayar yazılımında, havada asılı tanecik ve çöken toz miktarı hesaplamalarında, z ayırıcı veri olarak kullanılmaktadır. Açık ocaklarda, havada asılı taneciklerin dağılım modellemesinde $z=2$ m (insanın soluyabileceği yerden olan en üst yükseklik), çöken tozların hesabında ise $z=0$ metre olarak giriş yapılmaktadır.

v) Toplam kirletici değeri (Q_i ; kg/saat) değerinin hesaplanıp giriş yapılması:

Açık ocaklarda, kirletici değerleri Çizelge 6' da belirtilen şekilde hesaplanmaktadır.

3.1.3 Diğer Veriler

Dağılım hesabı yapılacak yaydım mesafesinin, yüksekliğinin (Y) en üst değerinin ve veri sayılarının (mesafe dilim sayılarının programa veri olarak girişi yapılır.

4. ÖRNEK UYGULAMA SONUÇLARI

Bilgisayar yazılımının, üretim yapan bir açık ocakta uygulanması ve elde edilen sonuçların ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, kurumlarına bağlı olan Kırkkale İli, Yağışhan

Çizelge 6. Açık Ocaklarda, Her Bir Faaliyet İçin Kirletici Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Eşitlikler (Müezzinoğlu, 1987), (Anon (a), 2001)

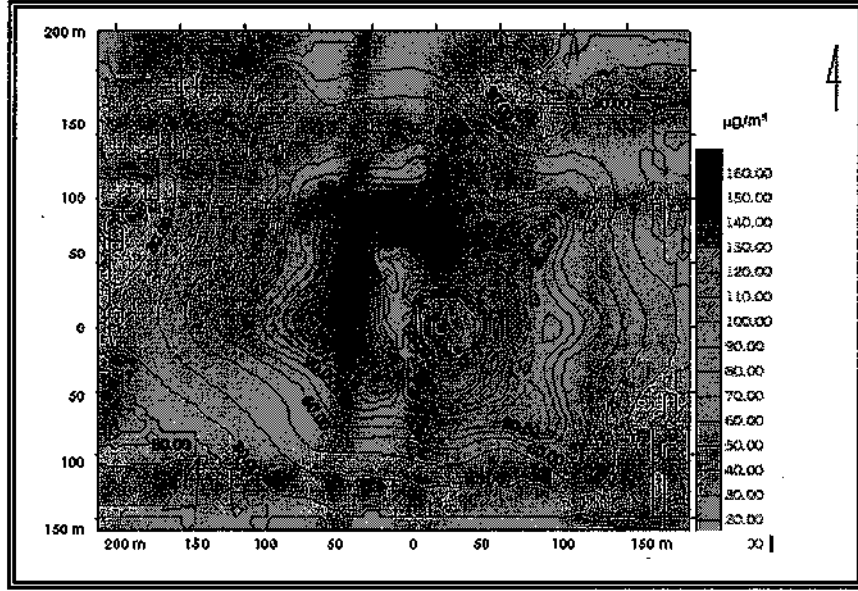
FAALİYET*	Q (Kirletici değeri)= Faaliyet x Toz Kirleticisi Katsayısı	
Patlatma	Patlatmada elde edilen miktar (ton/saat) x 0.080 (kg/ton)	
Sökme(üretim)	Saatlik üretim miktarı (ton/saat) x 0.025 (kg/ton)	
Sürekli işler	Yükleme-boşaltma	Saatlik üretim miktarı (ton/saat) x 0.010 (kg/ton)
Araçların ocak içerisindeki hareketi	Gidiş-dönüş mesafesi (km) x sefer sayısı (sefer/gün**) x 0.7 (kg/km-araç)	

* : Sadece açık ocak içerisindeki çalışmaları kapsamakta olup, kırma-eleme tesislerine yer verilmemiştir.
* : Bir gündeki çalışma saati

İlçesi, Keçili Köyü civarında bulunan Vakvağan Tepesi Taş Ocağı, toz ölçümü yapılması nedeniyle ikinci örnek uygulama olarak seçilmiştir. Uygulama sonuçları örnek olarak Çizelge 7 ve 8'de ve toz dağılım konsantrasyonları eş eğrileri Şekil 3, 4, 5, ve 6'da verilmiştir.

Toz dağılım hesaplamalarında ve ölçümlerinde, ocak sınırları içerisindeki yüksek toz yoğunluğunun belirlenmesi değil, ocak içerisindeki ve ocak dışına çıkan toz dağılımlarının çevredeki canlı türlerine olan etkisinin en az düzeyde tutulması amaçlanmaktadır. Bu nedenle mesafelere göre elde edilen sonuçların belirtilen mesafe ve yönlerde ölçüm yapılarak denenmesi gerekmektedir.

Ancak, Karayolları Genel Müdürlüğü yetkililerinden, sözkonusu ocakta toz dağılımını saptamak amacıyla değişik mesafe ve yönlerde toz ölçümü yapılması için gerekli izin alınamamıştır. Dolayısıyla, bu ocakta da uygulama sonuçlarının mesafelere göre toz ölçümü yapılarak belirlenmesi mümkün olmamıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, nasıl ve hangi zaman aralıkları ile ölçüm yapıldığı konusunda gerekli bilgi verilmeden, bireysel tip toz ölçüm alet;



Şekil 3. Rüzgar hızlarına göre Vakvağan Tepesi-Taş Ocağı'nda havada asılı taneciklerin dağılımı (sadece rüzgar hızları dikkate alınmış, esme sayıları dikkate alınmamıştır).

(personal air sampler) olarak isimlendirilen filtreli toz ölçüm aleti ile ve yön bildirilmeden ocağa 85 metre mesafede yapıldığı belirtilen ölçüm sonuçlarına göre değerlendirme yapılabilmektedir.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından toz, 1.gün ölçüm ortalaması: $109,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2.gün ölçüm ortalaması: $61,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3.gün ölçüm ortalaması: $81,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüş olup, günlük aritmetik ortalama tozluluk değeri $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir.

Mesafe ve yönler göre toz ölçümü yapılamadığı için uygulama sonuçları ile toz ölçümü sonuçlarının tüm yönler göre karşılaştırılması yapılmıştır. Yalnızca rüzgar hızlarına göre yapılan uygulamalarla elde edilen Çizelge 7 ile Şekil 3 ve Şekil 5'in incelenmesi sonucunda, havadaki tozluluk değerinin 100 m de, SE ve E yönünde Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olan ölçüm sonuçlarından $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fazla olduğu, diğer yönlerde ise ölçüm sonuçları ortalamasından düşük değerlerde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 7. Rüzgar Hızlarına Göre Vakvağan Tepesi Taş Ocağı'nda Havada Asılı Taneciklerin Mesafelere Göre Dağılımı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Yalnızca Rüzgar Hızları Dikkate Alınmıştır)

Hava	U ₁₀	Yön	C=20 m	C=50m m	C=100 m	C=300 m	C=500 m
B	3	N	31,45	81,15	31,94	4,21	1,57
B	3	NNE	31,45	81,15	31,94	4,21	1,57
B	2	NE	47,18	121,50	47,67	6,20	2,30
B	2	ENE	47,18	121,50	47,67	6,20	2,30
B	1	E	94,35	241,80	93,80	12,06	4,40
B	1,5	ESE	62,90	161,70	63,20	8,20	3,05
B	1	SE	94,35	241,80	93,80	12,06	4,40
B	1,5	SSE	62,90	161,70	63,20	8,20	3,05
B	1,5	S	62,90	161,70	63,20	8,20	3,05
B	3	SSW	31,45	81,15	31,94	4,21	1,57
B	1,5	SW	62,90	161,70	63,20	8,20	3,05
B	3	WSW	31,45	81,15	31,94	4,21	1,57
B	2	W	47,18	121,50	47,67	6,20	2,30
B	3	WNW	31,45	81,15	31,94	4,21	1,57
B	1,5	NW	62,90	161,70	63,20	8,20	3,05
B	3	NNW	31,45	81,15	31,94	4,21	1,57

Bu durum da, ocakta yapılan ölçüm sonuçları ile toz dağılımı için uygulanan bilgisayar yazılımından elde edilen sonuçların birbirine yakın değerler olduğunu göstermektedir.

Çizelge 8. Esmeye Sayılarına Göre Vakvağın Tepesi Taş Ocagı'nda Havada Asılı Taneciklerin Mesafelere Göre Dağılımı (QiG/M³) (Hem Rüzgar Hızları Hem De Esmeye Sayıları Dikkate Alınmıştır)

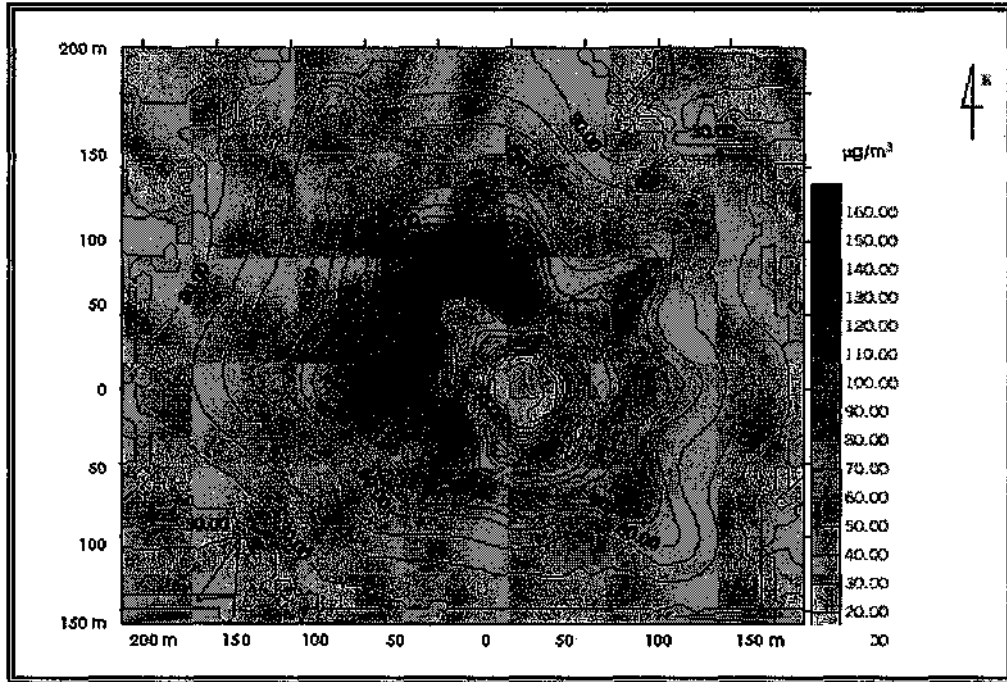
Yön	Hava	Uh	Esmeye Sayısı	C=100 C=300 C=500				
				1	C=20m	C=50m	m	m
N	B	3	720	15,92	41,08	16,17	2,13	0,79
NNE	B	3	978	21,63	55,81	21,97	2,89	1,08
NE	B	2	3726	123,62	318,42	124,91	13,36	6,09
ENE	B	2	3671	121,8	313,72	123,07	16,12	6,00
E	B	1	2738	181,68	465,64	180,76	23,23	8,58
ESE	B	1,5	645	28,53	73,37	28,68	3,73	1,38
SE	B	1	679	45,05	115,47	44,82	5,76	2,12
SSE	B	1,5	378	16,72	42,99	16,80	2,18	0,81
S	B	1,5	732	32,38	83,26	32,55	4,23	1,57
SSW	B	3	1543	34,13	88,05	34,66	9,89	1,70
SW	B	1,5	2488	110,06	283,02	110,64	14,40	5,34
WSW	B	3	1379	30,50	78,69	30,98	8,84	1,52
W	B	2	1282	42,53	109,56	42,97	5,62	2,20
WNW	B	3	557	12,32	31,78	12,51	1,64	0,61
NW	B	1,5	641	28,35	72,91	28,50	3,71	1,37
NNW	B	3	607	13,42	34,64	13,63	1,79	0,67

5. TARTIŞMA

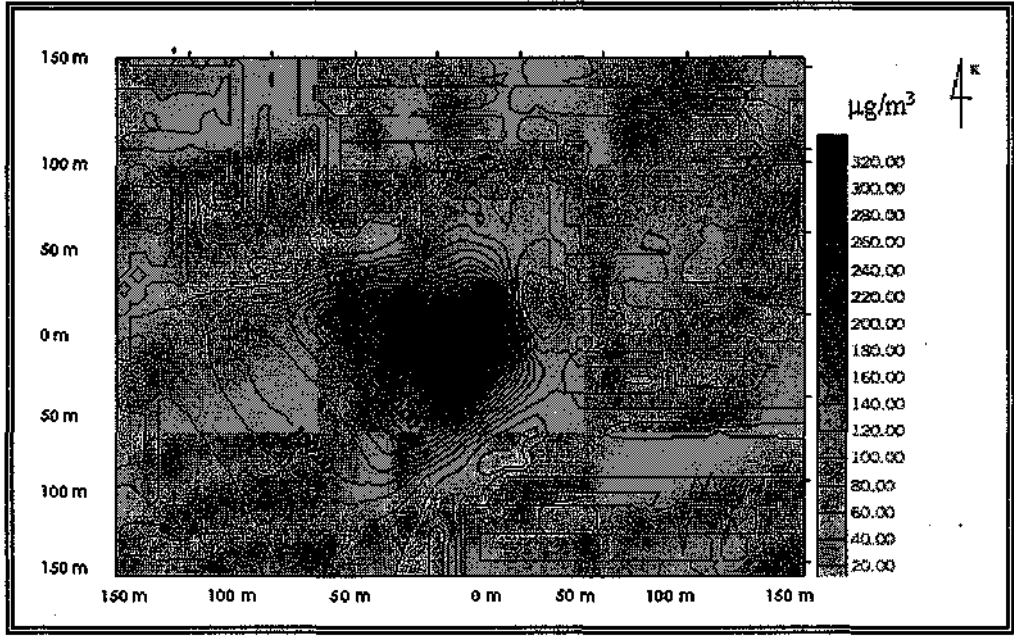
Dağılım modelleri, endüstriyel çalışmaların

baca gazı kirletici değerlerinin hesaplanması amacıyla geliştirildiklerinden diğer çalışma türlerine uyarlanmaları gerekmektedir. Bacalı tesislerden havaya kirletici verilmesi süreklilik göstermektedir. Ayrıca bacalı tesislerden havaya, doğal olmayan maddeler kirletici olarak verilmektedir. Buna karşın, açık ocaklarda yerde doğal olarak bulunan malzeme tozlaştırılmaktadır. Bu nedenlerle baca gazı kirleticilerinin ve açık ocaklarda çıkan tozların hesaplanması ile alınacak önlemler farklılık göstermektedir. Bu durumda, bacalı tesisler için geliştirilen dağılım modellerinin açık ocaklar için kullanılmasının ve bu modellere göre değerlendirme yapılmasının hatalı olabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

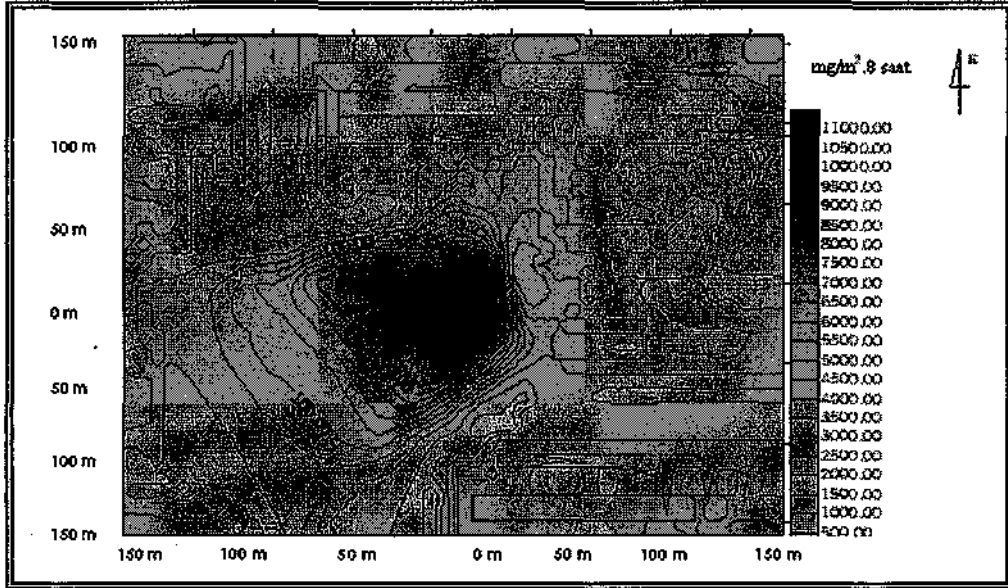
Modelleme yapılırken veri türü ve sayısının fazla olması daha hassas sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak, ülkemizde modellerin kullanılması için yeterli veri tabanı oluşturulmaması nedeniyle veri derlemede zorluklar ortaya çıkmaktadır. Yaygın olmasına karşın, ait oldukları ülkelerin mevzuatlarına ve meteorolojik verilerine göre geliştirilen



Şekil 4. Esmeye sayılarına göre Vakvağın Tepesi Taş Ocagı'nda havada asılı taneciklerin dağılımı (hem rüzgar hızları hem de esmeye sayıları dikkate alınmıştır)



Şekil 5. Rüzgar hızlarına göre Vakvağan Tepesi taş ocağında çöken tozların dağılımı(sadece rüzgar hızları dikkate alınmış esme sayıları dikkate alınmamıştır).



Şekil 6. Esme sayısına göre Vakvağan Tepesi Taş Ocağı'nda çöken tozların dağılımı (hem rüzgar hızları hem de esme sayıları dikkate alınmıştır).

dağılım bilgisayar modellerinin ülkemizde kullanılabilmesi için, mevzuatımızda yer alan katsayıların ve meteorolojik verilerin modellemelerde kullanılabilir duruma getirilmesi gerekmektedir. Bu durum zaten fazla ve karmaşık olan verilerin sayısını arttırmakta ve daha da karmaşık hale getirmektedir. Geliştirilen bilgisayar yazılımı ile, uluslararası literatüre girmiş olsa dahi farklı ülkelere ait modeller yerine, kendi mevzuatımızda yer alan eşitlikler ve katsayılar kullanılarak, ülkemizde yapılan meteorolojik ölçüm yöntemleri ve verilerine dayanan modellerin geliştirilip kullanılacağı ispatlanmıştır.

Geliştirilen bilgisayar yazılımında, çoğunlukta olan kararlılık sınıfı seçilerek hesaplamalarda kullanılmaktadır. Hesaplamaların yanında, bütün yönlerdeki rüzgar hızları için, aynı seçilen yayılma sınıfına ait yayılma katsayıları (F, f, G, g) yazılımın genel sabitler bölümünde veri olarak kullanılmaktadır. Çoğunlukta olan yayılma sınıfından farklı yayılma sınıflarına sahip yönlerdeki rüzgar hızları ve dağılım hesaplamalarında sapmalar olabilmektedir. Her rüzgar hızına ait kararlılık sınıfının kullanılması, hesaplama sonuçlarını ölçüm sonuçlarına daha da yaklaştırmakta olup yazılımın bu yönünün geliştirilmesi gerekmektedir.

Tüm dağılım bilgisayar modellerinin ortak ve en önemli sorunu, modelde kullanılan meteorolojik veriler ile ölçüm yapıldığı andaki meteorolojik şartların kimi zaman uyuşmamasıdır. Bunun nedeni de, modellerde uzun ölçüm süreci sonucunda elde edilen verilerin kullanılmasıdır. Ancak, meteorolojik şartlar sabit kalmamaktadır. Toz ölçümü yapıldığı andaki rüzgar yönleri ve hızları, meteorolojik ölçümler sonucu tespit edilen hakim rüzgar yönlerinden ve hızlarından çok farklı olabilmektedir. Toz ve havadaki diğer taneciklerde rüzgar yönünde hareket edeceğinden, ölçüm sonuçları ile modelleme sonuçları arasında farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu sorunu önlemek için, modellerin uygulanacağı bölgede değişik mevsimlerde ve düzenli aralıklarla meteorolojik ölçümlerin yapılması

gerekmektedir. Bu işlem, yatırımcılar ve modelleri uygulayanlar tarafından, zaman alması ve maliyet getirmesi nedeniyle tercih edilmemektedir.

Geliştirilen bilgisayar yazılımının örnek işletmelerde yapılan uygulama sonuçlarının değişik, yön, mesafe ve yüksekliklerde yapılan toz ölçümleri ile denenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sırasında, ülkemizde kurum ve kuruluşlar tarafından genellikle, kaynağın çıkardığı toz miktarının belirlenmesine yönelik toz ölçümlerinin yapıldığı görülmüştür. Yetkili kurumlar tarafından, şikayet olması halinde, şikayete konu olan yönde ve mesafede de toz ölçümleri yapılmaktadır. Yetkili kurumlar tarafından yapılan ölçümler, çalışmanın toz sorunu yönünden çevreye olan etkisi hakkında bilgi vermediği gibi, ocak içerisindeki tozluluk durumunu belirlemede de yeterli olmamaktadır. Açık ocaklarda, değişik yüksekliklerde toz ölçümü yapılabilmesi için ölçüm aletinin değişik yüksekliklere yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu işlem de, değişik yüksekliklere ölçüm aleti taşıyan balonları yerleştirmek gibi uygulanması güç yöntemlerle yapılabilmektedir. Uygulamadaki zorluğu nedeniyle, ölçüm aletinin, ocak içerisindeki değişik yüksekliklerdeki yerlere, iş makinelerinin üzerine vb. yerlere yerleştirilmesi ile o yüksekliklerdeki toz yoğunluğunun ölçümü yapılabilmektedir. Ocak içerisinde yapılan ölçümler toz dağılımı hakkında bilgi vermemektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden ve ocak ile ölçüm yapan kurum yetkilileri tarafından izin verilmemesinden dolayı uygulama sonuçlarını doğrulayabilmek için, değişik yön, mesafe ve yüksekliklerde toz ölçümü yapılamamıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan uygulamalar, toz dağılım hesaplamaları için geliştirilen bilgisayar yazılımı ile ölçüm değerlerine yakın değerlerin elde edilebileceği ve bu yazılım ile planlama aşamasında iken açık ocaklarda karşılaşılabilecek toz sorununun önceden belirlenebileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Uygulamalarda, hakim rüzgar yönü doğrultusunda toz yoğunluğunun arttığı görülmüştür. Bu nedenle, toz sorunu için önlem alınması sırasında, hakim rüzgar yönü doğrultusunda, diğer yönler orana daha dikkatli olunması gerekmektedir. Yapılan uygulama sonuçları, her yöndeki rüzgar esme sayılarının eşit olduğu kabulü ile sadece rüzgar hızlarına göre yapılan hesaplamaların yetersiz olduğu ve esme sayılarının da dikkate alınması gerektiğini ve geliştirilen bilgisayar yazılımı ile bunun sağlanabildiğini ortaya çıkarmıştır.

Bu sonuçlar, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği uyarınca açık ocak projeleri için hazırlanacak olan ÇED Raporlarının toz sorununun irdelendiği bölümlerinde bu çalışmada geliştirilen bilgisayar yazılımının kullanılabilceğini göstermesi açısından da önem taşımaktadır.

Açık ocaklarda, planlama aşamasındayken gerekli önlemlerin alınması ve yatırım hesabının yapılması açısından olası toz sorununun saptanması da gerekmektedir. Bu nedenle, yaygın olarak kullanılan modellere karşın, ek maliyet gerektirmeyen, uygulaması uzun zaman almayan ve kullanımı ile sonuçlarının değerlendirilmesi uzmanlık gerektirmeyen bir model geliştirilmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucu açık ocaklarda doğrudan kullanılacak bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen bilgisayar yazılımında, çok ve karmaşık veriler yerine, rüzgar hızı, üretim miktarı, kirletici katsayıları, nakliye mesafesi gibi basit veriler ve katsayılar kullanılmıştır. Geliştirilen modelin, daha basit bir yapıya sahip olmasına karşın, oluşabilecek toz sorununu önceden tespit edebilecek ve Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğine göre değerlendirme yapabilecek sonuçları verdiği uygulama sonuçları ile kanıtlanmıştır. Ancak, bilgisayar yazılım sonuçlarına ve açık ocağın bulunduğu yerin insan, canlı ve çevre açısından taşıdığı duyarlılığa göre veri türü ve sayısı fazla olup daha hassas sonuçlar veren bir modelin uygulanması gerekebilir.

Toz ve gazların dağılımında, rüzgarın hızının

yanı sıra esme sayısı da önemli bir etkidir. Ancak Gauss Modelinde yer alan eşitliklerde, esme sayısı dikkate alınmamakta ve sadece rüzgar hızları kullanılmaktadır. Gauss Modeline göre geliştirilen bilgisayar yazılımlarında da hesaplamalar rüzgar hızlarına göre yapılmaktadır. Her yöndeki rüzgar esme sayılarının eşit olduğu kabulü ile sadece rüzgar hızlarına göre yapılan hesaplamalar hakim ve etkin rüzgar yönlerindeki toz dağılım değerlerini vermede yetersiz olmaktadır. ISC Modelinde, rüzgar gülü diyagramından belirlenen hakim rüzgar yönü açısına göre grafik çizilerek bu sorun çözülmeye çalışılmıştır. Diğer bazı dağılım bilgisayar modellerinde, sabitlerle hakim rüzgar yönüne göre grafik çizilebilmektedir.

Çalışmalar sırasında bu durum dikkate alınmış ve esme sayısı gözönünde bulundurularak bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen bilgisayar yazılımı ile, rüzgar hızının yanında esme sayısına göre de hesaplama yapılabilmekte ve toz dağılımının grafiği çizilebilmektedir.

Açık ocaklarda yapılan uygulamalar neticesinde, esme sayısına göre yapılan hesaplamalarda ve çizilen grafiklerde, rüzgar gülüne uyumlu olarak, hakim rüzgar ve diğer etkin rüzgarların karşısındaki yönlerde toz yoğunluğunun arttığı, diğer yönlerde ise azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuç, geliştirilen bilgisayar yazılımının uygulanabilirliğini göstermektedir.

Ancak bu sonuçlara karşın bilgisayar yazılımının geliştirilmesi ve uygulama örneklerinin çoğaltılması gerektiği de bir gerçektir. Geliştirilen bilgisayar yazılımının en büyük eksikliği, açık ocağın bulunduğu yerin topografyası ve yapılacak işlerle ilgili olarak kullanılan verilerin az olmasıdır. Yazılımda, açık ocakla ilgili olarak, üretim miktarı, patlatma yapılıp yapılmadığı, yapılıyor ise patlatmada elde edilen malzeme miktarı, taşıma mesafesi, kullanılan taşıma aracı ve sefer sayısı ile ocak içi işlere ait kirletici katsayıları kullanılmaktadır. Uygulama çalışmaları esnasında, açık ocaklardaki toz kaynakları ile ocak içi ve ocak dışında etkilenecek çevre ile

arasındaki kot farkları ile patlatma yapılıp yapılmadığı dışında, kullanılan üretim yöntemi ve kullanılan makine ekipman gibi ocakta yapılan ve toza neden olan işlemleri gözöne alan verilerin oluşturulup yazılıma dahil edilmesinin daha hassas sonuçlar vereceği görülmüştür.

Anemometre ile ölçülen rüzgar hız değerleri, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğine göre önce temsili rüzgar hızı, açık ocaklar için tozun dağılmaya başladığı yükseklikteki, diğer faaliyetler içinde etkin baca yüksekliğindeki rüzgar hızı değerine dönüştürüldükten sonra geliştirilen bilgisayar yazılımında kullanılabilir. Ölçülen rüzgar hızının doğrudan veri olarak kullanılabilmesi için, ölçüm değerleri için yapılan çevrim işlemlerinin bilgisayar yazılımına dahil edilmesi, rüzgar hızlarının veri olarak kullanımında kolaylık sağlayacaktır.

Ölçülen rüzgar hızının doğrudan kullanılabilmesinin sağlanmasından sonra geliştirilen bilgisayar yazılımı ile açık ocaklarda üretim esnasında sürekli olarak toz dağılımının takip edilmesi mümkün olmaktadır. Bunun sağlanması için, ocak içerisinde hakim bir noktaya, rüzgar hızını ve esme sayısını otomatik ölçen bir ölçüm aleti yerleştirilip, ölçülen değerlerin geliştirilen bilgisayar yazılımına veri olarak kaydedilmesini sağlayacak bir düzeneğin kurulması gerekmektedir. Bu düzenek sayesinde ölçülen rüzgar hızları ve esme sayılarının bilgisayara aktarılması ile toz dağılımlarının gerçek zamanlı olarak bilgisayar ekranında sürekli olarak görülmesi mümkün olacaktır.

Modellerin kullanım amacı, toz ve hava kirliliğinin önceden tespit edilerek gerekli önlemlerin alınmasıdır. Bu nedenle modelleme sonuçlarının, bulunan en yüksek değer bütünü yönlerde olabileceği varsayımı ile değerlendirilmesi ve alınacak önlemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

İşletmeye açılmadan öncede ocak alanı ve çevresi ile kullanılacak olan yolda, doğal şartlardan ve/veya yakında bulunan yerleşim

yerlerinde yaşayanların yaptıkları işlerden kaynaklanan bir toz yükü bulunmaktadır. Bu toz yükü bilinmeden yapılan uygulamalar ile toplam toz yükü belirlenmiş olup açık ocaktan havaya ne kadar ilave toz verileceği saptanamamaktadır. Ancak, açık ocaklarda, yapılan modellemelerde, dikkat edilmeyen bir hususta mevcut toz yükü hesaplamalarıdır. Yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından öncelikle üretim öncesi var olan toz miktarını ölçülmesi, üretim esnasında yapılan ölçümlerde ve toz hesaplamalarında ek toz miktarının saptanmasını sağlayacaktır. Ayrıca, toz ölçümlerinin yalnızca kaynak üzerinde değil de çevreye yayılımını da tespit edecek şekilde yapılması, işlerin çevreye olan etkisinin ve alınacak önlemlerin belirlenmesinin yanı sıra, kullanılan toz dağılım modellerinin doğrulanmasını sağlayacaktır.

6.1. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğindeki Eksiklikler ve Hatalara Örnekler

Yapılan bu çalışma, mevzuatımıza uygun olarak geliştirilen bilgisayar yazılımının uygulanabilirliğinin yanında, 1986 yılında yürürlüğe giren ve halen yürürlükte bulunup uyulması zorunlu bulunan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde eksik ve hatalı hususların bulunduğu, bu nedenle yeniden düzenlemesi gerektiği sonucunu da ortaya çıkarmıştır. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde bulunan hatalara ait bazı örnekler aşağıda verilmektedir.

Çizelge 1'de 4.sınıf olarak, alçalma hızı 0,1m/sn olarak verilen 50 /ım'den büyük taneciklerin alçalma değil düşme hareketi yapmaları nedeniyle, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde, tanecik boyutu ve alçalma hızlarına bağlı tanecik sınıflamasının yeniden yapılması ve bu sınıflamaya bağlı olarak yapılan hesaplamaların yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Yayıma katsayılarının belirlenmesinde, temsili ve eşitliklerdeki rüzgar hızlarını belirlemede ve hesaplamalarda bulunmasına karşın Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde yer alan yayılma sınıflamasında A (çok kararsız) sınıfı

bulunmamaktadır. Ayrıca, 1-1,5 (m/sn), 2,0-2,5 (m/sn), 3,0-3,5 (m/sn) ve 4,0-4,5 (m/sn) arasındaki hızlara sahip rüzgarların hangi sınıflara ait olduğu ve hangi yayılma sınıfına göre hesaplama yapılacağı yönetmelikte yer alan yayılma sınıflamasından anlaşılabilir.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde, Almanya Hava Kalitesi Yönetmeliğinde (TA Luft, 1972) yer alan Gauss Modeline ait eşitlikler ve katsayılar kullanılmaktadır. Bu çalışma ile, ülkemiz mevzuatına uygun bir bilgisayar yazılımının geliştirilmesinin amaçlanmış olması nedeniyle yönetmelikte yer alan Formül 2 ve Formül 3 olarak verilen eşitlikler (Eşitlik 1 ve 2) kullanılmıştır. Bu duruma karşın, başka bir ülkenin yönetmeliğinde yer alan eşitlikleri almak yerine Gauss Modelinin temelini inilerek tespit edilen eşitliklerin ülkemiz yönetmeliğinde kullanılması gerekmektedir. Bu sayede, eşitliklerin nereden türetildiği belirlenerek, geliştirilen bilgisayar yazılımı dahil olmak üzere kullanılan dağılım modellerinin sonuçlarının doğruluğu ve uygulamalarda yapılan hatanın büyüklüğünün saptanabilmesi ve değerlendirme yapılabilmesi mümkün olacaktır.

Avrupa Birliğine uyumlaştırma çalışmaları çerçevesinde mevzuatta yapılan yeniden yapılandırma çalışmaları sırasında, Avrupa Birliği direktifleri doğrultusunda toz dağılım hesaplamalarında ve hava kalitesinin korunması ile ilgili diğer konularda, eksik ve hatalı hususların giderilmesi için Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin de yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Anon (a), 2001; "EPA, Environmental Protection Agency (Amerika Çevre Koruma Ajansı)", <http://epa.gov>, 02.04.2001.

Anon (b), 1997; "Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği", Çevre Bakanlığı, Ankara.

Anon (c), 1986; "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği", Çevre Bakanlığı, Ankara.

Değerli, E. 2002; "Açık Ocaklarda Toz Dağılımının Bir Bilgisayar Yazılımı İle Hesaplanması", Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Demirci, E., 1998; "Samsun' da Hava Kirliliğinin Matematiksel Modellerle İncelenmesi ve Modellerin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Samsun.

Güllü, G., 2001; "ÇED Çalışmalarında Hava Kalitesi Modellemesi, Eğitim Seminerleri-1", Çevre Mühendisliğinde Bilişim Teknolojileri, Çevre Mühendisleri Odası, Ankara.

Kalafatoğlu, E., Tırıs, M., Örs, N., Gözmen, T., Erencek, E, Şirek, A., 1995; "SPU 04-Hava Modellemesi ve Hava Kalitesi Modellemesi Kurs Notları", Çimento ve Toprak Sanayi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Müezzinoğlu, A., 1987; "Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları", Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, No:0908.87.DK.006.042, İzmir.

TA Luft, 1972; "Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft (Almanya Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği)", Deutschland.

Turanoğlu, N., 2000; "Hava Kirliliği Meteorolojisi Dersi", ISCLT-3 Hava Kirliliği Modellemesi Çalışmaları, Yüksek Lisans Programı, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.