



**DÖRDÜNCÜ ULUSAL
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ
UKMK-IV**

Bildiri Kitabı

1. CİLT (Sözel Bildiriler)

Editörler

İsmail Boz, Metin Hasdemir ve M. Ali Gürkaynak

4-7 Eylül 2000, İstanbul Üniversitesi, Avcılar-İSTANBUL

1. Cilt ISBN No: 975-404-614-X

2. Cilt ISBN No: 975-404-615-8

Takım ISBN No: 975-404-613-1

BİR ÇİMENTO TESİSİ KAYNAK GRUPLARININ HAVA KALİTESİNE KATKILARI

İ.E. Kalafatoğlu*, N. Örs*, S. S. Özdemir*

* TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, P.K. 21, Gebze, Kocaeli

ÖZET

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (H.K.K.Y.) hükümleri uyarınca endüstri tesislerinden kaynaklanan emisyonların ölçülmesi ve bunların önerilen limitlere azaltılması için önlemlerin alınması gerekmektedir. Hava kalitesi, *Hava Kalitesi Değeri*, *Hava Kirlenmesine Katkı Değeri* ve bu ikisinin toplamı olan *Toplam Kirlenme Değeri* ile temsil edilmektedir. Henüz kurulmamış tesislerin emisyon kaynaklarının olası hava kirlenmesine katkı değerleri hava kirleticilerinin yayılmalarnın modellenmesi yöntemiyle öngörülür.

Bu çalışmada, kurulması planlanan bir çimento tesisinin emisyonlarının hava kalitesine katkıları model yardımıyla hesaplanırken, diğer yan kaynaklardan (yerleşim yeri, karayolu, taşocağı gibi) olan emisyonların katkıları ve bu kaynakların emisyonlarında tesisin kurulmasından sonra olabilecek ilave artışlar da dikkate alınmıştır.

Anahtar Kelimeler : Çimento üretimi, hava kirliliği, katkı değerleri.

GİRİŞ

Hava kirlenmesinin gerek doğal çevre, gerekse insan sağlığı ve insanların kullandıkları eşyalar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla 2 Kasım 1986'da Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (H.K.K.Y.) yayınlanmıştır [1]. Yönetmelik hükümleri uyarınca endüstri tesislerinden kaynaklanan emisyonların ölçülmesi ve bunların önerilen limitlere azaltılması için önlemlerin alınması gerekmektedir. Çevre Bakanlığı ile çimento sektörü arasında yapılan anlaşma sonucu Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nde (H.K.K.Y.) [1] belirtilen sınır değerlerin altında sınırlar tespit edilmiş ve 1993'de Çimento Sanayii Çevre Deklarasyonu yayınlanmıştır [2].

Çimento sanayii, Türkiye'de kurulu en eski endüstri kollarından biridir. Çimento fabrikalarının yakın çevresine yerleşim alanları kurulması, buralarda yaşayanları hava kirliliği problemleriyle yüzyüze getirmiştir. Sektörün son on yıldaki çabalarına rağmen fabrikaların kötü şöhreti hala silinememiştir. Bu biraz da bir fabrikadaki çok sayıda emisyon kaynağından ve işlenen malzeme miktarının çok fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun sonucu çeşitli emisyon noktalarında tutma veriminin yüksek olmasına rağmen toplam emisyon fazla olabilmektedir. Bu nedenle çimento fabrikaları için gerek emisyon faktörü belirlenmesi [3-5], gerek metal emisyonları [5-9, 14] ve gerekse hava kalitesi modellemesi [4, 7, 10-15] alanlarında ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaktadır.

Hava kalitesi, *Hava Kalitesi Değeri*, *Hava Kirlenmesine Katkı Değeri* ve bu ikisinin toplamı olan *Toplam Kirlenme Değeri* ile temsil edilmektedir. *Hava Kalitesi*

Değeri ile Toplam Kirlenme Değeri ölçüm yoluyla bulunmakta, Hava Kirlenmesine Katkı Değeri ise model kullanılarak hesaplama yoluyla belirlenmektedir. Belirli emisyon kütleli debilerinin aşılması durumunda Hava Kalitesi Değeri'nin ölçülmesi ve Hava Kirlenmesine Katkı Değeri'nin hesaplanması gerekmektedir (H.K.K.Y., EK-2, Madde 1.1). Henüz kurulmamış tesislerin emisyon kaynaklarının olası hava kirlenmesine katkı değerleri hava kirlenmelerinin yayılmalarının modellenmesi yöntemiyle öngörülür. H.K.K.Y., kurulacak olan fabrikanın çevre hava kalitesine katkısını modellemek amacıyla basit Gauss dağılımının kullanılmasını yeterli kabul etmektedir. Çimento üretim tesisleri H.K.K.Y. EK-7 (Kirlenici Vasfı Yüksek Tesisler İçin Özel Emisyon Sınırları) bölümündeki 3. Grup Tesisler 3.6 Çimento Fabrikaları kapsamında ele alınmakta olup izlenmesi gereken kirlenimler karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO₂), havada asılı partikül madde (PM10) ve çöken toz (PM).

Gerek mevcut gerekse yeni kurulacak bir çimento tesisinin hava kalitesine katkısı modellenirken sadece tesisten kaynaklanan emisyonlar değil, genelde yakınında olduğu için tesise ham madde sağlayan ocakların, tesise ve tesisten malzeme taşıyan araçların ilave emisyonlarının da göz önüne alınması gerekmektedir. Bu nedenle sunulan çalışmada, kurulması planlanan bir çimento tesisinin emisyonlarının hava kalitesine katkıları model yardımıyla hesaplanırken, diğer yan kaynaklardan (yerleşim yeri, karayolu, taşocağı gibi) olan emisyonların katkıları ve bu kaynakların emisyonlarında tesisin kurulmasından sonra olabilecek ilave artışlar da dikkate alınmıştır.

MODELLEME ÇALIŞMALARI

Kurulması planlanan çimento tesisinde 40 emisyon kaynağı vardır ve hepsi nokta kaynak şeklindedir. Bunların hepsinden toz emisyonu olurken, sadece 3 nokta kaynaktan gaz emisyonu olmaktadır (Tablo 1). Hava kalitesine katkı modellemesinde emisyon değerleri için prosesin tasarım verileri kullanılmıştır.

Tablo 1. Tesisten Oluşacak Toz ve Gaz Emisyonları.

Kirlenici	Kaynak sayısı	Emisyon, [g/s]
Toz	40	28.90
CO	3	12.71
NO ₂	3	3.00

Tesisin merkezinde bulunduğu 25 km²'lik bir alan içinde yan kaynaklar olarak, tesise yaklaşık 200 m mesafedeki 30 haneli bir köy, 300 m ve 3000 m mesafedeki iki taşocağı ve tesis sahası önünden geçen şehirlerarası karayolu üzerinde seyreden araçlardan ve taş ocakları yolundaki araç trafiğinden oluşabilecek emisyonlar gözönüne alınmıştır.

Köy, 500 m x 300 m'lik alan kaynak olarak ele alınmıştır. Bu köyde bulunan hane sayısı 30 olup, başka bir tesis bulunmamaktadır. Evlerde ısınma genellikle kömür sobaları ile sağlandığı, yılda yedi ay (Ekim - Nisan) kadar süreyle hane başına ortalama 1.5 ton kömür bu amaçla tüketildiği belirlenmiştir. Bu yerleşim yerinden kaynaklanan toplam emisyonlar EPA'nın sabit kaynaklarla ilgili emisyon faktörlerinin [16] "Bituminous and Subbituminous Coal Combustion" bölümünden yararlanılarak hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir. Tesis üretime başladıktan sonra köy nüfusunda ve yakıt alışkanlıklarında bir değişiklik olup olmayacağı öngörülemediğinden tesisin üretime başlaması nedeniyle köy emisyonlarında olabilecek artışlar ve değişiklikler göz önüne alınmamıştır.

Çimento üretimi için gerekli kalker yakındaki taş ocaklarından sağlanacaktır. Ocaklarda açık işletme yapılmaktadır ve kırma ve eleme tesislerinde herhangi bir filtre sistemi bulunmamaktadır. Hammadde üretimi galeri sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Taş ocağının mevcut hava kalitesine katkısı hesaplanırken bu günkü üretim, çimento üretimi başladıktan sonraki katkısı ise ilave üretim göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Üretimin her bir taşocağında eşit miktarda gerçekleştirileceği varsayılmıştır. Taş ocağından kaynaklanan partiküler madde emisyonları EPA'nın sabit kaynaklarla ilgili emisyon faktörleri "Crushed Stone Processing" verilerinden yararlanılarak PM10 ve PM için ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir [16].

Taşocağı yolunda araç trafiğinden kaynaklanan CO, NO₂ ve PM10 yanında, stabilize ocak yolundan kaynaklanan PM'de göz önüne alınmıştır. Bu yolda seyreden kamyonlardan kaynaklanan PM emisyonları EPA'nın hareketli kaynaklarla ilgili emisyon faktörlerinin [17] "Unpaved Roads Emissions" bölümünden, CO, NO₂ ve PM10 emisyonları, ise aynı yayının kamyon emisyonları verilerinden hesaplanmıştır. Çimento üretimi başladıktan sonra, ocaklardan tesise kalker taşıyacak olan kamyon sayılan tesisin hava kalitesine katkı değerleri hesaplanırken göz önüne alınmıştır.

Kurulacak çimento üretim tesisinin hemen önünden güneybatı kuzeydoğu istikametinde devlet karayolu geçmektedir. Bu yolda seyreden araçlardan kaynaklanan emisyonlar araçların cinsi (otomobil, otobüs, kamyon, TIR vb.), yaşı ve yakıt türleri göz önüne alınarak EPA'nın hareketli kaynaklarla ilgili emisyon faktörlerinden ve bağıntılardan [17] ve T.C. karayolları istatistiklerinden hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Mevcut durumdaki komşu yerleşim ve tesislerden kaynaklanan emisyonlar.

Kaynaklar	Birim	CO	NO ₂	PM10	PM
Köy	g/s	0.120	0.00401	0.0200	-
Taşocağı 1, 2	g/s	-	-	0.0865	1.63
Taşocağı yolu 1,2	g/s.km	-	-	0.00212	0.548
Karayolu	g/s.km	1.45	0.501	0.0712	-

Tesis üretime başladıktan sonra, taşocaklarından kamyonlarla hammadde getirilmesi ve ürünün kamyonlarla dağıtılması gibi nedenlerle karayolunda seyreden araç sayıları değişecektir. Böylece karayolundan kaynaklanan emisyon da artacaktır. Tesisin hava kirliliğine olan katkısının öngörülmesinde bu yeni durum da göz önüne alınmaktadır. Hem taşocağı yolunda hem de devlet karayolunda ilave araç yükü kamyonların tesise dolu gelip boş dönmesi esasına dayanılarak ortalama 18.5 ton kapasite için hesaplanmıştır. Kalker taşocağından mevcut stabilize yol kullanılarak getirilecektir. Kil civarında bulunan taş ocaklarından, tras yakındaki il merkezinden, alçı taşı komşu ilden temin edilecektir. Kömür ve demir cevheri tren vasıtasıyla getirilecektir. Üretilen çimentonun devlet karayoluyla her iki yönde eşit miktarda gönderileceği varsayılmıştır.

Emisyonların ortam hava kalitesine olan etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla, Trinity Consultant Inc. tarafından geliştirilen BREEZE AIR ISCLT3 programı kullanılmıştır [18]. ISCLT3 programı Windows tabanlıdır ve topoğrafik bilgiler, hava stabilite sınıflarına göre rüzgar gülünün on altı yönünde esen rüzgar frekanslarını kullanarak Gauss dağılımı esasına göre konsantrasyon ve/veya çöken toz miktarı hesaplamaktadır. En fazla 1000 tane nokta, alan, hacim ve açık çukur kaynaklarının ve/veya kaynak gruplarının emisyonlarının analizini yapabilecek kapasitededir. Mevcut alıcı noktalar dışında özel alıcı noktaların da hava kalitesi değerlendirilebilmektedir.

Meteorolojik veriler rüzgar hızı, stabilite sınıfı ve rüzgar yönüne göre rüzgar frekans dağılımlarını içerir. Model için gerekli meteorolojik veriler, Devlet Meteoroloji

İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan uzun dönem aylık ortalama iklim verilerinden hazırlanmıştır [19]. Modelin kullandığı temel meteorolojik veri, hava stabiliteleri, rüzgar hızı sınıfı ve yönüne göre frekans dağılımı olup meteoroloji verilerinden hazırlanmıştır [1, 20, 21]. Meteorolojik dosyanın hazırlanmasının doğruluğu model sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Fabrika çevresindeki topografya incelenerek 1/25000'lik bir haritada 250 m aralıklarla belirlenen 5 km x 5 km'lik bir alandaki yükseltiler okunarak topoğrafya dosyası oluşturulmuştur. Ayrıca, özel alıcıların (köy) yükseltileri ve konumları ile emisyon kaynaklarının konumları da girilmiştir.

SONUÇ

Yapılan modelleme çalışmasında karbon monoksit (CO), azot dioksit (NO₂), havada asılı partikül madde (PM₁₀) ve çöken toz (PM) için, yıllık ortalama olarak ve köydeki değer ve bölgedeki en yüksek değere, köyün, taş ocaklarının ve karayolunun katkıları mevcut durum için (*Hava Kalitesi Değeri*, artalan) ve tesis çalıştığı zaman ilaveli (*Hava Kirlenmesine Katkı Değeri*, katkı) olarak hesaplanmıştır. Tesis topoğrafyası, rüzgar gülü ve kirleticilerin dağılımları Şekil 1'de verilmektedir.

CO kirleticisinin en yüksek yıllık ortalamasının tesisin 1050 m kuzeyinde olduğu, ve buna çimento üretiminin (tesis, taş ocağı ve yollar dahil) % 93'lük bir katkısının olduğu görülmüştür (Tablo 3). Çimento üretiminden kaynaklanan CO kirliliğinin hemen hemen tamamı (%99.7) tesisin kendisinden kaynaklanmaktadır. NO₂ kirleticisi için en yüksek yıllık ortalama tesisin mülkiyet sınırları içindedir ve üretimin katkısı % 72 olup bunun % 97.6'sı tesisten kalanı yollardan kaynaklanmaktadır. PM₁₀ kirleticisi durumunda ise en yüksek yıllık ortalama tesise 2.4 km, 2. taşocağının ise hemen yanındadır. Bu noktada üretimden dolayı kirleticisi konsantrasyonuna katkı % 62 olup bunun % 92'si taşocağından ve ancak % 8'i tesisten kaynaklanmaktadır. Çöken toz (PM) durumunda en yüksek yıllık ortalama tesisin 450 m kadar batısındadır ve üretimin katkısı % 66 civarındadır. Bunun %13'ü tesisten, % 60'ı taşocağı yolundaki ilave trafikten ve % 27'si taşocağındaki kapasite artışından kaynaklanmaktadır.

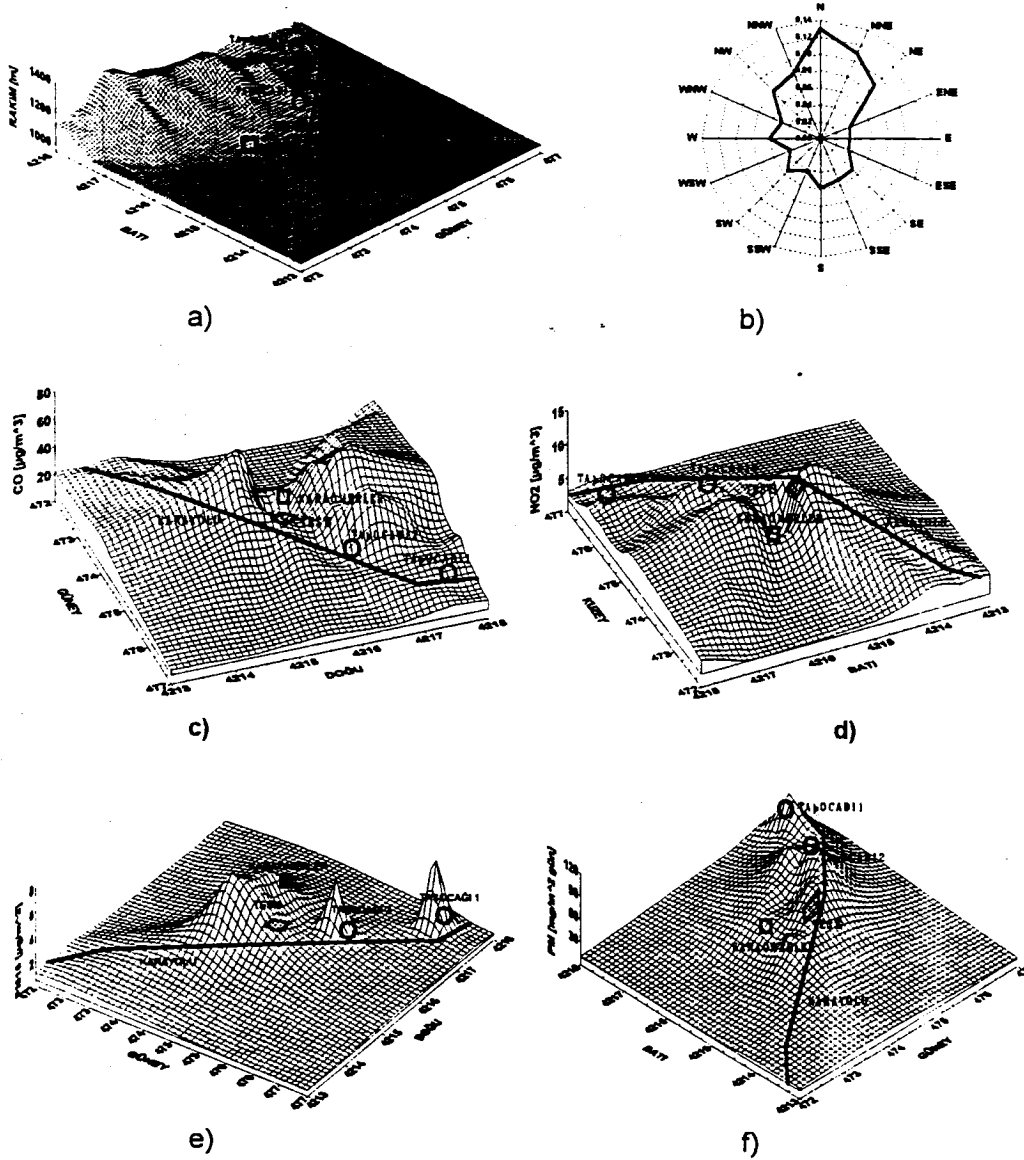
Tablo 3. Bölgenin artalan ve çimento tesisi ile yan kaynaklarının hava kalitesine katkı değerleri.

Kaynaklar	CO		NO ₂		PM ₁₀		PM	
	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	mg/m ² g	%
Artalan	5.15	7.33	3.96	27.91	2.88	37.96	39.3	33.71
Köy	0.11	0.16	0.003	0.02	0.003	0.04	-	-
Taşocağı	-	-	-	-	2.493	32.85	12.3	10.55
Taşocağı yolu	0.06	0.09	0.02	0.14	0.007	0.09	27.0	23.16
Karayolu	4.98	7.08	3.94	27.75	0.378	4.98	-	-
Katkı	65.14	92.67	10.24	72.09	4.71	62.04	77.3	66.29
Tesis	64.91	92.35	9.99	70.33	0.362	4.77	9.7	8.32
Taşocağı	-	-	-	-	4.315	56.83	21.3	18.27
Taşocağı yolu	0.10	0.14	0.04	0.28	0.012	0.16	46.3	39.70
Karayolu	0.13	0.18	0.21	1.48	0.021	0.28	-	-
Toplam	70.29	100.0	14.20	100.0	7.59	100.0	116.6	100.0

Tesis yakınındaki köy içinde yıllık en yüksek CO değeri 2 kat, NO₂ değeri 2.23 kat, PM₁₀ 3.35 kat ve PM 4.26 kat artmakta olup artışlarda tesis katkısı

sırasıyla % 99, 97, 99 ve 60 civarındadır, önemli bir katkı da taşıdığı çaljšmasından kaynaklanmaktadır.

Özellikle PM10 ve PM için tesis dışı kaynaklarının hava kalitesine ciddi oranda katkıları olabildiğinden benzer modelleme çalışmalarında da yan kaynak gruplarının emisyonlarının dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 1. Kurulacak tesisin Hava Kirliliğine Katkı değerleri (a) topoğrafya, b) rüzgar gülü, c) CO, d) NO₂, e) PM₁₀, f) çöken toz katkı değerleri).

KAYNAKLAR

1. Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği, Resmi Gazete, No.19269, 2 Kasım 1986.
2. Çimento Sanayii Çevre Deklerasyonu, 10.2.1993.
3. Ekinci E., Munlalfaloğlu İ., Tırıs M., ve Pekin A.V., "Characterization of Cement Plant Emissions in Turkey", Water, Air, and Soil Pollution, 101, 83-95, 1998.
4. Canpolat R.B., "Calculation of Emission Factors in Cement Plants in Turkey and A Modeling Study for a Cement Plant", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, 1999.

5. Kalafatoğlu E., Örs N., Özdemir S.S., Munlafaloğlu İ., "Trace Element Emissions from Some Cement Plants in Turkey", Water, Air, and Soil Pollution (baskıda).
6. Kalafatoğlu E., Örs N., Özdemir S.S., Koral M., İşbilir F., Munlafaloğlu İ., Konukman A.E., "Çimento Fabrikası Toz Emisyonunda Özel Maddelerin Belirlenmesi", TÜBİTAK, MAM, MKTAE, Kimya Mühendisliği Teknik Rapor No : 314, 318, 320, 327, 333, Gebze, 1998-1999.
7. Kalafatoğlu E., Örs N., Gözmen T., İşbilir F., Koral M., Özdemir S.S., Munlafaloğlu İ., "Çimento Fabrikası Hava Kalitesi Modellenmesi ve Toz Emisyonunda Özel Maddelerin Belirlenmesi", TÜBİTAK, MAM, MKTAE, Kimya Mühendisliği Teknik Rapor No : 244, 286, 287, 299, 300, 303, Gebze, 1996-1999.
8. Koral M., Örs N., İşbilir F., Kalafatoğlu E., Munlafaloğlu İ., Emir B.D., "Trace Element Emissions From Some Cement Plants in Turkey", Environmental Research Forum, 7-8, 203-208, 1997.
9. Koral M., Örs N., İşbilir F., Kalafatoğlu E., Munlafaloğlu İ., Emir B.D., "Türkiye'deki Bazı Çimento Fabrikalarının Eser Element Emisyonları", Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi 3, Erzurum, 1323-1328, 1998.
10. Kalafatoğlu E., Örs N., Özdemir S.S., Gözmen T., "Çimento Fabrikası Hava Kalitesi Modellenmesi", TÜBİTAK, MAM, MKTAE, Kimya Mühendisliği Teknik Rapor No : 290, 295, 302, 304, 334, 335, 337, Gebze, 1996-1999.
11. Kalafatoğlu E., Örs N., Gözmen T., Özdemir S.S., "Air Pollution Contribution of Some Cement Plants in Turkey", Environmental Research Forum, 7-8, 191-196, 1997.
12. Kalafatoğlu E., Örs N., Özdemir S.S., Gözmen T., Munlafaloğlu İ., "Türkiye'deki Bazı Çimento Fabrikalarının Hava Kirliliğine Katkıları", Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi 3, Erzurum, 1311-1316, 1998.
13. Arıncı V., "Türkiye'deki Çimento Endüstrisinin Yarattığı Hava Kirliliği ve Modellemesi", Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul, 1998.
14. Ekinci E., Okutan H., Arıncı V., Yerlikaya C., Aydın N., Munlafaloğlu İ., "Çimento Fabrikası Hava Kalitesi Modellenmesi ve Toz Emisyonuna Özel Maddelerin Belirlenmesi", İTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü, Sayı No:611, 1999.
15. Canpolat B.R., Atımtay A., Munlafaloğlu İ., Kalafatoğlu E., "Türkiye'de Bir Çimento Fabrikası İçin Hava Kalitesi Modelleme Çalışması", Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü V. Ulusal Sempozyumu, Elazığ, 2000.
16. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol.I: Stationary Point and Area Sources, 4th ed., U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, Sep 1985.
17. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol.II: Mobile Sources, 4th ed., U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, Sep 1985.
18. EPA User's Guide for Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, EPA, 1988.
19. Meteoroloji Bülteni, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1974.
20. Beychok, M.R., "Fundamentals of Stack Gas Dispersion", Irvine, CA, 1994.
21. Doty, S.R., "Climatological Aids in Determining Air Pollution Potential", National Climatic Center, Ashewille, NC 28801, 1983.