

NADİR TOPRAK
ELEMENTLERİNİN İLERİ
TEKNOLOJİK UYGULAMALARI
Hazırlayan: Emirhan TANRIKULU
Danışman: Prof. Dr. Çiğdem HOPA



H																	He
Li	Be	H										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	H										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Kaynak: <https://naten.tenmak.gov.tr/tr/>



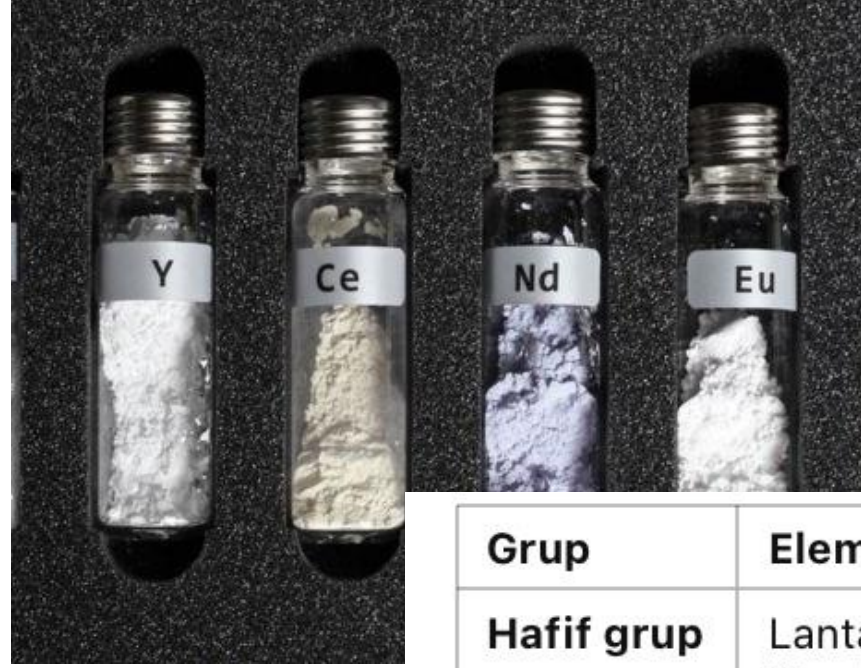
NADİR TOPRAK ELEMENTİ NEDİR?

Nadir toprak elementleri (NTE), lantanitler ile itriyum ve skandiyumun dahil olduğu bir gruptur. Lantanitler, atom numaraları 57-71 arasında olan ve kimyasal olarak benzer özellikler taşıyan elementlerdir. İtriyum (39) ve skandiyum (21) da lantanitlere benzer kimyasal özelliklerinden dolayı bu gruba dahil edilmiştir.

Kaynak: <https://naten.tenmak.gov.tr/tr/>

Nadir Toprak Elementleri İki Gruba Ayrılır:

1. Hafif Grup
2. Ağır Grup



Grup	Elementler
Hafif grup	Lantan, Seryum, Praseodim, Neodimyum, Prometyum, Samaryum, Skandiyum
Ağır grup	Evropyum, Gadolinyum, Terbiyum, Disprosiyum, Holmiyum, Erbiyum, Tulyum, İterbiyum, Lutesyum, İtriyum

Nadir Toprak Elementlerinin Ortak Özellikleri

- Genel olarak kolay şekillendirilebilir ve dayanıklı yapısal özellikleriyle NTE'ler, tepkimeye girebilme karakteristiğine sahiptir.
- Parlak, demir gri ve gümüş renginde bulunurlar.
- İlgi çekici elektriksel, termal ve optik özellikleriyle ileri teknolojilerde geniş uygulama alanlarına sahiptirler.

Kaynak: Gielen, D., & Lyons, M. (2022). Enerji dönüşümü için kritik malzemeler: Nadir toprak elementleri. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-437-0.

- ❖ NTE'ler, içeriğinde buldukları malzemeleri hafifletirken yüksek sıcaklığa, aşınmaya ve korozyona karşı dirençli kılmaktadır. Bu özellikleri dolayısıyla ileri teknoloji ürünlerinde sıklıkla tercih edilmekte ve çağımızın vazgeçilmez stratejik elementleri olarak değer görmektedir.

Kaynak: Celep, O., vd. (2021). Nadir toprak elementleri üzerine bir çalışma. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 264-280.

Element	Simge	Atom Numarası	Atom Ağırlığı	Yoğunluk, gr/cm ³	Ergime noktası, °C	Kaynama noktası, °C	Vicker's sertliği (kg/mm ²)
Skandiyum	Sc	21	44.95	2.989	1541	2831	85
İtriyum	Y	39	88.90	4.469	1522	3338	38
Lantan	La	57	138.90	6.146	918	3457	37
Seryum	Ce	58	140.11	8.160	798	3426	24
Praseodim	Pr	59	140.90	6.773	931	3515	37
Neodimyum	Nd	60	144.24	7.008	1021	3068	35
Prometyum	Pm	61	145.00	7.264	1042	-	-
Samaryum	Sm	62	150.30	7.520	1074	1791	45
Evropiyum	Eu	63	151.96	5.244	822	1597	17
Gadolinyum	Gd	64	157.25	7.901	1313	3266	57
Terbiyum	Tb	65	158.92	8.230	1356	3223	46
Disporsiyum	Dy	66	162.50	8.551	1412	2562	42
Holmiyum	Ho	67	164.93	8.795	1474	2695	42
Erbiyum	Er	68	167.26	9.066	1529	2863	44
Tulyum	Tm	69	168.93	9.321	1545	1947	48
İterbiyum	Yb	70	173.04	6.966	819	1194	21
Lutesyum	Lu	71	174.97	9.841	1663	3395	77

Nadir Toprak Elementleri ve Bazı Özellikleri

Bu Tablo Nadir toprak elementlerinin temel özelliklerini karşılaştırarak değerlendirmemize olanak tanır. Bu bilgiler, mühendislerin ve bilim insanlarının bu elementleri kullanarak yeni malzemeler ve teknolojiler geliştirmelerine yardımcı olur. Yüksek sıcaklık uygulamalarında ve elektronik cihaz üretiminde kullanılır. Yüksek erime noktaları ve çeşitli Vicker's sertlik değerleri, bu elementlerin farklı mekanik özelliklere sahip olmasını sağlar ve geniş bir kullanım alanı sunar.

Mineral	Formül	NTE içeriği, %
Aeskinit	(Ce,Ca,Th)(Ti,Nb) ₂ O ₆	%15.5-19.5 Ce ₂ O ₃ ; %0.9-4.5 (Y, Er) ₂ O ₃
Bastnazit	(Ce,La,Pr)(CO ₃)F	%36.9-40.5 Ce ₂ O ₃ ; %36.3-36.6 (La, Pr...) ₂ O ₃
Öksenit	(Y,Ce,Ca,U,Th)(Ti,Nb,Ta) ₂ O ₆	%18.2-27.7 (Y, Er) ₂ O ₃ ; %16-30 (Ce, La...) ₂ O ₃
Fergusonit	(Y,Sr,Ce,U)(Nb,Ta,Ti)O ₄	%31-42 Y ₂ O ₃ ; %0.9-6 (Ce, La...) ₂ O ₃ ; %0-14 Er ₂ O ₃
Gadolinit	(Y,Ce) ₂ FeBe ₂ Si ₂ O ₁₀	%30.7-46.5 Y ₂ O ₃ ; %5.23 (Ce, La...) ₂ O ₃
Loparit	(Na,Ca,Ce,Sr) ₂ (Ti,Ta,Nb) ₂ O ₆	%32-34 (Ce, La...) ₂ O ₃
Monazit	(Ce,La...)PO ₄	%50-68 (Ce, La...) ₂ O ₃
Ortit	(Ca,Ce) ₂ (Al,Fe) ₃ Si ₃ O ₁₂ [O,OH]	%0-6 Ce ₂ O ₃ ; %0-7 La ₂ O ₃ ; %0-8 Y ₂ O ₃
Parisit	Ca(Ce,La...) ₂ (CO ₃)F ₂	%26-31 Ce ₂ O ₃ ; %27.3-30.4 (La, Nd...) ₂ O ₃ ; %8 Y
Piriorit	(Y,Er,Ca,Th)(Ti,Nb) ₂ O ₆	%21.1-28.7 (Y, Er) ₂ O ₃ ; %3.7-4.3 Ce ₂ O ₃
Samarskit	(Y,Er,U,Ce,Th) ₄ (Nb,Ta) ₆ O ₂	%6.4-14.5 Y ₂ O ₃ ; %2.7-13.4 Er ₂ O ₃ ; %0.25-3.2 Ce ₂ O ₃ ; %0.37-1 La ₂ O ₃ ; %0.74-4.2 (Pr, Nd) ₂ O ₃
Torit	ThSiO ₄	%0.37-1 La ₂ O ₃ ; %0.74-4.2 (Pr, Nd) ₂ O ₃
Ksenotim	YPO ₄	%52-62 Y ₂ O ₃
İtroserit	(Ca,Y,Ce,Er)F ₂ .3H ₂ O	%8.5-11.5 Ce; %14.3-37.7 Y

Kaynak: Celep, O., vd. (2021). Nadir toprak elementleri üzerine bir çalışma. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 264-280.



NTE'ler yer kabuğunda değişik oranlarda çok geniş bir alana yayılmış olarak yaklaşık 160'dan fazla mineralin içeriğinde bulunmaktadır.



NTE'lerin en önemli üretim kaynağı bastnazit mineralidir.

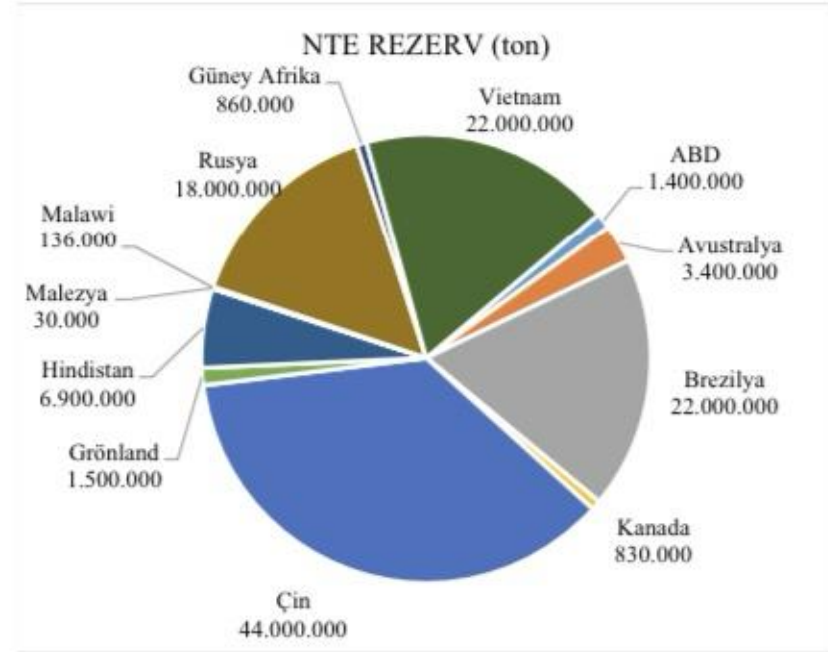


Bunların içinde ekonomik olarak işlenebilir mineral sayısı 10 civarında olup önemli olanları yanda verilmiştir.

Nadir Toprak Elementlerinin Dünyadaki Rezervleri

- Yeryüzünde nadir toprak elementleri oldukça yaygındır.
- Ülkeler bazında bakıldığında ise **Çin**, sahip olunan nadir toprak elementi rezervleri ve işlenmesi açısından Dünya lideridir.

ÜLKELER	REZERV (ton)
ABD	1.400.000
Avustralya	3.400.000
Brezilya	22.000.000
Kanada	830.000
Çin	44.000.000
Grönland	1.500.000
Hindistan	6.900.000
Malezya	30.000
Malawi	136.000
Rusya	18.000.000
Güney Afrika	860.000
Tayland	Veri Yok
Vietnam	22.000.000
TOPLAM	121.056.000



Kaynak: Mineral Commodity Summaries, 2017.

Nadir Toprak Elementlerinin İleri Teknolojik Uygulamaları

1. Nadir Toprak Elementleri ve Karbon Nanoparçacıkları

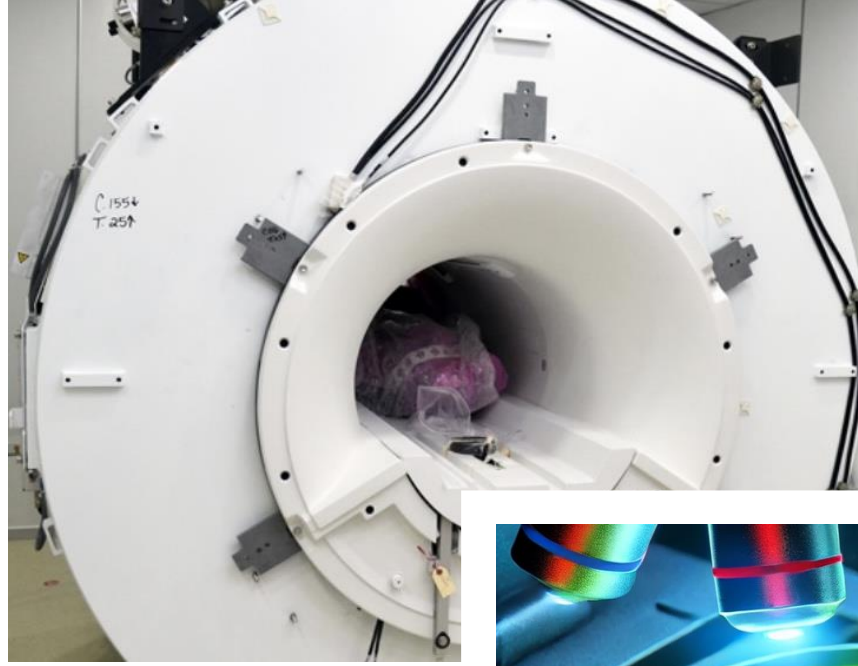
- Nadir toprak (NTE) elementleri, benzersiz optik ve manyetik özelliklere sahiptir, ancak tek başlarına **sınırlı** performans gösterirler.
- Karbon nanodotlar (CND'ler), mükemmel fotolüminesans ve biyouyumluluk özellikleri sunarak NTE ile birleştiğinde daha yüksek işlevsellik sağlar. Bu hibrit malzemeler, biyomedikal görüntüleme ve sensörler gibi alanlarda büyük potansiyel taşır.

Kaynak:Zhang, M., Zhai, X., Sun, M., Ma, T., Huang, Y., Huang, B., Du, Y., ve Yan, C. (2020). Nadir toprak ve karbon nanodotları buluştuğunda: mekanizmalar, uygulamalar ve gelecek perspektifleri. *Kimya Dernekleri İncelemeleri*, 49(24), 9043-9076.

•**Biyomedikal görüntüleme:** RE-CND hibritleri, optik ve manyetik görüntüleme tekniklerinin birleşimini sağlar, böylece daha doğru ve etkili tıbbi teşhisler yapılabilir.

•**Biyosensörler:** CND'lerin yüzey grupları, biyolojik hedef molekülleri tanıyacak şekilde fonksiyonelleştirilebilir, bu da biyosensörlerdeki performansı artırır.

•**Çok modlu görüntüleme:** Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve floresan görüntüleme gibi iki farklı görüntüleme tekniğini birleştiren hibritler, daha kapsamlı tanı imkânları sunar.



Kaynak:Zhang, M., Zhai, X., Sun, M., Ma, T., Huang, Y., Huang, B., Du, Y., ve Yan, C. (2020). Nadir toprak ve karbon nanodotları buluştuğunda: mekanizmalar, uygulamalar ve gelecek perspektifleri. *Kimya Dernekleri İncelemeleri*, 49(24), 9043-9076.



2- Nadir Toprak Elementleri Ve Enerji Dönüşümü



•**Önemli Elementler:** Neodimyum, disprosyum, terbiyum ve praseodimyum, elektrikli araçlar ve rüzgar türbinlerinde kullanılan kalıcı mıknatıslar için kritik öneme sahiptir.



•Rüzgar türbinleri için nadir toprak elementlerine olan talebin 2050 yılına kadar mevcut seviyenin 26 katına çıkması bekleniyor.





• Neodimyum (Nd), disprosyum (Dy) ve praseodimyum (Pr) gibi elementlerle yapılan mıknatıslar, yüksek performans ve enerji yoğunluğu sağlar.

• Elektrikli araçlarda bu mıknatıslar, motorlar ve aktarma organlarında kullanılır.

• 2030 yılına kadar, elektrikli araçlar tüm nadir toprak mıknatısı üretiminin %25'ini kullanabilir hale gelecek.

Kaynak: Gielen, D., & Lyons, M. (2022). Enerji dönüşümü için kritik malzemeler: Nadir toprak elementleri. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-437-0.



Mıknatıslar (Nd, Pr, Dy, Sm) %29

Katalizörler (La, Ce) %20

Parlatma maddesi (La, Ce) %13

Diğerleri (La, Ce) %9

Metalurji (La, Ce) %9

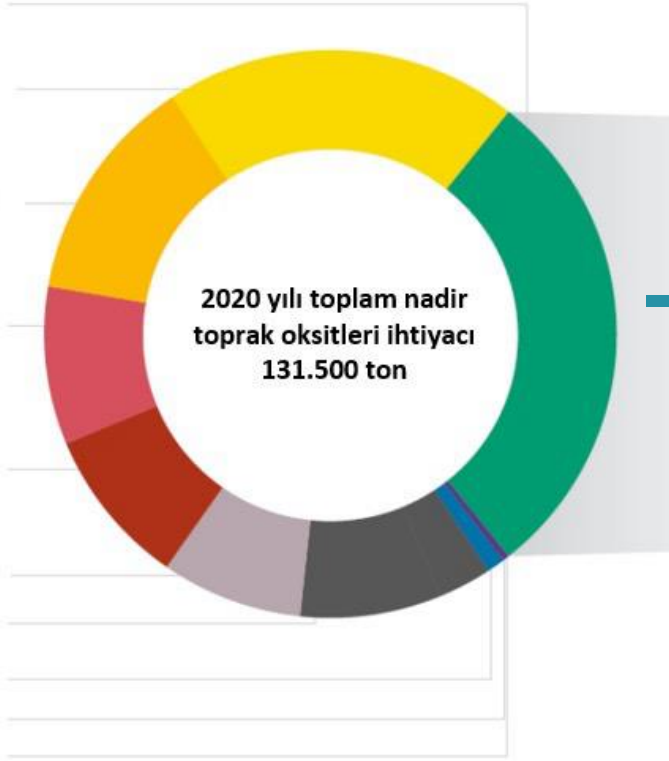
Piller (La, Ce) %8

Cam (La, Ce) %8

Seramik (Y, H) %3

Fosforlar %1

Pigmentler %0,4



5.8% Diğer tüketici elektronikleri

%4 Aktarma Organları (xEV)

%2,5 Rüzgar türbinleri

%2.25 Diğer otomotiv

%1.75 Klima

%1 Akustik dönüştürücüler

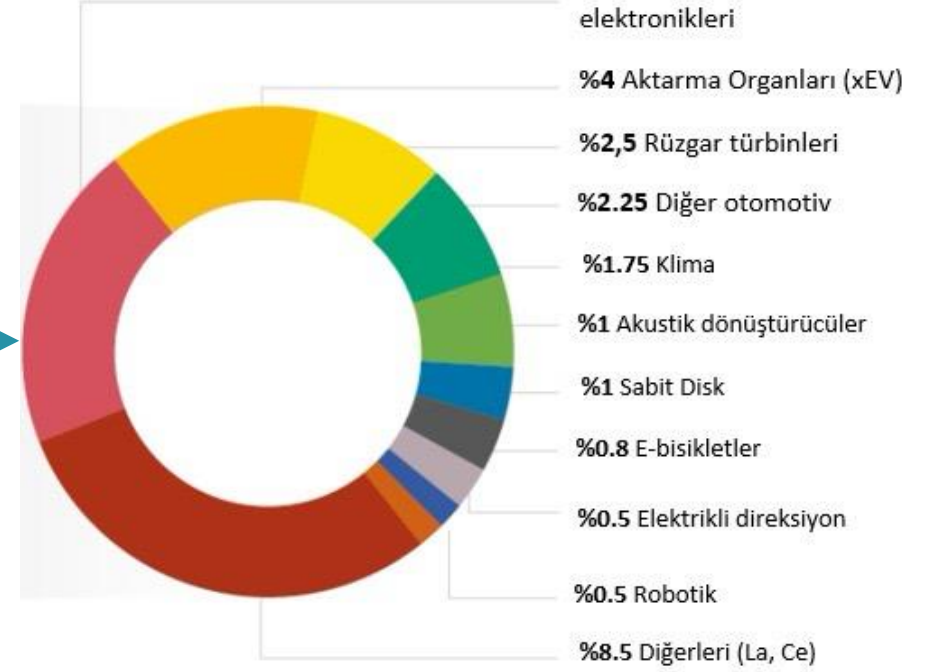
%1 Sabit Disk

%0.8 E-bisikletler

%0.5 Elektrikli direksiyon

%0.5 Robotik

%8.5 Diğerleri (La, Ce)



Nadir Toprak Talebi (2020) – %29'u mıknatıslar, bunların yaklaşık üçte biri enerji geçişiyle ilgili

3-Nadir Toprak Elementleri ile Aydınlatma ve Ekran Teknolojileri

Uygulamalar:

- Floresan ve LED Aydınlatma: Yüksek aydınlatma sistemleri sağlar.
- Ekran Teknolojileri: Akıllı telefonlar, televizyonlar ve bilgisayar ekranlarında

Avantajları:

- Enerji tüketimini azaltarak çevresel etkileri düşürür.
- Yüksek renk doğruluğu ve parlaklık



Kaynak: Gielen, D., & Lyons, M. (2022). Enerji dönüşümü için kritik malzemeler: Nadir toprak elementleri. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-437-0.

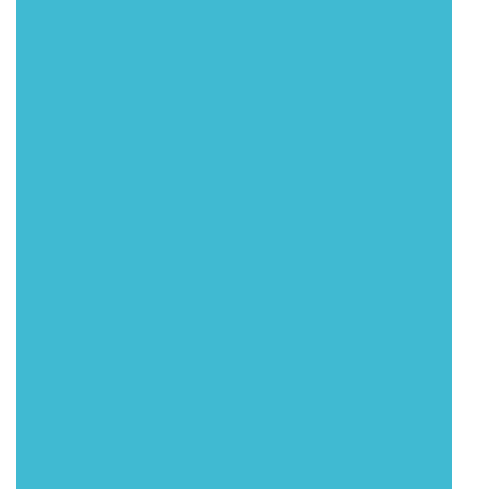
4-Nadir Toprak Elementleri ile Katalizör ve Kimyasal Süreçler

Uygulama Alanları:

- Petrol rafinelerinde ve araç katalizörlerinde kullanılır.
- Emisyon kontrolü sağlar.

Avantajları:

- Çevresel etkilerin azaltılması.
- Yakıt verimliliğinin artırılması.



5-Nadir Toprak Elementleri ile Savunma ve Uzay Teknolojileri

Uygulama Alanları:

- Radar ve sensör sistemleri.
- Uydu ve drone teknolojileri.

Avantajları:

- Yüksek hassasiyetli teknolojiler için kritik malzemeler sağlar.
- Gadolinyum (Gd) ve terbiyum (Tb), radar sistemlerinde doğru sinyal algılaması için yüksek kaliteli manyetik özellikler sağlar.



6-Nadir Toprak Elementleri ile Enerji Depolama ve Süperiletkenler

Uygulama Alanları:

- Hibrit ve elektrikli araç bataryaları.
- Yüksek verimli enerji iletimi.
- Sağlık sektöründe, güçlü manyetik alanlar yaratabilen süperiletkenler, tıbbi görüntüleme (MRI) ve kanser tedavisinde kullanılır.

Avantajları:

- Elektrik ve elektronik sektörlerinde daha dayanıklı çözümler sunar.
- Gelişmiş iletkenlik, daha hızlı ve verimli enerji iletimine olanak tanır.
- Süperiletkenler, düşük sıcaklıklarda elektriksel direnç sıfır olduğu için verimli enerji iletimi sağlar.

Kaynak: Gielen, D., & Lyons, M. (2022). Enerji dönüşümü için kritik malzemeler: Nadir toprak elementleri. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-437-0.

Sonuç ve Değerlendirme

- Modern teknolojinin birçok kritik alanında kullanılan nadir toprak elementleri, günümüz dünyasında ekonomik ve stratejik açıdan büyük bir öneme sahiptir.
- Elektrikli araçlar ve yenilenebilir enerji sistemleri gibi sektörlerdeki büyüme, nadir toprak elementlerinin stratejik önemini daha da artıracaktır.
- Nadir toprak elementlerinin madenciliği ve işlenmesi, çevresel zararlar ve toksik atık üretimi ile ilişkilidir. Bu sorunların çözümü için geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi kritik bir öneme sahiptir.
- Çin'in bu elementlerin üretim ve işlenmesindeki hâkimiyeti, alternatif tedarik kaynaklarının ve uluslararası iş birliğinin önemini artırmaktadır.
- Nadir toprak elementleri, teknolojik gelişim ve sürdürülebilirlik dengesinin sağlanmasında hayati bir rol oynamaktadır. Hem çevresel etkilerin azaltılması hem de gelecekteki teknolojilere uyum sağlamak için bu elementlerin sorumlu bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

**DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER...**