



## Atık floresan lambalardan cıva geri kazanımı

**Yusuf AKYOL**

*Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa*

**M. İrfan YEŞİLNACAR**

*Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa*

**Perihan DERİN**

*Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa*

**S. Mehmet TURP\***

*Bitlis Eren Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitlis*  
[smturp@beu.edu.tr](mailto:smturp@beu.edu.tr), Tel: (434) 222 00 00 (3217)

Geliş: 19.07.2017, Kabul Tarihi: 09.10.2017

### Öz

*Her yıl binlerce yeni floresan lamba takıldığında, neredeyse aynı sayıda lamba çöpe atılmaktadır ve her geçen gün, bu lambaların bertaraf işlemleri için sorunlar artmaktadır. Ülkemizde yürürlükte olan “Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik” ve “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik” hükümleri uyarınca, atık floresan lambaları geri kazanmak zorunluluğu vardır. Floresan lambaların geri kazanımında amaç hem tehlikeli atıkların uygun şekilde uzaklaştırılması hem de kaynakların (cam, metal, fosfor tozu vb.) geri kazanımıdır. Bu çalışma kapsamında, yeni ve atık floresan lambaların parçalama ve tartım işlemleri ve bu lambalarda bulunan fosfor tozunda cıva içerik analizleri gerçekleştirilmiştir. Fosfor tozunda absorbe olmuş cıva içeriği açısından yeni lambalardan T8 – 18W, T8 – 36W’tan daha yüksek olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda, atık lambalardan T8 – 18W, T8 – 36 W’ tan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yeni T8 18W ve 36W lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı sırasıyla 1010 µg/lamba ve 820 µg/lamba, eski T8 18W ve 36W lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı ise sırasıyla 870 µg/lamba ve 665 µg/lamba olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, floresan lambanın kullanımı sonucunda fosfor tozunda bulunan cıva miktarında yaklaşık % 15’lik bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın, lambanın çalışma süresi içerisinde cıvanın cam matrisi ve diğer bölümlere yapıştığı düşünülmektedir.*

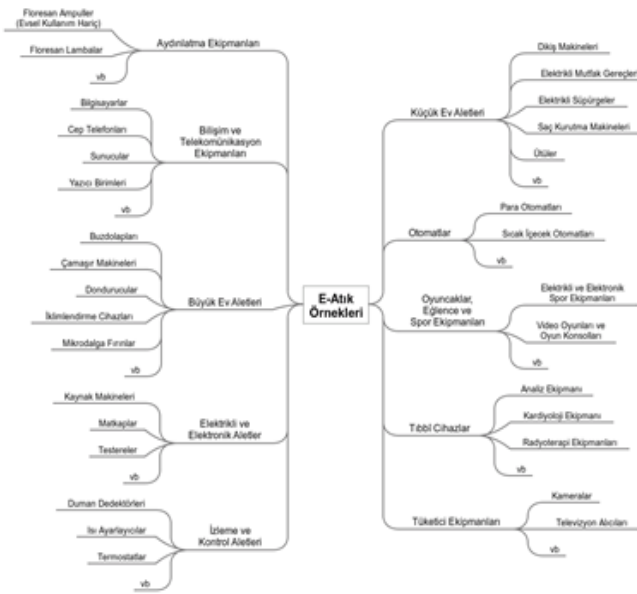
**Anahtar Kelimeler:** E-atık; Atık Floresan Lambaları; Cıva; Geri Kazanım; Türkiye.

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

**DOI:**

## Giriş

Elektrikli ve elektronik atıklar “e-atık” olarak da adlandırılmaktadır. Avrupa Birliği elektronik atığın tanımını yaparken, kullanıcısı tarafından atılmış, atılmak istenen veya atılması gereken madde veya nesne (EU, 2003a) ifadelerini kullanmıştır. E-atık; endüstriyel veya evsel kaynaklı, hasar görmüş, kırılmış, modası geçmiş olan veya kullanım ömrünü tamamlamış, ağır metalleri ve organik kirleticilerin en büyük kaynaklarından biri olan elektrikli ve elektronik eşyaların genel bir ifadesidir (Şekil 1).



Şekil 1. E-atıkların gruplandırılması (URL, 1).

Ülkemizde yıllık kişi başına düşen ortalama evsel katı atık üretim miktarı 584 kg'dır (Kaya ve Sözeri, 2007). Atıklar ya vahşi depolama yapılmakta ya da yakılmaktadır. Aynı zamanda e-atıklar metal, cam, plastik, vb. ürünleri içerdiği gibi, genel olarak basılı devre kartları, bataryalar, cıvalı parçalar gibi e-atık sınıfındaki bazı malzemelerde yer alan kurşun, cıva, krom, fosfor vb. bileşenleri içerir. Bu türdeki e-atıkların yönetiminde temel amaç, e-atıkların miktarındaki artışın geri kazanım, geri dönüşüm, ya da bertaraf yöntemleri ile azaltılması ve olası zararlı etkilerinin en aza indirilmesidir. Aksi durumda, insan ve çevre sağlığına ciddi etki oluşturabilecek tehlikeli maddelerin, toprak, hava ve suya salınımları söz

konusu olacaktır.

Türkiye, çok miktarda floresan lamba tüketen ülkeler arasında bulunmaktadır. Türkiye'de 1999 yılında meydana gelen büyük deprem ile birlikte floresan lamba üretimi sona ermiştir. Halen tüm kapalı mekânların vazgeçilmez aydınlatma ürünü olan floresan lambalar yurtdışında üretilip, ithal edilerek, Türkiye'de satışa sunulmaktadır. Tüketim sonrası atık floresan lambaların çoğu ya düzensiz depolanmakta ya da düzenli deponilere gönderilmektedir. Tüketilen farklı tip floresan lambaların çoğunluğunun ithal edildiğini ve bu ürünlerin kullanımı ile tehlikeli atık oluştuğu düşünüldüğünde, kendi öz kaynaklarımızla kendi ülkemizi kirlettiğimiz gerçeği ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde yürürlükte olan “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ve “Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği” maddeleri uyarınca, atık floresan lambaları geri kazanmak veya bertaraf etmek zorunda olduğumuz anlaşılmaktadır (Özgür, 2014). Floresan lambaların geri kazanımında amaç hem tehlikeli atıkların uygun şekilde uzaklaştırılması hem de kaynakların ekonomik anlamda tekrar kullanımınıdır.

Hızla gelişen teknoloji elektrikli ve elektronik eşyalarda da değişim ve gelişmelere sebep olmaktadır. Lamba tipine ve üretim yılına bağlı olarak floresan lambalarda farklılık gösteren cıva miktarı, çevresel kirlenmenin önüne geçmek amacıyla azaltılmaya çalışılmıştır (Jang ve ark., 2005). Floresan lambalar da bu gelişmelerle birlikte değişime uğramış tip, içerik ve özellikler açısından yıldan yıla çok farklı noktalara gelmiştir. 1994 yılında lamba başına kullanılan cıva miktarı 30 mg iken (Battye ve ark., 1994), 2000'li yıllara gelindiğinde bu değer oldukça düşmüştür. Bir adet T8 floresan lamba başına cıva miktarı 0,03 mg/g ve bir adet T12 lamba başına düşen cıva miktarı 0,045 mg/g olarak bulunmuştur (Jang ve ark., 2005). Floresan lambalarda lamba başına düşen yüksek miktardaki cıva içeriği, 2012 yılından sonra “Kompakt floresan lambaların üretiminde

kullanılan cıva miktarının mevzuatlara göre lamba başına en yüksek 5 mg olması gerekmektedir” (Raposo ve ark., 2003; Rey – Raap ve Gallardo, 2012) mevzuatı ile lamba başına 5 mg cıva içeriği ile sınırlandırılmıştır.

Bu çalışmayla, piyasadan temin edilen veya toplanan floresan lambalar tip (T5, T8, T9, vb.) ve elektriksel güç birimi (8W, 18W, 36W, 48W, vb.) bazında sınıflandırılmış, manuel olarak parçalama yöntemleri benimsenmiştir.

Toplama, ayırma ve ithalatçı firma bilgileri ışığında ülkemizde en çok tüketilen floresan lambaların hangi tip ve Watt olduğu tespit edilmiştir. En çok tüketilen lamba tipine ait yine en fazla tüketilen 2 farklı Watt’taki lambanın manuel parçalama işlemleri gerçekleştirilerek ağırlık yüzdeleri tespit edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ülkemizde en çok tüketilen ve düşük cıva içeriğine sahip bu lamba tipine ait 2 farklı Watt’ta ki lamba grubunun üretim bilgileri üretici firmadan temin edilmiş ve cıva karakterizasyon testleri yapılmıştır. Tablo 1’de toksik olduğu bilinen ve e-atık içeriğinde yaygın olarak gözlenen birtakım maddelerin elektronikler içerisinde nerelerde kullanıldıkları ve e-atık olduğunda kısa süreli ve/veya uzun süreli maruz kalmalarda ne tür etkileri olabileceği gösterilmiştir (Ogunbuyu ve ark., 2012).

**Tablo 1.** Bazı zararlı e-atık içeriklerinin kullanıldığı yerler ve insan sağlığına zararları (Kahraman, 2014)

E-toksik madde	Bulunduğu kaynak	Sağlığa etkisi
Arsenik	Bilgisayar çiplerinde ve ışık salma tüplerinde	Cilt ve Akciğer Kanserine yol açar.
Kadmiyum	CPU, monitör ve NiCd bataryalarda bulunur	Yüksek seviyelerde solunması halinde akciğer hastalıklarına ve ölümlere neden olur.

Kurşun	CRT monitörlerde, lehimin yapısında	Başlangıç semptomları iştahsızlık, kas ağrısı, halsizlik ve baş ağrısıdır. Uzun süre maruz kalındığında sinir sistemi performansını olumsuz etkiler. Yüksek seviyelerde maruz kalındığında beyi hasarlarına ve ölümlere yol açar.
Cıva	Floresan Lambalarda, eski bataryalarda ve monitörlerde	Kısa süreli maruz kalmalarda bulantı,kusma, ishal, akciğer zedelenmesi, kan basıncının veya kalp atış hızının artması ve gözlerde tahrişe sebep olur. Uzun süreli maruz kalmalarda ise beyin hasarına, böbreklerin zedelenmesine ve anne karnındaki bebeğe zararları olmaktadır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışmada, atık floresan lambalar başta Mardin iline bağlı Midyat ilçesinde bulunan kurumlar (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Türkiye Petrol Rafineri Anonim Şirketi, Aksa Enerji Santralleri, vb.) ile birlikte farklı illerde (Batman, Diyarbakır ve Şanlıurfa) bulunan ve atık floresan miktarı fazla olan özel (Shell, TÜPRAŞ, vd.) ve resmi kurumlardan (TPAO, MEB, MKE, vd.) temin edilmek üzere atık floresan lambalar toplanmıştır. Piyasadan temin edilen veya toplanan floresan lambalar tip (T5, T8, T9, vb.) ve elektriksel güç birimi (8W, 18W, 36W, 48W, vb.) bazında sınıflandırılmış ve manuel olarak parçalama yöntemleri benimsenmiştir.

Ayrıca toplama, ayırma ve ithalatçı firma bilgileri ışığında ülkemizde en çok tüketilen floresan lambaların hangi tip ve elektriksel güç biriminde (Watt) olduğu tespit edilmiştir. En çok tüketilen lamba tipine ait yine en fazla tüketilen 2 farklı W’taki lambanın manuel parçalama işlemleri gerçekleştirilerek ağırlık yüzdeleri tespit edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ülkemizde en çok tüketilen ve düşük cıva içeriğine sahip bu lamba tipine ait 2 farklı Watt'ta ki lamba grubunun üretim bilgileri üretici firmadan temin edilmiş ve cıva karakterizasyon testleri yapılmıştır.

Bu floresan lambalar Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Merkezi Laboratuvarın (HÜMEL)'de oluşturulan depolama alanında lamba tipine, markasına, üretim yılına ve elektriksel güç birimine göre tasnif edilerek depolanmıştır. Tüm testler için farklı tip düz floresan lamba grubundan (T5, T8, T9, vb.) toplam 350 adet atık floresan lamba toplanmış en fazla 2 farklı 'Elektriksel Güç Birimi'nde (8W, 18W, 36W, 48W, vb.) yoğunlaştığı görülmüştür. Depolanan floresan lambaların, depolama alanında buldukları süre içerisinde kırılmaları sonucu meydana gelebilecek olası riskler için gerekli iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınmıştır.

Tip ve güçlerine göre sınıflandırılan floresan lambalar incelendiğinde neredeyse tamamının iki farklı güçte (18 W ve 36 W güçlerinde), A-marka lambalardan oluştuğu tespit edilmiştir. Daha sonra Türkiye'de floresan lamba üretimi olmadığından hem yapılan piyasa araştırmaları hem toplanan lambalara ait markaların yoğunluğu göz önünde bulundurulduğunda iki marka ön plana çıkmıştır.

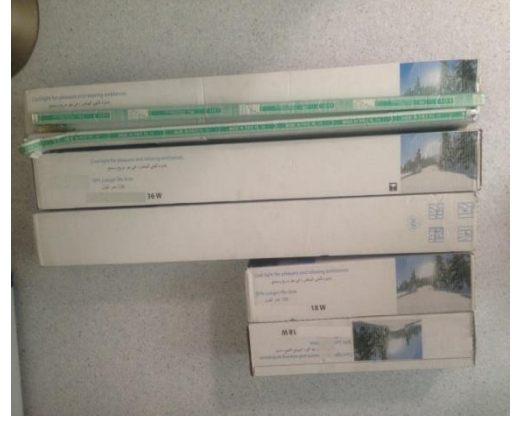
A-marka ve B-marka floresan lambaların üretici ve ithalatçı firmaları ile yapılan sözlü görüşmeler en fazla üretilen ve ithal edilen A-markalı, T8 floresan lamba tipine ait 18 W ve 36W'lık floresan lambalar üzerinde çalışılması sonucuna varılmıştır. 18 W'lık floresan lambalar Şekil 2 ve 36 W'lık floresan lambalar Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 4'te görünen söz konusu kullanılmamış floresan lambalar satın alınarak HÜMEL'de oluşturulan alanda depolanmıştır.



Şekil 2. T8, 18W floresan lamba.



Şekil 3. T8, 36W floresan lamba.



Şekil 4. Kullanılmamış floresan lambalar.

#### Yöntem

Atık floresan lambalar ilk olarak toz ve boya gibi atıklardan temizlendikten sonra deneylerde kullanılmak üzere parçalara ayrılmıştır. Bu işlem çeker ocakta özel olarak kurulan düzenekte vakum altında yapılmıştır. Tüm parçalama ve ayırma işlemleri boyunca buhar haline geçen cıva, cıva buhar detektörü ile kontrol edilmiştir. Öncelikle parçalama işlemi için koruyucu ekipmanlar olarak eldiven, maske, gözlük ve önlük kullanılarak çeker ocak içerisinde parçalanmaya hazır hale getirilen floresan lambanın alüminyum kapakları pense marifetiyle sökülmüştür. Parçalama ve ayırma işlemlerinin çeker ocakta yapılması Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Parçalama ve ayırma işlemlerinin çeker ocakta yapılması

Alüminyum kapaklar altında, kapak kısmında ve lamba camı kısmında bulunan reçine, neşter yardımıyla kazınıp temizlenerek ayrı bir kaba alınmıştır. Floresan lambada bulunan flamanlar da pense ile söküldükten sonra lambanın en uç noktasından küçük bir delik açıldığında basınç farkından dolayı fosfor tozunun lambanın içine doğru bir hareket sergilediği gözlemlenmiştir. Lambanın ucunda delik açılması sonrasında fosfor tozunun hareketi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Lambanın ucundan delik açılması sonrasında fosfor tozunun hareketi

Delik açılan tarafta fosfor tozu kalmadığı için o taraftaki cam kırılarak fırça yardımıyla aşamalı bir şekilde toz lambanın içine doğru süpürülüp temizlenen cam ilerledikçe kırmaya devam edilmiştir. Fosfor tozunun süpürülerek temiz camın kırılması işlemi Şekil 7'de görülmektedir. Son olarak lambanın dibinde biriken fosfor tozu tartımı yapılmak üzere daha önceden ağırlığı kaydedilmiş kâğıt üzerine boşaltılmıştır.



Şekil 7. Fosfor tozunun süpürülerek temiz camın kırılması işlemi

Parçalama ve ayrıştırma süreci boyunca, floresan lambalardan ayrılan alüminyum kapaklar, reçine, flamanlar, cam tüpler ve serbest fosfor tozları ayrı ayrı tartılarak, her tip için ağırlık yüzdeleri bulunmuştur. İlgili parçalar hemen teste tabi tutulmayacaksa, her tip için her parça ayrı kaplarda biriktirilerek, müteakip deneylerde kullanılmak üzere +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Floresan lambaların fosfor tozunda bulunan cıva tek bir değer olarak karakterizasyon testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler element/mineral düzeyde karakterizasyon testlerinden farklı olarak, toplanan (veya satın alınan) her bir tip floresan grubu için gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sonucunda, floresan lambayı oluşturan kısımların toplam kadar cıva içerdiğini çıkarmıştır.

Üzerinde çalışılması planlanmış olan floresan lamba türlerinin her biri için elde edilmiş olan fosfor tozu numunelerinden 0,3'er gram tartılmıştır. Her bir numune için 0,3 gr fosfor tozu + 8 ml HNO<sub>3</sub> eklenerek Şekil 8'de gösterilen Berghof MWS2 Marka mikrodalga fırında çözünürleştirilmiştir.



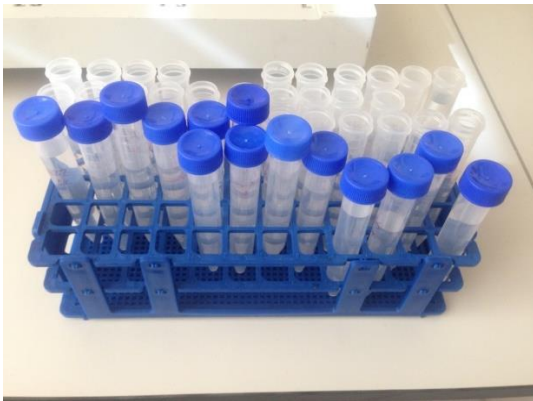
Şekil 8. Berghof MWS2 Marka mikrodalga fırın.

Mikrodalga fırında uygulanan güç ve sıcaklık parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Numunelerin mikrodalga fırındaki işlem süreci

SIRA	SICAKLIK	ZAMAN	GÜÇ
1.Basamak	130 °C	15 dk	% 75 power
2.Basamak	155 °C	10 dk	% 85 power
3.Basamak	170 °C	12 dk	% 65 power

Daha sonra, mikrodalga fırında çözünürleştirme işlemi tamamlandıktan sonra çözünme kapları soğumaya bırakılmıştır. Sıcaklıkları 20 – 25 °C seviyelerine düşmesiyle birlikte Şekil 9’de görünen 15 ml’lik plastik tüplere alınarak saf su ilave etmek suretiyle 15 ml’ye tamamlanmıştır. Şekil 10’da gösterilen hidrür sistem ile okutulmak üzere her bir örnekten 10 ml ayrı bir kaba alınmıştır. Bu kaplara % 5 HCl içerecek şekilde ekleme yapılmıştır. Son olarak 2 – 3 damla % 5 W/V KMnO<sub>4</sub> çözeltisi ilave edilmiştir. Seyreltme işlemleri % 3 HCl çözeltisiyle yapılmıştır. Seyrelme işlemi yapıldıktan sonra ICP-OES cihazında ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Plastik numune tüpleri.



Şekil 10. Hidrür sistem.

## Bulgular ve Tartışma

### 1. Floresan Lambaların Üretim Bilgileri

Analizlerde kullanılan A marka floresan lambalara ait üretim bilgileri üretici firmadan temin edilmiştir. Kullanım ömrü 20.000 saat olarak görünmekte olan A marka, T8 tip ve 18 W lambaya ait genel bilgiler (Tablo 3’de verilmiştir). Aynı lamba türüne ait net ağırlık floresan lamba başına 71 gr, enerji verimliliği etiketi (EEL); A ve cıva içeriği 2.00 mg/lamba olarak görünmektedir. T8, 18W Floresan Lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi Tablo 4’te gösterilmiştir.

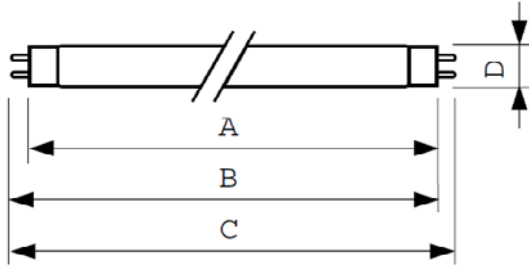
**Tablo 3.** A marka, T8 tip ve 18 W lambaya ait genel bilgiler

Genel Bilgiler	
Kapak Tabanı	1
% 10 Arızaya kadar kullanım ömrü (Nom)	12000h
% 50 Arızaya kadar kullanım ömrü (Nom)	15000h
% 50 Arıza ön ısıtmasına kadar kullanım ömrü (Nom)	20000h
LFS 2000 s Tanım, 3 s döngü	99 %
LFS 4000 s Maks, 12 s döngü	99 %
SSF 60000 s Maks, 3 s döngü	99 %
SSF 8000 s Maks, 3 s döngü	99 %
LSF 12000 s Maks, 12 s döngü	89 %
SSF 16000 s Maks, 3 s döngü	33 %
LFS 20000 s Maks, 12 s döngü	2 %

**Tablo 4.** T8, 18W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi

Cıva (Hg) İçeriği (Nom)	2.0 mg
Enerji Tüketimi kWh/1000 sa	22kWh

Üretim bilgileri içeriği “Güvenlik Uyarıları” bölümünde “Lamba kırılmasının sağlığınız üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olduğunu olmayacağını söylemek pek de mümkün değildir. Bir lamba kırıldığında, odayı 30 dakika süreyle havalandırın ve kırık parçaları tercihen eldiven kullanarak toplayın. Bunları ağzı kapalı bir plastik torbaya koyun ve geri dönüşüm için size en yakın atık toplama merkezine götürün. Elektrikli süpürge kullanmayın.” ifadesi dikkat çekmektedir. Boyut bilgileri için 28 mm çap ve 604 mm boy bilgileri bulunmaktadır. T8, 18W Floresan Lambaya ait kesit (Şekil 11), T8, 18W Floresan Lambaya ait boyut bilgileri Tablo 5’te görülmektedir.



Şekil 11. T8, 18W Floresan lambaya ait kesit.

Tablo 5. T8, 18W Floresan lambaya ait boyut bilgileri

Product	D	A	B	B	C
18W	28 mm	589.8 mm	596.9 mm	594.5 mm	604 mm

Analizlerde kullanılmış olan A marka, T8, 36 W tipindeki lamba ile ilgili üretim bilgileri kullanım ömrü aynı şekilde 20.000 saat diğer genel bilgilerde yaklaşık değerlerdedir. A marka, T8 tip ve 36 W lambaya ait genel bilgiler (Tablo 6). Aynı lamba türüne ait net ağırlık floresan lamba başına 135 gr, enerji verimliliği etiketi (EEL): A ve cıva içeriği de aynı şekilde 2,00 mg/lamba olarak görülmektedir. T8, 36W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi Tablo 7’de gösterilmiştir.

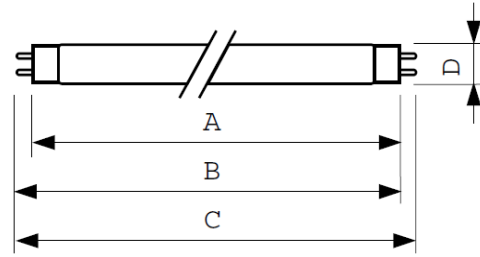
Tablo 6. A marka, T8 tip ve 36 W lambaya ait genel bilgiler

Genel Bilgiler	
Kapak Tabanı	1
% 10 Arızaya kadar kullanım ömrü (Nom)	12000h
% 50 Arızaya kadar kullanım ömrü (Nom)	15000h
% 50 Arıza ön ısıtmasına kadar kullanım ömrü (Nom)	20000h
LFS 2000 s Tanım, 3 s döngü	99 %
LFS 4000 s Maks, 12 s döngü	99 %
SSF 60000 s Maks, 3 s döngü	99 %
SSF 8000 s Maks, 3 s döngü	99 %
LSF 12000 s Maks, 12 s döngü	89 %
SSF 16000 s Maks, 3 s döngü	33 %
LFS 20000 s Maks, 12 s döngü	2 %

Tablo 7. T8, 36W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi

Cıva (Hg) İçeriği (Nom)	2.0 mg
Enerji Tüketimi kWh/1000 sa	42 kWh

Üretim bilgileri içeriği “Güvenlik Uyarıları” bölümünde aynı ifadelerle yer verilen lambanın boyut bilgileri için 28 mm çap ve 1213,6 mm boy bilgileri bulunmaktadır. T8, 36W Floresan lambaya ait kesit (Şekil 12). T8, 18W Floresan lambaya ait boyut bilgileri Tablo 8’de gösterilmiştir.



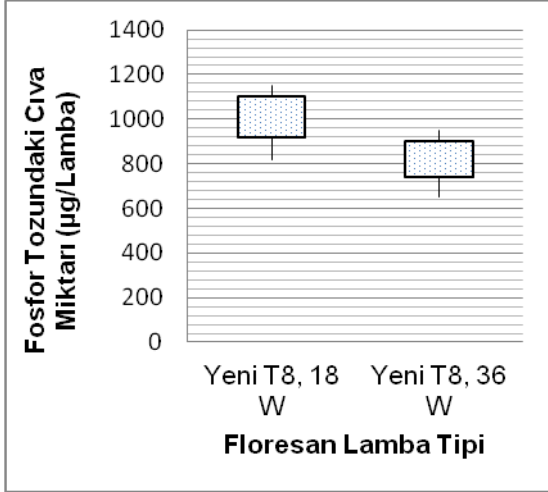
Şekil 12. T8, 36W Floresan lambaya ait kesit

Tablo 8. T8,36W Floresan lambaya ait boyut bilgileri

Ürün	D	A	B	B	C
36W/865	28	1199.4	1206.5	1204.1	121
1SL/25	mm	mm	mm	mm	3.6 mm

## Fosfor Tozunda Bulunan Cıva Analiz Sonuçları

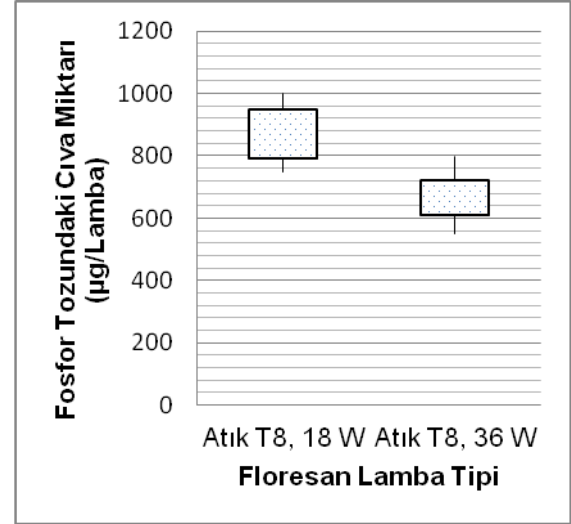
Analizler sonucunda, bir floresan lambanın bünyesinde bulunan 2 mg cıvanın yaklaşık % 50 kadarının fosfor tozunda absorbe olduğu görülmüştür. Yeni floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Yeni floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı.

Kullanılmamış floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri açısından W farkına göre karşılaştırıldığında, Yeni T8 - 18W (ortalama 1,01 mg/lamba) lambaların, Yeni T8 - 36W (ortalama 0,82 mg/lamba) lambalara göre fosfor tozunda absorbe olmuş cıva miktarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuca bağlı olarak Yeni T8 - 18W fosfor tozunun içerdiği cıva miktarının, Yeni T8 - 36W fosfor tozundaki cıva miktarının % 20 – 25 fazlası olduğu tespit edilmiştir.

Yeni floresan lambalar ile tüm özellikleri aynı olan atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içeriklerine bakıldığı zaman, her iki lamba tipi (Atık T8-18W ve Atık T8 – 36W) içinde fosfor tozunda absorbe olmuş cıva içeriklerinde % 15 civarında bir azalma olduğu görülmüştür. Kullanılmış floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı Şekil 14'te gösterilmiştir.

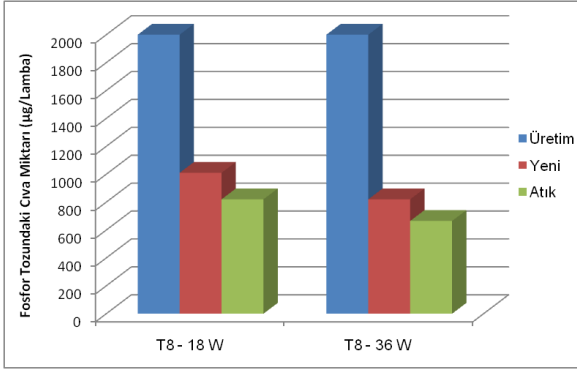


Şekil 14. Atık floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı.

Atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri açısından W farkına göre karşılaştırıldığında ise Atık T8 - 18W (ortalama 0,87 mg/lamba) lambaların, Atık T8 - 36W (ortalama 0,665 mg/lamba) lambalara göre fosfor tozunda absorbe olmuş cıva miktarının yeni lambalarda olduğu gibi daha fazla olduğu görülmüştür. Yine bu sonuca göre Atık T8 - 18W fosfor tozunun içerdiği cıva miktarının, Atık T8 - 36W fosfor tozundaki cıva miktarının yaklaşık % 30 fazlası olduğu tespit edilmiştir.

Yeni ve atık floresan lambalar fosfor tozunda bulunan cıva içeriği açısından değerlendirildiğinde T8 – 36W 'ın T8 – 18W'a göre kullanım ömrü sürecinde fosfor tozunda absorbe olmuş cıva kaybının oran olarak daha fazla, miktar olarak ise daha az olduğu tespit edilmiştir. Yeni ve atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerik grafiği Şekil 15'te gösterilmiştir.





Şekil 15. Yeni ve atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri.

Şekil 15'te görüldüğü üzere, T8 – 18W floresan lambalarda fosfor tozunda bulunan cıva geri kazanım potansiyeli, T8 – 36W floresan lambadakinden daha fazladır.

### Sonuçlar ve Tartışma

Söz konusu lambaların üretici ve ithalatçı firmalarından edinilen bilgiler, her iki tip lambanın da cıva içeriğinin 2 mg/lamba olduğunu göstermektedir. T8 – 36W lambaların cıva içeriklerinin T8 – 18 W lambalarla aynı olmasına rağmen aydınlatma kapasitelerinin daha yüksek olması çevre kirliliği oluşturma potansiyellerinin düşük olması açısından daha tercih edilebilir olduklarını göstermektedir. Yeni ve atık floresan lambaların parçalama ve tartım işlemlerinden sonra elde edilen fosfor tozu numunelerinin cıva içerik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Fosfor tozunda absorbe olmuş cıva içeriği açısından Yeni T8 – 18W lamba türünün Yeni T8 – 36W'tan daha yüksek olduğu, aynı şekilde Atık T8 – 18W lambanın da Atık T8 – 36 W tan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yeni T8 18W ve 36W lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı sırasıyla 1,01 mg/lamba ve 0,82 mg/lamba olarak, Eski T8 18W ve 36W lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı ise sırasıyla 0,87 mg/lamba ve 0,665 mg/lamba olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde floresan lambanın kullanımı sonucunda fosfor tozunda bulunan cıvanın miktarında yaklaşık % 15'lik bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın lambanın

çalışma süresi içerisinde cıvanın cam matrisi ve diğer bölümlere yapıştığı düşünülmektedir.

Bu çalışmayla T8 tip floresan lamba türleri üzerinde başarılı bir şekilde uygulandığı görülmüştür.

### Teşekkür

Bu çalışma, finansal olarak HÜBAK tarafından (15104 numaralı proje) desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Agei-Mensah, S. and Oteng-Ababio, M., 2012. Perceptions of health and environmental impacts of e-waste management in Ghana. *International Journal of Environmental Health Research*, 22(6): 500–17.
- Battye, W., McGeough, U., Overcash, C., 1994. Evaluation of Mercury Emissions from Fluorescent Lamp Crushing. *USEPA-453/R-94-018*, US, 1-25.
- EU, 2003a, *Council directive of 15 July 1975 on waste*.
- Jang, M., Hong, S.M., Park, J.K., 2005. Characterization and Recovery of Mercury from Spent Fluorescent Lamps. *Waste Management*, 25: 5-14.
- Kahraman, A. C., 2014. Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Türkiye'de E-atık Yönetimi ve Uygulamaya Yönelik Stratejik Analizler, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 126s.
- Kaya, M., Sözeri, A., 2007. Elektronik Atık (E-Atık) Geri Dönüşüm/Kazanım Sistemi. *13th International Energy, Cogeneration And Environmental Technologies Conference & Exhibition*, 30-31 Mayıs, İstanbul, s.3-15.
- Ogunbunji, O., Nnorom, I. C., Osibanjo, O., Schlue, M., 2012. *E-waste Country Assessment Nigeria*. UNEP Report.
- Özgür, C., 2014. Elektrokazanım Prosesiyle Atık Floresan Lambalardan Cıva Metalinin Uzaklaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta, 81s.
- Raposo C., Windmöller C. C., Durao Junior W. A., 2003. Mercury Speciation in Fluorescent Lamps By Thermal Release Analysis. *Waste Management*, 23: 879–886.
- Rey-Raap N., Gallardo A., 2012. Determination of Mercury Distribution Inside Spent Compact Fluorescent Lamps By Atomic Absorption Spectrometry. *Waste Management*, 32: 944–948.

## Mercury Recovery from Waste Fluorescent Lamps

### Extended abstract

While thousands of new fluorescent lamps are installed each year, nearly the same number of lamps are thrown into the waste, and each day, problems are increasing for the disposal of these lamps. In accordance with the provisions of the "Regulation on the General Principles of Waste Management" and the "Regulation on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Materials in Electrical and Electronic Goods" in force in our country, waste fluorescent lamps must be recycled. The goal in the recovery of fluorescent lamps is both the proper disposal of hazardous wastes and the recovery of resources (glass, metal, phosphorus dust, etc.). In this study, the waste fluorescent lamps are to be supplied from private (Shell, TÜPRAŞ, etc.) and official institutions (TPAO, MEB, MKE, etc.) located in different provinces along with the institutions located in Midyat district of Mardin province. Waste fluorescent lamps were collected within a plan. These fluorescent lamps are classified and stored according to lamp type, brand name, production year and electrical power unit in storage area established in Harran University Osmanbey Campus Center Laboratory (HÜMEL). A total of 350 waste fluorescent lamps were collected from different types of flat fluorescent lamp groups (T5, T8, T9, etc.) for all tests. Two of the most collected lamp types included "Electrical Power Unit" (8W, 18W, 36W, 48W, etc.) Watt (W). The occupational health and safety precautions have been taken for the possible risks that the stored fluorescent lamps may break down during the time they are in the storage area. In the scope of this study, the breakdown and weight of new and waste fluorescent lamps and the mercury content analysis in phosphorus powder in these lamps were carried out. It has been found that T8 - 18W is higher than T8 - 36W in terms of mercury content absorbed in phosphorus powder. At the same time, waste lamps were found to have more than T8 - 18W, T8 - 36W. The mercury levels in the phosphorus powder of the new T8 18W and 36W

*lamps were determined to be 1010 µg / lamp and 820 µg / lamp respectively, and the mercury quantities in the phosphorus powder of the old T8 18W and 36W lamps were determined to be 870 µg / lamp and 665 µg / lamp respectively. In addition, the use of the fluorescent lamp resulted in a reduction in the amount of mercury present in the phosphorus powder by about 15%. This reduction is thought to have adhered to the glass matrix and other parts of the glass during the working period of the lamp.*

**Keywords:** E-waste; Waste Fluorescent Lamp; Mercury; Recycle; Turkey.