

KOBALT: ENERJİ SEKTÖRÜNÜN SİYAH İNCİSİ

Mustafa Nazmi ÇELEBİ*

Günümüzde gelişen teknoloji şartlarıyla metal sektörünün günlük hayatımızdaki önemi gitgide artmaktadır. Bu önemle beraber bazı metallere duyulan ihtiyaç da daha büyük bir önem taşımaktadır. Bu metallere biri olan kobalt ise yüksek erime sıcaklığı, yüksek sıcaklıklardaki sağlamlığı ile kesim malzemesi, süper alaşım, yüzey kaplama, yüksek hız çelikleri ve daha birçok malzemenin üretiminde yer almaktadır. Bütün bu bahsi geçen kullanım alanlarının ötesinde kobalt daha yaygın olarak lityum-iyon bataryaların üretiminde oynadığı anahtar rol ile bilinmektedir. Ayrıca kobaltın (Şekil 1) günümüzdeki ve önümüzde öngörülen teknolojik gelişmeler ışığında gün geçtikçe önemi daha da artacak bir maden olduğu düşünülmektedir.

Kobaltın batarya sektöründeki anahtar rolünün temel sebebi diğer metallerle üretilen bataryalardaki sıkıntılarının ortadan kalkmasıdır. Örneğin nikel-metal hibrit bataryaların kısa ömür süresi ve aşınma sorunu bu bataryalara kobaltın eklenmesiyle çözüme kavuşmuştur. Aynı şekilde lityum-iyon bataryalarının yüksek

reaktifliği sebebiyle oluşan batarya yangınları bu bataryalarda kullanılan %60 oranındaki kobalt ile çözümlenmiştir.

Batarya endüstrisinde kobalta duyulan ihtiyaç 1990'lı yıllara kadar %1 i geçmez iken gelişen teknoloji şartları ve kobalt çözümleri ile bu oran %35'in üstüne çıkmıştır (Kay, 2018). Bu oranın cep telefonları, elektrikli araçların ve diğer elektronik araçların artan şarj edilebilir batarya gereksinimi ile artış göstereceği öngörülmektedir.

Artıştaki kilit nokta ise yüksek oranda kobalt içeren lityum-iyon bataryalar kullanılan elektrikli araçlara dönüş ve üretimdeki artıştır. Talepteki artışı karşılamakta zorluk çeken kobalt tedarik zinciri yeni çözümler aramaktadır. Bunlardan biri üretimde artışı sağlamak diğeri ise bataryalarda kobalt yerine kullanabilecek elementler veya teknolojiler geliştirmektir. Routers'ın 2017 raporuna göre Asya'lı batarya üreticileri % 60 nikel, % 20 kobalt ve % 20 mangan oranını % 80 nikel, % 10 kobalt ve % 10 manganeze düşürmeyi hedeflemektedir. Çin'li bir firma bu orandaki üretimi kendi batarya fabrikasında denemiş fakat denemeler bu oranlardaki ticari üretimin uzun yıllar sürebilecek bir süreç olduğunu bildirmiştir. Buna ek olarak akademik çalışmalarda ise lityum



Şekil 1- Bir kobalt minerali olan kobaltın (CoAsS) örneği (<https://www.mindat.org/photo-276881.html>).

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Genel Müdürlük Şube Müdürlüğü, Ankara.

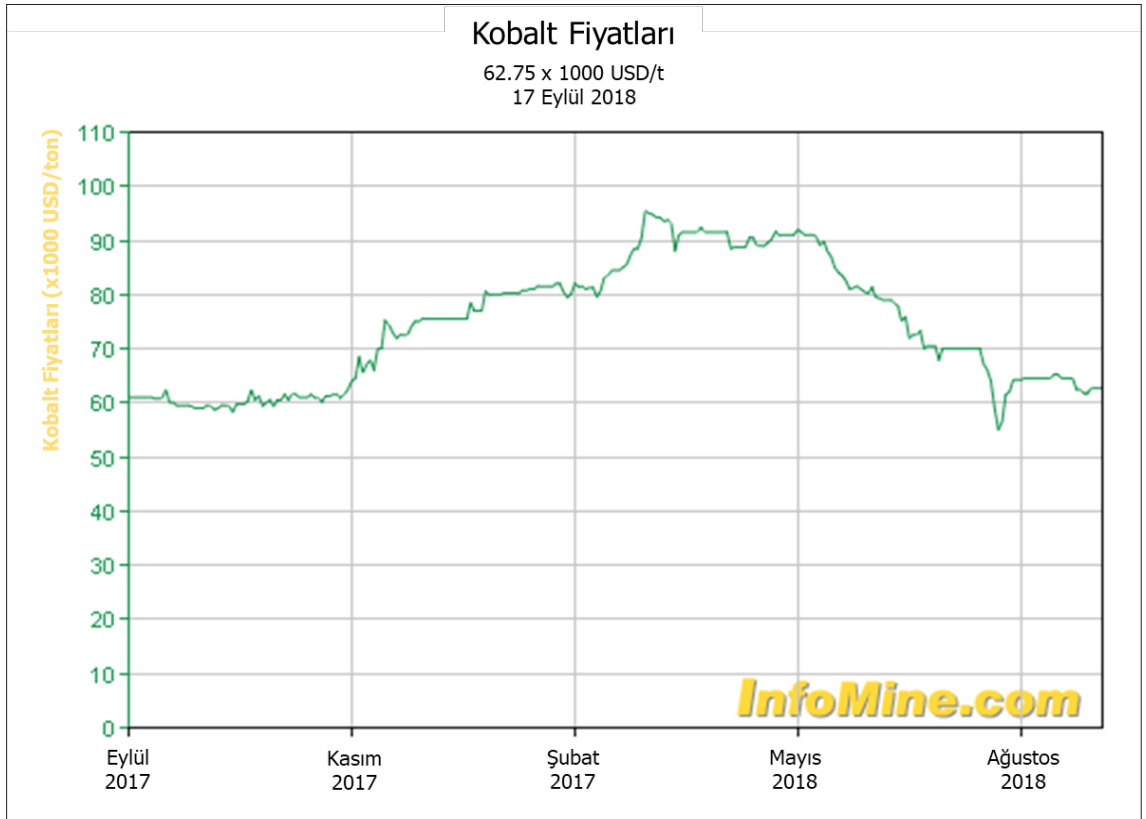
bataryalarda kobalt yerine demir kullanımı üzerine AR-GE çalışmaları devam etmektedir. Eğer çalışmalar olumlu sonuç verirse batarya verimleri % 25'e düşecek olsa da batarya ömürlerinde ve maliyetlerinde çok bir düşüş beklenmektedir. Tüm bu çalışmalardaki olumlu gelişmelere rağmen yakın bir gelecekte kobaltın endüstrilerdeki önemini koruması beklenmektedir.

Batarya endüstrisindeki yüksek kullanımına ek olarak kobalt yüksek sıcaklığa ve oksitlenmeye karşı yüksek dayanıklılığı sayesinde süperalaşımolarak uçak parçalarında ve jet motorlarının belirli parçalarında kullanılmaktadır. Ayrıca kobalt insan ve hayvan vücudunda B12 vitamini depolanabilmesi için anahtar bir rol oynamasının yanı sıra kanser işin tedavilerinde de kullanılmaktadır.

Talepteki artış ile doğru orantılı olarak kobalt fiyatı da artış göstermiştir. 2017 yılı başında 32.500 USD/ton olan kobalt fiyatları Haziran 2017'de 55.000 USD/ton fiyatını görmüş geçtiğimiz bir yıl içerisinde ise yaklaşık % 64'lük bir artış ile 95.000 USD/ton bandını görmüştür (Şekil 2).

Mayıs 2018 tarihinden sonra görülen düşüşün işe dünyanın en büyük üretici ülkesi olarak bilinen Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nin madencilik kanununda yapacağı vergilendirme ve maden işletme bedellerinde yeniliklerin piyasada yarattığı endişe olduğu düşünülmektedir. Yeni yasa tasarısında kobalt için vergi oranı %2'den %3,5'e çıkarılırken işletme pay bedeli ise %10 olarak belirtilmiştir. Kongo yönetimi tarafından ülkedeki üretim ve fiyatların da etkilenmemesi adına çalışmaların devam ettiği bildirilmiştir.

Kobalt maden kaynaklarına göre dünyada başı çeken ülke dünyadaki 2017 yılında 64.000 tonluk üretim ile dünya üretiminin yarısından daha fazlasını gerçekleştiren Kongo'dur. Kongo'yu sırasıyla 5.600, 5.000, 4.300, 4.200, 4.000, 3.800, 3.200, 2.900 ve 2.800 tonluk üretim ile Rusya, Avustralya, Kanada, Küba, Filipinler, Madagaskar, Papua Yeni Gine, Zambiya ve Yeni Kaledonya takip etmektedir. Listede kobalt tüketiminin % 80 ini gerçekleştiren Çin yer almasa da dünyadaki en büyük üreticilerden biri durumundadır. Kobalt tüketiminde de başı çeken ülkelerden biri olan ve dünyada kobalt rafine tedarikinin % 58'ini



Şekil 2- Kobalt fiyatlarının Eylül 2017'den günümüze değişimi, infomine.com (2018)'dan Türkçe'leştirilmiştir.

yapan Çin yüksek batarya üretim teknoloji ve kapasitesi sayesinde sektörde çok önemli bir yere sahiptir.

USGS 2018 raporuna göre kobaltı stratejik mineral olarak tanımlayan Amerika'da 2017 yılı kobalt kullanımının toplam değeri 575 milyon USD olarak belirtilmiştir. Bu tutarın düşüklüğünün temel sebebi ise ülkenin son ürün olarak kullanılan batarya tedarikinin neredeyse tamamının Çin başta olmak üzere yabancı ülkelerden yapılmış olması olarak yorumlanmıştır.

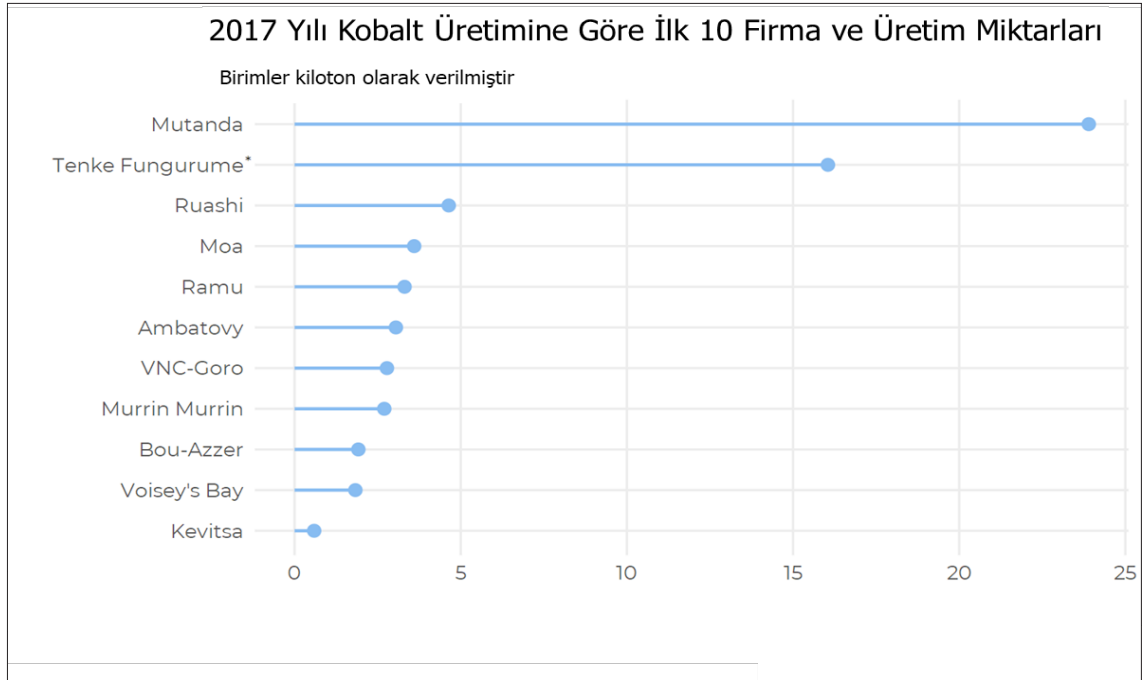
2017 üretim verilerine göre Glencore firmasına ait ve borsada işlem gören Kongo'da bulunan Mutanda Madeni'ndeki yıllık 23,9 kilotonluk kobalt üretimi ile mavi metal (kobalt) üretiminde zirvede bulunmaktadır. İkinci sırada ise China Molybdenum'a ait Tenke Fungurume bulunmaktadır (Şekil 3). Fakat China Molybdenum üretim verilerini yıllık olarak paylaşmadığından üretim miktarı bir önceki yıl madenin eski sahibi olan Freeport McMoran'ın yıllık üretim raporundan alınmıştır. Zirveyi paylaşan bu iki proje 2017 üretiminin % 60'lık bir bölümünü karşılamakta olup iki madende de kobalt, bakır ile beraber üretilmektedir.

Önümüzdeki yıllar için ise zirvede bulunan madenin Mutanda Madeni yerine Glencore'un

2017 Aralık ayında yeniden üretime geçirdiği yine Kongo'da bulunan Katanga Madeni olacağı düşünülmektedir. Madenin 2018 için planlanan 11 kilotonluk üretimini sonraki yılda 34 kilotona çıkaracağı öngörülmektedir.

Michael Allan McCrae'ın 2018 Eylül ayında yayınladığı rapora göre dünyada 2017 yılında en yüksek kobalt üretimi yapan ilk beş maden aşağıda listelenmiştir.

- **Mutanda:** Glencore firmasına ait olan maden 2017 yılında 23,9 kiloton kobalt üretimi yapmıştır. 2011 yılından beridir faaliyetlerini sürdüren maden Kongo'da bulunmaktadır.
- **Tenke Fungurume:** 2016 yılındaki üretimi göz önünde bulundurulduğunda China Molybdeum bünyesinde çalışan ve Kongo'da bulunan madenin 16,05 kilotonluk üretim yaptığı düşünülmektedir.
- **Ruashi:** Kongo'da bulunan diğer bir maden olan ve Jinchuan Group International and Gecamines bünyesinde bulunan Ruashi'de 2017 yılında 4,64 kilotonluk kobalt üretilmiştir.
- **Moa:** Sherritt ve Küba Hükümeti'ne ait olan maden 2017 yılında 3,6 kilotonluk üretim yapmıştır. Afrika'nın en yüksek kobalt üretimini yapan maden olarak bilinmektedir.



Şekil 3- 2017 yılı Kobalt üretim miktarlarına göre ilk 10 firma, Mining Intelligence (2018)'dan Türkçe'leştirilmiştir.

- **Ramu:** Highlands Pacific Limited'e ait Papua Yeni Gine'de bulunan nikel madenindeki üretim 3,31 kilotonu bulmuştur.

Fas'taki üretim ve Kongo'da gerçekleştirilen yerel (el ile yapılan) maden çalışmaları (Şekil 4) haricinde dünyadaki kobalt madeni büyük nikel ve bakır madenlerinde yan ürün olarak elde edilmektedir. Bu yüzden piyasadaki değişimlere üreticilerden anlık çözümler üretilememektedir.

Kobalt (Co^{2+} , Co^{3+}) iyonik yapısı açısından Mg^{2+} , Mn^{4+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ve Ni^{2+} iyonlarına benzerlik gösterdiğinden bu atomları içeren minerallerin bulunduğu alanlarda varlık gösterebilir. Kobaltın ortalama olarak en yüksek bulunduğu kayalar sırasıyla ultramafik kayalar (dünit, serpentinit-110 ppm), mafik magmatik kayalar (bazalt-47 ppm), şeyl (19 ppm) ve granit (3 ppm) şeklindedir. Kobalt esas olarak sülfitler, kobalt içeren demir sülfitler, sülfato-arsenürler ve arsenürler olarak gözlense de ikincil olarak karbonat ve diğer mineral tiplerinde de bulunur.

Dünya'daki bilinen en büyük kobalt kaynakları açık deniz ve okyanuslarda bulunmaktadır. Fakat günümüz teknoloji ve yasal konuların bu kaynakları ekonomik kılmadığı için mevcut rezervlerin çok büyük kısmı karasaldır.

Bilinen kobalt kaynakları ise şu şekilde listelenebilir (Şekil 5):

- Derin deniz nodülleri ve tabanı,
- Tortul (sedimanter) kaya Cu-Co yatakları,
- Ni-Co lateritleri,
- Magmatik Ni-Cu sülfit yatakları ve
- Diğer karasal yatakları (demir oksit bakır-altın (DOBA) yatakları, metasedimanter Co-Cu-Au yatakları vb.).

Kobalt üretiminin türlere göre dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Bu üretimin büyük bir oranı karasal sedimanter kayaç yataklarından yapılmaktadır. Bu tür yatakların ise en çok bulunduğu yer ise Orta Afrika Bakır Kuşağı'nın bulunduğu Kongo ve Zambiya'dır. Bu türde kobalt tenoru diğer çeşitlere göre biraz daha yüksektir. Sedimanter kayaç yataklarından alınmış bazı tenorlar Çizelge 1'de verilmiştir.

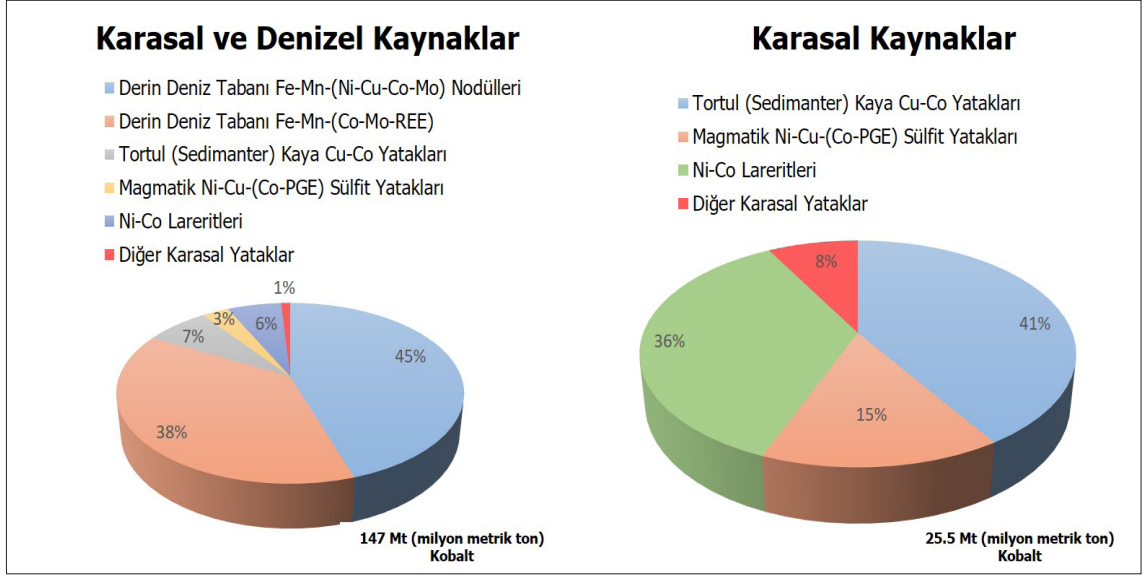
Çizelge 1- Dünyadaki bazı yüksek tenörlü tortul kaya tipi kobalt yataklarının isim ve tenorları

Kisanfu	% 1,1	Kolwezi	% 0,4
Mukondo	% 0,7	Tenke	% 0,3
Tilwezembe	% 0,6	Luanshya	% 0,2
Nchanga	% 0,4	Nkana	% 0,1

Magmatik Ni-Cu-(Co-PGE) sülfit yatakları ise üretim dağılımında ikinci sırada bulunur



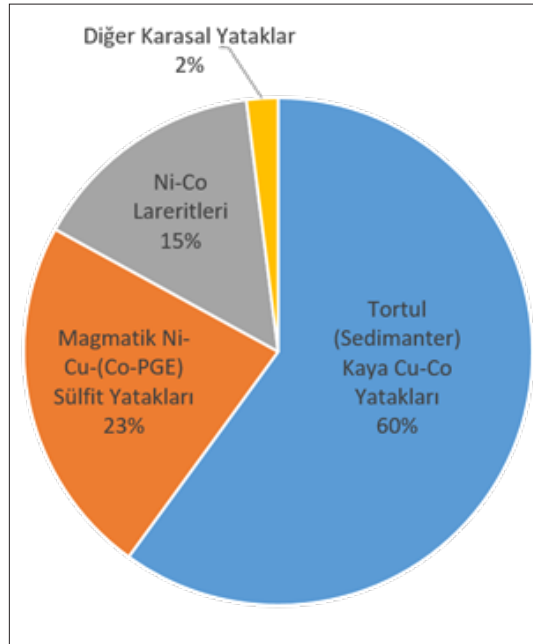
Şekil 4- Kongo geleneksel madencilikinden elde edilen kobalt (solda) ve bakır (sağda), AIA (2018).



Şekil 5- Dünyada bilinen kobalt kaynaklarının yatak türlerine göre dağılımı, USGS (2017)'den uyarlanmıştır.

ve yaygın olarak Kanada, Çin ve Rusya'da görülür. Kobalt bu tür yataklarda mafik-ultramafik sokulumlardan elde edilen ikincil cevherdir. Nikel ile beraber bulunan kobalt oran olarak nikel ile doğru orantıda yükselme veya düşüş gösterir. Kobaltın geri kazanım oranları magmatik Ni-Cu-(Co-PGE) sülfid yataklarında % 20 ile % 66 arasında değişmektedir. Bu tür yataklarda kobalt genelde pentlandit olarak daha az oranda ise linnait olarak gözlenir. Ayrıışmış (aşınmış) ultramafik kayaçlar olan

lateritler içinde bulunan kobalt ise yaygın olarak Avustralya, Brezilya, Küba ve Yeni Kaledonya'da gözlenir. Örtü kayacı olan lateritlerde kobalt, kobaltça yüksek limonitlerde ve nikelce zengin saprolitlerde gözlenir. Kalınlıkları 10 m ile 40 m arasında değişiklik göstermektedir. İşletilen kobalt yataklarının genelde nikel oranları da % 1'in üzerindedir. En yüksek tenorlu laterit tipi kobalt yatağı olan Nkamouna'nın tenoru % 0,22 Co şeklindedir (USGS, 2017).



Şekil 6- Karasal kobalt yataklarının 2017 kobalt üretimindeki dağılımı, USGS (2017)'den uyarlanmıştır.

Ülkemizde ise Bursa (Orhaneli), Gümüşhane (Şiran), Kastamonu (Küre), Manisa (Merkez), Manisa (Turgutlu), Manisa (Gördes), Sivas (Divriği) ve Uşak (Banaz) başta olmak üzere birçok ilimizde kobalt emarelerine rastlanmıştır.

MTA verilerine göre Kastamonu Küre'de kobalt tenörü ortalama değer % 0,3 iken Bursa Meryemsirtında bu değerler % 0,01 ile % 0,02 arasında, Çaldağ'da ise % 0,04 ile %0,06 aralığındadır. Son yapılan çalışmalarla belirtilen madenlerde cüruflardan geri kazanımın mümkün olduğu tespit edilmiştir. Küre'de mevcut izabe cüruflarından çeşitli yöntemlerle bakırım %60 ile %75 arasında geri kazanımının mümkün olduğu ortaya konurken bu oranın kobaltta ise %75 olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber Çaldağ Nikel Madencilik Şirketi tarafından işletilen maden yatağında liç yöntemiyle 900 ton kobalt metali kazanımı öngörülmektedir.

Türkiye'nin kobalt özelinde ihracat ve ithalat rakamları ise oldukça düşük seviyelerdedir. 2016 yılında yalnızca 44 kg işlenmiş kobalt ihraç eden ülkemiz 2017 yılında ise 1.000 kg'lık işlenmiş kobalt ithal etmiştir. Kobalt oksit ve hidrosit için ise bu değerler 2017 yılı için 398.746 kilogram ithalat, 9.200 kilogram ihracat şeklindedir.

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler, yakın ve uzak gelecekteki gereksinimler de düşünüldüğünde dünyada kobalta duyulan ihtiyacın gün geçtikçe artacağı öngörülmektedir. Bu ihtiyacın büyük bir kısmını Kongo'daki üretim günümüzde karşılıyor olsa da özellikle elektrikli araç teknolojilerine hızlı geçişin doğurduğu batarya üretim artışı ve temiz enerji ihtiyacı yakın geleceğimizde kobalta duyulan gereksinimin artacağını gösteriyor. Bu bağlamda USGS raporlarında yerini stratejik mineral listesinden kritik mineraller arasına kaydıran kobalt için yeni kaynak arayışları hız

kazanmaktadır. Dünya çapındaki büyük firmalar kobalt kullanımı ve işletilmesi sırasındaki verimin artması için Ar-Ge çalışmalarına ağırlık verirken ülkemizde de bu çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir. Yıllardır işletilen Küre Bakır İşletmeleri'nde kobalt üretimine yoğunlaşılması ve bu konuda atılan somut adımlar ülkemiz adına umut vericidir. Bu tür çalışmaların devamlılığı ile beraber, daha önce işletilmiş özellikle Ni-Cu içerikli madenlerimizin çevresinin ve pasalarının günümüz teknolojileri ile analizi yeni kobalt kaynaklarının keşfine ön ayak olabilir.

Değınilen Belgeler

Amnesty International and Afrewatch (AIA), Industry giants fail to tackle child labour allegations in cobalt battery supply chains. (2017, Kasım 15). Erişim Eylül 20, 2018, <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2017/11/industry-giants-fail-to-tackle-child-labour-allegations-in-cobalt-battery-supply-chains/>

McCrae, M. A. 2018. Top cobalt mines ranked by production in 2017. Erişim Eylül 15, 2018, <http://www.mining.com/top-cobalt-mines-ranked-production-2017/>

U.S. Geological Survey, 2017, Mineral commodity summaries 2018: U.S. Geological Survey, 51-52 p.204, <https://doi.org/10.3133/70194932>

Kay, A. 2018. Top Cobalt Production by Country. Retrieved September 5, 2018, from <https://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/cobalt-investing/top-cobalt-producing-countries-congo-china-canada-russia-australia/>

UNdata. (n.d.), 2016-2017 Türkiye kobalt ithalat-ihracat değerleri, Erişim Eylül 8, 2018, <http://data.un.org/>