

Tehlikeli Atık Yakma Tesislerinin Duruş Periyodunda Gaz Akışı PCDD/F Emisyonları: İZAYDAŞ İçin Bir Araştırma

Mahmut Kemal KORUCU*¹

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41380,
Kocaeli

(Alınış / Received: 26.01.2016, Kabul / Accepted: 01.11.2016,
Online Yayınlanma / Published Online: 09.01.2017)

Anahtar Kelimeler
Atık Yakma,
Dioksinler,
Duruş Periyodu,
"Memory Effect"

Özet: Bu çalışmada, Türkiye'nin ilk tehlikeli atık yakma tesisi olan İZAYDAŞ'ın bir duruş periyodundaki PCDD/Fs emisyonları incelenmiştir. Bu amaçla, tesisin bir duruş periyodunun 3 farklı sıcaklık rejimi için atık gaz akımından alınan numuneler gaz ve partikül faz konsantrasyonları için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Örneklemeler, her bir sıcaklık rejimi için boiler çıkışı, elektrostatik filtre çıkışı, yıkayıcı çıkışı ve aktif karbon ünitesi çıkışı olmak üzere 4 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, duruş periyodundaki emisyon davranışlarının yalnızca normal işletim periyodu değil işletmeye alma periyotlarındaki davranışlardan da önemli oranda farklı olabildiğini işaret etmektedir. Özetle, tesisin farklı işletim koşullarında farklı yönetim stratejileri uygulamak yöneticiler için bir zorunluluk olarak görünmektedir.

PCDD/F Emissions of Gas Stream at Shutdown Period of Hazardous Waste Incinerators: A Case Study for İZAYDAS

Keywords
Waste
Incineration,
Dioxins,
Shutdown Period,
"Memory Effect"

Abstract: In this study, it was investigated that PCDD/Fs emissions of a shutdown period of the İZAYDAŞ which is the first hazardous waste incinerator of Turkey. For this purpose, the samples of the waste gas stream obtained in three different temperatures of a shutdown period of the facility were analyzed for the gas and the particulate phase concentrations separately. Samplings were obtained from four different points like boiler outlet, electrostatic filter outlet, scrubber outlet, and activated carbon bed outlet, for every temperature regimes. The findings indicated that the emission characteristics of the shutdown periods of the facility could be different from not only the characteristics of the normal operations but also the startup periods of the same facility. In conclusion, to perform different management strategies for different operation conditions of the facility seems like an obligation for the managers.

*Sorumlu yazar: kemal.korucu@kocaeli.edu.tr

1. Giriş

Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler (PCDDs) ve poliklorlu dibenzofuranlar (PCDFs) 210 adet farklı bileşenden oluşan organik ve klorlu bir grup mikro kirleticiyi ifade eder. "Dioksinler" olarak adlandırılan ve PCDD/Fs şeklinde kısaltılan bu kirletici grubunun en toksik 17 bileşeninin atık yakma tesislerindeki hava kirliliği kontrol ekipmanlarının (APCD) artıklarında ve gaz akışlarında yoğun olarak bulunduğu uzun yıllardır bilinmektedir. Yüksek hidrofobik doğaları ve uzun yarılanma ömürlerinden ötürü toprak ve çamur gibi ortamlarda adsorplanma ve özellikle insan dokusunda birikme eğilimindedirler. Bu bileşikler üreme, hormon ve bağışıklık sistemlerinde kanser ve benzeri olumsuzluklara neden olabilecek potansiyelde bir toksisiteye sahiptirler [1-3].

17 PCDD/Fs konjenerinin atık yakma tesislerindeki gaz akışlarındaki varlığı ilk olarak Olie vd. [4] tarafından gösterilmiştir. Bu önemli çalışmanın ardından gerek tehlikeli gerekse de evsel atık yakma tesislerindeki PCDD/Fs konjenerlerinin dağılımları ve giderimleri hakkında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Genel olarak bir atık yakma prosesi; işletmeye alma (startup), atık yakma (normal operation) ve duruş (shutdown) olmak üzere 3 işletim periyodundan oluşur. İşletmeye alma periyodunda yakma fırını, insineratör iç yapısının ani sıcaklık artışlarından etkilenmemesi için 8-19 saat arasında değişen sürelerde fuel-oil gibi yardımcı yakıtlarla beslenir. Normal işletim koşullarında besleme işlemi yalnızca atıkla yapılırken duruş periyodu, atığın beslenmesinin kesilmesi ve gerekirse yardımcı yakıtlar yardımıyla soğutma şeklinde iki fazdan oluşur [5]. Atık yakma tesislerindeki PCDD/Fs oluşum ve giderimi ile ilgili olarak Olie vd. [4] sonrasında yürütülen çalışmaların

önemli bir kısmında tesislerin normal işletim koşulları için geçerli olan ilişkiler tanımlanmaktadır [6]. Öte yandan Neuer-Etscheidt vd. [7] gibi bazı çalışmalar yakma tesislerin PCDD/F konjener profillerinin işletim koşullarındaki farklılıklara bağlı olarak değişim gösterebildiklerini kanıtlamıştır. Bu anlamda, söz konusu türden tesisler için işletmeye alma ve duruş periyotlarındaki değişimleri inceleyen önemli çalışmalar yapılmıştır. Öte yandan bu türden çalışmaların daha çok evsel atık yakma tesislerine yoğunlaştığı, tehlikeli atık yakma tesisleri için ise halen önemli bir açığın söz konusu olduğu söylenebilir.

Atık yakma tesislerindeki PCDD/Fs oluşumuna ilişkin olarak öncüllerden kaynaklanan oluşum ve de-novo sentezi kaynaklı oluşum şeklinde iki temel mekanizma tanımlamak mümkündür [8]. Oluşum aralıkları açısından bu reaksiyonlar; homojen reaksiyonlar (500-800 C⁰) ve heterojen reaksiyonlar (200-400 C⁰) şeklinde sınıflandırılabilir [9]. Bu mekanizmalarla oluşan dioksin konjenerlerinin APCD'ler açısından gösterdikleri değişimler toplam gaz akışı içerisindeki miktar üzerinden belirlenebilirken [10], gaz ve partikül fazlarda bulunan miktarların ayrı ayrı tespitiyle de [11] belirlenebilmektedir. Son yıllarda; PCDD/Fs bileşenlerinin yukarıda sözü edilen oluşum mekanizmaları sonucu atık gaz akışları içerisinde bulunan miktarlarına ilave olarak, adsorpsiyon/desorpsiyon fenomeninin artışı neticesinde gaz akışı içerisine giren beklenmedik PCDD/Fs oluşumları anlamına gelen "memory effect" [12] kavramı da üzerinde çok sık durulan bir konu haline gelmiştir. Yüksek sıcaklık bölgelerinde gerçekleşebilen tam yanmama olayı sonucunda oluşan bileşiklerin atık gaz ya da uçucu küllerle taşınarak soğuma bölgelerinde bulunan APCD'lerin duvarlarında birikmesi, kararsız durumlar oluştuğunda ise buralardan serbest kalarak gaz akımına

geçmesi ve bu yolla konsantrasyon artışlarına neden olması olarak tanımlanan "memory effect" kavramı [1] Weber vd. [13] tarafından "adsorptive memory effect" ve "de-nova based memory effect" olmak üzere iki farklı türde tanımlanmıştır. Bir arada ya da ayrı ayrı gerçekleşebilecek olan bu iki mekanizma sonucunda oluşan ilave oluşumlara ilişkin olarak atık yakma tesisleri üzerinde kurulu bulunan soğutma ve APCD ekipmanları için ayrı ayrı veya bir arada değerlendirmeler sunan bazı çalışmalar mevcuttur. Sözü edilen APCD ekipmanları için yapılan çalışmalar; boiler ve economizer gibi soğutma araçları [13, 14], ıslak yıkayıcılar [15], aktif karbon enjeksiyonu sonrası üniteler [16], bez filtreler [17], aktif karbon yatakları (AC) [18] ve elektrostatik çöktürücüler (ESP) [10] şeklinde örneklendirilebilir. Bununla birlikte sistem üzerinde kurulu bulunan APCD ekipmanlarının her hangi bir "memory effect" etkisinin görülmediğini belirten Tejima vd. [6] gibi farklı çalışmalar da mevcuttur. Öte yandan tüm bu çalışmalar özellikle tehlikeli atık yakan tesislerdeki APCD ekipmanlarının "memory effect" üzerindeki etkilerinin nasıl değişiklik gösterdiğini ortaya koyacak olan yeni çalışmalarla desteklenmek durumundadır.

Bu çalışmaya konu olan tehlikeli atık yakma tesisi İZAYDAŞ için işletmeye alma ve hemen sonrasındaki işletim periyotlarında PCDD/Fs emisyonlarının durumuna ilişkin çalışmalar Karademir ve Korucu [19] ile Korucu ve Karademir [20] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ise söz konusu tesisin duruş periyodundaki atık gaz akışlarının PCDD/Fs emisyonlarına ilişkin ilk çalışmadır. Çalışmada; söz konusu tehlikeli atık yakma tesisinin PCDD/Fs profillerinin tesisin bir duruş aşamasında ne şekilde değişebileceğine ilişkin bir araştırma yürütülmüştür. Ayrıca, tesiste kurulu APCD ekipmanlarındaki PCDD/Fs

giderimlerinin duruş esnasındaki değişimleri de incelenmiştir. Bu amaçla; rutin bir bakım öncesinde tesiste gerçekleşen bir duruş işlemi ve bu duruşun hemen öncesinde devam eden atık besleme periyodundaki farklı sıcaklık rejimlerinde tesis atık gaz hattında gaz ve partikül faz PCDD/Fs ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 950 C⁰ üzeri, 950-550 C⁰ ve 550-450 C⁰ aralıkları gibi 3 farklı sıcaklık rejiminde gerçekleştirilen analiz çalışması; boiler çıkışı, elektrostatik filtre çıkışı, yıkayıcılar çıkışı ve aktif karbon çıkışı şeklindeki 4 farklı ölçüm noktasında eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, literatürle ve tesisle ilgili diğer çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

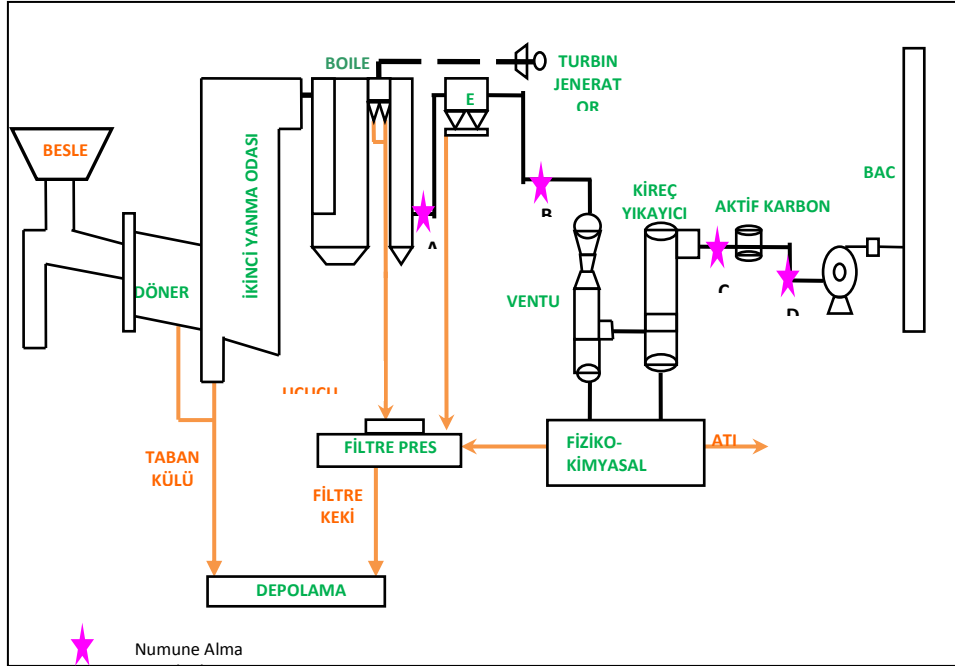
2. Materyal ve Metot

2.1. Tesise ait bilgiler

Çalışmanın yürütüldüğü tehlikeli atık yakma tesisi olan İZAYDAŞ, Türkiye'nin ilk ve en büyük tehlikeli atık yakma tesisi olup 1997 yılında faaliyete geçmiştir. Türkiye'nin en yoğun sanayi bölgesi olan Kocaeli'nde kurulu bulunan tesis 35000 ton/yıl atık yakma kapasitesine sahiptir. Tesisin gaz temizleme sistemleri elektrostatik filtre (ESP), venturi ve kireç püskürtmeli yıkayıcılar ile bir aktif karbon yatağından (AC) oluşmaktadır. Tesisle ilgili detaylı bilgiler için Bakoğlu vd. [21] ile Karademir vd. [22] tarafından sunulan bilgileri incelemek mümkündür. Tesisin bir şematik gösterimi ve bu çalışma esnasında yürütülen eş zamanlı 4 ölçüm için kullanılan numune alma noktaları Şekil 1'de sunulmuştur.

2.2. Numune alma ve analiz işlemleri

Ölçüm ve analiz işlemleri, 2013 yılı Ocak ayında tesiste gerçekleştirilen yıllık bir duruş sırasında gerçekleştirilmiştir. Bu duruş periyodundan önceki son duruş 2012 yılı Ağustos ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 1. Tesisin şematik görünümü ve çalışmada kullanılan ölçüm noktaları

Ağustos duruşunda tesisin yakma odalarında biriken cürufun tahliyesi ve kumlama yoluyla boiler iç temizliği yapılmış, aktif karbon değişimi sağlanmıştır. Ağustos 2012-Ocak 2013 tarihleri arasında tesis sürekli olarak çalışmış olup bu süreçte tesiste toplam 13800 ton tehlikeli atık yakılmıştır. Tesis atık gaz akımı ve APCD elemanlarındaki PCDD/Fs dağılımlarının belirlenmesi için gerçekleştirilen 3 farklı numune alma olayı, tesisin 3 farklı sıcaklık rejimi için ayrı ayrı ve her rejimde 4 farklı noktadan (A, B, C, D) eş zamanlı numune alma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Tüm numune alma işlemlerinin gerçekleştirildiği koşulların bir özeti Tablo 1'de sunulmuştur.

Tesisten alınan numunelerin PCDD/Fs analizlerinde "EN 1948:2" ve "EN

1948:3" referans alınmıştır. Gaz örnekleme çalışmaları filtre-yoğunlaştırıcı metodu kullanılarak, bir soğutma ünitesi, bir cam kartuş ve bir izokinetik örnekleyiciyle bağlantı halinde olup quartz fiber filtreleme içeren bir örnekleme düzeneği yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Örnekleme süreleri 2-4 saat arasında olup her örneklemede yaklaşık 1 Nm³ hava çekilmiştir. Ölçümler 17 PCDD/Fs konjeneri için HRGC/HRMS sistemine sahip bir cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Numuneler ¹³C₁₂ etiketli iç standartlar ile işaretlenmiş olup geri dönüşüm yüzdeleri % 75-90 aralığındadır. Analizler gaz faz konsantrasyonları ve partikül faz konsantrasyonları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmelerde, I-TEF değerleri kullanılmış olup, gözlemlenemeyen konjenerler için ölçüm limitlerinin yarısı kullanılmıştır.

Tablo 1. PCDD/Fs analizlerinin gerçekleştirildiği işletim koşulları

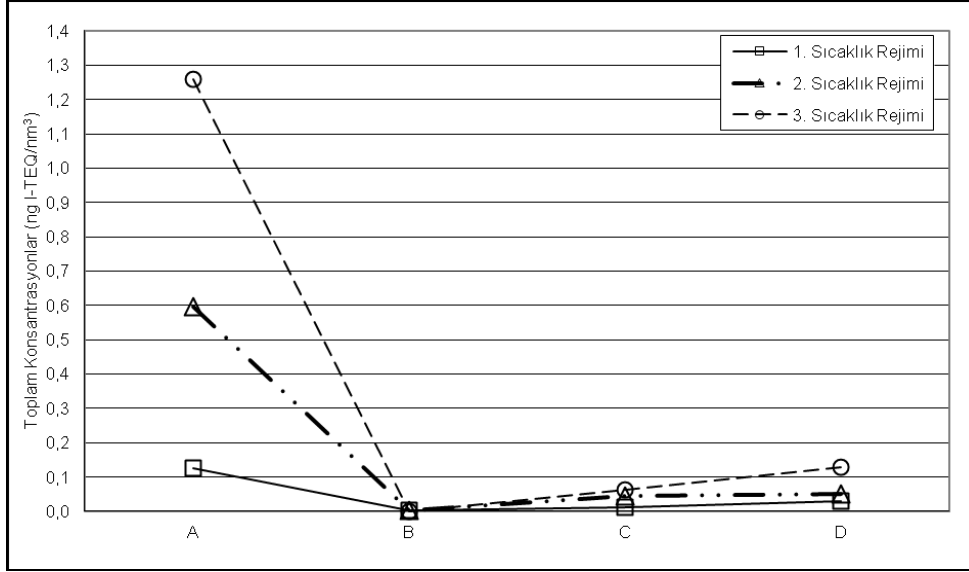
	1. Sıcaklık Rejimi	2. Sıcaklık Rejimi	3. Sıcaklık Rejimi
Atık Besleme	Var	Yok	Yok
Döner Fırın Sıcaklığı (C ⁰)	1103 - 1072	950 - 550	550 - 450
Dikey Fırın Sıcaklığı (C ⁰)	1096 - 1066	947 - 540	550 - 442
Boiler Çıkışı (A noktası) Sıcaklığı (C ⁰)	198 - 178	206 - 200	174 - 153
ESP Çıkışı (B noktası) Sıcaklığı (C ⁰)	187 - 186	191 - 180	168 - 160
Venturi Çıkışı (C noktası) Sıcaklığı (C ⁰)	59 - 57	52 - 48	46 - 41
AC Çıkışı (D noktası) Sıcaklığı (C ⁰)	56 - 52	54 - 50	48 - 45

3. Bulgular

Tesisin duruş periyodundaki 3 farklı sıcaklık rejimi ve her bir rejim için 4 farklı atık gaz akımı noktasındaki PCDD/Fs ölçümlerinde elde edilen toplam konsantrasyon değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Türkiye açısından bakıldığında, "Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik" Madde 11 beşinci bendi gereği, PCDD/F konjenerlerinin toplam değeri için bacadaki emisyon sınırı 0.1 ng I-TEQ/Nm³ olup bu sınır değer çalışmadaki tüm aktif karbon çıkışı yani baca ölçüm noktasındaki ölçümler arasından, yalnızca üçüncü sıcaklık rejimi içinde aşılmıştır (0.13 ng I-TEQ/Nm³). Bu sınır değer normal işletim koşulları için geçerli bir değer olmakla birlikte, duruş periyotları esnasında da dikkatli olunması gerektiğine dair önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir. Karademir ve Korucu [19] tarafından aynı tesisin işletmeye alma ve hemen sonrası periyotları için elde edilen toplam konsantrasyon seviyeleri bu çalışmada duruş için elde edilenlerden görece daha yüksek olup işletmeye alma ve duruş arasındaki bu farklı durum Wang vd. [5] ile Tejima vd. [5] tarafından elde edilen bulgularla da uyumludur. Bu anlamda tesis, duruş periyodunda, işletmeye alma periyoduna göre daha düşük emisyon değerleri göstermekle birlikte limit değerler açısından mutlaka izlenmek durumundadır.

Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere tüm ölçüm noktalarında en düşük konsantrasyonlar 1. sıcaklık rejiminde,

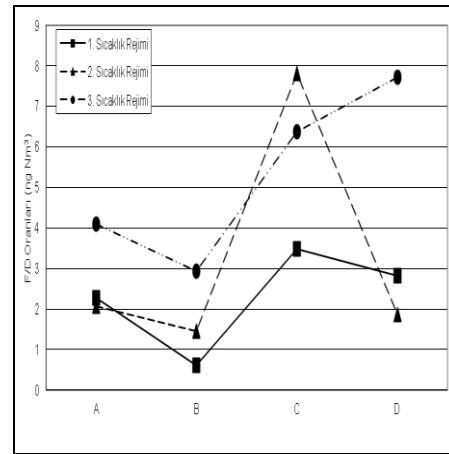
yani atık beslemenin olduğu fazda görülmüştür. En yüksek değerler ise 3. sıcaklık rejimi yani fırın sıcaklığının en düşük olduğu fazda görülmüştür. Ölçüm noktası A açısından bakıldığında, fırın sıcaklığının düşmesine bağlı olarak konsantrasyon artışı eğilimi son derece açıktır. Bu durum, Karademir ve Korucu [19] tarafından tesisin işletmeye alma periyodu için de aynı biçimde gözlemlenmiştir. Bu anlamda bu çalışmada İZAYDAŞ'ın boiler çıkışındaki PCDD/Fs konsantrasyonlarının, normal işletim sıcaklığının altındaki değerlerde arttığı doğrulanmıştır. Öte yandan ESP sistemi bu konsantrasyonları büyük bir başarı ile gidermektedir. Bu çalışmada ölçüm noktası B yani ESP çıkışından sonra konsantrasyonların tekrar artma eğilimi gösteriyor olması ise farklı bir seyir olarak oldukça dikkat çekicidir. Her ölçüm için, ESP çıkışındaki konsantrasyon değerleri yıkayıcılarda yükselmiş, yıkayıcılardaki değerler de AC sonrasında daha da yükselmiştir. Bu durum, işletmeye alma periyodunun aksine, duruş periyodunda yıkayıcılar ve aktif karbon üniteleri içerisinde ilave PCDD/Fs oluşumlarını yani "memory effect" olayını gündeme getirmektedir. İZAYDAŞ için bu durum, yıkayıcılar ve AC gibi soğuk bölge proseslerinin iç yüzeylerinde birikmiş öncül ya da doğrudan PCDD/Fs konjenerlerinin, kararsız koşullar oluşur oluşmaz bu yüzeylerden ayrılması ve gaz akışı içine girmesi şeklinde açıklanabilir (adsorbitive memory effect).



Şekil 2. Duruş periyodundaki PCDD/Fs ölçümleri için elde edilen toplam konsantrasyonlar

Yukarıda sözü edilen ilave oluşumlar, ng/Nm³ cinsinden ölçüm sonuçlarında furan konjenelerinin konsantrasyonlarının dioksin konjenelerinin konsantrasyonlarına oranı (F/D) açısından bir değerlendirmeyi zorunlu kılar. Ölçümlerin ortalamasından elde edilen F/D oranları Şekil 3'de sunulmuştur. Şekil 3'den çıkarılabilecek ilk sonuç, ölçümlerin büyük çoğunluğunda F/D oranlarının 1 değerinin üzerinde olduğudur. Karademir ve Korucu [19] tarafından tesisin işletmeye alma ve hemen sonrasındaki normal işletim periyotları için yapılan değerlendirmede de benzer bir şekilde sadece tek bir ölçüm için 1'den düşük bir F/D oranının elde edilmiş olması, bu durumun tesisin genel karakteristiği ile ilgili olabileceği, tesisin furan baskın bir potansiyel taşıdığı (bkz. Şekil 5) yönünde bir şüphe uyandırmaktadır. Yine Şekil 3'den de anlaşılacağı üzere, F/D oranlarının, işletmeye alma periyotlarının aksine [19], ESP ünitesinde düşürülme eğiliminde olduğu, yıkayıcılarda ise tekrar ve

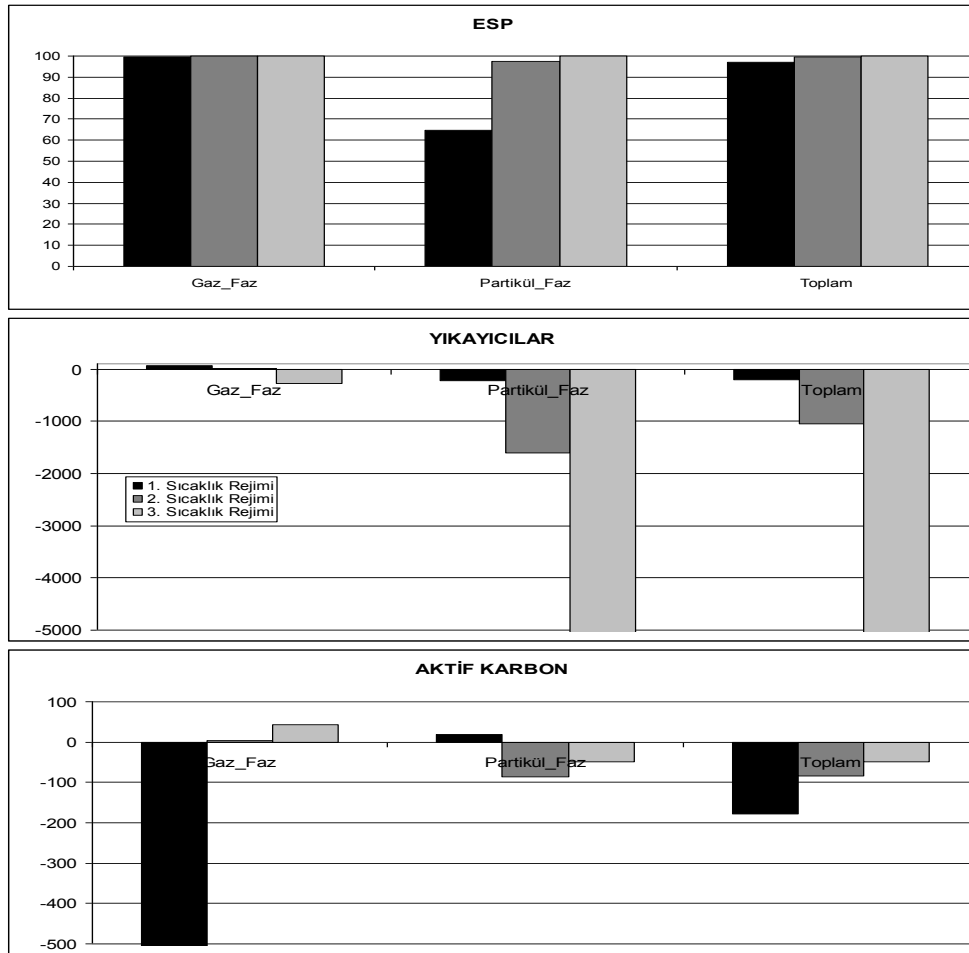
ciddi bir oranda artışa geçtiğidir. Bu artış eğilimi aktif karbon ünitesinde ise yalnızca 3. ölçüm için devam etmiştir. F/D oranlarındaki bir artış eğilimi özellikle hetorejen temelli bir de-novo sentezinin işareti olarak ifade edilir [5, 23]. Bu anlamda, yıkayıcılarda meydana gelen konsantrasyon artışlarında (bkz. Şekil 2) de-novo kökenli oluşumun baskınlığından söz edilebilir.



Şekil 3. Duruş periyodundaki PCDD/Fs ölçümleri için elde edilen F/D oranları

Çalışmada yapılan ölçümlerde elde edilen PCDD/Fs bulgularının gaz faz ve partikül fazlar için ayrı ayrı değerlendirilmesi tesisin duruş periyodundaki davranışının belirlenebilmesi için son derece önemlidir. Bu anlamda, ölçüm noktalarındaki gaz ve partikül faz konsantrasyonlarını ve bu konsantrasyonların giderimlerini gösteren grafikler Şekil 4 ve Şekil 5'de sunulmuştur. Ölçüm Noktası A için (boiler çıkışı) için; birinci, ikinci ve üçüncü sıcaklık rejimlerinde gaz faz PCDD/Fs konsantrasyonları sırasıyla 1.25, 6.57 ve 1.98 ng/Nm³ iken partikül faz için bu değerler 0.10, 0.91 ve 9.96 şeklinde gerçekleşmiştir. Bu

verilere göre yanma birimleri ve boiler kısmı bir bütün halinde düşünüldüğünde, işletim sıcaklığı düştükçe partikül faz konsantrasyonlarının arttığı söylenebilir. ESP açısından bakıldığında ise, gaz faz konsantrasyonları sırasıyla 0.003, 0.012 ve 0.003 ng/Nm³ iken partikül faz için bu değerler 0.035, 0.022 ve 0.006 şeklindedir. Ölçümler açısından önemli sıcaklık değişimleri olmadığını bildiğimiz ESP ünitesinde (bkz. Tablo 1), gaz ve partikül faz konsantrasyonlarında sıcaklık rejimlerine bağlı büyük farklılıklar görülmemiştir.

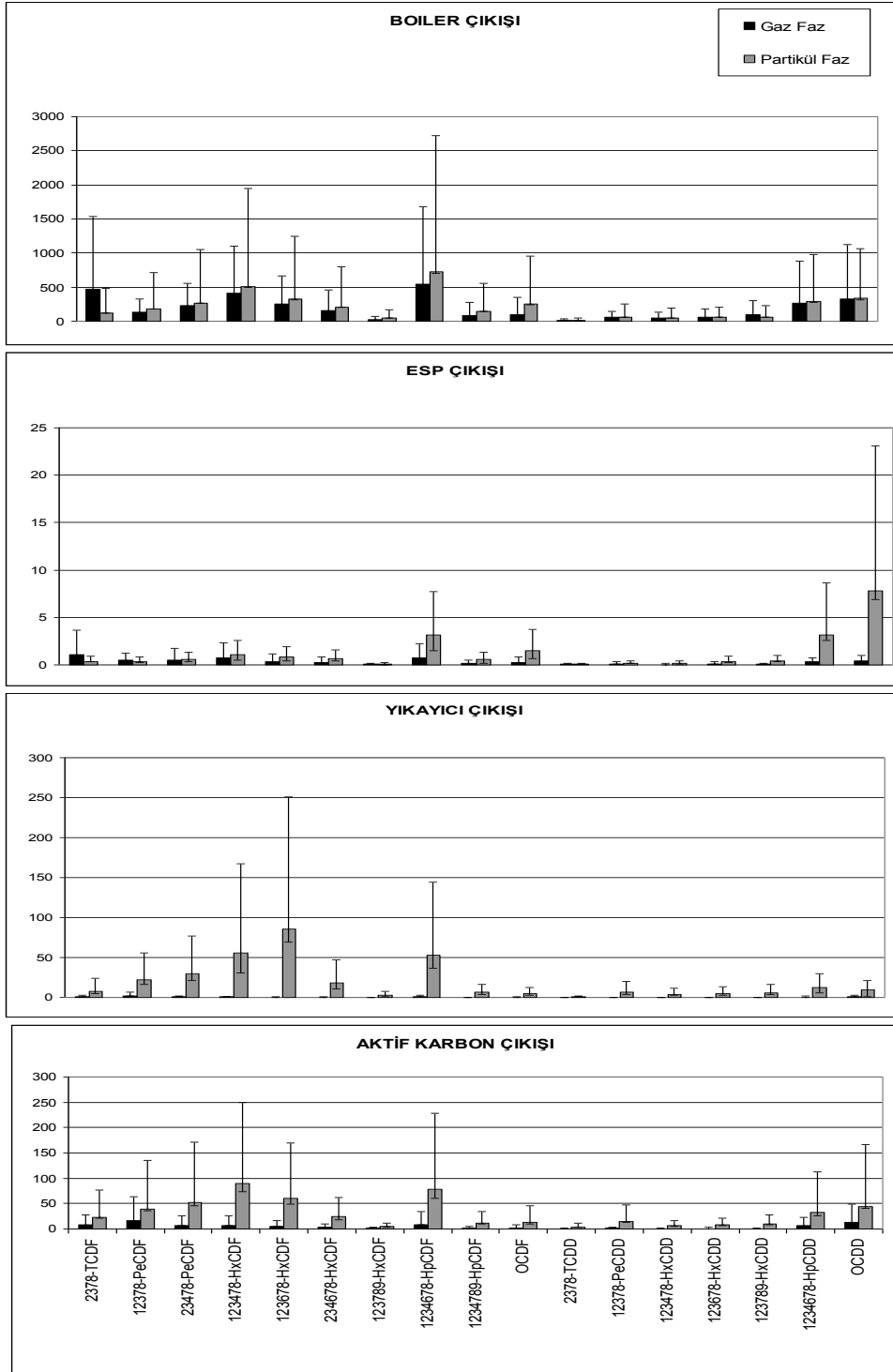


Şekil 4. Ünitelerin PCDD/Fs giderim oranları (%)

Bu çalışmada konu edilen duruş rejiminde tesisin ESP ünitesi, işletmeye alma davranışının aksine, tüm ölçümlerde gaz faz bileşenleri için % 99 ortalama ile giderim sağlamakta ve bu giderim partikül faz bileşenlerine göre daha yüksek seviyelerdedir (Şekil 4 ve 5). Toplam konsantrasyon giderimi konusunda da en etkin ünite burasıdır. Yıkayıcılar söz konusu olduğunda ise tüm ölçüm sıcaklıkları için partikül faz konsantrasyonlarına ilave oluşumlar göze çarpmaktadır. Bu durum; gaz faz konsantrasyonları için sırasıyla 0.001, 0.012 ve 0.01 ng/Nm³ iken partikül faz konsantrasyonlarının için 0.112, 0.383 ve 0.493 şeklindeki bulgulardan görülebilir. Partikül faza yapılan bu ilave en çok 3. sıcaklık rejiminde gerçekleşmiştir (Şekil 4 ve 5). Ayrıca 3. sıcaklık rejiminde gaz faz için de önemli bir ilave dikkat çekmektedir (Şekil 3). Aktif karbon ünitesi ise ilave konsantrasyon eğilimini daha çok birinci sıcaklık rejiminde ve gaz faz bileşenleri için göstermektedir. Bu artış 2. rejimde partikül faz için görülürken 3. rejimde gaz faz için giderim partikül faz için ilave şeklindedir. Bu ünite elde edilen değerler gaz faz için sırasıyla 0.223, 0.011 ve 0.005 ng/Nm³ iken partikül faz için bu değerler 0.092, 0.713 ve 0.734 şeklindedir. Yıkayıcılar ve AC ünitesinde ölçüm sıcaklık rejimleri için önemli sıcaklık değişimlerinden söz edilemez. Fakat bu iki üniteye ilave oluşumlar, ünitelerdeki sıcaklıkların de-novo oluşum sıcaklık aralığında olması nedeniyle, de-novo oluşumunun önemli bir katkısı olarak gösterilebilir.

İZAYDAŞ gibi büyük atık yakma tesisleri normal koşullarda yılda bir

kez durdurulup bakıma alınır. Bu bakım, yılda bir kez işletmeye alma, bir kez de duruş yapmak anlamına gelir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, duruş sırasındaki emisyonların işletmeye alma periyoduna göre daha düşük olduğu söylenebilir. Öte yandan, duruş koşullarında da sınır değerlerin üzerine çıkan oluşumların mümkün olabileceği yine bu çalışmada gösterilmiştir. Özellikle, yıkayıcılar ve AC ünitesindeki ilave oluşumlar, duruş sırasında, "memory effect" olarak isimlendirilebileceğimiz mekanizmanın varlığını kanıtlar niteliktedir. Ayrıca çalışmadaki sonuçlar aynı tesisin işletmeye alma periyodunda gerçekleşen PCDD/Fs formasyonlarının duruş aşamasındakinden oldukça farklı olabileceğini de göstermektedir. Bu durum, işletmeye alma ve duruş periyotları için, normal işletim süreçlerinden farklı yönetim stratejilerinin düşünülmesi gerekliliğini ortaya çıkarır. Söz konusu periyotların yılda bir kez yaşanması beklenirken farklı nedenler ötürü birden fazla kez bakıma alınmak zorunda kalınan İZAYDAŞ gibi tesislerde ise bu gereklilik daha da önem kazanmaktadır. Bu anlamda, bu ve benzeri tesislerde duruşların olabileceğince az sayıda olmasının sağlanması, yıllık bakımlar sırasında APCD ünitelerinin iç yüzey temizliklerinin yapılması, işletmeye alma ve duruş periyotlarının olabileceğince çabuk tamamlanabilmesi için gerekli tedbirlerin alınması, bu süreçlerdeki sıcaklık rejimlerinin önceden planlanması ve PCDD/Fs artışına neden olabilecek sıcaklık değişimlerinden kaçınılması gibi önerilerde bulunulabilir.



Şekil 5. Konjeneler için gaz ve partikül faz konsantrasyonları (pg/Nm³)

Teşekkür

Bu çalışma; 20110203-H TÜBİTAK projesi kapsamında İZAYDAŞ tarafından finanse edilmiştir. Tüm örnekleme ve PCDD/Fs ölçümleri TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazar, söz konusu tüm kurumlara ve çalışma boyunca verdiği destek için Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aykan Karademir'e teşekkürlerini sunar.

Kaynakça

- [1] Wu, J.L., Lin, T.C., Wang, L.C., Chang-Chien, G.P. 2014. Memory Effects of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Furan Emissions in A Laboratory Waste Incinerator, *Aerosol and Air Quality Research*, Cilt. 14, s.1168-78.
- [2] Chao, H.R., Wang, S.L., Lin, L.Y., Lee, W.J., Pöpke, O. 2007. Placental Transfer of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans, and Biphenyls in Taiwanese Mothers in Relation to Menstrual Cycle Characteristics, *Food and Chemical Toxicology*, Cilt. 45(2), s.259-265.
- [3] Cunliffe, A.M., Williams, P.T. 2009. De-novo Formation of Dioxins and Furans and the Memory Effect in Waste Incineration Flue Gases, *Waste Management*, Cilt. 29, s.739-748.
- [4] Olie, K., Vermeulen, P.L., Hutzinger, O. 1977. Chlorodibenzo-p-dioxins and Chlorodibenzofurans Are Trace Components of Fly Ash and Flue Gas of Some Municipal Incinerators in the Netherlands, *Chemosphere*, Cilt. 6, s.455-459.
- [5] Wang, H.C., Hwang, J.F., Chi, K.H., Chang, M.B. 2007. Formation and Removal of PCDD/Fs in a Municipal Waste Incinerator During Different Operating Periods, *Chemosphere*, Cilt. 67, s.177-184.
- [6] Tejima, H., Nishigaki, M., Fujita, Y., Matsumoto, A., Takeda, N., Takaoka, M. 2007. Characteristics of Dioxin Emissions at Startup and Shutdown of MSW Incinerators, *Chemosphere*, Cilt. 66, s.1123-1130.
- [7] Neuer-Etscheidt, K., Orasche, J., Nordsieck, H., Streibel, T., Zimmermann, R., Kettrup, A. 2007. Changes in PCDD/PCDF Formation Processes During Instationary Phases of Combustor Operation-Exemplified by the Use of Cl4DD Isomer Patterns, *Chemosphere*, Cilt. 67, s.205-216.
- [8] Everaert, K., Baeyens, J. 2002. The Formation and Emission of Dioxins in Large Scale Thermal Processes, *Chemosphere*, Cilt. 46, s. 439-448.
- [9] Stanmore, B. 2004. The Formation of Dioxins in Combustion Systems, *Combustion and Flame*, Cilt. 136, s.398-427.
- [10] Sam-Cwan, K., Hwan, J.S., Il-Rok, J., Ki-Hun, K., Myung-Hee, K., Jae-Hyung, K., Jun-Heung, Y., Seung-Jin, K., Jae-Cheon, Y., Dong-Hee, J. 2001. Removal Efficiencies of PCDDs/PCDFs by Air Pollution Control Devices in Municipal Solid Waste Incinerators, *Chemosphere*, Cilt. 43, s.773-776.
- [11] Chang, M.B., Chi, K.H., Chang-Chien, G.P. 2004. Evaluation of PCDD/F Congener Distributions in MWI Flue Gas Treated with SCR Catalysts, *Chemosphere*, Cilt. 55, s.1457-1467.
- [12] Giugliano, M., Cernuschi, S., Grosso, M., Miglio, R., Aloigi, E. 2002. PCDD/F Mass Balance in the Flue Gas Cleaning Units of a MSW Incineration Plant,

- Chemosphere, Cilt. 46, s.1321-1328.
- [13] Weber, R., Sakurai, T., Ueno, S., Nishino, J. 2002. Correlation of PCDD/PCDF and CO Values in a MSW Incinerator--Indication of Memory Effects in the High Temperature/Cooling Section, Chemosphere, Cilt. 49, s.127-134.
- [14] Gullett, B.K., Touati, A., Lee, C.W. 2000. Formation of Chlorinated Dioxins and Furans in a Hazardous-Waste-Firing Industrial Boiler, Environmental science & technology, Cilt. 34, s.2069-2074.
- [15] Löthgren, C.J., Van Bavel, B. 2005. Dioxin Emissions After Installation of a Polishing Wet Scrubber in a Hazardous Waste Incineration Facility, Chemosphere, Cilt. 61, s.405-412.
- [16] Chang, M.B., Lin, J.J., Chang, S.H. 2002. Characterization of PCDD/F Emissions from Two Municipal Solid Waste Incinerators in Taiwan, Atmospheric Environment, Cilt. 36, s. 279-286.
- [17] Li, H.W., Wang, L.C., Chen, C.C., Yang, X.Y., Chang-Chien, G.P., Wu, E.M.Y. 2011. Influence of Memory Effect Caused by Aged Bag Filters on the Stack PCDD/F Emissions, Journal of Hazardous Materials, Cilt. 185, s.1148-1155.
- [18] Chi, K.H., Chang, S.H., Huang, C.H., Huang, H.C., Chang, M.B. 2006. Partitioning and Removal of Dioxin-like Congeners in Flue Gases Treated with Activated Carbon Adsorption, Chemosphere, Cilt. 64, s.1489-1498.
- [19] Karademir, A., Korucu, M.K. 2013. Assessment of Emissions and Removal of PCDD/Fs at Start-Up Periods in a Hazardous Waste Incinerator, Journal of the Air & Waste Management Association, Cilt. 63, s.788-795.
- [20] Korucu, M.K., Karademir, A. 2015. An Evaluation of PCDD/Fs Mass Flux from a Hazardous Waste Incinerator: The Need for a Reasonable Start-up Procedure, Combustion Science and Technology, Cilt. 187, s.458-468.
- [21] Bakoglu, M., Karademir, A., Ayberk, S. 2003. Partitioning Characteristics of Targeted Heavy Metals in İZAYDAS Hazardous Waste Incinerator, Journal of Hazardous Materials, Cilt. 99, s.89-105.
- [22] Karademir, A., Bakoglu, M., Ayberk, S. 2003. PCDD/F Removal Efficiencies of Electrostatic Precipitator and Wet Scrubbers in İZAYDAS Hazardous Waste Incinerator, Fresenius Environmental Bulletin, Cilt. 12, s.1228-1232.
- [23] Chi, K.H., Chang, M.B., Chang-Chien, G.P., Lin, C. 2005. Characteristics of PCDD/F Congener Distributions in Gas/Particulate Phases and Emissions from Two Municipal Solid Waste Incinerators in Taiwan, Science of the Total Environment, Cilt. 347, s.148-162.