

ELEKTRİKLİ ARK OCAKLI DEMİR-ÇELİK ENDÜSTRİLERİNDEN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİLİĞİ I: İNORGANİK GAZ KİRLETİCİLER VE PARTİKÜL MADDELER

Abdurrahman BAYRAM^{1(*)}, Mustafa ODABAŞI¹, Tolga ELBİR¹,
Remzi SEYFİOĞLU¹, Yetkin DUMANOĞLU¹, Hulusi DEMİRCİOĞLU¹,
Hasan ALTIOK¹, Sinan YATKIN²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Buca/İzmir

² Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
Çorlu/Tekirdağ

ÖZET

İzmir-Aliğa'da bulunan hurda işleyen elektrikli ark ocaklı demir-çelik endüstrilerinin partikül madde ve inorganik gaz kirletici emisyonları (9 çelikhane bacası ve 7 haddehane bacası) ölçülmüştür. Beş tesisten atmosfere verilen toplam emisyonlar CO, SO₂, NO_x, Toz ve özel toz için sırasıyla 7006, 837, 137, 51, 17 kg saat⁻¹ mertebelerindedir. Bu emisyonların NO_x dışındakilerin tamamına yakını çelikhane bacalarından kaynaklanmaktadır. NO_x emisyonlarının ise %36'sı haddehanelerden kaynaklanmaktadır. Ölçülen emisyon seviyeleri yönetmelikte verilen sınır değerleri sağlamaktadır. Tesislerin üretim kapasiteleri dikkate alınarak ölçülen kirleticiler için emisyon faktörleri hesaplanmış ve hesaplanan faktörlerin SO₂ dışında literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Tesislerin çevresinde yaklaşık iki aylık süreyle günlük ortalama olarak 9 noktada havada asılı partikül madde (PM₁₀), aynı dokuz noktada aylık çöken toz ve çöken tozlarda kurşun ve kadmiyum miktarları, pasif örnekleme yöntemiyle haftalık ortalamalarda 27 noktada SO₂ ve NO₂, bir noktada sürekli ölçüm cihazı ile CO seviyeleri ölçülmüştür. SO₂, NO₂ ve CO seviyeleri düşük olup hava kalitesi sınır değerlerinin altındadır. Dokuz noktada ölçülen günlük en yüksek PM₁₀ seviyeleri 93-1564 µg m⁻³ arasında, iki aylık süredeki değerlerin ortalamaları ise 39,2-288,4 µg m⁻³ arasında değişmiştir. Dokuz noktada iki ay tekrarlanan çöken toz değerlerinin %50'si sınır değerinin üzerindedir. Çöken tozlardaki kurşun ve kadmiyum seviyelerinin yüksek olması bu tozların kaynağının demir çelik tesisleri olduğunu göstermektedir. Tesislerin toz emisyonu kütleli debilerinin düşük olması ise bu tozların tesislerde bacalar dışında kaynakların da olduğunu düşündürmektedir. Bu kaynaklar; rüzgar etkisiyle tozumaya neden olabilecek hurda, curuf ve baca tozu gibi malzemelerin yükleme-boşaltma, taşıma ve depolanması işlemleri ile tesislerin içinde ve çevresindeki kaplaması yeterli olmayan yollardır.

ABSTRACT

Emissions of particulate matter (PM) and inorganic gases coming from iron and steel plants working with scrap (9 smelters and 7 rolling mills) were determined. Emissions coming from all of these sources CO, SO₂, NO_x, particulate matter and trace elements in dust emissions were 7006, 837, 137, 51, 17 kg hr⁻¹, respectively. All of the emissions except NO_x came from smelter stacks. On the other hand rolling mills generated 36 % of the NO_x emissions. All emissions are in compliance with the limit emission values of the Air Pollution Regulation. These emissions were divided by the plant production capacities. Emission factors thus

* abdurrahman.bayram@deu.edu.tr

calculated were found to be in accordance with the emission factors given in the literature for this sector except for SO₂. Also around the plants a campaign to find suspended particulate matter (PM₁₀), settleable dust, lead and cadmium concentrations in settleable dust were measured at 9 points for 2 months. In addition to that SO₂ and NO₂ were measured on weekly passive samples at 27 points and CO levels were continuously recorded at one point. All of the SO₂, NO₂ and CO concentrations were low and all comply with air quality limits. Maximum PM₁₀ were in the range of 93-1564 µg m⁻³ and daily mean values were in the range of 39,2-288,4 µg m⁻³ during the two months of measurements. Settleable dusts at 9 points were exceeding the 50% frequency. High lead and cadmium content of the settleable dusts indicated that their source is iron and steel plants. However, measured dust emissions from the individual stacks were relatively low, suggesting that there were additional fugitive dust emissions from these plants contributing to the measured settleable dust level. These might be scrap iron, slag and stack dusts which might be creating dusts under the windy conditions during loading-unloading, transportation and storage. Especially the unpaved roads in the plant yards and in their vicinity might be responsible from these dusts.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Demir-Çelik Endüstrisi, Elektrikli Ark Ocakları, Aliğa, Partikül Maddeler, Kükürtdioksit, Azot Oksitler, HCl, HF

GİRİŞ

Demir-çelik üretimi Türkiye'nin önemli endüstriyel faaliyetlerinden birisidir. 2006 yılı rakamlarına göre Türkiye 23.3 milyon ton yıl⁻¹ toplam üretimi ile dünyada 11. sırada bulunmaktadır. Hurdadan elektrikli ark ocakları ile yapılan üretim toplamın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Dünyadaki toplam çelik üretiminin (1244 milyon ton yıl⁻¹) %32'si elektrikli ark ocakları ile yapılmaktadır. Türkiye'de ise bu oran çok daha yüksek olup toplam demir-çelik üretiminin %70.8'i elektrikli ark ocakları ile yapılmaktadır. Hammade olarak kullanılan hurdanın %75'i (17.6 milyon ton yıl⁻¹) ise ithal edilmektedir (International Iron and Steel Institute, 2008).

Hurdadan elektrikli ark ocakları ile demir-çelik üretimi sırasında prosesin değişik aşamalarında bir çok hava kirletici (partikül maddeler, kükürt dioksit, azot oksitler, HCl, HF, metaller, uçucu organik bileşikler-VOC, klorlu dioksin ve furanlar-PCDD/PCDF gibi organik gaz ve buharlar) açığa çıkmaktadır. Yönetmeliklerle emisyonlarına sınırlamalar getirilen bu kirleticilerden başka çok sayıda toksik ve kanserojen organik kirletici de bu endüstrilerden çevreye atılmaktadır. Bu kirleticilerin bir kısmı gaz fazda olup doğrudan bacadan atmosfere karışmakta, bir kısmı da partikül fazda olup bacadan atmosfere partikül maddelerin bünyesinde atmosfere karışmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, İzmir-Aliğa'daki hurda işleyen elektrikli ark ocaklı demir-çelik endüstrilerinin polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), klorlu bifeniller (PCB) ve bromlu difenil eterler (PBDE) gibi kalıcı toksik organik kirleticiler (POP) için önemli bir kaynak olduğunu göstermiştir (Bozlaker vd., 2008a; Bozlaker vd., 2008b; Cetin vd., 2007; Cetin ve Odabasi, 2007).

Aliğa'daki demir-çelik tesislerinden kaynaklanan partikül madde emisyonları sadece tesislerin yakın çevresini değil komşu ilçeleri ve hatta İzmir'i bile etkilemektedir (Bayram vd., 1997; Çetin vd., 2007; Yatkın ve Bayram, 2007). Bu alanlarda dış havada yapılan partikül

madde ve bunların bileşimindeki elementlerin analiz sonuçları kullanılarak gerçekleştirilen model çalışmalarında bu kirleticilerin bir kısmının demir-çelik tesislerinden kaynaklandığı görülmüştür.

Bu çalışmada, Aliğa'da faaliyette bulunan 5 adet demir çelik tesisinin çevreye verdiği partikül madde ve inorganik gaz kirletici emisyonları belirlenmiş, bu kirleticilerin tesislerin etki alanlarında dış havadaki konsantrasyonları ölçülmüştür.

DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİ VE HAVA KİRLETİCİ EMİSYONLARI

Demir çelik tesislerinde iki ana üretim türü bulunmaktadır. Bunlardan birincisi çelikhane olup, hammadde olarak hurdadan başlar; kütük üretimiyle son bulur. Yurt dışından gemiler ile ithal edilen hurdalar limandan fabrikaya kamyonlarla taşınıp hurda sahasında türlerine göre stoklanır. Döküm için ark ocağına kum koyma, elektrot ilave etme, refrakter kontrolü (gerekliyorsa tamiri) gibi hazırlıklar yapılır. Üretilecek çeliğin cinsine göre uygun karışımlarda hurda vinç ve polipler aracılığıyla sepetlere doldurulur, birinci şarjlar için sepetin tabanına kireç ilave edilir. Hazırlanan birinci şarj, kapak açılarak şarj vinci aracılığıyla ocağa alınır. Buna kısaca şarj alma denir. Kapak kapatılarak elektrotlara enerji verilerek hurda ergitilir. Bu sırada oluşan toz, doğrudan emiş ağzından çekilerek ortamdan uzaklaştırılır. Şarj alma olayı her bir döküm için hurdaya bağlı olarak 3-4 kez tekrarlanır. Ergitmeyi, izabe süreci takip eder. İzabe sürecinde sıvı hale gelmiş çelik banyosunun fosfor giderimi yapılır ve karbon miktarı üretilecek çelik cinsinin minimum seviyesini geçmeyecek şekilde ayarlanır. Bu sırada banyoya oksijen ve toz karbon enjekte edilir, cüruf köpürerek cüruf kapısından akar. Döküm alınacak pota döküm vinci tarafından pota hazırlama biriminden alınarak kum koymaya ve tabana malzeme (Mn, Si, vs.) verildikten sonra pota arabasına yerleştirilir. Ocağın içindeki sıvı çelik potaya boşaltılır (döküm alma). Ark ocağından potaya alınan sıvı çelik döküm vinci tarafından pota ocağına taşınır. Potaya, gaz karıştırma hortumu bağlanır ve gaz uygun bir karışım sağlayacak basınca ayarlanır. Bir yandan ısıtma sürdürülürken kireç ilave edilir. Üretilmek istenen çeliğin cinsine göre gerekli Mn, Si, C ilaveleri ile S giderimi yapılır. Pota ocağından gelen sıvı çelik dolu pota, pota standına döküm vinci tarafından bırakılır. Bu işlemi kütük üretimi izler. Soğuyan kütükler stok sahasına veya haddehaneye gönderilir.

Haddehane de ise yaklaşık 1150°C'de tavlanan kütükler çubuk hattında değişik çaplarda inşaat çubuğu, kangal hattında ise kangal (filmaşın) haline gelir. Haddeleme sırasında gereken ısı enerjisi tav fırını yan kenarlarında ve alın tarafında bulunan çok sayıda brülörde yakılan yakıttan temin edilir.

Tesislerdeki başlıca emisyon kaynakları demir-çelik üretimindeki çelikhane ve haddehane ünitelerine ait bacalardır. Çelikhane ünitesinde ark ocağında doğrudan emiş ve davlumbazdan çekilen gazlar bir toz tutma ünitesinden (torba filtre) geçirildikten sonra bacadan atmosfere verilmektedir. Doğrudan emiş hattından çekilen gazların içinde bulunan karbon monoksit ve yanmamış hidrokarbonlar, yüksek sıcaklıktaki bu hatta taze hava çekilerek yakıldıktan sonra soğutuculara, oradan da filtre sistemine gönderilmektedir. Elektrikle ergitmenin yapıldığı bu ark ocaklarında destek olarak doğal gaz yakılmaktadır. Bu üniteden kaynaklanan emisyonlar, doğal gazın ve hammadde olarak kullanılan hurdanın bileşimindeki kükürt, organik ve halojenli-organik maddelerin tam veya eksik yanması sonucu açığa çıkan kükürt dioksit, azot oksitler, HCl, HF, uçucu organik bileşikler-VOC, klorlu dioksin ve furanlar-PCDD/PCDF gibi organik gaz ve buharlardır. Partikül maddeler ise yanma veya hurda içeriğindeki metaller ve oksitlerinin üretim sırasında açığa çıkması sonucu yayınlanmaktadır. Haddehane

ünitesinde ise tav fırınında çelik kütüklerin tavlama amacıyla doğal gaz yakıldığından, yanma sonucu oluşabilecek toz, kükürt dioksit, azot oksitler, karbon monoksit ve kütüğün tavlama sırasında oluşan tufalden kaynaklanan metal tozları gibi emisyonlar atmosfere verilmektedir.

Bir diğer önemli kirletici kaynağı da, daha çok partikülleri içeren “kaçak emisyonlar”dır. Proses gazlarının toplanamayan kısmı tesislerde bulunan açıklıklardan atmosfere atılabilmektedir. Ayrıca, hammadde olarak kullanılan hurda ile üretim sonrası oluşan curuf ve baca tozlarının açık alanda depolanması, bu alanlara taşınması sırasında da rüzgar etkisiyle önemli seviyelerde toz emisyonu oluşabilmektedir. Tesis içindeki yollar da kaplama cinsi, araç trafiği yoğunluğu ve temizlenme periyoduna göre önemli sayılabilecek diğer toz emisyon kaynağıdır. Bunların içinde en önemlisi, ani elektrik kesilmesi veya filtre ve fanlarda meydana gelen arızalar sırasında ark ocağında oluşan emisyonların geçici sürelerde de olsa kontrolsüz biçimde atmosfere verilmesidir.

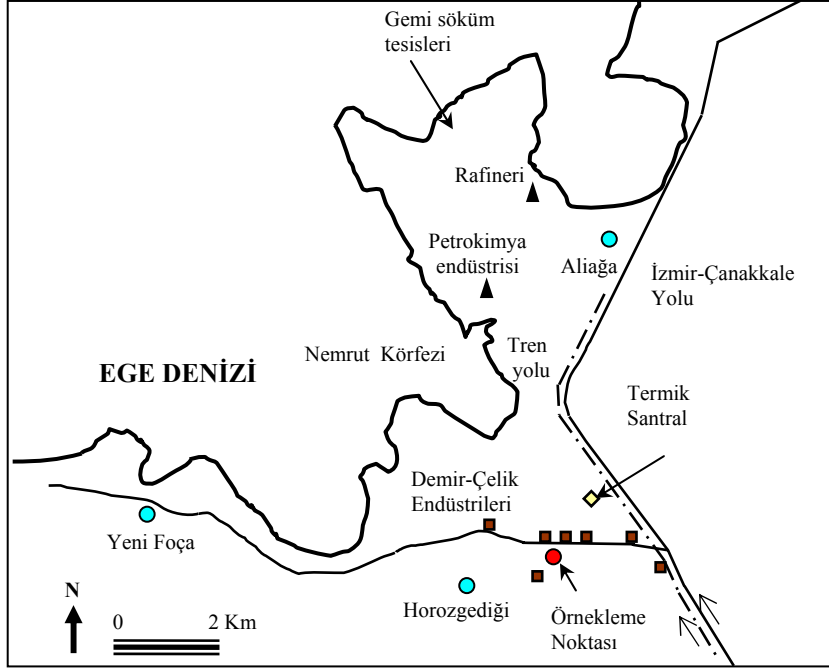
MATERYAL VE METHOD

Çalışma Alanı ve Ölçüm Programı

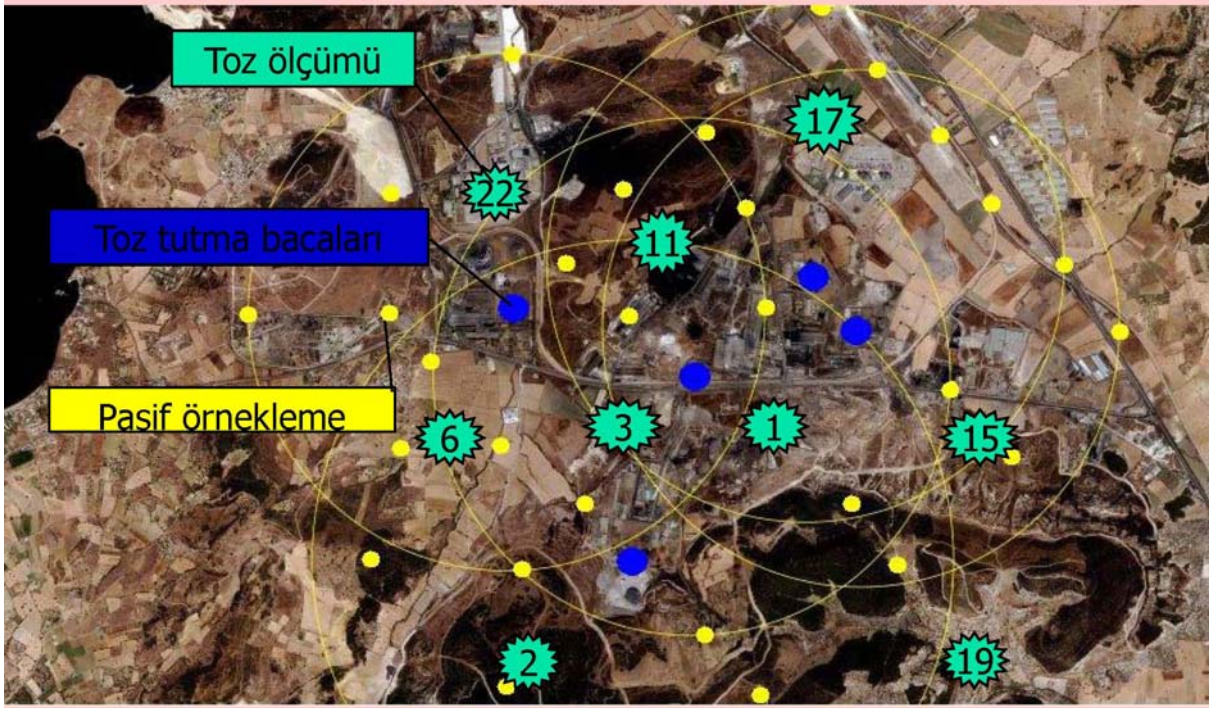
Çalışma İzmir Aliağa’da çalışmakta olan beş adet demir çelik tesisinde ve bu tesislerin etki alanında gerçekleştirilmiştir. Demir çelik tesislerinde çelikhanelere bağlı 9 adet bacada ve 7 adet haddehane tav fırını bacasında emisyon ölçümleri yapılmıştır. Çelikhane ünitelerine bağlı bacaların tamamında torba filtre sistemi bulunmakta olup örnekleme ve ölçümler filtre sonrasında ölçüm platformunda yapılmıştır. Dokuz üniteden iki tanesinde PCDD/PCDF emisyonlarını azaltmak için “water-quench sistemi” uygulanmaktadır. Çalışma alanı, tesisler ve hava kalitesi ölçüm noktaları Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.

Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’ne (ETKHKKY) göre belirlenen tesislerin etki alanlarında iki aylık sürede havada asılı partikül madde (PM₁₀), çöken toz, çöken tozlarda kurşun ve kadmiyum, kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve karbon monoksit (CO) ölçümleri yapılmıştır. Emisyon ölçümleri 2007 yılında, hava kalitesi ölçümleri ise 2007 yılı Mart ve Nisan aylarında gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler, TÜRKAK tarafından akredite edilmiş DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü hava kirliliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan standart yöntemler Tablo 1’de verilmiştir. Emisyon ölçümlerinde; yanma gazları analizleri TESTO 350 XL model portatif baca gazı analiz cihazı ile gerçekleştirilmiş, cihaz ölçümler öncesi %5 doğrulukta standart test gazları ile kalibre edilmiştir. Toz emisyonları ve bunların bileşimindeki özel tozların örnekleme, Zambelli izokinetik örnekleme sistemi kullanılarak yapılmıştır. Özel tozların analizinde Pelkin Elmer Optima-2100 ICP-OES cihazı, HCL ve HF örneklerinin analizinde de DIONEX marka iyon kromatografisi kullanılmıştır. Özel toz emisyonlarının belirlenmesinde, izokinetik örnekleme ile alınan toz ve buhar örneklerinde As, Cd, Co, Cr, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Tl, V ve Zn analizleri yapılarak bunların toplamı sonuç olarak rapor edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının Aliğa ve Nemrut Körfezine göre konumu



Şekil 2. Tesislerin bacaları ve hava kalitesi ölçüm noktaları.

Hava kalitesi ölçümlerinde; partikül madde örneklemeleri için aynı anda çok sayıda noktada eş zamanlı örnekleme yapıldığı için değişik cihazlar kullanılmıştır. Bunların arasında, Rupprecht&Pataschnick marka Partisol 2025 PM₁₀-PM_{2,5} örnekleme cihazı, özel PM₁₀ başlığına sahip Zambelli örnekleme cihazları ve Thermo-Andersen yüksek hacimli örnekleme cihazları bulunmaktadır. Örnekleme cihazlarına bağlı olarak teflon veya quartz filtreler kullanılmıştır. PM₁₀ örneklemelerine yaklaşık 24 saat örnekleme yapılarak günlük ortalama konsantrasyonlar belirlenmiştir. Çöken toz örneklemeleri, TS2341:1976 metoduna uygun örnekleme cihazları kullanılarak gravimetrik yöntemle, bunların bileşimindeki kurşun ve kadmiyum analizleri ise ICP-OES cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Pasif örnekleme dış havada SO₂ ve NO₂ analizleri Radiello marka örnekleme cihazları kullanılarak iyon kromatografisi cihazı ile yapılmıştır. Örnekleme cihazları yaklaşık birer hafta süreyle arazide tutulduğundan sonuçlar haftalık ortalamayı temsil etmektedir. Ölçümler iki aylık sürede aynı noktalarda sekiz kez tekrarlanmıştır. Tek noktada gerçekleştirilen karbon monoksit ölçümleri ise gaz filtre korelasyon metodu ile çalışan Thermo 48i sürekli ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz hafızasında sürekli kaydedilen sonuçlardan saatlik ve günlük ortalama değerler hesaplanmıştır.

Tablo 1. Ölçüm ve örneklemelerde kullanılan standart yöntemler

Ölçülen/ örneklenen parametre	Standart yöntem
Emisyon Ölçümleri	
Baca gazı hızı ve debi ölçümü	TS ISO 10780 (1999)
Yanma Gazları Karbon monoksit, CO Kükürt dioksit, SO ₂ Azot oksitler, NO _x	ISO 12039 (2001) TS ISO 7935 (1999) EPA Metod CTM 022 (1997)
Toz	TS ISO 9096 (2004)
Baca gazında tozda özel maddeler (Ağır Metaller)	EPA Metod 29
Baca gazında inorganik Klor ve Flor (HCl, HF)	EPA Metod 26
Hava Kalitesi Ölçümleri	
Dış havada PM ₁₀ derişiminin belirlenmesi	EPA 40 CFR PART 50 APP J
Dış havada çöken toz derişiminin belirlenmesi	TS 2341: 1976
Pasif örnekleme yöntemiyle ortam havasında SO ₂ ve NO ₂ derişiminin belirlenmesi	EN 13528: 2002
Dış havada CO derişiminin belirlenmesi	Gaz filtre korelasyon metodu

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında elde edilen emisyon ve hava kalitesi ölçüm sonuçları aşağıda ayrı ayrı verilmiş ve değerlendirilmiştir.

Emisyonlar

Beş adet demir çelik üretim tesisinde çelikhane ünitelerine bağlı 9 baca ve haddehane tav fırınlarına bağlı 7 bacada elde edilen sonuçlar Tablo 2’de topluca verilmiştir. Bacada ölçülen

konsantrasyonlarla bacanın hacimsel gaz debisi çarpılarak hesaplanan emisyonların kütlele debileri de Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Çelikhane ve haddehane bacalarındaki emisyon ölçüm sonuçları.

Parametre	Birim	Çelikhane Bacası (n=9)		Haddehane Bacası (n=7)	
		Aralık	Sınır Değer*	Aralık	Sınır Değer*
Baca gazı sıcaklığı	(°C)	78-102	-	246-438	-
Karbon monoksit (CO)	mg Nm ⁻³	142-5326	Yakılmalı	1-15	-
Kükürt dioksit (SO ₂)	mg Nm ⁻³	12-530	-	0-2	100
Azot oksitler (NO _x)	mg Nm ⁻³	3-29	-	150-484	-
Toz	mg Nm ⁻³	4-17	50	1-7	120
HCl	mg Nm ⁻³	0,07-1,54	60	-	-
HF	mg Nm ⁻³	0,04-1,43	4	-	-
Özel toz emisyonu	mg Nm ⁻³	0,02-7,8	120	0,12-2,6	75
Hacimsel gaz debisi	Nm ³ saat ⁻¹	273820-1227204	-	20271-69644	-

* Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2006.

Tablo 3. Çelikhane ve haddehane bacalarından atmosfere verilen toplam emisyonlar

Parametre	Birim	Çelikhane Bacası (n=9)	Haddehane Bacası (n=7)	Toplam (n=16)
Karbon monoksit (CO)	kg saat ⁻¹	7.004,94	1,44	7.006,38
Kükürt dioksit (SO ₂)	kg saat ⁻¹	837,11	0,00	837,11
Azot oksitler (NO _x)	kg saat ⁻¹	87,43	49,23	136,66
Toz	kg saat ⁻¹	49,68	1,11	50,79
HCl	kg saat ⁻¹	3,43	-	3,43
HF	kg saat ⁻¹	2,61	-	2,61
Özel toz emisyonu	kg saat ⁻¹	16,46	0,78	17,24

Tesislerde ölçülen emisyonlar incelendiğinde, haddehane tav fırını emisyonlarında tesislerin teknolojileri aynı sadece kapasiteleri farklı olduğu için emisyonlarda tesisler arasında önemli bir fark görünmemektedir. Hepsinde yakıt olarak doğal gaz kullanıldığından toz ve SO₂ emisyonları düşüktür. Belirgin olan tek parametre NO_x emisyonlarıdır. Tesislerin hepsinde ölçüm sonuçları yönetmelikte verilen sınır değerlerin altındadır.

Çelikhane ünitelerine ait emisyonlarda, tüm bacalarda ölçülen bütün parametreler Yönetmelikte verilen sınır değerleri sağlamaktadır. Emisyon konsantrasyonlarında tesislere göre farklılıklar vardır. Bunun nedenleri tesislerin kapasiteleri, filtre verimleri ve ark ocağı teknolojileridir. Beş tesisten bir tanesinde şaft ocağı olarak tanımlanan hurda ön ısıtmalı elektrikli ark ocağı (2 adet) bulunmakta, diğerlerinde ise klasik ark ocağı bulunmaktadır. En belirgin farklılık CO ve SO₂ emisyonlarıdır. CO emisyonlarında, hurda ön ısıtmalı tesiste emisyonlar çok belirgin bir biçimde yüksektir. Bunun yanında diğer ocaklarda farklılık bulunmakta olup bunun nedeni doğrudan emiş hattından çekilen gaz debisi ile bu hatta bağlı son yakma ünitesinin verimleri olabilir. Eğer, doğrudan emiş hattından çekilen gaz miktarı

düşük olursa, ergitme sırasında tesis içine tozlu ve tam yanmamış gazlar karışacaktır. Çatı emişi ile filtre sistemine çekilen bu gazlara son yakma uygulanmadığı için CO emisyonu yüksek olacaktır. SO₂ emisyonlarının yüksek olması ve tesislere göre değişkenliği ancak karbon kaynağı olarak kullanılan kömür cinsine bağlanabilir. Çünkü tesislerin hepsinde destek yakıt olarak doğal gaz kullanılmaktadır.

Tesislerin ark ocağı kapasiteleri 75-130 ton sıvı çelik arasında değişmektedir. İki tesiste ikişer ark ocağı, diğer üç tesiste de birer ark ocağı bulunmaktadır. Tablo 3’de topluca emisyon kütleli debilerinden, tesislerin üretim kapasiteleri dikkate alınarak ton sıvı çelik başına oluşan kirletici miktarını ifade eden emisyon faktörleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir. Avrupa Birliğinde uygulanan IPPC BAT direktiflerinde verilen emisyon faktörleri de aynı tabloda gösterilmiştir. Bu literatürde de görüldüğü gibi emisyon faktörleri tesisten tesise büyük değişiklik göstermektedir. Bunun nedeni uygulanan teknolojiler ile ölçüm farklılıkları olabilir. Bu çalışmada elde edilen faktörler bu literatür değerleri ile karşılaştırıldığında, sadece SO₂ emisyonlarında belirgin farklılık olup bizde ölçülen değerler çok daha yüksektir. Diğer emisyon faktörleri literatür değerleri ile uyumludur.

Tablo 4. Çelikhane üniteleri için hesaplanan emisyon faktörleri (g ton⁻¹)

Parametre	Birim	Bu çalışma			Literatür (IPPC, 2001)
		Min	Maks	Ort	
Karbon monoksit (CO)	g ton ⁻¹	954	3954	1867	740-3900
Kükürt dioksit (SO ₂)	g ton ⁻¹	149	559	393	24-130
Azot oksitler (NO _x)	g ton ⁻¹	26	199	112	120-240
Toz	g ton ⁻¹	4,65	146,80	73,27	1-780
HCl	g ton ⁻¹	0,54	4,40	1,80	0,8-9,6
HF	g ton ⁻¹	0,08	1,60	0,71	0,7-4,0
Özel toz emisyonu	g ton ⁻¹	0,10	53,07	18,85	0,29-50

Hava Kalitesi Ölçümleri

Bölgedeki beş tesisin etki alanında değişik noktalarda hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Partikül madde (PM₁₀ ve çöken toz) ölçümleri 9 noktada, pasif örnekleme ile SO₂ ve NO₂ ölçümleri 27 noktada ve CO ölçümü de bir noktada gerçekleştirilmiştir. Havada asılı partikül madde (PM₁₀) ölçüm sonuçları Tablo 5’te, çöken toz ölçüm sonuçları Tablo 6’da, SO₂-NO₂ sonuçları Tablo 7’de ve CO sonuçlarına ilişkin istatistiksel değerler Tablo 8’de verilmiştir. Bu parametrelere ilişkin hava kalitesi sınır değerleri de Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 5’de verilen PM₁₀ ölçüm sonuçları incelendiğinde; günlük ortalama konsantrasyonların 3-1564 µg m⁻³ arasında değiştiği, yaklaşık iki aylık ölçüm süresindeki ortalama değerlerin ise ölçüm noktalarına göre 39,2 – 288,4 µg m⁻³ arasında değiştiği görülmektedir. Sonuçlar, günlük en yüksek değeri ifade eden kısa vade sınır değeri (KVS) ile karşılaştırıldığında, toplam 484 veriden 33’ü mevcut 300 µg m⁻³ sınır değeri aşmaktadır. Dokuz noktadan bir tanesinde yıllık ortalama sınır değeri olan 150 µg m⁻³ aşılmaktadır. Sınır değerler yeni yönetmelikle değiştirilerek yıllara göre azaltılmakta ve hedef olarak günlük ortalama için 50 µg m⁻³ sınır değeri getirilmektedir. Bu yenilik dikkate alındığında ise dokuz noktadan dördünde bu değer aşılmaktadır.

Tablo 5. Çalışma alanında dokuz noktada ölçülen PM₁₀ sonuçları ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Ölçüm Noktası	Min	Maks	Ort	SS
1	20	448	193	103
2	6	352	111	74
3	19	358	117	65
6	21	217	88	42
11	42	1564	288	281
15	3	240	99	46
17	7	93	39	22
19	14	149	62	29
22	17	906	214	179

Tablo 6 . Çalışma alanında dokuz noktada ölçülen çöken toz değerleri ile çöken tozlarda kurşun ve kadmiyum miktarları

Ölçüm noktası	Çöken Toz ($\text{mg m}^{-2} \text{gün}^{-1}$)		Kurşun ($\mu\text{g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$)		Kadmiyum ($\mu\text{g m}^{-2} \text{gün}^{-1}$)	
	Birinci ay	İkinci ay	Birinci ay	İkinci ay	Birinci ay	İkinci ay
1	756	1435	4020	7020	44	78
2	579	1065	1799	1906	18	23
3	889	1814	2892	5680	28	55
6	383	694	1119	2444	7,9	21
11	1243	3448	4189	7652	39	76
15	177	726	606	2675	4,7	25
17	257	260	374	685	3,5	6,0
19	417	863	1873	1640	5,2	21
22	1612	1285	4905	2780	51	29

Çöken tozlar açısından ise hava kalitesi seviyeleri daha kötüdür. Dokuz noktada iki kez tekrarlanan ölçümlerden %50'si KVS değerini aşmaktadır. Bazı noktalarda sınır değerinin %100'ün üzerinde aşıldığı görülmektedir. Bölgenin çöken tozlar açısından daha kötü durumda olması, bu tozların kaynağının yakın çevreden havaya karışan iri tozlar olduğunu göstermektedir. Çünkü; bölgede önemli toz kaynağı durumundaki çelikhane bacalarında torba filtre sistemleri bulunduğu için bu kaynaklardan atmosfere verilen tozlar havada uzun süre askıda durabilen küçük taneciklerdir. Bu nedenle çöken tozların bölgedeki yollardan ve açıkta depolanan malzemelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu kaynaklar sadece çöken tozları değil, PM₁₀ değerlerini de belli oranda etkilemektedir. Çöken tozların kurşun ve kadmiyum içeriklerinin çok yüksek olması ise bu tozların kaynağının demir çelik tesisleri olduğu fikrini doğrulamaktadır. Bu kaynakların içinde önemli bir faktör, tesislerin filtresiz çalıştığı dönemlerde havaya karışan tozların çevrede çökmesi ve rüzgar etkisiyle tekrar havaya karışmasıdır. Bölgede değişik noktalardan alınan toprak örneklerinin kalıcı organik madde ve element içerikleri de bu düşüncüyü doğrulamaktadır (Bozlaker vd., 2008b; Çetin vd., 2007).

Tesislerin çevresinde 27 noktada sekiz hafta süreyle yapılan SO₂ ve NO₂ sonuçları incelendiğinde ise bölgede sanayi tesislerinin doğal gaza geçişlerini açıkça göstermektedir.

Haftalık ortalama olarak ölçülen değerlerde, SO₂ seviyeleri 65 µg m⁻³, NO₂ seviyeleri de 59 µg m⁻³ün altında kalmaktadır.

Tablo 7. Pasif örnekleme ile ölçülen haftalık ortalama SO₂ ve NO₂ değerleri (µg m⁻³)

Ölçüm noktası	Koordinatlar		SO ₂ (n=8)			NO ₂ (n=8)		
	X	Y	Min	Maks	Ort	Min	Maks	Ort
1	495300	4287265	3	23	10	13	49	37
2	494935	4285930	2	21	8	8	26	15
3	494490	4286925	5	16	8	16	42	26
4	494110	4286655	2	24	8	8	22	14
5	493515	4285905	3	27	12	8	20	13
6	493565	4287126	3	25	13	4	19	14
7	493110	4287060	6	65	21	7	17	12
8	493450	4287520	4	39	15	10	30	20
9	495675	4290270	5	24	10	17	59	28
10	495470	4288985	3	12	7	9	18	14
11	495445	4288345	3	17	7	4	27	17
12	495630	4288090	2	17	6	20	43	30
13	494660	6287520	2	13	6	24	48	37
14	494225	4287990	5	20	9	9	34	18
15	497520	4287110	2	19	6	7	36	23
16	497540	4287962	1	21	8	6	32	21
17	496650	4288960	2	17	6	13	26	17
18	496870	4288670	2	15	5	11	32	20
19	496905	4285695	2	14	7	2	21	11
20	496410	4286330	2	26	8	5	27	13
21	492460	4287430	5	29	16	8	23	15
22	493645	4288690	3	17	7	21	47	28
23	493420	4288080	5	24	12	16	30	23
24	497160	4287345	1	23	7	5	29	18
25	496295	4286785	2	20	8	4	29	14
26	494055	4289070	2	18	7	10	36	21
27	494840	4288885	2	24	8	7	23	15

Çalışma kapsamında 1 numaralı ölçüm noktasında sürekli ölçüm cihazı ile karbon monoksit (CO) konsantrasyonları ölçülmüştür. Anlık olarak ölçülüp cihaz hafızasında saklanan değerlerden saatlik ve günlük ortalama değerler hesaplanmıştır. Günlük ortalama seviyeler, 151-2162 µg m⁻³ arasında değişmiş olup, 10 000 µg m⁻³ sınır değerinin oldukça altındadır. Ölçüm noktasının Aliağa-Foça karayoluna yakın olması nedeniyle, ölçülen CO seviyelerinde tesislerin yanısıra karayolunun da önemli etkisi olduğu düşünülmektedir.

Tablo 8. Bir noktada sürekli ölçüm cihazı ile ölçülen ($\mu\text{g m}^{-3}$) CO değerlerine ilişkin istatistiki bilgiler.

	Min	Maks	Ort	SS
Birinci ay	268	1268	560	266,8
İkinci ay	152	2162	850	483,5
Genel	152	2162	718	434,64

Tablo 9. Ölçülen hava kalitesi parametrelerinin sınır değerleri

Parametre	Birim	Mevcut KVS	Mevcut UVS	Hedef KVS	Hedef UVS
SO ₂	$\mu\text{g m}^{-3}$	400	250	125	20
NO ₂	$\mu\text{g m}^{-3}$	300	100	200	40
CO	$\mu\text{g m}^{-3}$	30000	10000	10000	
PM ₁₀	$\mu\text{g m}^{-3}$	300	150	50	40
Çöken toz	$\mu\text{g m}^{-2}$ gün	800	450	-	-
Çöken tozda Kurşun	$\mu\text{g m}^{-2}$ gün	-	500	-	-
Çöken tozda kadmiyum	$\mu\text{g m}^{-2}$ gün	-	7,5	-	-

SONUÇ

İzmir-İliğa'daki demir çelik üretim tesislerinin emisyonlarının ve çevreye etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada, tesislerin bacasından çıkan emisyonların Yönetmelik sınır değerlerini sağladığı ancak hava kalitesi seviyelerinde de sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir. Bu durum, bölgede bacaların dışındaki kaynakların etkisini göstermektedir. Bölgedeki tesislerin kapasite artırımına gidecekleri ve başka yeni çelikhane tesislerinin de kurulacağı düşünülürse hava kalitesi seviyelerinin daha da kötüleşeceği beklenmektedir. Bu tesislerin yoğun enerji talebi olan üretim türleri olması ve enerji yatırımları için İliğa'nın cazip olması bölgeye yeni termik santrallerin kurulmasını da gündeme getirmektedir. Bölgenin mevcut haliyle tüm bu yeni yükleri kaldırması mümkün değildir. Bu amaçla, bölgenin mevcut hava kalitesinin iyileştirilmesi önemli ve acil bir konudur. Bu problemin çözümü için gerekli proje çalışmalarına bir an önce başlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Bayram, A., Yılmaz, Z., Odabaşı, M. ve Müezzinoğlu, A. Levels of Some Heavy Metals in Suspended Particulate Matter in and Around İliğa Industrial Region, İzmir/Turkey, *Environmental Research Forum*, 7-8, 280-285, 1997.

Bozlaker, A., Odabasi, M. ve Muezzinoglu, A. Dry deposition and soil-air gas exchange of polychlorinated biphenyls (PCBs) in an industrial area. *Environmental Pollution*, (basımda), 2008a.

Bozlaker, A., Muezzinoglu, A. ve Odabasi, M. Atmospheric concentrations, dry deposition and air-soil exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an industrial region in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 1093-1102, 2008b.

Cetin, B., Yatkin, S., Bayram, A. ve Odabasi, M. Ambient concentrations and source apportionment of PCBs and trace elements around an industrial area in Izmir, Turkey. *Chemosphere*, 69, 1267-1277, 2007.

Cetin, B. ve Odabasi, M. Particle-phase dry deposition and air-soil gas exchange of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Izmir, Turkey. *Environmental Science and Technology*, 41, 4986-4992, 2007.

International Iron and Steel Institute, World Steel in Figures 2007, <http://www.worldsteel.org>, 2008.

IPPC, European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, 2001.

Yatkin, S. ve Bayram, A. Elemental Composition and Sources of Particulate Matter in the Ambient Air of a Metropolitan City, *Atmospheric Research* 85, 126-139, 2007.