



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



BİLECİK DEMİR ÇELİK
SAN. VE TİC. A.Ş.

Demir – Çelik Tesislerinde Zirkonya Atıkların Geri Kazanımı

Oğuzhan SAKARYA – Uğur CENGİZ



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

2021

VERİMLİLİK PROJE ÖDÜLLERİ

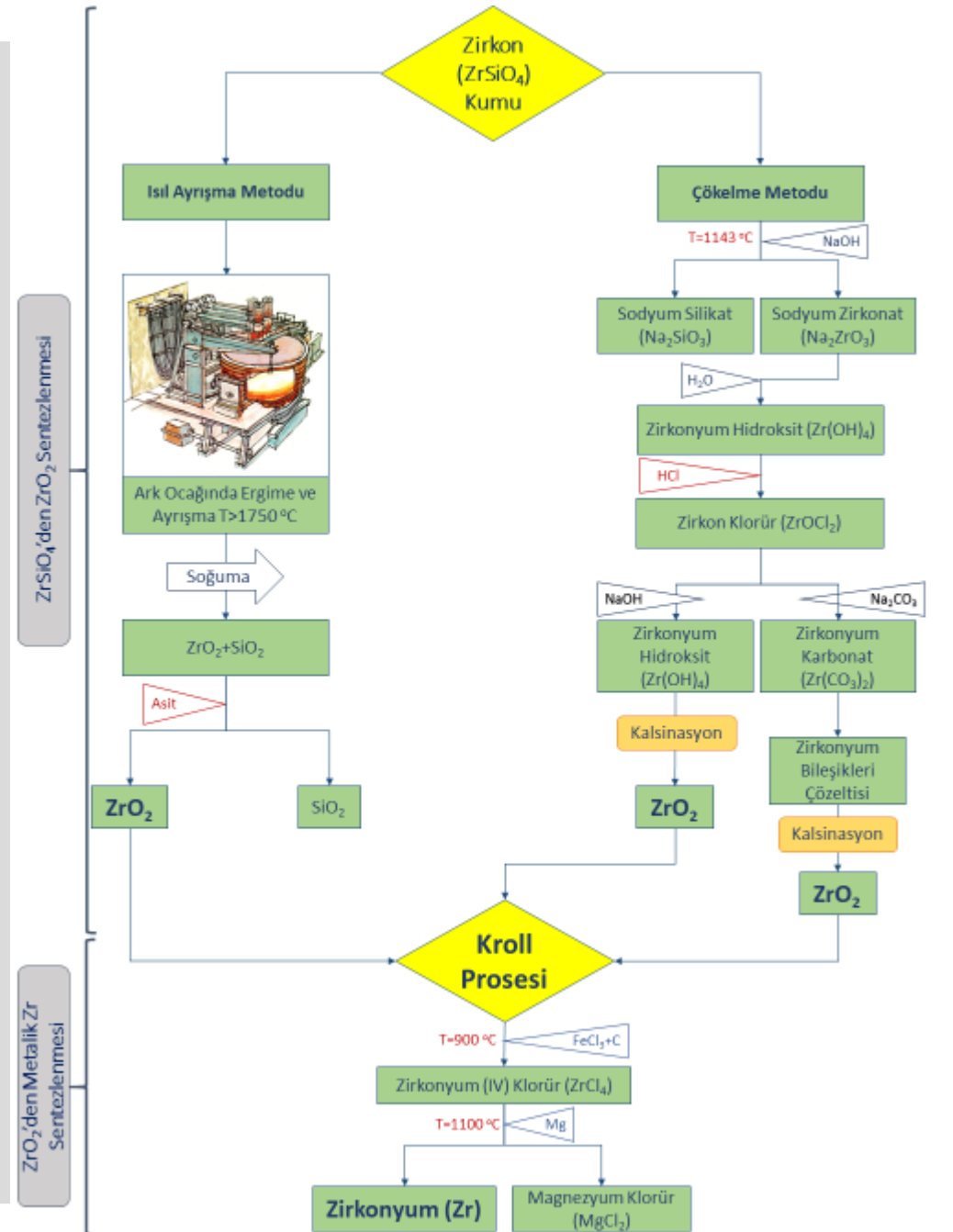
Zirkonyum & Zirkonya'nın Tanımı ve Mineral Kaynakları

- Zirkonyum parlak gri renkte, periyodik cetvelin 4B grubunda bulunan ve atom numarası 40 olan bir geçiş elementidir.
- 1800°C'de eriyen zirkonyumun kaynama derecesi **4300°C**'dir.
- Zirkonyum doğada saf halde bulunmamaktadır.
- Zirkonyumun bilinen mineralleri, **zirkonyum silikat (ZrSiO_4)** ve **zirkonyum oksit (ZrO_2)**' dir.
- Zirkonyum silikata **“zirkon”**, zirkonyum oksite ise **“zirkonya”** denmektedir.



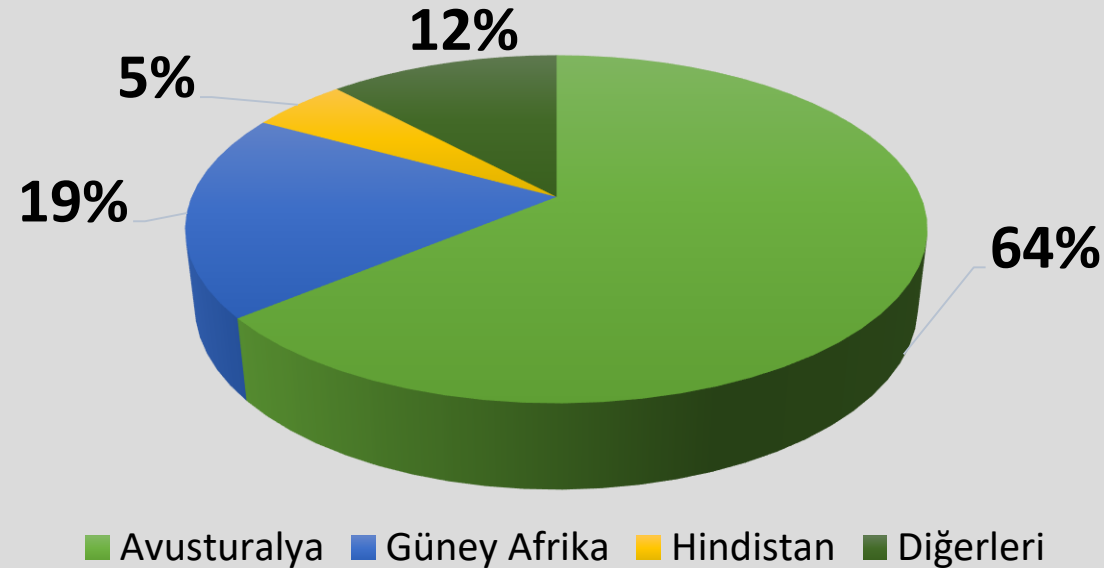
Zirkonyum Nasıl Üretilir?

- Zirkonyum çoğunlukla zirkonyum silikat (ZrSiO_4) ve zirkonyum oksit (ZrO_2) minerallerinden **Kroll Prosesi** ile elde edilmektedir.



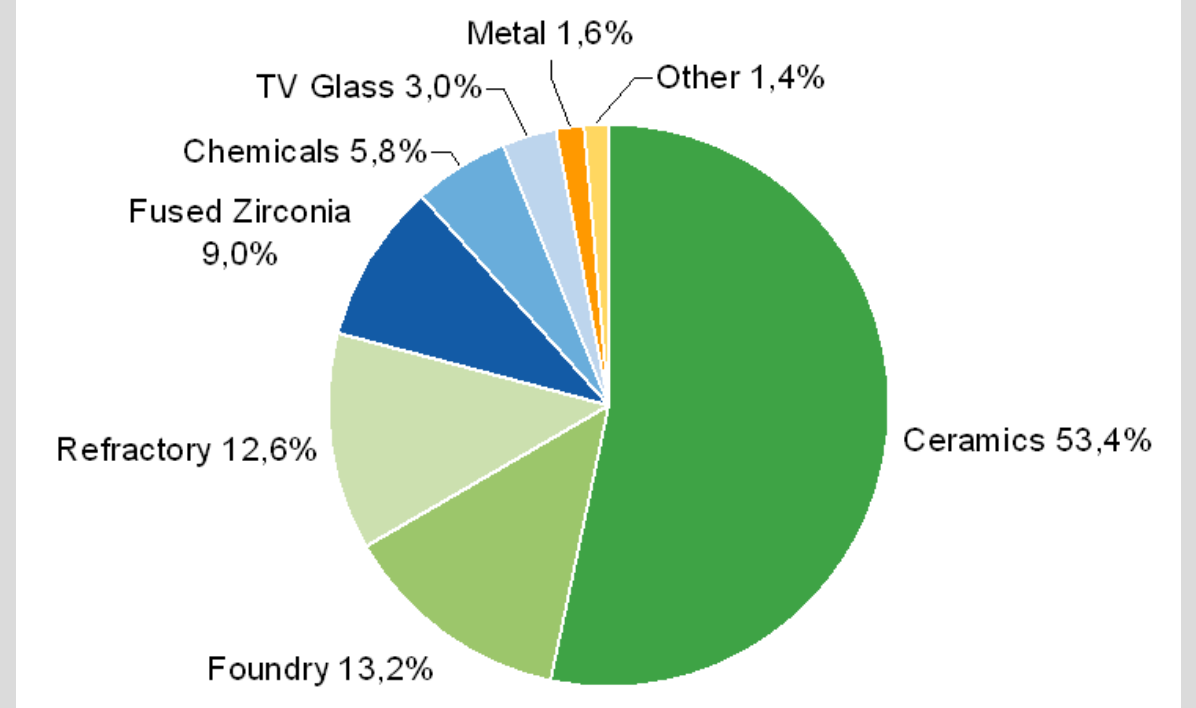
Dünya Zirkonyum Rezervleri

- Zirkon, dünyada geniş alana yayılmış yaygın olarak kullanılan bir ticari mineraldir. **Dünya zirkonyum rezervleri ZrO_2 cinsinden 74 milyon ton olarak belirlenmiştir.** Dünyanın en büyük rezervleri Avustralya, Güney Afrika ve Hindistan'dır. **Dünya zirkonyum mineral üretimi 2015 yılında 1,34 milyon ton olarak tahmin edilmiştir.**



Zirkonyum Kullanım Alanları

- Nükleer Santraller
- Demir & Çelik Endüstrisi
- **Seramik & Refrakter Endüstrisi**
- Vakum Tüpleri
- Tıptaki Cerrahi Uygulamalar
- Patlayıcılar, yapay ipek, flaş, mıknatıs, losyonlar, deodorantlar, ter önleyiciler, ateşe dayanıklı askeri malzemeler, lamba, takı ve mücevherler...



Sektörde Hammadde Payı Kritik Düzeydedir

Türkiye sahil kumları içinde önemli miktarlarda konsantre olmuş zirkona rastlanmaktadır. Ancak bugünkü zirkon fiyatları göz önüne alındığında bu **zirkon yataklarının madenciliğinin ekonomik önem taşımadığı görülmektedir.**

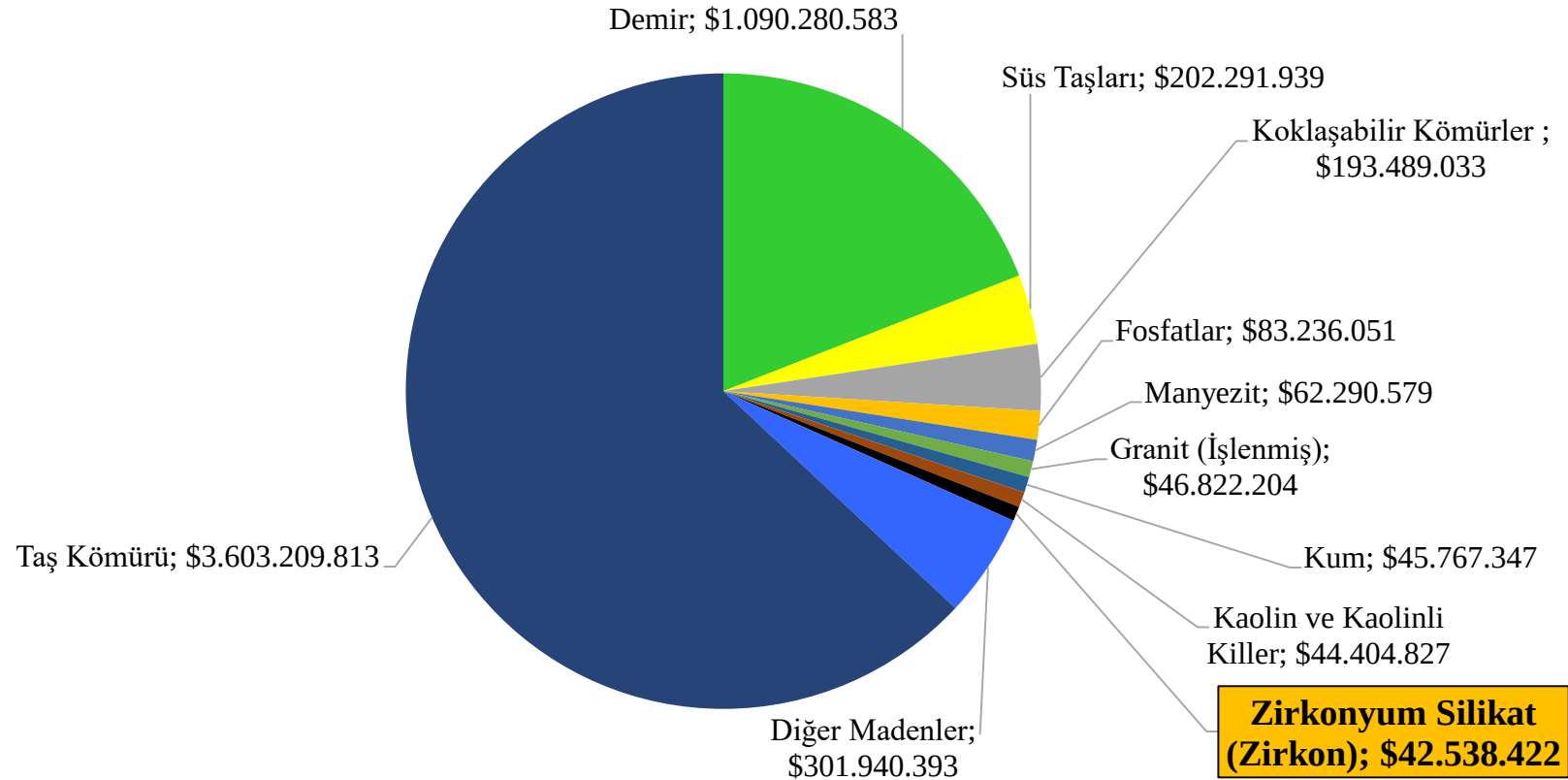


Sektörde Hammadde İthalat Bağımlılığı

Bu nedenle ülkemizde üretim yapılmamakta ihtiyacın tamamı dış alım olarak gerçekleştirilmektedir. Dışa bağlı olduğumuz bu malzemenin özelliklerinin değişmeden ve/veya kullanılacak yerdeki toleranslar dahilinde kısmen kaybederek geri kazanılması bu projenin yenilikçi yönlerinden birisidir.

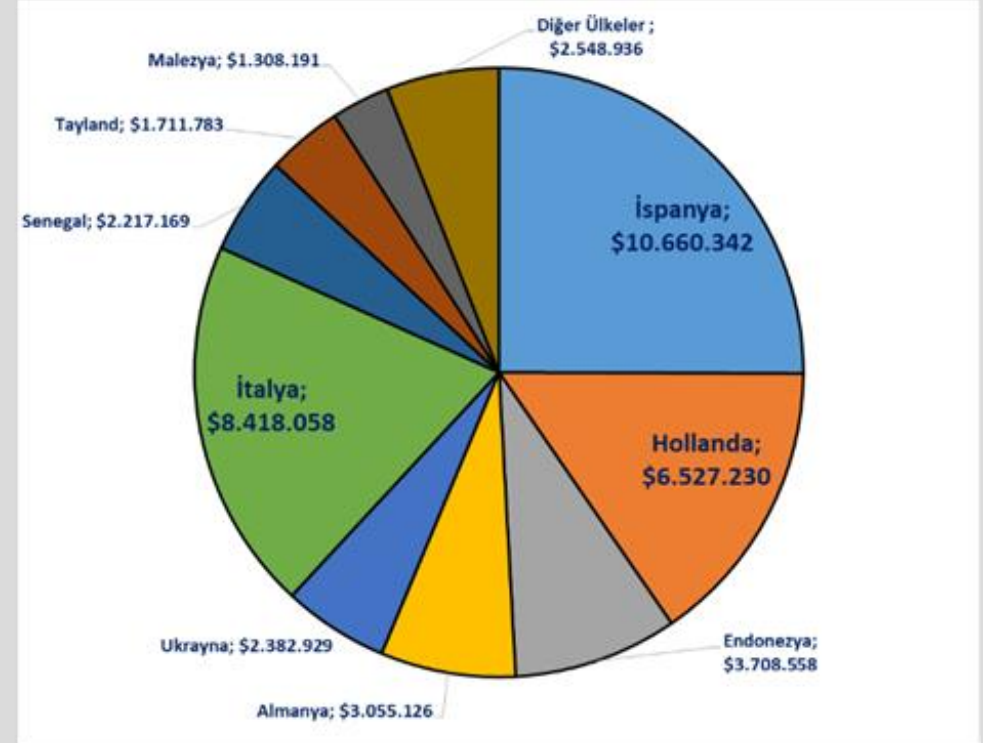
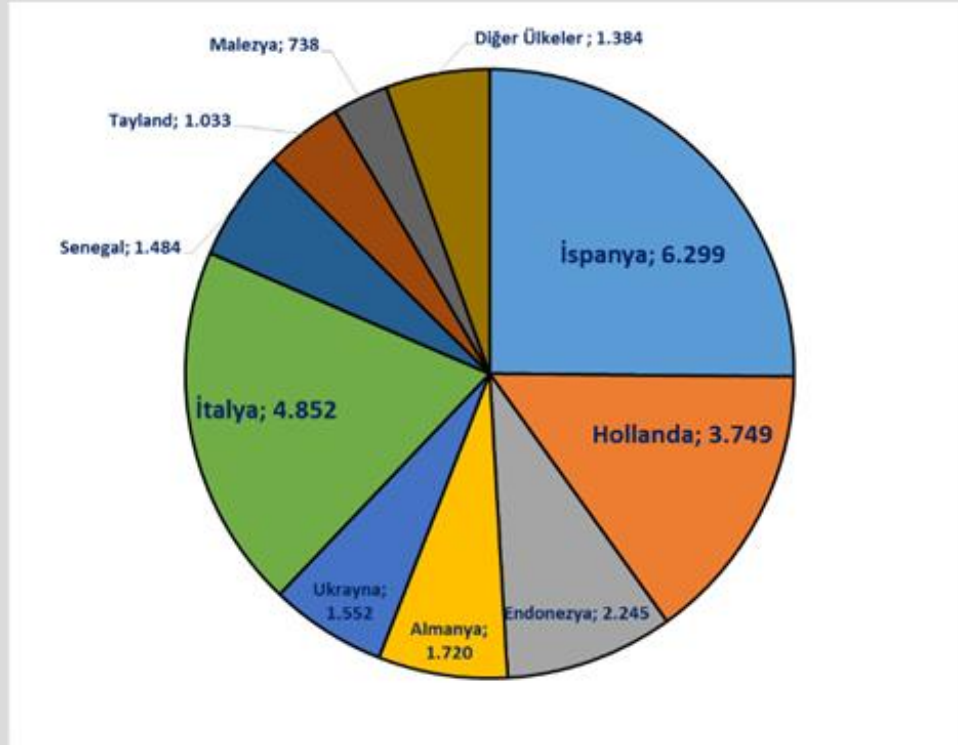
Türkiye İlk 10 Maden İthalat Ürünleri (\$)

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 verilerine göre maden ithalat ürünlerini \$ bazında incelediğimiz de ilk 10 üründe toplam 5.716.271.191 \$ ithalat gerçekleşmiştir. Toplam maden ithalatımızda 10 ürünün payı %94,7 civarındadır.



Türkiye Zirkon'u Nereden İthal Ediyor?

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 verilerine göre ülkemizde zirkon ihtiyacının büyük çoğunluğu, ithalatçı firmalar tarafından başta İspanya ve İtalya olmak üzere Hollanda, Ukrayna, Avustralya, Hindistan, Almanya, İngiltere, Güney Afrika Cumhuriyeti'nden karşılanmaktadır.





42,5 MİLYON \$

!

Ülkemizin 2020 yılı zirkon ithalatı 25.056 ton'dur.

Kaynak : Türkiye İstatistik Kurumu 2020



8 MİLYON TL

!

Ülkemizin yıllık zirkonya tüketimi
yaklaşık 1800 - 2000 ton'dur.

BDÇ'de ise kullanım miktarı yaklaşık 3,5 ton'dur.

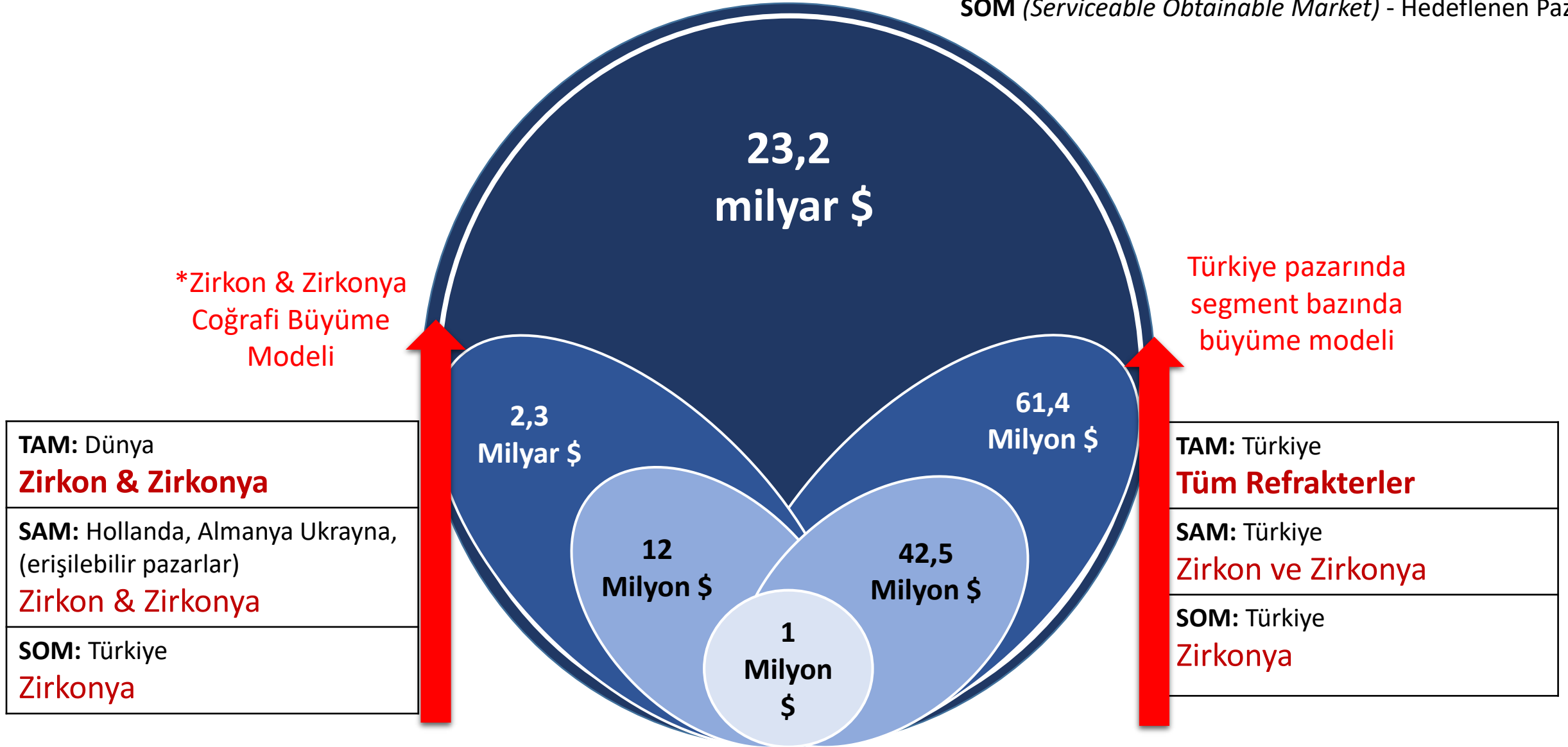
Kaynak : sektör temsilcileri ile yapılan birebir görüşmeler

Ticari Sürdürülebilirlik

TAM (Total Available Market) - Toplam Pazar

SAM (Serviceable Available Market) - Ulaşılabilir Pazar

SOM (Serviceable Obtainable Market) - Hedeflenen Pazar



Demir – Çelik Tesislerinde Zirkonya Atıklar Nasıl Oluşur?

Tandiş, potalar değiştirilirken bir rezervuar görevi görerek çeliğin döküm makinesini beslemesini sağlar. Ergimiş çelik, tandiştan akış kontrol mekanizmalarından biri olan değiştirilebilir zirkonya nozullar yardımı ile açık tabanlı bakır kalıba boşaltılır.

Değiştirilebilir nozulun avantajlarını dört aşamada sıralayabiliriz,

- Geliştirilmiş döküm operatörü güvenliği,
- Daha uzun süreli dökümlere izin vermesi,
- Geliştirilmiş metalürjik kalite,
- Nozul çapının değiştirilmesiyle istenilen döküm hızına ulaşabilme esnekliği sayılabilir.



Kullan - at tipindeki bu nozullar, tandişlerde kullanıma hazır olarak üretilmektedir. Yukarıda sıralanan değiştirilme avantajları aynı zamanda nozul atığı oluşma nedenleri olarak kabul edilebilir.

Demir – Çelik Tesislerinde Zirkonya Atıklar Nasıl Oluşur?



Tandişte kullanılan zirkonya nozulların %35 - 50'lik kısmı kullanılmaz, emniyet payı olarak ayrılır ve atılır.

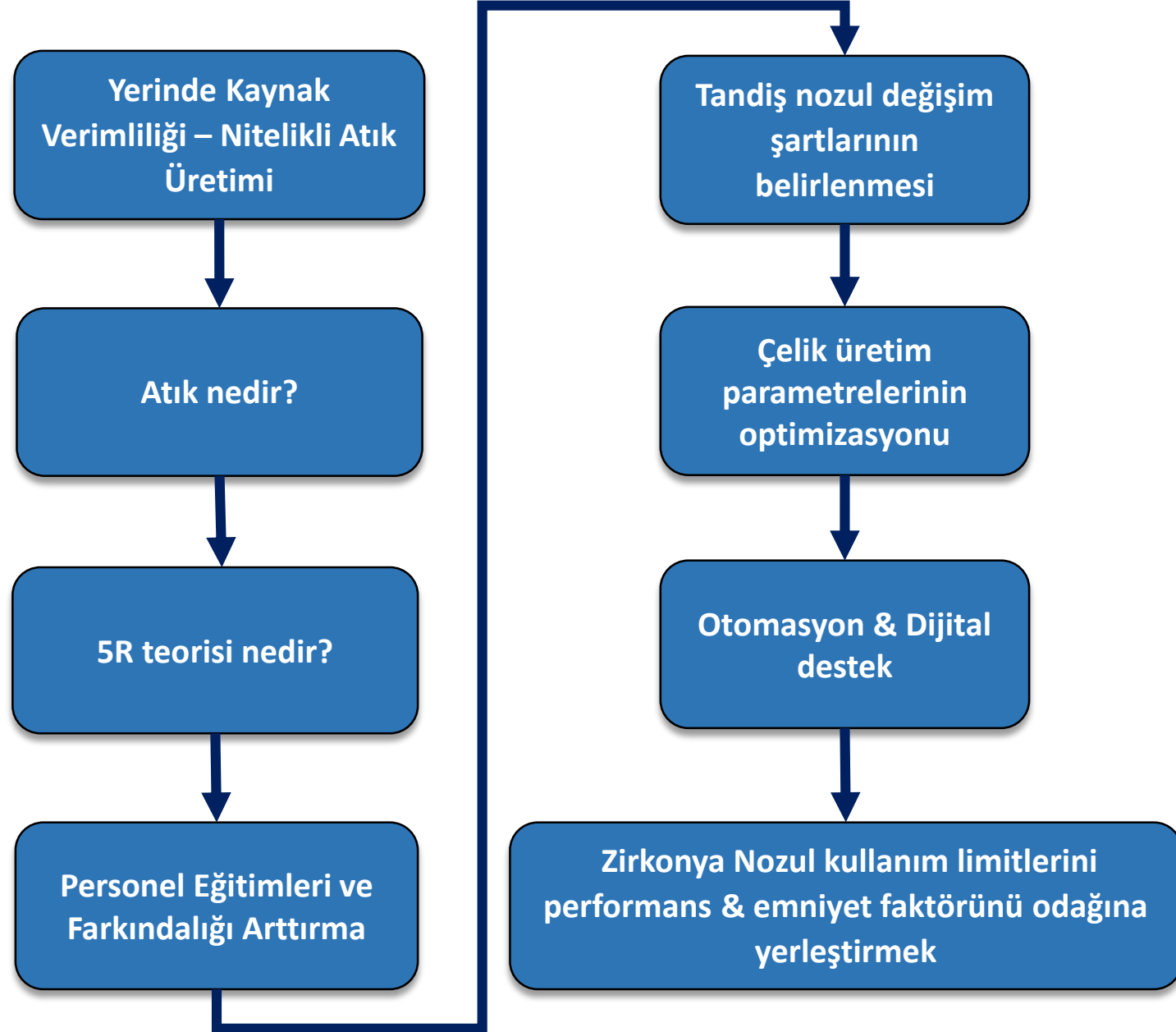


Demir – Çelik Tesislerinde Zirkonya Atıklar Nasıl Değerlendirilir?

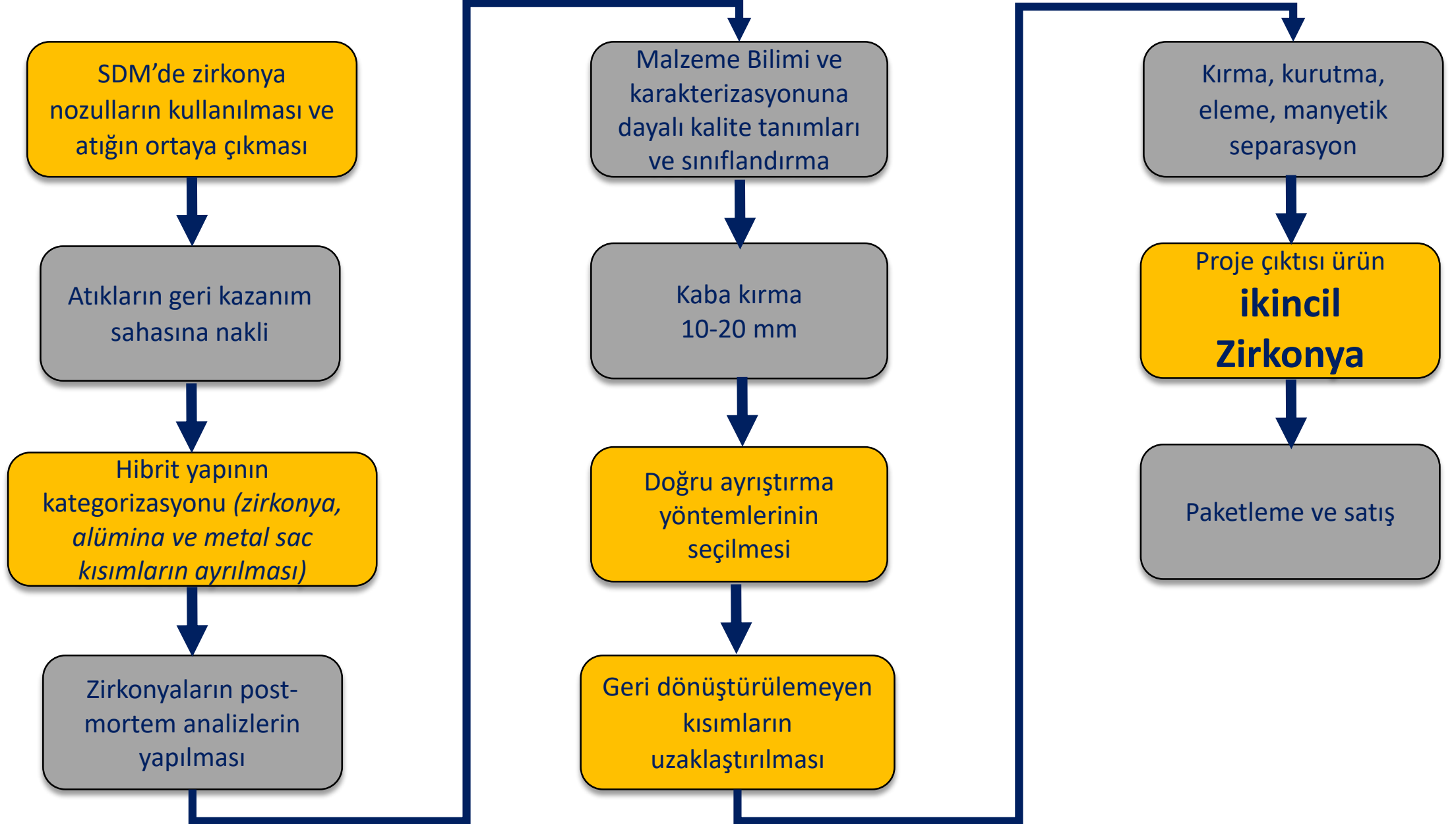
BDÇ'de benimsediğimiz ve kapsamını sürekli genişletmeye çalıştığımız **"Yerinde Kaynak Verimliliği"** anlayışı gereği önceliğimiz nozulların kullanım performanslarını en yüksek seviyeye endeksleyerek daha az zirkonya nozul kullanmak ve buna bağlı olarak atık oluşumunu minimize etmek, maliyetleri düşürmektir. **Bu süreçte atık oluşumunu azalttığımız halde kullan - at** nozulların doğası gereği kullanılan miktar kadar zirkonya nozul atığı oluşması kaçınılmazdır.

[illegible]

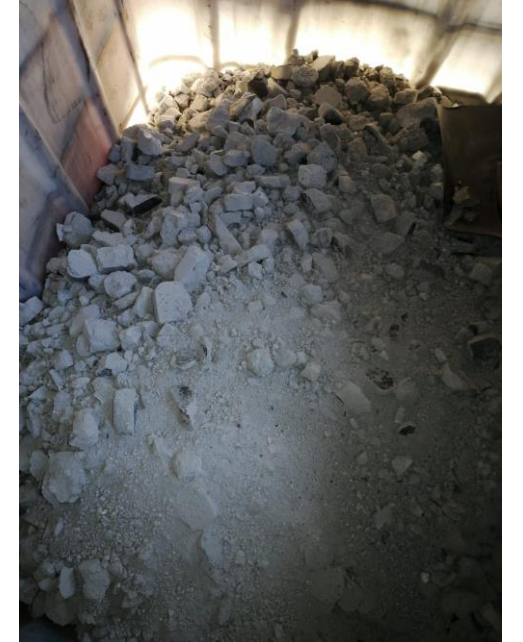
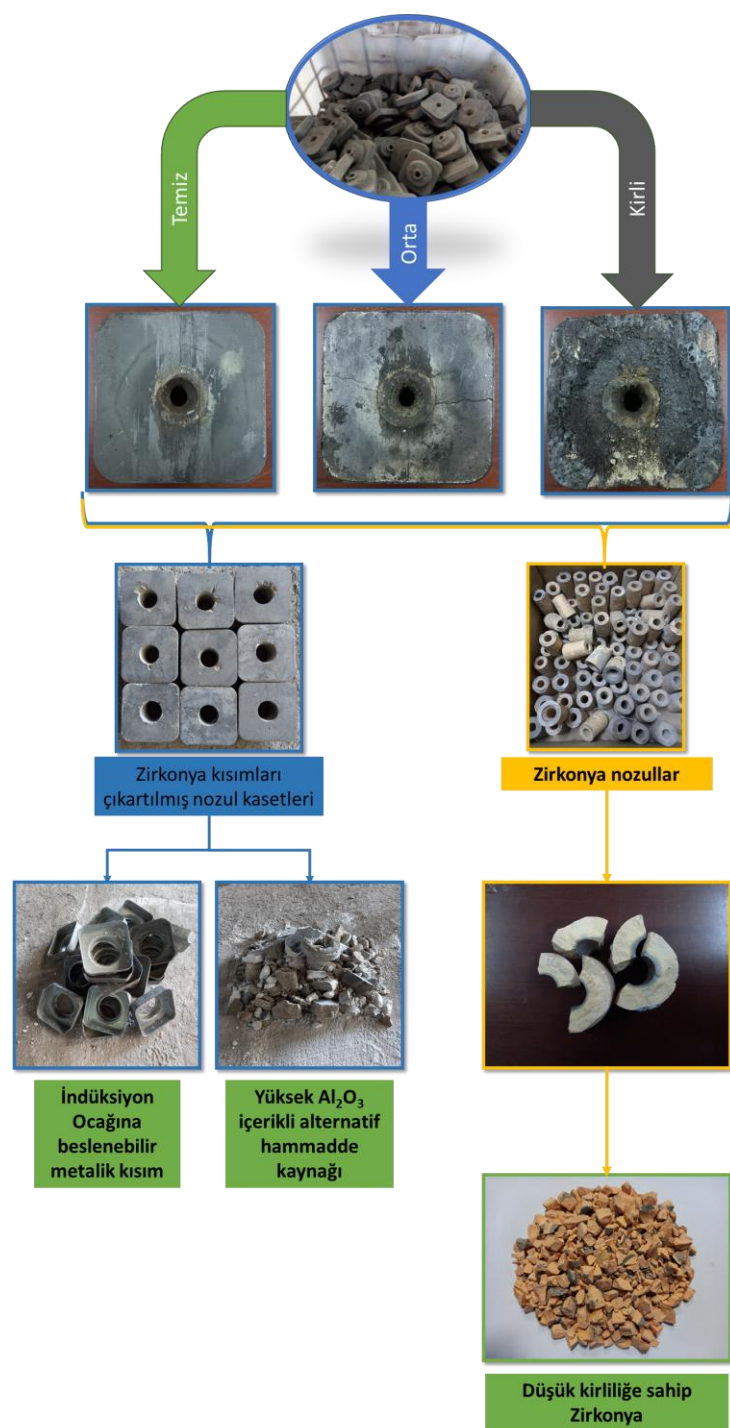
Yöntem 1 *(Yerinde Kaynak Verimliliği)*



Yöntem 2 (Atıktan ürüne dönüşüm)



Demir – Çelik Tesislerinde Zirkonya Atıklar Nasıl Ayırıştırılır?



Yenilikçi Yön ve Teknolojik Düzey

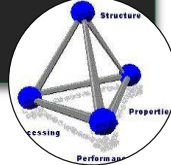
- Hibrit yapının kategorizasyonu,
- Malzemenin orijinalini koruyan kimyasal kısmı ile kirli kısmı ayrıştırılacak, karıştırılmadığı için değer kaybetmeyecektir.

Yığın geri dönüşüm yerine butik simbiyoz



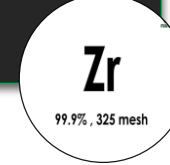
- Çelik üretim prosesinden kaynaklı gelebilecek kirlilikler atık malzeme üzerinde laboratuvar ölçekli olarak belirlenecektir.

Malzeme karakterizasyonu



- Malzeme saflığını etkileyen parametreler belirlenerek, uygun ayırıştırma yöntemleri denenecektir.
- Optik seperasyon
- Manyetik seperasyon

Atık saflığının artırılması



- Müşteriye formülasyon vb. teknik destek sunularak fark yaratılacaktır.

Talebe göre ürün reçetesi



- Bilinen yüksek sıcaklık özellikleri ve kendine özgü mikroyapısal & mekaniksel özellikleri korunacaktır.

Özelliklerin Korunması



- Malzemenin kullanım limitlerini performans & emniyet faktörünü odağına yerleştirmektir.
- Proses boyunca birinci önceliğimiz oluşan atığı en aza indirmektir.

Yerinde kaynak verimliliği



- Fikir – Konsept –Pilot Çalışma,
- Refahı ve istihdamı artırma kapasitesi,
- Döngüsel ekonomi fırsatları ve karbon azaltım potansiyeli.

İnovasyon Süreci

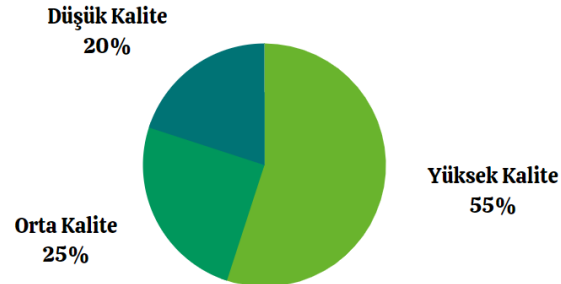


Değer Önerileri

1

Müşteriye maliyet stabilizasyonu sunma boyutu;

Mevcut	Satış fiyatı
Zirkon	1700 \$/ton
Oluşacak Ürün	Satış fiyatı
Yüksek Kalite	815 \$/ton
Orta Kalite	180 \$/ton
Düşük Kalite	70 \$/ton



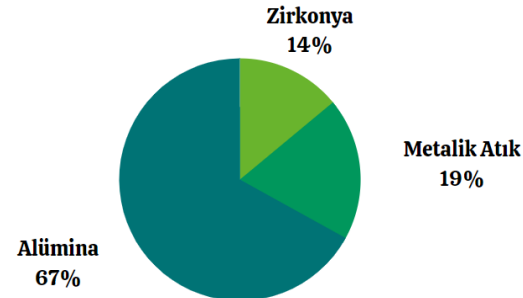
2

Kirliliğin azaltılması ve doğal hammadde kaynaklarının korunması yoluyla çevre boyutu;

3,5 ton/yıl zirkonya atık

4,7 ton/yıl metal saç & 16,7 ton/yıl Al_2O_3

15000 adet/yıl zirkonya nozul



3

Girdi hammadde ithalatını düşürerek bütçe açığının azalması boyutu;

Sadece BDÇ'de her yıl atılan zirkon nozulun değeri 1,6 milyon TL'dir.

Hafnium - Zirconia EU tarafından yürütülen CRM (Critical Raw Materials) çalışmasında ekonomik önem derecesi yüksek hammadde olarak seçilmiştir.

4

Geri kazanım kültürünü oluşturma ve sürdürülebilirlik boyutu;

Atıktan – ürüne dönüşüm bilinci ile **yeşil** ve **büyümenin** ortak payda da buluşturulması

Döngüsel ekonomiye geçiş, sürdürülebilirlik adına önümüzdeki en büyük devrim ve fırsat olabilir!

4 Aşamalı Çözüm Önerisi

Nitelikli Atık Üretimi

- Çelik üretim proses dizaynı,
- Oluşturulan sürecin standardizasyonu,
- Atık değerlendirme planı,
- Taşıma – Toplama – Depolama

Segmentasyon

- Ömrü tamamlanan zirkonya nozulların sökümü,
- Elleçleme,
- Malzeme karakterizasyonu,
- Yeni kalite tanımları ve kompozisyon tasarımı

Doğru Ayrıştırma Yöntemlerinin Belirlenmesi

- İstenmeyen kirliliklerin belirlenmesi,
- Kategorizasyon,
- Uygun ayırma yönteminin tespiti,

5R Teorisi

- Sıfır atık yaşam tarzı,
- Yığın Geri Dönüşüm yerine Butik Simbiyoz anlayışının benimsenmesi,
- Geri Dönüşüm Kültürü

1

Refuse (Reddet)

Değiştirilebilir zirkonya nozulların kullan – at anlayışını reddedip, atıktan değere anlayışını benimseyerek bu nozul atıkları için biriktirme bölümü oluşturulmuştur.



2

Reduce (Azalt)

Yerinde azaltma yöntemi gereksiz nozul tüketimini engellemek için en önemli noktalardan biridir. Döküm parametreleri standart hale getirilip yerinde azaltma yöntemi gerçekleştirilmiştir.

1

Refuse (Reddet)

Değiştirilebilir zirkonya nozulların kullan – at anlayışını reddedip, atıktan değere anlayışını benimseyerek bu nozul atıkları için biriktirme bölümü oluşturulmuştur.



2

Reduce (Azalt)

Yerinde azaltma yöntemi gereksiz nozul tüketimini engellemek için en önemli noktalardan biridir. Döküm parametreleri standart hale getirilip yerinde azaltma yöntemi gerçekleştirilmiştir.

3

Reuse (Yeniden Kullan)

Atık zirkonya nozulların fiziksel bir kusuru olmayanları için tekrar değerlendirme çalışmaları yapılmış olup, kirli ve deforme olmayan nozulların tekrar kullanılması alışkanlık haline getirilmiştir.



4

Recover (Yeniden Kazan)

3 kısımdan oluşan değiştirilebilir zirkonya nozullar nitelikli ayırma yöntemleri sayesinde refrakter, metal sac ve zirkonya kısımlarına ayrılmış olup, alümina ve zirkonya kısımları hammadde olarak kullanılmak üzere geri kazanılmıştır.

5

Recycle (Geri Dönüşüm)

Sıfır atık prensibinin başarılı olması için son çare geri dönüşümdür. Değiştirilebilir zirkonya nozulların yeniden kazanılamayan metal sac kısmı Demir-Çelik üretim süreçlerine hurda olarak kazandırılmıştır.



Projenin Çevre Boyutu (*referans 1*)

					
*Çevre Etki Kategorisi	Birim	Üretilen kg Zirkon Başına Etki	Dünya Üretiminin % Örnek Verisi	**Türkiye zirkon ihtiyacının çevre etkisi (ton)	***BDÇ yıllık zirkon atığının çevre etkisi (kg)
Sera Gazları (<i>Greenhouse gases</i>)	[kg] CO ₂	0,922	37%	23.102	3.227
Asidifikasyon Potansiyeli (<i>Acidification potential</i>)	[kg] SO ₂	0,001	34%	25,1	3,5
Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli (<i>Photochemical ozonecreation potential</i>)	[kg] Ethene	0,000256	34%	6,4	0,9
Ötrofikasyon Potansiyeli (<i>Eutrophication Potential</i>)	[kg] Phosphate	0,000205	34%	5,1	0,7
Partikül Madde (<i>Particulate matter to air</i>)	[kg]	0,0152	34%	380,9	53,2
Su Kullanımı (<i>Water usage</i>)	[kg]	23	37%	576.288	80.500
Enerji Kullanımı (<i>Energy usage</i>)	[kWh]	0,00206	35%	51,6	7,2
*Avustralya'da 2009 yılı verilerine göre 1 kg zirkon üretimi için emisyonlar ve kaynak tüketim.					
**Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 verilerine göre ülkemizin 2020 yılı zirkon ithalatı 25056 ton'dur.					
***Bilecik Demir Çelik 2020 yılı zirkonya atığı 3,5 ton'dur.					

Referans: M. Lundberg, Environmental analysis of zirconium alloy production



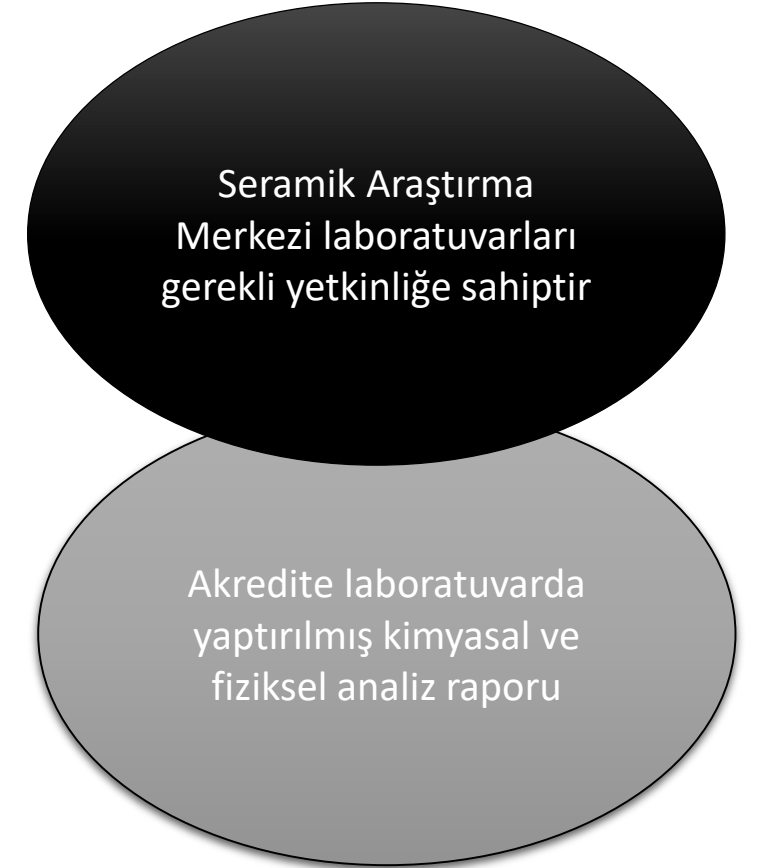
Projenin Çevre Boyutu (referans 2)

			
*Çevresel Gösterge	Üretilen kg Zirkon Başına Etki	**Türkiye zirkon ihtiyacının çevre etkisi (ton)	***BDÇ yıllık zirkon ihtiyacının çevre etkisi (kg)
Abiyotik Tükenme Öğeleri (Abiotic Depletion Elements: ADPe [kg Sb eq.])	0,00000011	0,0027562	0,000385
Abiyotik Tükenme Fosili (Abiotic Depletion Fossil: ADPf [MJ])	38	952.128	133.000
Asitleşme Potansiyeli (Acidification potential: AP [kg SO ₂ eq.])	0,0026	65	9,1
Ötrofikasyon Potansiyeli (Eutrophication potential: EP [kg Phosphate eq.])	0,00024	6	0,84
Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential: GWP [kg CO ₂ eq.])	0,32	8.018	1.120
Ozon Tüketim Potansiyeli (Ozone Depletion Potential: ODP [kg R11 eq.])	6,8*10 ⁻¹²	1,704*10⁻⁷	2,38*10⁻⁸
Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli (Photochemical Ozone Creation Potential: POCP [kg Ethene eq.])	0,00015	4	0,525
Birilcil Enerji Talebi (Primary Energy Demand: PED [MJ])	4	100.224	14.000
Su Tüketimi (Water consumption [kg])	20	501.120	70.000
*Executive Summary: Life Cycle Assessment of zircon sand production applied to ceramic tiles 22/12/2017 - Zircon Industry Association (ZIA) - Zirkon Sanayicileri Derneği (ZIA)			
**Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2020 verilerine göre ülkemizin 2020 yılı zirkon ithalatı 25056 ton'dur.			
***Bilecik Demir Çelik 2020 yılı zirkonya atığı 3,5 ton'dur.			

Projenin Kârlılığı

Hibrit Yapı	Atık Olarak açığa çıkan miktar (ton/yıl)	****Atık Değeri	***Kazanç Potansiyeli	**Mevcut Durum
Zirkonya	3,5	\$500	\$1.750	\$195.000
Alümina	16,7	\$1.300	\$21.710	
Metal Saç (hurda)	4,7	\$410	\$1.927	
Toplam	24,9	\$2.210	\$25.387	*%13
*Projenin geri dönüşüm %kârlılığı				
**BDÇ'de yıllık zirkonya nozul tüketim maliyeti				
***Projenin hayata geçmesiyle ortaya çıkan ekonomik kazanç				
****3 farklı kalite - maliyet stabilizasyonuna göre hesaplanan satış fiyatı				

İzin & Regölasyonlar



Destek sağlayabileceğini ifade eden firmalar ve niyet mektupları;



Teşekkürler