



MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Dünyada ve Türkiye’de Fosfat

Hazırlayan

Dr. Gonca EROĞLU

Jeoloji Yüksek Mühendisi

Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı

2023

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Özellikler	2
1.2. Fosfatın Tarihçesi	3
1.3. Fosfat Madeninin Kullanım Alanları	4
2. FOSFAT YATAKLARININ OLUŞUMU	6
2.1. Endojen Fosfat Yatakları	6
2.2. Eksojen Fosfat Yatakları.....	6
2.2.1. Sedimanter (Tortul) Fosfat Yatakları	6
2.2.2. Guano (Kuş dışkıları) Fosfat Yatakları	7
3. FOSFAT REZERV ve KAYNAK DURUMU	8
3.1. Dünya Rezervleri ve Kaynakları.....	8
3.2. Türkiye Rezervleri ve Kaynakları.....	10
4. FOSFAT ÜRETİM DURUMU	12
4.1. Dünyada Üretim Miktarı.....	12
4.2. Türkiye’de Üretim Miktarı	14
4.3. Dünyada Üretim Yapan Şirketler.....	16
4.4. Türkiye’de Üretim Yapan Şirketler	17
4.5. Uluslararası Birlikler (Kuruluşlar).....	18
5. FOSFAT ÜRETİM YÖNTEMLERİ	19
6. FOSFAT TİCARETİ	21
6.1. Pazar/Piyasa ve Fiyat Durumu.....	21
6.2. Dünyada İthalat ve İhracat.....	22
6.3. Türkiye’de İthalat ve İhracat.....	26
7. ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ	28
8. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	30
KAYNAKLAR	32

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Dünya Fosfat Kayası Rezervleri (USGS, 2023) [1]	9
Tablo 2. Dünya Fosfat Üretim Miktarları (USGS, 2023) [1]	13
Tablo 3. Ticari Fosfat ve Ürünleri ile GTİP Numaraları [14]	23
Tablo 4. Tabii Kalsiyum Fosfatlar (251010) Dünya İhracat Değerleri [14]	24
Tablo 5. Tabii Kalsiyum Fosfatlar (251010) Dünya İthalat Değerleri [14]	25
Tablo 6. 2022 Yılı Türkiye Fosfat Ticareti İhracat ve İthalat Değerleri [15].....	27
Tablo 7. 2022 Yılı Fosfat İthalatı Yapılan Ülkeler (2510 GTİP) [15]	27

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Fosfat Kayası Örneği [2]	1
Şekil 2. Fosfatlı Gübre Ürünleri [7]	4
Şekil 3. Magmatik Fosfat Kaya (Apatit) Örnekleri [8]	6
Şekil 4. Sedimanter Fosfat Kaya Örnekleri [9]	7
Şekil 5. Guano Tipi Fosfat Oluşumları [10]	7
Şekil 6. Dünya Fosfat Kayası Rezervi % Dağılım Grafiği.....	9
Şekil 7. Türkiye Fosfat Yatakları Haritası (MTA, 2023) [11].....	11
Şekil 8. 2022 Yılı Dünya Fosfat Üretim Miktarları % Grafiği.....	12
Şekil 9. Mardin-Mazıdağı Fosfat Zenginleştirme Tesisleri [12]	15
Şekil 10. Fosfat Zenginleştirme İşlemi Genel Akış Şeması [7]	19
Şekil 11. Yıllara Göre Fosfat Kayası Fiyat Grafiği (\$/ton) [13]	22
Şekil 12. Fosfat Dünya İhracat Payı Grafiği (2022 Yılı).....	24
Şekil 13. Fosfat Dünya İthalat Payı Grafiği (2022 Yılı)	26

1. GİRİŞ

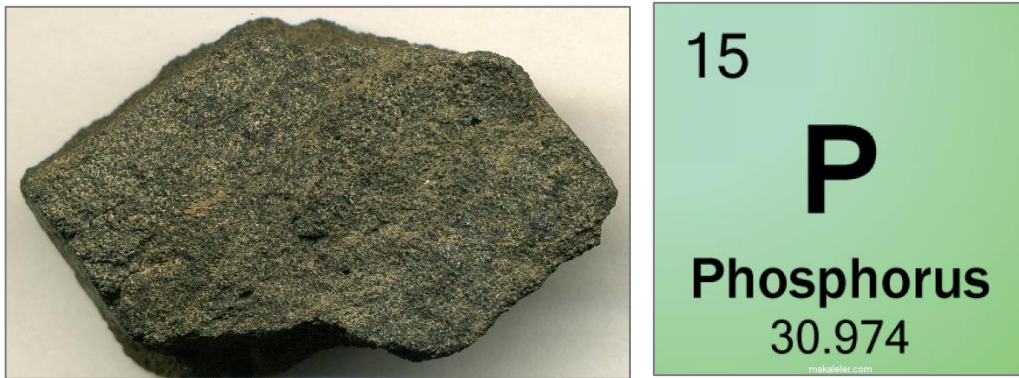
Fosfat, bitkilerin büyüme ve gelişme için ihtiyaç duyduğu çok temel bir element olan fosforun doğal kaynağıdır. Bu nedenle fosfor ve fosfat yaşam için hayati öneme sahiptir.

Dünyada en çok çıkarılan dördüncü mineral olan fosfat, Avrupa Birliğinin kritik hammaddeler grubunda yer alan önemli bir madendir. Gübre sanayisinin ana hammaddelerinden birisidir. Dünyada üretilen fosfatın %90'ı gübre sektöründe geri kalanı yem ve gıda ile deterjan sanayisinde kullanılır. Modern tarımda özellikle fosfatlı gübrelerin önemi çok büyüktür. Dünya nüfusunun sürekli artışı, doğru orantılı olarak tarım endüstrisini artırdığı için fosfat aynı zamanda stratejik bir hammaddedir ve her geçen gün daha çok talep görmektedir.

Dünyanın en büyük fosfat rezervleri Fas'ta bulunmaktadır. Fas, küresel fosfat rezervlerinin neredeyse yüzde 70'ine sahiptir. Dünya fosfat üretiminde lideri olan Çin 2022 yılında yaklaşık 85 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir [1].

Ülkemiz endüstriyel hammaddelerin büyük çoğunluğunda kendi ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli rezervlere sahiptir. Ancak, bazı hammaddeler ithalat yoluyla karşılanmaktadır ki bunların arasında fosfatlar da bulunmaktadır. Ülkemizde fosfat rezervi Mardin-Mazıdağı yöresindeki sahalarda yer almaktadır. Yurtiçi gübre üretiminde kullanılan fosfatın bir kısmı mevcut rezervlerimizden sağlanabilmektedir.

Fosfat kayasının kalitesi ve kimyasal bileşimi fiyatını önemli ölçüde etkiler. Fosfat içeriğinin konsantrasyonu, safsızlıklar ve kirletici maddelerin varlığı mineralin değerini belirler. Yüksek fosfat içeriğine ve düşük safsızlıklara sahip olan fosfat kayası üstün gübre özelliklerinden dolayı daha yüksek fiyata sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1. Fosfat Kayası Örneği [2]

1.1. Genel Özellikler

Fosfat; kimyasal formülü PO_4^{-3} olan, dört oksijen (O) atomuna bağlı bir fosfor (P) atomundan oluşan, üç eksi yük taşıyan, fosforik asidi (H_3PO_4) meydana getiren bir katyon köküdür. Fosfat bileşikleriy sodyum, kalsiyum, potasyum ve alüminyum gibi bir veya daha fazla elemente sahip olabilir.

Fosfatın ana maddesini oluşturan fosfor elementinin sembolü P, atom numarası 15, atom ağırlığı 30.97'dir ve periyodik tablonun 5. grubunda bulunmaktadır. Fosfor oksijene olan kimyasal yakınlığının yüksek olması nedeniyle litofil bir elementtir. Fosfor; karbon (C), hidrojen (H), azot (N) ve oksijen (O) gibi, canlı organizmalar için biyolojik öneme sahip temel elementlerden birisidir [2].

Formül	PO_4^{-3}
Yoğunluğu	1,83 g/cm ³
Renk	Açık gri, kahverengi ve siyaha kadar değişkenlik gösterir
Sertliği	5 (Mohs)

Fosfat doğada serbest halde bulunmaz; fosforik asidin tuzu veya esterleri halinde rastlanır. Kimyasal olarak değişik bileşik kümeleri oluşturan çok fazla çeşidi vardır. Bunlardan kalsiyum fosfat genellikle besin takviyeleri ve gübre yapımında kullanılır. Yer kabuğunda fosfat içeren minerallerin sayısı 300'den fazladır. Yüksek miktarda fosfat mineralleri içeren kayaçlar ticari olarak "fosfat kayası" olarak adlandırılır. Fosfat kayaları fosforun en önemli küresel kaynaklarıdır. Fosfat kayası terimi daha çok ticari amaç için kullanılır ve içeriğindeki P_2O_5 yüzdesine göre sınıflandırılır. İşlenmemiş fosfat kayası kütlece %1,7-8,7 fosfor konsantrasyonuna sahiptir (%4-20 P_2O_5). Dünya genelinde P_2O_5 içeriği %20 ve üzerinde olan fosfat kayaları ekonomik olarak kabul edilir ve üretim için kullanılır.

Dünya fosfat kayası üretiminin %50'si fosforik aside, ufak bir bölümü ise elementer fosfora dönüştürülmektedir. Fosforik asit, amonyakla muamele edilerek yüksek kaliteli gübre üretilmektedir. Dünya üzerinde birçok kullanma alanı mevcut olan ve gün geçtikçe ehemmiyeti biraz daha artan fosfat cevherlerinin kullanım alanlarının başında %90'lık bir oranla gübre sanayi ve gübre sanayinde kullanımına yönelik olarak ise fosforik asit üretimi gelmektedir [3-4].

Fosfat yataklarının oluşumu sedimanter kökenli veya magmatik kökenli olabilir. Sedimanter oluşumlu, zengin fosfat içeren ekonomik değeri olan kireçtaşları ve çamurtaşları “fosforit” olarak isimlendirilir. Magmatik kökenli ekonomik değere sahip olan en önemli fosfat minerali ise “apatit” olarak bilinir. Bu mineral bileşiminde flor, klor, karbonat ve hidroksil içermesine göre çeşitlenir. Bunlar; flor apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$), klor apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$), karbonat apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3, \text{OH})_3(\text{F}, \text{OH})$) ve hidroksi apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) olarak adlandırılır.

Dünyanın en büyük fosfat yatakları Fas'ta bulunur. Mısır, Cezayir, Çin ve ABD büyük miktarda ticari rezerve sahip olan diğer ülkelerdir. USGS Ocak 2023 yılı raporu verilerine göre; tüm dünyada ekonomik olarak işletilebilir fosfat kayası rezervi yaklaşık 72 milyar tondur. Söz konusu rapora göre ülkemizde güncel olarak 50 milyon ton fosfat kaya rezervi mevcuttur. Dünya fosfat üretimi 2022 yılında toplam 220 milyon ton olmuştur. Üretim lideri olan Çin 85 milyon ton fosfat üretimi gerçekleştirmiştir [1].

1.2. Fosfatın Tarihçesi

İlk ticari fosfat 1847'de İngiltere'de el metodu ile üretilmiştir. 1868'de ABD'de büyük ölçekli fosfat madenciliği Güney Carolina kıyılarında yapılmıştır. 1890'larda Florida'nın merkezinde bulunan fosfat kaya yatakların madenciliğine başlanmıştır. O zamandan bu yana ABD'de ihtiyaç olan fosfatının çoğunu Florida bölgesi sağlamaktadır.

Kuzey Afrika'da 1873'de Fransızlar tarafından fosfat rezervleri keşfedilmiştir. Fas, Cezayir ve Tunus'ta 1900'lü yılların başından itibaren fosfat üretimine başlanmıştır [5].

Peru ve Şili'de bulunan Guano fosfatlarının ilk üretimi ve Avrupa'ya ihracatı 1841'de gerçekleşmiştir. Almanya 1864'de apatit üretmeye başlamış ve üretim 1880'de 50 bin tona ulaşmıştır. 20. yüzyılın başlarında talebin çok artması nedeniyle ABD Florida'daki fosfat yatakları üretime açılmıştır. Halen dünya fosfat ticaretinde ABD önemli rol oynamaktadır.

1.3. Fosfat Madeninin Kullanım Alanları

Fosfatın kullanım alanları genel olarak şunlardır;

- Gübreler
- Yem ve gıda katkı maddeleri
- Sanayi
- Diğer endüstriler

Fosfatın %90'ı gübre üretiminde kullanılmakta olup kalan %10'luk bölümü ise yem, gıda, deterjan, boya, metalürji ve ilaç gibi çeşitli endüstri dallarında kullanılmaktadır. Bunların haricinde fosfatın madencilik sektöründe sondaj çamurunda topraklanmayı önleyici madde olarak kullanımı mevcuttur. Ayrıca fosfat son yıllarda elektrikli araç endüstrisinde giderek daha fazla aranan bir batarya malzemesi haline gelmektedir.

Gübre sanayinde kullanım için fosfat cevheri fosforik asite dönüştürülmektedir. Üretim sürecinde; bir ton fosforik asit elde etmek için yaklaşık üç ton tüvenan fosfat cevheri kullanılmaktadır. Gübre fabrikalarında fosfat; diamonyum fosfat (DAP), monoamonyum fosfat (MAP) ve üçlü süper fosfat (TSP) ürünleri yapımında ana hammadde olarak kullanılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Fosfatlı Gübre Ürünleri [7]

Hayvan yemi üretiminde başlıca monokalsiyum fosfat (MCP) ve dikalsiyum fosfat (DCP) bileşikleri kullanılır. Fosfatlı yemler hayvanlarda kemik gücünü ve doğurganlığı artırıcı özelliğe sahiptir. Gıda üretiminde yaygın olarak fosfat asitlik düzenleyici, emülgatör ve koruyucu katkı maddesi olarak kullanılır.

Fosfat bileşikleri temizlik ürünlerinde özellikle deterjanlarda ve su arıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. Endüstriyel alanlarda en çok kullanılan fosfat tuzu çeşitleri;

- Alüminyum fosfat
- Kalsiyum fosfat
- Potasyum fosfat
- Magnezyum fosfat
- Sodyum fosfat

Alüminyum fosfat çimento, seramik, cam ve ilaç sanayinde yaygın olarak kullanılır. Yem sanayiinde kullanılan kalsiyum fosfat eritilmiş, çöktürülmüş ya da tepkimeye uğratılmış beyaz toz şeklinde bileşiktir. Potasyum fosfat ise hücrelerin veya organların fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için ilaç sanayiinde kullanılır. Magnezyum fosfat, şeffaf ve kristalize bir yapıda olup, suda çözülme özelliğine sahiptir. Sodyum fosfat ise deterjan ve tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır.

2. FOSFAT YATAKLARININ OLUŞUMU

Fosfat yatakları oluşum şekillerine göre; endojen ve eksojen yataklar olmak üzere iki ana gruba ayrılır;

2.1. Endojen Fosfat Yatakları

Endojen fosfat yatakları magmatik kökenli oluşumlardır. Magmadan oluşan kayaçların hemen hepsinde fosfat içeriği mevcuttur. Özellikle alkali magmatik kayaçlarda bu miktar daha fazladır. Magmatik kayaçlarda fosfatın en önemli kaynağı apatit mineralidir ki bunlar tali mineral olarak da çoğu magmatik kayaçlarda bulunur (Şekil 3). Dünyada işletilmekte olan fosfat yataklarının yaklaşık %20'si magmatik kökenlidir.



Şekil 3. Magmatik Fosfat Kaya (Apatit) Örnekleri [8]

2.2. Eksojen Fosfat Yatakları

Eksojen fosfat yatakları; denizel sedimanter fosfat yatakları ve guano fosfat yatakları olarak ikiye ayrılır.

2.2.1. Sedimanter (Tortul) Fosfat Yatakları

Denizlerin sığ kesiminde 30-300 m arasında değişen derinliklerde, fizikokimyasal koşulların fosfat çökelimine uygun olduğu ortamlarda, seçici çökelme ile sinjenetik olarak oluşurlar. Genel olarak fosforit adı verilen sığ denizel kökenli bu oluşumlar oolitik yumrular ya da ince taneli çamurtaşlarında tabakalar halinde bulunurlar.

Dünya genelinde ekonomik olarak işletilmekte olan büyük fosfat yataklarının %80'i denizel sedimanter kökenli oluşumlardır (Şekil 4). Kireçtaşları ve çamurtaşları fosfat içeren en yaygın tortul kayaçlardır ki onlara genellikle çörtler, dolomitler ve kumtaşları eşlik eder.

ABD, Fas, Tunus, Cezayir, Mısır, Ürdün, İsrail, Rusya ve Türkiye'de bulunan fosfat yataklarının çoğu sedimanter tip oluşumlardır.



Şekil 4. Sedimanter Fosfat Kaya Örnekleri [9]

2.2.2. Guano (Kuş dışkıları) Fosfat Yatakları

Okyanus çevresindeki adalarda ve kıyılarda yaşayan deniz kuşlarının ve yarasaların dışkılarının ve kemiklerinin birikmesi ile oluşmuş yığınlardır (Şekil 5). Zengin fosfat içeren bu kalın dışkı yığınlarının zamanla sertleşmesi sonucunda “guano” adı verilen fosfatlı kayalar oluşur. Guanolar fosforik asit üretimi için iyi bir hammadde kaynağı oluştururlar. Dünya ölçeğinde bu tip oluşumlar çok az miktardadır. Peru’da işletilmekte olan guano yatakları %11-15 P_2O_5 içermektedir.



Şekil 5. Guano Tipi Fosfat Oluşumları [10]

3. FOSFAT REZERV ve KAYNAK DURUMU

3.1. Dünya Rezervleri ve Kaynakları

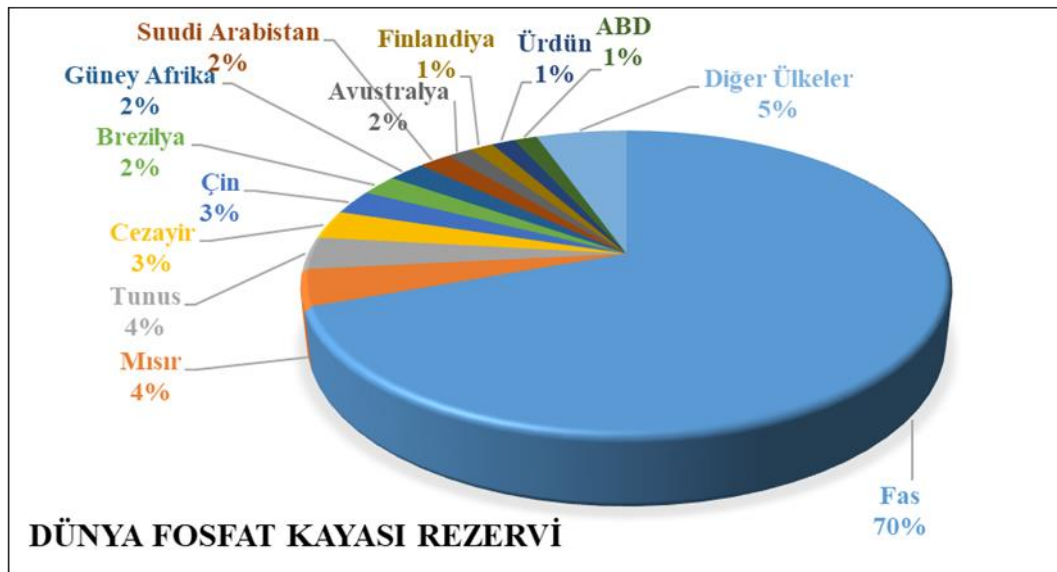
ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumunun (USGS) Ocak 2023 tarihli Maden Emtia Özetleri raporuna göre; dünya fosfat kayası kaynakları 300 milyar tondan daha fazladır ve yakın gelecekte hammadde kıtlığı ihtimali yoktur [1].

Ekonomik olarak işletilebilir dünya fosfat kaya rezervi toplam 72 milyar ton civarındadır. En büyük fosfat kaya rezervleri Fas'ta bulunur. Fas yaklaşık 50 milyar ton fosfat kayası rezervi ile toplam dünya rezervlerinin %70'ine sahiptir (Şekil 6). Fas'ın ardından sıralamada; Mısır (2,8 milyar ton), Tunus (2,5 milyar ton), Cezayir (2,2 milyar ton), Çin (1,9 milyar ton), Brezilya (1,6 milyar ton), Güney Afrika (1,6 milyar ton), Suudi Arabistan (1,4 milyar ton), Avustralya (1,1 milyar ton), Finlandiya (1 milyar ton), Ürdün (1 milyar ton) ve ABD (1 milyar ton) yer alır.

Önemli miktarda fosfat kaya rezervine sahip diğer ülkeler ise; Rusya (600 milyon ton), Kazakistan (260 milyon ton), Peru (210 milyon ton), İsrail (60 milyon ton), Türkiye (50 milyon ton), Senegal (50 milyon ton), Hindistan (46 milyon ton), Meksika (30 milyon ton), Vietnam (30 milyon ton) ve Togo (30 milyon ton)'dur (Tablo 1).

Tablo 1. Dünya Fosfat Kayası Rezervleri (USGS, 2023) [1]

ÜLKELER	REZERV (Ton)
Fas	50.000.000.000
Mısır	2.800.000.000
Tunus	2.500.000.000
Cezayir	2.200.000.000
Çin	1.900.000.000
Brezilya	1.600.000.000
Güney Afrika	1.600.000.000
Suudi Arabistan	1.400.000.000
Avustralya	1.100.000.000
Finlandiya	1.000.000.000
Ürdün	1.000.000.000
ABD	1.000.000.000
Rusya	600.000.000
Kazakistan	260.000.000
Peru	210.000.000
İsrail	60.000.000
Türkiye	50.000.000
Senegal	50.000.000
Hindistan	46.000.000
Meksika	30.000.000
Vietnam	30.000.000
Togo	30.000.000
Diğer Ülkeler	2.600.000.000
Toplam	72.000.000.000



Şekil 6. Dünya Fosfat Kayası Rezervi % Dağılım Grafiği

3.2. Türkiye Rezervleri ve Kaynakları

Ülkemiz birçok endüstriyel hammadde bakımından kendine yeterli bir ülke konumundadır. Ancak bazı hammaddeler ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Bunların başında fosfatlar, kaolin ve kaolinli killer gelmektedir. Fosfat, ülkemizde rezervleri yetersiz olan minerallerden (fosfat, kükürt, grafit, kil grubu, mika grubu, talk, arsenik) birisidir. Mevcut olan fosfat yataklarımız genellikle düşük tenörlü ve küçük rezervlidir [4].

USGS Ocak 2023 tarihli raporun verilerine göre; Türkiye’de güncel olarak işletilebilir nitelikte toplam 50 milyon ton fosfat kaya rezervi mevcuttur. MTA tarafından yapılan fosfat aramaları 1960’lı yıllarda başlamıştır. Bu çalışmalarda hemen hepsi Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde olan fosfat yataklarımız tespit edilmiştir. Özellikle Mardin-Mazıdağı, Bitlis ve Bingöl ile Aşağı Fırat bölgesi olmak üzere üç ayrı alanda detaylı çalışmalar yapılmıştır (Şekil 7).

Mardin-Mazıdağı Bölgesi: Mardin Mazıdağı yöresi Türkiye’nin en önemli fosfat rezervi sahasıdır. Bölgede MTA tarafından 70’li yıllarda yapılan detay etütler sonucunda potansiyel rezervin toplam 75 milyon ton olduğu 4 önemli fosfat yatağı (Kasrık, Şemikan, Taşıt ve Akras sahası) tespit edilmiştir [3].

Kasrık ve Şemikan sahalalarında; açık ve kapalı işletmeye uygun, ortalama %15-21 P_2O_5 tenörlü, işletilebilir nitelikte, sedimanter tip yataklar olduğu belirlenmiştir. Bu sahalarda Etibank tarafından kurulan tesisler 1978-1993 yılları arasında işletilmiş konsantre fosfat üretimi yapılmıştır. Tesisler 1994 yılındaki ekonomik kriz nedeniyle kapatılmıştır. Mazıdağı Tesislerinde killi, silisli ve oolitik ham fosfatlar %30'a kadar zenginleştirilebilmiştir. Tesisler özelleştirme sonucunda 2014 yılında Cengiz Holding’e devredilmiş ve Eti Bakır A.Ş. adı altında gübre fabrikası olarak 2018 yılında tekrar üretime başlamıştır. Mazıdağı Fosfat Tesisleri halen yıllık 550 bin ton üzerinde fosfat kayası üretim kapasitesi ile faaliyetlerine devam etmektedir [6].

Taşıt fosfat sahasında; %8-15 P_2O_5 içeren, düşük tenörlü kil-karbonat gangli rezerv tespit edilmiştir. Ancak bu yatağın üretim maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle işletilmesi ekonomik görülmemiştir.

Akras fosfat sahası; glokoni tip olup %8-15 P_2O_5 içermektedir, demir ve alüminyum oksitlerce zengin fosfat potansiyeli bulunmaktadır. Zenginleştirmeye uygun olmayan bu fosfatlar öğütülerek asidik karakterli topraklarda doğrudan gübre olarak kullanılabilmiştir. Ancak örtü kalınlığının fazla olması nedeniyle ekonomik değildir.

Bitlis ve Bingöl Bölgesi: Bu bölgedeki fosfat oluşumları Bitlis Masifi'nin metamorfik kayaları içerisinde apatit-manyetit cevherleşmeleri şeklinde gözlenmektedir. MTA tarafından 1974-1985 yılları arasında Bitlis-Ünaldı apatitli-manyetit yatağında yapılan detay çalışmalar sonucunda %2,5-4,4 P₂O₅ ve %15-15,6 Fe₂O₃ içerikli cevher olduğu saptanmıştır.

Bingöl-Genç-Avnik yöresi apatitli-manyetit yataklarında da 1979-1983 yılları arasında fosfat ve demir aramaları yürütülmüştür. Bölgede %0,6-12,96 P₂O₅ ve %0,2-52,54 Fe₂O₃ içerikli rezerv saptanmıştır. Gerek fosfat gerekse demir açısından tenör düşük olduğundan tek ürün üretimi ekonomik olmamaktadır. Dolayısıyla bu yataklarda demir ve fosfat cevherinin birlikte işletilmesi gerekmektedir.

Aşağı Fırat Bölgesi: Hatay-Yayladağ, Adıyaman-Besni ve Çelikhan, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa-Bozova yörelerinde glokonit tip sedimanter fosfat yataklarında %3-13 P₂O₅ içerikli rezervler bulunmaktadır. Adıyaman-Çelikhan'da %2,01 P₂O₅ ve %28,5 Fe₂O₃ içeren apatitli-manyetit rezervi tespit edilmiştir. Kilis'deki düşük tenörlü fosfat yatağı geçmiş yıllarda özel sektör tarafından bir süre işletilmiş, elde edilen fosfat öğütülerek kullanılmıştır. Bu tip fosfatlar zenginleştirilemediğinden öğütüldükten sonra, asit karakterli topraklarda doğrudan gübre olarak kullanılabilir [3].



Şekil 7. Türkiye Fosfat Yatakları Haritası (MTA, 2023) [11]

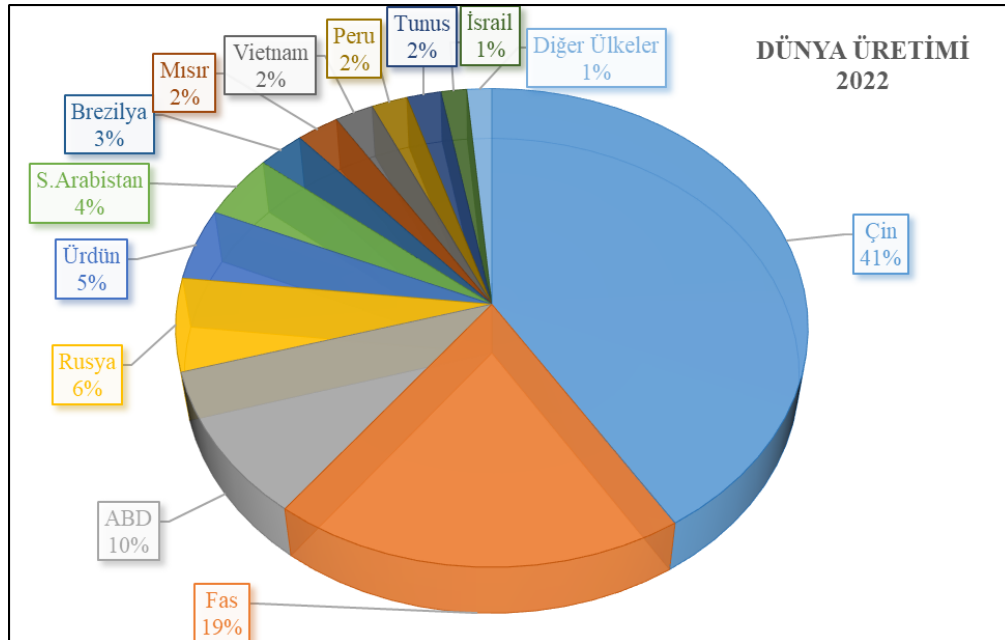
4. FOSFAT ÜRETİM DURUMU

4.1. Dünyada Üretim Miktarı

ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumunun (USGS) Ocak 2023 tarihli Maden Emtia Özetleri raporu verilerine göre; dünya fosfat üretimi; 2021 yılında 226 milyon ton, 2022 yılında 220 milyon ton olarak gerçekleşmiştir [1].

Çin, 85 milyon tona ulaşan üretimiyle dünya çapındaki fosfat üretiminin lideridir. Dünya fosfat üretiminin %41'ini gerçekleştiren Çin'in ardından, Fas 40 milyon ton üretim ve %19'luk pay ile ikinci sırada yer alır (Şekil 8). Fosfat üreticisi diğer ülkeler; ABD (21 milyon ton), Rusya (13 milyon ton), Ürdün (10 milyon ton), Suudi Arabistan (9 milyon ton), Brezilya (5,5 milyon ton), Mısır (5 milyon ton), Vietnam (4,5 milyon ton), Peru (4,2 milyon ton), Tunus (4 milyon ton), İsrail (3 milyon ton)'dir. Türkiye, yaklaşık 800 bin tonluk üretimi ile bu listede 22. sırada yer almıştır (Tablo 2) .

Fosfat üretiminde uzun süre dünya lideri olan ABD'nin üretimi 1980'li yıllarda 54,4 milyon ton ile zirveye ulaşmıştır. 2006 yılına kadar dünyanın en büyük fosfat üreticisi konumundaki ABD son yıllarda dünya üretiminin %10'unu gerçekleştirerek üçüncü sırada yer almaktadır.



Şekil 8. 2022 Yılı Dünya Fosfat Üretim Miktarları % Grafiği.

Tablo 2. Dünya Fosfat Üretim Miktarları (USGS, 2023) [1]

ÜLKELER	ÜRETİM (Ton)		
	2020	2021	2022
Çin	88.000.000	90.000.000	85.000.000
Fas	37.400.000	38.100.000	40.000.000
ABD	23.500.000	21.600.000	21.000.000
Rusya	14.000.000	14.000.000	13.000.000
Ürdün	8.940.000	10.000.000	10.000.000
S.Arabistan	8.000.000	9.200.000	9.000.000
Brezilya	6.000.000	6.000.000	5.500.000
Mısır	4.800.000	5.000.000	5.000.000
Vietnam	4.500.000	4.500.000	4.500.000
Peru	3.300.000	4.200.000	4.200.000
Tunus	3.190.000	3.730.000	4.000.000
İsrail	3.090.000	2.430.000	3.000.000
Senegal	1.600.000	2.100.000	2.600.000
Avustralya	2.000.000	2.500.000	2.500.000
Cezayir	1.200.000	1.400.000	1.800.000
Güney Afrika	1.800.000	2.130.000	1.600.000
Kazakistan	1.300.000	1.500.000	1.500.000
Togo	942.000	1.000.000	1.500.000
Hindistan	1.400.000	1.400.000	1.400.000
Finlandiya	995.000	990.000	1.000.000
Özbekistan	900.000	900.000	900.000
Türkiye	600.000	600.000	800.000
Meksika	577.000	488.000	450.000
Diğer Ülkeler	870.000	1.950.000	1.600.000
Toplam	219.000.000	226.000.000	220.000.000

Çin'in fosfat üretimi, 2021'de 90 milyon ton iken 2022'de 85 milyon tona düşmüştür, ancak uzun vadede halen en çok fosfat üreten ülkeler listesinde Çin ilk sırada yer almaktadır. Üretimindeki düşüş, büyük olasılıkla, COVID-19 salgınının etkisinin yanı sıra, ülkenin madencilik endüstrisine yönelik çevresel önlemlerinin bir sonucudur. Çin hükümeti, gübrenin yurt içi fiyatlarını kendi tedarikiyle düşürmek amacıyla fosfat ihracatına

kısıtlamalar getirmiştir. 2008'deki fiyat artışları sırasında yurt içi tedariki güvence altına almak amacıyla Çin, fosfat kayasına %135'lik bir ihracat vergisi uygulayarak ihracatı fiilen durdurmuştur.

En büyük ikinci üretici olan Fas, 2021'de 38 milyon ton, 2022'de 40 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir. Devam eden kapasite genişletmeleri nedeniyle geçen yıl üretimde hafif bir artış göstermiştir.

ABD, 2021 ve 2022 yıllarında 21 milyon ton olan fosfat üretiminin %75'ini Florida ve Kuzey Carolina'da, diğer %25'ini Idaho ve Utah eyaletlerinde gerçekleştirmiştir. Çıkarılan fosfat kayalarının çoğu, fosforik asit ve süper fosforik asit üretiminde kullanılmaktadır. Bu tür fosfat ürünleri, hayvan yemi takviyesi veya granüler diamonyum (DAP) ve monoamonyum fosfat (MAP) gübresi şeklinde ihraç edilmektedir.

Rusya'nın fosfat üretimi, 2022'de bir önceki yıla göre 1 milyon ton düşerek 13 milyon ton'a gerilemiştir. Rusya dördüncü büyük fosfat üreticisidir. Avrupa ülkeleri daha önce Rusya'nın küresel pazardaki en büyük müşterileriydi, ancak ülkenin Ukrayna ile savaşı tüm alımları ve dolayısıyla da fosfat fiyatlarını doğrudan etkilemiştir.

4.2. Türkiye'de Üretim Miktarı

USGS'in 2023 yılı raporu verilerine göre Türkiye; 2021 yılında 600 bin ton, 2022 yılında 800 bin ton olmak üzere fosfat kaya üretimi gerçekleştirmiştir.

Ülkemizde fosfat kayası madenciliği Mardin'in Mazıdağı bölgesindeki fosfat yataklarında Eti Gübre A.Ş.'ye ait tesislerde yapılmaktadır (Şekil 9). Ülkede gerçekleşen fosfat üretim miktarı mevcut tüketimi karşılamadığı için Fas, Tunus ve Cezayir gibi ülkelere fosfat ithal edilmektedir. Üretilen ve ithal edilen fosfatın büyük bölümü gübre sanayisinde kullanılmaktadır.

Mazıdağı fosfat zenginleştirme tesislerinde 1970'li yıllarda başlatılan üretim, ekonomik kriz nedeniyle 1990'lı yıllarda sona ermiştir. 2011 yılında yapılan özelleştirme sonrasında devredilen tesiste 2018 yılında tekrar üretime geçilmiştir. Bu bölgede çıkarılan fosfat cevherinin tamamı aynı tesislerde gübre yapımında kullanılmaktadır [4] .

Mazıdağı fosfat fabrikası yıllık ortalama 550.000 tonun üzerinde üretim kapasitesine sahiptir. Mazıdağı Gübre Fabrikası'nda hammaddenin %85'i yurt içinden sağlanmaktadır. İhtiyaç duyduğu elektriği kendi üreten bu tesis yıllık 200 bin ton DAP ve 550 bin ton NP

olmak üzere 750 bin ton gübre üreterek Harran Ovası ve GAP'ın gübre ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir. Fabrika tarım ülkesi olan Türkiye'nin ithalata bağımlı gübre ihtiyacının bir kısmını karşılamak, bölgede istihdam yaratmak ve ülke ekonomisine katkı sağlamak amacıyla [12].



Şekil 9. Mardin-Mazıdağı Fosfat Zenginleştirme Tesisleri [12]

Eti Bakır Mazıdağı Fabrikası Tesisleri 6 ayrı bölümden oluşur [12];

- Madencilik İşlemleri
- Sülfürik Asit Tesisi
- Fosforik Asit Tesisi
- Amonyak Tesisi
- Liç Tesisi
- Gübre Fabrikası

Ülkemizin fosfat yatakları stratejik önemi olan yeraltı zenginliklerimiz içerisinde olup, yapılan araştırmaların sonucuna göre dünya yataklarına göre ikinci derecede önemli fosfat kaya yataklarına sahip olduğu fakat bunların bir kısmının işletilemediği tespit edilmiştir. İşletmecilik sıkıntıları, cevherin düşük tenörlü oluşu, içerisinde demir, alüminyum ve kalsiyum miktarlarının yüksek oranda bulunması dolayısıyla ihracat imkanının düşük olması ülkede mevcut birçok fosfat sahasının işletilememesinin ana sebepleri olarak görülmektedir.

4.3. Dünyada Üretim Yapan Şirketler

Fosfat kaya üretimi, dünya genelinde birçok büyük şirket tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu şirketler, fosfat üretimi ve pazarlaması konusunda uzmanlaşmış ve sektörün büyümesine katkıda bulunmuştur. Fosfat madenciliği yapan dünyanın başlıca büyük şirketleri şunlardır;

- OCP Group (Fas)
- Mosaic Company (ABD)
- Ma'aden Phosphate Inc. (Suudi Arabistan)
- PhosAgro Inc. (Rusya)
- Misr Phosphate Co. (Mısır)
- Jordan Phosphate Mines Co. (Ürdün)
- Guizhou Phosphate Chemical Group (Çin)
- Yunnan Yuntianhua Group Co. Ltd. (Çin)
- Compass Minerals International Inc. (ABD)
- Nutrien Ltd. (Kanada)
- Arianne Phosphate Inc. (Kanada)
- Centrex Metals Ltd. (Avustralya)
- Avenira Ltd. (Avustralya)
- Minbos Resources Ltd. (Avustralya)
- EuroChem Group (İsviçre)

OCP Grup, Fas'ın en büyük madencilik şirketidir. 1920 yılında fosfat madenciliği yapmak üzere kurulan şirketin, fosfat kayası, fosforik asit, hayvan yemi ve gübre (MAP, DAP ve TSP) üreten çok sayıda tesisi vardır.

PhosAgro Inc., Avrupa'nın bir numaralı fosfat bazlı gübre üreticisi ve dünyanın önde gelen yüksek kaliteli fosfat kayası üreticisidir.

Nutrien Ltd., 2018 yılında PotashCorp ile Agrium'un birleşmesi sonucunda kuruldu; kapasite bakımından dünyanın en büyük gübre üreticisidir, üç ana besin maddesi olan azot, potas ve fosfat üretir.

Misr Phosphate, 2009 yılında kurdu. Mısır'da yer alan dünyanın büyük rezervlerinden biri olan Abu Tartur madeninden yılda yaklaşık 5 milyon ton üretim kapasitesiyle fosfat kaya konsantresi üreten önemli şirketlerden birisidir.

Arianne Phosphate Inc., 1997 yılında kurulan şirket 2003 yılında Bruneau Minerals ile birleşmesinin ardından faaliyetlerini fosfat üzerine yoğunlaştırmıştır. Yaklaşık %39 P₂O₅ içeren çok yüksek kaliteli fosfat üretir.

EuroChem Grup, Rusya, Belçika, Litvanya ve Çin'deki tesisleriyle fosfat, potas ve kompleks gübre üreticisidir.

4.4. Türkiye'de Üretim Yapan Şirketler

Ülkemizde fosfat madenciliği sadece Cengiz Holding'e ait olan Eti Bakır A.Ş. tarafından yapılmaktadır.

Eti Gübre tesislerinde üretilen DAP gübresi, fosfor ve nitrojen gibi önemli besin maddelerini içeren kompoze bir gübredir. Çiftçilerin hizmetine sunulan DAP gübresi; %18 azot (N) ve %46 fosfor pentaoksit (P₂O₅) içermektedir. İçerdiği azot amonyum (NH₄) formunda olduğundan özellikle bitkilerin erken büyüme dönemlerinde oldukça etkilidir. DAP gübresi verim artışı, iyi renk oluşumu, aşırı soğuk ve kurak iklim koşullarına yüksek tolerans, hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklılık ve daha uzun raf ömrü sağlar [12].

Ülkemizde kimyasal gübre üreticisi başlıca büyük şirketler şunlardır;

Toros Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Bandırma Gübre Fabrikaları A.Ş.

Gübre Fabrikaları Türk A.Ş.

İstanbul Gübre Sanayii A.Ş.

Ege Gübre Sanayii A.Ş.

Türkiye Gübre Sanayii A.Ş.

4.5. Uluslararası Birlikler (Kuruluşlar)

European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP):

Avrupa Sürdürülebilir Fosfor Platformu (ESPP) sürdürülebilir fosfor yönetimi için şirketleri ve bilim insanlarını bir araya getirir. Fosfor yönetimi alanındaki fırsatlar için bilgi paylaşımı, deneyim aktarımı ve ağ oluşturmayı sağlar. Piyasa, paydaşlar ve düzenleyiciler arasındaki iletişimi kolaylaştırır, haber bültenleri, web sitesi, konferanslar ve yayınlar yoluyla bilgi dağıtır. Platform üyelerin faaliyetleri ve Avrupa'da fosfor sürdürülebilirliği için uzun vadeli vizyonun tanımlanmasına katkıda bulunur.

Deutsche Phosphor Plattform (DPP):

Alman Fosfor Platformu (DPP) fosforun geri kazanımını ve geri kazanılan ürünlerin sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için bir ağ oluşturur. DPP bu hedefleri göz önünde bulundurarak ilgili sektörlerden, kamu ve özel kuruluşlardan, araştırma ve geliştirme kurumlarından paydaşların bilgi ve deneyimlerini bir araya getirir.

Sustainable Phosphorus Alliance (SPA):

Sürdürülebilir Fosfor Birliği (SPA) Kuzey Amerika'da fosforun sürdürülebilirliğinin karmaşık sorunlarını ele alan bir kuruluştur. Gıda sistemindeki fosforun sürdürülebilir kullanımının, geri kazanımının ve geri dönüşümünün takipçisidir.

Phosphoric Acid & Phosphates Producers Association (PAPA):

Fosforik Asit ve Fosfat Üreticileri Birliği (PAPA) fosfat alanında faaliyet gösteren Avrupalı şirketleri temsil eden bir sektör grubudur.

International Fertilizer Association (IFA):

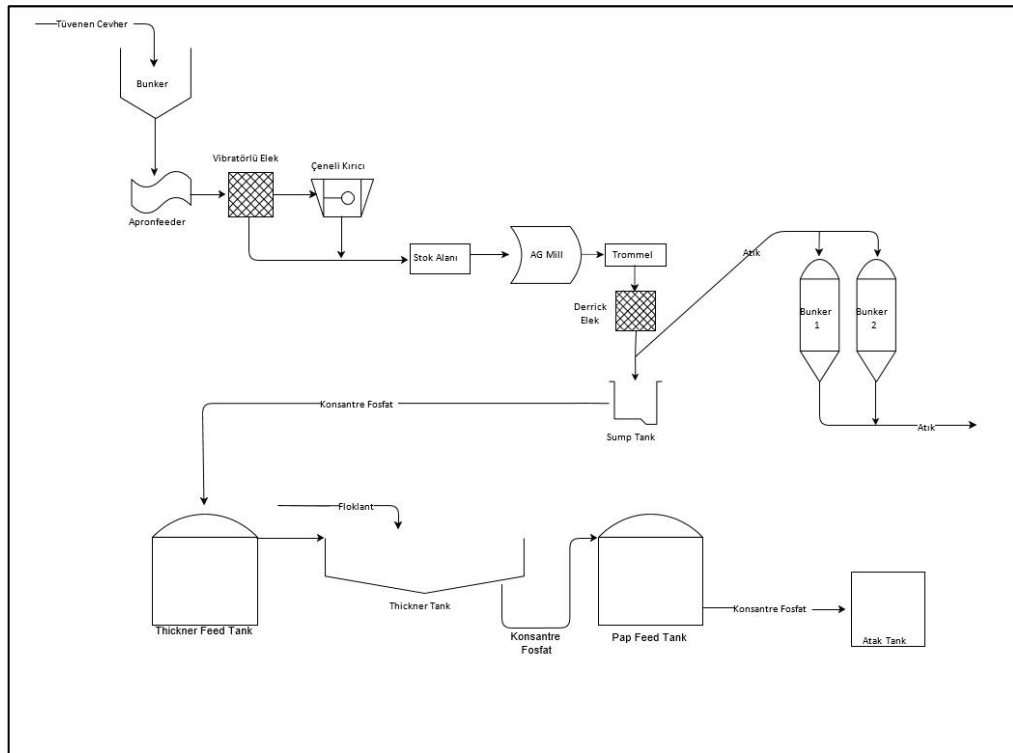
Uluslararası Gübre Birliği (IFA) 1927 yılında kurulmuş, yaklaşık 80 ülkede 450'den fazla üyesi bulunan tek küresel gübre birliğidir. Bitkisel besin maddelerinin üretimini, dağıtımını ve kullanımını teşvik etme misyonuyla görev yapar. Bu misyon, dünyanın sürdürülebilir bir şekilde beslenmesine yardımcı olmada kritik bir rol oynar. Üyeler arasında gübre üreticileri, tüccarları ve distribütörlerinin yanı sıra bunların birlikleri, sektöre hizmet sağlayıcılar, araştırma kuruluşları ve sivil toplum kuruluşları yer almaktadır.

5. FOSFAT ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Fosfat madenlerinde çoğunlukla açık işletme yöntemi kullanılır. Bu tip işletmelerde cevherin üzerindeki toprak örtü tabakalar kazılarak cevherli zona ulaşılır. Madenden çıkarılan fosfat kayası zenginleştirilmek üzere tesislere taşınır.

Çıkarılan cevhere öncelikle kırma, eleme, öğütme, yıkama ve sınıflandırma işlemleri uygulanır. İçindeki kum, kil ve istenmeyen elementlerin (arsenik, kadmilyum, krom, kurşun, selenyum, uranyum, civa, vanadyum) uzaklaştırılması için çeşitli ayrıştırma işlemlerine (flotasyon, filtreleme, kurutma, kalsinasyon, konsantrasyon) tabi tutulur. Ayrıştırılan ve konsantre hale getirilen fosfat, tarımın ve sanayinin çeşitli alanlarında kullanım için uç ürünler haline getirilir.

Gübre üretimi için kullanılan konsantre fosfat (P_2O_5), sülfürik asitle (H_2SO_4) reaksiyona sokulduğunda fosforik asit (H_3PO_4) elde edilir. Elde edilen fosforik asitin amonyakla (NH_3) reaksiyonu sonucunda amonyaklı fosfat gübre ürünleri (MAP-monoamonyum fosfat, DAP-diamonyum fosfat) haline getirilir (Şekil 10).



Şekil 10. Fosfat Zenginleştirme İşlemi Genel Akış Şeması [7]

Ülkemizde gübre fabrikalarında fosforlu gübre üretimi için hazırlanmış fosfat alım şartnamesine göre; P_2O_5 oranı %29.9-31 arasında olmalıdır. Diğer mineraller için istenen oranlar ise CaO %49-51, SO_3 %3.2-3.6, Cl %0.05, F %3.5, Fe_2O_3 %1.2-1.5, SiO_2 %4.5, MgO %12 olarak belirlenmiştir. Bu değerler dünya piyasasındaki fosfat cevherleri ile kıyaslandığında içindeki istenmeyen elementler açısından ülkemizdeki fosfat yataklarının temiz olduğu görülmektedir. Bu yapısı ve ayrıca asitteki çözünürlüğü nedeniyle fosfat yataklarımız oldukça avantajlıdır. Fosfat işleme teknolojileri açısından artık dünyada P_2O_5 oranı minimum %5, demir ve alüminyum oranı ise %25'den düşük olan cevherler kullanılabilir hale gelmiştir. Fosfat üreticisi diğer ülkeler ile Mazıdağı'nda üretilen konsantre fosfat karşılaştırıldığında, Mazıdağı konsantresinin en düşük yabancı element içerikli konsantre fosfat olduğu görülmektedir. Bu durum, gübre fabrikaları için önemlidir, üretimde asit tüketimini artıran CaO ve organik karbon açısından da en avantajlısıdır. TÜBİTAK bir çalışmada; Mazıdağı fosfat konsantresinin fosforik asit üretimindeki performansının Tunus fosfat konsantresinden daha iyi olduğunu tespit etmiştir [3].

6. FOSFAT TİCARETİ

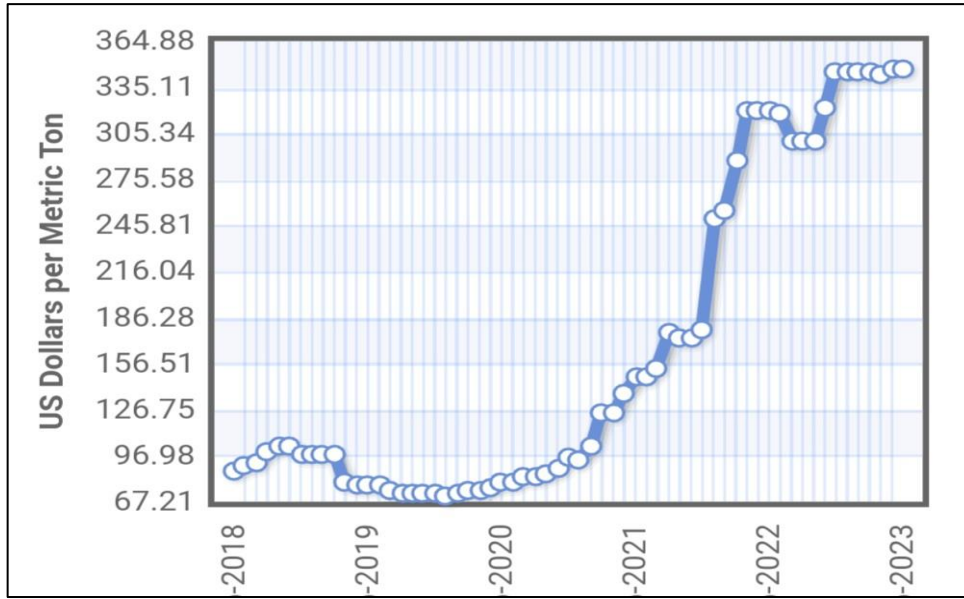
6.1. Pazar/Piyasa ve Fiyat Durumu

Fosfat kayası pazarını yönlendiren temel faktör, artan küresel nüfusu beslemek amacıyla verimli gıda üretimi için gübrelere olan talebin artmasıdır. Fosfor Avrupa Birliği'nin stratejik ham maddeler listesinde yer almaktadır. Dolayısıyla fosfat kayası madenciliğinin dünya çapında ve özellikle Orta Doğu ve Afrika bölgesinde (S. Arabistan, Mısır, Fas) daha da artması beklenmektedir. Bu kapsamda Brezilya, Kazakistan, Meksika, Peru ve Rusya'daki kapasite artırım projelerinin fosfat üretiminde artış sağlaması beklenmektedir. Yüksek kaliteli büyük rezervlere sahip olan Fas, Çin ve ABD fosfat sektörünün en önemli oyuncularıdır.

Piyasadaki üreticilerin yaklaşık %70'i dikey olarak entegre olmuş durumdadır. Fosfat kayası madenciliğinden gübre üretimine kadar etkin olmaktadır. Bu ölçekteki operasyonlar, lojistik maliyetlerinin azaltılmasına ve ürün teslimatındaki gecikmeler ile yüksek nakliye maliyetleri gibi tedarik zinciri zorluklarının aşılmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda üretim kalitesinin etkin bir şekilde izlenmesi ve iyileştirilmesi sağlanmaktadır.

Dünya Bankası tarafından açıklanan verilere göre Uluslararası Emtia Piyasalarında Eylül 2023'de fosfat kayası fiyatı en yüksek değerine ulaşarak ton başına yaklaşık 347 \$ olmuştur (Şekil 11). 2021 yılı ortalaması 123 \$/ton olarak gerçekleşen fosfat kayası fiyatı 2022 yılında %53'lük artış ile ortalama 266 \$/ton'a kadar ulaşmıştır [13].

Piyasalarda fosfat fiyatlarının Rusya-Ukrayna Savaşı'nın başlangıcından bu yana arttığı görülmektedir. Rus madenlerinin ihraç edilmesine izin verilmediğinden küresel arzdaki azalma neticesinde fosfat fiyatlarında artış yaşanmaktadır.



Şekil 11. Yıllara Göre Fosfat Kayası Fiyat Grafiği (\$/ton) [13]

Fosfat kayasının fiyatlandırılması; küresel talep ve arz dinamikleri, arama ve madencilik uygulamaları, kalite ve kimyasal bileşim, çevresel kaygılar, piyasayı etkileyen faktörler, teknolojik gelişmeler gibi çok sayıda faktörden etkilenmektedir.

Küresel fosfat kayası pazar hacmi 2022’de toplam 22 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. 2030’a kadar yıllık ortalama %3,2’lik büyüme oranıyla artarak 29 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Bölge bazında bakıldığında, Asya Pasifik (Çin, Hindistan, Avustralya) bölgesi yaklaşık %50 gelir payı ile en büyük pazar olmuştur.

Gübre pazarında fosfatlı gübre pazar hacmi ise, 2022 yılında toplam 42 milyar doların üzerine çıkmıştır. Bu pazarın 2026 yılına kadar %9,8 bileşik yıllık büyüme oranıyla büyüyeceği ve 61 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir.

6.2. Dünyada İthalat ve İhracat

Uluslararası Ticaret Merkezinin (ITC) verilerine göre fosfatın dünya ticareti;

- Tüvenan veya konsantre cevher bazında; 2510 GTİP (Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu) kodu ile “tabii alüminyum kalsiyum fosfatlar, tabii kalsiyum fosfatlar, fosfatlı tebeşirler (öğütülmemiş/öğütülmüş)” fasıllarında,
- Ara ve uç ürün bazında; 2835 GTİP kodu ile “fosfinatlar, fosfonatlar, fosfatlar, polifosfatlar” fasıllarında,

- Gübreler bazında; 3103 GTİP kodu ile “fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler” ve 3105 GTİP kodu ile “azot, fosfor ve potasyumun ikisini veya üçünü içeren mineral veya kimyasal gübreler” fasıllarında yapılmaktadır (Tablo 3).

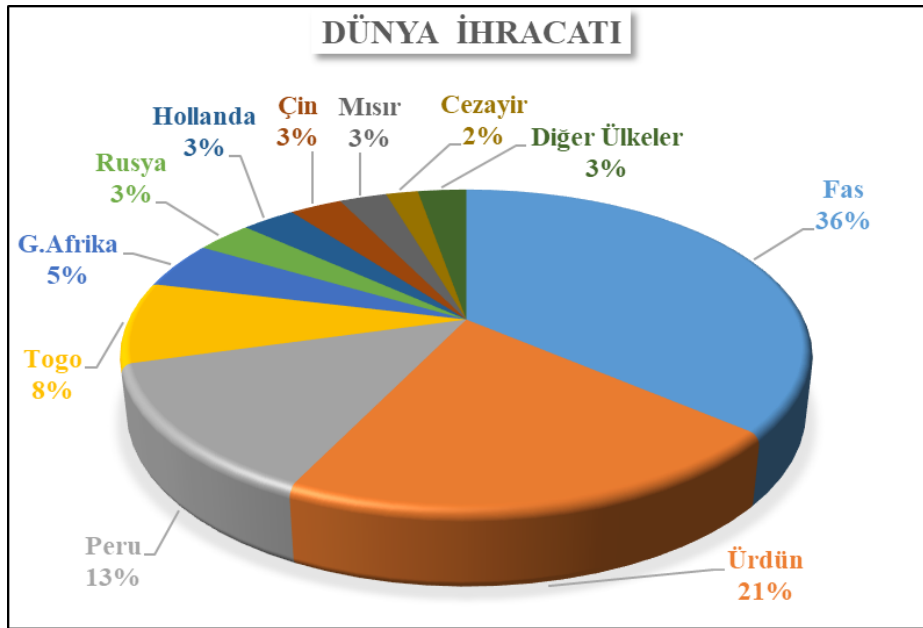
Tablo 3. Ticari Fosfat ve Ürünleri ile GTİP Numaraları [14]

Ticari Ürün Adı	GTİP
Tabii alüminyum - kalsiyum fosfatlar (öğütülmemiş)	251010001000
Tabii kalsiyum fosfatlar (öğütülmemiş)	251010009011
Apatit ve fosfatlı tebeşirler (öğütülmemiş)	251010009012
Tabii kalsiyum fosfatlar (öğütülmüş)	251020001011
Tabii alüminyum - kalsiyum fosfatlar (öğütülmüş)	251020001012
Fosfatlı tebeşirler (öğütülmüş)	251020009000
Monosodyum fosfat	283522000011
Disodyum fosfat	283522000012
Potasyum fosfatlar	283524000000
Kalsiyum hidrojen ortofosfat	283525000000
Diğer kalsiyum fosfatlar	283526000000
Triamonyum fosfat	283529100000
Trisodyum fosfat	283529300000
Demir fosfatlar	283529901000
Sodyum fosfatlar	283529902000
%35 veya daha fazla (ağırlıkça) difosfor pentaoksit (P ₂ O ₅) içeren süperfosfatlar	310311000000
Diamonyum hidrojenortofosfat (diamonyum fosfat)	310530000000
Amonyum dihidrojenortofosfat (monoamonyum fosfat)	310540000011
Monoamonyum fosfat ve diamonyum fosfat karışımları	310540000012

ITC verilerine göre; 2022 yılında dünya ihracatında; “tabii kalsiyum fosfatlar- öğütülmemiş (251010)” faslında toplam 3,6 milyar \$ işlem gerçekleşmiştir. Bu faslın ihracat lideri 1,3 milyar dolar ile Fas olurken, onu Ürdün (759 milyon \$) ve Peru (489 milyon \$) takip etmektedir. Türkiye’nin bu fasılda 2022 yılında 1,8 milyon dolarlık ihracatı gerçekleşmiştir (Tablo 4) (Şekil 12).

Tablo 4. Tabii Kalsiyum Fosfatlar (251010) Dünya İhracat Değerleri [14]

İhracatçı Ülkeler	(x1000 \$)				
	2018	2019	2020	2021	2022
Fas	884.160	760.461	773.549	994.759	1.322.481
Ürdün	368.694	373.261	342.333	531.006	759.745
Peru	217.820	235.353	192.757	297.945	489.788
Togo	83.196	78.333	86.034	129.192	300.442
Güney Afrika	11.538	46.440	2.967	61	170.940
Rusya	0	0	0	0	117.082
Hollanda	11.997	16.056	16.287	12.578	110.913
Çin	42.322	33.843	36.741	37.720	108.173
Mısır	110.660	74.975	105.883	98.176	97.661
Cezayir	54.251	55.487	55.117	63.050	66.170
Türkiye	1	0	0	5	1.820
Diğer Ülkeler	46.066	30.000	29.794	65.914	98.044
TOPLAM	1.830.705	1.704.406	1.641.462	2.230.406	3.643.259



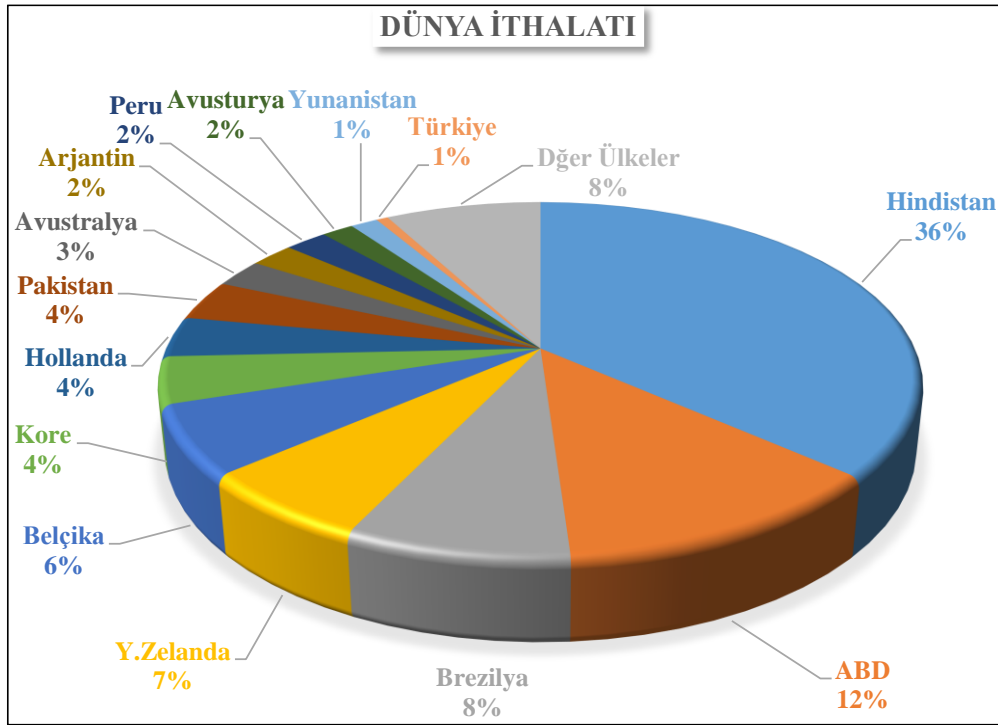
Şekil 12. Fosfat Dünya İhracat Payı Grafiği (2022 Yılı)

Dünya ithalatı ise aynı fasılda (251010) toplam 2,7 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir. İthalat lideri ülkeler sıralamasında ilk sırada Hindistan (998 milyon \$), ardından ABD (339 milyon \$) ve Brezilya (224 milyon \$) gelmektedir. Türkiye bu fasılda 16,2 milyon dolarlık ithalat değerine sahiptir (Tablo 5) (Şekil 13).

Tablo 5. Tabii Kalsiyum Fosfatlar (251010) Dünya İthalat Değerleri [14]

(x1000\$)

İthalatçı Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Hindistan	389.763	383.266	358.342	564.685	998.914
ABD	176.198	156.384	187.987	209.338	339.978
Brezilya	132.962	172.347	131.419	130.176	224.421
Y.Zelanda	85.836	69.923	57.801	101.908	179.273
Belçika	82.421	79.727	77.700	98.394	172.900
Kore	64.112	61.910	54.612	72.476	117.064
Hollanda	20.344	24.745	38.988	32.442	100.438
Pakistan	37.985	37.162	46.910	111.730	99.751
Avustralya	10.859	14.542	20.607	28.812	70.026
Arjantin	18.868	24.812	19.794	37.438	60.814
Peru	19.934	17.608	21.245	40.052	58.848
Avusturya	3.061	3.737	15.222	25.080	44.384
Yunanistan	17.324	19.032	19.470	19.947	37.977
Türkiye	3.625	1.617	2.191	6.495	16.208
Dğer Ülkeler	299.076	235.107	220.872	145.900	215.285
TOPLAM	1.362.368	1.301.919	1.273.160	1.624.873	2.736.281



Şekil 13. Fosfat Dünya İthalat Payı Grafiği (2022 Yılı)

6.3. Türkiye’de İthalat ve İhracat

Fosfat, ülkemizde madencilik sektörü kapsamında ithalatı yapılan en önemli ürünler sıralamasında ilk onda yer almaktadır. İthal edilen veya üretilen fosfatın büyük bölümü gübre sanayisinde hammadde olarak kullanılmakta ve uç ürünler üretilmektedir [4].

Konsantre cevher olarak 25. fasılda 2510 GTİP numarası ile “tabii kalsiyum fosfatlar ve tabii alüminyum kalsiyum fosfatlar, fosfatlı tebeşirler (öğütülmemiş/öğütülmüş)” ticaretinde, 2022 yılında; toplam 126 milyon \$ ithalat gerçekleşmiştir. İthalat başta Fas olmak üzere Mısır, Tunus, Cezayir ve Ürdün’den yapılmıştır. Bu fasılda ilk kez büyük miktarda 2,1 milyon \$ ihracat 2022 yılında gerçekleştirilmiştir. İhracat yapılan ülkeler Ukrayna, Romanya ve Irak olmuştur [14].

Ara ve uç ürün olarak 28. fasılda 2835 GTİP numarası ile “fosfinatlar, fosfonatlar, fosfatlar, polifosfatlar” ticaretinde, 2022 yılında; toplam 127,7 milyon \$ ihracat ve 83,7 milyon \$ ithalat gerçekleşmiştir. İhracat yapılan ülkelerin başında Mısır, Hollanda, Polonya, Danimarka ve Almanya yer almaktadır. İthalat ise Çin, Almanya ve Fransa’dan yapılmıştır.

Gübre ürünleri olarak 31. fasılda 3103 GTİP numarası ile “fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler” ticaretinde 2022 yılında; toplam 12,4 milyon \$ ithalat ve 9 milyon \$ ihracat

gerçekleşmiştir. İhracat yapılan ülkeler Suriye, Irak ve Romanya olmuştur. İthalat ise Mısır ve İspanya'dan yapılmıştır. Aynı fasılda 3105 GTİP numarası ile “azot, fosfor, potasyum içeren mineral veya kimyasal gübreler ve diğer gübreler” ticaretinde; 678 milyon \$ ithalat ve 414 milyon \$ ihracat gerçekleşmiştir. İthalat yapılan ülkeler başta Rusya olmak üzere Tunus, Fas ve Çin'dir. İhracat yapılan ülkeler Romanya, Irak, Gana, Hindistan ve Brezilya olmuştur (Tablo 6-7).

Tablo 6. 2022 Yılı Türkiye Fosfat Ticareti İhracat ve İthalat Değerleri [15]

Yıl	GTİP No	Fosfat GTİP Tanımı	İhracat (\$)	İthalat (\$)
2022	2510	Tabii kalsiyum fosfatlar ve tabii alüminyum kalsiyum fosfatlar, fosfatlı tebeşirler (öğütülmemiş /öğütülmüş)	2.119.000	126.139.000
	2835	Fosfinatlar, fosfonatlar, fosfatlar, polifosfatlar	127.700.000	83.784.000
	3103	Fosfatlı mineral veya kimyasal gübreler	9.086.000	12.495.000
	3105	Azot, fosfor, potasyum içeren mineral veya kimyasal gübreler ve diğer gübreler	414.717.000	678.233.000

Tablo 7. 2022 Yılı Fosfat İthalatı Yapılan Ülkeler (2510 GTİP) [15]

Yıl	Ülkeler	Miktar (ton)	Değer (\$)
2022	Fas	660.000	101.034.000
	Mısır	100.245	8.985.000
	Tunus	41.112	7.264.000
	Ürdün	38.111	5.568.000
	Cezayir	31.684	2.951.000
	Lübnan	3.300	314.000
	İngiltere	14	22.000
Toplam		874.465	126.139.000

7. ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Fosfat kayası madenciliği ve işlenmesi çevresel ve sürdürülebilirlik kaygılarını artırmaktadır. Tabiatın bozulması, su kirliliği, enerji tüketimi ve insan sağlığına zararlı atıklar gibi sorunlar fosfat madenciliği ile ilişkilidir. Sürdürülebilir madencilik uygulamaları ve çevresel düzenlemeler, bu endişelerin giderilmesinde ve fosfat kayasının uzun vadeli kullanılabilirliğinin sağlanmasında hayati öneme sahiptir.

Fosfat kayasının işlenmesiyle elde edilen 1 ton fosforik asit sonucunda ne yazık ki 5 ton atık ortaya çıkar. Bu atık, fosfojips (PG) adı verilen saf olmayan, işe yaramaz, yüksek florür, ağır metal ve radyoaktif içerebilen, ince taneli kumlu katı bir malzemedir. Bu atıklar fosfat kayasının bulunduğu ortamın özelliğine bağlı olarak; civa, kadmiyum, nikel, krom, arsenik, antimon, selenyum, molibden, çinko gibi ağır metaller ayrıca radyoaktif maddeler içerebilmektedir. Dünya çapında her yıl 100-280 milyon ton arasında PG atığı üretildiği tahmin edilmektedir. Bu atıkları, sağlık ve çevre açısından tehlike oluşturabilecek kirleticiler içerdiğinden mutlaka kimyasal analizinin yapılması gerekir. PG atıklarının denizlere, göllere dökülmesi çok risklidir çünkü içindeki fosfor bileşiği deniz suyunda kolayca çözünür ve sucul ortam yaşamının felaketine özellikle kıyılarda alg patlamasına (Marmara Denizi'nde müsilaj oluşumu gibi) neden olur. Dolayısıyla uzun vadede atık yönetimi planlı şekilde yapılmalıdır [16].

Fosforik asit üretimi sırasında oluşan PG atıklarının yüzde 85'i yığın adı verilen büyük alanlarda depolanır. Bazı depolama alanları yüzlerce dönümlük bir alanı kaplar ve yüzlerce metre yüksekliğindedir. PG bulamacı atıklarının çoğu, herhangi bir işleme tabi tutulmadan, genellikle büyük depolama alanlarına boşaltılarak depolanmaktadır. Bunlar genellikle fosforik asit tesislerine yakın kıyı bölgelerinde yer almakta, geniş arazileri işgal etmekte ve ciddi çevresel hasarlara neden olmaktadır. PG, yığına ilk döküldüğünde çok suludur, kurudukça yığın üzerinde bir kabuk oluşur. Kabuk zamanla kalınlaşır, kaçabilecek radon miktarını azaltır ve atıkların rüzgarda uçmasını önlemeye yardımcı olur ancak suyun bir kısmı tabandan sızarak yeraltı suyunu kirletebilir.

Global ölçekte bu radyoaktif, zehirli PG yığınlarının yakınında yaşayan insanlar üzerinde neden oldukları sağlık sorunlarının boyutunu belirlemek için hiçbir çalışma yapılmamıştır. PG atıkları, uygun şekilde depolanmaz, gelişigüzel yerlere dökülür, atık depolama kriterlerine uyulmaz ve depolama alanı zemini uygun şekilde sızdırmaz yapılmazsa zamanla kirleticiler yeraltı suyuna nüfuz edebilir.

Türkiye'deki tüm fosforik asit üretim tesislerinin PG atıklarının içeriği ve bileşenleri incelenmeli ve tesislerdeki radyonüklidin aktive konsantrasyonu ölçümü yapılmalıdır. PG atığı, yüksek radyum içeriğine sahip olabilir. İnsanlar için bu atığa maruz kalmak, on bin de bir ölümcül kanser riskine neden olur. PG atıklarını denizlere, göllere veya akarsulara dökenlere ağır yaptırımlar uygulanmalıdır [16].

8. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Dünya nüfus artışına bağlı olarak gübre üretiminin hammaddesi olan fosfat madeni endüstriyel mineraller içerisinde stratejik bir öneme sahiptir. Üretilen fosfatın çok büyük bölümü gübre sanayisinde kullanılmaktadır. Kimyasal gübrelerin, organik alternatiflere tercih edilmesi nedeniyle fosfat kayasına yönelik küresel talebi artıracak ve gelecekte gübre olarak daha büyük bir paya sahip olacağı ileri sürülmektedir.

Fosfor olmadan gıda üretemeyiz; su, karbon veya oksijen kadar önemlidir. Fosfor tarım topraklarının verimli olmasını, mahsul veriminin artmasını ve sonuçta küresel nüfusun beslenebilmesini sağlar. Tarımsal gıda üretiminde fosforun yerini alacak herhangi bir maddenin olmaması fosfat kayasının önemini daha da artırmaktadır. Fosfor yenilenebilir bir element değildir, fosfat kayası sonludur ve doğru yönetilmezse fosfat kıtlığı, dünyanın gıda güvenliğini olumsuz etkileyebilir. Aynı zamanda, madenden tarlaya ve sofraya kadar fosforun verimsiz kötü kullanımı nehirlerimizi ve denizlerimizi kirleterek zehirli alg çoğalmalarına neden olacaktır. Kendimizi ve gelecek nesilleri besleyebilmemiz için şimdiden küresel bir eylem belirlememiz gereklidir. Fosfor kullanımında ve fosforun yeniden kullanılmasında verimi artırmak, ülkeyi ithal fosfora daha az bağımlı hale getirir ve dolayısıyla arz güvenliğini artırır.

Fosfat ayrıca elektrikli araç endüstrisinde giderek daha fazla aranan bir batarya malzemesi haline gelmektedir. Elektrikli araçlar için lityum demir fosfat (LFP) pil üretiminde genellikle endojen fosfat yataklarında bulunan yüksek saflıkta fosfata ihtiyaç duyulmaktadır. Endojen fosfat yatakları pil üretimi için uygun, daha yüksek saflıkta fosforik asit üretme kapasitesine sahiptir. Ancak küresel fosfatın %95'i tortul kayaçlarda bulunmaktadır. Küresel olarak önemli miktarda endojen fosfat yatakları yalnızca Brezilya, Kanada, Finlandiya, Rusya ve Güney Afrika'da bulunur. Kanada'da bir endojen fosfat yatağından, küresel LFP pil endüstrisi için yüksek saflıkta, karbon nötr sertifikalı fosfat üretimine başlanmıştır.

Küresel olarak fosfat rezervleri 300-400 yıl dayanabilir, ancak çoğu ülke rezervlerini 100 yıl içinde tüketeceği için bu önemli bir üretim açığına yol açacaktır. Dünya rezervlerinin neredeyse yüzde 70'ine sahip olan Fas'ın bu açığı kapatabilmesi için, 2075 yılına kadar üretimini yaklaşık yüzde 700 artırması gerekecektir. ABD ve Çin'in rezervleri bu yüzyılda çoğunlukla tükenecek ve bu rezervlerle birlikte dünyanın mevcut fosfat kayası üretiminin yaklaşık yarısı tükenmiş olacaktır. İlave fosfor kaynakları bulunmadığı sürece gelecekteki

küresel fosfor güvenliği giderek tek bir ülkeye bağımlı hale gelecektir. Dünya çapında fosfor verimliliğini artırmak için entegre sürdürülebilir fosfor stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir [17].

KAYNAKLAR

- [1] <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>, Erişim yılı: 2023
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorite>, Erişim yılı: 2023
- [3] TMMOB, 2006. Mazıdağı Ve Fosfat Gerçeği Raporu, Erişim yılı: 2023
- [4] 11. Kalkınma Planı, 2018. Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Erişim yılı: 2023
- [5] https://smartofjournal.com/files/smartjournal/1562388340_21_6.39_ID737_Karademir&Bilindir_2675-2690.pdf, Erişim yılı: 2023.
- [6] Şahiner M., Bektimuroğlu O., Yücel M.B., 2014. Dünyada ve Türkiyede Fosfat, MTA, Erişim yılı: 2023
- [7] <https://etigubre.com/>, Erişim yılı: 2023
- [8] <https://www.alamy.com/stock-photo-phosphate-mineral-rock-sample-apatite-from-madagascar-34993942.html>, Erişim yılı: 2023
- [9] <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/mineral-stone-phosphorite-or-rock-phosphate-gm505091176-83500723>, Erişim yılı: 2023
- [10] https://www.gubreler.com/guano_515.htm, Erişim yılı: 2023
- [11] https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/fosfat.jpg, Erişim yılı: 2023
- [12] <https://etibakir.com.tr/tesisler/mazidagi-fosfat-tesisi/>, Erişim yılı: 2023
- [13] <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rock-phosphate>, Erişim yılı: 2023
- [14] <https://www.trademap.org>, Erişim yılı: 2023
- [15] <https://www.tuik.gov.tr>, Erişim yılı: 2023
- [16] <https://www.indyturk.com/türkiyeden-sesler>, Erişim yılı: 2023
- [17] <http://phosphorusfutures.net/>, Erişim yılı: 2023