



Atık Yönetiminde "Kritik Hammaddelerin" Önemi

Prof.Dr. Ata Akçıl

MİNERAL-METAL KAZANIM VE GERİDÖNÜŞÜM
ARAŞTIRMA GURUBU
(SDÜ)

22 Ekim 2015
Ankara

Bir insan ortalama 75 yıllık hayatı süresince ne tüketir?

Enerji 3 Milyon KWh

Su 12 Milyon litre

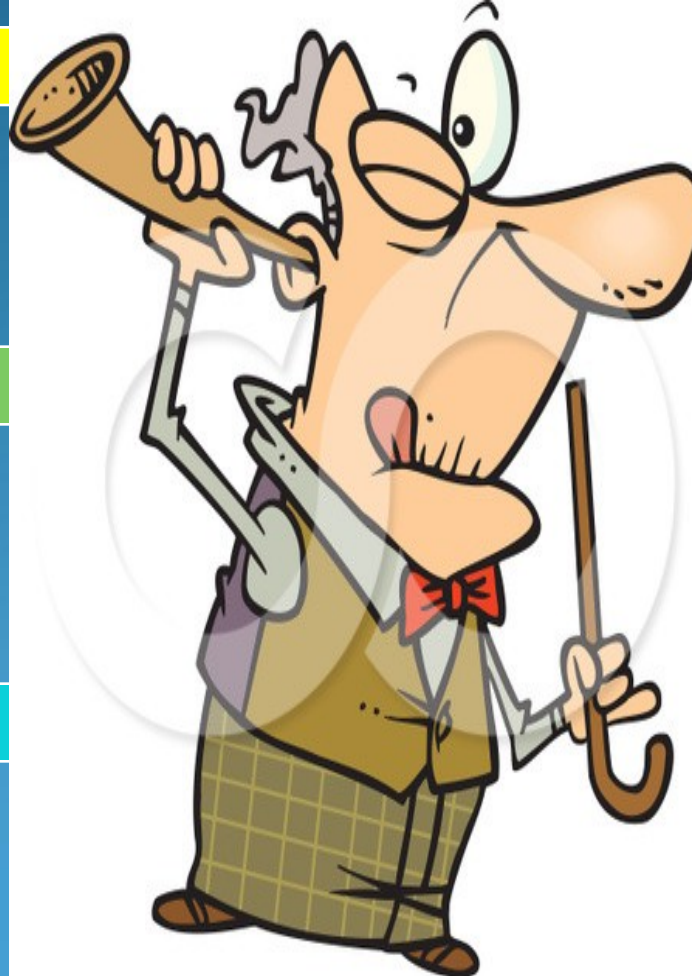
Atık Su 12 Milyon litre

Atık 225 ton

Hava 0,4 milyon m³

Yiyecek 70 ton

Toprak 4200 m²



Maliyetler

• Enerji	120.000 €
• Su	24.000 €
• Atık Su	24.000 €
• Yiyecek	700.000 €
• Atık	68.000 €
• Hava	2.000.000 €
• Toprak	630.000 €
Toplam	3.566.000 €

Hammadde Açısından "Kritik" ?

Bir hammaddenin arzında kısıtlılık riski ve ekonomiye etkisi ne kadar fazla ise o hammadde "kritik" olarak sınıflandırılır.

Kritik Hammaddeler

Yüksek riskli tedarik (arz-talep/Çin üretimi)

İleri teknoloji kullanımı (High-Tech)

**Rekabetçi sanayi ürünlerinde kullanımı
(Innovasyon)**

**Sürdürülebilir ve Çevre Uyumlu Teknolojilerde
kullanımı**

Kritik Hammaddeler Hangi Sektörlerde Yaygındır?

Savunma

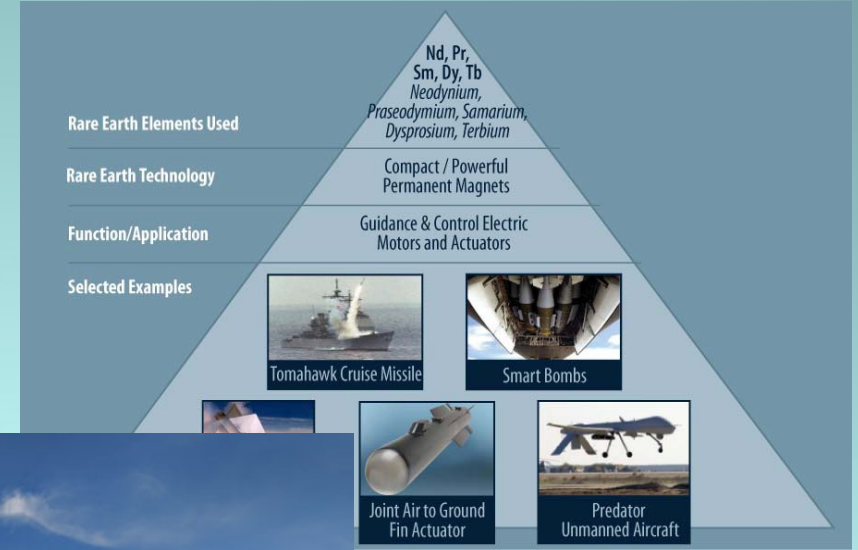
Yenilenebilir Enerji

Havacılık-Uzay

Sağlık

Otomotiv

İmalat



Kritik Hammaddeler Nelerdir?

Periodic Table of the Elements

- Alkali Metals
- Alkaline Earth Metals
- Transition Metals
- Other Metals
- Nonmetals
- Noble Gases
- Lanthanoids
- Actinoids

C	Br	He	Tc
---	----	----	----

solid liquid gas synthetic

helium 2 He 4.002602

key
element name
atomic number
symbol
atomic weight

hydrogen 1 H 1.00794																	helium 2 He 4.002602						
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.012182																	boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.0107	nitrogen 7 N 14.00674	oxygen 8 O 15.9994	fluorine 9 F 18.9984	neon 10 Ne 20.1797
sodium 11 Na 22.98977	magnesium 12 Mg 24.3050																	aluminium 13 Al 26.981538	silicon 14 Si 28.0855	phosphorus 15 P 30.97376	sulphur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.984
potassium 19 K 39.0983	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.95591	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.9415	chromium 24 Cr 51.9961	manganese 25 Mn 54.93805	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.9332	nickel 28 Ni 58.6934	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.409	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.64	arsenic 33 As 74.9216	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.798						
rubidium 37 Rb 85.4678	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.90585	zirconium 40 Zr 91.225	niobium 41 Nb 92.90638	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.9055	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.8682	cadmium 48 Cd 112.411	indium 49 In 114.818	tin 50 Sn 118.710	antimony 51 Sb 121.760	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.9045	xenon 54 Xe 131.293						
caesium 55 Cs 132.90545	barium 56 Ba 137.327	lutetium 71 Lu 174.967	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.9479	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.207	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.217	platinum 78 Pt 195.078	gold 79 Au 196.96655	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.3833	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.980	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]						
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	darmstadtium 110 Ds [271]	roentgenium 111 Rg [272]	ununbium 112 Uub [285]	ununquadium m 114 Uuq [289]											

lanthanum 57 La 138.9055	cerium 58 Ce 140.116	praseodymium 59 Pr 140.90765	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.964	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.9253	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.930	erbium 68 Er 167.259	thulium 69 Tm 168.934	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.038	protactinium 91 Pa 231.0359	uranium 92 U 238.0289	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

Kritik Hammaddeler Nelerdir?

Periodic Table of the Elements

- Alkali Metals
- Alkaline Earth Metals
- Transition Metals
- Other Metals
- Nonmetals
- Noble Gases
- Lanthanoids
- Actinoids

C	Br	He	Tc
---	----	----	----

solid liquid gas synthetic

hydrogen 1 H 1.00794																	helium 2 He 4.002602						
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.012182																	boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.0107	nitrogen 7 N 14.00674	oxygen 8 O 15.9994	fluorine 9 F 18.9984	neon 10 Ne 20.1797
sodium 11 Na 22.98977	magnesium 12 Mg 24.3050																	aluminum 13 Al 26.981538	silicon 14 Si 28.0855	phosphorus 15 P 30.97376	sulphur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.984
potassium 19 K 39.0983	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.95591	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.9415	chromium 24 Cr 51.9961	manganese 25 Mn 54.93805	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.9332	nickel 28 Ni 58.6934	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.409	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.64	arsenic 33 As 74.9216	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.798						
rubidium 37 Rb 85.4678	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.90585	zirconium 40 Zr 91.225	niobium 41 Nb 92.90638	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.9055	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.8682	cadmium 48 Cd 112.411	indium 49 In 114.818	tin 50 Sn 118.710	antimony 51 Sb 121.760	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.9045	xenon 54 Xe 131.293						
caesium 55 Cs 132.90545	barium 56 Ba 137.327	lutetium 71 Lu 174.967	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.9479	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.207	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.217	platinum 78 Pt 195.078	gold 79 Au 196.96655	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.3833	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.980	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]						
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	darmstadtium 110 Ds [271]	roentgenium 111 Rg [272]	ununbium 112 Uub [285]	ununquadium 114 Uuq [289]											

key

element name
atomic number
symbol
atomic weight

lanthanum 57 La 138.9055	cerium 58 Ce 140.116	praseodymium 59 Pr 140.90765	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.964	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.9253	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.930	erbium 68 Er 167.259	thulium 69 Tm 168.934	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.038	protactinium 91 Pa 231.0359	uranium 92 U 238.0289	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

Kritik Hammaddeler Nelerdir?

Periodic Table of the Elements

- Alkali Metals
- Alkaline Earth Metals
- Transition Metals
- Other Metals
- Nonmetals
- Noble Gases
- Lanthanoids
- Actinoids

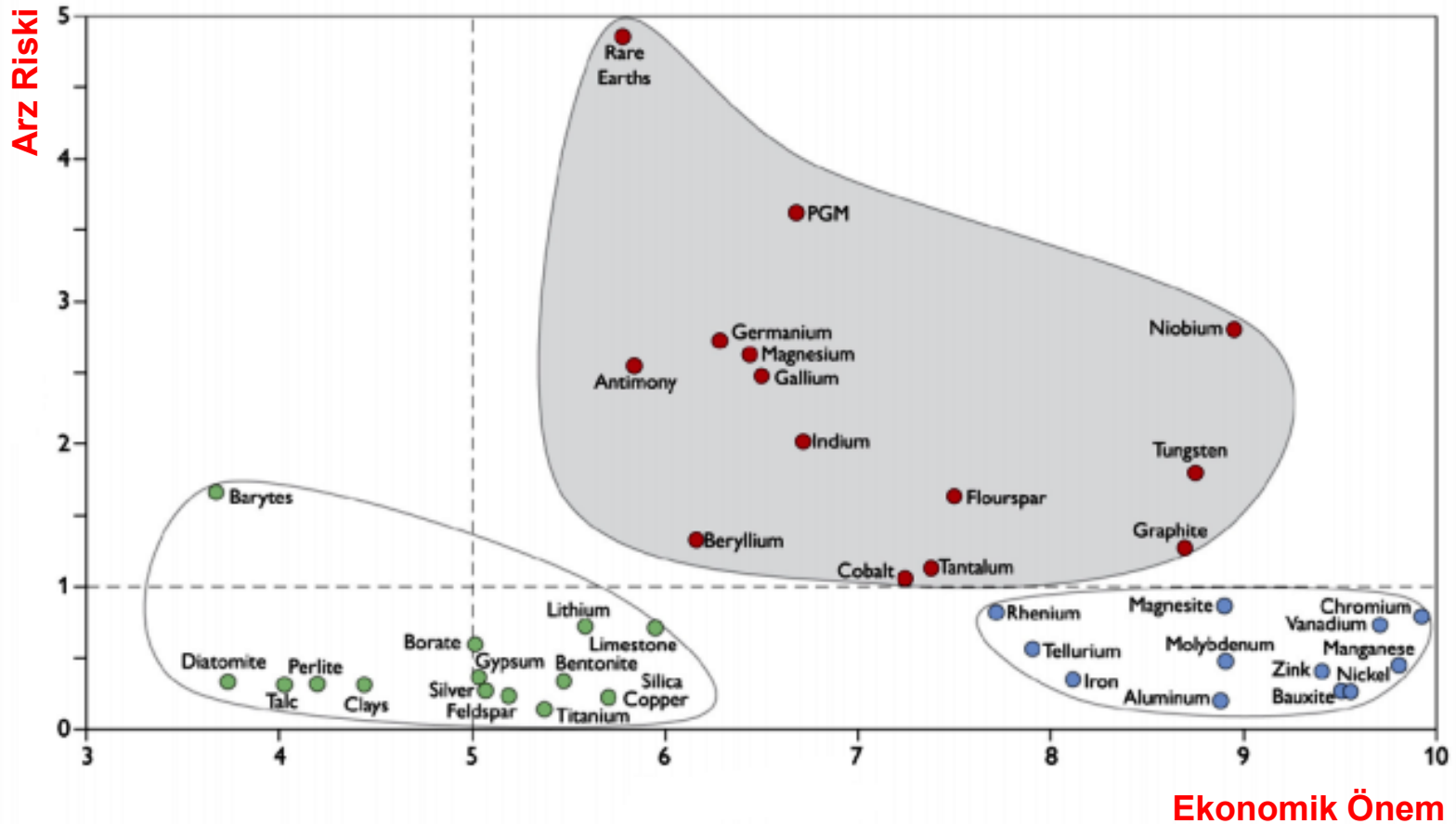
C	Br	He	Tc
solid	liquid	gas	synthetic

hydrogen 1 H 1.00794																	helium 2 He 4.002602						
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.012182																	boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.0107	nitrogen 7 N 14.00674	oxygen 8 O 15.9994	fluorine 9 F 18.9984	neon 10 Ne 20.1797
sodium 11 Na 22.98977	magnesium 12 Mg 24.3050																	aluminum 13 Al 26.981538	silicon 14 Si 28.0855	phosphorus 15 P 30.97376	sulphur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.984
potassium 19 K 39.0983	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.95591	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.9415	chromium 24 Cr 51.9961	manganese 25 Mn 54.93805	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.9332	nickel 28 Ni 58.6934	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.409	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.64	arsenic 33 As 74.9216	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.798						
rubidium 37 Rb 85.4678	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.90585	zirconium 40 Zr 91.225	niobium 41 Nb 92.90638	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.9055	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.8682	cadmium 48 Cd 112.411	indium 49 In 114.818	tin 50 Sn 118.710	antimony 51 Sb 121.760	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.9045	xenon 54 Xe 131.293						
caesium 55 Cs 132.90545	barium 56 Ba 137.327	lutetium 71 Lu 174.967	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.9479	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.207	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.227	platinum 78 Pt 195.078	gold 79 Au 196.96655	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.3833	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.980	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]						
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	darmstadtium 110 Ds [271]	roentgenium 111 Rg [272]	ununbium 112 Uub [285]	ununquadium 114 Uuq [289]											

lanthanum 57 La 138.9055	cerium 58 Ce 140.116	praseodymium 59 Pr 140.90765	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.964	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.9253	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.930	erbium 68 Er 167.259	thulium 69 Tm 168.934	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.038	protactinium 91 Pa 231.0359	uranium 92 U 238.0289	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

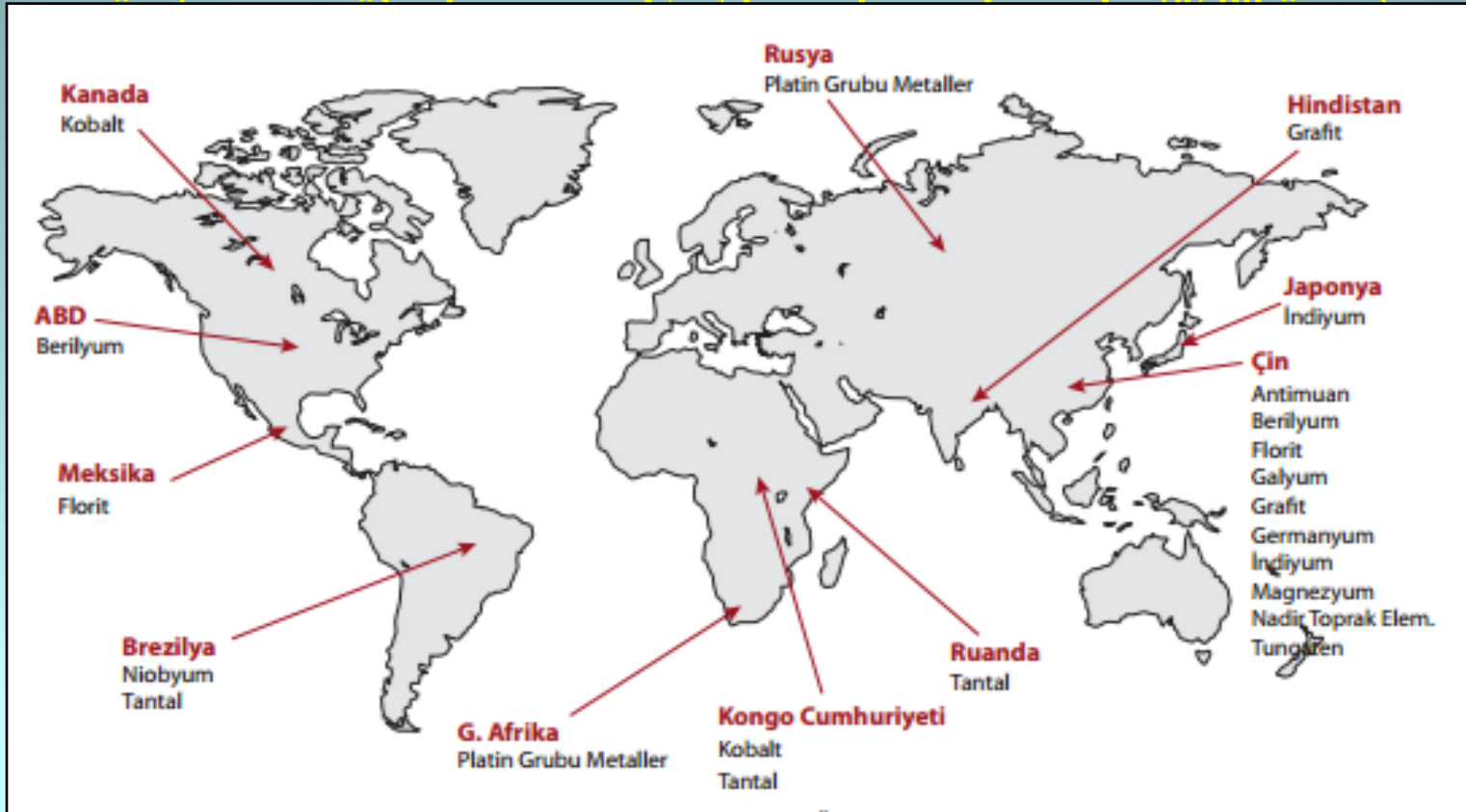
Kritik Hammaddeler (Arz Riski-Ekonomik Önem)

Kritiklik metodolijisine dayanarak hazırlanan Avrupa Birliği için Kritik Hammaddeler raporunda, arz riskine sahip en kritik hammaddeler (European Commission, 2010, 2014). Diyagramın sağ üst köşesinde bulunan 14 hammaddenin yüksek ekonomik önemi ve yüksek arz riski nedeniyle kritik olduklarına karar verilmiştir.



Kritik Hammaddeler Hangi Ülkelerde?

Kritik hammaddelerin (antimuan, florit, galyum, germanyum, grafit, indiyum, magnezyum, nadir toprak elementleri-NTE, tungsten) yüksek arz riskinin temel sebebi, dünya



Dünyada kritik hammaddelerin üretim konsantrasyonları (European Commission, 2010; 2014)

Atıklar ve Kritik Hammaddeler

ATIK MATERYAL	KRİTİK ELEMENTLER/METALLER
E-atıklar	
Fiber Optik Kablolar	Ga, In
Floresan Lambalar	Eu, Tb, Y (Ce, Gd, La)
Jeneratörler	Nd, Dy
LEDler	Ce, Y
LCD Paneller ve Plazma Ekranlar	In, Eu, Y
Hard Diskler	Nd, Dy, Tb, Pr
Mobil Devre Kartları (PCBs)	Pt, Ir, Pd, Ru, Rh
Kullanılmış Bataryalar	
Lityum-İyon Bataryalar (Li-ion Batteries)	Li, Co
Nikel-Metal Hibrit Bataryalar (NiMH Batteries)	Ce, La, Nd, Pr, Co
Kullanılmış Katalizörler	
Katalizörler ve Ayrıştırıcılar	Y, Pt, Ir, Os, Pd, Ru, Rh
Savunma Sanayi Atıkları	
Rehber ve Kontrol Elektrikli Motorlar ve Akümülatörler	Nd, Pr, Dy, Tb
Hedefleme ve Silahlar	Eu, Tb, Y
Elektrikli Sürücü Motorları	Nd, Pr, Dy, Tb, Sm
Radar, Radyasyon ve Kimyasal Tespit Sistemleri	Nd, Y, La, Lu
Tıbbi Atıklar	
Kateter	Pt, Ir, Ta
Kılavuz Teller	Pt, W

Geri Kazanım Hangi Kaynaklardan Yapılabilir ?

Birincil Kaynaklı Ürünlerden

Madencilik artıkları



Bakır eritme fırınlarındaki cüruflardan ve tesis atıklarından geri kazanım

Geri Dönüşebilir İkincil Kaynaklı Ürünlerden

Kullanılmış Endüstriyel Katalizörler



Yağ rafinelerindeki endüstriyel katalizörler & petrokimya endüstrisi

Elektronik Atıklar , Flouresans Lamba tozları ve Piller



Devre kartları v.b.

Kullanılmış Otomobil Katalizörleri



Ömrünü Tamamlamış Otomobil Katalizörleri

Değerli Metal ve NTE İçeren İşlenmemiş Materyal



Fotoğraf atıkları, Tıbbi atıklar, v. b.

Yakmak... Gömmek... Geçici-Kalıcı Depolama...

Uzaklaştırmak...

«Atık Yönetiminde»

Öncelikli Çözüm mü?

ATIK = HAMMADDE

(WASTE = RAW MATERIAL – Waste to Resource)

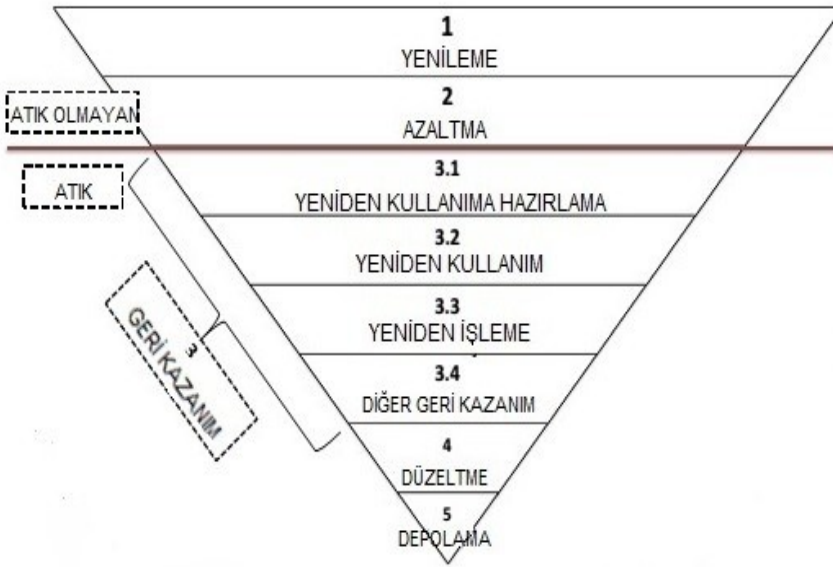
Atık Hiyerarşimiz Gerçekçi mi?



EU Waste Framework

Kaynaklar: DEFRA (2011) Government Review of Waste Policy in England 2011.

Atık Hiyerarşilerimiz Güncellenmeli-Genişletilmeli



Kaynakların kullanım hiyerarşisine ilişkin oluşturulan alternatif gösterim

1. Yenileme: Yeniden düşünmek, üretmek veya dizayn etmek,

- Mevcut ihtiyaçları kaldırmak veya çevre dostu madde, bileşim, materyal veya ürünlerle değiştirmek ve/veya
- Yenilenemeyen kaynakların yerine yenilebilir kaynaklar kullanmak.

2. Azaltma: Kaynak kullanımını azaltmak üzere,

- Daha az satın almak ve/veya
- Daha az kaynak kullanımıyla aynı ürünü elde etmek.

3. Geri Kazanım:

3.1. Yeniden Kullanıma Hazırlama:

3.2. Yeniden Kullanım: Yeniden satma yoluyla kullanılmış, yenilenmiş, işler hale getirilmiş, yeniden imal edilmiş ürünlerin kullanımı veya kiralama, leasing ve servise alma gibi yöntemlerle yeniden kullanılmasını sağlamak.

- Hiçbir değişiklik yapmadan yeniden kullanma (ikinci, üçüncü el kullanım vs.)
- Tamir ederek
- Yenileyerek
- Tekrar işler hale getirerek
- Yeniden imal ederek yeniden kullanmayı sağlamak.

3.3. Yeniden İşleme:

- Geri dönüşüm
- Daha değerli ürüne dönüşüm
- Daha az değerli ürüne dönüşüm

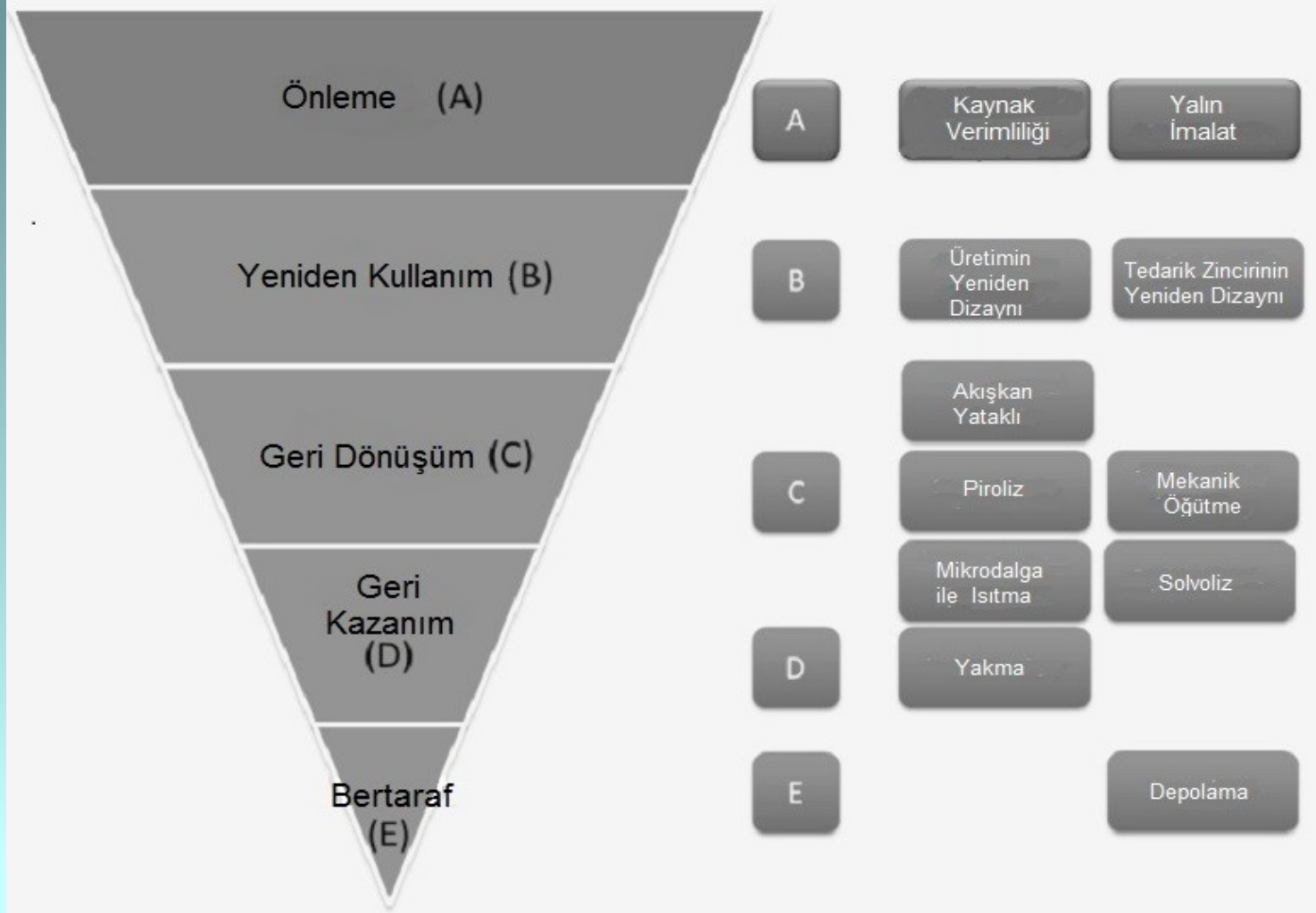
3.4. Diğer Geri Kazanım:

- Enerji geri kazanımı ve/veya
- Dolgu malzemesi veya yakıt kaynağı olarak diğer materyallerin geri kazanımı

4. Düzeltme: Depolama öncesi uygun koşullara getirme

5. Depolama:

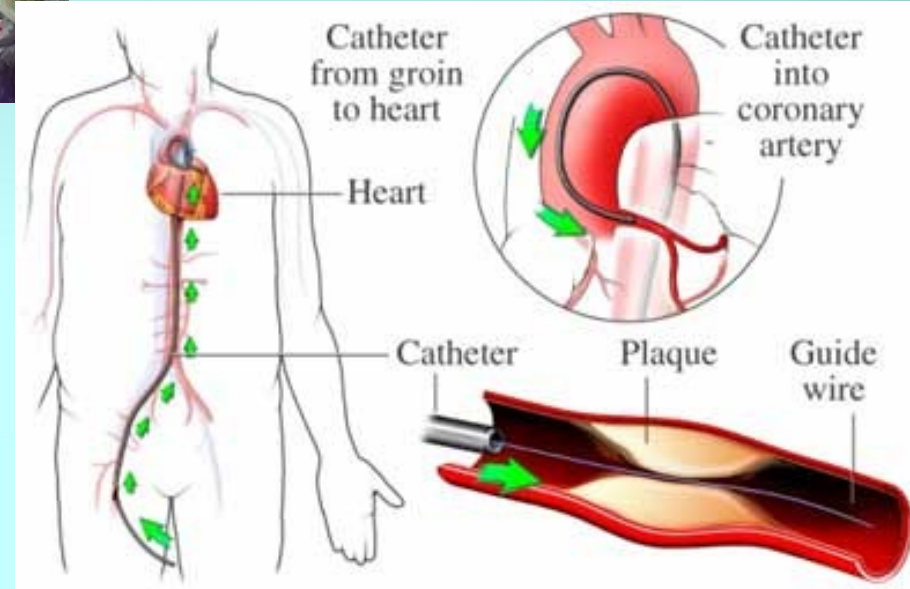
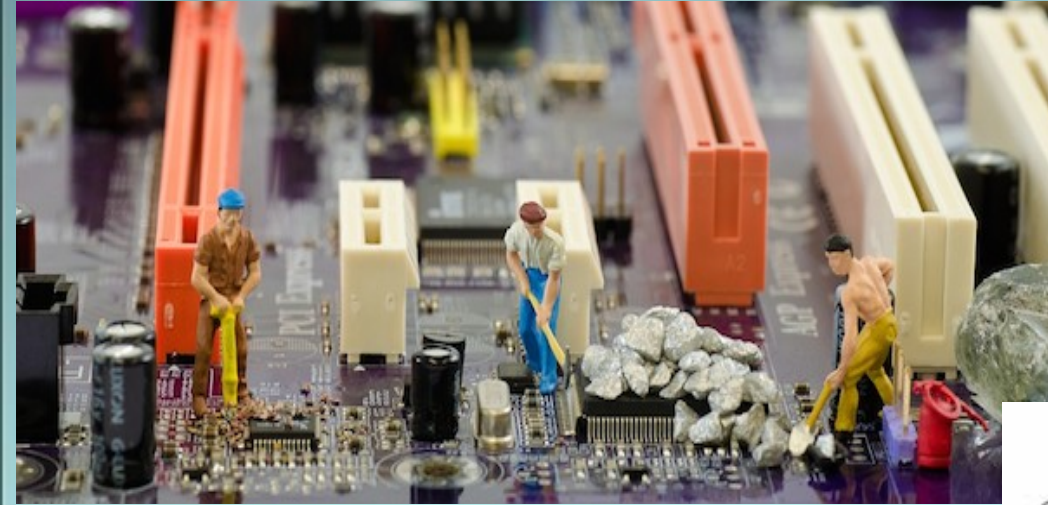
Atık Yönetimi Stratejilerimiz



Atık yönetimi hiyerarşisinde yer alan atık yönetimi stratejilerinin paylarına göre gösterimi

Örnek Uygulamalar

E-Atıklar ve Tıbbi Atıklar

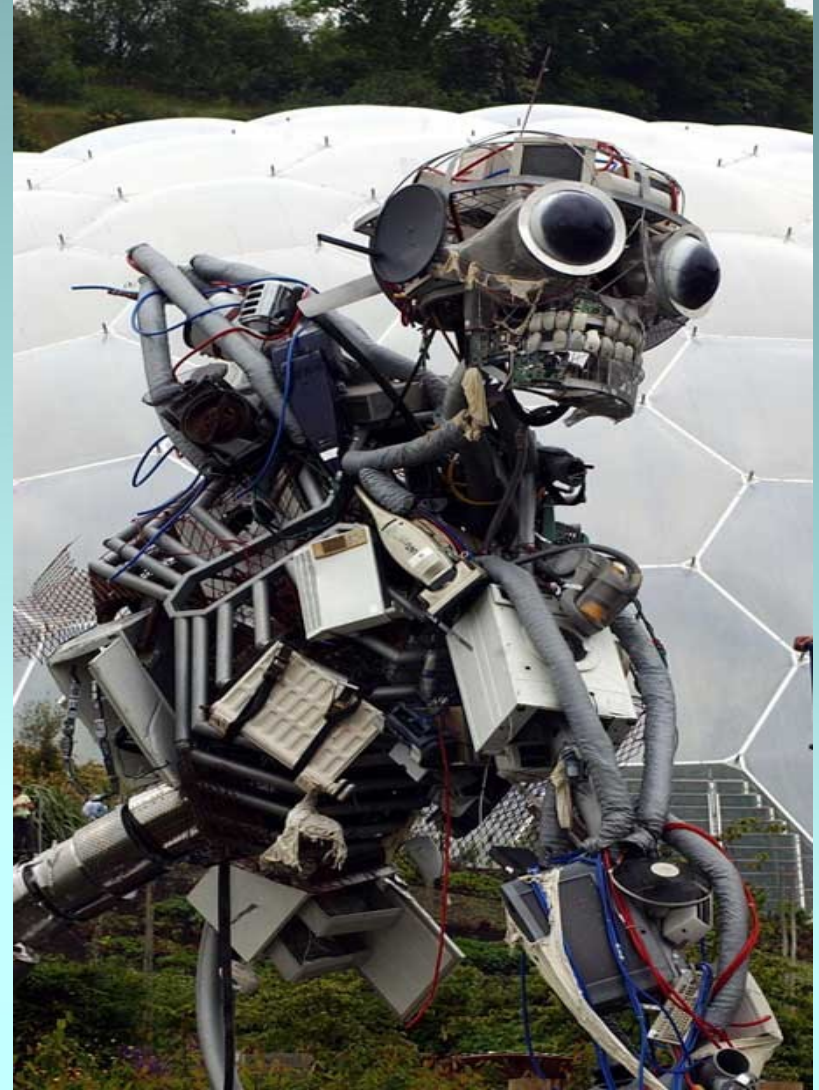


E-Atıklar: Geri Dönüşüm neden mutlaka yapılmalıdır?

Dünyanın ihtiyaç duyduğu, **bakır, altın, alüminyum, teneke, plastik ve çelik** günlük olarak pazarlanır. En kötü geri dönüşüm faaliyeti bile en verimli madencilik çalışmasından iyi sonuçlar verir.

Daha yüksek maddi değere sahip olan uzun monitör ve klavyeler (bilgisayarlarda dahil) herhangi bir dönüşüm işlemine tabi olmadan **yüksek metal içerikleri** nedeniyle işlenmeden stoklanmıştır.

Elektronik market pazarındaki genişleme iki yıllık periyotlar halinde incelendiğinde gerekli duyulan hammadde miktarı her geçen sene artmakta, ihtiyacın yalnızca madencilik faaliyetleri ile karşılanması **hem finansal hem de çevresel açıdan** pek mümkün görünmemektedir.



E-Atıklar (EEE)

- Teknoloji !!



- EEE üretimi !!!

- Bilgisayar satışları her yıl +%10
- Cep telefonu satışında x7 kat (1997-2005)



Üretim/
Tüketim

Kullanım
ömrü

- PC : 4,5 yıldan 2-3 yıla
- CPU: 4-6 yıldan 2 yıla



EEE	Kullanım ömrü (yıl)
Kişisel bilg. (PC)	2-3
Cep telefonu	<2
Televizyon	5
Video, DVD	5
Radyo	10

E-atık Potansiyeli

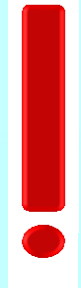
- Atığa ayrılan bilgisayar miktarı $>$ üretim hızı !!
- Evsel atıklara oranla **3 kat** daha hızlı artış..
- E-atıklar Avrupa'da **en hızlı büyüyen** atık türü....



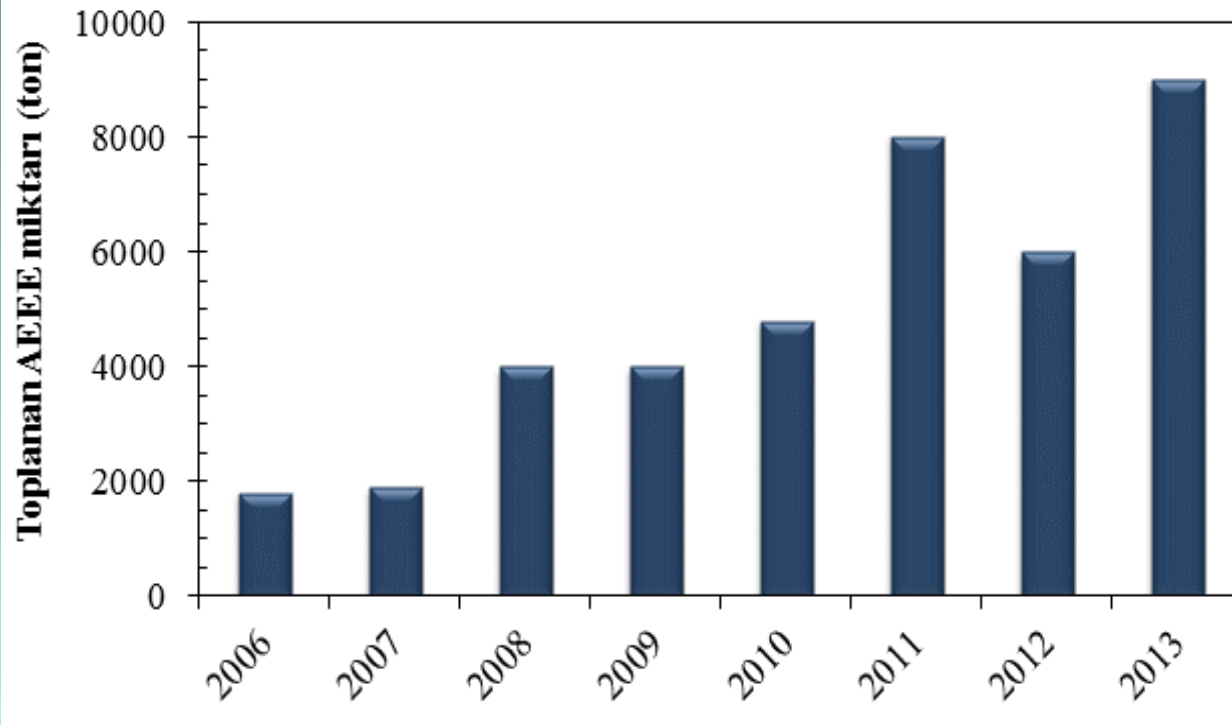
Ülkemizde...

- AEEE miktarı 350 bin-550 bin ton/yıl
- Büyük bölümü evsel atıklarla birlikte depolanmakta !!

%82'si atık
depolama
alanlarına



E-atık Potansiyeli

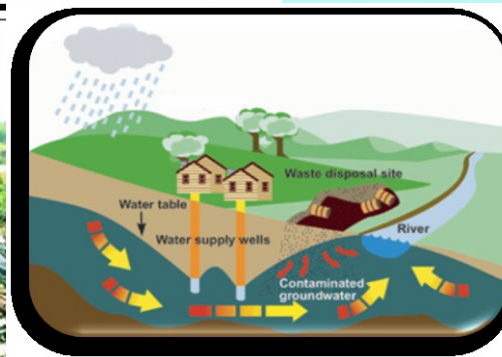


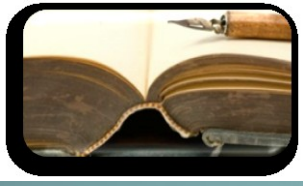
Şekil 2. Ülkemizde 2006-2013 yılları arasında toplanan AEEE miktarı (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015).



E-atıkların Çevresel Etkisi

- İnorganik (Pb gibi) ve organik (alev geciktiriciler)
- Evsel atıklarla depolandığında
 - yer altı/yerüstü su kirliliği
 - toprak kirliliği
- Yakma durumunda zararlı gaz oluşumuna bağlı hava kirliliği !!

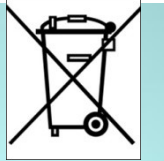




Yasal Düzenlemeler



Avrupa Birliği Yönergeleri (2003)



- **Bazı zararlı maddelerin kullanımının sınırlandırılması - RoHS**
(Pb, Hg, Cr⁶⁺, Cd, alev geciktirici maddeler)
- **Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar - WEEE**
 - **Belediyeler** AEEEnin ayrı depolanmasını sağlamalı !
 - **Üreticiler**, ürünlerini geri dönüşüme tabi tutmalı ve,
 - Geri dönüşüm/kazanım ile **ilgili araştırma** yürütmeli !



Ülkemizde



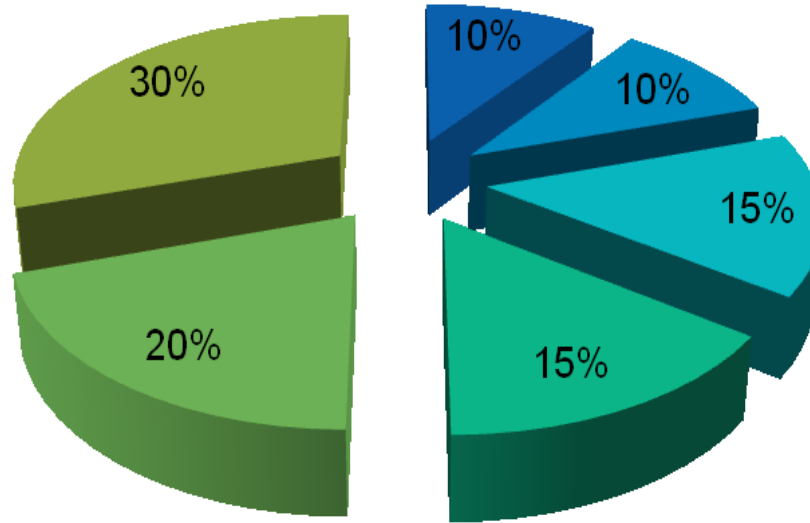
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

- **≈WEEE, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü**
(2012'de yayımlandı, güncellemeler oldu)

- Üreticilerin toplaması gereken evsel AEEE 2013 için 0,3 kg/yıl ve 2018 için 4 kg/yıl

E-ATIK KAYNAKLARI NELERDİR?

- Monitörler
- Televizyonlar
- Bilgisayar, Telefon , Fax , Yazıcı, vs.
- DVD/VCR, CD Çalar, Radyolar, Hi-Fi Cihazları, vs.
- Buzdolabı
- Çamaşır Makinası, Elektrikli Süpürgeler, Fırın, Klimalar, Kahve Makinaları vs...



Büyük Ev Aletleri

- Büyük Soğutma Ekipmanları
 - Buzdolapları
 - Dondurucular
 - Bulaşık Makineleri
 - Elbise Kurutucular
 - Bulaşık Makineleri
 - Fırınlar
 - Elektrikli Ocaklar
 - Mikrodalga Fırınlar
 - Elektrikli Isıtıcılar
 - Elektrikli Radyatörler
 - Elektrikli Fanlar
 - Havalandırma Aparatları
 - Ve Diğer
- Soğutucular, Isıtıcılar ve Havalandırma Aparatlarını İçerir.



Küçük Ev Aletleri

- Vakumlu Aletler
- Halı Temizleyiciler
- Diğer Temizlik Gereçleri
- Ütü ve Ütü Gereçleri
 - Tost Makineleri
 - Kızartıcılar
- Izgaralar, Kahve Makineleri
 - Elektrikli Bıçaklar
- Saç Kesme Makineleri, Saç Kurutucular, Masaj Aletleri, Vücut Bakım Cihazları
 - Saatler
- Baskül ve Tartılar

Elektrikli ve Elektronik Cihazlar

- Matkaplar
- Testereler
- Dikiş Makineleri
- Delici, Kesici, Şekil Verici, Odun, metal ve diğer materyallerin işlenmesine yardımcı olan aparatlar
- Her türlü püskürtme işlevi yerine getiren cihazlar
- Ekin biçmeye ve bahçe şekillendirme cihazları

IT ve Telekomünikasyon Cihazları

- Anabilgisayarlar
- Minibilgisayarlar
 - Yazıcı üniteleri
 - Kişisel Bilgisayarlar (CPU, mouse, ekran ve klavye dahil)
 - Laptop Bilgisayarlar (CPU, mouse, ekran ve klavye dahil)
- Notebook Bilgisayarlar
- Notepad Bilgisayarlar
- Kopyalama Üniteleri
- Cep ve hesap Makineleri
- Telex, Telefon, Ödemeli Telefon, Kartlı Telefon, Cep Telefonu
- Cevaplama Sistemleri



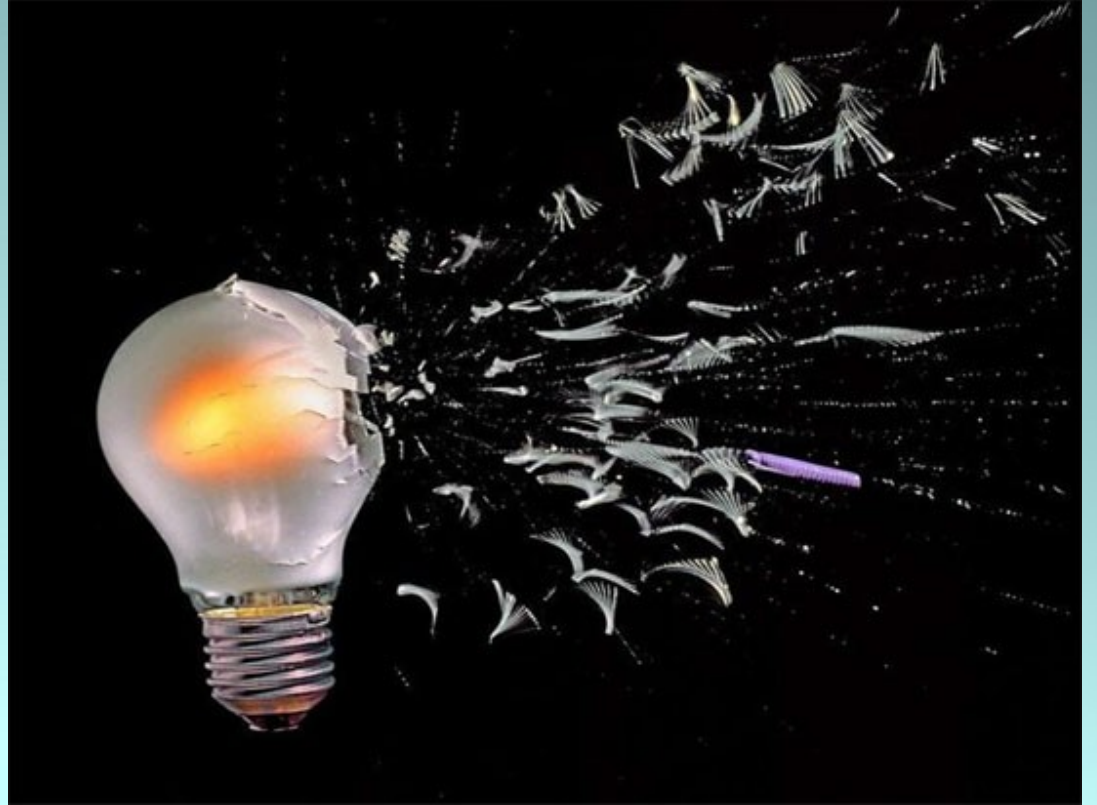
Tüketici Aletleri

- Radyo
- Televizyon Sistemleri
 - Video Kameralar
 - Video Kaydediciler
 - Hi-Fi Kaydediciler
 - Ses Sistemleri
 - Müzik Enstrümanları
- Her türlü kayıt, ses çalma sistemleri.



Aydınlatma Cihazları

- Flüoresan Lambalar
- Kompakt Flüoresans Lambalar
 - Yüksek Şiddetli Lambalar, Basınçlı Sodyum Lambalar, Metal Halide Lambalar
- Düşük Basınçlı Sodyum Lambalar,
 - Diğer Aydınlatma Ekipmanları



Oyuncak ve Spor Ekipmanları

- Elektrikli Trenler ve Yarış Arabası Seti
- El İçin Tasarlanmış Video Oyun Konsolları
 - Video Oyunları
- Dalış, Bisiklet, Kořu vb için zel Tasarlanmış Bilgisayarlar
- Elektrikli yada Elektronik Kısımlar içeren Spor Kıyafetleri
- Bozuk Para Makineleri



Medikal Cihazlar

- Radyo terapi Cihazları
 - Kardiyoloji
 - Diyaliz
- Akciğer Ventilatorleri
 - Nükleer Tıp
- In vitro tanısı için kullanılan Laboratuar ekipmanları
 - Analiz Cihazları
 - Dondurucular
- Dölleme Test Ekipmanları
 - Ve Diğer Tüm Ölçüm Cihazları



Görüntü ve Kontrol Ekipmanları

- Duman Detektörleri
- Isıtma Regülatörleri
 - Termostatlar
- Ölçüm, Tartım gibi işlemler için Kullanılan Laboratuvar Aletleri
- Kontrol Panelleri

Otomatlar

- Sıcak İçecekler için Otomatlar
- Sıcak yada Soğuk Şişeler yada Teneke Kutular Barındıran Otomatlar
- Tek Parçalı Ürünler İçin Otomatlar
 - Para Dağıtan Otomatlar
- Her Türlü Teslim İşlemi Yapan Diğer Otomatlar

Devre kartları tüm elektronik ve elektrik artıkları içinde çok özel bir yere sahiptir.

Çin de 2005 yılında PCB ticareti hacmi 10.83 milyon doları aşmıştır.

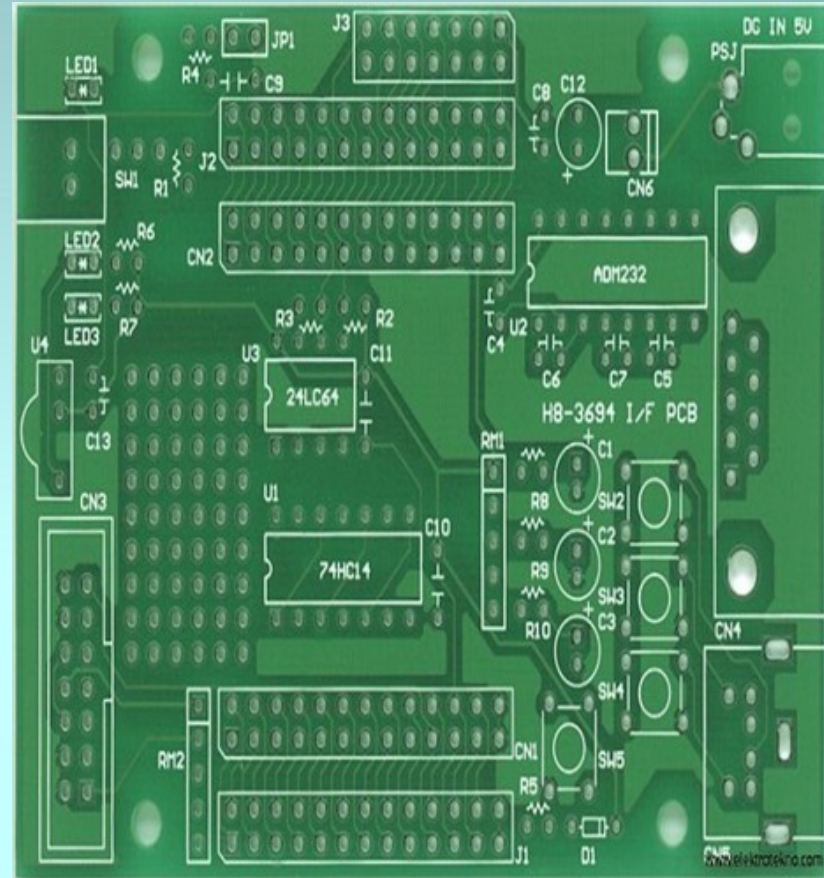
Japonya da ise 2006 rakamlarına göre PCB ticareti 12 milyon dolara ulaşmıştır.

PCB ler genellikle **%30 metal ve % 70 metal olmayan** kısımlardan oluşurlar.

%30 luk metal kısmın;

- %20 Bakır
 - %8 Demir
 - % 4 Teneke
 - % 2 Nikel
 - % 2 Kurşun
 - % 1 Çinko
 - %0.2 Gümüş
 - %0.1 Altın
- %0.005 Paladyum dan oluşur.

PCB (Printed Circuit Boards) Devre Kartları



Bir ton PCB yaklaşık olarak 80 – 1500 gr. altın, 160 – 210 kg bakır ihtiva eder.

Bu oran ABD altın üretimi yapılan bölgelerde bulunan altın konsantrasyonundan 40-800 kat, aynı biçimde bakır üretimi yapılan bölgelerdeki bakır konsantrasyonundan 30-40 kez daha yüksek cevher içeriğini ortaya koyar.

PCB ların bu kadar değerli olmasının **iki önemli nedeni** vardır ;

- Yüksek miktarda **değerli metal içeriği**

- Özellikle sülfür, arsenik, cıva gibi geri kazanım işleminde uzaklaştırılması zorunlu **zararlı metal içeriğinin az** olmasıdır.

Geri dönüşüm işlemini ciddi anlamda yapan bilgisayar firmalarından biri olan Hewlett –Packard aylık ortalama 1.400 ton artık bilgisayar ve türevlerini toplar. Hewlett –Packard yaklaşık 1600 ton yada başka bir deyişle müşterilerinden ve kendi atıklarının **%99 unu geri kazanmaktadır.**

Diğer bir bilgisayar devi IBM 1997 yılında 62.000 ton kullanılmış ekipmanı geri toplamış, bunun **% 90 inini geri kazanmış** ve %5 ten daha az kısmını gömülmek üzere depo alanlarına göndermiştir.

Plastik ve metalin ortalama deęerleri, ekonomik ve ekolojik olarak en değerli metallere;

ağırlık-%	plastik	Fe	Al	Cu	Ag [ppm]	Au [ppm]	Pd [ppm]
TV- kartları	28%	28%	10%	10%	280	20	10
PC-kartları	23%	7%	5%	20%	1000	250	110
cep telefonları	56%	5%	2%	13%	3500	340	130
taşınabilir aygıtlar	47%	23%	1%	21%	150	10	4
DVD-player	24%	62%	2%	5%	115	15	4
hesap makinesi	61%	4%	5%	3%	260	50	5

value-share	Fe	Al	Cu	Ag	Au	Pd	sum PM
TV-kartları	4%	10%	50%	7%	22%	7%	36%
PC-kartları	0%	1%	18%	5%	61%	15%	81%
mobile phone	0%	0%	9%	13%	64%	14%	91%
cep telefonları	2%	0%	82%	3%	10%	2%	15%
DVD-player	13%	3%	42%	5%	32%	5%	42%
hesap makinesi	0%	5%	14%	7%	69%	4%	80%

<1%	1-10%	10-20%	20-50%	50-70%	>70%
-----	-------	--------	--------	--------	------

E-atıkların Ekonomik Potansiyeli

- Geleceğin Madenleri -

Cu

Au

Ag



Baz/değerli metallerin önemli bölümü devre kartlarında !!!
Farklı e-atıkların metal içerikleri ve ekonomik değerine katkıları



Cevher: $\sim 0,5-1$ x10-40 kat

ADK: $\sim 10-20$ Cu

Cevher: $\sim 1-10$ g/ton x2-250 kat

ADK: $\sim 20-250$ g/ton Au

Cevher



ADK



Ekonomik potansiyel kritik hammaddeler (AP) !!!

Ag, Au, Pd, Cu, Co, Sn, Sb

ATIK DEVRE KARTLARI

Geri Dönüşüm Metotları

Fiziksel Yöntemler

Ayırma

Demonte etme, büzme, parçalama

Tüm Eleme ve Kırma Öğütme İşlemlerinin Ardından

Yüksek Manyetik Şiddete Sahip Seperatör

Girdap Hareketi

Özgül Ağırlık Farkından Yararlanma

Kimyasal Yöntemler

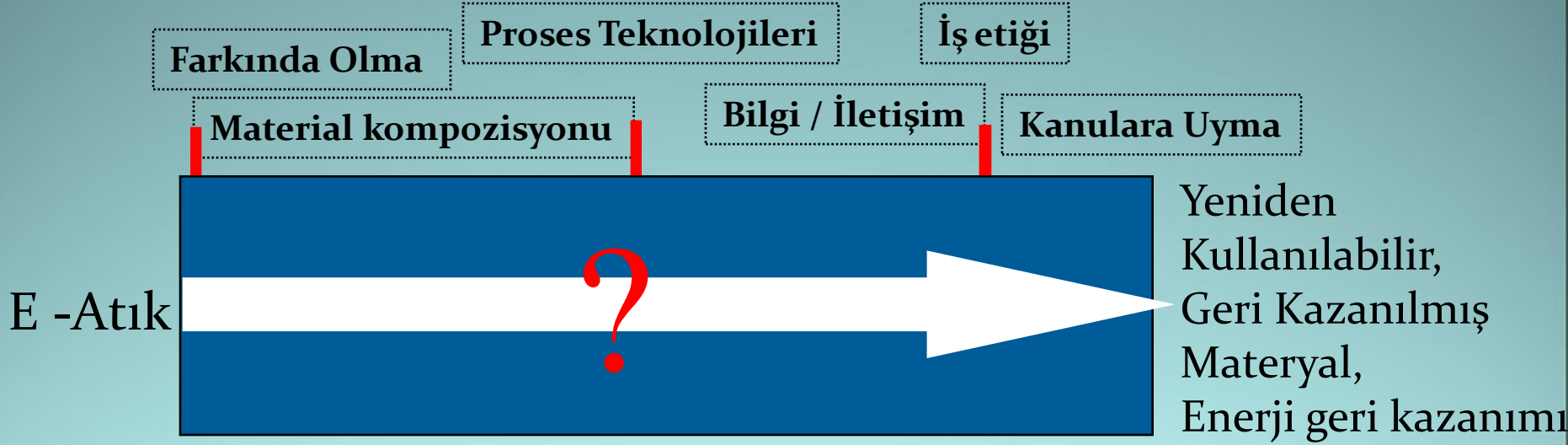
Liç –hidrometalürjik yönt.

Amalgamlaştırma

Au Serbestleştirme



En Uygun geri dönüşüm metodu nasıl olmalı?



Max ekonomik verimlilik

İyimser Çevresel denge

İyimser ekonomik denge

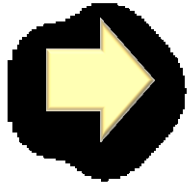
- ◆ Maximum materyal geri dönüşümü (kazanım)
- ◆ minimize çevre tahribatı
- ◆ cevher üretim yükünün çevresel olarak dikkate alınması (kazanım) ($Fe < Al < Au$)

- ◆ Materyal geri kazanımından en yüksek kazanç
- ◆ geri dönüşüm giderlerinin minimize edilmesi

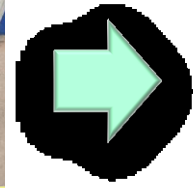
Sürdürülebilirlik = Çevre + Ekonomi + Sosyal Faktörler



E-atık



Toplama

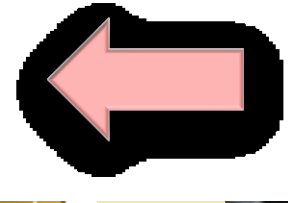


Sökme-Ayrıştırma



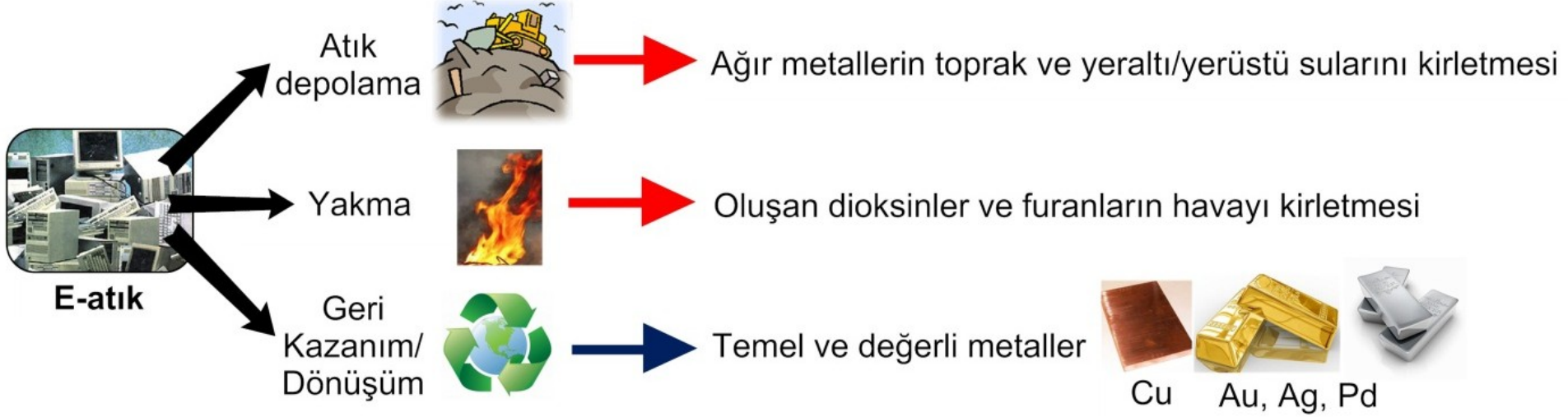
Kullanılmayan olanlar

Ön zenginleştirme sonrası veya doğrudan ihracat (devre kartı vb)



E-atıkların Yönetimi

E-atık yönetiminde alternatifler



Neden Geri Kazanım ?



- Daha düşük su, toprak ve hava kirliliği
- Metaller için daha yüksek enerji tasarrufu
(ikincil kaynaklardan %60-95)
- Daha az CO₂ salınımı (%79 azalma, izabe)
- **Doğal kaynakların korunması !!**



Yöntemlerin Üstün ve Olumsuz

Tarafları

Fiziksel yöntemler

- Basit prosesler
- Düşük maliyet
- Zararlı gaz yok

☹ Metal kaybı !!!

☹ İleri işlem gerekli

☹ Toz problemi

Hidro metalurjik

- ☺ Yüksek metal kazanımı
- ☺ Düşük/orta maliyet
- Düşük tenörlü atıklar
- Zararlı gaz /Toz yok

• Boyut küçült. gerekli

• Atık çözelti..

Piro metalurjik

- Çoğu e-atık için uygun
- Boyut küçült. şart değil
- Organikler \approx enerji

• Yüksek tenörlü atıklar!

• Yüksek maliyet

• Zararlı gaz çıkışı !!

Tıbbi Atıklar (Medical Waste)

- Kritik ve değerli metallerce zengin atık türlerinin başında tıbbi amaçlı kullanılan kateter (catheter) ve kılavuz tel (guide wire) atıkları gelmektedir. Ayrıca, birçok farklı kritik ve değerli metali (Pt, Au, Ir, Ta, W) bir arada ve yüksek miktarda içermesi de bu atıkları diğer atık türlerden ayrı bir konuma yerleştirmektedir.
- Kateter ve kılavuz tel atıklarından kritik metallerin geri kazanımına dair uluslararası literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır.

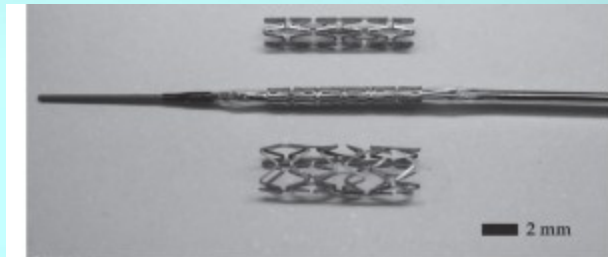
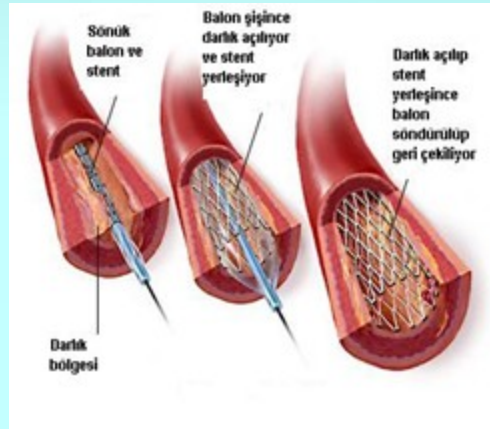
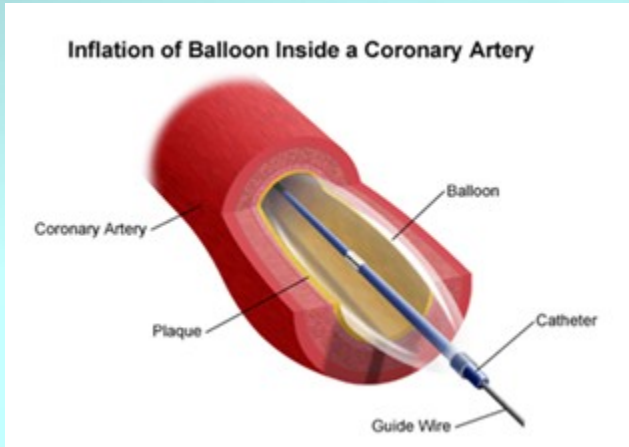
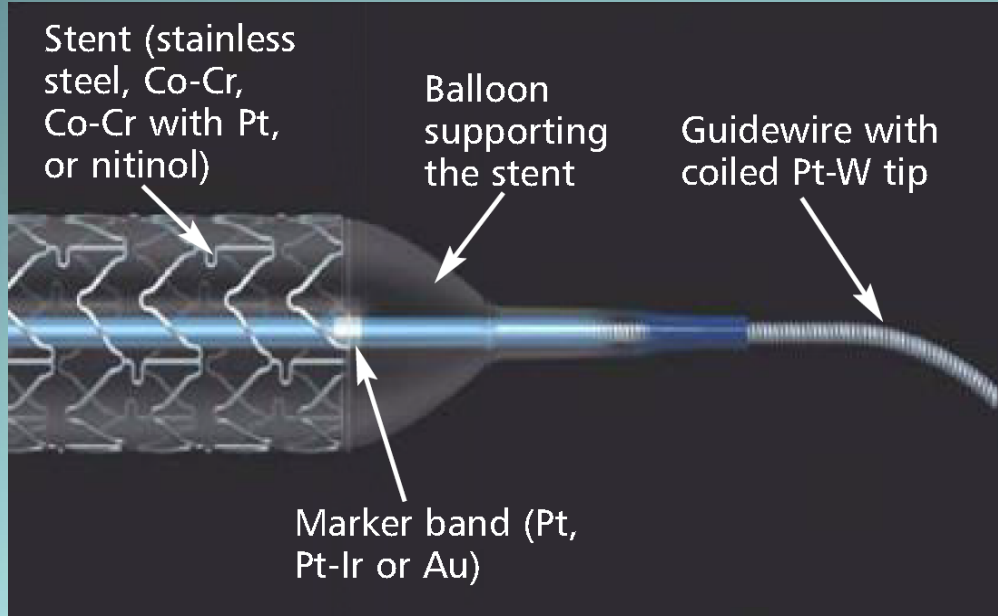


Fig. 2. Prototype of biodegradable stent: (up) as fabricated, (middle) crimped onto a balloon catheter, and (below) expanded to 3mm by 6 atm pressure. (Courtesy of Cordynamics, SA)

Tıbbi Atıklar (Medical Waste)



(a) Kateter ve kılavuz tel



(b) Marker bantlar

2010 yılı verilerine göre, 5500 ton platin biyomedikal aletlerin yapımında kullanılmıştır, bunun da %80'lik kısmını kılavuz tel ve kalp ritim cihazı oluşturmaktadır. Dünyada üretilen platinin %3'ü medikal uygulamalarda kullanılmaktadır . Fakat, medikal uygulamalarda kullanılan platin geri kazanım/dönüşüm süreçlerine **girmemektedir** .

Tıbbi Atıklar (Medical Waste)

Yapılan ön araştırmalar Ülkemizdeki atık kateter ve kılavuz tel miktarının potansiyelini ortaya koymuştur. Örnek bir Hastane de Kardiyoloji Birimine gelerek ameliyat olan hasta sayısı ayda 200-250 kişi arasındadır. Bir hasta için en az 2 adet kateter ve 1 adet kılavuz tel kullanılmaktadır. Kullanılan kateter sayısı 7'ye kadar çıkabilmektedir. Böylece, ayda ortalama 400-500 kateter ve 200-250 kılavuz telin atık olarak ayrılarak bertaraf edildiği ortaya çıkmaktadır. Yıllık bazda bu miktar 4800-6000 kateter ve 2400-3000 kılavuz tele çıkmaktadır (örnek 1 birim için). **Özellikle kalp damar cerrahisine yönelik hastanelerde bu rakamın çok daha yüksek olduğu öngörülmektedir.** Ayrıca, sadece kardiyoloji değil radyoloji birimlerinde de kateter kullanımı söz konusudur. Örnek tek bir hastane için hesaplanan bu miktar (sadece Kardiyoloji birimi için) Ülkemizin genelindeki diğer hastaneler için de düşünöldüğünde atık kateter ve kılavuz tellerin geri kazanımının ülke ekonomisine getireceği yarar daha da ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde 2013 yılı verilerine göre özel ve kamu dahil **1.517** adet hastane bulunmaktadır (TÜİK, 2014).

Tıbbi Atıklar (Medical Waste)

Platin (Pt) ve iridyum (Ir) ile beraber tungsten (W) Avrupa Birliği'nin kritik hammaddeler listesindedir. Ancak, tıbbi müdahale sonrasında atık hale gelen kateter ve kılavuz tel diğer tıbbi atıklarla beraber toplanarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği"ne göre **bertaraf edilmektedir** (Resmi Gazete, 2005). Maalesef bu şekilde, zaten ithal olarak temin edilen ve temin riski ile ekonomik değeri yüksek olan söz konusu platin (Pt), iridyum (Ir), tungsten (W) ve altın (Au) gibi kritik metaller ekonomiye kazandırılmadan "**çöpe**" atılmaktadır. Kateter ve kılavuz atıklarının diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak toplanarak, içerdiği kritik metallerin geri kazanımı ülke ekonomisi için büyük önem arz etmektedir. Böylece, hammaddeler açısından dışa bağımlı olduğumuz bu değerli metallere önemli ekonomik fayda sağlanmış olacaktır.

Kateter ve kılavuz tellerin içerdiği metallerin kullanım yerleri ve kritik hammadde konumları (Avrupa Komisyonu, 2014a ve 2014b; Köse ve Oygür, 2015)

Metal/Alaşım	Kullanım yeri	Kritik hammadde konumu	AB ülkelerindeki madencilik durumu	Ülkemizdeki madencilik durumu
Platin (Pt)	Kateter-marker bant Kılavuz tel	Kritik (platin grubu metali)	%100 dışa bağımlı	%100 dışa bağımlı
İridyum (Ir)	Kateter-marker bant (Pt-Ir alaşımı, %10-20 Ir)	Kritik (platin grubu metali)	%100 dışa bağımlı	%100 dışa bağımlı
Tantal (Ta)	Kateter-marker bant	Potansiyel kritik (2013 yılında listedeydi)	%100 dışa bağımlı	%100 dışa bağımlı
Altın (Au)	Kateter-marker bant	-	>%99 dışa bağımlı	>%80 dışa bağımlı
Tungsten (W)	Kılavuz tel (Pt-W alaşımı, <%8 W)	Kritik	%100 dışa bağımlı	%100 dışa bağımlı
Nikel (Ni)	Kılavuz tel (Pt-Ni alaşımı)	-	>%97 dışa bağımlı	>%100 dışa bağımlı

Türkiye Özelinde Yol Haritası (2023-2030-2050)

- Farkındalık Yaratılması ve Politikaların Oluşturulması (Kısa-Orta-Uzun)
- **Kritik Hammaddeler ile ilgili Birincil-İkincil Kaynakların Tespiti**
- Sinerji ve Motivasyon (İlgili Bakanlıklar, BTYK ve TÜBİTAK)
- **Atık Yönetiminde ki Ulusal Öncelikler (Gömmek-Yakmak-Depolamak-Uzaklaştırmak-Gerikazanım)**
- Kaynak Kullanım Kapasiteleri (Atıktan Kaynağa ve Rekabetçi Sektör)
- **Avrupa Birliği hammadde temin stratejilerinin Ulusal düzeyde uygulanması:**
 1. AB dışındaki ülkelerdeki hammadde kaynaklarına yeterli erişim
 2. Avrupa ülkelerinden hammadde temin olanaklarının geliştirilmesi
 3. Kaynak verimliliğini artırma ve geri kazanım/dönüşümün teşvik edilmesi

Dinlediğiniz için teşekkürler...

*“Bilgi, paylaştıkça
güzelidir”*



Prof.Dr. Ata Akçıl

MİNERAL-METAL KAZANIM VE GERİDÖNÜŞÜM
ARAŞTIRMA GURUBU
SDÜ Müh. Fakültesi, Isparta
Tel. 246 2111306-1343
E-mail: ataakcil@sdu.edu.tr

