



T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI MÜSTEŞARLIĞI
YAYIN NO:DPT : 2412 – ÖİK: 473

MADENCİLİK
ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU
ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER ALT KOMİSYONU

NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ
ÇALIŞMA GRUBU RAPORU

AĞUSTOS 1995

ISBN 975 – 19 – 1161-3 (basılı nüsha)

Bu Çalışma Devlet Planlama Teşkilatının görüşlerini yansıtmaz. Sorumluluğu yazarına aittir. Yayın ve referans olarak kullanılması Devlet Planlama Teşkilatının iznini gerektirmez; İnternet adresi belirtilerek yayın ve referans olarak kullanılabilir. Bu e-kitap, <http://ekutup.dpt.gov.tr/> adresindedir.

Bu yayın 1000 adet basılmıştır. Elektronik olarak, 1 adet pdf dosyası üretilmiştir

ÖNSÖZ

Devlet Planlama Teşkilatı'nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında 540 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname, iktisadi ve sosyal sektörlerde uzmanlık alanları ile ilgili konularda bilgi toplamak, araştırma yapmak, tedbirler geliştirmek ve önerilerde bulunmak yolu ile Devlet Planlama Teşkilatı'na, Kalkınma Planı çalışmalarında yardımcı olmak, plan hazırlıklarına daha geniş çevrenin katkısını sağlamak ve ülkemizin bütün olanaklarını değerlendirmek üzere sürekli ve geçici özel ihtisas komisyonlarının kurulacağı hükmünü getirmektedir.

Başbakanlığın 1.4.1993 tarih ve 93/7 sayılı Genelgesi uyarınca kurulan Özel İhtisas Komisyonlarının hazırladığı raporlar, 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı hazırlık çalışmalarına ışık tutacak ve toplumun çeşitli kesimlerinin görüşlerini Plan metnine yansıtacaktır. Komisyonlar çalışmalarını, sözkonusu Başbakanlık Genelgesi, 29.9.1961 tarih ve 5/1722 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulmuş olan tüzük ve Teşkilatımız tarafından hazırlanan Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu genel çerçevelerini dikkate alarak yapmışlardır.

Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ile istikrar içinde büyümenin sağlanması, sanayileşmenin başarılması, uluslararası ticaretteki payımızın yükseltilmesi, piyasa ekonomisinin geliştirilmesi, ekonomide toplam verimliliğin artırılması, sanayi ve hizmetler ağırlıklı bir istihdam yapısına ulaşılması, işsizliğin azaltılması, sağlık hizmetlerinde kalitenin yükseltilmesi, sosyal güvenliğin yaygınlaştırılması, sonuç olarak refahın artırılması ve yaygınlaştırılması hedeflenmekte, yirmibirinci yüzyılda dünya ile bütünleşme amaçlanmaktadır.

Ülkemizi 2000'li yıllara taşıyacak ve önemli bir dönemi kapsayacak olan 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı çalışmalarına toplumun tüm kesimlerinin katkısı, özel ihtisas komisyonları kurularak sağlanmıştır. Planların demokratik katılımcı niteliğini güçlendiren Özel İhtisas Komisyonları çalışmalarının dünya ile bütünleşen bir Türkiye hedefini gerçekleştireceğine olan inancımla, konularında ülkemizin en yetkili kişileri olan Komisyon Başkan ve Üyelerine, çalışmalara yaptıkları katkıları nedeniyle teşekkür eder, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nın ülkemize hayırlı olmasını dilerim.



Necati ÖZFIRAT
Müsteşar

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	1
1. GİRİŞ	2
1.1. Tanım ve Sınıflandırma	2
1.2. Sektörde Faaliyet Gösteren Uluslararası Organizasyonlar	3
2. DÜNYADA MEVCUT DURUM	3
2.1. Rezervler	3
2.2. Tüketim	3
2.2.1. Tüketim Alanları	3
2.2.2. Tüketim Miktarı	5
2.3. Üretim	5
2.3.1. Üretim Yöntemi-Teknoloji	5
2.3.1.1. Bastnazit'den Nadir Toprak Elementleri Üretimi	6
2.3.1.2. Monazit ve Ksenotim'den Nadir Toprak Elementleri Üretimi	8
2.3.2. Ürün Standartları	9
2.3.3. Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar	10
2.3.4. Üretim Miktarları	11
2.3.5. Stok Durumu	11
2.4. Uluslararası Ticaret	11
2.4.1. Ticarete Etkin Olan Uluslararası Kuruluşlar	11
2.4.2. Ülkelere Göre Ticari Durum ve Fiatlar	12
2.4.2.1. Ülkelere Göre Dış Satım Durumu	12
2.4.2.2. Ülkelere göre dış alım durumu	13
2.4.2.3. Nadir Toprak Elementleri Ürünleri Fiyatları	15
3. TÜRKİYE'DE DURUM	17
3.1. Rezervler	17
3.2. Ticari Durum	18

4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ	20
4.1. Altıncı Plan Dönemindeki Gelişmeler	20
4.2. Sorunlar	21
4.3. Mevcut Durum ve Diğer Ülkelerle Kıyaslama	21
5. YEDİNCİ PLAN DÖNEMİNDE BEKLENEN GELİŞMELER	21
5.1. Projeksiyonlar	21
5.1.1. Talep Projeksiyonu	21
5.1.2. Üretim Projeksiyonu	21
5.1.3. İthalat Projeksiyonu	22
5.2. Yatırımlar	22
5.2.1. Planlanan Yatırımlar	22
6. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ	23
KAYNAKLAR DİZİNİ	24

MADENCİLİK ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU

Başkan	: Dr. M. Ziya GÖZLER	-	MTA GEN. MÜD.
Başkan Yrd	: Fuat KARAYAZICI	-	ENTES
	İsmet KASAPOĞLU	-	TÜRKİYE MADEN. DER.
Raportör	: A. Kemal İŞIKER	-	MTA GEN. MÜD.
Raportör Yrd	: Gönül ÇETİNEL	-	MTA GEN. MÜD.
Koordinatör	: Ergün YİĞİT	-	DPT

ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER ALT KOMİSYONU

Başkan	: Prof. Dr. Işık ÖZPEKER	-	İTÜ
Başkan Yrd.	: A. Taner İRKEÇ	-	MTA GEN. MÜD.
Raportör	: Dr. İsmail SEYHAN	-	MTA GEN. MÜD.
	: Ali İŞCAN	-	MTA GEN. MÜD.

NADİR TOPRAK ELEMETLERİ ÇALIŞMA GRUBU

Başkan	: Prof.Dr.Güven ÖNAL	-	İTÜ.
Başkan Yrd.	: Dr. İsmail KAYABALI	-	MTA GEN. MÜD.
Raportör	: Dr. Muhittin GÜNDÜZ	-	MTA GEN. MÜD.

KONU RAPORTÖRLERİ

Prof. Dr. M. Zeki DOĞAN	-	İTÜ
Prof. Dr. Bedri İPEKOĞLU	-	İÜ
Doç.Dr. M. Sezai KIRIKOĞLU	-	İTÜ
Dr. A. Ali SİRKECİ	-	İTÜ
Yük. Müh. Yusuf AÇIKGÖZ	-	ETİBANK GEN. MÜD.
Dr. Vecihi GÜRKAN	-	İTÜ

ÖZET

Atom numarası 57 olan lantan ile atom numarası 71 olan lutesyum arasında yer alan lantanidler nadir toprak elementleri olarak isimlendirilirler. Atom numarası 39 olan itriyum ile 21 olan skandiyum da nadir toprak elementlerinden sayılmaktadır. Elementer halde metalik özellikler gösteren nadir toprak elementleri doğada nabit halde bulunmazlar. Nadir toprak elementleri monazit ve ksenotim gibi fosfatlar ile bastnezit gibi karbonatlarda ekonomik oranda zenginleşirler. Ana yatakları alkali kayaç kompleksleri, karbonatitler ve plaserlere bağlıdır; ayrıca ikinci derecede pegmatitler ile çeşitli metamorfik kayaçların yapısında yer alırlar. Modern teknolojiye kullanım alanlarına göre seryum ve itriyum olmak üzere iki grupta toplanırlar. Oksitler, saf metaller ve alaşımlar halinde üretilip metalurji, petrol, seramik ve cam başta olmak üzere çeşitli endüstri dallarında tüketilirler.

Son yıllarda MTA Genel Müdürlüğüne etüdü tamamlanarak Etibank'a devredilen Eskişehir-Sivrihisar yakınlarındaki "Kompleks Cevher" (fluorit+barit+nadir toprak elementleri) sahası, ülkemizin olduğu gibi dünyanın da sayılı yatakları arasında yer almıştır. Çok düşük tenörlü toryum içeriğinden dolayı devletçe işletilecek madenler kapsamında tutulan söz konusu cevherleşmenin bünyesinde toryum minerali yoktur. Mevcut toryum, kompleks cevher içinde yer alan Bastnezit ve Monazit minerallerinde bulunmakta olup % 0.2 tenöre sahiptir. Bu nedenle, endüstriyel tenörün çok altında olan toryumun stratejik öneminden dolayı sektördeki madencilik etkilenmemelidir. Kaldı ki, dünyada toryuma dayalı atom reaktörleri de gelişmemiştir.

Sivrihisar sahası % 37,4 CaF_2 , % 31.6 BaSO_4 ve % 3.14 nadir toprak oksitleri (CeO_2 , La_2O_3 , Nd_2O_3) ortalama tenörleri olan 30.6 milyon ton rezerve sahiptir. Teknolojik olarak hiçbir sorunu olmayan kompleks cevherden gravimetrik, flotasyon ve hidrometalurjik yöntemlerle gerçekleştirilen cevher zenginleştirme testleri olumlu sonuç vermiş ve tüketim alanlarına uygun konsantreler elde edilebilmiştir.

Sektörde olumlu sonuçlanacak pazar araştırmalarını takiben yapılacak yatırımlar desteklenmelidir.

1. GİRİŞ

1.1. Tanım ve Sınıflandırma

Atom numarası 57 olan lantan ile atom numarası 71 olan lutesyum arasında yer alan ve 15 elementten oluşan lantanidler, nadir toprak elementleri olarak adlandırılmaktadır. Atom numarası 39 olan itriyum ile 21 olan skandiyum da nadir toprak elementlerinden sayılmaktadır. Nadir toprak elementleri (NTE) kullanım alanlarına göre iki grup altında toplanırlar Bunlardan ilki seryum, ikincisi ise itriyum grubudur. Bu gruplara göre elementlerin dağılımı Tablo 1'de gösterilmiştir.

Yerküre'de yüzden fazla mineral oluşturan nadir toprak elementlerinin günümüzde ekonomik öneme sahip yatak oluşturan mineralleri şunlardır:

Bastnazit [(Ce, La) CO ₃] F	%72	nadir toprak oksiti içerir.
Monazit (Ce,La,Nd,Th) PO ₄	%60-70	" " " "
Ksenotim Y PO ₄	%53-65	" " " "
Serit (Ca,Mg) ₂ Ce ₈ (SiO ₄) ₇ .3H ₂ O	%60-70	" " " "
Oyksenit (Y,Er,Ce,U,Pb,Ca)(Nb,Ta,Ti) ₂ (O.OH) ₆	%16-29	" " " "
Samarskit (Y,Er,Fe,Mn,Ca,U,Th,Zr)(Nb,Ta) ₂ (O.OH) ₆	%10-38	" " " "
Fergusonit (Y,Ce,U,Th,Ca)(Nb,Ta,Ti)O ₄	%31-44	" " " "

TABLO 1. Nadir toprak elementleri.

Seryum Grubu	Sembol	Atom Numarası
Lantan	La	57
Seryum	Ce	58
Praseodimiyum	Pr	59
Neodimiyum	Nd	60
Prometiyum	Pm	61
Samariyum	Sm	62
Europiyum	Eu	63
Gadolinyum	Gd	64
İtriyum Grubu	Sembol	Atom Numarası
İtriyum	Y	39
Terbiyum	Tb	65
Disprosiyum	Dy	66
Holmiyum	Ho	67
Erbiyum	Er	68
Tulyum	Tm	69
Ytterbiyum	Yb	70
Lutesyum	Lu	71

1.2. Sektörde Faaliyet Gösteren Uluslararası Organizasyonlar

Nadir toprak elementleri sektöründe bilimsel alanda bilinen bir tek uluslararası kuruluş bulunmaktadır.

BRITE/EVRAM Commissions of the European Communities DG XII c3, Rue de la Loi, 200-B1049 Bruxelles, Belgium.

2. DÜNYADA MEVCUT DURUM

2.1. Rezervler

Dünya'da bilinen yatakların Nadir toprak oksitleri olarak rezervleri Tablo 2'de verilmiştir

TABLO 2. Ülkelere Göre Nadir Toprak Elementlerinin Rezervleri [1, 2].

ÜLKE	REZERV (NTO) (bin ton)
Çin	43.000
U.S.S.R	19.000
A.B.D	13.000
Avustralya	5.200
Hindistan	1.100
Türkiye	950
Kanada	940
Brezilya	280
Malezya	30
Srilanka	12
Tayland	1
Zaire	1
Diğer Ülkeler	21.000
TOPLAM	104.500

2.2. Tüketim

2.2.1. Tüketim Alanları

Nadir toprak elementlerinin çeşitli şekillerde (metal, oksit, tuz) tüketildiği alanlar başlıca 4 grupta toplanabilir.

1. Seramik ve cam sanayii,
2. Metalurji sanayii,

3. Petrol katalizörü,

4. Diğerleri. Her gruptaki ayrıntılı kullanım alanları Tablo 3'de verilmiştir.

TABLO 3. Nadir toprak elementlerinin kullanım alanları

Kullanım Alanı	Karışık	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Y
METALURJİ															
Y.D. Çelik	x	x													
Paslanmaz Ç.	x	x													x
Diğer "	x	x													
K.B.D.Demiri	x		x												
K.Erime Özelliği	x		x												
Diğ.Alaşımalar (Mg,Al,Ti,Cu)	x	x	x		x										x
PETROL															
KATALİZÖRÜ															
Petrol Parç.	x	x	x	x	x	x		x		x				x	
Egz.Gz.Kont.	x		x												
Diğ.Katalitik Uy.	x	x	x		x	x		x		x			x		
SERAMİK															
Kaplama	x	x	x	x	x										x
Sırlama			x	x	x										x
Refrakter		x	x					x							x
CAM															
Parlaklık	x		x	x											
Optik cam		x						x							x
Renk açma		x	x	x	x	x					x	x			
Boyama			x	x								x			
Radyas. Kontrol		x	x	x											
Kaplama		x	x		x										
Fluoresans		x	x		x										
KALICI MIKN	x				x	x									
FOSFR.MAD.															
Katod ışını tüpü	x	x	x	x	x		x	x							x
x-Ray camları		x					x	x	x						
Floresans lamba			x				x								x
Lazerler					x			x			x	x	x		x
NÜKLR.KUL.						x	x	x		x					
DİĞERLERİ															
Mücevher															x
Tıp							x		x				x		
Güneş enerjisi												x			x
Mikro dalga cihaz.								x							x
Kim.Lazer		x													
Soğutucular								x							
Mikroskop camı		x													
Tekstil			x												

2.2.2. Tüketim Miktarı

Dünya nadir toprak tüketimi 1992 değerleri, kullanım alanları bazında Tablo 4'de verilmiştir [3].

TABLO 4. Nadir toprak oksitlerinin (NTO) kullanım yerine göre tüketim miktarları (ton).

Tüketim Alanı	Kuzey Amerika	Avrupa	Japonya	Çin	Diğerleri	Toplam (1992)	Tahmini Tüketim (2000)
Katalizör	3,945	3,235	510	2,120	1,040	10,850	12,500-14,00
Cam	2,210	2175	2,900	810	2,355	10,650	14,00-20,000
Metalurji	1,140	685	215	3,615	4,795	10,450	13,000-16,000
Mıknatıs	450	210	1,065	315	110	2,150	6,000-10,000
Seramik	330	455	865	125	75	18,50	500-2,500
Fosfor	170	325	350	300	155	1300	2,000-4,000
Diğerleri	90	95	65	965	35	1,250	1,000-3,000
TOPLAM	8,335	7,810	5,970	8,250	8,765	38,500	50,000-70,000

2.3. Üretim

2.3.1. Üretim Yöntemi-Teknoloji

Nadir toprak elementleri yer kabuğunda düşük konsantrasyonlarda geniş bir alana yayılmış durumdadırlar. 160'dan fazla mineralde bulunurlar ve ekonomik işlenebilir mineral sayısı 13'tür. Ancak dünya NTE* üretiminin % 95'i bastnazit, monazit ve ksenotim olmak üzere üç mineralden sağlanmaktadır.

Bastnazit ($(La,Ce)FeO_3$); % 66-77 arasında nadir toprak oksitleri içeren bir flor karbonat mineralidir. Hafif NTE grubu elementleri dışında, ağır NTE grubundan da elementler içerir ve daha çok damarlar halinde, kompleks karbonat silikat kayalarda disemine durumda bulunurlar. Bunun yanında kimyasal etkiler sonucu kolayca bozduklarından plaserlerde bulunmazlar. Dünyadaki en büyük bastnazit yatakları Çin'de, ikinci büyük yatak Kaliforniya'da yer almaktadır.

Monazit ($(La,Ce,Nd,Th) PO_4$); Nadir toprak elementleri içeren ağır bir fosfat minerali olup %20'ye varan ThO_2 içerir. Monazit kimyasal etkilere karşı gösterdiği direnç ve yüksek yoğunluğundan dolayı manyetit, ilmenit, rutil ve zirkon gibi ağır minerallerle birlikte sahil

* Nadir Toprak Elementleri

kumlarında bulunur ve çoğu hallerde bu minerallerin eldesinde yan ürün olarak üretilir. Dünya'da en fazla bulunduğu yerler, Hindistan, Avustralya, Güney Afrika, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya ve Çin'dir.

Ksenotim (YPO_4) bir itriyum fosfat mineralidir. İtiryumla birlikte ağır NTE'leri de içerir. Sahil kumlarında bulunur. En fazla bulunduğu yerler Malezya, Endonezya, Tayland, Avustralya ve Çin'dir.

Diğer NTE kaynakları, uranyum ve apatit madenciliğinin ve proseslerinin artıkları olmaktadır. İtiryum, skandiyum ve diğerleri yan ürün olarak üretilmektedir. Ayrıca boksitten alümina üretimi sırasında artık olarak elde edilen kırmızı çamur da skandiyum kaynağıdır. Yan ürünlerden NTE üretimi, toplam üretimde az bir yer işgal etmektedir.

Nadir toprak elementlerin üretimi sırasında, önce cevherdeki nadir toprak mineralleri fiziksel işlemlerle zenginleştirilerek konsantreler elde edilir. Zengin konsantreden asidik veya bazik özütlenme ile sağlanan NT klorürlerinin susuz olarak ergitilmiş halde elektrolizi ile tüm nadir toprak metallerin karışımı olan "Mischmetal" elde edilir.

NTE'nin ayrı ayrı saf olarak üretimlerinde ise; nadir toprak oksitleri iyon değiştiricilerle veya kademeli ekstraksiyonla birbirlerinden ayrılır. Saf NTO'ler metalik kalsiyumla nadir toprak metallerine indirgenirler. Samaryum ve europiyum oksitlerinden metalik lantan ve seryum, indirgenerek metal halinde elde edilebilir.

Dünya'da nadir toprak elementlerin üretiminde cevher tiplerine göre uygulanan yöntemler şunlardır:

2.3.1.1. Bastnazit'den NTE Üretimi

Bastnazitler, genellikle kalsit, barit, fluorit veya demir cevherleriyle kompleks halde bulunurlar. Açık ocak, sert kaya ve yüzey madenciliği ile çıkarılan cevherlerden bastnazitin ayrılması için flotasyon yöntemleri uygulanır. Uygulanan yöntemlerde bastnazitin kimyasal bileşimi ve birlikte bulunan minerallerin (kalsit, barit, fluorit) çeşitleri belirleyici rol oynar.

Bastnazitin flotasyon yöntemiyle kazanılması ABD, Çin ve Vietnam'da uygulanmaktadır.

ABD'de uygulanan yöntemde, %10 bastnazit (%7 NTO) içeren cevher önce % 80'i 100 meşin (150 mikron) altına geçecek şekilde öğütülür. 70-90 °C'de kondisyonlama yapıldıktan

sonra flotasyonla yaklaşık % 30 NTO[#] içeren kaba konsantre alınır. Kaba konsantrenin 4 kademe temizlenmesi sonucunda % 65-70 verimle % 63-65 NTO içeren konsantre elde edilir. Kurutulduktan sonra % 10'luk hidroklorik asitle liç edilen konsantrenin tenörü % 63-72 NTO'ya ulaşır. Liç edilmiş konsantrenin kalsine edilmesiyle % 90 NTO içeren nihai konsantre elde edilir. Flotasyon esnasında cevherin içerdiği barit ve florit'in ticari konsantreler halinde üretilmesi mümkündür.

Çin'de ortalama % 20 NT minerali içeren cevherden % 80 verimle % 60 NTO içeren konsantre üretilmektedir. Vietnam'da ise % 11 NTO içeren cevherden % 60 NTO içeren konsantre üretilmektedir. Daha sonra bu konsantreler kimyasal ve metalurjik işlemlere tabi tutulur.

Kalsine bastnazit % 30 HCl çözeltisi ile 32 °C'de liç işlemine tabi tutulur. Seryum oksit (CeO₂) asidik çözeltide çözünmeyerek liç artığında toplanır. Diğer NTO'leri ise HCl'de çözülerek sulu faza geçerler. Liç işlemini, 4 kademeli tikinerlerde yıkama ve filtrasyon işlemi takip etmektedir. Elde edilen liç artığı % 70 NTO içerir, bunun % 90'dan fazlası CeO₂ ve ThO₂'dir. 100 gr/l NTO içeren liç çözeltisinde NTE'leri klorürler şeklinde bulunurlar. Çözeltinin temizlenmesi için Soda (Na₂CO₃) ilavesiyle pH ayarlaması yapılır ve safsızlıklar çöktürülüp süzülür.

Çözeltideki NTE'leri birbirinden ayırmak için kısmi kristalizasyon, kısmi çöktürme, seçimli oksidasyon veya redükleme, iyon değiştirme gibi yöntemler uygulanmakta ise de, son zamanlarda solvent ekstraksiyonu ile ayırma işlemi büyük ölçüde uygulanmaktadır. NTE'lerin çok sayıda olması ve özelliklerinin son derece birbirlerine benzer olması nedeniyle ayırma oldukça zor olup, ancak çok aşamalı bir solvent ekstraksiyonu ile mümkün olabilmektedir. Bu işlem için 700 ile 1000 aşamalı solvent ekstraksiyon devreleri kullanılmaktadır. Solvent ekstraksiyonunda, nitratlı ortamlarda TBP, klorlu ortamlarda DEHPA organik reaktifleri, gaz yağı veya benzeri bir çözücü ile karıştırıldıktan sonra kullanılmaktadır. Ekstraksiyon işlemi, aside dayanıklı PVC ve epoksi fiber camla kaplı mikser setlerde yapılmaktadır. Ayırma işleminden sonra NTE'ler organik fazdan hidroksit, karbonat veya oksalat şeklinde çöktürülerek, ayrılmaktadır. Çöktürülen bileşiklerden NTE'lerin element şeklinde elde edilmeleri için indirgeme işlemi uygulanır. İndirgeme işlemi, klorür, florür, oksit ve oksiflorür karışımı tuzların ergimiş halde elektroliz işlemine tabi tutulmasıdır; metalik kalsiyum veya magnezyumla yapılır. Çok saf rafine metal üretimi için de vakum altında ergitme, elektroliz ve zon-rafınasyonu işlemleri uygulanır.

Nadir Toprak Oksitleri

Bastnazit minerallerinden NTE üretimi için kullanılan başka bir yöntem de; sülfatlayıcı kavurma ve su liçidir. Bu yöntemde, öğütülen cevher %98'lik H_2SO_4 ile karıştırılarak $200\text{ }^{\circ}C$ 'de ısıtılır. Bu ısıtma sırasında nadir toprak metalleri, sülfatlarına dönüşür. Dönüşümü tamamlamak için sıcaklık $900\text{ }^{\circ}C$ 'ye çıkarılır ve bu sırada CO_2 , HF ve SF_4 açığa çıkar. Pişirme ve kalsinasyon işleminden sonra nadir toprak metal sülfatları soğuk su ile liç edilerek sıvı faza alınır. Ayırma işleminden sonra çözelti 50 gr/l NTE içerir. Daha sonra liç çözeltisine Na_2SO_4 ilavesiyle Sodyum Lantonon sülfat çöktürülür ve bu çift tuz NaOH ile reaksiyona sokularak hidroksite dönüştürülür. Prosesin son aşamasında ise HCl'de çözünen hidroksitten, fosfat nötralizasyon yoluyla uzaklaştırılarak, arıtılmış nadir toprak metal klorürleri çözeltisi elde edilir. Çözeltiden metal üretimi için solvent ekstraksiyon ve indirgeme işlemlerinin uygulandığı yöntemin avantajı, baryum ve kalsiyumun büyük bir kısmını elimine etmesidir. Fakat kalsinasyon gerektirmesi ve bu işlem sırasında HF çıkışı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Çin'de gerçekleştirilen bir uygulamada % 30 NTO tenörlü bastnazit ön konsantresi sıcak H_2SO_4 ile işleme sokulduktan sonra $500-600\text{ }^{\circ}C$ 'da kalsine edilmekte ve oluşan nadir metal sülfatları su ile liç edilerek sıvı faza alınıp, katı-sıvı ayırımını takiben sodyum sülfat ilavesiyle sodyum-nadir toprak metal çift tuzu çözdürülmekte ve amonyum klorür (NH_4Cl) ile nadir metal klorürlerine dönüştürüldükten sonra solvent ekstraksiyonu yapılmaktadır. Bastnazit cevherlerine uygulanan diğer bir yöntem de sodyum hidroksit NaOH ile kavurmadır. Burada cevherdeki florür NaF 'e, nadir toprak metalleri de hidroksit ($Ln(OH)_3$) şekline dönüştürülmektedir. Daha sonra su liçi ile $Ln(OH)_3$ ve reaksiyona girmeyen barit ($BaSO_4$) suda çözünen florürden ayrılmakta, ve flotasyon ile $BaSO_4$ - $Ln(OH)_3$ ayırımı gerçekleştirilmektedir.

Yukarıda belirtilen uygulamalardan başka, % 30 NTO içeren bastnazit konsantresinin kok, hurda demir ve silika ile karıştırılarak daldırma elektrodlu bir ark fırınında $1600\text{ }^{\circ}C$ 'de ergitilmesi ile % 30 NTE-Si-Fe içeren nadir metal silis alaşımı, % 60 verimle elde edilmektedir. Bu alaşım çelik yapımında kükürt kontrolü için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

2.3.1.2. Monazit ve Ksenotim'den NTE Üretimi

Monazit ve Ksenotim genellikle yüzey metodları ile alüvyal veya sahil kumları yataklarından çıkarılır. Çoğunlukla ilmenit, zirkon ve rutil'in kazanılması sırasında bir yan ürün olarak üretilirler. Monazit/Ksenotim ve ağır mineralleri yantaştan ayırmak için; eleme, spiraller ve Reichert konileri gibi boyut sınıflandırması ve gravite metodları uygulanarak %1'den %20'ye kadar monazit içeren kaba konsantreler üretilir. Daha yüksek dereceli konsantreler, gravite, elektromagnetik ve elektrostatik ayırma teknikleri veya bazı durumlarda flotasyon

uygulanarak elde edilir. Monazit ve ksenotim konsantresine daha sonra alkali veya asit özümledirilmesi prosesleri uygulanır. % 70'lik sıcak sodyum hidroksit çözeltisinin kullanıldığı alkali proseslerde, NTE'leri ve Toryum çözünmeyen hidroksitler halinde çöktürülerek filtrasyonla ayrılır. Katı fazın asit liçi uygulanarak çözündürülmesinden sonra toryum ortamdan pH ayarlamasıyla çöktürülerek veya solvent ekstraksiyonu ile ayrılır. Geriye kalan nadir toprak çözeltilerine solvent ekstraksiyonu ve diğer kendine özgü metodlarla saflaştırma veya ayrıştırma işlemi uygulanır.

Asit liçi prosesinde, monazit/ksenotim konsantreleri sıcak derişik H_2SO_4 ile özümledirilerek nadir toprak ve toryum sülfatları oluşur. Suda çözünen bu sülfatlar, filtrasyonla katı safsızlıklardan arındırıldıktan sonra Toryum pirofosfatlarla çöktürülerek ayrılır. Geriye kalan nadir toprak elementlerine solvent ekstraksiyonu işlemi uygulanır.

Uygulanan kimyasal proseslerin son safhası, nadir toprak elementlerinin kullanılma amacına bağlıdır. Nadir toprak klorürleri genelde nadir toprak alaşımli magnetlerin yapımında kullanmak üzere elektrolitik indirgemeyle metalik duruma dönüştürürler. Nadir toprak florür ve oksitleri de, elektrolitik ve termik indirgemeyle metal üretiminde kullanılırlar. Nadir toprak halojenürleri, sulu nadir toprak çözeltilerinin oksit veya karbonat komplekslerine dönüştürülmesinden sonra uygun halojen asidi ile rekasyonu sonucunda oluşurlar. Nadir toprak oksitler, nadir toprak fazlarının 1000 °C'nin üzerinde kalsine edilmesiyle elde edilirler.

2.3.2. Ürün Standartları

Pazarlanabilir kalitedeki nadir toprak konsantrelerinin özellikleri aşağıda verilmiştir.

- BASTNAZİT

Flotasyon Konsantresi	Min. %60 NTO
Liç Konsantresi	Min. %70 NTO
Kalsinasyon Konsantresi	Min. %85 NTO

-MONAZİT

Monazit Konsantresi	%55-65 NTO
---------------------	------------

- KSENOTİM

Ön Konsantre	%25-30 Y_2O_3
Liç Konsantresi	%60 Y_2O_3

2.3.3. Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar

Nadir toprak üretiminde önde gelen kuruluşlar ülke bazında aşağıda verilmiştir [4].

- Molycorp (ABD)
- Davison Specialty Chemical Division (ABD)
- Ronson Metal Corp. (ABD)
- Reactive Metals Alloys Corp (Remacor) (ABD)
- Nucor-Owned Research Chemicals Division (ABD)
- Rhone- Poulenc (Fransa)
- Can-Pasific and Gazkou Corp. Joint Venture (Çin'de kurulu Kanada firması)
- China National Nonferrous Metals Corp. (CNNC), Ministry of Metallurgical Industry (MMI) ve China National Minerals Import-Export Corp (Minmetals) kontrolündeki başlıca kuruluşlar (Çin)

Baotou Stell Corp.	Diannon Rare Earths
Kansu Rare Earths	Nouchong " "
Harbin Refinery	Shanghai Factory
Jiugiong Metal	Taojiang Rare Earths
Jiugnon Rare Earths	Zhugiaug Refining
Tiovgsi " "	

- Shin-Etsu Chemical Co. Ltd. (Japonya)
- Dower Rare Earth Co.Ltd, (Japonya)
- Nippon Rare Earths (Sumitoma Metal Mining Cu, Japon ve Rhone. Poulenc ortaklığı)
- Mitsubishi Chemicals Industries Ltd. (Japonya)
- London and Scandinavian Metallurgical Co. Ltd. (LSM), (İngiltere)
- Rare Earth Products (İngiltere)
- A/S Megon (Norveç)
- Treibacher Chemische Worke AG, (Avusturya)
- Indian Rare Earths Ltd., (Hindistan)
- Kerale Minerals and Metals Ltd., (Hindistan)
- Uranium Corp. (Hindistan)
- MMC Marketing Sdn Bhd, (Malezya)
- Kinta Kellas Tin Dredging Co Ltd (Malezya)
- Beh Minerals Sdn Bhd (Malezya)

2.3.4. Üretim Miktarları

TABLO 5. Nadir toprak metalleri üretim miktarları (ton) [2, 5].

Ülkeler	1989	1990	1991	1992 (Tahmini)
A.B.D.	20,787	22,713	16,468	16,000
Avustralya	7,150	6,050	3,850	4,000
Brezilya	1,900	1,100	1,100	1,100
Güney Afrika Cum.	660	724	715	-
Kanada	100	-	-	-
Çin	25,220	16,480	16,150	16,000
Hindistan	2,365	1,925	2,750	2,500
Malezya	1,646	1,828	1,050	1,000
Srilanka	110	110	110	110
Tayland	365	358	360	400
U.S.S.R	8,500	8,500	8,500	8,500
Zaire	96	68	65	70
Diğer Ülkeler	-	-	2,600	2,100
Dünya Toplamı	68,800	59,856	53,718	51,770

2.3.5. Stok Durumu

İstatistiki verilerden ülkelerin pek fazla stok yapmadıkları anlaşılmaktadır. sadece 1991 yılı istatistiklerine göre A.B.D' nin 457 ton, Çin'in ise 23800 ton oksit olarak nadir toprak stokları bulunduğu ortaya çıkmıştır [2, 5].

2.4. ULUSLARARASI TİCARET

2.4.1. Ticarete Etkin Olan Uluslararası Kuruluşlar

* Molycorp Inc: A.B.D ve dünyanın en önde gelen bastnazit ve nadir toprak üreticisidir. Mountain Pass'da tesisi bulunmaktadır.

* Rhone-Poulenc: Fransız firmasıdır. Fransa'da La Rochelle ve Amerika'da Teksas Freeport'ta tesisi vardır. Bu tesislerde, genellikle monazit ve ksenotim, kısmende bastnazit konsantreleri işlenerek mischmetal üretimine uygun nadir toprak oksitleri, ayrı ayrı oksitler ve seryum esaslı ürünler elde edilmektedir.

* Can-Pasific and Ganzhou Corp. Joint Venture: Can-Pac (Canadian-Pasific Rare Earths and Metal Corp.) Çin'de metal ve mineral saflaştırma, pazarlama ve ticari projeleri geliştirmek için kurulmuştur. Ganzhou Metallurgical Corp. 5 ayrı madenden gelen cevherleri

işleyen tesisin sahibidir. İki kuruluşun ortaklaşa oluşturduğu "Ganja Rare Earths" üretim, ihraç ve pazarlama faaliyetlerinde bulunmaktadır.

* China National Nonferrous Metals Corp. (CNNC), Ministry of Metallurgical Industry (MMI) ve China National Minerals Import-Export Corp. (Minmetals): Çin'deki nadir toprak madenciliği, prosesi ve ihracatını kontrol etmektedir. Başlıca işletmeciler ve üretici kuruluşlar: Baotou Steel Corp, Kansu Rare Earths, Harbin Refinery, Jiujiang Metal, Jiangnan Rare Earths, Jiangsi Rare Earths, Diannan Rare Earths, Nanchang Rare Earths, Shanghai Factory, Taojiang Rare Earths, Zhujiang Refining'dir.

*Shin-Etsu Chemical Co. Ltd., Dower Rare Earth Co, Ltd., Nippon Rare Earths (Sumitoma Metal Mining Co., Japon ile Rhone-Poulenc ortaklığı): Mitsubishi Chemicals Industries Ltd. başlıca Japon firmalarıdır. Japon kuruluşları ham cevher ve konsantre ithal ederek saf ürünler üretmektedir [4].

2.4.2. Ülkelere Göre Ticari Durum ve Fiyatlar

2.4.2.1. Ülkelere Göre Dış Satım Durumu

TABLO 6. Dünya nadir toprak ürünlerinin ülkelere göre dış satımı (ton) [7].

ÜLKE	1985	1986	1987	1988	1989
İNGİLTERE					
Seryum Bileşikleri	---	337	351	582	607
Diğer NT Bileşikleri	---	---	59	86	70
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	13	10	6	121	54
Metaller	57	40	64	28	100
FRANSA					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	111	102	124	98	124
Metaller	81	59	131	30	1
ALMANYA					
Seryum Bileşikleri	183	150	201	223(c)	210(c)
Diğer NT Bileşikleri	9	13	13	---	---
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	61	78	85	94	131
Metaller	34	18	14	6	12
İTALYA					
Metaller	39	14	138	780	---
AVUSTURYA					
Seryum Bileşikleri	---	---	---	576	522
Diğer NT Bileşikleri	---	---	---	1740	1059
Metaller	712	391	351	430	358
SOVYET RUSYA					

Tablo 6'nın devamı.

NT Bileşikleri (a)	900	1,000	400	1,000	950
Metaller (a)	100	40	---	200	300
ABD					
Cevher ve Konsantreler	7,712	6,140	4,534	7,360	---
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	26	35	82	36	35
BREZİLYA					
Seryum Bileşikleri	0	---	523	780	799
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar (a)	182	307	324	260	198
Metaller (a)	233	89	103	107	187
ÇİN					
NT Bileşimleri (a)	5,200	4,300	6,000	7,400	6,300
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	150	400	300	200	200
Metaller (a)	10	90	250	420	520
HONG KONG					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar (b)	103	131	140	112	97
JAPONYA					
Seryum Bileşikleri	---	---	---	482	903
Diğer NT Bileşikleri	---	---	---	322	165
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	30	20	25	---	---
MALEZYA					
Cevher ve Konsantreler	2,365	738	1,024	173	---
TAYLAND					
Cevher ve Konsantreler	1,350	1,306	428	165	541
AVUSTRALYA					
Cevher ve Konsantreler	18,024	14,100	10,491	10,000	20,000

Not: Burada NT İtiryum ve Skandiyum içermektedir.

a) Belirli ülkelere yapılan bilinen ithalat değerleri esas alınmıştır.

b) Re-export

2.4.2.2. Ükelere göre dış alım durumu

TABLO 7. Dünya nadir toprak ürünlerinin ülkelere göre dış alımı (ton) [7].

ÜLKE	1985	1986	1987	1988	1989
İNGİLTERE					
Seryum Bileşikleri	---	222	240	655	355
Diğer NT Bileşikleri	---	---	884	215	169
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	23	3	4	111	364
Metaller	88	61	57	54	77
BELÇİKA-LÜKSENBURG					
Seryum Bileşikleri	75	127	127	92	249
Diğer NT Bileşikleri	15	17	12	3	41
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	26	6	8	49	26
Metaller	64	54	32	54	45
DANİMARKA					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	1	12	15	16	9
FRANSA					
Seryum Bileşikleri	946	962	167	661	356

Tablo 7'nin devamı.

Diğer NT Bileşikleri	2,103	1,360	1,798	3,012	2,599
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	76	118	62	57	37
Metaller	235	203	188	228	291
ALMANYA					
Seryum Bileşikleri	1,036	1,034	1,133	1,246	1,131
Diğer NT Bileşikleri	816	710	851	1,611	1,503
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	13	10	17	23	45
Metaller	107	113	138	143	117
İTALYA					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	10	5	8	29	---
Metaller	16	64	67	70	---
HOLLANDA					
Seryum Bileşikleri	2,106	1,215	1,382	351	112
Diğer NT Bileşikleri	1,588	1,639	1,389	1,000	2,902
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	21	16	11	25	29
Metaller	11	28	14	1	4
İSPANYA					
NT Bileşikleri	270	247	272	280	248
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	40	43	47	48	46
Metaller	11	43	14	12	17
AVUSTURYA					
Seryum Bileşikleri	---	---	---	1,510	1,531
Diğer NT Bileşikleri	---	---	---	179	121
Metaller	147	88	2	111	245
NORVEÇ					
NT Bileşikleri	---	---	---	56	70
Metaller	---	---	---	282	257
İSVİÇRE					
Metaller	5	1	1	---	3
YUGOSLAVYA					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	---	---	---	53	31
Metaller	---	---	---	66	61
KANADA					
Seryum Bileşikleri	---	---	---	201	276
Diğer NT Bileşikleri	---	---	---	240	168
ABD					
Cevher ve Konsantreler	5,694	2,960	1,122	1,924	774
Seryum Bileşikleri	7	300	209	695	251
Diğer NT Bileşikleri	202	294	313	234	9,295
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	113	94	96	108	84
Metaller	237	68	186	198	294
ARJANTİN					
Seryum Bileşikleri	27	40	38	65	---
Diğer NT Bileşikleri	2	2	3	2	---
Metaller	7	2	1	2	---
BREZİLYA					
Seryum Bileşikleri	182	156	247	262	---
Diğer NT Bileşikleri	20	11	14	14	---

Tablo 7'nin devamı.

HONG KONG					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	143	183	217	178	170
ENDONEZYA					
NT Bileşikleri	18	4	58	21	27
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	42	76	22	17	107
JAPONYA					
Seryum Bileşikleri	149	411	260	3,089	3,620
Diğer NT Bileşikleri	9,829	8,176	8,674	11,406	8,192
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	31	29	52	468	337
Metaller	59	132	278	468	337
GÜNEY KORE					
Seryum Bileşikleri	67	74	158	2,300	621
Diğer NT Bileşikleri	217	17	25	249	54
MALEZYA					
Cevher ve Konsantreler	2,476	385	878	62	143
SİNGAPUR					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	36	87	75	41	---
TAYVAN					
Metaller	32	62	34	31	2
TAYLAND					
Ferro-Seryum ve Diğer Piroforik Alaşımlar	84	92	75	19	---

Not: Burada nadir topraklar (NT) itriyum ve skandiyum içermektedir.

2.4.2.3. NTE Ürünleri Fiyatları

TABLO 8. Ürün Çeşidine Göre Son Beş Yıllık Fiyatlar [8].

ÜRÜN	1989	1990	1991	1992	1993
BASTNAZİT					
% 60 NTO \$/kg	2.76	2.87	2.87	*VY	VY
% 70 NTO \$/kg	2.66	2.66	2.66	2.66	
MONAZİT					
% 55-65 NTO A\$/t	780-880	800-900	650-700	300-350	300-350
KSENOTİM					
% 60 Y ₂ O ₃ \$/kg	32-33	32-33	32-33	32-33	8
(Meksika FOB)					
% 99.99 Y ₂ O ₃ \$/kg	VY	VY	115.89	VY	15-20

* VY: Veri yok

TABLO 9. ABD Molycorp Firmasının Nadir Toprak Oksit Fiyatları (1991)

ÜRÜN	Safılık Derecesi %	Fiyat \$/kg
Seryum	99.00	19.31
Disprosiyum	96.00	132.45
Erbiyum	98.00	143.48
Europiyum	99.99	1644.60
Gadolinyum	99.99	143.48
Lantanilyum	99.99	19.31
Neodimiyum	96.00	14.90
Neodimiyum	99.60	88.30
Praseodimiyum	96.00	37.08
Samariyum	96.00	121.41
Terbiyum	99.90	827.81
İtriyum	99.90	115.89

TABLO 10. ABD Malycorp Firmasının Nadir Toprak Bileşikleri Fiyatları (1991)

ÜRÜN	Safılık Derecesi %	Fiyat \$/kg
Seryum Karbonat	99.00	11.25
Seryum Fluorit	Teknik Safılıkta	6.62
Seryum Nitrat	96.00	5.18
Lantanit Klorit	46.00	2.76
Lantanyum Karbonat	99.99	13.02
Lantanyum Lantanit Karbonat	60.00	5.40
Lantanyum Lantanit Klorit	46.00	2.31
Lantanyum Lantanit Nitrat	39.00	3.86
Neodimiyum Karbonat	96.00	9.93

TABLO 11. Fransız Rhone-Poulence Firmasının Nadir Toprak Oksit Fiyatları

ÜRÜN	Safılık Derecesi %	Fiyat 1991	\$/kg 1993
Seryum	99.50	20.85	25.00
Disprosiyum	95.00	100.00	----
Erbiyum	96.00	175.000	---
Europiyum	99.99	1400.00	850.00
Gadolinyum	99.99	118.00	65.00
Holmiyum	99.90	485.00	---
Lantanyum	99.99	45.00	---
Neodmiyum	95.00	17.90	10.00
Proseodimiyum	96.00	32.00	---
Samariyum	96.00	100.00	50.00
Terbiyum	99.90	620.00	400.00
Tuliyum	99.90	3300.00	---
İterbiyum	99.00	220.00	---
İtriyum	99.99	90.00	---

3. TÜRKİYE'DE DURUM

3.1. Rezervler

MTA Genel Müdürlüğünün 1959 yılından beri Eskişehir ili Sivrihisar ilçesinin 40 km. kuzeybatısındaki Kızılcaören, Karkın ve Okçu köyleri arasındaki 15 kilometre karelik bir alan da önceleri toryum sonra florit, barit ve nadir toprak elementleri konusunda yaptığı çalışmalarda ortalama %0.212 ThO₂, %37.44 CaF₂, %31.04 BaSO₄ ve % 3.14 nadir toprak oksit içeren 30,350,000 ton kompleks cevherin görünür ve muhtemel rezervi bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda 1940 m sondaj, 627 m galeri, 12800 m³ yarma ve 438 adet numune analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmalar 0-50 m derinliği kapsamaktadır. Ancak 400 m derinliğe kadar sintilometre ile yapılan çalışmalarda anomaliler tespit edilmiştir. Rezervin daha fazla olabileceği belirtilmektedir [1].

Kompleks cevher içerisinde nadir toprak elementleri, bastnazit ve daha az olarak da monazit bulunmaktadır. MTA tarafından fluorit, barit ve nadir toprak elementlerin kazanılması amacıyla yapılan laboratuvar deneylerinden olumlu sonuçlar alınmıştır [4].

22 Aralık 1988 tarihinde Türk hükümeti adına Devlet Planlama Teşkilatı ve Maden Tetkik Arama Genel müdürlüğü, İtalyan hükümeti adına İtalya Ankara Büyükelçiliği ve SNIA Techint Firması arasında Nadir Toprak Elementlerinin değerlendirilmesi ile ilgili protokol imzalanmıştır. SNIA Techint sahada jeolojik çalışmalar yapmış, alınan numuneler üzerinde kimyasal ve mineralojik analizler ile teknolojik testler uygulanmış ve kısmen olumlu sonuçlar elde etmiştir. Ayrıca MTA laboratuvarlarında yapılan çalışmalar sonucunda ise, yüksek verimle tüketim alanlarına uygun konsantrelerin elde edildiği belirtilmektedir [4].

Cevher sahası toryum içeriği nedeniyle 2840 sayılı Devletçe İşletilecek Madenler Hakkındaki Kanun kapsamında MTA Genel Müdürlüğü tarafından 15.2.1990 tarihinde Etibank Genel Müdürlüğü'ne devredilmiştir.

Etibank sahanın devrini müteakip nadir ve soy metaller etüdü ana başlığında 1991-1995 arası devam edecek bir etüd yatırım programına başlamış, bu program bünyesinde Şubat 1990'da ruhsat sahasının İşletme projesini, Aralık 1991'de önfizibilite etüd'ünü hazırlamıştır. Buna ek olarak, ODTÜ ile işbirliğine giderek "NTE zenginleştirilmesi ve metalurjik yönden kazanılması" kapsamlı bir çalışma yaptırmıştır.

Eskişehir-Sivrihisar sahasından başka Malatya Sofular yöresinde alkali siyenitler içerisinde pegmatitik oluşumlu bir nadir toprak yatağı bulunmaktadır. Bu yataktan yapılan az miktardaki üretimin, ihrac edildiği belirtilmektedir.

3.2. Ticari Durum

1989-93 yılları arasında Türkiye'nin yapmış olduğu nadir toprak elementleri ve ürünleri ihracat-ithalat durumu Tablo 12 ve 13'de gösterilmiştir [9].

TABLO 12. Türkiye'nin yıllara göre yaptığı N.T.E. ürünleri ihracatı.

ÜRÜN	1989		1990		1991		1992		1993	
	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)
N.T.M bileşikleri (Y, Sc vb)	0	0	227,060	79,084	8,500	4,185	500	900	0	0

TABLO 13. Türkiye'nin yıllara göre yaptığı N.T.E. ürünleri ithalatı.

ÜRÜN	1989		1990		1991		1992		1993	
	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)	Miktar (kg)	Değer(\$)
N.T.M bileşikleri (Y, Sc vb)	125,906	544,855	230,066	952,777	86,538	497,647	123,728	682,964	125,293	697,229
N.T.M., Sc, Y	0	0	111	6,188	122	1,825	111	1425	69,705	110,405

4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Altıncı Plan Dönemindeki Gelişmeler

Ülkemizde bilinen en büyük Nadir Toprak Metalleri Yatağı, 1959 yılından itibaren Fransız-Türk Jeologları tarafından ortaklaşa yürütülen prospeksiyon çalışmaları sonucunda bulunan Eskişehir-Sivrihisar yatağıdır. Bu yatak üzerinde yapılan çalışmalara altıncı plan döneminde de devam edilmiş, 22 Aralık 1988 tarihinde Türk Hükümeti adına Devlet Planlama Teşkilatı ve Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, İtalya Hükümeti adına İtalya Ankara Büyükelçiliği ve SNIA Techint firması arasında nadir toprak elementlerin değerlendirilmesi ile ilgili imzalanan protokolde aşağıdaki çalışmaların yapılması öngörülmüştür.

1. Nadir toprak element zonlarında jeolojik inceleme yapılması ve alınan numunelerin analizi.
2. Florit, barit ve nadir toprak elementlerini ayırmak için laboratuvar testleri,
3. Nadir Toprak elementlerini ayırmak için laboratuvar testleri.

İtalyan SNIA TECHINT/RIMIN/GEOEXPERT Konsorsiyumu sahada jeolojik etüdümler yapmış, aldığı numunelerde optik ve kimyasal analizlerle laboratuvar deneyleri yapıp bu sonuçlarla bir ön fizibilite raporu hazırlayıp sunmuştur. Bu ön fizibilite etüdünün sonucu dikkate alınarak Etibank tarafından bir basın bülteni hazırlanıp 6 adet uluslararası basın kuruluşuna gönderilmiş ve bunların bir kısmı da yayınlanmıştır. Bu yayınların sonucu olarak projeye ilgi duyduklarını belirten kuruluşlarla temaslar başlatılmıştır. Konu ile ilgili daha detaylı bilgi vermek amacıyla hazırlanan not isteyen firmalara gönderilmiştir.

Saha MTA uhdesinde iken teknolojik testleri gerçekleştiren İtalyan Konsorsiyumuna dahil firmalardan RIMIN 03.08.1992 tarihinde Kızılcaören Yatağının Ekonomik Geliştirilmesi ile ilgili pilot testler yapabileceklerine ilişkin bir teklif göndermiştir. İtalyan konsorsiyumu ile yapılan son görüşmeler neticesinde, Etibank'a metalurjik üretim kısmını da içeren bir teklif verecekleri ve İtalyan Hükümeti'nden hibe ve düşük faizli kredi bulmak için girişimde bulunacakları belirtilmiştir.

Kurulacak nadir toprak elementleri pilot tesisinde kullanılmak üzere, Çayeli bakır İşletmelerinde atıl durumda bulunan pilot tesis ekipmanları, Kasım 1992 yılında Etibank'ça satın alınarak, Etibank 100. yıl Gümüş İşletmesi'ne nakledilmiştir.

Etibank Genel Müdürlüğü ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi arasında Beylikahır Nadir Toprak Elementlerinin Zenginleştirilmesi ve Metalurjik Yönden Kazanılması projesi sözleşmesi yapılmış ve bu proje ile ilgili çalışmalar tamamlanarak bir rapor haline getirilip Etibank'a sunulmuştur. Ayrıca MTA Genel Müdürlüğüne Teknolojik Araştırmalar Projesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalara ait raporlar arşivlerde yer almaktadır.

Nadir toprak elementleri ile ilgili Çin Halk Cumhuriyeti'nin daveti üzerine 1993 yılında Etibank'dan 5 kişilik bir teknik heyet incelemeler yapmak üzere bu ülkeye gitmiştir.

4.2. Sorunlar

NTE'nin üretimi, teknolojik yönden patentlidir. Element bazında oldukça düşük miktarlarda üretim vardır. Ayrıca kullanım alanları yüksek teknolojinin uygulandığı alanlardır. Türkiye'de kurulması planlanan pilot tesis ile birlikte pazar araştırmasının da iyi yapılması gerekmektedir.

4.3. Mevcut Durum ve Diğer Ülkelerle Kıyaslama

Ülkemizde henüz üretim olmadığından diğer ülkelerle kıyaslama yapmamız pek olanak dahilinde olmamasına rağmen olarak Dünya rezervinin önemli bir kısmının ülkemizde olduğu görülmektedir.

5. YEDİNCİ PLAN DÖNEMİNDE BEKLENEN GELİŞMELER

5.1. Projeksiyonlar

5.1.1. Talep Projeksiyonu

Türkiye'deki NTE'nin tüketim alanları hakkında kesin veriler bulunmadığından sağlıklı talep projeksiyonu yapılamamaktadır.

5.1.2. Üretim Projeksiyonu

Nadir toprak elementleri konusunda, 5 ton/saat tüvenan cevher işleyebilecek pilot tesis kurulması yönünde çalışmalar devam etmektedir. Bu dönem içinde bu proje realize edilebilecektir.

5.1.3. İthalat Projeksiyonu

Türkiye'nin tüketimi bu alanda tamamen ithalatla karşılanmaktadır. Fakat istatistiki kaynaklara intikal eden bilgilerde ithalat miktarının çok düşük görülmesinden dolayı sağlıklı projeksiyon yapmak oldukça zordur.

5.2. Yatırımlar

5.2.1. Planlanan Yatırımlar

5 ton/saat tüvenan cevher işleyebilecek bir pilot tesis kurulması için yaklaşık 2.5 milyon \$'lık yatırım planlanmaktadır. Proje, Eskişehir-Sivrihisar sahasındaki nadir toprak elementleri potansiyelinin, değerlendirilerek cevher zenginleştirme işlemlerine tabi tutulması, ardından bu konsantrenin metalurjik olarak kazanılmasını kapsamaktadır.

Saat'te 5 ton tüvenan cevher işleyerek günde 1 ton % 40 tenörlü nadir toprak oksitlerinin eldesi liç ünitesinden 0.4 t/gün yüksek tenörlü karışık nadir toprak oksitlerinin kazanımı ve son olarak ayırıştırma ünitesinden 0.2 t/gün seryumdioksit ve 70 kg yüksek saflıkta nadir toprak oksit ve metallerinin eldesi planlanmaktadır.

6. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Nadir toprak elementleri günümüzde yüksek teknoloji gerektiren birçok endüstriyel ürünlerin yapısına girmekte ve bu bakımdan kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Örneğin, metalurji sanayisinde çeliğin dayanımı ve ısı kararlılığını artırmada, seramik ve cam sanayisinde yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemelerin üretiminde önemli bir yere sahiptirler. Sabit mıknatıslarda, renkli televizyon ve X-ışını tüplerinde, floresans lambalarında ve daha birçok alanda, nadir toprak oksitlerinin karışımı veya en az %90 saflıkta element olarak, günlük hayatımıza girmişlerdir. İleri teknoloji malzeme ve ürünlerinde nadir topraklara olan talebin giderek artmasının bir sonucu olarak, 2000'li yıllarda nadir toprakların tüketiminde hızlı bir artış beklenmektedir.

Yakın gelecekte ileri teknolojinin en önemli unsurlarından biri haline gelecek olan nadir toprak metalleri ile ilgili olarak Türkiye'nin gerekli yatırımları yapması ve diğer ülkelerle rekabet edebilecek duruma gelebilmesi zorunludur. Bunun için :

- 1- Nadir toprak elementlerini içeren yatakların aramalarına hız verilmelidir.
- 2- Bulunan yataklardaki cevherlerin zenginleştirilmesi ile metal oksit veya metal üretimi teknolojilerinin geliştirilmesi yönündeki araştırmalara ve pilot ölçekli tesislerin kurulmasına destek verilmelidir.
- 3- Nadir toprak oksit ve metallerinin nihai kullanım alanları ve ileri teknolojide kullanımları yönünde yapılacak araştırmalar desteklenmelidir.
- 4- Nadir toprak metallerinin üretimi ve zenginleştirilmesi ile ilgili yatırımlar desteklenmelidir.
- 5- Türkiye, Avrupa'ya yakın ve nadir toprak elementleri bakımından büyük potansiyele sahip bir ülkedir. Bunu zamanında ve en iyi şartlarda değerlendirmek büyük önem arz etmektedir. Zira teknoloji geliştikçe bugün kıymetli olan hammaddeler yerine kullanılacak ucuz hammaddeler keşfedilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1]- Kayabalı, İ., 1986, "Kızılcaören köyü (Sivrihisar-Eskişehir) civarındaki kompleks cevher (Fluorit+Barit+NTE) yatağına ait Maden Jeolojisi Sonuç Raporu, MTA Der. No. 7998, Ankara.
- [-]- Kayabalı, İ. ve Baybörü, R., 1985, "Türkiye Fluorit Potansiyeli ve Beylikahır Yatağının Önemi", MTA 50. Yıl Simpozyumu Bildirileri, s. 152-162, Ankara.
- [2]- Minerals Commodity Summaries 1993.
- [3]- Industrial Minerals, July 1993, p.47.
- [4]- Gündüz, M., 1992, Eskişehir-Sivrihisar Kompleks Cevherinden Fluorit-Barit ve Nadir Toprak Oksitlerinin Kazanılması : H.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [5]- Minerals Years Book 1991, p.1233.
- [6]- Industrial Minerals, July 1983, p.44-45.
- [7]- World Min. Statistics, 1985-1989, p. 228.
- [8]- Industrial Minerals,December 1989-1993.
- [9]- Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı 1989-1993 İthalat-İhracat Listeleri.