

# TEHLİKELİ ATIK YÖNETİMİ

## Bölüm 8: Bazı Özel Atıkların Yönetimi

Güray SALİHOĞLU

*SALİHOĞLU, G., 2019, Tehlikeli Atık Yönetimi, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 510 sayfa, Ankara. ISBN: 978-605-312-330-9.*

## 8. BAZI ÖZEL ATIKLARIN YÖNETİMİ

### Öğretmen Kılavuzu

#### Öğrenme Amaçları

Bu bölümün sonunda öğrenciler,

1. Bazı özel atık türleri ve bazı endüstrilerin atıkları hakkında bilgi sahibi olacak,
2. Özel atıklarla ilgili yasal mevzuatın kapsamı hakkında bilgi sahibi olacak,
3. Bazı endüstrilerde atığa kaynaklık eden süreç adımları hakkında yorum yapabilecektir.

#### Düşünülmesi Gereken Sorular

1. Özel atık türleri için özel yönetmelikler geliştirilmiş olmasının nedeni nedir?
2. Özel atıkların geri kazanım süreci her zaman çevre dostu mudur?
3. Endüstrilerde atık oluşumunun önüne geçmek mümkün müdür?

## İçindekiler

8. BAZI ÖZEL ATIKLARIN YÖNETİMİ .....	1
Öğretmen Kılavuzu .....	2
İçindekiler .....	3
8.1. Giriş.....	4
8.2. Atık Yağlar.....	4
8.3. Atık Pil ve Akümülatörler.....	7
8.4. Elektrikli ve Elektronik Atıklar.....	10
8.5. Ömrünü Tamamlamış Lastikler .....	20
8.6. Ömrünü Tamamlamış Araçlar .....	23
8.7. Demir ve Çelik Endüstrisi Atıkları .....	26
8.8. Nikel-Krom Kaplama Endüstrisi Atıkları.....	31
8.9. Alüminyum Endüstrisi Atıkları .....	34
8.10. Özet ve Değerlendirme.....	39
Kaynaklar .....	40
Konu Sonu Soruları ve Çözüm Setleri .....	42
Test.....	44

## 8.1. Giriş

Özel atıklar, toplanması, taşınması, bertarafı, kısaca tüm yönetim süreçleri özel önem taşıyan ve özel eğitim almış personel gözetiminde olması gereken atıklardır. Bir atık, miktarı, içindeki kimyasal madde konsantrasyonu, fiziksel, kimyasal veya biyolojik özellikleri nedeniyle özel atık sınıfına sokulabilmektedir. Tehlikeli atık veya kentsel atık olarak sınıflandırılan bazı atıklar, ulusal mevzuatta özel atık olarak sınıflandırılmakta, bu atıklar için özel yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Bu atıklara örnek olarak tıbbi atıklar, arıtma çamurları, ömrünü tamamlamış araçlar, elektrikli ve elektronik atıklar, PCB ve PCT içeren atıklar, ömrünü tamamlamış lastikler, atık pil ve akümülatörler, ambalaj atıkları, hafriyat atıkları ve atık yağlar verilebilir. Bu bölümde özel atıklar sınıfında yer alan atık yağlar, atık pil ve akümülatörler, elektrikli ve elektronik atıklar, ömrünü tamamlamış lastikler, ömrünü tamamlamış araçlar, demir-çelik endüstrisi atıkları, nikel-krom kaplama endüstrisi atıkları ve alüminyum endüstrisi atıkları ele alınmaktadır.

## 8.2. Atık Yağlar

Atık yağlar, “Kullanılmış benzinli motor, dizel motor, şanzıman ve diferansiyel, transmisyon, gres ve diğer özel taşıt yağları ile hidrolik sistem, türbin ve kompresör, kızak, açık-kapalı dişli, sirkülasyon, metal kesme ve işleme, metal çekme, tekstil, ısı işlem, ısı transfer, izolasyon ve koruyucu, izolasyon, trafo, kalıp, buhar silindir, pnömatik sistem koruyucu, gıda ve ilaç endüstrisi, kağıt makinesi, yatak ve diğer özel endüstriyel yağlar ve endüstriyel gresler, kullanılmış kalınlaştırıcı, koruyucu, temizleyici ve benzeri özel müstahzarlar ve kullanıma uygun olmayan yağ ürünleri” olarak tanımlanmaktadır (AYK, 2008).

Atık yağlar, günlük kullanımda yaygın olarak karşımıza çıkan bir üründür. Birçok motor ve mekanizmanın fonksiyon göstermesi için motor yağlarına ihtiyaç duyulur. Motor yağları kullanıldıkça bazı özelliklerini kaybeder, belli bir kullanım süresinden sonra özellikleri orijinal kullanım amaçlarına uygun olmaktan çıkar. Bu durumda kullanılmış yağların yeni motor yağlarıyla değiştirilmesi gerekir. Atık haline gelen kullanılmış yağların uygun bir şekilde yönetilmesi gerekir. Satın alınan motor yağlarının %50’sinin atık yağ haline geldiği, diğer kısmın kullanım esnasında kaybolduğu bilinmektedir (EC, 2018b). Avrupa’da her yıl yaklaşık 3 milyon ton atık yağın oluştuğu bilinmektedir (EC, 2018b).

Atık yağlar gösterdikleri bazı özellikler nedeniyle tehlikeli atık olarak sınıflandırılır. Nehir, göl vb. su kaynaklarına ulaşan atık yağlar sucul hayatı tehdit etmekte, küçük miktarlardaki atık yağlar milyonlarca litre suyu kirletebilmektedir (Şekil 1). Atık yağlar aynı zamanda toprak kirliliğine de neden olmaktadır.



**Şekil 1. Atık yağlarla kirlenmiş bir yüzeysel su**

Atık yağların çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi yasaktır. Geçici depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesi özel hükümlere tabidir. Atık yağların yönetimiyle genel ilkeler aşağıdaki gibidir (AYK, 2008):

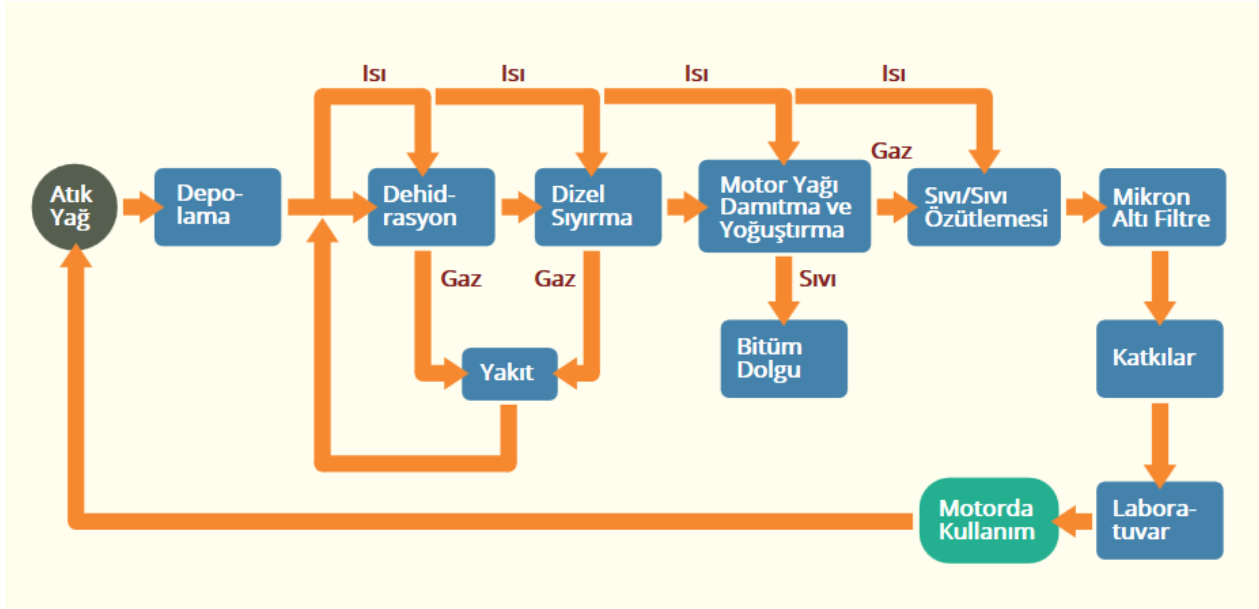
1. Atık yağlar ile bu yağların işlenmesi sonucu çıkan atıkların insan ve çevreye zarar verecek şekilde sahada boşaltılması veya yenisi ile değiştirilmesi, depolanması, doğrudan veya dolaylı bir biçimde yüzeysel sular ile yeraltı suyuna, denizlere, drenaj sistemleri ile toprağa verilmesi, fuel-oil veya diğer sıvı yakıtlara karıştırılması ve mevcut düzenlemeler ile belirlenen limitleri aşarak hava kirliliğine neden olacak şekilde işlenmesi veya yakılması yasaktır (AYK, 2008).
2. Atık yağlara su, çözücüler, PCB, toksik ve tehlikeli maddeler ile diğer maddelerin ilave edilmemesi ve farklı kategorilerdeki atık yağların birbiriyle karıştırılmaması esastır. Atık yağlar, mevzuatta belirtilen kategorilere göre ayrı tank/konteynerlerde geçici depolanır, taşınır, işlenir veya bertaraf edilir (AYK, 2008).
3. Atık yağ oluşumunun kaynağında en aza indirilmesi, üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda öncelikle rejenerasyonu ve rafinasyonu esastır. Ürün kalitesi tutturulamayan atık yağlar lisanslı tesislerde enerji geri kazanımı amacıyla yakılabilir.

Atık yağların yönetiminde iki temel yöntem uygulanmaktadır: Yeniden rafinasyon ve enerji geri kazanımı amacıyla yakma. Yeniden rafinasyon işleminde iki farklı yol ve ürün bulunmaktadır: Baz yağ elde edilen yüksek kalitede geri kazanım işlemi ve baz yağ dışında ikinci kalitede yakıt elde edilen geri kazanım işlemi (Zimmermann ve Jepsen, 2018). Yeniden rafinasyon işlemi, suyun, hafif yağların, çözülmüş metallerin ve parçalanmış katkıların giderildiği üç temel adımda gerçekleştirilmektedir (NZIC, 2018):

1. Dehidrasyon: Atık yağ kapalı bir konteynir içinde kaynatılarak içindeki su buharlaştırılır.
2. Dizel sıyırma: Suyundan arındırılmış yağ, vakum damıtımı yapan bir üniteye sürekli beslenerek fraksiyonlarına ayrılır. Hafif yağlar daha önce kaynama noktasına ulaşır ve

giderilir. Ardından motor yağı buharlaştırılır. Diğer ağır bileşenler uygulanan şartlar altında buharlaşmaz.

3. Motor yağının damıtımı ve yoğunlaştırılması: Yağ içindeki aromatik bileşenleri gidermek için sıvı özütleme süreci uygulanır. Bu aşamada elde edilen yağ rafine saf yağa benzemektedir. Bu yağ test edilerek ve içine uygun katkıları eklenerek kullanıma hazır hale getirilir (Şekil 2).



Şekil 2. Atık yağ rafinasyon süreci (NZIC, 2018)

Rafinasyona uygun olmayan atık yağlar ise genelde birlikte yakma tesislerinde (çimento fırını vb.) ek yakıt olarak kullanılır veya enerji geri kazanımı amacıyla yakma tesislerinde yakılır. Yönetmeliğe göre (AYK, 2008), atık yağ üreticilerinin atık yağ analizlerini yaptırmaları, atık yağlarını kategorilerine göre ayrı ayrı depolamaları, farklı kategorideki atık yağları birbirleriyle, PCB ve diğer tehlikeli atıklarla karıştırmamaları, atık yağlarını lisanslı araçlarla işleme ve bertaraf tesislerine ulaştırmaları gerekmektedir. Atık yağ kategorileri ve izin verilen kirletici sınır değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

1. kategoride yer alan atık yağlardaki PCB, toplam halojen ve ağır metal gibi kirleticiler tabloda verilen sınır değerlerin altındadır. Bu kategorideki atık yağların öncelikle rejenerasyon ve rafinasyon yolu ile geri kazanımlarının sağlanması gerekir. Geri kazanım işlemleri sonucunda ürün kalitesi tutturulamayan atık yağlar, enerji geri kazanımı amacıyla mevcut yakıtı ilave edilerek kullanılabilir. 2. kategorideki atık yağlar çevre lisansı almış tesislerde enerji geri kazanımı amacıyla kullanıma uygun olan atık yağlardır. 3. kategoride yer alan atık yağlardaki ağır metaller tabloda verilen sınır değerlerin üzerindedir. Klorür ile toplam halojenler 2000 ppm'in, PCB ise 50 ppm'in üzerindedir. Bu kategorideki atık yağlar rejenerasyon ve rafinasyona uygun olmayan, yakıt olarak kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından risk yaratan ve lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gereken atık yağlardır.

**Tablo 1. Atık yağ kategorileri ve izin verilen kirletici sınır değerleri (AYK, 2008)**

Kirleticiler	1.Kategori Atık Yağ	2.Kategori Atık Yağ	3.Kategori Atık Yağ
<b>Arsenik</b>	< 5 ppm	Max.5 ppm	> 5 ppm
<b>Kadmiyum</b>	< 2 ppm	Max.2 ppm	> 2 ppm
<b>Krom</b>	< 10 ppm	Max.10 ppm	> 10 ppm
<b>Klorür</b>	Max.200 ppm	Max.2000 ppm	> 2000 ppm
<b>Kurşun</b>	< 100 ppm	Max.100 ppm	> 100 ppm
<b>Toplam Halojenler</b>	Max.200 ppm	Max.2000 ppm	> 2000 ppm
<b>Poliklorlubifeniller(PCB)</b>	Max.10 ppm	Max. 50 ppm	> 50 ppm
<b>Parlama Noktası</b>	Min.38 °C	Min.38° C	-

### 8.3. Atık Pil ve Akümülatörler

Pil ve akümülatörler günlük hayatımızda çokça kullanılan, aygıtların uygun çalışmasını sağlayan, enerji kaynağı olarak önemli bir yeri olan araçlardır. Avrupa Birliği'ne her yıl yaklaşık 800.000 ton otomobil akümülatörü, 190.000 ton endüstriyel pil ve 160.000 ton tüketici pilinin giriş yaptığı bilinmektedir (EC, 2018a). Kullanım ömrünü tamamlayan tüm pil ve akümülatörlerin toplanıp geri kazanılamaması sonucunda hem çevreye tehlikeli kimyasal madde salınımı olmakta hem de değerli olabilecek kaynaklar israf edilmiş olmaktadır.

Atık pil ve akümülatörler içindeki bileşenlerin çoğunun geri kazanımı yapılabilmektedir. 31.08.2004 tarih ve 25569 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği (APA, 2004) akümülatör ve pil kavramlarını aşağıdaki gibi tanımlamaktadır:

**“Akümülatör:** Endüstride ve araçlarda otomatik marş, aydınlatma veya ateşleme gücü için kullanılan, şarj edilebilir sekonder hücrelerde kurşunla sülfürik asit arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu kimyasal enerjinin doğrudan dönüşümü ile üretilen elektrik enerjisi kaynağı”

**“Pil:** Şarj edilmeyen primer hücrelerde kimyasal reaksiyon sonucu oluşan kimyasal enerjinin doğrudan dönüşümü ile üretilen elektrik enerjisi kaynağı”

Kurşun-asit otomobil akümülatörleri Şekil 3'te görülmektedir.



**Şekil 3. Atık kurşun-asit akümülatörler**

Pil gruplarıyla ilgili bazı yönetmelik tanımları aşağıdaki gibidir (APA, 2004):

“**Nikel Kadmiyum Pil:** Şarj edilebilir sekonder hücrelerde kadmiyumla nikel hidroksit arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu kimyasal enerjinin doğrudan dönüşümü ile üretilen elektrik enerjisi kaynağı”

“**Cıva İçeren Piller:** Cıva oksit elektrot içeren alkali-mangan, çinko-karbon ve cıva oksit piller gibi piller”

“**Düğme Pil:** İhtime cihazları, saatler ve benzeri taşınabilir aletlerde kullanılan ve çapı yüksekliğinden fazla olan yuvarlak piller”

Şekil 4'te farklı boyutlarda düğme ve kalem piller görülmektedir.



Şekil 4. Farklı boyutlarda düğme ve kalem piller

Atık pil ve akümülatörlerin yönetimine ilişkin yasal ilkeler aşağıdaki gibidir (APA, 2004):

- Uzun ömürlü ve şarj edilebilir pil ve akümülatörlerin üretimi öncelikle tercih edilir.
- Ağırlıkça % 2'den fazla cıva oksit veya cıva içeren düğme tipi pillerin üretimi ve ithalatı yasaktır.
- Ağırlıkça % 2'ye kadar cıva oksit veya cıva içeren düğme tipi piller hariç; ağırlıkça % 0,0005'ten fazla cıva içeren pillerin, ağırlıkça % 0,025'ten fazla kadmiyum çeren primer pillerin ithalatı ve üretimi yasaktır.
- Zararlı madde içeren atık piller tehlikeli atık yönetim hükümlerine göre bertaraf edilir.



- Atık pil ve akümülatörlerin evsel ve diğer atıklarla birlikte depolanması, alıcı ortama verilmesi ve yakılması yasaktır.
- Atık pil ve akümülatörlerin geri kazanılması esastır.

En yaygın rastlanan pil grupları (çinko-mangandioksit, nikel-kadmiyum, kurşun-asit), cıva, kadmiyum, kurşun ve nikel gibi tehlikeli maddeler içerirler. Bu piller atık haline geldiklerinde uygun bertaraf edilmezlerse bu kirleticilerin çevresel ortamlara zarar vermesi kaçınılmazdır (Rogulski ve Czerwinski, 2006).

Pil ve akümülatörlerin yönetiminde rastlanan uygulamalar aşağıdaki gibidir (Bernardes ve diğ., 2004):

**Depolama:** Özellikle evsel kullanımdan kaynaklanan pillerin evsel atıklarla karıştırılarak depolama alanlarında bertaraf edilmesi yaygın bir uygulamadır.

**Katılaştırma/ kararlı hale getirme:** Pillerin depolanmasından önce uygulanan bu süreçte, pillerin depolama alanındaki diğer atık bileşenleriyle temasının önüne geçilmeye çalışılır. Yüksek bir maliyet getirdiği için az tercih edilen bir uygulamadır (Bernardes ve diğ., 2004).

**Yakma:** Pillerin evsel atıklarla karıştırılması ve evsel atıkların yakıldığı tesislere gönderilmesi söz konusu olabilmektedir. Bu durumda, pillerin yanması sonucu çevreye cıva, kadmiyum, kurşun ve dioksin emisyonları yayılabilmektedir.

**Geri kazanım:** Pil içindeki metalleri geri kazanmak için hidrometalurjik ve pirometalurjik süreçler uygulanmaktadır. Aşağıda yaygın olarak kullanılan pil gruplarının geri kazanım yöntemleri açıklanmaktadır:

Kurşun-asit piller öncelikle çekiçli bir değirmen yardımıyla parçalanmakta, kırılan parçalar bir varile alınarak kurşun ve ağır malzemelerin çökmesi, plastik kısımların yüzmesi sağlanmaktadır. Polipropilen parçalar yüzeyden alınmakta, sıvılar boşaltılmakta, kurşun ve ağır metaller geride bırakılmaktadır. Bu şekilde ayrılan plastik, kurşun ve sülfürik asit gibi bileşenler ayrı ayrı geri kazanım adımlarını izlemektedirler (Şekil 5).



Şekil 5. Kurşun-asit pillerin geri kazanım süreci

Alkali pillerin (AAA, AA, C, D, 9V vb.) geri kazanımı için özel bir sıcaklıkta mekanik ayrım süreci izlenmektedir. Alkali pil bileşenleri üç nihai ürün olarak gruplandırılmaktadır: Çinko ve manganez konsantresi, çelik, kağıt-plastik-pirinç fraksiyonları. Elde edilen bileşenler pazara sunulur (BS, 2018). Lityum-iyon piller oksijensiz, özel bir oda sıcaklığında mekanik olarak ayrılmaktadır. Sürecin sonunda kobalt ve lityum tuzu konsantresi, paslanmaz çelik, bakır, alüminyum ve plastik elde edilmektedir. Nikel-kadmiyum pillerde önce plastik bileşenler metal bileşenlerden ayrılır. Metaller yüksek sıcaklıkta metal iyileştirme süreciyle geri kazanılır. Bu süreçte pil stoğunun içindeki tüm metaller, fırın içindeki erimiş metal banyosunda birleştirilmekte ve daha sonra döküm kalıbında soğutulmaktadır (BS, 2018). Şekil 6'da atık piller ve Şekil 7'de atık pillerden kurşun geri kazanımı görülmektedir.



**Şekil 6. Atık piller**



**Şekil 7. Atık pillerden kurşun geri kazanımı**

#### **8.4. Elektrikli ve Elektronik Atıklar**

Yaşamımızdaki yeri hızla büyüyen elektrikli ve elektronik cihazlar, kısa sürelerde kullanım ömürlerinin sonuna gelmekte ve çözülme bekleyen bir elektrikli ve elektronik atık (e-atık) sorunu ortaya çıkarmaktadırlar. E-atıklar, içerdikleri tehlikeli bileşenler nedeniyle, uygun yönetilmediklerinde çevre ve insan sağlığına tehlikeler sunabilmektedir. Uygun yönetildiklerinde ise içerdikleri bakır, gümüş,

altın, paladyum ve benzeri değerli metaller, cam, plastik gibi geri kazanılabilir bileşenler, ekonomiye geri kazandırılmaktadır.

Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği (Tarih: 22.05.2012, R.G. Sayı:28300) (AEEE, 2012) aşağıdaki ürünlerin kullanım ömrü dolduğu andaki bütün bileşenlerini, unsurlarını ve ihtiva ettiği sarf malzemelerini atık elektrikli ve elektronik eşya (AEEE) olarak tanımlamaktadır:

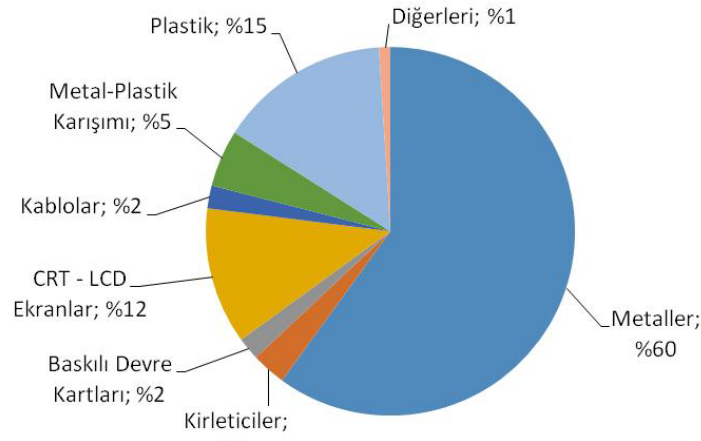
1. Büyük ev eşyaları
2. Küçük ev aletleri
3. Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları
4. Tüketici aletleri
5. Aydınlatma araçları
6. Elektrikli ve elektronik aletler (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere)
7. Oyuncaklar, eğlence ve spor araçları
8. Tıbbi cihazlar
9. İzleme ve kontrol aletleri
10. Otomatlar

E-atıklar içerik bakımından neredeyse 1000'den fazla farklı madde içermektedir. Bu maddelerin çoğunluğu zehirli özellik göstermektedir (Kumar, 2010). E-atıklar zehirli maddelerin yanı sıra, önemli miktarda değerli metaller içermektedir. E-atık içeriği demirli metaller, demir içermeyen metaller, cam, plastik ve diğer maddeler olarak gruplandırılabilir. Şekil 8'de e-atık olarak gruplandırılan atık aydınlatma araçları ve ayrılan cam parçalar görülmektedir.



**Şekil 8. Atık aydınlatma araçları ve ayrılan cam parçalar**

Toplanan e-atık içinde çoğunluğu oluşturan bileşen metal kısım olmakta, bunu plastik bileşen izlemektedir (Kumar, 2010). E-atık bileşenlerinin dağılımı Şekil 9'da görülmektedir.



**Şekil 9. E-atık bileşenlerinin dağılımı (Kumar, 2010)**

Energetics (2000) tarafından yayınlanan bir raporda, dünyada bir yılda oluşan e-atığın 16500 ton demir, 1900 ton bakır ve 300 ton altın içerdiği, bunun yanısıra önemli miktarlarda gümüş, alüminyum, paladyum ve diğer değerli metaller bulundurduğu tahmin edilmektedir. Bu değerli maddelerin yanında önemli miktarda cıva, kadmiyum, krom ve ozona zararlı kloroflorohidrokarbonların sağlığı tehdit edecek şekilde çevreye salınmış olduğu tahmini yapılmaktadır. Raporda, sadece Amerika ve Çin'in dünyada üretilen e-atığın 1/3'ünü ürettikleri belirtilmektedir (Energetics, 2000).

Tablo 2'de elektrikli ve elektronik eşyaların bileşiminde bulunan maddelerin % dağılımı verilmektedir.

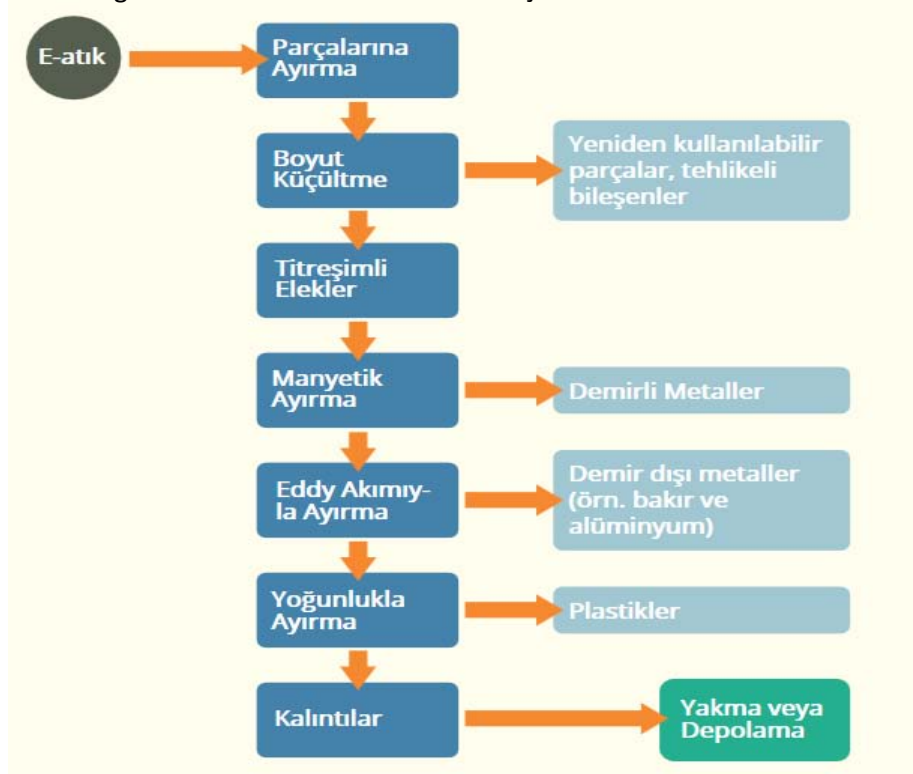
**Tablo 2. Elektrikli ve elektronik eşyaların bileşiminde bulunan maddelerin % dağılımı (Ioana ve Balescu, 2009)**

Materyal	Büyük Ev Eşyaları	Küçük Ev Eşyaları	Bilgi ve İletişim Teknolojileri (ICT) ve Kişisel Elektronikler
Demir	43	29	36
Alüminyum	14	9,3	5,0
Bakır	12	17	4
Kurşun	16	0,57	0,29
Kadmiyum	0,014	0,0068	0,018
Cıva	0,000038	0,000018	0,00007
Altın	0,0000067	0,0000061	0,00024
Gümüş	0,0000077	0,000007	0,0012
Paladyum	0,0000003	0,00000024	0,00006
İndiyum	0	0	0,0005
Plastikler (Bromlu)	0,29	0,75	18
Plastikler	19	37	12
Kurşunlu Cam	0	0	19
Cam	0,017	0,16	0,30
Diğer	10	6,9	5,7
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

E-atık geri dönüşüm işlemleri sırasıyla 3 aşamadan oluşmaktadır (Energetics, 2000):

1. Zehirli içerik ve materyallerin sökülmesi
2. Ön işlemler (elle ayırma, mekanik ayırma)
3. Son işlemler (ana metal işleme, değerli metal işleme, plastik geri dönüşümü, pil geri dönüşümü ve geri dönüştürülemeyen malzemenin bertarafı)

E-atıkların kontrollü koşullarda geri kazanımı, uygulanan yöntemlere göre iki tip tesis karşımıza çıkarmaktadır. Birinci tip tesiste e-atıklar parçalarına ayrılır ve mekanik olarak işlem görür. Böylelikle malzemeler daha sonraki geri kazanım adımları için hazırlanmış olur. İkinci tip tesiste, metalleri geri kazanmak için metalurjik süreçler, plastik ve diğer malzemeleri geri kazanmak için de farklı süreçler işletilir. Tipik bir e-atık geri kazanım sürecinin ilk adımları Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. Tipik bir e-atık geri kazanım sürecinin ilk adımları

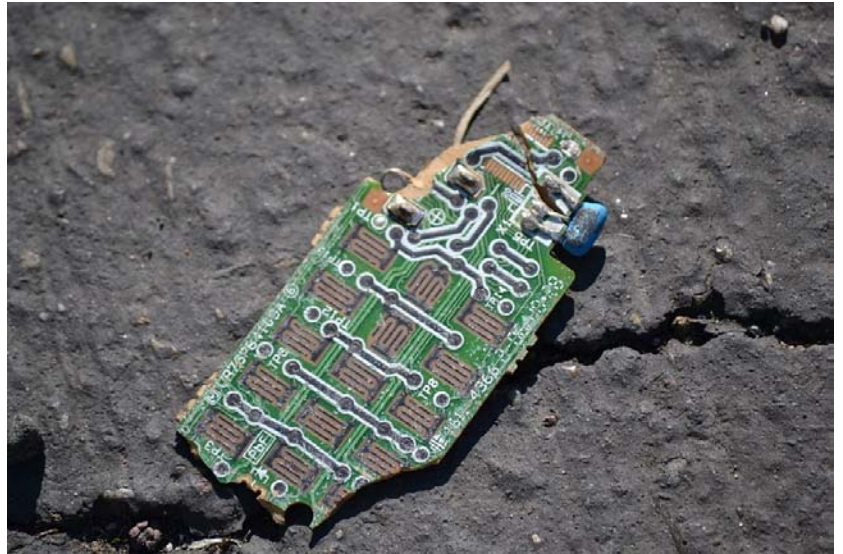
Geri kazanım sürecindeki ilk adım elle ayırma adıımıdır. E-atıktan çıkan yeniden kullanılabilir parçalar, metal, plastik ve cam parçalar, özel işlem gerektiren tehlikeli bileşenler (örneğin cıva içeren bileşenler, piller, katot ışını tüpleri CRT-cam ve sıvı kristal ekran-LCD monitörler) bu aşamada ayrılır. Atık monitörler ve katot ışını tüpleri Şekil 11'de görülmektedir.



**Şekil 11. Atık monitörler ve katot ışını tüpleri**

Ayırma işleminden sonra, cıva içeren bileşenler cıva geri kazanım tesislerine veya uygun baca gazı kontrol sistemleri olan lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerine gönderilir. Piller, kadmiyum, nikel, cıva ve kurşun geri kazanımı için uygun tesislere gönderilir. Kadmiyum, nikel ve cıva, fırında pillerin ısıtılmasıyla buharlaştırılarak ve daha sonra yoğunlaştırılarak geri kazanılır. Kurşun ise metalürjik süreçlerle pillerin ergitilmesi yoluyla geri kazanılır. Kurşun içeren CRT camları yeni kurşunlu cam üretiminde kullanılabilir. LCD monitörler ise cam geri kazanımına gönderilebilir veya lisanslı yakma tesislerinde yakılabilir (SEPA, 2011).

Bu adımı mekanik parçalama ve ayırma adımı izlemektedir. Baskılı devre kartları gibi geri kazanılabilir malzemelerin boyutları bu aşamada küçültülmektedir. Şekil 12’de atık haline gelmiş baskılı devre kartları görülmektedir.

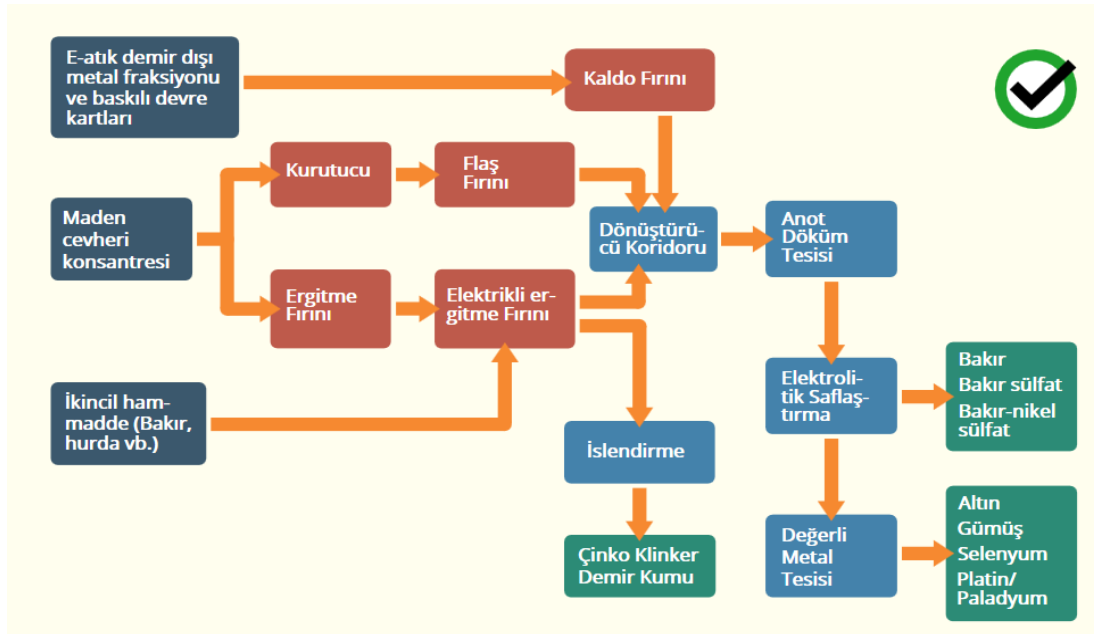


**Şekil 12. Atık haline gelmiş baskılı devre kartları**

Malzemeler parçalanarak fiziksel özelliklerine göre (ağırlık, boyut, şekil, yoğunluk ve elektromanyetik özellikler) göre ayrılmaktadır. Uygulanan tipik ayırma süreçleri, eleme, demirli parçaları manyetik ayırma, demir-dışı metalleri (örn. bakır ve alüminyum) eddy akımlı ayırma (elektiriksel iletkenlik), plastikleri yoğunluk veya yerçekimiyle ayırma (su veya hava akımı, yüzdürme, ayıklama) olarak sıralanabilir. Bunun yanında manuel ayırma veya optik ayırma teknikleri kullanılabilir. Ayırma adımı, elekten geçirme veya daha küçük parçalara bölme uygulamalarıyla desteklenebilir. Bu adımdaki çıktılar genelde ileri arıtma gerektiren ve bütün olarak çıkarılmış parçalar, metalik (çelik endüstrisine gönderilmek üzere), alüminyum (alüminyum ergitme tesislerine gönderilmek üzere), bakır (bakır ergitme tesislerine gönderilmek üzere) ve bazı plastik fraksiyonlarıdır. Bu aşamada genellikle plastik, cam, ahşap ve kauçuk karışımından oluşan atık fraksiyonu da ortaya çıkar. Bu kısım yakma tesislerine veya depolama alanlarına gönderilir (SEPA, 2011). Parçalara ayırma işi yapan tesisler yaptıkları işin boyutuna göre küçük veya büyük ölçekli olabilmekte, manuel işletmeden yüksek otomasyon içeren işletmelere farklılık göstermektedir.

Metal içeren fraksiyonların işlenmesi ve saflaştırılması metalürjik süreçlerle gerçekleştirilmektedir. Metallerin ergitildiği pirometalurjik süreçler ve metallerin çözünür hale getirildiği hidrometalurjik süreçler genellikle birlikte kullanılmaktadır. Bakır ergitme tesislerindeki pirometalurjik süreçleri elektrolitik saflaştırma izlemekte, böylelikle demir-dışı metaller geri kazanılmaktadır. Pirometalurjik süreçlerde parçalanmış hurda malzemeler fırınlarda veya ergitme banyolarında yakılarak plastiğinden ayrılmaktadır. Bu süreçte aynı zamanda demir, kurşun ve çinko gibi metaller silika bazlı cürufu sabitlenecek oksitlere dönüşmektedir. Daha çok bakır (sınırlı miktarda gümüş, altın, paladyum, nikel, selenyum, telluryum ve çinko) içeren eriyik bir anot fırında rafine edilerek kalıplara dökülmektedir. Bu şekilde geri kazanılan bakırın saflığı %99 düzeyinde olmaktadır. Kalan %0,9'luk kısım içinde değerli ve geri kazanılabilir metaller bulunmaktadır. Anottaki metaller asidik bir çözelti ile geri kazanılmaktadır (SEPA, 2011).

Metalurjik süreçler, maden cevherlerinden metal elde etmek için tasarlanmış metalürji endüstrisinde gerçekleştirilebilir. Elektronik hurdalar bu endüstrilerin giriş hammaddesinin çok küçük bir yüzdesini oluşturmaktadır. Ancak dünyada daha yüksek oranda e-atık ergiten metalürji endüstrileri bulunmaktadır. Cevher, hurda ve e-atıktan bakır ve değerli metaller elde eden bir tesis için iş akış diyagramı Şekil 13'de verilmektedir.



**Şekil 13. Cevher, hurda ve e-atıktan bakır ve değerli metaller elde eden bir geri kazanım tesisi için iş akış diyagramı (SEPA, 2011)**

Hidrometalurjik süreçler genelde pirometalurjik süreçlerden sonra metallerin saflaştırılmasında kullanılır. Ancak pirometalurjik süreçlere alternatif olarak kullanılmaları da mümkündür. Hidrometalurjik süreçlerdeki temel adımlar katı maddenin bir seri asit veya kostik çözeltiden geçirilmesinden oluşur. Kullanılan çözeltiler genelde siyanür, tiyoüre, tiyosülfat ve sodyum dihidroksittir. Asit olarak kral suyu ( hidroklorik ve nitrik asit çözeltisi), sülfürik asit, nitrik asit ve hidroklorik asit kullanılmaktadır. Metaller daha sonra çözeltilerden izole edilir ve çözücü ekstraksiyonu, çökeltim, çimentolaştırma, yüze tutunma, iyon değişimi, filtrasyon ve damıtma gibi süreçlerle konsantre hale getirilir (SEPA, 2011).

Metallerden sonra e-atık içindeki plastiklerin geri kazanım değeri yüksektir. Ancak e-atıklarla toplanan plastiklerin yalnızca %25'lik kısmı gerçekten geri kazanılabilmektedir (SEPA, 2011). Bunun temel nedeni plastiklerin oldukça karmaşık malzemeler olması, geri kazanım sürecini karmaşık hale getiren çeşitli polimer ve katkıları içermesidir. Bu nedenle farklı kalitelerin ayrılması ve geri kazanılamayan fraksiyonların ayrılması gerekmektedir. Ayırma işi, öğütme parçalama gibi adımlarla birlikte eleme, yoğunluk farkıyla ayırma, elektrostatik ayırma ve havayla ayırma gibi tekniklerle gerçekleştirilmektedir. Boya ve kaplamalar ileri öğütme, çözücüyle sıyırma ve yüksek sıcaklıkta sıvı çözeltilerle yıkama yoluyla giderilebilmektedir. Geri kazanılabilir olduğu kabul edilen ve buna göre ayrılan plastikler, eritme, kalıba dökme ve kalıptan çekme (ekstrüzyon) yoluyla yeni plastik ürünlere dönüştürülebilir. Piroliz ve depolimerizasyon gibi tekniklerle plastiğin kömür, gaz ve diğer kimyasallara dönüştürüldüğü uygulamalar küçük ölçekli gerçekleştirilmiş olsa da bu yöntemlerin büyük ölçekli uygulamaları konusunda belirsizlik bulunmaktadır (SEPA, 2011).

E-atık plastikleri çoğunlukla enerji ve ısı geri kazanımı olan evsel atık yakma sistemlerinde yakılmakta, bir kısmı da depolanmaktadır. E-atıklardan ayrılan plastik parçalar Şekil 14'te görülmektedir.



**Şekil 14. E-atıklardan ayrılan plastik parçalar**

Geri kazanım uygulamalarında sıklıkla rastladığımız atıklardan biri atık kablolardır. Atık kabloların içindeki bakır teller, piyasa değeri oldukça yüksek olan satılabilir ürünlerdir. Bakır telleri atık kablolardan ayırmak için genellikle fiziksel yöntemler uygulanmaktadır. Kalın kabloların içindeki ince kabloları ayırmak için kablonun kalın dış plastiğini kesen makineler kullanılmaktadır. Kalın kablolar içindeki ince kablolar ayrıldıktan sonra bakır tel ve plastik ayırma süreci uygulanmaktadır. Şekil 15'te kalın kablolardan çıkarılan bakır teller ve bakır tel içeren ince kablolar görülmektedir.





**Şekil 15. Kalın kablolardan çıkarılan ince kablolar ve bakır teller**

İnce kabloların içindeki bakır tellerin geri kazanımı için, kabloları çok ince parçalara bölen, oluşan küçük bakır tel parçalarını özgül ağırlık farkına göre plastik parçalardan ayıran kablo kırma ve ayırma makineleri kullanılmaktadır. Şekil 16'te ince kablolardan metal geri kazanımı ile ilgili görüntüler yer almaktadır.



**Şekil 16. Atık kablolardan metal geri kazanımı**

Gelişmekte olan ülkelerde yasa dışı gelişmiş bir e-atık geri kazanım sektörü bulunmaktadır. Bu sektörün tek amacı e-atık içindeki bakır, çelik, plastik, alüminyum, yazıcı toneri ve baskılı devre kartları gibi değerli malzemeleri geri kazanmaktır. Bu uygulamalarda geri kazanım faaliyetleri genellikle küçük atölyelerde veya dış ortamlarda gerçekleştirilmektedir. Üretilen malzeme, süreç

performansı veya üretilen emisyonla ilgili herhangi bir kontrol bulunmamaktadır. Şekil 17'de Gana'da herhangi bir güvenlik veya çevresel önlemin bulunmadığı, e-atıkların yakıldığı ve parçalandığı bir e-atık geri kazanım merkezi görülmektedir.



**Şekil 17. Gana'da kontrolsüz bir e-atık geri kazanım merkezi**

Bu tür kontrolsüz tesislerde uygulanan tipik süreçler aşağıdaki gibidir:

**Atıkların parçalanması ve değerli malzemelerin çıkarılması:** E-atıklar, çekiç, keski, tornavida kullanılarak veya çıplak elle parçalanmaktadır. Çıkarılan ve ileri süreçlere sokulacak malzemeler arasında bakır (motor, kablo, katot ışını tüpleri vb. içinde ), çelik (bilgisayar iç çerçeveleri, güç besleme kutusu, yazıcı parçaları), plastikler (bilgisayar kutuları, yazıcı, faks, monitör, klavye parçaları vb.), alüminyum (yazıcı parçaları vb.), yazıcı tonerleri, baskılı devre kartları bulunmaktadır. Bu aşamada kurşun içeren katot ışını tüpleri kırılarak bakır içeren kısımlar ayrılmakta ve bu kısımlar bakır geri kazanımı için ayrılmaktadır. Kalan atık kısımlar genelde toprak üstünde atık halde bırakılmaktadır (SEPA, 2011). Baskılı devre kartlarındaki lehimleri ve diğer değerli kısımları çıkarmak için ısıtma işlemi yapılmaktadır. Isıtma için kömürlü ızgaralar, propan meşaleler, kerosen ısıtıcılar veya basit araçlar kullanılmaktadır. Eritilen lehim toplanmakta, kartlara monte edilmiş diğer parçalar ise pense yardımıyla sökülülmektedir. Çipler ve diğer bileşenler, tekrar satılmaya uygun olanlar veya asit sıyırıcılara gönderilecek olanlar şeklinde ayrılmaktadır. Tekrar satılacak bileşenlerin vidaları sıkıştırılarak ve taze lehime daldırılarak satışa hazırlanmaktadır. Çiplerinden arındırılmış atık kartlar ise kalan metalleri ayırmak için yakılmakta veya asitle çözülmemektedir (SEPA, 2011).

**Metallerin asitle çözülmesi (ekstraksiyonu):** Çin'de ve Hindistan'da e-atık içindeki metalleri geri kazanmak için basit hidrometalurjik süreçler uygulanmaktadır. Baskılı devre kartları ve diğer bileşenler küçük ateşler üstünde ısıtılan güçlü asit çözeltilerinde çözündürülmektedir. Bu esnada işçiler çözeltiyi saatlerce karıştırmaktadırlar. Burada kullanılan asitler genellikle konsantre nitrik asit ve hidroklorik asittir. Asit çözeltileri bakırı çözmek için tek başına, altını çözmek için ise 1:3 kombinasyonu ile (kral suyu) uygulanmaktadır. Süreçte oluşan atık asitler ve çamurlar açık alana veya alanın yanındaki atıksu kaynağına kontrolsüzce boşaltılmaktadır (SEPA, 2011).

**Plastiklerin öğütülmesi, eritilmesi ve kalıptan çekilmesi:** Plastikler genelde ince ince doğranmakta, rengine veya yoğunluğuna göre ayrılmakta, ardından öğütülmektedir. Bu işler için genelde çocuklar çalıştırılmaktadır. Bu plastikler daha sonra eritilmekte ve kalıptan çekilerek yeni uygulamalar için hazırlanmaktadır. Bu işlemler solumaya karşı önlemin alınmadığı, yeterli havalandırmanın yapılmadığı odalarda gerçekleştirilmektedir. E-atık plastiklerinin büyük bir kısmı, içerdiği safsızlıklar ve uygun olmayan renkler nedeniyle geri kazanılamamaktadır ve açık alanlarda yakılarak uzaklaştırılmakta veya yığınlar halinde toprak üstünde bırakılmaktadır.

**Plastiklerin ve kalıntı maddelerin yakılması:** Bazı e-atık parçaları bağlı buldukları plastik kısımlardan ayrılmak için açık ateşlerde yakılmaktadır. Karmaşık atıklarda olduğu gibi plastikte kaplanmış basit kablolar için de bu işlem yapılmaktadır. İstenmeyen hurdaları ve kalıntıları yakmak bu tür tesislerde yaygın bir uygulamadır (SEPA, 2011).

**Toner sıyırma:** Toner kartuşları tornavidalarla parçalarına ayrılarak içlerinde kalan toner sıyırılmakta, fırçalar yardımıyla kovalarda toplanmaktadır. Boş kartuşlar atık olarak alanda bırakılmaktadır. Bu faaliyet esnasında korunmasız işçileri çevreleyen toner bulutları oluşmaktadır (SEPA, 2011).

**Kalıntı maddelerin gömülmesi:** E-atıkların büyük bir kısmı geri kazanılamamakta, açık alanlara gömülmekte veya açık su kaynaklarına boşaltılmaktadır. Gömülen maddeler içinde kurşunlu katot ışını tüpü camları, yakılmış ve asitle indirgenmiş baskılı devre kartları, toner kartuşları, kirli ve karışık plastikler, geri kazanım işlemlerinin kalıntıları (açık yakma işlemi külleri) ve asit banyosu atıkları ve çamurları bulunmaktadır (SEPA, 2011).

E-atıkların yönetimi insan ve çevre sağlığı için her zaman potansiyel bir risk sunmaktadır. Bunun temel nedeni, e-atıklar içinde bulunan çeşitli tehlikeli bileşenler ve atıkları bertaraf etmek için uygulanan yöntemlerdir. Ayrılmamış e-atıkların depolanması ve yakılması, tehlikeli (veya değerli) bileşenlerin giderimine imkan vermemekte, bu nedenle e-atık içindeki bileşenlerin sızmasına veya emisyon haline gelmesine neden olmaktadır. Tehlikeli bileşenler dahil olmak üzere e-atık geri kazanımı, gerek çevresel etki açısından gerek kaynakların korunması açısından bir fırsat sunmaktadır. Ancak, geri kazanım süreçleri her zaman çok iyi uygulanmadığından ve atıktan tehlikeli bileşenleri tamamen gideremediğinden, geri kazanım süreçleri başlıbaşına bir tehlike kaynağı haline gelebilmektedir.

Elektrikli ve elektronik eşya üretimi ve e-atık yönetiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir (AEEE, 2012):

- Elektrikli ve elektronik eşyalar ile elektrik ampulleri ve evsel amaçlı kullanılan aydınlatma gereçlerinde, kurşun (Pb), cıva (Hg), artı altı değerlikli krom (Cr6+), polibromürlü bifeniller (PBB) ve polibromürlü difenil eterler (PBDE) ile kadmiyumun (Cd) bulunması yasaktır.
- Yeni tasarım ürünlerde geri dönüştürülebilen malzeme kullanımı teşvik edilir.
- Atık elektrikli ve elektronik eşyaların bir bütün olarak yeniden kullanımına öncelik verilir.
- Toplanan e-atıkların işlenmesi sağlanarak, geri kazanım ve geri dönüşüm hedefleri sağlanır.
- E-atıkların ve parçalarının teknik olarak işlenerek geri dönüşüm ve geri kazanım imkânının bulunmaması durumunda bertarafına müsaade edilir.
- E-atıkların geri dönüşümü, geri kazanımı ve bertarafı lisanslı tesislerde yapılır.
- E-atıkların işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıkların azaltılması veya imhası amacıyla çevre mevzuatına aykırı olarak yakılması ve alıcı ortama verilmesi yasaktır.

- Elektrikli ve elektronik eşya üretimi yapılan tesiste oluşan veya garanti kapsamında yetkili servislerden iade alınan e-atıkların işlenmesi amacıyla üretim yerinde kurulan üniteler için lisans şartı aranmaz (AEEE, 2012).

### 8.5.Ömrünü Tamamlamış Lastikler

Faydalı ömrünü tamamladığı belirlenerek araçtan sökülen orijinal veya kaplanmış, bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılmayacak durumda olan ve üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastikler ömrünü tamamlamış lastik olarak sınıflandırılmaktadır (ÖTL, 2006).

Lastikler tüm ulaşım araçlarında kullanılmaktadır; binek araçlar, otobüsler, kamyonlar, uçaklar ve bisikletler. Ancak, atık lastiklerin en büyük fraksiyonunu binek araç ve kamyonlardan çıkan lastikler oluşturmaktadır. Farklı araçlar için üretilen lastikler farklı kullanım süreçlerinden dolayı farklı kompozisyonlara sahiptir. Binek araçlar ve kamyonlardan çıkan lastiklerin kompozisyonu Tablo 3'te verilmektedir. Örneğin kamyonlar için üretilen lastiklerde binek araç lastikleriyle kıyaslandığında daha çok metal parça bulunmakta ve tekstil malzemesi bulunmamaktadır.

Ömrünü tamamlamış lastikler (ÖTL) biyolojik olarak parçalanamadıkları halde yıllarca depolama alanlarında gömülerek bertaraf edilmişlerdir (Brogaard ve Christensen, 2010). Bu alandaki mevzuatın gelişmesiyle atık lastiklerin depolama alanlarında bertarafı yasaklanmıştır. Lastikler araç altından söküldükten sonra "kullanılmış lastik" ya da "ömrünü tamamlamış lastik" olarak tanımlanmaktadır. Lastiklerin dış derinliği belirli bir inceliğe (örn. binek araç lastikleri için 1.6 mm) düştüğü zaman ömrünü tamamlamış lastik haline gelmektedirler. Bazı lastikler araç altından söküldükten sonra, kaplanarak yeniden araç altında kullanıma uygun hale getirilebilmekte, özellikle otobüs, kamyon lastikleri kaplanarak geri kazanılabilmektedir (Brogaard ve Christensen, 2010).

**Tablo 3. Araç lastiklerini oluşturan bileşenler (Brogaard ve Christensen, 2010)**

Malzeme	Otomobil Lastiği	Kamyon/Otobüs Lastiği
Kauçuk /Elastomer	%48	%43
Karbon Siyahı	%22	%21
Metal	%15	%27
Tekstil	%5	-
Çinkooksit	%1	%2
Kükürt	%1	%1
Katkı Maddeleri	%8	%6

ÖTL (Şekil 18) özel bir atık fraksiyonu olarak değerlendirilir. Bu atıkların geleneksel atık yönetim teknolojileriyle yönetilmeleri zordur.



**Şekil 18. Ömrünü tamamlamış lastikler**

ÖTL'nin kontrolsüzce yakılması oldukça tehlikeli bileşenlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bileşenler arasında, karbon siyahı, uçucu organikler, yarı-uçucu organikler, çok halkalı hidrokarbonlar, yağlar, kükürt oksitleri, azot oksitleri, nitrozaminler, karbon oksitleri, uçucu partiküller ve As, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe vb. gibi metaller yer almaktadır. ÖTL yönetimiyle ilgili ilkeler aşağıdaki gibidir (ÖTL, 2006) sıralamaktadır:

- ÖTL'lerin geri kazanımı esastır.
- Lastik üreticileri lastik ömrünü uzatacak tedbirleri tasarım aşamasında alırlar.
- ÖTL'lerin ithalatı yasaktır.
- Transit ve ihracat işlemlerinde Bazal Sözleşmesi esasları uygulanır.
- ÖTL'lerin hangi sebeple olursa olsun vadi veya çukurlarda dolgu malzemesi olarak kullanılması, katı atık depolama tesislerine kabulü ve depolanması, ısınmada kullanılması, gösteri ve benzeri fiilleri kapsayacak şekilde her ne amaçla olursa olsun yakılması yasaktır.
- ÖTL lastik tamirhaneleri, kaplamacılar, perakende satış noktaları, oto sanayi ve benzeri yerlerde açık alanda biriktirilemez. Biriktirme yerlerinde yangına ve sivrisinek, fare gibi zararlıların üremesine karşı önlem alınır. ÖTL'ler yetkili taşıyıcılara teslim edilinceye kadar en fazla altmış gün bu yerlerde muhafaza edilebilir.
- ÖTL üreticisi, aracının lastiklerini değiştirdiğinde eski lastiklerini, lastik dağıtımını ve satışını yapan işletmelere veya yetkili taşıyıcılara teslim eder.
- ÖTL'ler yetkili taşıyıcılara bedelsiz olarak teslim edilir. Yetkisiz kuruluş ve kişilerin taşıma yapması yasaktır.
- Yarış pistleri, çocuk oyun alanları, karting pistleri ve benzeri alanlarda çarpma bariyeri olarak kullanılan ÖTL'lerin bertarafı, bu yerleri işletenler tarafından sağlanır.
- ÖTL'lerin yarattığı çevresel kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı, lastik üreticileri, ÖTL üreticileri, taşıyıcılar, geçici depolama alanı işletmecileri, geri kazanım ve bertarafçılar kusur şartı aranmaksızın müteselsilen sorumludurlar.
- Ömrünü tamamlamış taşıt söküm tesislerini işletenler, ortaya çıkan ÖTL'lerin yasal mevzuat kapsamında geri kazanımını veya bertarafını sağlarlar veya sağlarlar.

Atık lastikler yeni lastiklere dönüştürülebilirmekte veya farklı inşaat mühendisliği projelerinde kullanılabilir. Örneğin setlerin oluşturulmasında, duvar desteklerinde, yol izolasyonunda, erozyon

kontrol/taşkın bariyerlerinde atık lastikler kullanılabilir (Brogaard ve Christensen, 2010). Lastik bileşenindeki kauçuk eritilerek asfalt içinde kullanılarak trafik gürültüsü azaltılabilir (Brogaard ve Christensen, 2010). Atık lastiklerin enerji içeriği 32GJ/t düzeyindedir; bu oran enerji içeriği 27 GJ/t düzeyinde olan kömüre çok yakındır (Brogaard ve Christensen, 2010). Bu nedenle bu atıkların çimento fırınlarında ek yakıt olarak kullanılması da mümkündür. Geri kazanım ve yeniden kullanımdan önce, lastikler boyutlarına göre ayrılır ve parçalanır (Şekil 19). Kauçuk, metal ve tekstil parçalarından oluşan parçalanmış karışım, sonraki geri kazanım yöntemine bağlı olarak granül hale getirilebilir.



Şekil 19. Parçalanmış atık lastikler

Daha sonra, metal, tekstil ve kauçuk fraksiyonlar, özgül ağırlık esasıyla çalışan seperatörlerle ayrılır ve farklı eleklerden geçirilerek geri kazanıma hazırlanır. Şekil 20'de atık lastikler için uygulanan geri kazanım yöntemleri özetlenmektedir.



Şekil 20. Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanımı için uygulanan yöntemler

ÖTL'lerin yeniden kullanımına örnek olarak Şekil 21'deki mobilyalar verilebilir.



**Şekil 21. ÖTL ile yapılmış bir mobilya örneği**

#### **8.6. Ömrünü Tamamlamış Araçlar**

Avrupa Birliği'nin Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi (AB, 2000) ve ulusal mevzuattaki Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik (ÖTA, 2009), ömrünü tamamlamış araçların parçalanmasını ve geri kazanımını çevre dostu hale getirmeye çalışmaktadır. Mevzuat, ömrünü tamamlamış araçların ve bileşenlerinin yeniden kullanımı, geri dönüşümü veya geri kazanımı için belirgin rakamsal hedefler koymakta, araç üreticilerini tehlikeli madde kullanmadan (özellikle kurşun, cıva, kadmiyum ve 6 değerlikli krom) araç üretmeleri yönünde zorlamaya çalışmaktadır. Özellikle genişletilmiş üretici sorumluluğu kapsamında araçların bertarafının yanında tüm yaşam döngüsünün düşünülmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Araçların ömrünü tamamladıktan sonra atık üretiminin minimize edilmesini amaçlamaktadır.

Araç üretiminde ağır metal kullanımının sınırlandırılmasının yanısıra, araçların uygun işleme tesislerinde biriktirilmesi; araç sıvılarının ve belirli bileşenlerinin arındırılması; parça ve bileşenlerle ilgili bilgi kodlarının oluşturulması; tüketici ve işleme merkezleri için bilgi akışının sağlanması; yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım performans hedeflerine ulaşılması gibi alt hedeflerin sağlanması esastır. Bu kapsamda araç üreticilerine, geri kazanım endüstrisine, kullanıcılara ve yetkili kurumlara çeşitli sorumluluklar düşmektedir. Çerçeve Atık Direktifi'nde (AB, 2008) yapılan tanımlara göre, bir aracın ömrünü tamamlamış araç olup olmaması müşterinin iradesine bağlıdır. Bazı durumlarda aracın durumu bu kararın verilmesini sağlamaktadır. Yaşına ve ağırlığına bakmaksızın, ömrünü tamamlamış bir aracın %75'inin demirli ve demirdışı metalden oluştuğu bilinmektedir. Araç ağırlığının kalan %25'lik kısmı ise lastik, akışkan ve diğer bileşen malzemelerden oluşmaktadır. Şekil 22'te ömrünü tamamlamış araç görüntüleri verilmektedir.



Şekil 22. Ömrünü tamamlamış araçlar

Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi, önleme, malzeme kodlama, işleme zorunluluğu, toplama sistemleri, bilgi verme gibi temel unsurlar üzerinde durmaktadır (AB, 2000). Şekil 23'te ömrünü tamamlamış araçların geri kazanım süreci şematize edilmektedir.



Önleme kavramı dört esas üzerine oturtulmaktadır. Öncelikli amaç, araçlarda bulunan tehlikeli maddelerin azaltılarak çevreye salınımlarının minimize edilmesidir. İkinci olarak, araçların uygun bir şekilde sökülüp parçalanmasını kolaylaştıracak, bileşenlerinin yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve geri kazanımını mümkün kılacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Üçüncü olarak, üreticilerin (hem araç hem de araç bileşeni üreticilerinin) geri kazanılmış malzeme talebini artırmaları istenmektedir. Son olarak da birkaç istisnai uygulama dışında belirli ağır metallerin (kurşun, cıva,



kadmiyum, altı değerlikli krom) kullanımı yasaklanmıştır (AB, 2000). Tehlikeli olarak sınıflandırılan ve bu nedenle çevreye salınmaması gereken veya geri kazanımı kolaylaştırmak açısından sökülmesi gereken malzemeler ve araç bileşenlerinin işleme tesisleri tarafından kolaylıkla tespit edilebilmesi açısından kodlanması gerekmektedir (AB, 2000).

Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi ile araçların fiziksel olarak işlenmesi ile ilgili zorunluluklar ve işleme tesislerinin standartları gibi hususlar belirlenmiştir. Bu standartlar bina, arazi ve tesisatla ilgili olarak belirlenmiştir ve özellikle akışkanların toprağa salınmasını engellemeyi amaçlamaktadır. Fiziksel işlem prosedürü ise kirlilik arındırma ile geri dönüşüm işlemlerini birbirinden ayırmaktadır. Kirlilik arındırma tanımında işleme tesislerinin ömrünü tamamlamış araçlardaki bütün akışkanları, tehlikeli olarak belirlenmiş tüm bileşenleri gidermeleri bulunmaktadır. Bu bileşenlere örnek olarak emniyet kemeri gerici veya hava yastıkları verilebilir. Geri dönüşüm işlemleri ise katalitik konvertör, lastik, cam, bakır, alüminyum veya magnezyum içeren metal parçalar ve büyük plastik parçaların ayrılmasını ifade etmektedir (AB, 2000).

Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi'nin başlıca vurgusu üreticilerin pazara sürdükleri araçları ömrünü tamamladıktan sonra toplama zorunluluğuyla ilgilidir (AB, 2000). Bu zorunluluk, üreticinin bu işlemi fiziksel olarak kendi başına yapması anlamına gelmemektedir. Bu amaçla üretici, çeşitli işleme merkezleriyle bir zincir oluşturarak kolektif bir toplama sistem kurabilir. Toplama sisteminin "yeterli alan" kriterini sağlaması gerekmektedir. Bu, tipik olarak 50 km çapında bir geri alma merkezi anlamına gelmektedir. Araç geri alma işleminin araç sahibinden hiçbir ücret almadan gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Burada iki istisnai durum söz konusudur. Aracın temel bileşenleri mevcut değilse veya atık içeriyorsa geri-alma tesisinin son kullanıcıdan ücret alma hakkı bulunmaktadır.

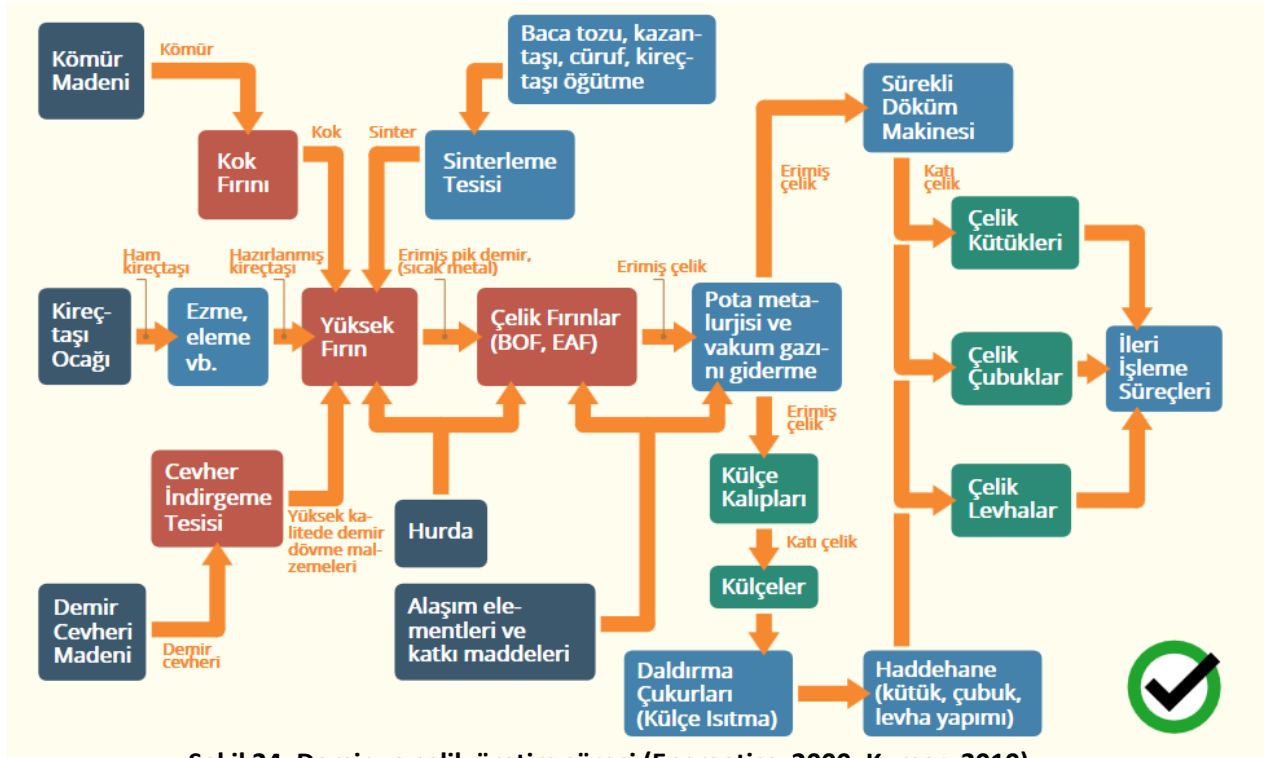
Yasal çerçeve içinde yürütülen araç geri kazanım işlemlerinin taraflarla bilgi alışverişi içinde yürütülmesi gerekmektedir. Taraflardan biri, alan bilgisi isteyen ulusal çevre otoriteleridir. Taraflardan diğeri, ömrünü tamamlamış aracını teslim etmek için en yakın geri-alma merkezini öğrenmek isteyen veya üreticinin çevresel performansını merak eden veya araç geri kazanım süreçlerini merak eden müşterilerdir. Araç imalatçıları veya ithalat şirketleri bu bilgiyi web sayfalarında duyururlar. Geri kazanım/işleme tesislerinin de bilgilendirilmesi önemlidir. Atık oluşumunun önlenmesi esas olduğuna göre, atık işleme tesislerinin araçtan ayıracakları parçalar hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Bu nedenle otomotiv endüstrisi bu bilgiyi ücretsiz olarak işleme tesislerine sağlamaktadır (AB, 2000).

Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik'e göre (ÖTA, 2009) ömrünü tamamlamış araçların kontrolüne ilişkin esaslar aşağıdaki gibidir:

- Ömrünü tamamlamış araçların ithalatı yasaktır.
- Geri dönüşüm uygulamalarını yaygınlaştırmak için araçlarda geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı artırılır.
- Yeni araçların ve bunlara ait malzeme ve parçaların tasarım ve üretimi, araç ömrünü tamamladıktan sonra sökülmesini, yeniden kullanımını, geri kazanımını ve geri dönüşümünü kolaylaştıracak şekilde yapılır.

## 8.7. Demir ve Çelik Endüstrisi Atıkları

Entegre bir demir çelik üretiminde kok, demir ve çelik üretimi ve ardından şekil verme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Şekil 24'te entegre bir demir ve çelik üretim süreci verilmektedir.



Şekil 24. Demir ve çelik üretim süreci (Energetics, 2000; Kumar, 2010)

Ham (pik) demir üretmek için yüksek fırınlar kullanılmaktadır. Pik demir bazik oksijen fırını girdisinin %75'ini oluşturmaktadır. Pik demirin kompozisyonunda, karbon (%4,0- 4,5), silikon (%0,3-1,5), mangan (%0,25-2,2), fosfor (%0,04 - 0,20), kükürt (%0,03 - 0,8) ve demir cevheri (%90) bulunmaktadır (Kumar, 2010).

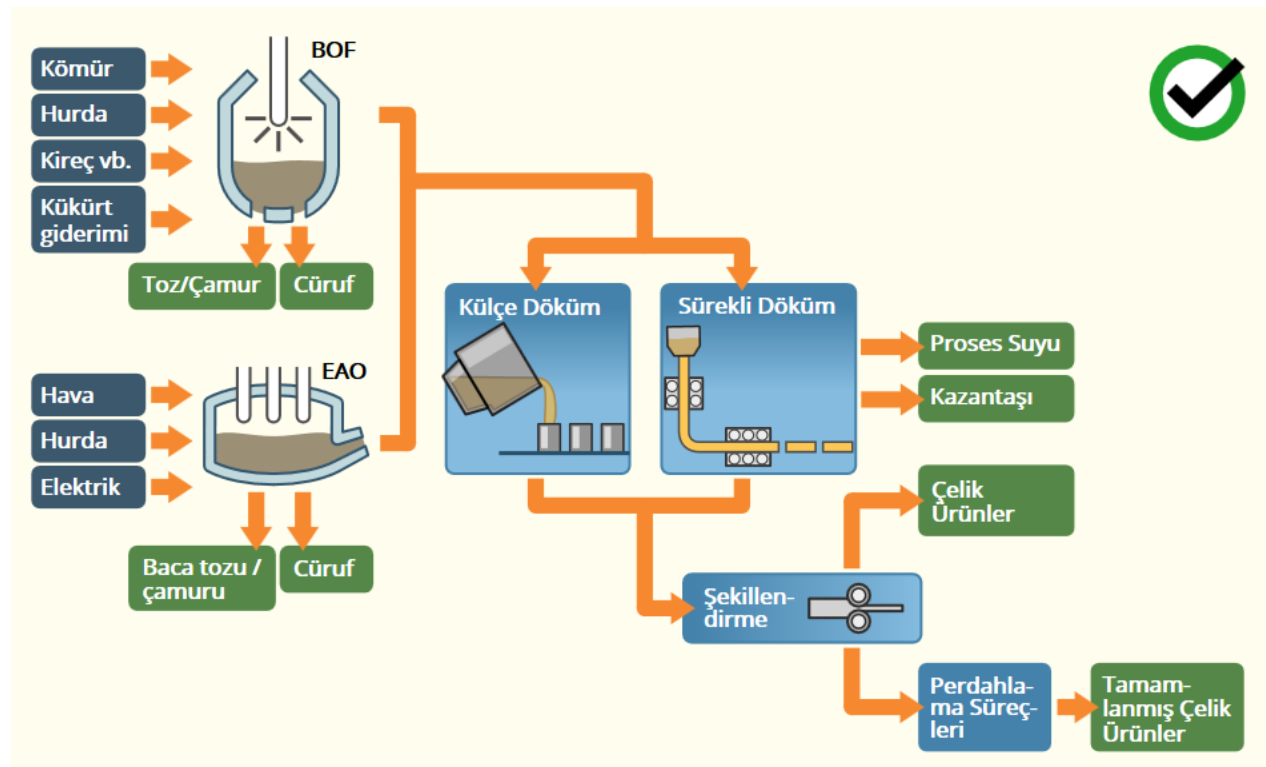
Demir cevheri, kok, kireçtaşı, dolomit ve silikat tortusu yüksek fırına yukarıdan beslenir. Isıtılmış hava fırına enjekte edilir. Aşağı doğru inen malzemeler yüksek fırında demiroksit ( FeO) ve demire (Fe) dönüşür. Dolomit ve silikat tortusu, kok içindeki külü ve cevher içindeki topraksı malzemeleri birleştirerek drene edilebilir akışkan bir cüruf oluşumunu sağlar.

Demir üretimi esnasında sinterleme tesislerinden kaynaklanan emisyonlar genelde demiroksit, magnezyum oksit, kükürt oksit, karbonlu bileşikler, alifatik hidrokarbonlar ve klorürlerden oluşan partikül maddelerdir. Florür, amonyak ve arsenik gibi kirleticiler de bulunabilir. Aynı zamanda yüksek oranlarda karbon monoksit ve kükürt dioksit salınımı da olmaktadır (Kumar, 2010).

Bazik oksijen fırınlarında, fırın ve teçhizatını temassız soğutmak amacıyla su kullanılmaktadır. Fırın neminin kontrolü, toz kontrolü ve cüruf granülasyonu, gaz temizleme işlemleri, sıyrıcılar için de su kullanılmaktadır. Bu atıksulardaki temel kirleticiler askıda katı madde, amonyak azotu, siyanür, fenolik bileşikler, bakır, kurşun, nikel, çinko, selenyum, arsenik, krom ve kadmiyumdur (Kumar, 2010).

Erimiş demir elde edilirken ortaya çıkan yan ürünler, yüksek fırın gazı, cüruf, hava kirliliği kontrol tozu (baca tozu) ve arıtma çamuru olarak sıralanabilir. Yüksek fırın gazı, tesiste yakıt olarak kullanılabilir, ısıtılmış, toz yüklü ve yanabilir bir gazdır. Arıtma çamuru yüksek miktarda çinko ve kurşun içeren ıslak sıyırıcı sistemlerinden çıkan bir atıktır. Baca tozu ve çamur demir, kalsiyum, silikon, magnezyum, mangan ve alüminyum oksitler içermektedir. Yüksek fırın cürufunda ağırlıkça %20-40 oranında erimiş demir bulunmaktadır. Düşük kalitedeki demir cevherlerinden yüksek oranda cüruf çıkmaktadır (Kumar, 2010, Energetics, 2000).

Çelik %1'in altında karbon içeren bir demir alaşımıdır. Çelik üretimi birbirini izleyen çeşitli adımlardan oluşur. Bazik oksijen fırını (BOF) ve elektrikli ark ocağı (EAO), çelik üretiminde kullanılan iki temel teknolojidir. Bu teknolojilerde farklı girdi malzemeler kullanılıyor olsa da, her iki fırın tipinin temel çıktısı, daha sonra ürüne dönüştürülecek erimiş çeliktir. BOF'nin girdi malzemeleri erimiş demir, hurda ve oksijendir. EAO'nun girdi malzemeleri elektrik ve hurdadır (Kumar, 2010). BOF yüksek tonajlı karbon çelik üretiminde kullanılırken, EAO düşük tonajlı alaşım, özel çelik ve karbon çelik üretiminde kullanılmaktadır. BOF kullanılarak yapılan çelik imalatında, çelik üretiminden önce kok ve demir üretimi gerçekleştirilmektedir. EAO kullanılarak yapılan çelik üretiminde ise bu adımlar gerekli olmamaktadır. Yakıt ve karbon kaynağı olarak işlev gören kok, kömürün kok fırınlarında yüksek sıcaklıkta ve oksijensiz olarak ısıtılmasıyla elde edilmektedir. BOF'da yüksek fırından gelen erimiş demir hurdayla birleştirilmekte, üzerine yüksek saflıkta oksijen enjekte edilmektedir. EAO sürecinde girdi malzemesi hurda çeliktir; elektrotlar üzerinde oluşturulan akım hurda üzerinden geçirilmekte, böylece hurda eritilmekte ve saflaştırılmaktadır. Her iki süreçten çıkan erimiş çelik külçe veya levha haline getirilmektedir (Kumar, 2010). Çelik üretim süreci Şekil 25'te verilmektedir.



Şekil 25. Çelik üretim süreci (Kumar, 2010)

BOF ile çelik üretim sürecinin en önemli emisyonları oksijen üfürme sürecinde ortaya çıkmaktadır. Şekil 26'da yükleme yapılan bir bazik oksijen fırını görülmektedir.



**Şekil 26. Yükleme yapılan bir bazik oksijen fırını**

Burada baskın bulunan bileşikler demiroksitlerdir ( $FeO$  ve  $Fe_2O_3$ ). Kullanılan hurdanın kalitesine göre bazı metalik oksitler de oluşmaktadır. Oksijen üfürme zamanlarında oluşan partikül madde yüklü gaz ve duman (yüksek ve değişken miktarda çinko içeren çok ince bir demiroksit dumanı), geniş bir toplama borusuyla fırından tahliye edilmektedir. Başlıca bileşeni CO olan BOF gazı, fırından 1600-1800°C sıcaklıkta ayrılmaktadır. BOF'de üretilen tehlikeli hava kirleticileri ağır metallere oluşmaktadır (kadmium, krom, kurşun, çinko, mangan ve nikel) (Energetics, 2000). Bazik oksijen fırınıyla çelik üretim işlemlerinde görülebilecek girdi ve çıktılar Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4. Bazik oksijen fırınıyla çelik üretim işlemlerinde girdiler ve çıktılar (Energetics, 2000)**

Girdiler	Çıktılar
Erimiş demir	Erimiş çelik
Metal hurda	Hava kirliliği kontrol atıkları (toz ve çamur)
Diğer metalik demir kaynaklar	Metal tozları (demir, çinko ve hurdada bulunan diğer metaller)
Demir	Cüruf
Demiroksit maddeler ve atık oksitler	Tesadüfen oluşan grafit (kish)
Oksijen	Karbonmonoksit ve karbondioksit
Alaşım maddeleri (Alüminyum, mangan, krom, nikel vb.)	Azotoksitler ve ozon
Kireç	
Elektrik ve doğal gaz	
Azot	
Argon	
Su	

BOF ile çelik üretimi sonucunda, BOF cürufu, hava kirliliği kontrol tozu (baca tozu), atıksu arıtma çamuru oluşmaktadır. BOF cürufu demir oksitler, alüminyum, mangan, kalsiyum ve magnezyum oksitlerle birleşmiş kalsiyum silikatlar ve ferritlerden oluşmaktadır. Erimiş BOF cürufu fırından ayrıldıktan sonra sinterleme tesisi veya yüksek fırında kullanılmak üzere metal (demir ve mangan) geri kazanımı için soğutulmakta ve işlenmektedir. Kalan demirdışı fraksiyon parçalanıp elekten geçirilerek başka kullanımlar için hazırlanmaktadır (Kumar, 2010). BOF cürufunun kompozisyonunun yüksek fırın cürufuna göre farklılık göstermesi nedeniyle, BOF cürufundaki oksitler hidrate olduklarında %10'a kadar bir hacim genişlemesi gösterebilmektedir. Bu nedenle kullanımları yüksek fırın cürufuyla kıyaslandığında daha sınırlıdır. BOF cürufu çelik üretiminin ağırlıkça %20'si oranında oluşmaktadır. Tipik bir BOF cürufu içinde %48 CaO, %26 FeO, %12 SiO<sub>2</sub>, %6-7 MgO, %5 MnO, %1-2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ve %1 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bulunmaktadır (Kumar, 2010).

Elektrik ark ocaklarında hurda metalden ve bunun yanında indirgenmiş demir, sıcak briket demir ve soğuk pik demirden karbon ve alaşım çelikler üretilmektedir. Girdiler, silindirik, refrakter döşeli, karbon elektrotları olan elektrikli ark ocaklarında eritilmektedir. Şekil 27'de elektrik ark ocağı görüntüleri verilmektedir.



**Şekil 27. Elektrik ark ocağı görüntüleri**

Yükleme esnasında fırının üst kısmı kaldırılarak hurda metal ve diğer demir içerikli metaller beslenmektedir. Alaşım maddeleri ve kireç gibi maddeler fırının yan kapılarından verilmektedir. Elektrotlar metalin üzerine kadar indirilerek akım verilmekte ve hurdanın erimesi sağlanmaktadır. Elektrik ark ocağı sürecinin girdi ve çıktıları Tablo 5'te verilmektedir.

**Tablo 5. Elektrikli ark ocağıyla çelik üretim işlemlerinde girdiler ve çıktılar (Energetics, 2000)**

Girdiler	Çıktılar
Hurda metal	Erimiş çelik
İndirgenmiş demir	Cüruf
Sıcak briket demir	Karbonmonoksit
Soğuk pik demir	Azotoksit ve ozon
Sıcak metal	Elektrik ark ocağı emisyon kontrol tozu
Alaşım maddeleri (örn. Alüminyum, mangan, krom, nikel)	
Kireç	
Elektrik	
Oksijen	
Azot	
Doğal gaz	
Yağ	
Kömür veya başka bir karbon kaynağı	
Su	

EAO işletiminin bütün aşamalarında birincil veya ikincil emisyonlar oluşmaktadır. Birincil emisyonlar erime ve saflaştırma, ikincil emisyonlar da yükleme ve dumanların kaçıışı esnasında ortaya çıkmaktadır. EAO emisyonlarının temel bileşenleri partikül madde ve gazlardır (karbon monoksit, SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub>). Karbonmonoksit, oksijen mızraklama (lancing), cüruf köpürtme ve pik demir kullanımı esnasında büyük miktarlarda oluşmaktadır (Kumar, 2010). Hurda yüzeyinden çıkan yağ, gres ve diğer yanabilir malzemelerin erimeye başlamasıyla büyük miktarda karbonmonoksit ve hidrojen oluşmaktadır. Azot, elektrotlar arasındaki ark içinden geçerken NO<sub>x</sub> oluşmaktadır. Üretilen 1 ton çelik başına 36-90 g NO<sub>x</sub> olduğu rapor edilmiştir (Kumar, 2010). Hurda karışımları içinde bulunan organik bileşikler, fırında uçucu organik bileşik olarak yakılmakta veya parçalanmaktadır. Yeterli oksijenin olmaması durumunda hidrokarbon bileşikler baca gazı kontrol sisteminde ortaya çıkmaktadır (Energetics, 2000).

Elektrik ark ocaklarının çoğu, kuru baca gazı yöntemleri kullandıkları için atıksu deşarjı olmamaktadır. EAO sürecinden çıkan kirleticiler, BOF sürecinden çıkan kirletici türleriyle benzerlik gösterir. Ancak EAO sürecinde daha yüksek miktarda hurda kullanıldığı için atıklardaki metal konsantrasyonu (özellikle kurşun ve çinko, aynı zamanda arsenik, kadmiyum, bakır, krom ve selenyum) daha yüksektir.

EAO ile çelik yapım süreçlerinin iki temel yan ürünü cüruf ve baca tozlarıdır. Erime esnasında fosfor, silikon, mangan, karbon ve diğer maddelerin oksidasyonu sonucunda, bu oksidasyon ürünlerinin bazılarını içeren bir cüruf erimiş metalin üzerinde oluşmaktadır. EAO tozu ise EAO sürecinde oluşan partikül madde ve gazdan oluşmaktadır. Kuru sistem kullanılarak uzaklaştırılan bu partikül maddeye EAO tozu veya baca tozu adı verilmektedir. Partikül madde ıslak bir sistem ile uzaklaştırılıyorsa EAO çamuru adını almaktadır. Baca tozları içerdikleri ağır metallerin sızma potansiyeli nedeniyle Türk, Avrupa Birliği ve ABD yönetmeliklerince tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır. Hurda kalitesi düşük olduğunda, baca tozlarındaki çinkooksit (ZnO) ve kurşunoksit (PbO) konsantrasyonları sırasıyla %44 ve %4 düzeyine çıkabilmektedir (Energetics, 2000). Tipik bir baca tozu çinde %24 oranında demir ve

demiroksit bulunmaktadır. Paslanmaz çelik üretiminde ise yük miktarlarda krom ve nikel oksitler (%12  $Cr_2O_3$  ve %3 NiO) oluşabilmektedir. Baca tozunda aynı zamanda ağırlıkça %0.1 düzeyinde kadmiyum konsantrasyonu bulunabilmektedir. Baca tozlarından veya EAO çamurlarından sızabilecek başlıca bileşenler kurşun, çinko, kadmiyum ve +6 değerlikli kromdur. EAO yöntemiyle 1 ton çelik üretimi sonucunda yaklaşık 15 kg baca tozu açığa çıkmaktadır (Ioana ve Balescu, 2009). Şekil 28'de elektrik ark ocağı sürecinde oluşmuş bir baca tozu yığını görülmektedir.



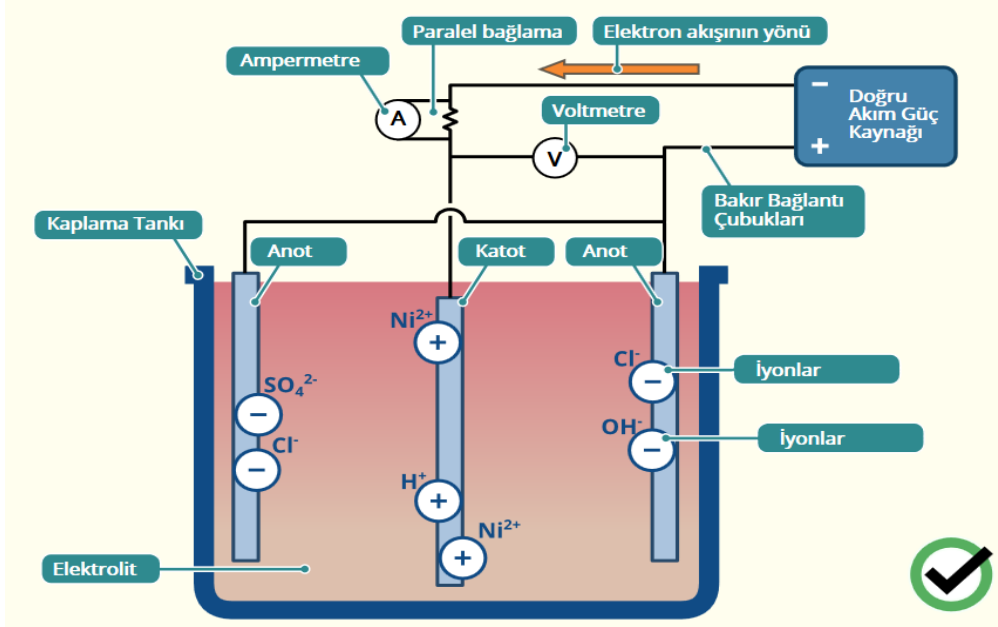
**Şekil 28. Elektrik ark ocağı tozu (baca tozu) yığını**

### **8.8. Nikel-Krom Kaplama Endüstrisi Atıkları**

Elektrokaplama, hazırlanmış metal bir yüzeyin elektrokimyasal süreçler kullanılarak, genelde metalik olan koruyucu ince bir tabakayla kaplanmasını ifade eder. Süreç, ön işlem (temizleme, yağdan arındırma ve diğer işlemler), kaplama, yıkama, pasifleştirme ve kurutma adımlarından oluşmaktadır. Temizleme ve ön işlem adımları, çeşitli çözücülerin (solventlerin) ve yüzey sıyırıcıların kullanılmasını gerektirmektedir. Kullanılan çözücüler genellikle klorlu hidrokarbonlardan, yüzey sıyırıcılar kostik soda ve güçlü asitlerden oluşmaktadır. Yağ alma işlemleri için halojenli hidrokarbonların kullanılması şart değildir; su bazlı maddeler de mevcuttur. Kaplama sürecinde, kaplanacak obje elektrolitik bir banyoda katot olarak kullanılmaktadır. Kaplama çözeltileri asit veya alkali olabilmekte, siyanür gibi karmaşık maddeler içerebilmektedir (WBG, 1998b).

Elektrokaplama süreci bir elektrolit içine daldırılmış iki elektrot arasından bir elektrik akımının geçirilmesiyle gerçekleştirilir. Artı yüklü elektrot anot, eksi yüklü elektrot katot olarak adlandırılır. Elektrolit içinde elektrik yüklü partiküller veya iyonlar bulunmaktadır. Elektrotlar arasında elektrik potansiyel veya voltaj uygulandığı zaman iyonlar kendi yüklerinin tersi yüklü elektrota doğru hareket

ederler. Artı yüklü iyonlar katota, eksi yüklü iyonlar anota doğru hareket eder. Sonuçta elektrotlar arasında bir elektron transferi, elektrik akımı gerçekleşerek elektriksel devre tamamlanmaktadır. Elektrik enerjisi adaptör gibi bir doğru akım kaynağıyla sağlanır (Rose ve Whittington, 2013). Şekil 29'te elektrokaplamada gerçekleşen temel elektriksel devre görülmektedir (Rose ve Whittington, 2013).



**Şekil 29. Elektrokaplamada gerçekleşen temel elektriksel devre (Rose ve Whittington, 2013)**

Elektrokaplamada anotlar kaplanan metalin malzemesinden yapılırlar. Bunlara "çözünür anotlar" adı verilmektedir. Elektrokaplama esnasında artı yüklü metal iyonlar kaplanacak metal üzerinde toplanırlar. Böylelikle metal yüzey kaplanmış olur (Rose ve Whittington, 2013).

Nikel kaplama esnasında elektrolit içinde çözünür nikel tuzları bulunmaktadır. Çözündüklerinde nikel tuzları, iki değerlikli artı yüklü nikel iyonlarına ( $Ni^{2+}$ ) bozunurlar. Elektrik akımı gerçekleştiğinde, artı yüklü iyonlar iki elektronla reaksiyona girerek katot yüzeyinde metalik nikel dönüşürler. Anotta, metalik nikel bozunarak çözeltiliye girecek iki değerlikli ve artı yüklü iyonlara dönüşür. Nikel iyonlara katotta deşarj olur ve anotta oluşan iyonlarla tazelenirler (Rose ve Whittington, 2013).

Nikel-krom kaplama süreci demir bazlı malzemenin nikel ve kromla kaplandığı adımları içerir. Kaplamada gerçekleşen reaksiyonlar yükseltgenme-indirgenme (Redoks) reaksiyonlarıdır. Kaplanan kısım katodu oluştururken, kaplayan metal anodu oluşturur (Wang ve diğ., 2010).

Kromla kaplama esnasında, krom, kaplama banyosuna kromik asit olarak verilir. Krom kaplamalar, daha önce uygulanmış nikel kaplamanın üzerine uygulanarak koruma artırılır ve görünüm iyileştirilir. Kromat dönüşümü kaplamalar, metalin sıvı asidifiye edilmiş kromat çözeltisine (çeşitli katalizör veya aktivatörlerle birlikte) batırılmasıyla elde edilir (Wang ve diğ., 2010). Nikel-krom kaplama işlemleri esnasında oluşan atıkların kaynakları alkali temizleyiciler, asit temizleyiciler, yıkama banyoları, son işlem banyoları ve yedek işlem üniteleridir. Süreçten çıkan atıklar 8 farklı kategoride gruplandırılabilir (Wang ve diğ., 2010):

#### 1. Konsantre asit atıklar

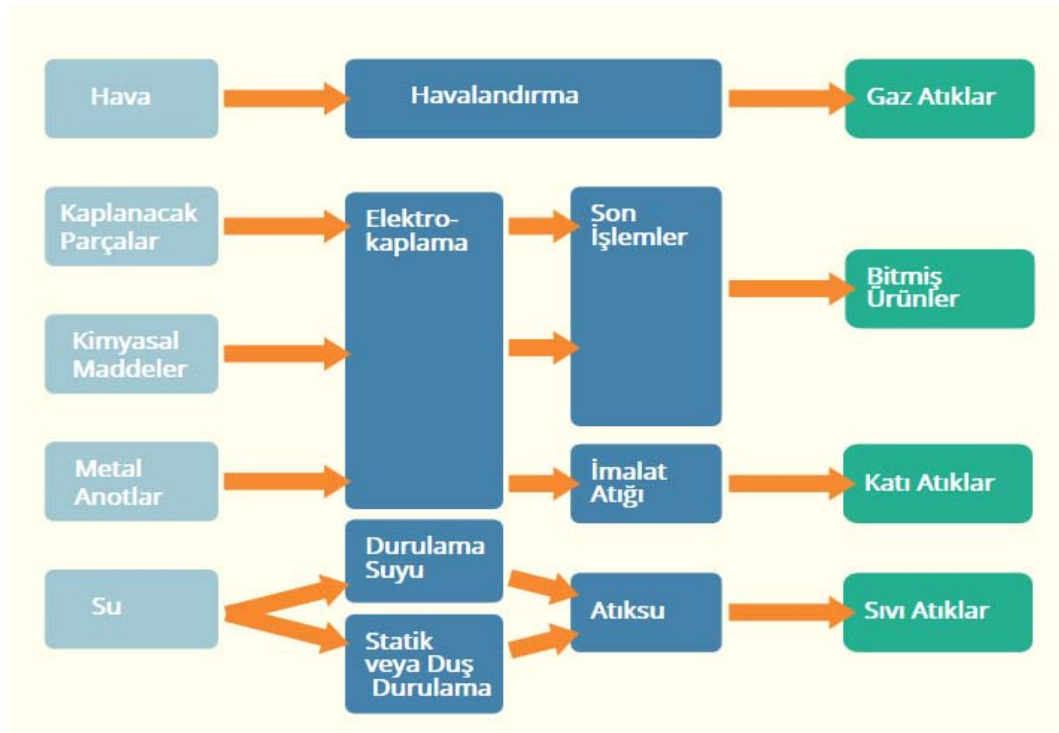


2. Konsantre fosfat temizleme atıkları
3. Asitli yıkama suları
4. Alkali yıkama suları
5. Krom yıkama suları
6. Nikel yıkama suları
7. Konsantre nikel atıkları
8. Konsantre krom atıkları

Atık kategorileri içinde arıtılması gereken sıvı kirleticiler 7 grupta sınıflandırılabilir (Wang ve diğ., 2010):

1. Asidite
2. Alkalinite
3. Nikel
4. Krom
5. Demir
6. Organikler (BOD, COD)
7. Askıda katı maddeler

Şekil 30'da elektrokaplama sürecinde ortaya çıkan atıklar şematize edilmektedir.



Şekil 30. Elektrokaplama sürecinde oluşan atıklar (Wang ve diğ., 2010)

Süreçten çıkan kirlenmiş çözeltiler, özellikle temizleme ve ön işlem çözeltileri önemli bir atık yükü haline gelmektedir. Bu nedenle bu çözeltilerin kullanım sürelerinin uzatılması önemlidir. Atıksular, kullanım ömrünü tamamlamış çözücüler (solvent), kullanım ömrünü tamamlamış çözeltiler ve çamurlar elektrokaplama endüstrilerinde her gün büyük hacimlerde oluşan atıklar arasındadır. Bu

atıklar, süreç değişikliği ve işletmede yapılan iyileştirmelerle önemli ölçüde önlenabilir (Wang ve diğ., 2010).

Elektrokaplamada kullanılan bütün maddeler (asidik çözeltiler, zehirli metaller, çözücüler ve siyanürler), ürünün durulanması veya proses banyolarının bertarafı sonucu atıksuda ortaya çıkar. Çözücüler ve sıcak kaplama banyolarından oluşan buharlar, yüksek düzeyde uçucu organik bileşik ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bazı durumlarda bu organik bileşikler içinde kromatlar da bulunabilir. Kullanılan çözücüler ve yağ giderici maddelerin %30'u, uçucu organik bileşik haline gelir. Siyanür ve asidik atıksuların karıştırılması ölümcül hidrojen siyanür gazının ortaya çıkmasına neden olur; bundan kaçınılmalıdır (Wang ve diğ., 2010).

Elektrokaplama endüstrilerinden kaynaklanan atıksular özellikle ağır metaller (kadmiyum, krom, kurşun, bakır, çinko, nikel) siyanür, florür, yağ ve gres açısından zengindir. Bu endüstrilerden kaynaklanan emisyonlar ise trikloretilen ve trikloretan gibi zehirli organik maddeler içerebilirler. Tankların temizlenmesi veya değiştirilmesi ve atıksuların arıtılması esnasında yüksek miktarda zehirli organik madde veya metal içeren atık çamur oluşmaktadır (WBG, 1998b).

Nikel içeren yıkama sularının geleneksel yöntemlerle arıtımında, pH 9.3-10.0 aralığında ayarlanarak nikel, nikel hidroksit olarak çöktürülmektedir. Bunun ardından flokülasyon, son çöktürme ve arıtma çamurunun susuzlaştırılması adımları gelmektedir. Nikel kaplama tesislerinde aynı zamanda siyanür bazlı çözeltiler ve +6 değerlikli krom içeren çözeltiler kullanılarak krom kaplama yapılabilmektedir. Bu tür çözeltilerin yıkama sularının birbirinden ayrılması, karıştırılmadan ayrı ayrı arıtılması gerekmektedir. Siyanürlerin öncelikle klorlama yoluyla okside edilmesi, +6 değerlikli kromun kükürtdioksit ve metabisüfitler kullanılarak +3 değerlikli hale getirilmesi gerekmektedir (WBG, 1998b). Bu atıksuların arıtımı için, deşarj sınır değerlerin sürekli olarak sağlayacak arıtma tesislerinin dikkatlice tasarlanması ve uygulamada sürekli bir bakım ve izlemenin gerçekleştirilmesi önemlidir.

Ağır metal içeren arıtma çamurlarının, çevreye veya bertaraf edildikleri yere zehirli madde sızdırmadıklarından emin olunmalıdır. Nikel içeren çamurların sıvı magnezyum hidroksit ile sıvı sodyum hidroksit birlikte kullanılarak kararlı hale getirilebileceğini belirten çalışmalar bulunmaktadır (Rose ve Whittington, 2013).

Elektrokaplama tesislerinden kaynaklanan atıksuların arıtımı, genellikle metalin kimyasal süreçlerle, metal hidroksit, sülfid veya sülfat çamuru olarak çöktürülmesini kapsamaktadır. Çözünmüş metal iyonlarını elektrolizle geri kazanmak mümkündür. Metal tuzlarının tekrar pazara sürülmesi çok pratik değildir çünkü arıtma maliyeti çok yüksektir (Rose ve Whittington, 2013).

### **8.9. Alüminyum Endüstrisi Atıkları**

Alüminyum (Şekil 31), yer kabuğunun %8'ini oluşturan, oksijen ve silikondan sonra yer kabuğunda en yaygın bulunan elementtir (Frank ve diğ., 2009).



**Şekil 31. Alüminyum külçesi**

Alüminyum üretimi, alüminyum cevherinin (boksit) çıkarılması ve zenginleştirilmesiyle başlar. Genelde açık ocak madenciliğiyle çıkarılan alüminyum cevheri, önce kırma makinesinden geçirilir. Parçalanan maden cevheri elekten geçirilir; bazı durumlarda yıkanarak içindeki kil ve silikadan ayrılarak zenginleştirilir (WBG, 1998a). Şekil 32’de bir parça alüminyum cevheri görülmektedir.

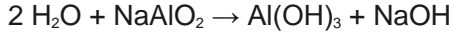


**Şekil 32. Alüminyum cevheri (boksit)**

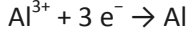
Alüminyum üretimi iki aşamada gerçekleştirilir: Bayer süreci ve Hall-Heroult süreci. Bayer sürecinde alüminyum cevheri saflaştırılarak alüminyum oksit elde edilmekte, Hall-Heroult sürecinde de alüminyum oksitten saf alüminyum elde edilmektedir (Frank ve diğ., 2009).

Bayer süreciyle alüminyum üretim tesisinde, cevher doğru partikül boyutuna getirilinceye kadar parçalanır ve ardından sıcak sodyum hidroksit çözeltisiyle alüminyum özütlemesi gerçekleştirilir. Alüminyum cevherinin çözünmeyen kısmına “kırmızı çamur” adı verilmektedir. Oluşan özütleme çözeltisinden kırmızı çamur ve ince katılar giderildikten sonra, çökelek oluşturan alüminyum trihidrat kristalleri döner fırınlarda veya akışkan yataklı fırınlarda kalsine edilerek alüminyum ( $Al_2O_3$ ) elde edilir. Oluşan atıksuyun arıtılması gerekmektedir (Frank ve diğ., 2009). İlgili reaksiyonlar aşağıdaki gibidir (Frank ve diğ., 2009):

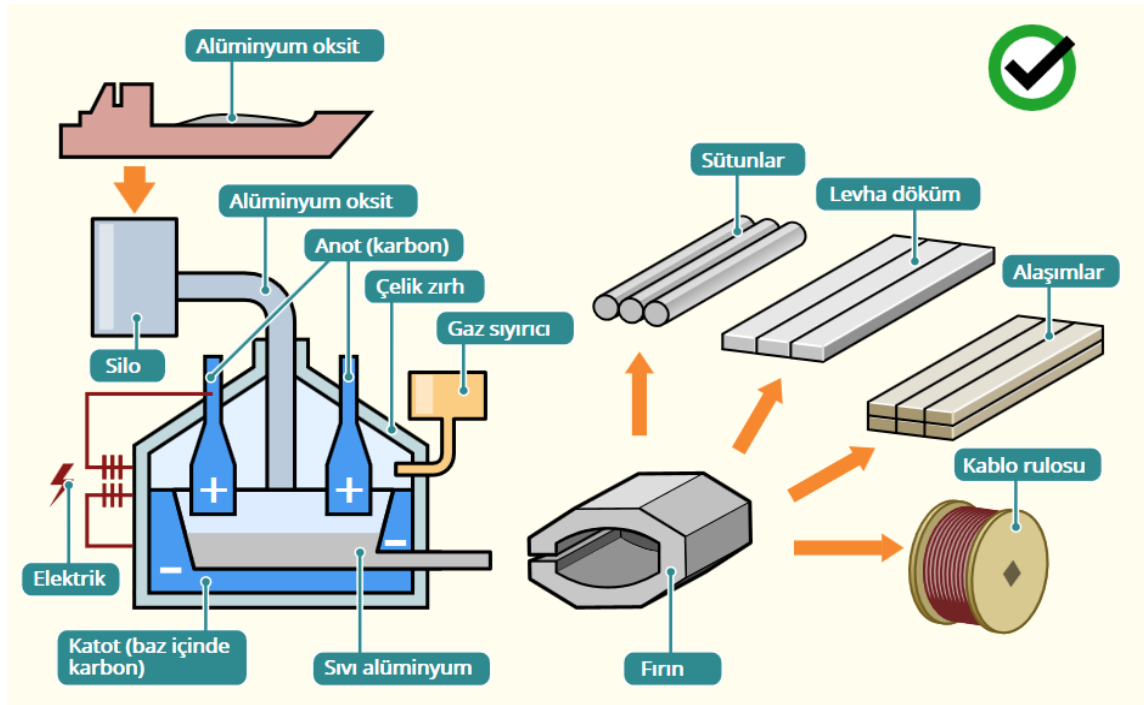




Alüminyum oksitin alüminyum metaline dönüşmesi Hall-Heroult süreciyle (Şekil 33) gerçekleşmektedir. Bu, yoğun enerji bir süreçtir. Erimiş (950-980°C) kriyolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) ve kalsiyum florür karışımı içindeki alüminyum oksit çözeltisi metalik alüminyum oluşturmak üzere elektroliz edilir. İlgili reaksiyon aşağıdaki gibidir (WBG, 1998a):



Hall-Heroult süreciyle alüminyum eldesi Şekil 33'te verilmektedir.



**Şekil 33. Hall-Heroult süreciyle alüminyum eldesi (WBG, 1998a)**

Sıvı alüminyum metali, çözeltinin altına doğru çökerek ayrılır ve genellikle alüminyum sütunlar (Şekil 34) şeklinde dökümlenir. Elektrik maliyeti, Hall-Heroult süreciyle alüminyum üretim sürecinin maliyetinin %20-40'ını oluşturmaktadır (WBG, 1998a).



**Şekil 34. Alüminyum sütunlar**

Alüminyum cevheri hazırlanırken, malzemelerin taşınması ve kurutulması esnasında toz oluşmakta, atmosfere salınmaktadır. Bu toz tehlikeli atık sınıfına girmiyor olsa da rahatsız edici olmaktadır. Süreçte oluşan diğer emisyonlar, cevher kurutucularında gerçekleşen ısıl işlemlerden dolayı azot oksitler (NO<sub>x</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve diğer yanma ürünleri olabilmektedir. Cevher yıkama ve saflaştırma süreçlerinden askıda katı madde içeren atıksular oluşmaktadır (WBG, 1998a).

Alüminyum üretim tesisinde, alüminyum cevheri tozu, kireçtaşı cevheri tozu, yanmış kireçtaşı tozu, kırmızı çamur tozu ve kırmızı çamur barajlarından sodyum tuzları, soğutma kulelerinden kostik aerosoller, kazan ve fırından kükürt dioksit ve azotoksit gibi yanma ürünleri çıkmaktadır (WBG, 1998a). Alüminyum üretim tesisinden çıkan temel atık kırmızı çamurdur. Dünyada üretilen alüminyumun %95'i Bayer süreciyle elde edilmektedir (WA, 2018). Bu süreçle üretilen 1 ton alüminyum başına 1-1.5 ton kırmızı çamur, atık olarak ortaya çıkmaktadır. 2015 yılında dünyada üretilen 115 milyon ton alüminyumdan yaklaşık 150 milyon ton kırmızı çamur oluştuğu rapor edilmektedir (WA, 2018). Kırmızı çamur, yüksek alkali özellikte ve ağırlıklı olarak demir oksit içeren bir çamurdur. Bu çamur içinde alüminyum, silikon, demir, titanyum, sodyum, kalsiyum ve diğer elementlerin oksit formları bulunmaktadır. pH'ı 10-12 aralığındadır. Bertarafı havuzlarda, atık barajlarında gerçekleştirilmektedir.

Alüminyum üretim miktarının büyüklüğü, kırmızı çamuru önemli ve özel bir atık haline getirmektedir. Özellikle bu çamurun depolanması sorun oluşturmaktadır. Şekil 35'te Almanya'da bulunan bir kırmızı çamur barajı görüntüsü verilmektedir.



**Şekil 35. Almanya’da bir kırmızı çamur barajı**

Alüminyum tesisinden kaynaklanan tehlikeli atıklardan biri, tank ve borulardaki tabakalaşmayla mücadeleden kaynaklanan atık sülfürik asitlerdir. Hall-Heroult süreciyle gerçekleştirilen alüminyum üretiminde ortaya çıkan hava emisyonları içinde kok tozu, gaz ve partikül haldeki florürler, kükürt dioksit ve karbondioksit, elektrolitik indirgeme hücrelerinden kaynaklanan çeşitli tozlar, fırından kaynaklanan katran buharı ve karbon partikülleri, yeşil karbon ve anot üretim tesisinden kaynaklanan kömür tozu, katran ve polinükleer aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) bulunmaktadır. Elektrolitik indirgeme hücreleri başlıca emisyon kaynağıdır. Gaz ve partikül haldeki florürler en büyük endişe kaynağıdır. Elektrolizle ilişkilendirilen anot etkisi sonucunda karbon tetraflorür ( $CF_4$ ) ve karbon hegzafloür ( $C_2F_6$ ) emisyonları ortaya çıkmaktadır. Bu gazlar küresel ısınmaya katkı koyan sera gazları arasındadırlar (WBG, 1998a).

Hall-Heroult süreciyle yapılan üretimde, üretilen ton başına 40-60 kg karışık katı atık oluşmaktadır; bu atığın başlıca fraksiyonunu atık katotlar oluşturmaktadır. Kaplamaların %50'si ısıya dayanıklı (refrakter) malzeme, %50'si karbondan oluşmaktadır. Kaplamaların faydalı ömürleri boyunca karbon, alüminyum ve silikon oksitlerle, flor ve siyanür bileşikleriyle doymuş hale gelmektedir. Bu nedenle, ömürlerini tamamlayan kaplama malzemesi oluşan katı atık içine dahil olmaktadır. Bertaraf edilmesi gereken diğer yan ürünler köpük, cüruf, akışkanlık malzemeleri ve yol süprüntüleridir (WBG, 1998a).

Alüminyum hurdalarının ergitilmesinden kaynaklanan emisyonlar içinde hidrojen klorür ve florür bileşikleri bulunmaktadır. Alüminyum alaşımından magnezyumun ayrıştırılması aşamasında klor emisyonları, hegzakloretan, klorlu benzenler, dioksin ve furanlar oluşabilmektedir. Plastikle kaplı alüminyum hurdaların ergitilmesinden klorlu bileşikler oluşmaktadır. Alüminyum geri kazanım sürecinden oluşan katı atıklar partikül maddeler, fırın içindeki ısıya dayanıklı malzeme ve üruflardır. Partikül madde içinde ağır metaller bulunabilmektedir (WBG, 1998a).

## 8.10. Özet ve Değerlendirme

Atık yağlar, atık pil ve akümülatörler, elektrikli ve elektronik atıklar, ömrünü tamamlamış lastikler, ömrünü tamamlamış araçlar özel atıklar kapsamında yönetilmesi gereken atıklar arasındadır.

Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği atık yağları 3 kategoride gruplandırmaktadır. 1. kategoride yer alan atık yağların öncelikle rejenerasyon ve rafinasyon yolu ile geri kazanımlarının sağlanması gerekmektedir. 2. kategorideki atık yağların lisanslı tesislerde ek yakıt olarak kullanılması uygundur. 3. kategoride yer alan atık yağlar rejenerasyon ve rafinasyona uygun olmayan, yakıt olarak kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından risk yaratan ve lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gereken yağlardır.

E-atıklar, içerdikleri tehlikeli bileşenler nedeniyle, uygun yönetilmediklerinde çevre ve insan sağlığına tehlikeler sunabilmektedir. Uygun yönetildiklerinde ise içerdikleri bakır, gümüş, altın, paladyum ve benzeri değerli metaller, cam, plastik gibi geri kazanılabilir bileşenler, ekonomiye geri kazandırılabilir. Gerek atık pil ve akümülatörler, gerekse e-atıklar için özel yönetmelikler çıkarılmıştır.

Ömrünü tamamlamış lastikler ve ömrünü tamamlamış araçlar kendilerine özel yönetmelikleri olan özel atıklardır. Atık lastikler yeni lastiklere dönüştürülebilir, önışlemeden geçirilerek veya geçirilmeden farklı amaçlarla kullanılabilir. Duvar desteklerinde, yol izolasyonunda, erozyon kontrol/taşkın bariyerlerinde vb. çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Kalorifik değeri yüksek olan bu atıkların çimento fırınlarında ek yakıt olarak kullanılması da mümkündür.

Ömrünü tamamlamış araçların ithalatı yasaktır. Araçlarda geri dönüştürülebilen malzeme kullanımının arttırılması esastır. Bu araçların ve bileşenlerinin yeniden kullanımı, geri dönüşümü veya geri kazanımı mümkündür.

Demir-çelik üretim sürecinde yüksek miktarda, ağır metal içeren baca tozları ve cürufular oluşmaktadır. Elektrokaplama endüstrilerinden kaynaklanan yüksek miktardaki atıksular, özellikle ağır metaller (kadmiyum, krom, kurşun, bakır, çinko, nikel), siyanür, florür, yağ ve gres açısından zengindir. Alüminyum üretim tesisinden çıkan temel atık, kırmızı çamurdur. Bu çamur içinde alüminyum, silikon, demir, titanyum, sodyum, kalsiyum ve diğer elementlerin oksit formları bulunmaktadır. pH'ı 10-12 aralığındadır. Bu çamurun bertarafı atık barajlarında gerçekleştirilmektedir.

## Kaynaklar

AB, 2000. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles - Commission Statements Official Journal of the European Union 21/10/2000.

AB, 2008. DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union 22.11.2008.

AEEE, 2012. ATIK ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EŞYALARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ. Resmi Gazete Tarih/ Sayı: 22 Mayıs 2012/ 28300.

APA, 2004. ATIK PİL VE AKÜMÜLATÖRLERİN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ. Resmi Gazete Tarih/ Sayı: 31.08.2004 / 25569.

AYK, 2008. ATIK YAĞLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ. Resmi Gazete Tarih/ Sayı: 30. 06. 2008 / 26952.

Bernardes, A.M., Espinosa, D.C.R., Tenorio, J.A.S., 2004. Recycling of batteries: a review of current processes and technologies. J Power Sources 130, 291-298.

Brogaard, L., Christensen, T.H., 2010. Other Special Waste. Solid Waste Technology & Management, Edited by Thomas H. Christensen 1, 1001.

BS, 2018. How are Batteries Recycled? <https://www.batterysolutions.com/recycling-information/how-are-batteries-recycled/> Erişim tarihi: 16.5.2018.

DEFRA, 2011. Depolluting End-of-Life Vehicles (cars and light goods vehicles) Guidance for Authorised Treatment Facilities Department of Environment Food and Rural Affairs, Department of Business Innovation and Skills 30 pp.

EC, 2018a. European Commission Web Page, Waste batteries <http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/> Erişim tarihi: 16.05.2018.

EC, 2018b. European Commission Web Page, Waste Oils. [http://ec.europa.eu/environment/waste/oil\\_index.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/oil_index.htm) Erişim Tarihi: 14.5.2018.

Energetics, I., 2000. Energy and Environmental Profile of the U.S. Iron and Steel Industry, in: Technologies, U.S.D.o.E.O.o.I. (Ed.), DOE/EE-0229, United States.

Frank, W.B., Haupin, W.E., Vogt, H., Bruno, M., Thonstad, J., Dawless, R.K., Kvande, H., Taiwo, O.A., 2009. Aluminum. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley Online Library [https://doi.org/10.1002/14356007.a01\\_459.pub2](https://doi.org/10.1002/14356007.a01_459.pub2)

Ioana, A., Balescu, C.F., 2009. Environmental Management Elements of the Electric Arc Furnace, IET, Environmental Analysis: March -April issue, 10-11.

Kumar, G.S., Basu, D., Hung, Y.T., Wang, L.K., 2010. Waste Treatment in the Iron and Steel Manufacturing Industry. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.



NZIC, 2018. The Re-Refining of Used Lubricating Oils. New Zealand Institute of Chemistry Web-site, VII-Energy-B-Rerefining Used Oils-1 Erişim tarihi: 14.5.2018.

ÖTA, 2009. ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ ARAÇLARIN KONTROLÜ HAKKINDA YÖNETMELİK. Resmi Gazete Tarih/ Sayı: 30.12.2009 / 27448.

ÖTL, 2006. ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİKLERİN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ. Resmi Gazete Tarih/ Sayı: 25. 11. 2006/ 26357.

Rogulski, Z., Czerwinski, A., 2006. Used batteries collection and recycling in Poland. J Power Sources 159, 454-458.

Rose, I., Whittington, C., 2013. Nickel Plating Handbook. Nickel Institute Belgium, 80 pages.

SEPA, 2011. Recycling and disposal of electronic waste : Health hazards and environmental impacts. Swedish Environmental Protection Agency Report ISBN 978-91-620-6417-4, 137 pages.

WA, 2018. Aluminum Production Statistics. World Aluminum, <http://www.world-aluminium.org/statistics/alumina-production/> Son erişim tarihi: 25.5.2018.

Wang, L.K., Shamma, N.K., Aulenbach, D.B., Selke, W.E., 2010. Treatment of Nickel-Chromium Plating Wastes, in: Wang, L.K., Hung, Y.T., Shamma, N.K. (Eds.), Handbook of advanced industrial and hazardous wastes treatment. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.

WBG, 1998a. Aluminum Manufacturing. Environmental, Health, and Safety Guidelines, Pollution Prevention and Abatement Handbook, World Bank Group, Effective July 1998.

WBG, 1998b. Electroplating, Pollution Prevention and Abatement Handbook. Environmental Health and Safety Guidelines, World Bank Group.

Zimmermann, T., Jepsen, D., 2018. A framework for calculating waste oil flows in the EU and beyond – the cases of Germany and Belgium 2015. Resour Conserv Recy 134, 315-328.

## Konu Sonu Soruları ve Çözüm Setleri

### 1. Atık yağların tehlikeli atık olarak sınıflandırılmasının nedeni nedir?

#### Yanıt

Atık yağlar gösterdikleri bazı özellikler nedeniyle tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır. Nehir, göl vb. su kaynaklarına ulaşan atık yağlar sucul hayatı tehdit etmekte, küçük miktarlardaki atık yağlar milyonlarca litre suyu kirletebilmektedir. Atık yağlar aynı zamanda toprak kirliliğine neden olmaktadır.

### 2. Atık yağlar nasıl yönetilebilir?

#### Yanıt

Atık yağların yönetiminde iki temel yöntem uygulanmaktadır: Yeniden rafinasyon ve enerji geri kazanımı amacıyla yakma.

### 3. Kurşun-asit pillerin geri kazanımı nasıl yapılmaktadır?

#### Yanıt

Pillerin içindeki metalleri geri kazanmak için hidrometalurjik ve pirometalurjik süreçler uygulanmaktadır. Kurşun-asit piller öncelikle çekiçli bir değirmen yardımıyla parçalanmakta, kırılan parçalar bir varile alınarak kurşun ve ağır malzemelerin çökmesi, plastik kısımların yüzmesi sağlanmaktadır. Polipropilen parçalar yüzeyden alınmakta, sıvılar boşaltılmakta, kurşun ve ağır metaller geride bırakılmaktadır. Bu şekilde ayrılan plastik, kurşun ve sülfürik asit gibi bileşenler, ayrı ayrı geri kazanılmaktadır.

### 4. E-atıkların geri kazanımı nasıl yapılmaktadır?

#### Yanıt

E-atık geri dönüşüm işlemleri sırasıyla 3 aşamadan oluşmaktadır:

1. Zehirli içerik ve materyallerin sökülmesi
2. Ön işlemler (elle ayırma, mekanik ayırma)
3. Son işlemler (ana metal işleme, değerli metal işleme, plastik geri dönüşümü, pil geri dönüşümü ve geri dönüştürülemeyen malzemenin bertarafı)

### 5. Ömrünü tamamlamış lastiklerin yakılması neden yasaktır?

#### Yanıt

ÖTL'nin kontrolsüzce yakılması oldukça tehlikeli bileşenlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bileşenler arasında, karbon siyahı, uçucu organikler, yarı-uçucu organikler, çok halkalı hidrokarbonlar, yağlar, kükürt oksitleri, azot oksitleri, nitrozaminler, karbon oksitleri, uçucu partiküller ve As, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe vb. gibi metaller yer almaktadır.

### 6. Ömrünü tamamlamış araçların bileşenleri nelerdir?

#### Yanıt

Ömrünü tamamlamış bir aracın %75'inin demirli ve demirdışı metalden oluştuğu bilinmektedir. Araç ağırlığının kalan %25'lik kısmı ise lastik, akışkan ve diğer bileşen malzemelerden gelmektedir.

## 7. Çelik üretiminde hangi hammaddeler ve ne tür fırınlar kullanılır?

### Yanıt

Bazik oksijen fırını (BOF) ve elektrikli ark ocağı (EAO), çelik üretiminde kullanılan iki temel teknolojidir. Bu teknolojilerde farklı girdi malzemeler kullanılıyor olsa da, her iki fırın tipinin temel çıktısı, daha sonra ürüne dönüştürülecek olan erimiş çeliktir. BOF'nin girdi malzemeleri erimiş demir, hurda ve oksijendir. EAO'nun girdi malzemeleri ise elektrik ve hurdadır.

## 8. Elektrikli ark ocağı (EAO) ile çelik üretiminde ne tür atıklar oluşmaktadır?

### Yanıt

EAO ile çelik yapım süreçlerinin iki temel yan ürünü cüruf ve baca tozlarıdır. Erime esnasında fosfor, silikon, mangan, karbon ve diğer maddelerin oksidasyonu sonucunda, bu oksidasyon ürünlerinin bazılarını içeren bir cüruf erimiş metalin üzerinde oluşmaktadır. EAO tozu, EAO sürecinde oluşan partikül madde ve gazdan oluşmaktadır. Kuru sistem kullanılarak uzaklaştırılan bu partikül maddeye EAO tozu veya baca tozu adı verilmektedir. Partikül madde ıslak bir sistem ile uzaklaştırılıyorsa EAO çamuru adını almaktadır. Baca tozları içerdikleri ağır metallerin sızma potansiyeli nedeniyle tehlikeli atık sınıfına girmektedir.

## 9. Elektrokaplama süreci nasıl gerçekleştirilmektedir?

### Yanıt

Elektrokaplama, hazırlanmış metal bir yüzeyin elektrokimyasal süreçler kullanılarak genelde metalik olan koruyucu ince bir tabakayla kaplanmasını ifade eder. Süreç, ön işlem (temizleme, yağdan arındırma ve diğer işlemler), kaplama, yıkama, pasifleştirme ve kurutma adımlarından oluşmaktadır. Temizleme ve ön işlem adımları, çeşitli çözücülerin (solventlerin) ve yüzey sıyırıcıların kullanılmasını gerektirmektedir. Kullanılan çözücüler genellikle klorlu hidrokarbonlar, yüzey sıyırıcılar da kostik soda ve güçlü asitlerdir. Yağ alma işlemleri için halojenli hidrokarbonların kullanılması şart değildir, su bazlı maddeler de mevcuttur. Kaplama sürecinde, kaplanacak obje elektrolitik bir banyoda katot olarak kullanılmaktadır. Kaplama çözeltileri asit veya alkali olabilmekte, siyanür gibi karmaşık maddeler içerebilmektedir.

## 10. Kırmızı çamur nedir? Neler içermektedir?

### Yanıt

Alüminyum cevherinin çözünmeyen kısmına "kırmızı çamur" adı verilmektedir. Alüminyum üretim tesisinden çıkan temel atık kırmızı çamurdur. Kırmızı çamur, yüksek alkali özellikte ve ağırlıklı olarak demir oksit içeren bir çamurdur. Bu çamur içinde alüminyum, silikon, demir, titanyum, sodyum, kalsiyum ve diğer elementlerin oksit formları bulunmaktadır. pH'ı 10-12 aralığındadır.

## Test

### 1. Aşağıdakilerden hangisi atık yağların yönetimiyle ilgili doğru değildir?

- a) Atık yağlara su, çözücüler, PCB, toksik ve tehlikeli maddeler ile diğer maddelerin ilave edilmemesi ve farklı kategorilerdeki atık yağların birbiriyle karıştırılmaması esastır.
- b) I. kategori atık yağ, II. kategori atık yağla karıştırılırsa III. kategori atık yağ olarak kabul edilir.
- c) Atık yağların uluslararası ticareti, ithalatı, ihracatı ve transit geçişinde tehlikeli atık hükümleri uygulanır.
- d) Geri kazanım imkânı bulunmayan atık yağlar lisanslı tehlikeli atık bertaraf tesislerinde yakılarak bertaraf edilir.

### 2. Aşağıdaki ifade hangi kavramı tanımlamaktadır?

“Endüstride ve araçlarda otomatik marş, aydınlatma veya ateşleme gücü için kullanılan, şarj edilebilir sekonder hücrelerde kurşunla sülfürik asit arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu kimyasal enerjinin doğrudan dönüşümü ile üretilen elektrik enerjisi kaynağı”

- a) Lityum-iyon pil
- b) Katot ışını tüpü
- c) Nikel- kadmiyum pil
- d) Akümülatör

### 3. Aşağıdakilerden hangisi bir e-atık bileşeni değildir?

- a) Altın
- b) Paladyum
- c) Humik madde
- d) Plastik madde

### 4. Aşağıdaki ifadelerden hangisi “katı maddenin bir seri asit veya kostik çözeltiden geçirilmesi” için kullanılır?

- a) Pirometalurjik süreçler
- b) Hidrometalurjik süreçler
- c) Piroliz
- d) Eddy akımlı ayırma

### 5. Aşağıdaki bileşenlerin hangisi ömrünü tamamlamış lastiklerin bileşeni değildir?

- a) Karbon siyahı
- b) Plastik
- c) Tekstil
- d) Kükürt

6. **Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik, araç üretiminde aşağıdaki metallere hangisinin kullanımına sınırlama getirmeye çalışmamaktadır?**

- a) Kurşun
- b) Cıva
- c) +3 değerlikli krom
- d) Kadmiyum

7. **Aşağıdakilerden hangisi EAO süreci için doğru değildir?**

- a) EAO'nun girdi malzemeleri elektrik ve hurdadır.
- b) EAO sürecinden erimiş çelik çıkmaktadır.
- c) EAO sürecinde elektrotlar üzerinde oluşturulan akım hurda üzerinden geçirilmekte, böylelikle hurda eritilmekte ve saflaştırılmaktadır.
- d) EAO sürecinde yüksek fırından gelen erimiş demir, hurdayla birleştirilerek üzerine yüksek saflıkta oksijen enjekte edilmektedir.

8. **Aşağıdakilerden hangisi EAO süreci için doğru değildir?**

- a) EAO ile çelik yapım süreçlerinin iki temel yan ürünü cüruf ve baca tozlarıdır.
- b) EAO sürecinde partikül madde ıslak bir sistem ile uzaklaştırılıyorsa baca tozu yerine EAO çamuru oluşmaktadır.
- c) Baca tozları içerdikleri ağır metallerin sızma potansiyeli nedeniyle Türk, Avrupa Birliği ve ABD yönetmeliklerince tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır.
- d) Hurda kalitesi düşük olduğunda, EAO baca tozlarında demiroksit bulunmamaktadır.

9. **Aşağıdakilerden hangisi elektrokaplama sürecinde kullanılan kimyasal maddeler arasında değildir?**

- a) Kostik soda
- b) Klorlu hidrokarbonlar içeren çözücüler
- c) Uçucu organik bileşikler
- d) Güçlü asitler

10. **Aşağıdakilerden hangisi "kırmızı çamur" için doğru değildir?**

- a) Yüksek asitlikte bir atıktır.
- b) 1 ton alüminyum başına 1-1.5 ton kırmızı çamur, atık olarak ortaya çıkmaktadır.
- c) Bu çamur içinde alüminyum, silikon, demir, titanyum, sodyum, kalsiyum ve diğer elementlerin oksit formları bulunmaktadır.
- d) Alüminyum cevherinin çözünmeyen kısmına "kırmızı çamur" adı verilmektedir.