

PAPER DETAILS

TITLE: Demir disi metal üretimi sektöründe faaliyet gösteren tesislerin EKÖK uyum durumunun degerlendirilmesi

AUTHORS: Mehmet Kazim YETIK,Rahman ÇALHAN

PAGES: 682-691

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3030063>



Demir dışı metal üretimi sektöründe faaliyet gösteren tesislerin EKÖK uyum durumunun değerlendirilmesi

Assessment of IPPC compliance status of facilities operating in the non-ferrous metal production sector

Mehmet Kazım Yetik¹, Rahman Çalhan^{2*}

^{1,2} Karabük Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük Türkiye

Öz

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, ülkemizde demir dışı üretim faaliyeti gerçekleştiren firmaların, yeni düzenlenecek olan Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) mevzuatına uyum durumlarının belirlenmesi ve uyumsuz olan tesislerin tam uyum sağlayabilmesi için gerekli olan sürenin belirlenebilmesidir. Bu amaçla, Avrupa Birliği (AB) tarafından hazırlanmış olan mevcut en iyi teknikler (MET) referans dokümanında belirtilen kapsam içerisine giren tesisler için bir anket düzenlenmiş ve sonuçlar analiz edilerek demir dışı metal sektöründe faaliyet gösteren tesislerin EKÖK uyum durumu ve uyumsuz olan tesislerin uyum sağlayabilmesi için gerekli olan süreler belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, bakır sektöründeki firmaların %33'ünün, alüminyum sektöründeki firmaların %47'sinin, kurşun-kalay sektöründeki firmaların %86,5'i ve kıymetli metal sektöründeki firmaların %60'ının MET'leri uyguladıkları ve EKÖK ile tam uyumlu oldukları tespit edilmiştir. Demir dışı metal sektörü bir bütün olarak değerlendirildiğinde, sektördeki firmaların %27'sinin MET'leri uyguladıkları ve EKÖK ile tam uyumlu oldukları, bunun yanında uyumlu olmayan tesislerin gerekli yatırım ve iyileştirmeleri yapabilmeleri için 24 aylık sürenin yeterli olacağı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Entegre kirlilik önleme ve kontrol (EKÖK), Çevre, Hava kirliliği, Demir dışı metaller

1 Giriş

Demir dışı metal endüstrisi, ülkelerin ekonomik, teknolojik bilim ve mühendislik alanında stratejik öneme ve küresel ticarete oldukça büyük paya sahip olan bir endüstri dalıdır [1,2]. Demir dışı metallerin çıkarılması ve üretimi sırasında ortaya çıkan cüruf, kül, atıksu, havaya salınan emisyonlar hava, su ve toprak ortamlarında birikerek çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir [3,4]. Demir dışı metallerin işlendiği proseslerde, ergitme ve rafinasyon fırınları ve bunların bağlı oldukları diğer ekstraksiyon sistemlerinde, ergitilmiş metalin taşınması da dahil olmak üzere bütün nakliye işlemlerinde, döküm alma ve buna bağlı proseslerde, toz içeren veya tozlu hammaddelerin taşınması ve depolanması sırasında, ortaya çıkan dumanların arıtımı sırasında, pota ısıtma işlemleri sırasında ve ürünlerin araçlara

Abstract

The study aims to determine the compliance status of the companies carrying out non-ferrous production activities in our country with the Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) legislation to be regulated and to determine the time required for incompatible facilities to comply fully. For this purpose, a survey was conducted for the facilities within the scope of the best available techniques (BAT) reference document prepared by the EU, the results were analyzed, and the IPPC compliance status of the facilities operating in the non-ferrous metal sector and the periods required for the non-compliant facilities to adapt were determined. According to the results of the analysis, 33% of the companies in the copper sector, 47% of the companies in the aluminum sector, 86.5% of the companies in the lead-tin sector, and 60% of the companies in the precious metals sector have implemented BAT and are in full compliance with IPPC were detected. When the non-ferrous metal sector is evaluated as a whole, it has been determined that 27% of the companies in the sector have implemented BAT and are fully compliant with IPPC, and 24 months will be sufficient for non-compliant facilities to make the necessary investments and improvements.

Keywords: Integrated pollution prevention and control (IPPC), Environment, Air pollution, Non-ferrous metals

yüklenmesi veya boşaltılması sırasında çevresel etkiye neden olabilecek kirleticiler ortaya çıkmaktadır [5]. Özellikle metalurjik işlemler doğası gereği, işlem sırasında atmosfere karbondioksit, azot oksitler, hidrojen florür, rahatsız edici ve zararlı duman, buhar ve diğer toksinlerin yayılmasına neden olabilmektedir. Bunların yanında kurşun, arsenik, krom, kadmiyum, nikel, bakır ve çinko gibi ağır metaller de prosesin farklı aşamalarında ortaya çıkabilmektedir [6]. Ortaya çıkan bu ağır metaller baca yoluyla veya kaçak emisyonlar olarak ince partiküller veya uçucu bileşikler şeklinde atmosfere salınabilmektedir [7]. İkincil hammaddelerin ergitilmesi, kavurma işlemleri ve ısıtma işleminde kullanılan yakıtın yanması sırasında ortaya çıkan organik buharlar ve kükürt oksitler, duman, ince partiküller, azot oksitler, kükürt dioksit ve karbon monoksit gibi emisyonların ortaya çıkmasına

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: rahmancalhan@karabuk.edu.tr (R. Çalhan)
Geliş / Received: 23.03.2023 Kabul / Accepted: 19.06.2023 Yayınlanma / Published: 15.07.2023
doi: 10.28948/ngumuh.1269688

neden olabilmektedir [8]. Havaya salınan bu toz ve kirlenici emisyonlar, rüzgar ve hava akımları sayesinde oldukça uzak mesafelere kadar ulaşarak toprak ve su kirliliğine de neden olabilmektedir [9]. Bu kirliliğin etki alanında yaşayan insanlar ve diğer canlılar soluma veya temas yoluyla atmosferdeki kirlenicilere maruz kalmaktadırlar. Yüksek düzeyde ağır metal maruziyeti öğrenme güçlükleri, davranış bozuklukları, işitme kaybı, dikkat kaybı, görsel ve motor becerilerin gelişimde güçlük çekilmesi gibi zihinsel ve gelişimsel engellere neden olabilmektedir [10–12]. Bütün bunların yanında demir dışı metal üretim endüstrisinde çalışan kişiler bu kirleniciler ile doğrudan temas halinde oldukları için daha büyük sağlık riskleri ile karşı karşıya kalmaktadır [13].

Oldukça karmaşık olan bu çevresel problemlerin hızlı ve etkili bir şekilde çözülebilmesi için acilen aksiyon alınması gerekmektedir. Ekonomik ve sürdürülebilir bir üretim sağlanabilmesi için sektörün de içerisinde yer aldığı çözüm önerilerinin, yönetim otoriteleri tarafından tartışılması gerekmektedir. Giderek artan tüketim ve buna bağlı olarak artan üretim sonucunda çevresel kirlilik geri dönülemez noktalara gelmeden önce önlem alınması gerekliliği küresel ölçekte tartışılmaya başlanmıştır. Bu amaçla AB’de ilk çalışmalar 1996 yılında ortaya konmuş ve üye devletlerdeki endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkan çevresel kirliliğin önlenmesi veya azaltılabilmesi için Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) direktifi uygulamaya konmuştur [14]. EKÖK direktifi 2010 yılına gelindiğinde yerini Endüstriyel Emisyonlar Direktifine bırakmıştır. Bu kapsamda sektör özelinde, endüstriyel faaliyetler sırasında ve sonrasında ortaya çıkan kirlenicilerin önlenmesi veya önlenemiyorsa azaltılması için bazı tekniklerin de içerisinde bulunduğu referans dokümanlar oluşturulmuştur. Referans dokümanlar içerisinde, sektördeki üretim prosesleri hakkında ve üretim hazırlığı, üretim sırası ve sonrasında ortaya çıkabilecek kirleniciler hakkında bilgiler bulunmaktadır. Ayrıca ortaya çıkan kirlenicilerin önlenmesi veya azaltılabilmesi için belirli teknikler önerilmektedir. Referans dokümanda, kullanılacak olan tekniklerin açıklamaları, tekniğin uygulanması ile elde edilebilecek çevresel faydalar, uygulanabilirlik, teknikleri daha önce uygulamış olan tesislerdeki azaltım oranları, maliyetler, tekniğin kullanılması sonrasında düşülebilecek olan emisyon seviyeleri ve tekniğin kullanılması ile ortaya çıkabilecek çapraz ortam etkileri ile ilgili bilgiler de verilmektedir. Ayrıca önerilen teknikler, referans doküman içerisinde “Mevcut En İyi Teknikler (MET) Sonuçları” başlığı altında toplanmıştır. Referans doküman içerisinde verilen teknikler sadece öneri niteliğinde olup, kanunen uyulması gereken kurallar değildir. Eşdeğer düzeyde kirlilik azaltımı veya önleme sağlayabilecek olan diğer teknikler de kullanılabilir [15].

Ülkemizde de son yıllarda, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın (ÇŞİDB) yürütücülüğünde benzer çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Sektör bazında değerlendirilmelerin yapıldığı projeler gerçekleştirilerek, ilgili sektörün mevcut durumunun belirlenmesi, referans dokümanlarda verilen tekniklerin uygulanma durumu ve teknikleri uygulamayan tesislerde geçiş süreci için yol haritasının çıkarılması ile ilgili çalışmalar

gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada, demir dışı metal endüstrisinde faaliyet gösteren firmaların EKÖK uyum durumunun belirlenmesi ve uyumlu olmadığı tespit edilen tesislerin uyum sağlayabilmesi için gerekli sürelerin tespit edilebilmesi için değerlendirmeler yapılmıştır. Bu amaçla ÇŞİDB ile birlikte çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bir anket formu hazırlanarak firmaların anket sorularını cevaplandırması sağlanmıştır. Anket cevaplarına göre analizler gerçekleştirilerek sektör değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan literatür araştırmasında ülkemizde, demir dışı metal sektöründe benzer bir çalışma bulunmadığından çalışma sonuçlarının hem sektörde faaliyet gösteren firmalara hem de literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2 Materyal ve metod

“Demir Dışı Metal Endüstrileri” başlıklı MET referans belgesi (Bref), 2010/75/EU sayılı konsey direktifinin 13 (1) maddesi uyarınca hazırlanmıştır. Bu direktife göre kapsam içerisine dahil edilecek faaliyetler ilgili direktif ekindeki 2.1, 2.5 ve 6.8 nolu başlıklarda belirtilmiştir. Buna göre kapsama dahil olan faaliyetler;

2.1: Metal cevheri, (sülfür cevheri dahil) kavurma ve sinterleme,

2.5: Demir dışı metallerin işlenmesi

(a) cevher, konsantre veya ikincil hammaddelerden metalürjik, kimyasal veya elektrolitik işlemlerle demir-dışı ham metal üretimi;

(b) kurşun ve kadmiyum için günde 4 tonu aşan veya diğer tüm metaller için günde 20 tonu aşan eritme kapasitesi olan, demir-dışı metallerin ve geri kazanılmış ürünlerin eritilmesi (alaşımlama dahil) faaliyeti gerçekleştiren kuruluşlar ve demir-dışı metal dökümhaneleri;

6.8: Yakma veya grafitleme yoluyla karbon veya elektrografit üretimi [15].

“Demir Dışı Metal Endüstrileri” başlıklı MET referans belgesinde “Endüstriyel Emisyonlar Direktifine uyum zorunluluğu bulunan ülkelere 42 farklı demir dışı metal ve bunların demirli alaşımlarının üretildiği belirtilmiştir. Referans dokümanının her üretim prosesini kapsayacak şekilde oluşturulabilmesi için bu üretim faaliyetlerinin tümünü kapsayacak şekilde, benzer üretim faaliyeti gösteren sekiz metal grubu tanımlanmış ve belirlenen üretim faaliyetleri için MET’ler belirlenmiştir. Belirlenen sekiz metal grubu, alüminyum, alüminyum alaşımları ve tuz cürufurlarından tuz ve alüminyum geri dönüşümü, bakır ve bakır alaşımları, kurşun/kalay, çinko/kadmiyum, demirli alaşımlar (FeB, FeTi, FeV, FeMo, FeSi, FeCr, FeMn, SiMn,), değerli metaller, nikel ve kobalt, karbon ve grafit elektrotlarını kapsamaktadır [15].

Çalışmada Türkiye genelinde yukarıda belirtilen faaliyetleri gerçekleştiren tesislerin envanteri çıkarılmıştır. Tesislerin mevcut çalışma koşulları ile EKÖK uyum durumunun ve EKÖK kapsamında belirtilen iyileştirmeleri yapabilmesi için gerekli olan sürenin belirlenebilmesi amacıyla bir anket düzenlenmiştir. Direktifin 3(12) maddesinde tanımlandığı şekilde “Demir Dışı Metal Endüstrileri Bref” dokümanının 11. bölümünde MET sonuçları verilmektedir. MET sonuçlarında ilgili üretim prosesinden ortaya çıkacak olan kirlenicilerin önlenmesi veya miktarının azaltılmasına yönelik

verilen MET'ler, sırasıyla MET1 ve MET2 olarak tespit edilmiştir. MET 1'de tesiste üretim proseslerinin tümünü kapsayan bir çevre yönetim sistemi kurulması ve tüm prosedürlerin hayata geçirilmesi önerilmektedir.

Tablo 2. Genel MET'ler kapsamında tesisler tarafından en fazla cevap verilen MET'ler

	Ana MET	Alt MET
En Fazla Uygulanan MET	MET3. Çevresel performansın genel olarak iyileştirilebilmesi için MET, önerilen tekniklerin bazılarının birlikte kullanılmasına ilaveten bir proses kontrol sistemi kullanılarak prosesin stabil bir şekilde işletilmesini sağlamaktır.	MET3a. Giren malzemelerin, prosese ve uygulanan azaltım tekniğine uygun şekilde kontrol edilmesi ve seçilmesi
En fazla iyileştirme yapılmasını gerektiren MET	MET1. Çevresel performansın genel olarak iyileştirilebilmesi için MET, aşağıdaki tüm özellikleri içeren bir çevre yönetim sistemi kullanılması ve çevre yönetim sistemine bağlı kalınmasıdır.	MET1d. Aşağıdaki prosedürlerin hayata geçirilmesi; i. Yapı ve sorumluluk, ii. İşe alım, eğitim, farkındalık ve yeterlilik, iii. İletişim, iv. İşçi katılımı, v. Dokümantasyon, vi. Etkili proses kontrolü, vii. Bakım programları viii. Acil durum hazırlığı ve müdahalesi, ix. Çevre mevzuatına uygunluğun korunması;
En fazla yatırım yapılmasını gerektiren MET		MET2a. Enerji verimliliği yönetim sistemi (örn. ISO 50001) kullanmak.
Fayda/Maliyet oranı düşük olan MET	MET2. Enerjinin verimli kullanılabilmesi için MET, verilen tekniklerden bazılarının birlikte kullanılmasıdır.	MET2n. Fan gibi ekipmanlar için sürücülü, değişken frekanslı, yüksek verime sahip elektrik motorları kullanmak.
Yapısal değişim gerektiren MET		MET2j. Düşük sıcaklıklarda kuru konsantreler ve ıslak hammaddeler kullanmak.

Tablo 2'den de görülebileceği gibi en fazla cevap verilen MET, MET 1d olup çevre yönetim sistemi kapsamında çalışanların işe alımı, eğitimi, çalışanlar ile etkili iletişim kurulması, işçilerin katılımının sağlanması, dokümantasyon, etkili süreç kontrolü, bakım programları, acil durumlar ve çevre mevzuatına uyumluluğun sürekli olarak kontrol edilmesi ile ilgili prosedürlerin hayata geçirilmesi önerilmektedir. Bazı MET'lerin uygulanabilmesi için tesis içerisinde yeni yatırımların yapılması gerekmektedir. Tesislerin, uygulanabilmesi için yatırım gerektiğini belirttikleri ilk beş MET arasında MET1, MET2 ve MET3 kapsamındaki teknikler bulunmaktadır. Bunlar arasında en fazla cevap alınan teknik MET 2a olarak tespit edilmiştir. MET2a kapsamında tesislerin ISO 50001 gibi bir enerji yönetim sistemi kurmaları önerilmektedir. Tesislerin verdikleri cevaplara göre fayda/maliyet oranı oldukça düşük olduğu için tercih edilmeyen teknik MET2n olarak belirlenmiştir. MET2n, elektrik motoru gibi ekipmanlar için değişken frekanslı sürücülerin kullanılmasını önermektedir. Referans dokümanda verilen bazı tekniklerin uygulanabilmesi için de tesis içerisinde yapısal değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda en fazla yapısal değişiklik gerektiren teknikler MET1, MET2 ve MET3'te belirtilen tekniklerdir. Bunlar arasında en fazla cevap alan teknik MET2j'de belirtilen, "Metallerin uzaklaştırılmasından sonra, bir elektrik veya şaft/yüksek fırında ortaya çıkan egzoz gazını yakıt olarak kullanarak, karbon monoksitin kimyasal enerji içeriğinin diğer üretim proseslerinde buhar/sıcak su veya elektrik üretmek üzere kullanılması" tekniği olmuştur. Tesislerin Genel MET'lere verdikleri cevaplar genel olarak değerlendirildiğinde, ağırlıklı olarak MET3 kapsamında belirtilen teknikleri uyguladıkları ve MET1-MET2 kapsamındaki teknikleri uygulayabilmek için ek süreye ihtiyaç duydukları belirlenmiştir.

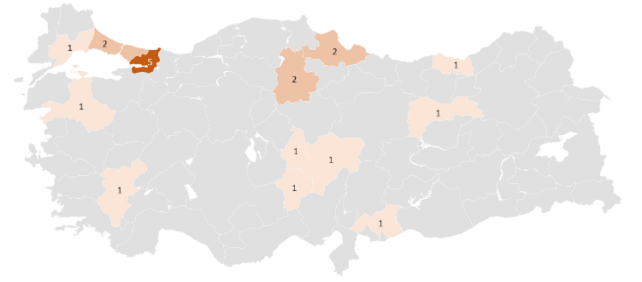
3.2 Bakır üretimi MET sonuçları

Demir Dışı Metal Sektörleri referans dokümanında bakır sektörü için önerilen MET'ler altı alt başlıkta gruplandırılmıştır. Bunlar:

- İkincil malzemeler
- Enerji
- Havaya verilen emisyonlar
- Toprak ve yeraltı suyu
- Atıksu üretimi
- Atık

Referans dokümanda, MET20-54 arasındaki MET'ler, birincil ve ikincil hammaddelerden bakır üretimi ile ilgili verilen teknikleri göstermektedir. Ülkemizde bakır üretimi gerçekleştiren ve kapsam içerisine giren tesis sayısı 20'dir. Kapsam içerisindeki tesislerin illere göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir. Bu tesislerin anketlere verdikleri cevaplara ve yapılan analiz sonucuna göre ülkemizde bakır üretimi gerçekleştiren tesislerin %33'ü (7 tesis) EKÖK ile tam uyumludur. Geri kalan 13 tesisin, gerekli düzenlemeleri ve iyileştirmeleri yaptıktan sonra EKÖK'e uyumlu hale gelebilecekleri belirlenmiştir. Tesisler tarafından anketlerde en fazla cevaplanan sorular Tablo 3'te verilmiştir. Tesislerin anketlere verdikleri cevapların analizi sonucunda bakır üretim

tesislerinde en fazla uygulanan teknik MET20a olarak tespit edilmiştir. MET20a kapsamında ikincil malzemelerin hurdadan geri kazanılması sırasında verimi artırabilmek için gözle görünen parçacıkların el ile ayrılması önerilmektedir. Bahsedilen teknik, insan gücü kullanılarak uygulanabilecek, herhangi bir yatırım gerektirmeyen bir tekniktir. Önerilen teknik ile üretilen ürün kalitesini bozabilecek yabancı maddelerin ayrılması sağlanmaktadır. İyileştirme yapıldıktan sonra uygulanabilecek olan ve tesisler tarafından en fazla cevap verilen teknik, MET26h olarak tespit edilmiştir. Birincil ve ikincil hammaddelerden bakır üretimi sırasında, hammaddenin beslenmesi, ergitilmesi ve döküm alınması işlemleri sırasında atmosfere oldukça fazla miktarda yayılı emisyonlar salınabilmektedir. MET26h kapsamında bu yayılı emisyonların çalışma ortamından toplanarak uzaklaştırılmasını sağlamak için gücü artırılmış emiş sistemlerinin kullanılması önerilmektedir. Halihazırda üretim yapılan tesislerde, ortaya çıkan yayılı emisyonları toplamak için emiş sistemleri kullanılıyor olsa da eski teknoloji ve düşük emiş gücüne sahip olan sistemler yayılı emisyonların çok az bir kısmını toplayarak ortamdaki uzaklaştırabilmektedir. Bu nedenle tesislerin büyük çoğunluğu MET26h'de belirtilen tekniği uygulamak için iyileştirme yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yatırım yapıldıktan sonra EKÖK uyumu sağlanabileceği belirtilen ve en fazla cevap verilen teknik MET26f olarak tespit edilmiştir. Teknik, yine MET26 kapsamındaki yayılı emisyonların önlenmesi veya azaltılması için fırının sızdırmazlığının sağlanmasını önermektedir. Belirtilen teknik ile yayılı emisyonların önlenmesi için besleme, ergitme ve döküm alma sırasında açılan ve kapandıktan sonra bile emisyonların yayılmasına neden olan fırın kapaklarının sızdırmaz kapaklar ile değiştirilerek yayılı emisyonların azaltılması amaçlanmaktadır. Yine eski teknoloji kullanılan tesislerde yayılı emisyonların önlenmesi için yatırım yapılması gerektiği görülmektedir. Tesislerin fayda/maliyet oranı düşük olduğu için kullanmadıklarını belirttikleri teknikler arasında en fazla cevap MET54a için verilmiştir. MET54 kapsamında, birincil ve ikincil bakır üretiminde, üretim sırasında ortaya çıkan ve bertaraf edilmek üzere gönderilen atıkların azaltılmasını önlemek üzere teknikler önerilmektedir. MET54a'da ise atık miktarını azaltmak üzere, toz azaltım sistemlerinde toplanan tozun içerisinde bulunan metallerin geri kazanılması tekniğinden bahsedilmektedir. Ülkemizde faaliyet gösteren tesislerde genellikle toz toplama sistemlerinde toplanan tozlar geri kazanılmak üzere lisanslı firmalara gönderilmektedir. Anket sonuçlarından da görülebileceği gibi atık tozların içerisindeki metallerin geri kazanılması yatırım gerektiren ve tesisler tarafından fayda/maliyet oranı düşük olan bir teknik olarak görülmektedir. MET21d yapısal değişim gerektiği için uygulanmadığı belirtilen ve en fazla cevap verilen tekniktir. MET21d'de enerjinin verimli kullanılabilmesi için birincil bakır üretimi sırasında ortaya çıkan atık ısının ikincil malzemelerin ergitilmesi için kullanılması önerilmektedir.



Şekil 2. Kapsam dahilinde bakır üretimi gerçekleştiren tesislerin illere göre dağılımı

Tablo 3. Bakır üretimi sektöründe faaliyet gösteren tesisler tarafından en fazla cevap verilen MET'ler

	Ana MET	Alt MET
En Fazla Uygulanan MET	MET20. Hurdadan, ikincil malzemelerin geri kazanım verimini artırmak için MET, verilen tekniklerin birisini ya da birkaçını birlikte kullanarak bakır haricindeki metal ve metal dışı bileşenleri ayırmaktır.	MET20a. İri, gözle görünen bileşenleri el ile ayırmak.
En fazla iyileştirme yapılmasını gerektiren MET	MET26. Birincil veya ikincil ergitme fırınlarında besleme, döküm alma ve ergitme işlemlerinden ve bekletme ve eritme fırınlarından ortaya çıkan yayılı emisyonları azaltmak için MET, belirtilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET26h. Gücü artırılmış emiş sistemleri kullanmak.
En fazla yatırım yapılmasını gerektiren MET	MET54. Birincil ve ikincil bakır üretiminden ortaya çıkan ve bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için MET, verilen tekniklerden birisini ve bir kombinasyonunu kullanarak, atıkların yeniden kullanılmasını sağlamaktır; ya da yeniden kullanılmıyorsa proses atıklarının geri dönüştürülmesidir.	MET26f. Fırının sızdırmaz olmasını sağlamak.
Fayda/Maliyet oranı düşük olan MET	MET21. Birincil bakır üretiminde, enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanabilmek için MET, verilen tekniklerden birisini ya da bir kombinasyonunu kullanmaktadır.	MET54a. Toz azaltma sisteminde toplanan toz ve balçıktaki metalleri geri kazanmak.
Yapısal değişim gerektiren MET		MET21d. Bakır içeren ikincil malzemelerin ergitilmesinde, birincil ergitme veya dönüştürme aşamalarında ortaya çıkan fazla ısıyı kullanmak.

3.3 Alüminyum üretimi MET sonuçları

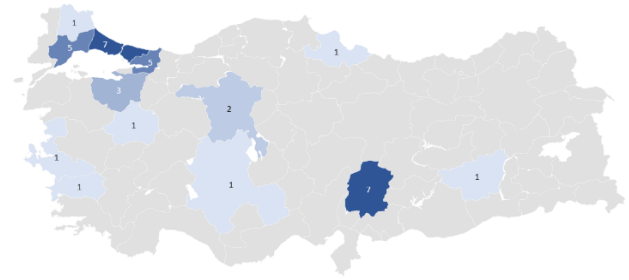
Demir Dışı Metal Sektörleri referans dokümanında alüminyum sektörü için önerilen MET'ler beş alt başlıkta gruplandırılmıştır. Bunlar:

- Alümina üretimi
- Anot üretimi
- Birincil alüminyum üretimi
- İkincil alüminyum üretimi
- Tuz cürufunun geri dönüştürülmesi

Referans dokümanda, MET55-89 arasındaki MET'ler, birincil ve ikincil hammaddelerden alüminyum üretimi ile ilgili verilen teknikleri göstermektedir. Tesislerin anketlere verdikleri cevapların analizi bu alt başlıklara göre değerlendirilmiştir. Türkiye'de alüminyum üretimi gerçekleştiren ve kapsam içerisine giren 36 adet tesis bulunmaktadır. Faaliyet gösteren tesislerin illere göre dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Tesislerin uygulanabilirlik koduna göre anketlere verdikleri cevaplar incelendiğinde Türkiye genelindeki EKÖK uyum durumunun %47 (17 tesis) olduğu tespit edilmiştir. Tesisler tarafından anketlerde en fazla cevaplanan sorular Tablo 4'te verilmiştir. Anket analizi sonuçlarına göre tesislerde üretim sırasında en fazla uygulandığı belirtilen teknik MET82b olarak tespit edilmiştir. MET82b'de ikincil alüminyum üretimi gerçekleştiren tesislerde, ergitme sırasında ortaya çıkan metal ve toz emisyonlarının en aza indirilebilmesi için yanma şartlarının optimize edilmesi önerilmektedir. Türkiye'de cevherden alüminyum üretimi yapan tesis sayısının az olması ve alüminyum üretiminin ağırlıklı olarak ikincil alüminyum üretiminden yapılması nedeniyle ikincil alüminyum üretimi ile ilgili anket sorularına verilen cevap sayısı daha fazladır. Bu nedenle ikincil alüminyum üretimi gerçekleştiren tesislerin büyük çoğunluğunda MET82b'de belirtilen tekniğin uygulandığı görülmektedir. Tesislerin ikincil alüminyum üretiminde en fazla iyileştirme yapıldıktan sonra uygulanabileceğini belirttikleri teknik, MET86 kapsamındaki, tuzlu cüruf miktarını azaltmak için metal pompalama veya karıştırma tekniğidir. Yeni yatırım yapıldıktan sonra uygulanabileceği belirtilen MET'ler arasında en fazla cevap MET81'e verilmiştir. MET81 ikincil alüminyum üretim prosesinde, hammaddelerin şarj edilmesi, eritilmesi, döküm alınması ve erimiş metalin işlenmesi gibi işlemlerden ortaya çıkan metal ve toz emisyonlarını en aza indirmek için, torba filtre kullanılmasını önermektedir. Toz ve metal tozlarının tutulabilmesi için ve toz emisyonlarının 2-5 mg/Nm3 seviyesine indirilebilmesi için torba filtrelerin kullanılması gerekmektedir. Fayda/maliyet oranı düşük olduğu için en fazla uygulanmadığı belirtilen teknik MET75a olarak tespit edilmiştir. Bu teknikte enerji verimliliğini artırabilmek için fırına beslenen malzemelerin egzoz gazı kullanılarak ön ısıtılması önerilmektedir. Bu yöntem yalnızca döner olmayan fırınlarda uygulanabildiği için kapsam dahilindeki tesisler tarafından fayda/maliyet oranı düşük olduğu için kullanılmadığı tespit edilmiştir. Referans dokümanlarda belirtilen bazı MET'lerin uygulanabilmesi için tesiste yapısal değişikliklerin yapılması gerekebilmektedir. Ancak bazı tesislerde yeterli alan bulunmaması veya kullanılacak olan tekniğin mevcutta kullanılan teknolojiye uyum göstermemesi gibi nedenlerle referans dokümanda belirtilen teknikler uygulanamamaktadır. Alüminyum üretiminde yapısal değişiklik yapılması gerektiği belirtilen teknik MET78c olarak tespit edilmiştir. MET78c'de sızdırmaz fırın kapağı kullanılması önerilmektedir. Tesislerde kullanılan mevcut teknik ile uyumlu olmadığı için MET78c en fazla yapısal değişiklik gerektiren teknik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gerçekleştirilen anket kapsamında, tesislerin halihazırda uygulamadıkları teknikleri uygulayabilmeleri için gerekli

olan süreler ile ilgili olarak da cevap vermeleri istenmiştir. Süre ile ilgili anket sorularına verilen cevaplar analiz edildiğinde, EKÖK belgesi alabilmek için uyumlu olmadığı tespit edilen tesislerin (%53), tam uyum sağlayabilmesi için ortalama olarak 24 aylık bir hazırlık süresine ihtiyaç duydukları tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucuna göre alüminyum üretiminde Türkiye'de ağırlıklı olarak ikincil hammaddeler kullanılarak alüminyum üretimi gerçekleştirildiği ve bu nedenle anketlere verilen cevapların çoğunlukla ikincil alüminyum üretimi kapsamındaki sorularda yoğunlaştığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. Kapsam dahilinde alüminyum üretimi gerçekleştiren tesislerin illere göre dağılımı

Tablo 4. Alüminyum üretimi sektöründe faaliyet gösteren tesisler tarafından en fazla cevap verilen MET'ler

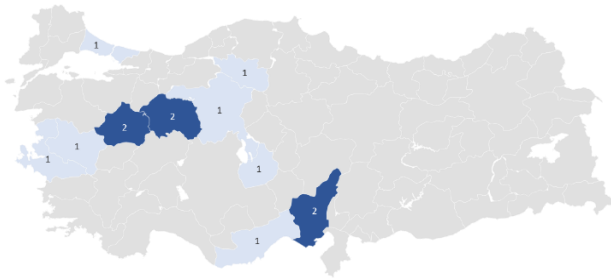
	Ana MET	Alt MET
En Fazla Uygulanan MET	MET82. İkincil alüminyum üretiminde yeniden eritmeden kaynaklanarak havaya verilen toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, verilen tekniklerin birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET82b. Toz emisyonlarını azaltmak için yanma koşullarını optimize etmek.
En fazla iyileştirme yapılmasını gerektiren MET	MET86. İkincil alüminyum üretiminde üretilen tuzlu cüruf miktarını azaltmak için MET, verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET86c. Metal pompalamak veya karıştırmak.
En fazla yatırım yapılmasını gerektiren MET	MET81. İkincil alüminyum üretiminde şarj, eritme, döküm alma ve erimiş metalin işlenmesi gibi fırın proseslerinden kaynaklanan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, torba filtre kullanılmasıdır.	-
Fayda/Maliyet oranı düşük olan MET	MET75. Enerjiyi verimli kullanmak için MET, verilen tekniklerin birini veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET75a. Fırına beslenen malzemenin egzoz gazı ile ön ısıtmasını yapmak.
Yapısal değişim gerektiren MET	MET78. Eritme fırınlarında doldurma ve boşaltılma/döküm alınma sırasında açığa çıkan Yayılı emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET78c. Sızdırmaz fırın kapağı kullanmak.

3.4 Kurşun-kalay üretimi MET sonuçları

Demir dışı metal sektörleri ile ilgili MET referans dokümanında kurşun-kalay sektörü için önerilen MET'ler, 4 alt başlıkta gruplandırılmıştır. Bunlar;

- Hava emisyonları
- Toprak ve yeraltı suyu korunması
- Atıksu üretimi ve arıtılması
- Atık

Referans dokümanda, MET90-107 arasındaki MET'ler, kurşun ve kalay üretimi ile ilgili verilen teknikleri göstermektedir. Ülkemizde Kurşun-Kalay üretimi gerçekleştiren ve kapsam dahilinde olan tesis sayısı 13'tür. Kapsama dahil olan tesislerin illere göre dağılımı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Kapsam dahilinde kurşun/kalay üretimi gerçekleştiren tesislerin illere göre dağılımı

Tesislerin anket sorularına verdikleri cevaplara göre yapılan analiz sonucu, ülkemizde kurşun-kalay üretimi gerçekleştiren tesislerin %86,5 (11 tesis) oranında EKÖK belgesi almak için uyumlu olduklarını göstermektedir. Geriye kalan tesislerin de çok küçük düzeltmeler yapıldıktan sonra EKÖK için tam uyumlu hale gelebilecekleri düşünülmektedir. Tesislerin anket sorularına verdikleri cevaplara göre en fazla cevap alınan sorular Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre tesisler tarafından en fazla uygulanan teknik MET96 olarak tespit edilmiştir. MET96'da birincil veya ikincil kurşun-kalay üretiminde besleme, ergitme ve döküm alma işlemleri ve bekletme fırınlarından ortaya çıkan yayılı emisyonların önlenmesi için torba filtrelerin kullanılması önerilmektedir. Verilen cevaplar incelendiğinde tesislerin büyük çoğunluğunda önerilen tekniğin kullanıldığı görülmektedir. İyileştirme yapıldıktan sonra uygulanabilecek teknikler arasında, tesisler tarafından en fazla cevap verilen teknik MET92k olarak belirlenmiştir. MET92'de kurşun veya kalay üretiminde hammaddelerin beslenmesi, ergitilmesi ve döküm alınması işlemleri ve birincil bakır üretiminde ön bakırsızlaştırma işlemlerinden kaynaklanan yayılı emisyonların önlenmesi ve azaltılması için bazı teknikler önerilmektedir. MET92k'da ise yayılı emisyonları önleyebilmek için döküm sırasında potaların üzerini kapatacak, muhafazalı bir teçhizat kullanılması önerilmektedir. Kurşun-kalay üretimi yapan tesislerde en fazla yatırım yapılmasını gerektiren teknik, MET93e olarak karşımıza çıkmaktadır. MET93'te kurşun ve kalay üretimi prosesinde yeniden ergitme, rafinasyon ve döküm işlemlerinden kaynaklanan yayılı emisyonların azaltılması

için 5 adet teknikten bahsedilmektedir. Bu tekniklerden MET93e'de tozlu cüruf/kül atıklarının uzaklaştırılması için çevresi kapalı, mekanik sıyrıcıların kullanılması önerilmektedir.

Tablo 5. Kurşun/Kalay üretimi sektöründe faaliyet gösteren tesisler tarafından en fazla cevap verilen MET'ler

	Ana MET	Alt MET
En Fazla Uygulanan MET	MET96. Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, ergitme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının (sülfürik asit veya sıvı SO ₂ tesisine sevk edilenler hariç) azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.	-
En fazla iyileştirme yapılmasını gerektiren MET	MET92. Kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, ergitme ve döküm alma işlemlerinden ve birincil kurşun üretiminde ön bakırsızlaştırma işlemlerinden kaynaklanan Yayılı emisyonlarını önlemek ve azaltmak için MET, verilen tekniklerin uygun bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET92k. Döküm sırasında potalarını örtmek için bir kafes kullanmak.
En fazla yatırım yapılmasını gerektiren MET	MET93. Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde yeniden eritmesi, rafinasyon ve döküm işlemlerinden kaynaklanan yayılı emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET93e. Tozlu cüruf/kül atıklarının giderilmesi için etrafı kapalı mekanik sıyrıcılar kullanmak.
Fayda/Maliyet oranı düşük olan MET	MET90. Birincil ve ikincil malzemelerin (bataryalar/aküler hariç) hazırlanması işlemlerinden (ölçüm, karıştırma, ezme, kesme, eleme gibi) kaynaklanan Yayılı emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET90a. Tozlu malzemeler için etrafı kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemleri kullanmak.
Yapısal değişim gerektiren MET	MET106. Batarya geri kazanım prosesinde toplanan sülfürik asidin tekrar kullanılması veya geri kazanılması için MET, verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanarak tesisteki işlemlerin düzenlenip tesis içinde ya da dışında toplanan asidin tekrar kullanılmasının ya da geri dönüştürülmesinin sağlanmasıdır.	MET106e. Sodyum sülfat üretmek.

Tablo 6. Kıymetli metal üretimi sektöründe faaliyet gösteren tesisler tarafından en fazla cevap verilen MET'ler

	Ana MET	Alt MET
En Fazla Uygulanan MET	MET137. Bir hidrometalurjik işlemden kaynaklanan ve havaya salınan Yayılı emisyonların azaltılması için kullanılan MET, verilen tekniklerin tümünün kullanılmasıdır.	MET137a. Sızdırmaz veya kapalı reaksiyon kapları, depolama tankları, çözelti ekstraksiyon ekipmanları, seviye kontrollü filtreler, kaplar ve tanklar, kapalı borular, sızdırmaz drenaj sistemleri ve planlanmış bakım programları gibi koruma önlemleri almak.
En fazla iyileştirme yapılmasını gerektiren MET	MET134. Ön işleme aşamalarından (ezme, eleme ve karıştırma gibi) kaynaklanan ve havaya salınan Yayılı emisyonları azaltmak için kullanılan MET, verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır. MET140. Eleme, kırma, karıştırma, ergitme, izabe işlemi, yakma, kalsinasyon, kurutma ve rafinasyon gibi tüm tozlu işlemlerden ortaya çıkan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, verilen tekniklerden birisinin kullanılmasıdır.	MET134a. Tozlu yapıdaki malzemeler için tamamen kapalı ön işleme alanları ve taşıma sistemleri kullanmak.
En fazla yatırım yapılmasını gerektiren MET	MET134. Ön işleme aşamalarından (ezme, eleme ve karıştırma gibi) kaynaklanan ve havaya salınan Yayılı emisyonları azaltmak için kullanılan MET, verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET140a. Torba filtre kullanmak.
Fayda/Maliyet oranı düşük olan MET	MET134. Ön işleme aşamalarından (ezme, eleme ve karıştırma gibi) kaynaklanan ve havaya salınan Yayılı emisyonları azaltmak için kullanılan MET, verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.	MET134c. Toz toplayıcı ve filtreleme sistemi çalışmadığı sürece hiçbir ekipmanın çalıştırılmamasını sağlamak için toz toplayıcı veya aspiratör ile ön işleme ve taşıma ekipmanlarını elektriksel olarak kilitlemek.
Yapısal değişim gerektiren MET	-	-

Testa ve ark. EKÖK yasalarının tesis performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında, uygulanan yeni yasalara göre düzenlenecek olan limitlerin, tesislerin uyum sağlayabileceği şekilde tasarlanması durumunda eko-inovasyonu çevresel performansa bağlamanın, yatırımlar üzerinde etkili olacağını belirtmişlerdir [17]. Styles ve ark. İrlanda ilaç imalat sektöründe EKÖK yasalarının uygulanmasının 2001-2007 yılları arasında %40 kirlilik azaltımı sağladığını bildirmişlerdir [14]. Barros ve ark. İspanya'nın Galiçya bölgesinde ağır seramik üretim sektöründe EKÖK uyum

durumunun belirlenmesi için yürüttükleri çalışmada 300 adet tesisten sadece 10'unun izin alabilmek için yeterli olduğunu, 46 tesisin ise başvuru sürecinin devam ettiğini belirtmişlerdir [18]. Benzer çalışmalar ülkemizde de farklı sektörler için yürütülmüştür. Baki ve Yakan, yaptıkları çalışmada EKÖK direktifinin Türkiye'nin mevcut durumu ile uyumlaştırılabilirliğini değerlendirmişlerdir [19]. Kocabaş ve ark. yaptıkları çalışmada ülkemizde tekstil üretimi sektöründe MET'lerin uygulanması durumunda, su tüketiminde %29,5, enerji tüketiminde ise %9 bir azaltım sağlanabileceğini belirtmişlerdir [20]. Yine tekstil sektöründe gerçekleştirilen bir çalışmada, orta büyüklükteki bir tesiste uygulanabilecek MET'ler belirlenmiş ve uygulama sonrasında elde edilebilecek tasarruf imkanları değerlendirilmiştir [21]. Gerçekleştirilen bu çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak ülkemizde demir dışı metal sektöründe faaliyet gösteren firmalar, kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve sektörün uyum durumu değerlendirilmiştir. Bu inceleme için sektörde faaliyet gösteren firmalara anketler uygulanmış ve anketlere verilen cevaplar analiz edilerek, sektörün ülkemizdeki genel durumu değerlendirilmiştir.

4 Sonuçlar

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında, ülkemizde demir dışı metal endüstrisinde faaliyet gösteren ve Avrupa Konseyi tarafından hazırlanan 2010/75/EU sayılı konsey direktifinin 13 (1) maddesine göre belirlenmiş kapsam sınırlarına dahil olan tesislerin EKÖK uyum durumunun belirlenmesi için uygulanmış olan anket sonuçları analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla demir dışı metal endüstrisinde faaliyet gösteren tüm tesislere anketler gönderilmiş ve cevaplamaları sağlanmıştır. Anketlere verilen cevaplara göre ülkemizde demir dışı metal endüstrisinde faaliyet gösteren ve kapsama dahil olan 136 adet tesis olduğu tespit edilmiştir. Analiz edilen ve değerlendirilen anket sonuçlarına göre tüm sektörün (çinko-kadmiyum üretimi, demir alaşımları üretimi, nikel-kobalt üretimi, karbon-grafit üretimi dahil olmak üzere) EKÖK uyum durumu %27 olarak tespit edilmiştir. Yine sektör genelinde değerlendirildiğinde demir dışı metal üretimi alanında faaliyet gösteren tesislerin EKÖK'e tam uyumlu hale gelebilmeleri için 24 aylık geçiş süresinin gerekli olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde demir dışı metal endüstrisinde ağırlıklı olarak ikincil hammaddeler kullanılarak üretim yapıldığı için anketlere verilen cevaplarda ikincil üretim ile ilgili daha fazla anket sorusuna cevap verildiği görülmektedir. Sektör bazında en problemli kirleticiler, hammaddelerin ergitilmesi, fırına beslenmesi ve döküm alma işlemleri sırasında havaya salınan emisyonlardır. Bu durum üretim yapılan tesislerde özellikle yayılı emisyonların azaltılabilmesi için çalışma yapılmasını gerektirmiştir. Bu nedenle anketlere verilen cevaplar sektör genelinde değerlendirildiğinde tesislerin en fazla uyguladıkları belirlenen teknikler, havaya verilen emisyonların azaltımı ile ilgili tekniklerdir. Bunun yanında uygulanabilmesi için iyileştirme, yatırım ve yapısal değişiklik gerektirdiği belirlenen teknikler havaya verilen emisyonlar, atıklar ve enerji ile ilgili teknikleri kapsamaktadır. Halihazırda faaliyet gösteren ve EKÖK uyumu için gerekli çalışmaları yapacak olan tesisler için MET referans dokümanı

bir el kitabı niteliği taşımakta olup yol gösterici olarak kullanılması gerekmektedir. Aynı zamanda yeni kurulacak modern tesislerin tasarımında da rehber niteliği taşımaktadır. Referans dokümanda önerilen tekniklerin kullanılması ile çevre ve insan sağlığı korunurken aynı zamanda sektörde faaliyet gösteren firmalar için tasarruf imkanları ile birlikte ekonomik getiri sağlanabilmektedir. Bu durum firmaların ulusal ve uluslararası pazarda daha rekabetçi olmasına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Gerçekleştirilen çalışma Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından desteklenmiştir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı: %11

Kaynaklar

- [1] M. Li, J. Yao, G. Sunahara, J. Hawari, R. Duran, J. Liu, B. Liu, Y. Cao, W. Pang, H. Li, Y. Li, Z. Ruan, Novel microbial consortia facilitate metalliferous immobilization in non-ferrous metal(loid)s contaminated smelter soil: Efficiency and mechanisms, *Environmental Pollution*. 313, 120042, 1-11, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120042>.
- [2] B. Liu, J. Yao, B. Ma, Z. Chen, X. Zhu, C. Zhao, M. Li, Y. Cao, W. Pang, H. Li, V.G. Mihucz, R. Duran, Metal(loid)s diffusion pathway triggers distinct microbiota responses in key regions of typical karst non-ferrous smelting assembly, *J Hazard Mater*. 423, 127164, 1-12, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127164>.
- [3] H. Ran, Z. Guo, L. Yi, X. Xiao, L. Zhang, Z. Hu, C. Li, Y. Zhang, Pollution characteristics and source identification of soil metal(loid)s at an abandoned arsenic-containing mine, China, *J Hazard Mater*. 413, 125382, 1-12, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125382>.
- [4] X. Sun, R. Xu, Y. Dong, F. Li, W. Tao, T. Kong, M. Zhang, L. Qiu, X. Wang, W. Sun, Investigation of the Ecological Roles of Putative Keystone Taxa during Tailing Revegetation, *Environ Sci Technol*. 54, 11258–11270, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03031>.
- [5] Environmental Agency, Pollution inventory reporting – ferrous and non-ferrous metals guidance note., 2012. <http://publications.environment-agency.gov.uk>.
- [6] M. Ghosh, P.S. Banerjee, H.S. Ray, Environmental pollution due to gaseous emissions during non-ferrous extraction processes, *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 55, 263–269, 2014. <https://doi.org/10.3103/S1067821214030055>.
- [7] K. Fan, My Country's Non-Ferrous Metal Industry Based on Third-Party Supervision Evolutionary Game Analysis of Environmental Supervision Mechanism, 10, 83–92, 2022.
- [8] Q. Wu, X. Sun, Y. Su, M. Wen, G. Li, L. Xu, Z. Li, Y. Ren, J. Zou, H. Zheng, Y. Tang, L. Duan, S. Wang, Q. Zhang, Behavior of Sulfur Oxides in Nonferrous Metal Smelters and Implications on Future Control and Emission Estimation, *Environ Sci Technol*. 53, 8796–8804, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01600>.
- [9] N.P. Cheremisinof, *Handbook of Air Pollution Prevention and Control*, Butterworth Heinemann, 2002.
- [10] Z. Jiang, Z. Guo, C. Peng, X. Liu, Z. Zhou, X. Xiao, Heavy metals in soils around non-ferrous smelteries in China: Status, health risks and control measures, *Environmental Pollution*. 282, 117038, 1-9, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117038>.
- [11] Y. Li, Y. Bin Wang, X. Gou, Y.B. Su, G. Wang, Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China, *J Environ Sci*. 18, 1124–1134, 2006. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(06\)60050-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(06)60050-8).
- [12] B. Sarkar, *Heavy Metals In The Environment* (1st ed.). CRC Press, 2002. <https://doi.org/10.1201/9780203909300>
- [13] H. Hu, Q. Jin, P. Kavan, A study of heavy metal pollution in China: Current status, pollution-control policies and countermeasures, *Sustainability* (Switzerland). 6, 5820–5838, 2014. <https://doi.org/10.3390/su6095820>.
- [14] D. Styles, K. O'Brien, M.B. Jones, A quantitative integrated assessment of pollution prevention achieved by Integrated Pollution Prevention Control licensing, *Environ Int*. 35, 1177–1187, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.013>.
- [15] A. Cikankowitz, V. Laforest, Using BAT performance as an evaluation method of techniques, *J Clean Prod*. 42, 141–158, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.005>.
- [16] K. Silvo, T. Jouttijärvi, M. Melanen, Implications of regulation based on the IPPC directive - A review on the Finnish pulp and paper industry, *J Clean Prod*. 17 713–723, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.11.011>.
- [17] F. Testa, T. Daddi, M.R. De Giacomo, F. Iraldo, M. Frey, The effect of Integrated Pollution Prevention and Control regulation on facility performance, *J Clean Prod*. 64, 91–97, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.003>.
- [18] M.C. Barros, M.T. Torres, P.M. Bello, E. Roca, J.J. Casares, Integrated pollution prevention and control in the surface treatment industries in Galicia (NW Spain), *Clean Technol Environ Policy*. 10, 175–188, 2008. <https://doi.org/10.1007/s10098-007-0138-z>.
- [19] O. Gökkurt, M. Yakan, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Directive and Turkey's Compliance Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi ve Türkiye'nin Uyumu, 1, 16-22, 2016.
- [20] A.M. Kocabas, H. Yukseler, F.B. Dilek, U. Yetis, Adoption of European Union's IPPC Directive to a textile mill: Analysis of water and energy consumption, *J Environ Manage*. 91, 102–113, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.012>.
- [21] M. Gülveren, Assessing The Potential Benefits from The Application of Best Available Techniques in The Textile Industry. Master of Science in Environmental Engineering, Middle East Technical University, Turkey, 2021.

