

ENDÜSTRİ İÇİN PRATİK CO₂ EMİSYONLARI (FOSİL YAKIT BAZLI) HESAPLAMA VE İZLEME YÖNTEMLERİ

M. Emre Ertem¹, Gül Akar²

¹ Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş., 67330 Kdz. Ereğli, Zonguldak, Türkiye-meertem@yahoo.com

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 35100 Buca, İzmir, Türkiye-gul.akar@deu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, endüstriyel bir işletmenin, küresel ısınmaya karşı alacağı önlemler için emisyonlarının kontrolünde, pratik olarak yakıt bazlı CO₂ emisyonlarının nasıl hesaplayabileceği, tüketilen yakıtlardan kaynaklanan bu emisyonların şirketin dahili ünitelerine nasıl yayılabileceği, birim üretim başına atmosfere salınan emisyon miktarlarının tayini ve Kyoto Protokolüne paralel hazırlık çalışmalarında emisyon envanterinin izlenmesine yönelik yöntemler incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler. Küresel Isınma, CO₂ Emisyonları, Hesaplama, Endüstri

Abstract

Turkey as a developing country is on the way of Kyoto Protocol. However, Turkey is not ready for any emission target for its developing economy, it still needs to monitor and control CO₂ emissions effectively. In this study, practical CO₂ emission (base on fossil fuels) calculation methodology was given to industrial companies for monitoring and controlling.

Key Words: Global Warming, CO₂ Emissions, Calculation, Industry

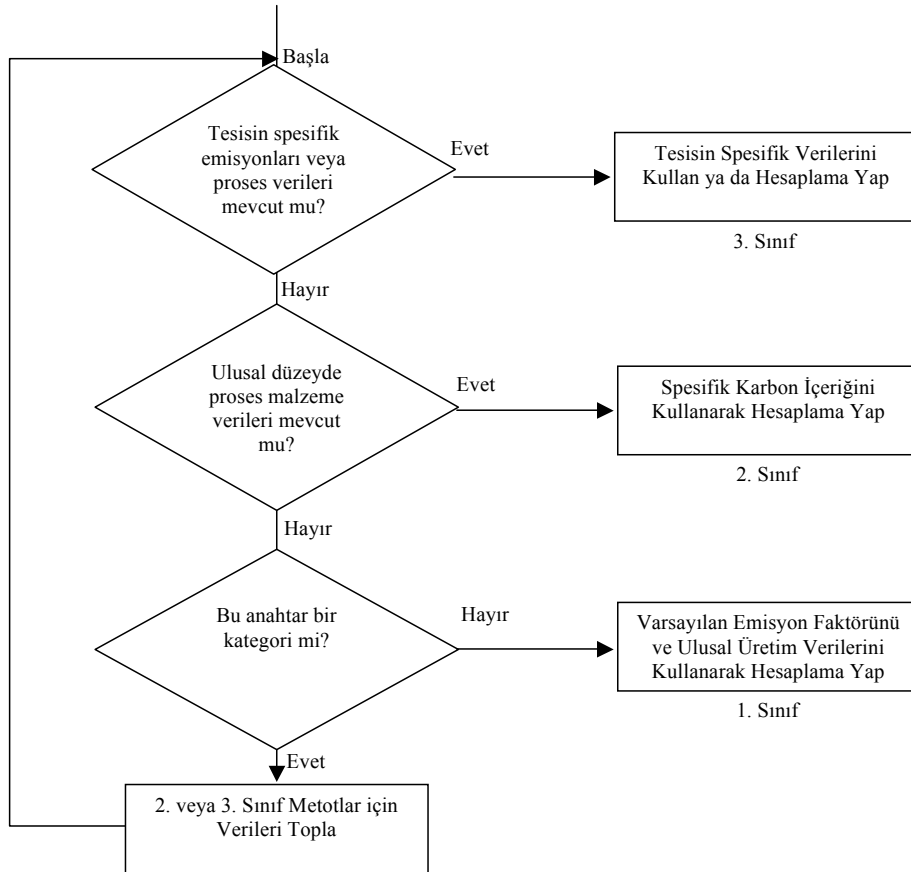
1. GİRİŞ

Doğal sera gazları (su buharı (H₂O), CO₂, CH₄, N₂O ve ozon (O₃)) ile endüstriyel üretim sonucunda ortaya çıkan florlu bileşikler, atmosferdeki sera etkisini düzenleyen temel maddelerdir. UNFCCC (İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) Sözleşmesi, 1987 tarihli Birleşmiş Milletler Ozon Tabakasının Korunması Sözleşmesi Montreal Protokolü ile kontrol altına alınmayan bütün sera gazlarını içermektedir. Buna karşılık Kyoto Protokolü aşağıda belirtilen 6 sera gazıyla ilgilidir: Karbon dioksit (CO₂), Metan (CH₄), Diazot monoksit (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFCs), Perflorokarbonlar (PFCs), Kükürt heksaflorid (SF₆). Bu gazların tamamının atmosferde birikimleriyle sera etkisi oluşmaktadır. Endüstride kullanılan fosil bazlı yakıtlar nedeniyle en çok CO₂ emisyonu atmosfere verilmektedir. Yakıt bazlı CO₂ emisyonlarının izlenmesi ve kontrolü küresel ısınmaya karşı alınacak önlemlerin anahtarını oluşturmaktadır.

Emisyonların takibi ve azaltılmasına yönelik alınacak önlemlerin belirlenmesi için ilk şart, bir endüstriyel işletmenin atmosfere saldığı emisyonların envanterinin yapılmasıdır. Birim üretim başına ve tarihsel gelişim izlenerek yapılacak bir emisyon takibi, hem alınan önlemlerin etkisini gösterecek hem de şirket projeksiyonlarında ileriki yıllarda atmosfere atılacak emisyonlar proaktif olarak izlenebilecektir.

2. IPPC CO₂ EMİSYONU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programının katkısıyla uluslar arası ve devletlerarası bir organizasyon olarak kurulmuştur. Amacı karar vericilere ve iklim değışikliği ile ilgili olanlara iklim değışikliği ile ilgili objektif ve bilimsel bir kaynak olmaktadır.



Şekil 1. Demir-çelik sektörü CO₂ emisyonlarını belirlemek için karar verme sistematığı [2]

IPPC'nin 2006 yayınladığı ulusal sera gazı emisyon envanterinin belirlenmesi rehberinde çeşitli endüstri ve alt kolları için hesaplama modelleri önerilmiştir. Özellikle demir-çelik endüstrisi için verilen metodoloji 3 sınıfta gruplandırılmış ve kullanılacak sınıfın Şekil 1. de verilen kontrol şemasından seçilebileceği öngörülmüştür. Şemada verilen karar verme sistematığı demir-çelik sektörü bazlı verilmekle beraber, herhangi bir endüstriyel işletme için ölçüm veya spesifik hesaplaması yapılan CO₂ emisyonu var ise, bu değer baz olarak alınması birinci öncelik olarak düşünülmektedir.

3. ENDÜSTRİDE CO₂ EMİSYONU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Sanayi sektörüne bakıldığında fosil yakıt kullanımının oldukça baskın olduğu görülmektedir. Isıtma ve proses için kullanılan bu yakıtların yanmasının doğal sonucu olarak CO₂ emisyonu oluşmaktadır. Enerji sektörü dışında sanayide en yoğun CO₂ emisyonu üretme potansiyeline sahip sektörler, enerji kullanımı yoğun olan, demir çelik, çimento ve rafineri sektörleri olarak verilmektedir.

Tablo 1. Sanayi sektörü 2003-2006 yılları arasında enerji tüketimleri [1]

(Orjinal Birimler)											
YILLAR	TADIKÖMÜRÜ (BinTon)	LİNYİT (BinTon)	ASFALTİT (BinTon)	KOK (BinTon)	PETROKOK (BinTon)	PETROL* (BinTon)	DOĞAL GAZ (10 ⁶ m ³)	GÜNEŞ (BinTep)	ELEKTRİK* (GWh)	ISI (BinTep)	TOPLAM (Bin Tep)
2003	8763	6208	336	3264	1715	5585	4660	119	54081	1746	27777
2004	9061	5409	722	3257	1866	5877	4725	121	58042	2151	29358
2005	8970	3202	138	3359	2168	4281	5664	121	58721	2227	28084
2006	11671	4896	120	3612	1981	3928	7072	122	67172	958	30996

**Rafinerilerin tüketimleri hariç.

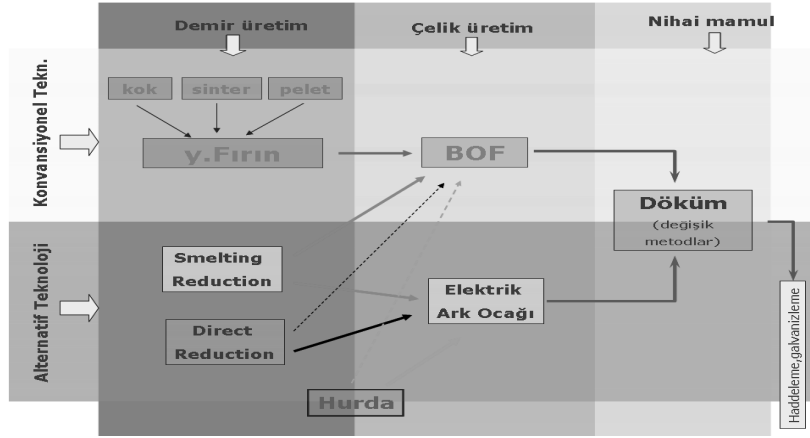
Sanayi sektöründe farklı prosesler ve kullanım için olsa da temel CO₂ emisyonu kaynakları;

- Fosil yakıtları grubundan: kömür (taş kömürü, linyit, kok, vs.), doğal gaz, fuel oil, vs.
- Malzeme grubundan: kireçtaşı, dolomit, karbon elektrotlar, vs.'dan oluşmaktadır.

Endüstride kullanılan bu malzemelerin sarfları ve birim kullanımları başına ortaya çıkacak CO₂ miktarı hesaplandığında, o işletmenin hem toplam hem de spesifik CO₂ emisyonları işletme geneli ve belli bölümleri için rahatlıkla hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama için demir çelik sektörü örnek olarak alınmıştır.

4. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNDE CO₂ EMİSYONU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Demir Çelik üretimi temel olarak Ark Ocaklı, Entegre Demir Çelik Üretimi (BOF/OH) ya da DRI (Direkt İndirgeme) yöntemleriyle yapılmaktadır. Genel bir çelik üretim şeması Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. Demir Çelik Mevcut/Gelecek Üretim Yöntemleri

4.1. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNDE CO₂ EMİSYONU TESPİTİ (IPPC BAZLI)

Demir çelik üretiminde CO₂ emisyonlarının tespiti için Şekil 1.'de verilen üç yöntem verilmiş ancak, değerlerinin güvenilirliğini sağlamak için her zaman tesislere ait spesifik değerlerin öncelikli olarak kullanılması önerilmiştir. Spesifik değerlerine sahip olmayan tesisler için IPPC tarafından önerilen farklı iki yöntem bulunmaktadır. Bu iki yöntem özde, üretimin genel karbon etki faktörleri ile malzeme (Sınıf 2) veya daha genel anlamda proses karbon etki faktörüyle ilişkilendirmesi biçimindedir (Sınıf 1).

4.2. DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNDE CO₂ EMİSYONU TESPİTİ (PROSES BAZLI)

Bir işletmenin karbondioksit emisyonlarını hesaplamının en iyi yöntemi, proses akışını takip eden ve işletmede ölçülen değerler üzerinden spesifik şirket değerleri kullanılarak yapılmasıdır. Yukarıdaki akış ve kütle dengesinde verilen şekillerde de görüleceği üzere

demir çelik üretim prosesleri sonunda ortaya çıkabilecek CO₂ emisyonlarının ana nedeni, C ihtiva eden ürün veya malzemelerin kimyasal reaksiyon (yanma, vs.) sonucu oksijenle birleşerek CO₂'ye dönüşmesi olarak açıklanmaktadır. Buradan hareketle demir çelik sektöründe iki ana üretim prosesine göre hesaplanabilecek CO₂ envanter hesaplama metodları aşağıda verilmiştir.

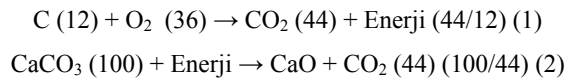
4.2.1. ARK OCAKLI TESİSLERDE CO₂ EMİSYONUNUN TESPİTİ

Ark Ocaklı Tesisler esas olarak entegre tesislere göre daha az enerji tüketen ve hurdadan çelik üretimi yapan tesislerdir. Bununla birlikte bu tesislerde temel olarak tüketilen hurda, pik, toz karbon, antrasit karbon, fuel oil, doğal gaz, elektrot, kireç taşı ve LPG'nin reaksiyonları sonucu ortaya çıkan CO₂ göz önüne alınmaktadır. Bu karbondioksit üreticisi kaynakların yanı sıra tesisin kendine özgün ilave CO₂ üreticisi kaynaklarda bulunabilmektedir. Tesisin kendi yapısında göre değişiklik gösterebilecek bu kaynaklar aşağıda verilen örnek metoda ilave edilebilme olanağı bulunmaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta CO₂ üreticisi kaynağın C içeriğinin kimyasal olarak kütlece ve/veya hacimce bilinmesidir.

Tablo 2. Ark Ocaklı Bir Tesiste Bulunabilecek Malzemeler ve Ortalama C İçerikleri

Kaynak	% C
Hurda	0,35 / 0,40
Pik	4,00 / 4,50
Toz Karbon	85,00 / 88,00
Antrasit Karbon	82,00 / 85,00
Fuel Oil	82,50 / 87,50
Doğal Gaz	75,00 / 85,00
Elektrot	99,50 / 99,90
Kireç Taşı	12,00 / 15,00
LPG	2,00 / 45,00

Bu karbon ihtivasının oksijenle reaksiyonu sonucu oluşabilecek maksimum CO₂ emisyonu bu şekilde hesaplanabilmektedir. Sadece sabit karbon bulunan enerji kaynakları gibi birden fazla C bileşeni bulunan gazlar içinde tam yanma karşılığı ortaya çıkacak karbondioksit oranlanabilmektedir (1). Ya da kireç üretiminde olduğu gibi dışarıdan ısı olarak kirece dönüşüm esnasındaki CO₂ miktarı da benzer açılımla hesaplanabilmektedir (2).



4.2.2. ENTEGRE TESİSLERDE CO₂ EMİSYONUNUN TESPİTİ

Entegre demir çelik tesisleri yukarıda da bahsedildiği üzere daha yoğun olarak birincil enerji ve birincil enerjiler içerisinde de kömür ve türevlerini kullanan kuruluşlardır. Ana girdi olarak kullanılan kömür önce koka, ardından proseslerde işlenmesi sonucu sırasıyla kok gazı, yüksek fırın gazı ve çelikhane gazına dönüşmektedirler. Bu gazlar hem CO₂ ihtiva etmekte olup, aynı zamanda bileşimlerindeki CO ve metan sayesinde diğer proseslerde birincil yakıtların ikamesi olarak kullanılabilirler.

Aşağıdaki hesaplama tablosunda özellikle entegre demir çelik tesislerinde genel olarak üretilen ve tüketilen yan ürün gazlarının kimyasal bileşimleri ve bu gazların yanması ile oluşacak birim CO₂ miktarları hesaplanmıştır. Gazların kimyasal bileşimleri her fabrikanın çalışma sistematigi ve malzeme kullanım yapısına göre değişmekle birlikte aşağıdaki değerler hesaplamaya örnek oluşturabilmek üzere ortalama mertebe biçiminde verilmiştir.

Tablo 3. Ortalama Yan Ürün Gazları Bileşimleri ve Bileşimlere Bağlı CO₂ Miktarları [5]

Yan Ürün Gazların Analizleri (Hacimsel %)				Yan Ürün Gaz Analizleri (Kütlesel)			Yan Ürün Gazlar İçindeki CO ₂		
	KG	YFG	ÇG	KG	YFG	ÇG	KG CO ₂	YFG CO ₂	ÇG CO ₂
CO ₂	0,02	0,23	0,17	0,05	0,46	0,33	0,05	0,46	0,33
C _n H _{2n}	0,02								
O ₂	0,00								
CO	0,08	0,22	0,51	0,10	0,27	0,64	0,15	0,42	1,00
H ₂	0,61	0,04	0,01						
CH ₄	0,20	0,01		0,15	0,01		0,40	0,02	
C ₂ H ₆	0,01			0,01			0,04		
N ₂	0,05	0,50	0,31						
Toplam	1,00	1,00	1,00				0,64	0,90	1,33
							Kg CO₂/Nm³		
							0,60	0,44	1,00

Öncelikle laboratuvarlarda yaptırılacak gaz analizi ile gazların kimyasal içerikleri belirlenmektedir. Ardından gazların kütlesel miktarları hesaplanmaktadır. Son olarak ise C gazının yanması ile ortaya çıkacak birim CO₂ miktarı tespit edilerek gaz kullanıcıları ünitelerin

toplam ne kadar CO₂ ürettiğini tespit etmek için birim değerler ana envanter tablolarda kullanılmaktadır.

Ancak burada esas olarak kok gazı, yüksek fırın gazı ve çelikhane gazının üretim noktasındaki CO₂ miktarları ayrılarak bu tüketimler üretici ünitelere yüklenmelidir. Laboratuvarında gaz kimyasal bileşim analizi olanağı bulunmayan tesisler için bir baz oluşturabilecek yan ürün gazlarına ait birim CO₂ merteye göstermek üzere aşağıda verilmiştir.

Tablo 4. Ortalama Bir Demir Çelik Tesisinde Yan Ürün Gazları Spesifik CO₂ Miktarları

Yan Ürün Gazı	Üretici Ünite CO ₂	Tüketici Ünite CO ₂	Toplam CO ₂
	Kg CO ₂ /Nm ³		
Yüksek Fırın Gazı (YFG)	0,43	0,47	0,90
Çelikhane Gazı (ÇG)	0,32	0,87	1,19
Kok Gazı (KG)	0,04	0,63	0,67

Tablo 5. Ortalama Bir Demir Çelik Tesisinde Kullanılan Enerjilere Göre CO₂ Miktarları

Enerji Kaynağı	% C	Ortalama Spesifik CO ₂ Kg CO ₂ /Nm ³ , Sm ³ , Kg
Kok Tozu	80	2,9
Fuel Oil (No 6)	88	3,2
Doğal Gaz	*	2,0
Katran	89	3,3
Baca Tozu (YF)	35	1,3
Kireçtaşı	-	0,4
Dolomit	-	0,2

*Doğal Gaz içeriği ana olarak metan CH₄'ten oluşmakta olup ilave karbon bileşenleri bulunmaktadır.

Tablo 6'da bir demir çelik tesisinde yer alan üniteler, bu tesislerde CO₂ üretebilecek kaynakların tüketilmesi özetlenmiştir. Aynı tablo farklı endüstri kollarındaki işletmeler içinde benzer şekilde planlanarak hangi CO₂ kaynağından, hangi üniteye ne kadar tüketim yaptığı tespit edilebilmektedir.

Tablo 6. İşletme Ünitesi/Kaynak Tüketimi

	A	B	C	D	TOPLAM
	Emisyon Kaynakları				
Ünite 1	▶●				
Ünite 2					
Ünite 3					
	T Ü K E T İ M L E R				

Ardından Tablo 7’de özetlenen tabloda ise tüm bu tüketimlerin birim hat üretimi başına ne mertebede olduğu, toplam tüketimler üretimle oranlanarak hesaplanmaktadır. Tablo 4-5’deki birim CO₂ tüketimleri genel değerler olarak, kimyasal analiz yapma olanağı bulunmayan işletmelerde kullanılması için verilmiştir.

Tablo 7. İşletme Üniteleri CO₂ Üretimleri

	A	B	C	D	TOPLAM (X)
	Spesifik CO₂ Emisyonları				
Ünite 1	●				
Ünite 2					
Ünite 3					
Toplam (Y)					

Tablo 7’de Tablo 6’da hesaplanan Ünite 1’deki A CO₂ kaynağı tüketimi, A kaynağının birim tüketiminin verdiği emisyonla ilişkilendirilerek hesaplanmaktadır. Ünite 1’de diğer kaynaklar da kullanılıyor ise aynı şekilde birim tüketimlerle ilişkilendirilerek nihayetinde tüm kaynaklardan gelen CO₂ üretimleri toplanarak (A+B+C+D) o ünitenin toplam CO₂ üretimi bulunmakta (TOPLAM X) ve ünitelerin toplamı ile de o işletmenin genel CO₂ üretimi bulunmaktadır (TOPLAM Y).

Tablo 8. İşletme Ünitesi/Kaynak Tüketimi Tablosu

	Ünite Üretimi (Ton, m ² , m ³)	Spesifik CO ₂ Üretimi
Ünite 1	***	***
Ünite 2	***	***
Ünite 3	***	***
Toplam (Z)	***	***

Nihayetinde Tablo 8’de ise her bir ünitenin toplam CO₂ üretimi, o ünitenin üretimine ve işletmenin toplam CO₂ üretimi de işletmenin genel nihai ürün yada yarı mamül üretimine oranlanarak spesifik CO₂ emisyonu hesaplanabilmektedir.

Bir işletmenin toplam ve üretim başına karbondioksit emisyonlarını izlemesi, bulunduğu yeri ve gideceği noktayı iyi tanımlayabilmek için mutlaka düzenli olarak takip edilmesi gereken göstergelerdir.

5. SONUÇLAR

IPPC'nin Ulusal Gaz Envanteri Hesaplama Kılavuzunda da belirtildiği gibi, her bir endüstriyel işletmenin ortama verdiği CO₂'nin kaynaklarını bilmesi ve bu kaynaklardan çıkacak CO₂ emisyonlarını kendi kullanım değerlerine göre özelleştirerek kullanması önemlidir. Spesifik değerleri kendine ait bir tesisin alınabilecek önlemleri belirlemede hareket sahası da o kadar geniş olacaktır. Genel kabullerin ışığında yapılan emisyon tahminleri sürekli ortalama değerleri içereceğinden endüstriyel işletmenin elde edeceği küçük edinimleri yok sayması sonucunu doğurabilecektir. Bir endüstriyel işletmenin emisyonlarını takip etmesi için sırayla; kaynaklarını belirlemesi, her kaynak için spesifik emisyon değerlerini tespit etmesi, emisyon üretici ünitelerin sınıflandırılması ve nihayetinde toplam mamul üretimi başına emisyon üretiminin analiz edilmesi işlemleri yapılmalıdır.

Herhangi bir endüstriyel işletmenin kendine ait emisyonu belirlenmesinde ve işletme içi üretici kaynakların ayrılmasında kullanılacak spesifik tüketim değerleri, üzerinde yoğunlaşılması gereken bölgeleri açık bir şekilde ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR

1. www.enerji.gov.tr
2. www.ippc.ch
3. Ertem M.E., Kes K., Özmen A., "Kyoto Protokolü ve Demir Çelik Sektörü", "emre.ertem.googlepages.com", Haziran 2008, Türkiye
4. Ertem M.E., Özmen A., Kes K., Karakaya G.B., "AB'ye Uyum Sürecinde Kyoto Protokolü Ve Demir Çelik Sektörünün Yeri" 3. Demir Çelik Sempozyumu, 22-24 Eylül 2005, Kdz. Ereğli

5. Özdabak A., Ertem M.E., "Erdemir'de Yan Ürün Gazlarının Kullanımının Artırılması",
3. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 15-17 Kasım 2000, İstanbul, Türkiye