

Endüstriyel Hammaddeler

FO SF AT

ÇETİN KARAAĞAÇ

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

GİRİŞ

Fosfor 1669 yılında Brandt tarafından suyu uçurulmuş idrarın kuru kuruya ısıtılmasıyla elde edilmiştir. Fosforun,

Simgesi	P
Atom No'su	15
Atom ağırlığı	30,9738
Değerlikleri	+3, +5, -3'dür.

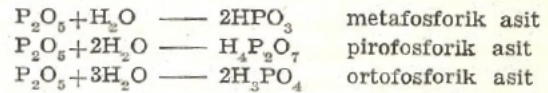
Oksijenle bileşim yapma eğiliminin yüksek olması (afinite) nedeniyle tipik litofil element olan fosfor metalik ortamda siderofil eğilim gösterir, ayrıca canlıların yapısında kalsiyum, demir, sodyum, potasyum, bakır, magnezyum, iyot, klor, kükürt, çinko ve eser elemanlarla (krom, kobalt, manganez, molibden, selenyum gibi) birlikte bulunduğundan biyofil niteliği de vardır.

Tüm canlıların yaşamında önemli bir yeri olan fosforun, onarıcı ve düzenleyici görevi vardır. Kemiklerin %68'i trikalsiyum fosfattır. Kemik küllünde bu oran %83'ü bulur. Fosfat beyin ve sinirlerin gelişmesi için de gereklidir. Aynı zamanda vücudun çalışmasını ayarlar. Fosfor, metabolizma, fotosentez, kemik, diş ve organizma kabuklarının gelişmesi vb. olaylardaki önemi gereği yaşayan hücrelerin yaşamsal önemde bir parçasıdır.

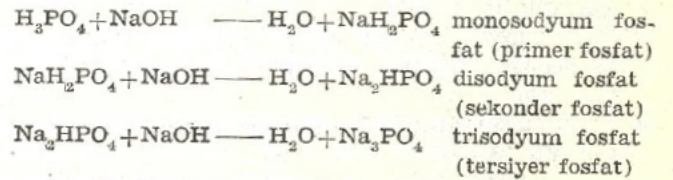
Fosforun üç allotropik şekli vardır. Bunlar, beyaz fosfor, kırmızı fosfor ve metalik fosfordur. Beyaz fosfor çok aktif bir maddedir, su altında ve karanlıkta saklanır. Zehirlidir. Kırmızı fosfor zehirli değildir. Kibrit yapımında kullanılır. Metalik fosfor, beyaz fosfordan 200 derece sıcaklık ve 12000 atmosfer basınç altında elde edilir. Siyah, metal parıaklığı gösteren bir maddedir.

Yukarıda genel özelliklerine değindiğimiz fosfor çok aktif olduğundan doğada serbest element olarak bulunmaz. Hep fosfatlar şeklinde bulunur. Bu elementin en önemli bulunuş şekillerinden biri apatit $Ca_5(F, Cl, OH)(PO_4CO_3)_3$, öteki de fosforit $Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3$ 'tir. Bu nedenle başlıktan da anlaşılacağı gibi konu yerbilimcileri ilgilendirdiği yönle fosfor değil de ortofosforik asitin tuzları olan fosfatlardır.

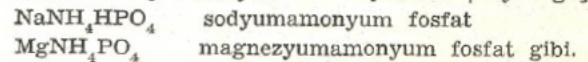
Fosfatların oluşumu şöyledir: Fosforpentaoksit (P_2O_5) suya kuvvetle etkir, metafosforik asit (HPO_3) yapar. Sonra yavaş yavaş bir su daha alarak pirofosforik asit ve sonunda üçüncü su molekülüyle ortofosforik asite dönüşür. Isıtma bu oluşumu hızlandırır. Olayı formüle edersek,



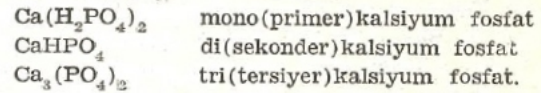
Fosforik asitlerin en önemlisi ortofosforik asittir. Buna kısaca fosforik asit, tuzlarına da fosfatlar diyebiliriz. Ortofosforik asit üç değerlikli bir asittir. Bu nedenle üç tür tuz verir:



Asitin H^+ iyonları yerine iki ayrı tür $+$ iyon geçebilir:



Üç tür kalsiyum fosfat vardır:



Bunlardan trikalsiyum fosfat ve öteki 2 ve 3 değerlikli elementlerin fosfatları suda erimezler. Fosfatlar değerli birer gübredirler. Doğada doğal yollarla (jeolojik olaylarla) oluşan fosfatlar yerbilimcilerin uğraşı alanına girer. Bunlara "FOSFAT KAYASI" veya yurdumuzdaki yaygın tanımıyla "FOSFAT" denir.

FOSFATIN JEOLJİSİ

Tanımlama

Yeterli saflık ve miktarda bir veya daha çok fosfatlı mineral kapsayan kayalara fosfat kayası veya fosfat denir.

Bu tanımlamanın özü jeolojiden çok ekonomiktir. Eğer bir kayaç gösterilen amaç için kullanılabilirse o bir fosfat kayasıdır. Bu nedenle bir yatağın değeri, konumu (statüsü) ekonomik koşullarla değişebilir.

Fosforit terimi ise fosfatla eşanlamlıdır. Fakat çoğunlukla sadece denizel kökenli fosfat kayalarına uygulanır. Başka bir deyişle, çökelti olarak okyanuslarda oluşan ve gevşek, toprağımsı, böbreğımsi, yumrulu, kabuğumsu olarak bulunan apatite fosforit denir.

Guano, hidrasyon, oksidasyon ve kimyasal ayrışmadan dolayı değişik derecelerde ayrılmış hayvan dışıklarının yığıntılarına uygulanan bir terimdir.

Genellikle tortul (sedimanter) yataklarda fosfat kayası, mağmatik yataklarda ise apatit terimleri kullanılır.

Fosfat kayasının kalsiyum fosfat kapsamını (kalitesini) belirtmek için dünyanın değişik yerlerinde aşağıdaki terimlerden biri kullanılır (Emigh, 1975):

BPL (Bone Phosphate of Lime) = Kirecin kemik fosfatı
 TPL (Triphosphate of Lime) = Kirecin trifosfatı
 P_2O_5 (Phosphorus Pentaoxide) = Fosfor pentaoksit
 P (Phosphorus) = Fosfor (genellikle kullanılmaz).
 Bunların kendi aralarındaki oranları ise şöyledir:

%80 BPL = %80 TPL = % 36,6 P_2O_5 = %16 P veya
 $\frac{BPL}{P} = 2,18$ $\frac{BPL}{P} = 5$

Yurdumuzda kullanılan ölçüt P_2O_5 'dir.

Bileşim

Yerkabuğunda bulunan birincil (primer) fosfat minerali apatit'tir. Mağma kayalarında bulunan apatitin genel formülü $Ca_5(F,Cl,OH).(PO_4,CO_3)_3$ olup türleri şunlardır:

florapatit	$Ca_5(PO_4)_3F$
klorapatit	$Ca_5(PO_4)_3Cl$
hidroksilapatit	$Ca_5(PO_4)_3OH$
karbonatapatit (kollofan, dahlit, frankolit)	$Ca_5(PO_4)_3CO_3.H_2O$

Öteki fosfat mineralleri ise:

Piromorfit	$(P_2As_2)O_3.PbO.PbCl_2$
Ambilligonit	$P_2O_5Al_2O_3.2Li(F,OH)$
Trifillit	$Li(Fe,Mn)PO_4$
Triplit	$P_2O_5.3Al_2O_3.13H_2O$
Vavellit	$2P_2O_5.3Al_2O_3.13H_2O$
Türkuaz (Firuze)	$2P_2O_5.3Al_2O_3.CuO.8H_2O$
Vivianit	$P_2O_5.3FeO.8H_2O$
Lebethenit	$Cu_2(PO_4)OH$
Brushit	$H.CaPO_4.2H_2O$
Monetit	$H.CaPO_4$
Vitlokite	$\beta.Ca_3(PO_4)_2$
Krandalit	$CaAl_3(PO_4)_2(OH)_5.H_2O$
Taranakit	$K_2Al_2(PO_4)_6(OH)_2.18H_2O$
Millisit	$(Na,K)CaAl_6(PO_4)_4(OH)_9.3H_2O$
Variskit	$AlPO_4.2H_2O$
Strengit	$FePO_4.2H_2O$
Parsonit	$Pb_2(UO_2)_2(PO_4)_2.2H_2O$
Monazit	$(Ce,La,Di,Th)PO_4$
Ksenotim	YPO_4
Torbernit	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2.8H_2O$
Otinit	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.8H_2O$
Uranokirkit	$Ba(UO_2)_2(PO_4)_2.8H_2O$

Fosfatlar bileşimindeki mineral türlerine göre,

- Bileşiminde PO_4 olan ender toprak mineralleri (monazit, ksenotim gibi)
- Bileşiminde PO_4 olan ikincil uranyum mineralleri (parsonit, renardit, otinit, kalkolit, uranokirkit gibi) veya
- Sulu fosfatlar (vivianit, vavellit, firuze, torbernit, otinit),
- Susuz fosfatlar (monazit, apatit, piromorfit) olarak sınıflandırılırlar.

Fosfatlı kayaçlar çoğunlukla fosfatın büyük bir bölümünün konsantre olduğu kırıntılı bir kısım ile çok az fosfatlı olan değişik kökenli bir gang olmak üzere iki kısımdan oluşurlar. Ayan (1970), iki türlü gang'dan söz etmiştir.

Eksogang: Kalsiyum fosfat elemanlarının dışında kalan steril veya çok az mineralize olan kısım. Kayacın kendisi. Eksogang, kimyasal veya kırıntı olarak karalardan gelen malzemenin fosfat çökelişiminin olduğu denizlerde birikmesiyle oluşur. Silise, kırıntılı (kuvars) veya kimyasal (çört, sileks) olarak çok rastlanır.

Endogang: Mineralize olan fosfat elemanları içindeki steril kısım. Çoğunlukla kalsit, organik madde, demir bazen kuvars veya glokoniden oluşur. Tanelerin rengine etki ederler. Endogang çok az olduğu veya sadece kalsitten oluştuğu zaman tanelerin rengi beyaz, sarımtırak veya gri olur. Demir, rengin esmer, organik maddelerde gri veya siyahımtırak olmasını sağlar.

Kalsiyum fosfat elemanları kayaç içinde (eksogang'da) başlıca nodül, tane veya kopolit şeklinde bulunur.

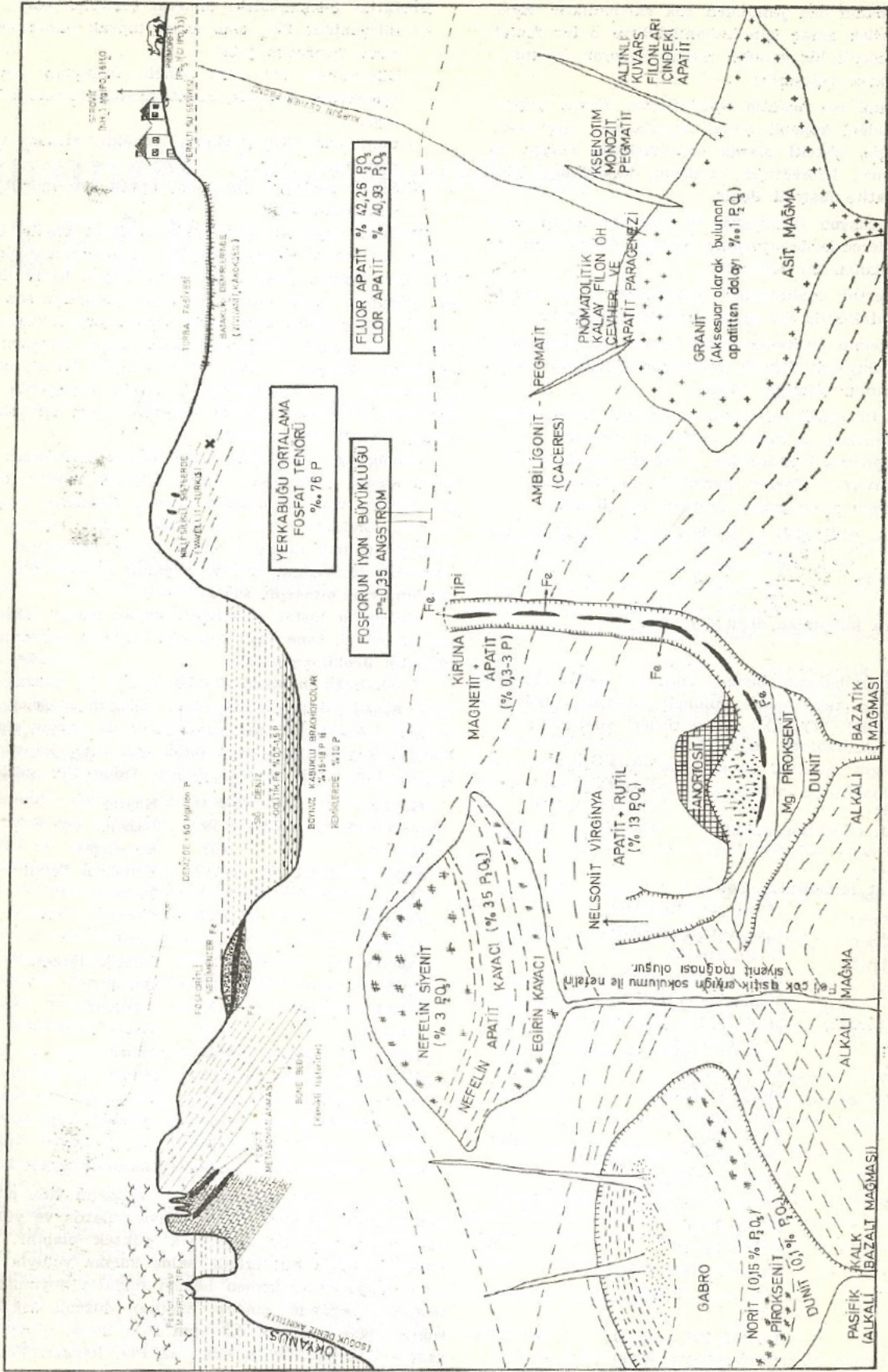
Fosfatın Jeokimyası

Yerkabuğu ortalama %0,76 - 0,81 P_2O_5 kapsar. Bunların çoğu apatit türleri içinde olur. Olağan mağma kayaları %0,005 - 0,4 P_2O_5 kapsar, fakat daha az yaygın olan alkalın mağma kayaları %1 veya daha çok P_2O_5 kapsar. Mağma kayalarının ortalama P_2O_5 %'leri Tablo 1'de gösterilmiştir.

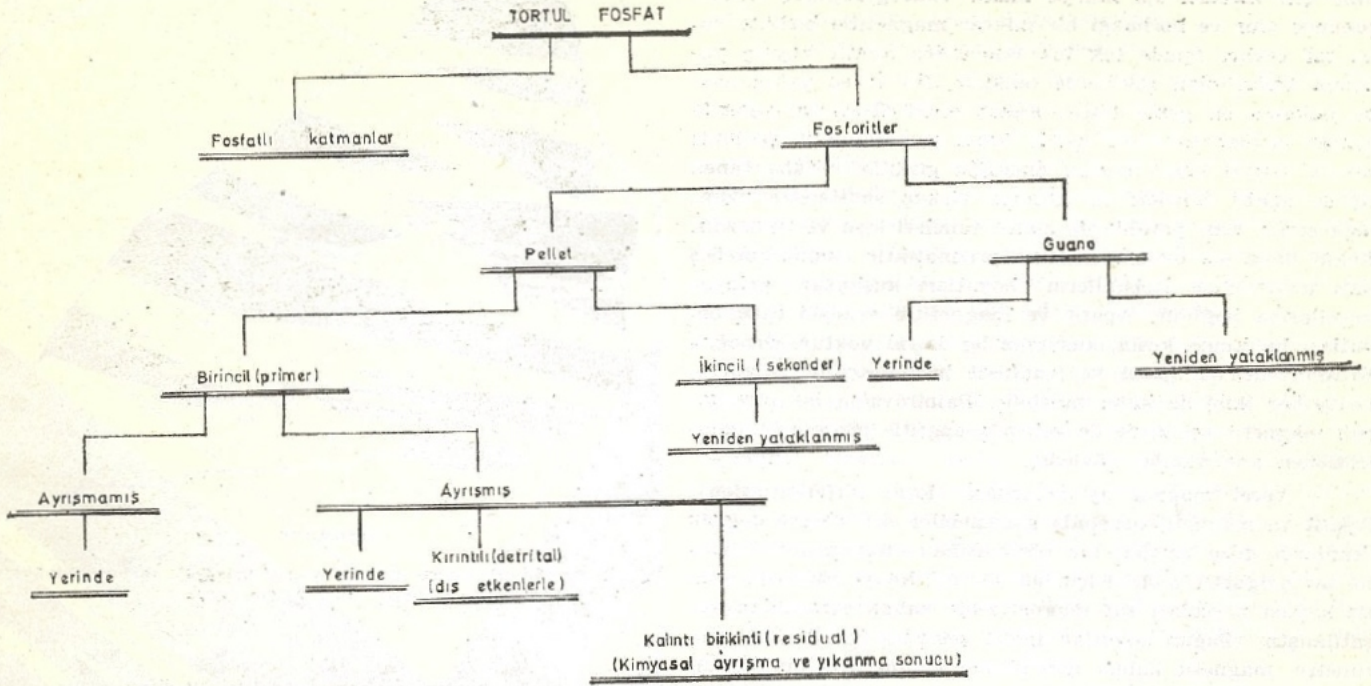
Kayaç	% P_2O_5	Kayaç	% P_2O_5
Granit	0,19	Bazalt	0,45
Riyolit	0,08	Esseksit	0,65
Kuvars Diyorit	0,26	Fenolitik Tefrit	0,60
Dasit	0,15	Tefrit	0,84
Diyorit	0,25	Teralit	0,74
Andezit	0,26	İjolit	1,42
Siyenit	0,28	Nefelin Bazalt	0,94
Trakit	0,24	Şorkinit	1,07
Nefelin Siyenit	0,25	Anortozit	0,05
Fenolit	0,12	Dunit	0,05
Urit	0,65	Pikrit	0,20
Nefelinit	1,04	Minet	1,12
Kuvars Gabro	0,35	Kersantit	0,35
Kuvars Bazalt	0,15	Alnöyit	2,38
Gabro	0,28		

Tablo 1: Mağmatik Kayaçların ortalama P_2O_5 %'leri

Nehir ve göl sularının PO_4 kapsamı 0,01 ppm'den 0,5 ppm'e kadar değişir, fakat az asit sularında ve yüksek tuzlu alkalın göllerde bu oran çok yüksek olabilir. Fosforun yaklaşık altında biri erimiş halde kaçma yoluyla denize taşınır. Okyanuslar hemen hemen fosfatla doymuştur. Fakat fosforun okyanus içindeki dağılımı düzenli değildir. Derin soğuk sular yaklaşık 0,3 ppm PO_4 , sıcak yüzey suları ise sadece 0,01 ppm veya daha az PO_4 kapsar. Fosfatın yer-yüzündeki dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Sekil 1: Fosfatın jeokimyası (Boshert, 1965)



Tablo 2: Tortul fosfat yataklarının sınıflaması (Emigh, 1975)

Fosfat Yataklarının Oluşumu ve Sınıflaması

Fosfat yataklarının oluşumu gibi sınıflaması da bir karmaşa içindedir. Her yazar kendine göre bir sınıflamaya gitmiş, bu nedenle de yerleşmiş bir sınıflama yapılamamıştır. Bunun da en büyük nedeni fosfatların oluşum mekanizmasının geçmişte de günümüzde de oldukça tartışmalı ve karışık olmasıdır. Gerçekten her yatak kendine özgü sorunlar ve koşullar getirmekte, belli bir sınıfa sokulamamaktadır.

Bazı yazarlar (Uzku, 1972) apatitin mağma ayrışması ile olan yakın ilgisi nedeniyle fosfat yataklarını,

a — Endojen fosfat yatakları: Bunlar mağma kayalarından kaynaklanan fosfat yatakları (apatitler) dir. Alkali mağmatizmada nefelinli siyenitlere ve karbonatitlere bağlı olarak oluşan ekonomik önemdeki yataklardır.

b — Eksojen fosfat yatakları: Tortul fosfat yatakları ve guano'lardır.

Bazı yazarlar (Emigh, 1975) ise sadece tortul fosfat yatakları üzerine eğilmişler ve bunların ayrıntılı bir sınıflamasını yapmışlardır (Tablo 2). Bunun nedeni bu tür yatakların çok yaygın ve ekonomik olması ile dünya üretiminin yaklaşık %80-85'ini karşılamasıdır.

Yurdumuzda tortul fosfat (yatakları) olanakları tüm aramalara karşın olumlu değildir. Dünya ölçütlerinin altında bile olsa her tür yatağa ilgi ile eğilmek zorunluluğu vardır. Mağma kayalarından kaynaklanan fosfat yataklarının aranmasına da önem vermemiz gerekir. Bu nedenle nefelinli siyenit ve karbonatit'lere bağlı yataklara da bu yazımızda değineceğiz.

(*) İsveç'in kuzeyinde demir madeni olarak işletilen, Loussavaara-Önceleri mağmatik kökenli olduğu kabul edilen bu cevherleşme

Mağmatik Fosfat Yatakları

Dünya fosfat üretiminin %15 ve/veya 20'si mağmatik kayalar (intrüzif kütle, hidrotermal damarlar, replasmanlar veya pegmatitler gibi) dan veya bu kayalardan kaynaklanan birikinti-kalıntı (residual) topraklardan elde edilmektedir. Bunların en önemlileri nefelinli siyenitler ve karbonatitlerdir. Fosfatın Jeokimyası başlıklı şekilden de (Şekil 1) anlaşılacağı gibi mağmanın hemen hemen tüm evrelerinde (ve türlerinde) P_2O_5 vardır. Fakat alkalin mağma kayalarında bu miktar daha çoktur. Bu nedenle mağmatik kayaların çoğunda apatitin ikincil mineral olarak bulunması olağandır. Siyenitlerde (ve/veya nefelinli siyenitlerde), pegmatitlerde ve karbonatitlerde apatit daha bol olarak bulunur. Mağma ayrışmasının (diferansiyasyon) bazı evrelerinde apatit, değişik boyut ve şekillerde ekonomik miktarlarda yataklanabilir. Mağma ayrışması sırasında, likit-mağmatik evrede apatit oluşumu apatit-magnetit sokulumları (Kiruna Tipi'nde olduğu gibi) ve apatit-nefelin sokulumları şeklindedir. Pegmatitik evrede ise apatitli pegmatitler oluşabilir. Örneğin, apatit-mika pegmatitleri ve niob-tantal pegmatitleri (monazit, ksenotim'li) gibi.

Yurdumuzda Bitlis Metamorfiteri'nde görülen apatitli magnetitlerin son günlerde önem kazanması ve Kiruna Tipi'ne* benzetilmesi nedeniyle bu tip cevherleşmenin üzerinde durulacaktır. Apatitli magnetit cevherleri (Per GEIJER, 1967). Çoğunlukla (bir kural gibi) cevherler içindeki apatit ince ve kaba taneli olarak nitelendirilebilen iki şekilden birinde gelişmiştir. Öte yandan her iki tip, aynı cevher külesi içinde bulunabilir, fakat onlardan biri kesinlikle çoğunluktadır. "İnce taneli apatit" denilen tipte mineral genel-

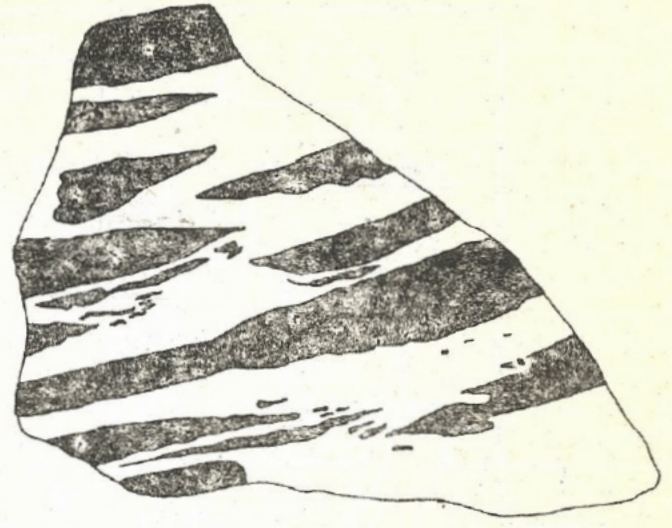
Kiirunavaara-Aktiebolag (LKAB)'daki apatitli magnetit cevherleri için, son yıllarda değişik kuramlar ortaya atılmaktadır.

likle çok inceden 1,5 mm'ye kadar olan genişlikte taneler şeklinde olur ve herhangi bir miktar magnetitle birlikte daha saf cevher içinde tek tek tanelerden apatit kayası yapısına kadar olan şekillerde bulunur. Bu İsveç yataklarında bulunan en genel tiptir. Fakat öteki ülkelerin çoğunda benzer cevher kütleleri içinde kaba taneli apatit şeklinde sadece ikincil (tali) olarak oluştuğu görülür. "Kaba taneli tip"de apatit taneleri en azından birkaç santimetre uzunluğa erişir. Bazı yataklarda apatit taneleri kısa ve tıknazdır. Fakat daha sık olarak uzun ve prizmatiktir (kahlıgım beş katı uzunlukta). Kristallerin boyutları kuşkusuz gelişme koşullarına bağlıdır. Apatit ve magnetitin oransal boyutları hakkında kesin, kusursuz bir kural yoktur. Örneğin, Kiirunavaara'da apatit ve magnetit ince tanelidir. Algorrobo'da her ikisi de kaba tanelidir. Painirova'da ise ince taneli magnetit iki türde de gelişmiş apatitle birlikte bulunur. Gözlenen ana yapılar şöyledir:

— Yerel mağma ayrımlaşması (local differentiation): Apatit ve magnetit arasında gözlenebilen son derece değişik oranların göze çarpan bir görünüşüdür. Saf apatit kayası ile saf magnetit cevheri içindeki bir ayrılmayı gösterir. Apatit kayası parçaları saf magnetit bir kabuk tarafından kuşatılmıştır. Olağan boyutlar apatit çekirdek için birkaç santimetre, magnetit kabuk için birkaç milimetre kahlılıktadır.

— Apatit bantlı cevher: Bu terim olayın ilk tanımlanmasında kullanıldığı gibi "katmanlı cevher"den daha uygun görünmektedir. Katmanlı sözcüğü kökenle ilgili bir açıklamaya işaret eder ki kolaylıkla uygulanamaz. Zaten iki bileşenin (apatit-magnetit) düzensiz ve yol yol dağılımı gibi halden hale geçişleri vardır. Bantlaşma sadece ince taneli apatitli cevher içinde görülür. Olay bir katmanlanmayı örnek alır gibi apatit ve magnetit birimlerinin değişik oranlarının ardalanmalı yinelenmesidir. Apatit bantları çoğunlukla (bir kural gibi) saf veya çok az magnetitlidir. Magnetit bantlarında bu oran apatitçe zengin cevherden hemen hemen saf magnetite kadar değişebilir. Öte yandan bu oran düzenli bir şekilde devamlıdır. Günümüzde bantlaşmanın kesin bir açıklaması olası değildir. Birbirini izleyen seçenekler kristallenmiş cevher mağması içindeki akıcı bir birim (= olay) veya ardalanmalı kristallenme olarak görünür. Ve bunlardan sadece biri olduğu sanılmaktadır. Olaya akıcı bir birimin yol açtığını varsayarsak iki ayrı açıklama söz konusu olabilir. Birinci olasılık, cevherin kusursuz pekişmeden önce paralel yüzeyler içinde yaprak haline gelmiş olmalarıdır ki genellikle cevher bantlarının sırası içindeki iki mineral arasındaki değişmez oranı buna karşıt gösterebiliriz. Öteki olasılık ise oluşum sırasında apatit bantlarının ayrılmasıdır. Kristallenme sırası bu görünümün desteği olabilir. Ardalanmalı kristallenme, duvarlardan içeri doğru hareket şekli başka bir olasılıktır (Şekil 2 ve 3).

— Aynı cevher kütlesi içindeki değişik sokulumlar: Birkaç yatakta cevher kütesinin farklı yerleri arasında intrüzif ilgiler gözlenmiştir. Bunlar yerel gözlemlerdir. Bu nedenle yukarıdaki başlıktaki gibi kesin tanımlama yapılması sakıncalıdır. Tuolluvaara cevher kütlesi iki ayrı sokulumun karışımıdır ki bunlar aynı çatlak sistemini izlerler. Bu yataklarda apatit yüzdesi çok düşüktür, çoğunlukla da farkedilmez ve kimyasal analiz gerekebilir. Öte yandan apatit oranları ortalamanın çok üstünde olan kısımlar da vardır. Bu kesimler genellikle bantlaşma gösterir (apatit bantlı cevher tipinde olduğu gibi).



Şekil 2: Apatit kayası (beyaz) ve saf magnetit cevheri (siyah), örnek Tuolluvaara'dan, (Per Geijer, 1967)

Amfibol, bu tip cevher yataklarının büyük bir çoğunluğunda oluşur. Fakat her nasılsa Rektor yataklarında tipik olarak biraz kuvars kapsayan yerlerde yoktur. Cevher içindeki amfibol olağan olarak aktinolit veya çoğunlukla lifi ve yeşil renkli aktinolitik hornblend'dir. Bu tip yataklarda aktinolite ek olarak tremolit, antofillit, kummingtonit ve hornblend de oluşur.

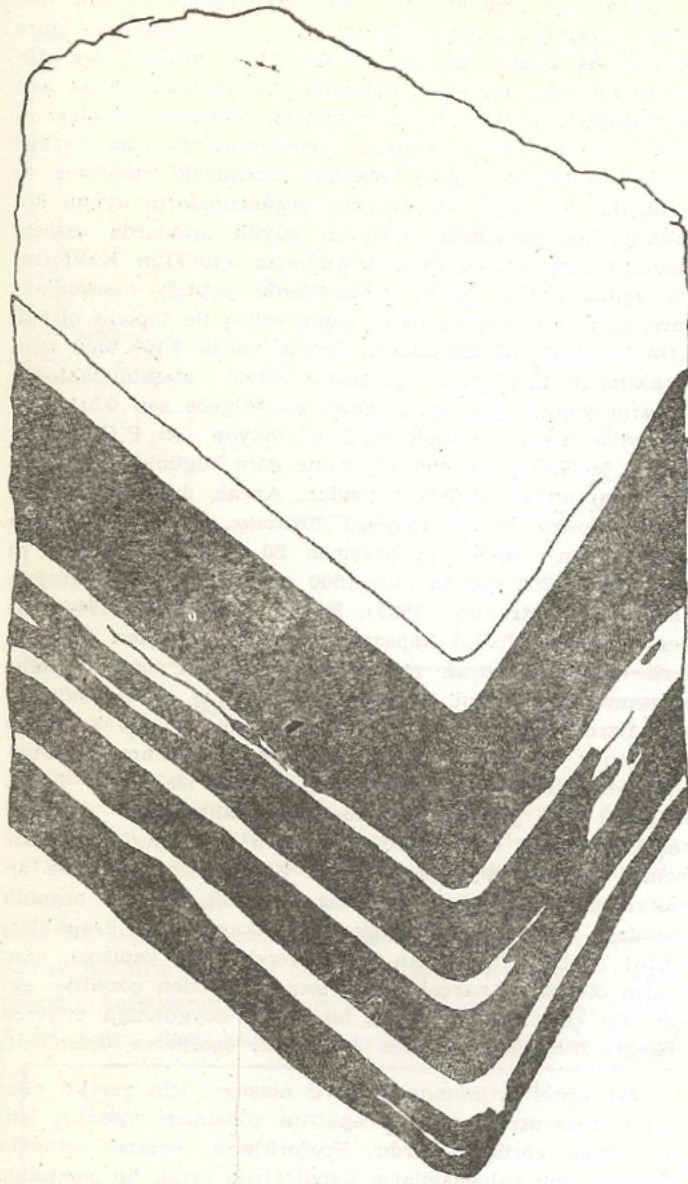
Burada Kiirunavaara'da yerel bir olay gibi gözlenen magnetitin özel bir şekli olan "sütun magnetit"ten söz etmeden geçemeyiz. Bu birimlerin karakteristik niteliği kesinlikle hiçbir şey kapsamamasıdır. Magnetit kahlılığının beş katından on katına kadar uzunlukta mineral sütunları (veya çubukları) kapsar. Değişik bantlar içinde çubukların boyutları birkaç milimetreden 1,5 santimetre kahlılık ve birkaç santimetreden 12 santimetre uzunluğa kadar değişir.

Karbonatlara Bağlı Apatit Yatakları

Karbonatitler, kalsit, dolomit ve öteki karbonatların endojen zenginleşmesidir. Bu karbonatitler, ultrabazik alkali kayalarla köken ve ortam açısından ilişkilidir. Karbonatit maden yatakları üç alt gruba ayrılabilir (Yersel, 1978):

- Apatit-Magnetit Karbonatit
- Ender mineral ve metalli Karbonatit
- Filogopit Karbonatit.

Karbonatitler öncelikle iri kristalli kalsit veya dolomit, ten oluşan kayalardır. Bu mineraller yanında karbonatitler bazan rodokrozit ve siderit gibi mineraller de içerirler. Bu durumda karbonatitler, kalsit veya dolomit olarak adlandırılabilirler. Diğer taraftan ana mineraller yanında, karbonatitleri maden yatakları olarak ilginç kılan başka bazı önemli mineraller de bulunmaktadır. Karbonatitler her yönüyle intrüzif kayalara benzerler. Yani onlar gibi CaCO_3 —veya $\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$ — mağması halinde intrüzyonlar şeklinde bugünkü yerlerini almışlardır. Kalsitin ancak 1000 Atm. basınçta 1339 derece sıcaklıkta eridiği düşünülürse,



Şekil 3: Apatit kayası (beyaz) ve saf magnetit cevheri (siyah), örnek Grangeberg'den, (Per Geijer, 1967)

böyle bir CaCO_3 -mağmasının, yalnız çok büyük derinlik ve yüksek basınç altında oluşabileceği ortaya çıkar. Apatit ve magnetit mineralleri kapsayan karbonatitlerin adları, bulunduğu bölge ve ülkeleri şöyledir (Çağatay, 1977):

Jacupiranga Karbonatiti: Staut Sao Paulo, Brezilya
 Aruxa Karbonatiti: Minas Gerais, Brezilya
 Phalaborwa Karbonatiti: Güney Afrika Cumhuriyeti.

Karbonatit kompleksleri, Güney ve Doğu Afrika'da fosfatın başlıca kaynağıdır. Ve bölgenin tortul fosfat yönünden oldukça yoksul olan tarım ekonomisinde giderek büyüyen önemdedirler. Önemli yatakların üç tipi vardır:

- a — Karbonatit komplekslerinin ijolitik veya piroksenitik zonlarındaki apatit kontrasyonları,
- b — Apatitçe zengin karbonatitler,
- c — Bu tiplerin herbirinden kaynaklanan ikincil birikinti ve/veya kalıntı (residual) yataklar.

Fosfatlı ender toprak mineralleri, alüminyum fosfat ve isokit (CaMgPO_4F) endüstriyel fosfat gereksinimleri için düşük önemdedirler. Karbonatitten flotasyon yoluyla apatitin ayrılması oldukça zordur. Bu nedenle apatitçe zengin karbonatitler, ekonomik açıdan karbonatitten bağımsız birikinti ve/veya kalıntı yataklarıyla apatit-magnetit-silikat topluluklarından daha az ilgi çekici olmuşlardır.

Doğu Transvaal'daki Phalaborwa'da Loolekop Karbonatiti 400 ft. genişlikte foskorit (phoscorite) olarak bilinen apatitçe zengin bir zon tarafından kuşatılmıştır. Bu zon çok daha geniş bir piroksenit kütleline içine ve dışarı doğru eğimlidir. Foskorit, kalsit, ikincil vermikulit, serpantinize olmuş olivin, titanomagnetit ve apatit toplulukları tarafından bresleşmiştir ve karışık yapılıdır (heterojen). %25 apatitli 10 milyon ton rezerv vardır. 1956'dan beri Phosphate Development Corporation tarafından %36'dan daha çok P_2O_5 kapsayan flotasyon konsantreleri sağlamak için işletilmiştir. Yan ürünleri, bakır konsantreleri, baddeleyite ve magnetittir (Tuttle ve Gittins, 1960).

Apatit, her ne kadar karbonatit komplekslerinin içinde hemen hemen her yerde bulunursa da genellikle bir aksesuar mineraldir, sadece ikincil konsantrasyonlarının bulunduğu yerde ekonomik önemdedir.

Tortul (Sedimanter) Fosfat Yatakları

Fosfat kayası üretiminin büyük bir kısmı (%80-85) tortul yataklardan sağlanır. Fosfatik kireçtaşı ve/veya kumtaşı çoğunlukla kıtaların doğusundaki deniz kenarları boyunca ve ılık sularda yataklanır (örneğin, ABD'in doğusundaki miyosen yatakları, Virginia'nın güneyinden Kuzey Carolina, Georgia ve Florida'nın güney ucuna doğru uzanır). Bu durum derinden yüzeye çıkan akıntı suları veya karşı yönden gelen soğuk akıntılarının, sıcak akıntılar ile karşılaşmalarının fosfatik malzemenin yataklanmasına neden olduğunu düşündürür. Ayrıca eski halicilerde veya geniş nehir ağızları yakınında fosfat kapsamı artar. Bu birincil yataklar daha sonra deniz dibi yeniden aşınma, taşınma ve ayrışma ile zenginleşebilir. Kumdan çakıl boyutuna kadar değişik tane boyutlarında malzeme kapsayan, çakıltaşından oluşmuş ünlü Florida yatakları eski sel (veya akıntı) ve halic katmanlarında oluşmuş ve korunmuştur.

Tortul fosfat yataklarının ikinci bir tipi, şeyl, dolomit, çört, diatomit, tuzlu yataklar ve kumtaşı (genellikle karbonlu) çökellerinin kalın yığılımları içinde denizel yataklanma yoluyla oluşmuştur. Fosfat kapsamı, nodül/pellet, fosfatlaşmış kabuk/kemik ve fosfatik kumtaşı ile pekişmiştir (artmıştır). SSCB'nin Kara Tau çevresindeki geniş yataklar kadar iyi olan Avusturya'daki kambriyen, ABD'nin batısındaki Permiyen, Kolombiya'daki Kretase, Batı ve Kuzey Afrika ile Orta Doğu'daki Kretase ve Eosen, Peru ve Kaliforniya'daki Miyosen yatakları bu yatak tipinin örnekleridir.

Duraylı kıta şelfi veya kıta içlerine doğru oluşan yataklar daha az ticari önemdedirler. Bunlar genellikle kireçtaşı, dolomit, şeyl ve glokonili kumtaşları ile birlikte çökelmişlerdir. Örneğin, ABD'de Arkansas'daki fosfatlı şeyller

ve Tenesse'deki fosfatik kumtaşı yatakları (Industrial Minerals, November 1976).

Yukarıda ana niteliklerine değinilen fosfat yataklarının ekonomik oluşumları sadece denizel koşullar altında fosforit şeklindedir. Yaşları Kambriyenden Pleyistose'ye kadar değişen, oldukça düzenli yayılan katmanlar öteki tortullarla ara katmanlıdır, yanal olarak onların içine girer. Fosfatlı katmanlar, fosil kapsamı çok küt olmasına karşın öteki denizel fosilli katmanlarla araldanmalıdır. Bu durum onların oolitik özelliği ile birlikte denizel kökenden geldiğini kanıtlar. Tüm bu özellikler fosfat yataklarının sınıflama kriterlerini de belirler. Uzkut (1972), fosfat yataklarının petrografik yönden,

Birincil (primer) fosforitler:

- kumlu fosforitler
- killi fosforitler
- glokonili fosforitler
- ovolitik fosforitler
- oolitik fosforitler
- yumrulu fosforitler
- iri yumrulu fosforitler
- fosfatik tebeşir
- spiküllü veya radyolaryalı fosforitler
- krinoidli fosforitler
- kemik fosforitler (Bone Beds)
- kaprolitik fosforit (Pillen-Phosphorit)

İkincil (sekonder) fosforitler:

- fosfatik gre
- fosfatlaşmış kireçtaşı
- Yerli kahntı (birikinti) fosforit (otokton residual fosforit)
- taşınmış birikinti fosforit (allokton residual fosforit) olmak üzere ikiye ayırmıştır. Oluşum yaşı yönünden ise,

Fosil fosfat yatakları: Prekambriyenden Tersiyere kadar olan bütün jeolojik formasyonlardaki yatakları oluştururlar.

Aktüel fosfat yatakları: Tersiyer ve daha genç yaştaki jeolojik formasyonlardaki fosfat yatakları, şeklinde iki sınıfa ayırmıştır.

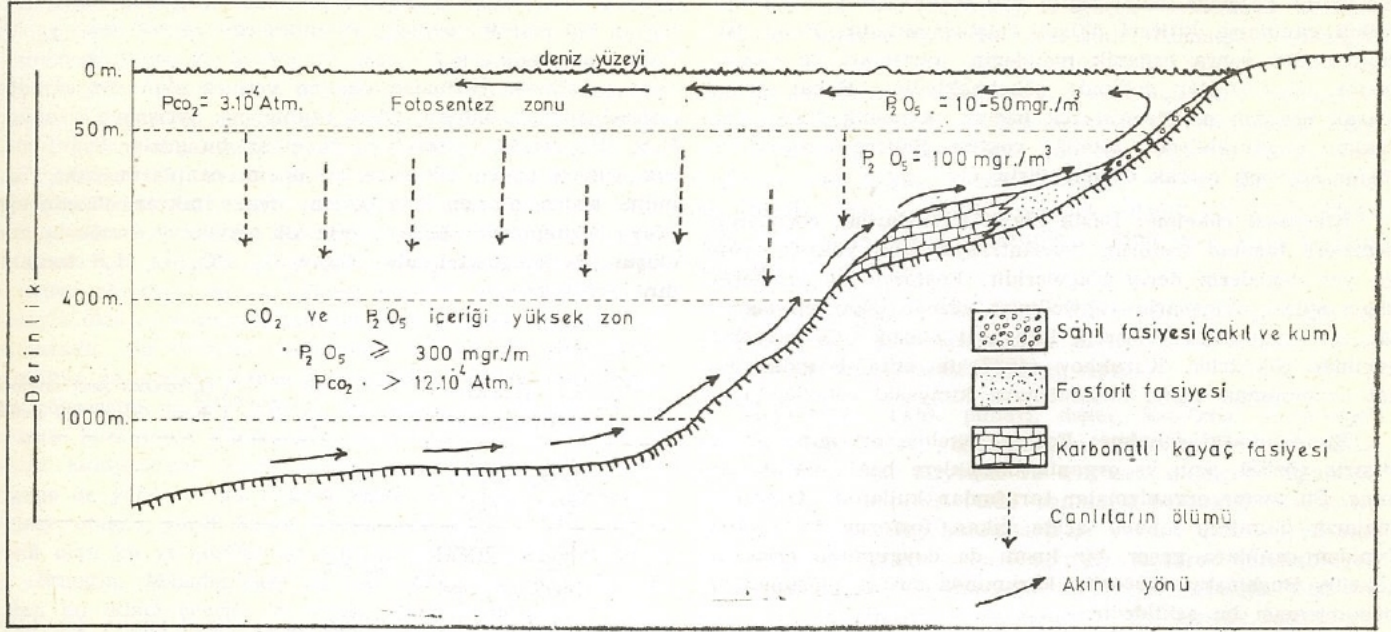
Emigh (1975)'in sınıflaması ise Tablo 2'de görüldüğü gibidir.

Geniş boyutlarda denizel fosforit formasyonlarının açıklanması için birkaç kuram önerilmiştir. Fakat bunların hiçbirini tek başına bilinen tüm denizel fosforit yataklarının petrografik ve sedimentolojik özelliklerini yeterli olarak açıklayamaz. Bu durum (açık olarak) bu yataklar için bir köken modelinden daha çok öneriyi ön plana çıkarır. Herhangi bir kuramın iki noktayı açıklaması önemlidir (gerekir). Fosforit oluşumu için gerekli olan erimiş fosforun yüksek konsantrasyonunun kaynağı ve apatitin oluştuğu mekanizma.

Okyanuslardaki erimiş fosforun kaynağı için değişik savlar öne sürülmüştür. Ancak ekonomik önemde bir çökelmeyi sağlayan bir fosfat konsantrasyonunun gelişmesi tekdüze bir olay olmaktan çok, çeşitli doğal olayların ortaklaşa bir ürünüdür. Değişik morfolojik ve coğrafik koşullar da bu olayı denetleyen etkenler arasındadır.

McKelvey (1967)'e göre denizlere taşınan toplam fosforun 1/6'sı çözünmüş haldedir. Bazı araştırmacılara göre akarsularla denize taşınan toplam P_2O_5 miktarı $1-4,5.10^8$ ton arasındadır. Fosforun akarsular tarafından fosforik asit ve kalsiyum fosfat olarak taşınması olasıdır. Kuşlar ve öteki hayvanların da taşıma işlemine az da olsa katkısı vardır. Bushinsky (1964), çökelme sırasındaki yükselme ve kırılmalar nedeniyle ölen denizel organizmaların uygun koşullarda ayrışmasından fosforun büyük oranlarda serbest kalabileceğini açıklamıştır. D'Anglejan (1967)'in Kaliforniya açıklarındaki aktüel fosforitlerde yaptığı çalışmalara göre, fosforitli bölgeye derin deniz suları ile toplam olarak 7.10^6 ton P_2O_5 taşınmaktadır. Bunun ancak 3.10^3 tonu fitoplanktonlar tarafından alınarak çökele ulaşabilmektedir. Yazarın yaptığı çalışmaya göre, bu bölgede son 0,5-1 milyon yılda toplam olarak $1,5-3.10^9$ milyon ton P_2O_5 çökelmiştir. McKelvey ve diğ. (1953)'ne göre bugünkü denizlerin P_2O_5 kapsamı $0,32.10^{12}$ tondur. Ancak değişik derinliklerdeki fosfor konsantrasyonu farklıdır. 0-50 m arasında $1-20$ mgr/m³, 50-500 m arasında 50 mgr/m³, 500-1500 m arasında $10-200$ mgr/m³'dür. 1500 m'den sonra ise durağan (sabit) dir (Strakhov, 1962). Ronov ve Korzina (1960) ise deniz suyunun fosfat kapsamının apatit çökmesi için yeterli olduğunu, ancak günümüz denizlerinin toplam fosfat kapsamının tortul kayalarda dağılmış halde bulunan fosfatların oluşumu için yeterli olmadığını belirterek, bunun için deniz suyunun fosfatça 12000 kez yenilenmesi gerektiğini ileri sürmüştür. Bushinsky (1964) ise tortul fosfat oluşumu için gerekli olan fosforun akarsularla denizlere taşındığını ileri sürmektedir. Araştırmacıya göre özellikle nemli bölgelerden çıkarak kurak bölgelerden geçen ve sıcak denizlere dökülen akarsular, çözülme, asılı ve organik maddeye bağlı fosfat taşırlar. Bu akarsuların taşıdıkları fosfat canlılar tarafından özümlelenerek canlı yapısına, canlıların ölümü ve parçalanması sonucu yeniden çözülmeye geçer. Bu çözülmeye fosfatın bir kısmı doygunluğa erişerek çökelir. Bir kısmı yeniden ortamdaki canlılarca özümlelenir.

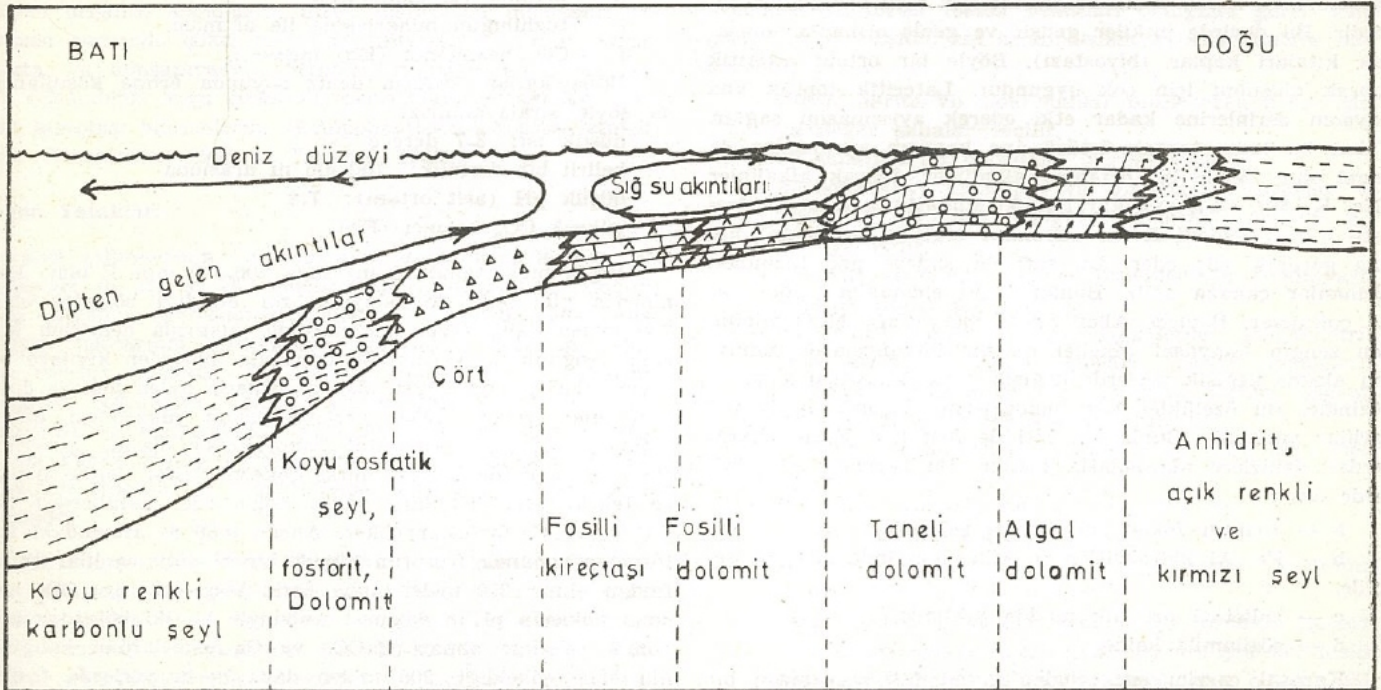
Bir çökel ortamında, fosforit oluşumu için gerekli olan fosfat konsantrasyonundan apatitin çökmesi aşaması için de değişik görüşler vardır. Fosforitlerin denizel ortamda oluştuğu tüm çalışmacıların kabul ettiği ortak bir noktadır. Ancak tortul fosfat katmanlarının oluşması için yeterli oranda (miktar) fosfatın birikmesi için olağanüstü denizel (fiziksel ve kimyasal) koşullar gereklidir. Daha önce değindiğimiz kuramcılar soruna değişik yönlerden yaklaşmışlardır. Bunlardan Kazakhov (1937)'a göre fosfor konsantrasyonu deniz yüzeyinden dibe doğru fotosentez zonu da bir en az düzeyden geçtikten sonra artar. Okyanus dibinde fosforca zengin olan soğuk sular yüzeye çıkarken ısınır, CO_2 basıncı (Eh) düşer, pH yükselir. Bunun sonucu olarak da önce $CaCO_3$ sonra Ca-fosfatlar kimyasal olarak çökelir. Ancak araştırmacı, 0-50 m arasındaki fotosentez zonu da fosforun geniş ölçüde canlılar tarafından kullanılması, 200 m'den derin olan bölgelerde ise CO_2 basıncının yükselip pH'nin düşmesi nedeniyle bu iki bölgede Ca-fosfatların çökmeleyeceğini belirterek bu çökelme için uygun ortamların kıta sahanlığı kenarlarında 50-200 m derinlikteki bölgeler olduğunu ileri sürmüştür (Şekil 4). Kazakhov'un bu görüşlerine çeşitli araştırmacılar bazı eleştiriler ve katkılar getirmişlerdir. McKelvey ve diğ. (1953), fosforitlerde ve bunların beraber buldukları kayalarda dalga izi ve çap-



Şekil 4: Kazakov'a göre fosfat oluşumu

raz katmanlanma gibi dalgaların etkisiyle oluşan yapıların olmadığını belirterek, 50-200 m arasında kuvvetli dalgalar etkisiyle bu yapıların oluşabileceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca bugünkü denizlerde 400-1000 m arasında ve daha derinlerde fosfat oluşumunun varlığına dikkati çekerek fosfatların 200-1000 m arasında da çökelebileceğini belirtmişlerdir. Ancak bunların oluşumu deniz gibi sıcak ve soğuk su akıntılarının karşılaşma noktaları ile ilgili olabilir (Ayan, 1970). Araştırmacılar, deniz suyunun aynı anda doygunluğa eri-

şebileceğini, bunların beraberce çökelebileceğini (fosfatlı kireçtaşı) fakat genellikle birbirinden bilimsel olarak ayırdıklarına dikkati çekerek bunların çökelmelerinin aynı olmadığını ileri sürmüşlerdir. Phosphoria Formasyonu'nda (Şekil 5) önce Ca-fosfatlar sonra CaCO_3 'ün çökeldiğini kabul etmişlerdir. Bunların dışında Kazakhov tarafından belirtilmeyen çört-fosforit beraberliğinin jeosenklinallerin kıyıkenar kısımlarını (miyojeosenklinaller) belirttiğini ve fosfat yataklarının miyojeosenklinallerde oluşabileceğini ortaya koymuşlardır.



Şekil 5: Fosforiya Denizindeki çökeller ve çökeltme ortamları (Cheney ve Sheldon, 1953)

Biyojen çökme: Bazı araştırmacılar canlıların önemli bir fosfor kaynağı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu savın özünü canlıların kitlesel ölümü oluşturmaktadır. Buna göre ölümden sonra organik maddenin ayrışması ile oluşan fosfor, Ca-fosfatlar şeklinde çökmektedir. Fakat genel olarak organik maddelerin tek başına ekonomik fosfat yatakları oluşturabilecek niteliği yoktur. Sadece önemli bir fosfor kaynağı olarak düşünülebilir.

Kimyasal çökme: Bazı alkali kayalardan çözünerek denizlere taşınan fosforun konsantrasyonunun yüksek olduğu yer denizlerin derin bölgeleridir. Fosforca zengin derin deniz suları akıntılarla (upwelling) yüzeye çıkarken ısınır ve doymunluğa erişerek, kimyasal olarak Ca-fosfatlar şeklinde çöklerler. Kazakhov (1937)'un kuramlarında fosfat oluşumunun temel mekanizması kimyasal çökmedir.

Biyokimyasal çökme: Fosfor çökme ortamına akarsularla çözülmesi, asılı ve organik bileşiklere bağlı olarak taşınır. Bu fosfor organizmalar tarafından kullanılır. Organizmaların ölümleri sonucu açığa çıkan fosforun bir kısmı yeniden canlılara geçer, bir kısmı da doymunluğa erişerek çökler. Bushinsky (1964)'in kuramında fosfat oluşumunun mekanizması bu şekildedir.

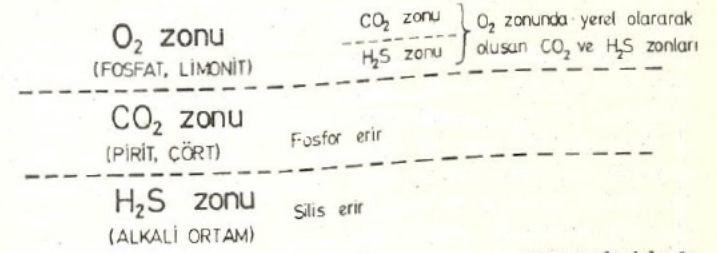
Metasomatik fosfat oluşumu: Fosforit oluşumu için uygun olan okyanusal ve jeokimyasal koşulların karbonatlı kayalar için de uygun olması nedeniyle metasomatik fosfat oluşumu bazı araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Bu durumda söz konusu iki görüş vardır. Kalsit ve aragonit'in yapısındaki CO_3 'ün, PO_4 tarafından replase edilmesi veya kalsitin çözünüp Ca-fosfatların çökmesidir.

Tortul fosfat yataklarının oluşumu üzerine çeşitli araştırmacıların çalışmaları, görüşleri, kuramları ve eleştirilerine kısaca değindikten sonra, tortul fosfat oluşumunun evrelerini şöyle sıralayabiliriz: Ayan (1970)'a göre denizlerdeki fosfat konsantrasyonunun artması için en uygun karasal ortam, sıcak, nemli ve engebelerin tatlı olduğu bir devirdir. Bu devirde bitkiler gelişir ve geniş ormanlar oluşarak kıtaları kaplar (biyostazi). Böyle bir ortam lateritik toprak oluşumu için çok uygundur. Lateritik toprak ana kayacın derinlerine kadar etki ederek ayrışmasını sağlar. Fakat bu kalın toprak örtüsü ana kayacın aşınmasına da engel olur. Böyle bir ortamda alkaliner, toprak alkaliner (Na, K, Mg, Ca), ana karalardaki silikatların silisi ve fosfatlı minerallerdeki fosfat anyonları ergiyik (solüsyon) haline geçerek göç eder. Bu safhada sadece göç fazındaki elemanlar çanağa gelir. Bunlar öteki elemanlara göre daha çoktur. Böylece Al'ca fakir, SiO_2 , CaO, MgO yönünden zengin kimyasal çökeller oluşur. Okyanuslarda sanılan aksine değişik yerlerde değişik fiziko-kimyasal koşullar etkindir. Bu özellikler bazı maddelerin oluşumunda önemli farklar yapabilir. Bunlardan biri de fosfattır. Fosfor karalardan denizlere akarsularla taşınır. Bu taşınma şu şekillerde olur:

- kırıntılı fosfat mineralleri şeklinde,
- Fe, Al hidroksitler ve killer üzerinde adsorbe şekilde,
- kolloidal organik madde şeklinde,
- çözünmüş halde.

Karasal çevrim süzgecinden geçen fosfor, denizde bir çevrime girer. Havadaki oksijen ile sudaki oksijen dirik (di-

namik) haldedir. Denizler ne kadar hareketli olursa oksijen o derece derinlere inebilir (okyanusların solunumu). Oksijenin bol olarak inebildiği derinliklerde ise bol canlı yaşar. Fakat bu canlıların ortamdaki yeterli N ve P nedeniyle aşırı çoğalması yüzünden oksijen yetmez olur. Ve canlılar kitlesel olarak ölürler. Ölen canlıların ayrışması sonucu H_2S , NH_3 ve CO_2 gazları açığa çıkar, bu gazlar doğal olarak yukarı doğru çıkarken bir kısım canlıların daha ölüme neden olurlar. Bu çevrim denge tekrar düzelineye (veya bozuluncaya) kadar sürer. Bu olaylar sırasında üç zon oluşur. Bunlar üstten alta doğru O_2 , CO_2 ve H_2S zonlarıdır (Şekil 6).



Şekil 6: Canlıların kitlesel ölümü ve ayrışması sonucu denizlerde oluşan O_2 , CO_2 ve H_2S zonları.

Okyanuslar çoğunlukla fosfata doymuş durumdadırlar. Ancak fosfatın bu doymun ortamdan çökebilmesi için bazı koşullar gereklidir. Ve bu koşulların ekonomik önemde çökeltilerin oluşabilmesi için yeterli bir zaman sürecinde geçerli olması gerekir. Okyanuslardaki (veya denizlerdeki) fosfatın çökebilmesi için aşağıdaki koşullar gereklidir:

- pH ve sıcaklığın yükselmesi,
 - ortama fosfat eklenmesi (aşırı doyma durumu),
 - ortama F eklenmesi,
 - ortama Ca eklenmesi
 - tuzluluğun buharlaşma ile artması,
 - CO_2 basıncının (Eh) düşmesi.
- Buna karşın fosfatın deniz suyunda erime koşullarını da şöyle sıralayabiliriz:
- düşük ısı: 3-7 derece
 - belirli bir derinlik: 100-200 m arasında
 - düşük pH (asit ortam): 7-8
 - yüksek CO_2 basıncı (Eh).

Böyle bir ortamda 1 m³ suda 200-300 mgr P olur. Denizlerin gün ışığı ve oksijenin zor etkidiği bölgeler olan 200 m'den daha derin kısımlarında yukarıda belirtilen koşullar çoğunlukla vardır. Bu durumda diplerden kıyılara ve derinlerden yüzeye doğru olan akıntılarla gelen fosfora doymun sular, yüzeye yakın yerlerde ısının yükselmesi, pH'ın artması nedeniyle kimyasal (anorganik) olarak çökerler. Bu işlem açık denizlerde olursa çökelen fosfor derine inkiçe tekrar erer. Kıyılara yakın bölgelerde (sahillerde) ise $CaCO_3$ ve Ca-fosfatlar çöker. Ancak 0-50 m arasındaki fotosentez zonunda fosforun büyük bir bölümü canlılar tarafından alınır. 200 m'den daha derin bölgelerde ise CO_2 basıncı yükselip pH'ın düşmesi nedeniyle bu iki bölgede ekonomik çökme olmaz. $CaCO_3$ ve Ca-fosfatlardan hangisinin önce çöklediği, 200 m'den daha derin yerlerde fosfat çökelebileceği konuları tartışmalıdır. Denizlerdeki fosfat

dengeinde organizmaların önemi büyüktür. Bu organizmaların yığınsal ölümü ile biriken organik maddelerin ayrışması sonucu denizlerdeki fosfat dengesinin etkileneceği açıktır. Kitlesel ölümlerle oluşan O_2 , CO_2 , H_2S zonlarında, kimyasal koşullar gereği SiO_2 'nin önemli oranları H_2S zonunda erimekte ve CO_2 zonuna geçişte çört gibi çökellerin oluşmasına neden olmaktadır. Fosfat ise CO_2 zonundan O_2 zonuna geçişte CO_2 basıncının düşmesi ve asitliğin artması sonucu oluşmaktadır. Aynı ortamda fosfat, çört ve kilin ardalıncı oluşması ise fosfatın oluştuğu O_2 zonunda, yerel akıntı ve çalkantılar havadaki oksijenin suya etkimesine neden olmakta, bu da canlıların yerel çoğalmasına, dolayısıyla oksijenin yetmemesinden yine kitlesel ölümlere yol açmaktadır. Bu bölgede (fotosentez bölgesi de diyebiliriz) derinliğin az olması, ölü organizmaların dağılımdan hızla dibe çökmesini ve ayrışmasını, sıcaklığın yüksek olması da organik bozunmayı hızlandırır, fosforun serbest hale geçmesini kolaylaştırır. Ölen canlıların ayrışması sonucu bu bölgede de yerel olarak H_2S , CO_2 ve O_2 zonları oluşmakta, böylece oluşan yerel bazik ortam nedeniyle, bazik ortam ürünü olan kil ve çörtler de fosfatla birlikte çökelmektedirler (örneğin, Mazıdağ'daki durum böyledir). Bu ortamda oluşan bu ikinci çevrim de fosfat çökmesini pekiştirmektedir ve daha ekonomik yatakların oluşmasına neden olmaktadır. Canlıların kitlesel ölümlerinin birer örneği (veya kanıtı) olarak Mazıdağ ve Edirne-Lalapaşa fosfatlı sahalarını verebiliriz. Mazıdağ'da bol rudistli kireçtaşları, bol balık dişli Taşıt fosfatları ve Şemikan fosfatlarının arasında yer aldığı bir fosil mezarlığı niteliğindeki lumaşelli kireçtaşları vardır. Edirne-Lalapaşa'da ise "Cami Taşı" diye adlandırılan, yapı taşı olarak kullanılan, Taşlımüsellim köyü çevresinde bol bulunan yine bir fosil mezarlığı niteliğindeki konjeryalı kireçtaşları yer almaktadır.

Uzkut (1972), çökel içindeki fiziko-kimyasal ve petrojenik koşulların (aktüel fosfat oluşumlarında) fosforit oluşumunu denetleyen etkenler arasında olduğunu belirtmiştir. Çökele organik maddelerle giren fosfat, bu maddenin ayrışması sırasında çökel eriyiğine (interstitial water) karışmakta, ya konsantrasyon artması nedeniyle Ca-fosfat olarak çökel-deniz suyu geçişinde ayrışmakta veya çökel içindeki kireçtaşı bileşenlerini (komponentlerini) replase etmektedir (Bushinsky, 1964 ve Youssef, 1965).

Guano Yatakları

Kuş gübrelerinin (dışkılarının) deniz kenarlarında kireçtaşları ile karışarak oluşturdukları yataklardır. Çoğunlukla okyanus çevresindeki adalar ve kıyılarda deniz kuşlarının dışkılarının birikmesiyle (ortalama 20-30 m kalınlığa erişen) oluşmuş, $NH_4(PO_4)_3$ bileşimli yığılımlardır. Guanolar çoğunlukla birkaç yüzbin tonluk oluşumlardır. Yarasalar ve mağaralarda yaşayan öteki memelilerle kuşlar da küçük guano yığılımlarına neden olabilirler. Yarasa guanoları tropikal ve sıcak bölgelerdeki mağara çevrelerinde boldur.

Taze kuş dışkısı %25 N ve %4 P_2O_5 kapsar. Bunların hızla ayrışmasıyla fosfat oranı artar, azot ve toplam öteki organik madde oranı ise düşer. Güncel guanolar %10-12 P_2O_5 , ayrışmış eski guanolar ise %20-32 P_2O_5 kapsar. Guanoların mineralojisi çok karışıktır. Az ayrışmış guanolarda (yataklarda) suda eriyebilen amonyum ve alkali okzalatlara,

sulfatlar, nitratlar, değişik magnezyum, amonyum-magnezyum fosfatları vardır. Geniş ve güçlü ayrışmaya uğramış guanolar başlıca kalsiyum fosfattan oluşmuştur (örneğin, monetit, vitlokite). Az yağışlı bölgelerde, guanolardaki fosfat alttaki kayaca taşınmakta, ya boşlukları doldurarak ya da replase olarak yataklanmaktadır. Fosfatlanmış kayacın mineralojisi alttaki ana kayacın yapısına (bileşimine) bağlıdır. Ana kayacın koral atollerinde olduğu gibi kireçtaşı ise fosfat minerali apatit, volkanik kökenli adalarda olduğu gibi, silikat ise fosfat mineralleri alüminyum veya alüminyum-demir fosfatıdır.

Ayrıca milattan önceki devirlerde Göreme çevresindeki mağaralardaki güvercin artıklarından gübre olarak yararlanıldığı söylenmektedir (Uzkut, 1972).

Koprolitler, balık pulları, dişler, kemikler vb.'lerinden kaynaklanan fosfat yığılımlarıdır. Çanakkale ili Bayraktepe mevkiinde üst Miyosen ve Pliyosen kayaları içinde at kemikleri ve koprolit (ölen canlıların barsaklarında kalan dışkıların fosilleşmiş kalıntıları) ler vardır. Çok seyrek olan bu koprolitler ancak yarma açılarak elenerek bulunabiliyor. Bunlardan yaptırılan kimyasal analiz de yaklaşık %60 kadar P_2O_5 kapsadıkları söylenmiştir (Z. Atalay, sözlü görüşme).

Guano ve koprolitler her ne kadar mineralojik ve jeolojik açıdan ilginç olsalar da, zaten az olan rezervlerinin giderek eksilmesi nedeniyle dünya çapındaki fosfat üretiminin sadece küçük bir yüzdesini oluştururlar.

FOSFAT YATAKLARININ ARANMASI

Fosforit ve apatit gözle kolay tanınan ve ayrılabilen maddeler olmadığından, bunların aranmasında deneyimin önemi büyüktür. Hiç değilse laboratuvar ve el örnekleri üzerinde uzun süre inceleme yapmak gerekir. Ekonomik önemdeki fosfat yatakları siyenit ve/veya nefelin-siyenit, karbonatit ve tortul fosfat yatakları olduğuna göre, magmatik fosfat yataklarının aranmasında kabaca şunlara dikkat edilir:

- rapor, harita vb. dokümanlar incelenerek araştırma-ya değer sahalara seçilir,
- bu sahalara ait petrolojik bilgiler derlenir,
- karbonatitler, alkalın veya ultrabazik kayalar ve fenitlerin bulunduğu bölgeler ayrıntılı çalışmaya değer yerlerdir,
- birikinti (residual) toprak örneklerinde jeokimyasal araştırmalar yapılır,
- karbonatitlerin bulunduğu bölgelerde, radyometrik veya manyetik ölçüm uçuşları, nefelin-siyenitlerin bulunduğu bölgelerde ise manyetik ölçüm uçuşları yapmak bir dereceye kadar yararlıdır,
- anomali veren yerlerin yerden incelemesi ve denetlemesi yapılır.

- Tortul fosfat yataklarının aranmasında ise,
- denizel çökelim sahalaları aranır,
- bu sahalarda içinde çört katmanları, denizel diatomit ve/veya kara şeyiller aranır,
- kara şeyiller ve çörtler içinde veya yanında fosforit katmanları için arama yapılır, ayrıca çok bol fosilli (yığınsal ölümler nedeniyle) kayaların olduğu bölgelerin de incelenmesi yararlıdır,

- fosfatik dolomit veya kireçtaşı ile ilişkili olan birikinti fosfatik toprak sahaları da aranır,
- pellet fosforitler çoğunlukla %0,001'den %0,02'ye kadar U_3O_8 kapsar. Daha yüksek değerlerin bulunduğu yerlerde havadan radyoaktif uçuş yapmak yararlı olabilir.

Tortul fosfat yatakları denizel ortamda oluşurlar, ancak oluşum daha çok biyokimyasal yollarla olduğundan fosfat oluşumuna karalardan gelen kırıntılı malzemenin doğrudan etkisi yoktur. Bu nedenle fosfat oluşumu için uygun çökelim ortalamalarının bulunması olasılığı olan yerlerin, geniş çevrenin jeolojisini inceleyerek saptanması ve sonra arama çalışmalarına yönelinmesi gerekir. Özellikle magmatik fosfat yataklarının aranmasında, her ülkedeki arazi ve oluşumlar çok özel konum, yapı ve bileşim gösterdiğinden araziye çıkmadan önce çok titiz bir büro çalışması gereklidir.

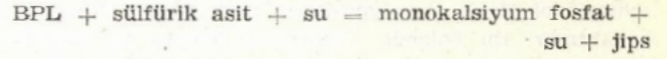
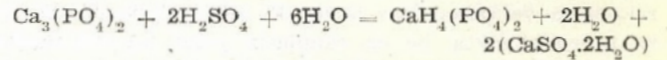
Arazi çalışmalarında fosfatın varlığı gözle anlaşılamaz, analiz gereklidir. Bunun için hazırlanmış özel bileşikler vardır. Kuşkulanan kayacın taze ve temiz yüzeyinden alınmış bir parça önce iyice ezilerek kibritle başı büyüklüğündeki bir kısmı ya süzgeç kâğıdına ya da deney tüpüne konur, sonra özel olarak hazırlanmış eriyik damlatılınca fosfatın varlığı oluşan kanarya sarısı renkten anlaşılır. Süzgeç kâğıdında bu renk kâğıt üzerinde belli olur. Tüpte ise biraz bekledikten sonra dibe çöken sarı çökelek fosfatın varlığına işaret eder. Çok hassas bir yöntem değildir. Bazan başka maddeler de aynı rengi verir. Yapılan analiz yarı kantitatif bir analizdir. Test eriyiğinin yapılışı şu şekildedir: 200 cl saf suya 50 cl dumanlı nitrik asit, 0,3 gr amonyummetavanadat eklenerek karıştırılır. Aynı kabda 100 cl saf suya 12,5 gr'lık amonyummolibdat eklenerek eritilir (gerekirse biraz ısıtılır). Elde edilen iki karışım, birbiriyle karıştırılarak üzerine 150 cl saf su eklenir. Eriyik renkli bir şisede saklanır. Gün ışığı ve sıcakta çabuk bozulur. Olağan dayanma süresi 10-15 gündür. Bu eriyik yardımıyla sahada yapılan yarı kantitatif analiz olumlu sonuç verirse, örnek derlenerek kimyasal analiz için laboratuvara gönderilir. Bu durumda iki analiz söz konusu olur. Kısa analizde P_2O_5 ve CaO %'leri ile ateş kaybı istenir. Tam analizde ise P_2O_5 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, CO_2 , SO_3 , MgO, SiO_2 , Na_2O , K_2O , Cl, F, U_3O_8 ve organik madde yüzdeleri ile gerekirse SrO, BaO, TiO_2 , MnO, Y_2O_3 , C, H_2O^+ , H_2O^- yüzdeleri de istenebilir. Bir fosfat kayasında istenen özellikler şunlardır:

Cl	en çok %0,1
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	en çok %10-12
F	en çok %4
SO_3	en çok %3,2
CO_2	en çok %3,2

Yatağın kökeni ve aramaların yönlendirilmesi açısından gerekli varsayımların, yorumların yapılabilmesi için hem fosfatlı düzeylerden hem de yan kayalardan düzenli olarak alınacak örneklerin mineraloji ve petrografi analizlerinin yaptırılması gereklidir. Özellikle magmatik yataklarda cevherleşmenin durumuna göre analizlerde demir, uranyum ve ender toprak mineralleri gibi bileşenlerin yüzdelerinin istenmesi gerekir. Yatağın istenen fosfat kapsamı (P_2O_5 yüzdesi) rezerv, işletme koşulları ve elde edilebilecek yan ürünler açısından değişebilir. Ancak P_2O_5 değeri %8-10'un altında olmamalıdır.

FOSFAT YATAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE KULLANIM ALANLARI

John Lawes adındaki bir İngiliz çiftçisi, 1942 yılında fosfat yataklarından, fosfat nodüllerini asitleştirmek için bir yöntem bulmuş ve elde ettiği ürüne "süperfosfat" adını vermiştir (Bates, 1969). Bu terim fosfat kayasının asitle işleme girmesi sonucu ortaya çıkan ürün için günümüzde de kullanılmaktadır. Süperfosfat çok ince öğütülmüş fosfat kayasının sülfürik asit ile işlenmesinden elde edilen üründür:



Monokalsiyum fosfat suda erir ve bu nedenle bitki besini olarak yararlıdır. Jips, ürünün (monokalsiyum fosfat) içinde kalır ve onu sulandırır. Çağımızın başlarında triple-süper fosfat olarak adlandırılan bir ürünün yapımıyla, jipsin sulandırma özelliğinin önüne geçilebilmiştir. Yeterli güç ve miktarda kullanılan sülfürik asit kayaç içindeki tüm kalsiyumu, kalsiyum sülfata ve P_2O_5 'i de ortofosforik asite (H_3PO_4) çevirir. Artan fosfat kayası bu fosforik asitle işleme girdiği zaman, kayacın BPL'sinin büyük bir kısmı jips çuşımsızın monokalsiyum fosfata dönüşür. Triplesüper fosfat, süperfosfattan daha konsantre bir ürün olduğu için daha çok para eder. Triplesüperfosfat %45'ten %48'e kadar yararlanılabilir P_2O_5 kapsar. Bu nedenle de daha uzak yerlere gemi ile taşınması olanaklıdır. Buna karşın olağan süperfosfat daha yaygın kullanılmaktadır, çünkü basit ve ucuz bir şekilde elde edilmektedir.

Fosfat kayası ticari amaçlar için üç yolla işlenir:

Asitle işleme yöntemi: Olağan süperfosfat, konsantre süperfosfat ve fosforik asit yapımı için sülfürik asitle, azotlu fosfat gübreleri yapmak için nitrik asitle, fosforik asit yapımı için hidroklorik asitle işleme tutulur.

Elektrik fırını yöntemi: Kayacın elektrik fırınında işleme tutulmasından elementel fosfor elde edilir. Elementer fosfor çok saf fosforik asit yapımında kullanılır. Fosforik asit, sodyum, kalsiyum, potasyum ve amonyum fosfat gibi bazı endüstri kimya maddelerinin yapımında kullanılır.

Basit fiziksel yöntemler: İnce öğütme, asit topraklara doğrudan uygulanacak gübre yapımında, ısıtarak florun atılması, hayvan besinlerine katılan kalsiyum fosfat eldesinde, vavellitini ısıtılması işlemi gübre ve hayvan besinlerine katkı maddesi üretiminde, alkali kayalar veya öteki alkali maddelerle ısıtma işlemi ise birleşik fosfat gübresi yapımında kullanılır.

Dünya fosfat üretiminin %90'a yakın bir kısmı yapay gübre yapımında kullanılır. Bu genel bir orandır. Gelişmiş ülkelerde tüketimin %60-70'i yapay gübre üretiminde, geri kalanı ise öteki amaçlarla kullanılır. Hatta fosfatın kimya ve endüstri sanayiinde kullanım oranının yüksekliği bir ülkenin gelişmişliğinin göstergesidir denilebilir. Ayrıca gelişmiş ülkelerdeki fosfat gübresi tüketimi, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelere oranla daha çoktur. Az gelişmiş ülkelerde tahıl üretiminin sınırlarını saptayan başlıca etken, ekili alan başına düşen gübre tüketimi yüzdesidir. Yapay gübreler, önümüzdeki açlıkla savaş yıllarında anahtar rolü oynayacaktır.

Kullanım Alanları

Eczacılıkta, trikalsiyum fosfat (suda erimez), monokalsiyum fosfat ve dikalsiyum fosfat (suda erirler) kireçlendirici olarak kullanılır. Suda eriyen sodyum asit fosfat çoğu kez fosforik asitle birlikte sinir kuvvetlendirici ilaç olarak kullanılır. Suda erimeyen kadein fosfat deri altına şırınga edilerek kullanılan bir öksürük ilacıdır.

Tarımda, fosfatlar suda erime yeteneklerine göre birçok çeşite ayrılırlar, pratikte ise fosfatlı gübreleri ikiye ayırabiliriz: 1 — Erimeyen fosfatlı gübreler (doğal kalsiyum fosfat). Bunların erime derecesi çok asitli topraklar dışında, toprakta bulunan fosfatlardan daha azdır. 2 — Eriyen fosfatlı gübreler (süperfosfatlar, bikalsikler, termik fosfatlar ve Thomas dışığı). Bunların erime derecesi fosfatlı bileşiklerinkinden daha çoktur.

Doğal kalsiyum fosfatlar çok ince öğütülerek asit topraklarda kullanılır. Defosforasyon curufu (Thomas dışığı), fosforlu madenlerden çelik yapılırken (eriyen dökme demire kireç katılarak kalsiyum fosfat elde etmeyi sağlayan Thomas yöntemi) ortaya çıkan maden köpüğüdür. Dışıkta %14-22 oranında fosforik asit vardır, suda erimez fakat hafif asitlerde (%2'lik sitrik asit) erir. Dışıkta ayrıca %50 kadar etkin kireç vardır. Kalsiyum fosfatlar asit topraklarda özellikle çayırda elverişlidir. Bikalsik fosfat veya çökelek fosfat kusursuz bir gübredir. Trikalsik fosfatlar hidroklorik asitle birleştirilince fosforik asit oluşur. Bu asite kireç katılınca asit nötralize olur, bikalsik fosfat çöker. Bikalsik fosfatta %35-42 oranında fosforik asit bulunur. Bu tür fosfatlar bileşik gübre yapımına çok elverişlidir. Kalsiyum süperfosfat, sülfürik asitle trikalsiyum fosfatın yüksek oranda birleşmesi sonucu elde edilir. Bu gübre bir monokalsik fosfat ve kalsiyum fosfat karışımıdır. Suda ve amonyum sitratta eriyen %14.20 kadar fosforik asit kapsar. Bu gübre her çeşit tarımda kullanılabilir. Bitkilerce çok çabuk özümleir. Kiraç ve kireçli topraklar için kusursuz bir fosfatlı gübredir.

Boyacılıkta, madenlerin ve demir alaşımlarının yüzeyine boya sürmeden önce, manganez, çinko, demir gibi ağır metallerin asit fosfatlarının sulu bir çözeltisiyle astar çekilir.

Şarapçılıkta, üzüm suyuna kalsiyum fosfat katılır. Şarapların bozulmasına neden olduğu için bu yöntem güntümüzde kullanılmaz.

Temizleme tozlarında (deterjanlarda), fosfat, demir, kalsiyum ve magnezyum iyonlarını ayırıp uzaklaştırdığı, suyu yumuşattığı için kullanılır.

Metalurjide, fosfatlama işlemi özellikle çelikleri korzoya karşı korumak için kullanılır. Bu işlem ayrıca boya sürülmesini kolaylaştırdığı gib, madenlerin kolaylıkla şekil değiştirmesini, dolayısıyla daha az aşınmasını sağlar.

Kimya, yem ve gıda endüstrisinde, fosfatlar çok yönlü amaçlar için kullanılır. Mayalandırıcılar, suyun sertliğini giderici maddeler, temizleme tozlarında, böcek öldürücü ilaç yapımında, meşrubatlarda, seramiklerde, petrolün rafinesinde, fotoğrafçılıkta, fosforlu çelik yapımında, havai fişeklerin üretiminde, yapay sis bombaları ve patlayıcı madde yapımında fosfatlar veya bunlardan kaynaklanmış kimyasal maddeler kullanılır. Fosfatların başlıca kullanım alanları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Gübre Sanayii (%90)

Süper fosfat olarak (%60)

Doğal fosfat olarak (%10)

Karışık gübre olarak (%10)

Fosforik asit yapımında (%10)

Kimya Sanayii ve Öteki Kullanım Alanları (%10)

Yapay maya yapımında

Suların tathlastırılmasında

Deterjanlarda

Sondaj çamurunun inceltilmesinde

Metal yüzeylerinin parlatılmasında ve cilalanmasında

Kimyasal kaplamada

Şeker sanayiinde

Suyu beyazlatmada

İlaç yapımında

Hayvanların ve kümes hayvanlarının beslenmesinde

Fare zehiri yapımında

Hafif alkollü içkiler yapımında

Kibrit yapımında

Dış macunu yapımında

Dişçilik maddeleri yapımında

Plastikler ve traş kremleri yapımında

Tekstil boyaları yapımında

Cam yapımında

Zararlı böceklerin öldürülmesinde

Fotoğraf filimleri yapımında

Petrol rafinerisinde

İpek fabrikalarında

Askeri malzemeler için (sinir bozucu, zehirli gazlar ve yangın bombaları).

Tablo 3: Fosfatın kullanım alanları

Yan Ürünleri

Fosfat endüstrisinin en önemli yan ürünleri, flor, uranyum, vanadyum ve selenyumdur. Kollofan genellikle %3-4 oranında flor kapsar. Kayaç içindeki florun büyük bir kısmı gübre üretiminde gaz şeklinde elde edilir. %0,01'den %0,03'e kadar U_3O_8 kapsayan fosfat yatakları uranyum kaynakları olarak kabul edilebilir. Fosfat yataklarındaki vanadyum V_2O_5 şeklinde oluşur. Süperfosfat eldesinde uygulanan işlemin bir yan ürünüdür. Ancak uranyumdan elde edilen (yan ürün olarak) miktar gereksinimin çok üstünde olduğundan 1954'den bu yana fosfat kayalarından yan ürün olarak elde edilmesi bırakılmıştır (Bates, 1969).

Ayrıca SSCB'nde Kola apatit işletmelerinden arta kalan nefelin siyenitlerden alüminyum ve seramik hammaddeleri üretmekte yararlanılmaktadır. Brezilya'da ise karbonatitlerdeki apatitlerin flotasyonundan arta kalan kalsitin çimento fabrikalarında kullanılması düşünülmektedir. Elektrik fırınlarında fosfor üretiminde artan kalsiyum silikat dışığı (curufun) dan yol malzemesi (mıçır gibi) olarak yararlanılmaktadır (Emigh, 1975).

Jips ıslak yöntemle fosforik asit yapımında bir yan ürün olarak üretilir. Bir ton P_2O_5 üretiminden yaklaşık beş ton jips geriye kalır. ıslak (yaş) yöntemle fosforik asit eldesinde tüketilen her bir ton fosfat kayası için 1,5 ton jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) üretilmektedir. Bu yan ürün olarak istenmeden elde edilen ve önemli miktarları bulan jips bir so-

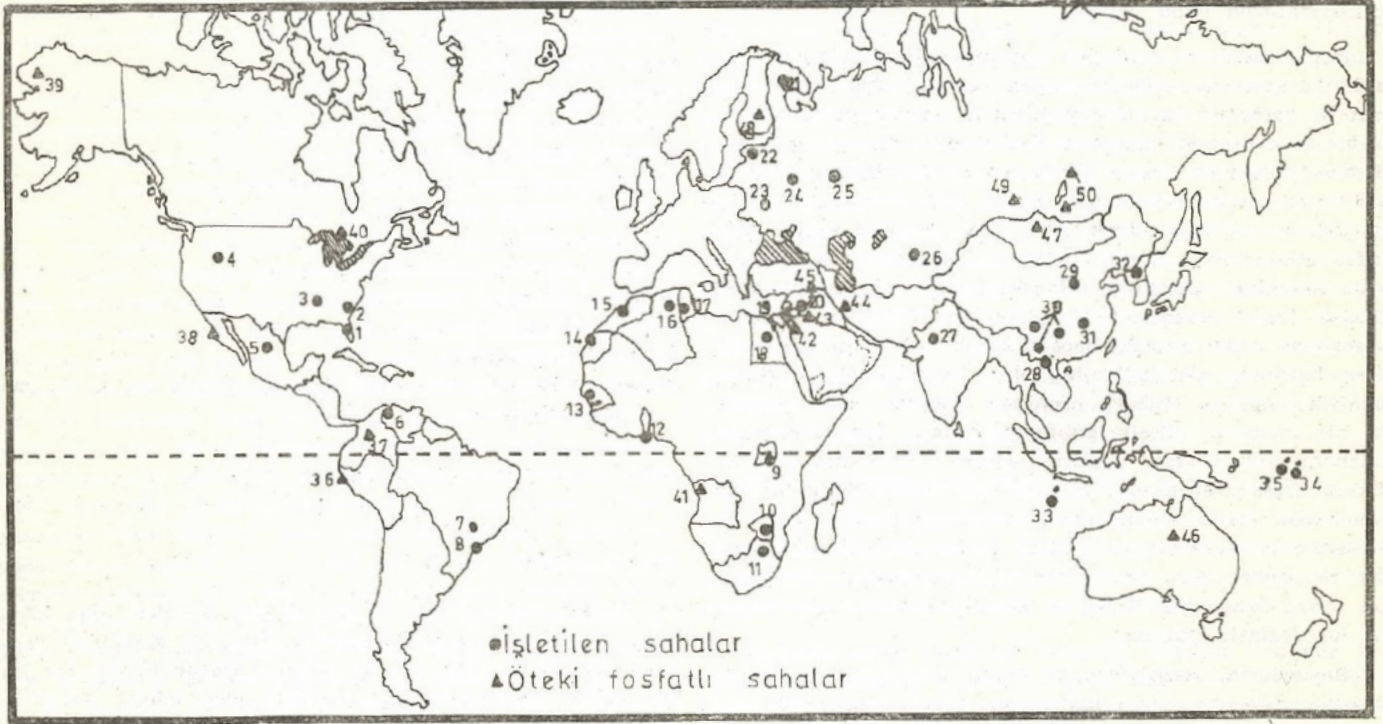
run olmaktadır. Bu sorunun nedeni yan ürün olarak elde edilen jipsin, doğal olarak oluşmuş düz kristalli jipse göre oldukça düzensiz, sivri ve pürüzlü kristaller şeklinde olması ve fosfor, flor, klor, uranyum gibi istenmeyen elementler kapsamıdır. Bunlar yan ürün olarak elde edilen jipsin kullanımında en büyük engellerdir (I. M., November 1976).

Arda ve diğerleri (1976), Mazıdağı'nın Karataş bölgesindeki fosfat cevherlerinin U ile P_2O_5 ve U ile F elementleri arasında jeokimyasal ilişkiler bulunduğunu saptamışlar ve bu ilişkileri tüm Mazıdağı fosfat cevherlerine uygulayarak, 7419,5 ton U_3O_8 ve 2722207 ton F rezervi olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar ayrıca dahlit ve kolofan mineralerinden oluşan Mazıdağı fosfatlarının U, F gibi elementle-

rin yanısıra V, Yb, Y ve öteki ikincil elementleri de kapsayabileceğini belirtmişlerdir. Ancak bu cevherlerden fosforik asit veya gübre üretimi sırasında uranyumun veya öteki ikincil elementlerin yan ürün olarak kazanabilme yöntemlerinin belirlenebilmesi için üretilecek gübre türlerine ve öteki ekonomik koşullara göre bu konuda çok yönlü laboratuvar çalışmaları yapılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

DÜNYA FOSFAT YATAKLARI

Dünya fosfat yatakları Şekil 7'de gösterilmiştir. Tortul fosfat yatakları dışında işletilen en önemli magmatik fosfat yatakları ve tipleri ise Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 7: Dünya fosfat yatakları (Emigh, 1975)

- 1 — ABD-Florida
- 2 — ABD-Kuzey Karolina
- 3 — ABD-Tennessee
- 4 — ABD-Idaho, Wyoming, Utah, Montana
- 5 — Meksika-Zacatecas
- 6 — Venezüella
- 7 — Brezilya-Araxa (magmatik)
- 8 — Brezilya-Jucupiranga (magmatik)
- 9 — Uganda (magmatik)
- 10 — Rodezya (magmatik)
- 11 — Güney Afrika (magmatik)
- 12 — Togo
- 13 — Senegal
- 14 — İspanyol Sahrası
- 15 — Fas
- 16 — Cezayir
- 17 — Tunus
- 18 — Mısır
- 19 — İsrail ve Ürdün
- 20 — Suriye
- 21 — SSCB-Kola (magmatik)
- 22 — SSCB
- 23 — SSCB
- 24 — SSCB
- 25 — SSCB

- 26 — SSCB-Kara Tau
- 27 — Hindistan
- 28 — Kuzey Vietnam
- 29 — Çin (kuzey)
- 30 — Çin (batı ve orta)
- 31 — Çin (güneydoğu)
- 32 — Kuzey Kore (Magmatik?)
- 33 — Christmas Adaları (Avustralya-Guano)
- 34 — Okyanus Adaları (U.K. Guano)
- 35 — Nauru (guano)
- 36 — Peru
- 37 — Kolombiya
- 38 — Meksika-Baja Calif.
- 39 — Alaska
- 40 — Kanada (magmatik)
- 41 — Angola
- 42 — Suudi Arabistan
- 43 — İran
- 44 — Irak
- 45 — Türkiye
- 46 — Avustralya
- 47 — Moğolistan
- 48 — Finlandiya (magmatik)
- 49 — SSCB-Sibirya
- 50 — SSCB-Sibirya (Baykal Gölü-magmatik)

Ülke	P ₂ O ₅ %'si	Yatak tipi
SSCB	17	Nefelin siyenit, ayrışmamış
Güney Afrika	7	Piroksenit, ayrışmamış
Brezilya	5	Karbonatit, ayrışmamış
Rodezya	7	Karbonatit, ayrışmış birikinti
Uganda	13	Karbonatit, ayrışmış sonra yeniden yataklanmış birikinti

Tablo 4: Dünya işletilen apatit yatakları, yatak tipleri ve P₂O₅ yüzdeleri.

TÜRKİYE FOSFAT YATAKLARI

Türkiye, fosfatlı sahalarının dağılımı şöyledir (Berker, 1972 ve Tamer, 1972):

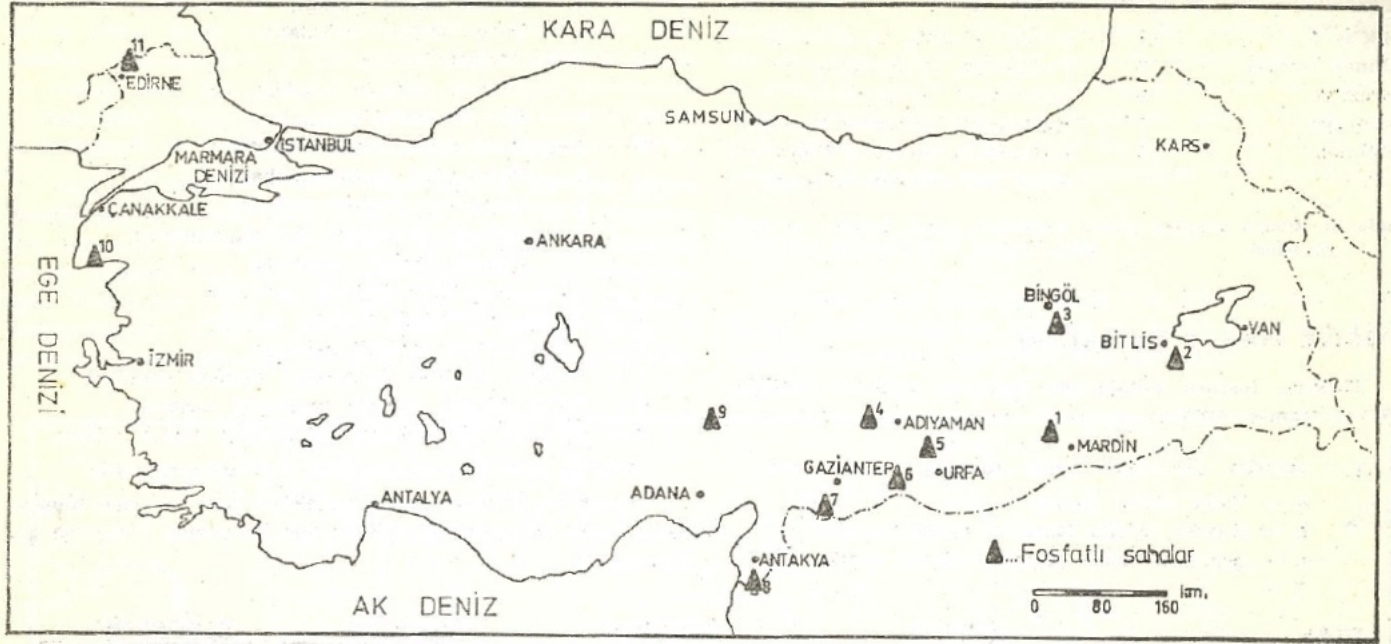
- 1 — Mardin, Mazıdağı - Derik fosfatlı sahaları
 - a — Taşıt fosfat yatağı,
 - b — Kasrık (Doğu Kasrık) fosfat yatağı,
 - c — Şemikan (Batı Kasrık) fosfat yatağı,

- d — Akras fosfat yatağı,
 - e — Derik fosfatlı sahaları.
 - 2 — Urfa fosfatlı sahaları
 - a — Bozova fosfatlı sahaları,
 - b — Birecik fosfatlı sahaları.
 - 3 — Adıyaman fosfatlı sahaları
 - a — Besni - Tut fosfatlı sahaları,
 - b — Heyiktepe fosfatlı sahaları,
 - c — Gölbaşı - Pembeğli fosfatlı sahaları,
 - d — Palanlı fosfatlı sahaları.
 - 4 — Gaziantep - Kilis fosfatlı sahaları
 - 5 — Hatay - Yayladağı fosfatlı sahaları
 - 6 — Adana - Feke fosfatlı sahaları
 - 7 — Trakya (Edirne - Lalapaşa) fosfatlı sahaları
 - 8 — Bitlis - Bingöl apatitli magnetit sahaları
 - 9 — Ayvacık - Küçükuyu uranyumlu fosfat sahası.
- Türkiye fosfatlı sahaları Şekil 8'de gösterilmiştir.

Dünya ve Türkiye fosfat yatakları ayrı bir yazı oluşturacak önem ve genişlikte olduğu için bu yazıda ayrıntıya girilmemiştir.

ULKE	URETİM		TÜKETİM		DISALIM		DISSATIM	
		sıra		sıra		sıra		sıra
ABD	6.013.000	1	4.499.951	1	287.000	3	1.412.000	1
SSCB	3.236.000	2	2.699.000	2	206.000	6	92.300	8
Fransa	1.693.291	3	2.152.429	3	403.481	1	126.150	6
Çin	1.314.300	4	1.389.700	4	77.800	-	2.400	-
Avustralya	1.168.900	5	1.170.600	5	1.700	-	-	-
Batı Almanya	962.107	6	916.740	6	130.071	8	181.498	5
Polonya	813.641	7	847.228	7	383	-	35.856	-
Japonya	735.800	8	792.900	8	58.700	-	25.300	-
Kanada	720.000	9	480.000	-	36.800	-	304.500	4
Avusturya	628.872	10	115.748	-	32.971	-	71.370	10
İngiltere	417.000	-	478.200	-	60.100	-	77.900	9
Hollanda	349.766	-	106.950	-	85.694	9	345.893	3
Brezilya	347.000	-	725.000	9	318.203	2	3.062	-
Hindistan	325.000	-	634.000	10	256.000	5	-	-
Macaristan	194.900	-	322.174	-	139.800	7	-	-
Fas	170.000	-	45.000	-	-	-	120.700	7
Bulgaristan	134.832	-	258.719	-	82.000	10	-	-
TÜRKİYE	-	-	280.000	-	281.000	4	-	-
Belçika	-	-	165.680	-	64.821	-	487.710	2
Oteki ülkeler	2.922.302	-	6.075.063	-	1.385.470	-	4.855.703	-
DÜNYA TOPLAM	25.146.711		24.255.082		3.907.994		8.142.342	

Tablo 5: P₂O₅ üretim, tüketim ve pazarlaması 1973/74 (I.M. No vember 1976) değerler metrik ton.



Sekil 8: Türkiye fosfatlı sahaları

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 — Mardin-Mazıdağı, Derik | 6 — Urfa-Birecik |
| 2 — Bitlis (apatitli magnetit) | 7 — Gaziantep-Kilis |
| 3 — Bingöl (apatitli magnetit) | 8 — Hatay-Yayladağı |
| 4 — Adıyaman-Gölbasi, Besni | 9 — Adana-Feke |
| 5 — Urfa-Bozova | 10 — Ayvaci-Küçükkuşu (uranyumlu) |
| | 11 — Edirne-Lalapaşa |

ÜRETİM VE TİCARET

Dünya

Dünyanın en büyük fosfat üretici ülkeleri sırasıyla, ABD, SSCB, Fransa, Çin, Avustralya, Batı Almanya, Polonya, Kanada ve Avusturya'dır. Bunların ve öteki ülkelerin P_2O_5 üretim, tüketim, ihracat ve ithalâtları Tablo 5'te verilmiştir. Dünya fosfat üretiminin kıtalara göre dağılımı ise Tablo 7'de görülmektedir. Dünya fosfat olanakları ise Tablo 6'daki gibidir.

Saha	Milyon ton
ABD	7,0
SSCB	4,0
Fas	60,0
İspanyol Sahrası	3,7
Tunus	2,0
Öteki Afrika Ülkeleri	66,8
Asya	2,3
Avustralya	3,0
DÜNYA TOPLAMI	83,0

Tablo 6: Dünya fosfat olanakları (Kaynak, Industrial Minerals, Nisan 1977)

Ülke	1975 üretimi (1000 ton)
AFRİKA	
Cezayir	770
Mısır Arap Cumhuriyeti	404
Kongo	—
Fas	13500

Güney Afrika	1770
Rodezya	130
Senegal	1800
Togo	1160
Tunus	3500
Uganda	15
Batı Sahra	2700

KUZEY AMERİKA

Kanada	—
ABD	44300
Meksika	280

ORTA/GÜNEY AMERİKA

Bolivya	—
Brezilya	345
Kolombiya	10
Hollanda Antilleri	82
Peru	—
Venezüella	155

ASYA VE OKYANUSYA

Avustralya	130
Christmas Island	3400
Hindistan	430
Endonezya	5
Irak	—
İsrail	917
Ürdün	1350
Nauru	1500
Kuzey Vietnam	1400
Okyanus Adası (Banaba)	516
Pakistan	—
Sri Lanka	—
Suriye	857

AVRUPA	
Finlandiya	—
Fransa	19
İrlanda	—
İsveç	—
SSCB	24000
(—) bilinmiyor.	

Tablo 7: Dünya fosfat üreticileri ve 1975 yılı üretimleri (Kaynak, Industrial Minerals)

Türkiye

Yurdumuzda şu anda Mazıdağı dışında fosfat üretimi yoktur. Ancak 1965 yılında Kilis glokonili fosfatlarını çıkarıp öğütürerek, doğrudan tarlada kullanmak üzere pazarlamaya sunan bir kişiye ait özel kuruluş da 1974 yılında üretimini durdurmuştur. Mazıdağı'nda kurulan Etibank'a ait işletme oldukça düşük tenörlü olan Mazıdağı fosfatlarını, aynı yerde kurulan zenginleştirme tesislerinde %27-32 P₂O₅ tenörüne yükseltecek ve Türkiye'deki gübre fabrikalarına satacaktır.

Ülkemizde kurulu fosforlu gübre fabrikalarında kullanılacak hammadde TSE standartlarına göre %30 P₂O₅, %6,5 CO₂ koşullarını taşımaktadır.

Fosfatlı gübre üreten kuruluşlarımız, Sivrice - Elâziğ, Samsun I, Samsun II, Karabük Demir ve Çelik İşletmesi, Yarımca Gübre Fabrikaları TAŞ, Sarıseki - İskenderun, Mersin - Akdeniz Gübre Sanayii AŞ, Bandırma - Bağfaş'dır.

Seyhan (1977)'a göre Türkiye gübre sanayii 3,2 milyon ton fosforlu (%18 P₂O₅) gübre üretecek duruma gelmiştir ve ülkemizin fosforlu gübre gereksinimi 1977 yılı için 619.000 ton P₂O₅, 1992 yılı için ise 1.187.000 ton P₂O₅'dir.

Türkiye'de 1974 yılına kadar gübre özellikle fosfat sorunu ilk sıralarda yer almaktaydı, ancak 1974 yılında petrol ve fosfat fiyatlarının artması nedeniyle şu anda ülkemizde önceliği akaryakıt almıştır ve onu hemen arkasından fosfat izlemektedir. 1977 yılından beri gübre fabrikalarımız hammadde yokluğu yüzünden fosfatlı gübre üretmez duruma düşmüştür. Türkiye'nin süper fosfat üretimi Tablo 8'de gösterilmiştir.

Industrial Minerals (November 1976), fiat krizi olarak tanımladığı olaya şöyle değinmektedir: "1974 öncesi yıllarda fosfat kayası üretimi konsantrasyonu o derece düşüncesizce ve kolaylıkla birkaç ele terk edilmişti ki, Fas, 1974 yılı başlarında bazı sessiz sedasız fosfat üreticileri ile birlikte daha yüksek fosfat fiyatları için bir kampanyaya girişerek sığrama tahtası niteliğinde bir güç birliği oluşturdu. Fosfat kayası üretimi İkinci Dünya Savaşından (1939-1945) 1970 yılı başlarına kadar her yıl biraz artmışsa da, 1970 yılı başlarında istem (talep), sunu (arz) yu geçmiştir. Bu yıllarda fosfat kayası fiyatları Kazablanka (Fas)'ın %75-77 BPL'lik fosfatı için ton başına 14 dolar dolayında kalmış, ancak 1974 yılı başlarında yükselen fosfat kayası fiyatları, fosfat kayası üretiminin ilk anda 100 milyon ton artmasına neden olmuştur. Bu üretim kapasitesinin artmasıyla birlikte şimdiye değin ekonomik olmayan yataklar da işletilmeye başlanmıştır." Mazıdağı fosfatlarının işletilmesi için ilk ciddi girişimler de bu arada başlamıştır.

	Kamu	Özel
1973	8.890	31.053
1974	14.937	21.075
1975	37.692	26.598
1976	24.498	27.809
1977	24.979	27.067
1977 IV	3.114	35.815
V	35.975	29.130
VI	1.876	29.981
VII	32.051	31.188
VIII	52.012	33.222
IX	21.805	31.920
X	5.564	26.347
XI	35.130	28.266
XII	32.999	14.805
1978 I	33.740	14.951
II	12.238	9.464
III	6.700	—
IV	—	—

(Değerler ton olarak verilmiştir.)

Tablo 8: Türkiye süper fosfat üretimi aylık ortalama ve ay verileri. (Kaynak, Başbakanlık DİE Aylık İstatistik Bülteni, 1978 I-IV)

Ancak dünya fosfat kayası fiyatlarının 1974'de aniden artması, Fas ve sessiz sedasız birkaç üretici ülkenin girişimiyle mi olmuştur? Tablo 6'yı dikkatle inceleyerek, ABD'nin P₂O₅ üretimi, tüketimi ve ihracatında birinci, ithalatında ise üçüncü olduğunu görürüz. Bunun anlamı açıktır. Dünya fosfat kayası ve fosfatlı gübre ticaretinde ABD'nin denetimi olmadan böyle girişimde bulunmak ve başarmak olanaksızdır. Ayrıca P₂O₅ ihracatçısı ülkeler arasında ABD'ni sırasıyla Belçika, Hollanda, Kanada, Batı Almanya, Fransa ve SSCB izlemektedir. İthalatçı ülkeler ise sırasıyla Fransa, Brezilya, ABD, Türkiye ve Hindistan'dır. Bu ülkelerden Fransa, üretimde ve tüketimde üçüncü, ihracatta altıncı sırada; ABD, üretim, tüketim ve ihracatta birinci sırada yer almaktadır. Dolayısıyla fiyatların yükselmesinden en çok etkilenen ülkeler Brezilya, Türkiye ve Hindistan olmaktadır. OPEC'in petrol fiyatlarında yaptığı artırımın kimlerden kaynaklandığı ve kimlere yaradığını aradan geçen zaman göstermiştir. Ashında fosfatın da durumu aynıdır. Bu Fas ve sessiz sedasız birkaç üretici ülkenin değil gerçekte emperyalizmin oynadığı bir oyundur. Ve dünya halklarının açlık savaşımında bile iplerin kimin elinde olduğu açıktır.

Aydeniz (1972)'e göre bitki besin maddesi olarak yaşımsal önemde olan maddeler, N, P, K, Ca, Mg ve S'dir. S, hemen bütün gübrelerin anyonunda bulunduğu ve bir kısmı yağışlarda havadan sağlandığından, Ca ve Mg ise ülkemiz gibi kireçli topraklarda gereksinimden daha çok olduğundan, bu durumda ana bitki besin maddelerinden yalnız N, P, K en çok gereksinim duyulan besin maddeleri olmaktadır. Türkiye gibi kurak ve sıcak iklimli olan bölgelerde oluşan ve kil kapsamı yüksek olan topraklarda potasyum da yeterli oranda bulunduğundan, toprakta açığı duyulan, eklenmesi gereken ve sorun olan bitki besini hemen yalnız azot ve fosfor olarak gözükmektedir. Bu durum Türkiye'de fosfatlı gübre tüketiminin kaçınılmaz olduğunu gösterir. Türkiye gübre kullanımı Tablo 9'da gösterilmiştir.

Yıllar	Kullanılan gübre türü (Ton)		
	Fosforlu (%16-18)	Azotlu (%21)	Potash (%48-52)
1969	1.256.835	1.167.457	24.129
1970	1.034.919	1.157.060	25.367
1971	1.145.056	1.364.989	26.494
1972	1.447.361	1.782.634	54.345
1973	1.646.401	2.048.522	25.443
1974	1.280.166	1.822.520	33.455
1975	1.909.809	1.750.186	31.620
1976	3.069.760	2.812.889	62.179

Tablo 9: Türkiye gübre kullanımı (Kaynak, Başbakanlık DİE Türkiye İstatistik Yılı, 1977)

Şu anda üretim tüketimimizi karşılayamamaktadır. Kalı ki mevcut gübre fabrikalarımız kapasitelerinin bile altında çalışmaktadır. Bunun nedeni hammadde yokluğudur. Türkiye fosfat kayası ve fosfatlı gübre yurtiçi istem, üretim ve dışalım Tablo 10 ve 11'de gösterilmiştir.

	1976 gerçekleşme		1977 tahmin	
	Miktar	Değer	Miktar	Değer
Yurtiçi istem (talep)	938,1	694,1	663,6	491,1
Üretim (%30 P ₂ O ₅)	—	—	22,9	16,9
Dışalım (ithalât)	864,7	639,9	642,8	475,7

miktar: 1000 ton

değer: milyon TL (1977 yılı fiyatları)
(ithalât: CIF 1977 yılı fiyatları)

Tablo 10: Türkiye fosfat kayası istem, üretim ve dışalım durumu. (Kaynak, Resmi Gazete, 16.4.1978)

	1976 gerçekleşme		1977 tahmin	
	Miktar	Değer	Miktar	Değer
Yurtiçi istem	552.557	3632,8	606.348	4041,8
Üretim	352.311	2203,1	309.191	1920,1
Dışalım	199.260	1422,7	266.400	1902,1

miktar: ton

değer: milyon TL (1977 yılı fiyatları)
(dışalım: CIF 1977 yılı fiyatları ile)

Tablo 11: Türkiye fosfatlı gübre istem, üretim, dışalım durumu. (Kaynak, Resmi Gazete, 16.4.1978)

1976 yılında fosfat kayası alımı için ödediğimiz 639,9 milyon TL, toplam metal dışı madenler için ödediğimiz miktarın %76,4'ünü tutmaktadır. Ve ham petrolden sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Fosfat kayası, %90'a varan ölçülerde tarım sektöründe kullanılmak üzere bir gübre sanayii girdisidir. Bu durumda fosfat sorununu gübre sorunundan ayrı düşünemeyiz. Ancak yukarıda belirtildiği gibi fosfat kayası konusunda yurdumuz henüz istemi karşılayacak yataklara sahip değildir.

Aynı durumda olan bazı Avrupa ülkeleri kanalizasyon maddelerinden (dışkılarından) yararlanmak için bazı projeler geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu soruna TMMOB Maden Mühendisleri Odası 23. Dönem Çalışma Raporu'nda değişik açıdan şöyle değinilmektedir: "Ülkemizde 1975 yılında 14,7 milyon ton tezek yakıldığı tahmin edilmektedir. Tezeğin ısınma kaynağı olarak yakılmasının, insanın insanca yaşamasına ne denli ters düştüğü yadsınmaz bir gerçektir. Bir diğer nokta tezeğin tarım açısından önemidir. 5 kg yaş hayvan dışkısının kurutulması ile elde edilen 1 kg tezek, yakıldığında 2300 kcal ısı verir. Oysa bu tezek yakılmayıp gübre olarak kullanıldığında tüketim değeri tam beş katına çıkmaktadır ki bu sonuç büyük bir kaynak kaybını gösterir. Ahır gübresi toprağa yalnız bitki besin maddesi vermekle kalmaz, onun aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini de düzenler. Bu konuda yapılan araştırmalar, yılda ortalama 3 milyon tondan fazla 'amonyum sülfat olarak azot', 15 milyon tondan fazla 'süper fosfat olarak fosfor' ve 1 milyon ton dolayında da 'potasyum sülfat olarak potasyumun' tezek olarak yakıldığını göstermektedir. Ve salt bunların toplamı ise yılda tüketilen ticari gübrelerden fazladır. Bir başka deyişle, tezeğin ısınma kaynağı olarak değil de, gübre olarak görülmesi gerekliliği ortadadır. Tarımda kimyasal gübre, tarım ilacı, traktör kullanımının gelişmesi gübre ve hammaddeler ithalâtını arttırmaktadır. Önümüzdeki yıllarda yoğun bir biçimde kurulması planlanan gübre fabrikalarının devreye girmesi ile gübre ithalâtı önenebileceği halde, tarım sektörünün gerek fosfat, pirit gibi gübre hammaddeleri, gerek kükürt gibi tarım ilacı hammaddeleri, gerekse akaryakıt gereksinimi açısından ülkemizin bugünkü dış ödemeler dengesizliğinden yakından etkileneceği açıktır. Tarım sektörü hammaddeleri içinde en büyük darboğaz yılda bir milyar TL/hk ithalât yapılan fosfat kayasıdır. Ülkemizin en yüksek tenörlü fosfat cevherlerinin bulunduğu Mardin - Mazıdağı bölgesinde Etibank'ın 'hızlandırılmış proje' adı altında uyguladığı birinci kademe yatırımın başına gelenler oldukça öğreticidir. 1976 yılı sonuna kadar 300 milyon TL'nı aşkın yatırım yapılan 250 bin ton kapasiteli bu projede yönetim bunalımı, enerji yetersizliği gibi faktörlerin de etkisiyle fakat büyük ölçüde satış güçlükleri nedeniyle kapasite kullanım oranı %10'u aşmamıştır. Gübre üretim sektöründeki tekeller gerek hammadde ithalâtı gerekse gübre ithalâtındaki tatlı kâr nedeniyle yurt ekonomisi gerçeklerini göz ardı ederek Mazıdağı fosfat kayasına itibar etmemişlerdir. Üstelik Etibank'ın fiyatları ithal fiyatlarının da altında iken. Bu nedenle tüm gübre hammadde ithalât, gübre üretimi ve dağıtım şirketleri kamulaştırılarak yurt çıkarlarının gözetilmesi gerekmektedir. Etibank'ın yurtiçi fosfat kayası talebinin daha büyük bölümünü karşılamak amacıyla Mardin - Mazıdağı bölgesinde uygulayacağı düşük tenörlü cevherleri işleyecek 'büyük proje' Romen'lerle teknik işbirliği ile gerçekleştirilmektedir. 1978 yılı başlarında fizibilite etüdü hazırlanacak olan bu projede özellikle Türkiye'ye uygun bir proses ve teknoloji seçimi önem taşımaktadır."

YARARLANILAN BELGELER

Arda, O., Saltoğlu, T., Alparslan, E., Akyüz, T., 1976, Uranyum, vanadyum, flor ve diğer tali elementleri içeren Mazıdağı fosfatlarında jeosmik ve mineralojik tetkikler ile uranyumun kazanılması olasılığı hakkında görüşler; M.T.A. Enstitüsü Dergisi sayı 87, sayfa 39-54, Ankara.

- Ayan, M., 1970, Fosfat yataklarının teşekkülü ve aranması: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni cilt 13, sayı 2, sayfa 49-82, Ankara.
- Aydeniz, A., 1972, Fosfatın tarım için önemi: Maden Mühendisleri Odası Madencilik Dergisi, cilt 11, sayı 4, sayfa 19-46, Ankara.
- Bates, R., L., 1969, Phosphate Rock: Geology of the Industrial Minerals and Rocks, sayfa 178-201, New York.
- Berker, E., 1972, Türkiye fosfat yatakları: Maden Mühendisleri Odası Madencilik Dergisi cilt 11, sayı 4, sayfa 77-82, Ankara.
- Bochert, 1965, Ders Notları.
- Bushinsky, G., I., 1964, On shallow water origin of phosphorite sediments. L.M.J.U. Van Straaten (ed., 1964), Deltaic and shallow marine deposits, Elsevier Publ. Co., Amsterdam (Uzku, 1972'den).
- Cheney, T., M., ve Sheldon, R., P., 1954, Stratigraphic section of the phosphoria formation in Wyoming, U.S. Geol. Surv. Circ. 324.
- Çağatay, A., 1977, Karbonatit ve karbonatitlere bağlı maden yatakları (çeviri) Türkiye Jeoloji Kurumu Yeryuvarı ve İnsan Dergisi cilt 2 sayı 3 sayfa 26-34, Ankara.
- D'Anglejan, B., F., 1967, Origin of marine phosphorites of Baja California, Mexico. Marine Geology v. 5, sayfa 15-44 (Uzku, 1972'den)
- Deans, T., 1960, Economic mineralogy of African carbonatites: Carbonatites, (ed. Tuttle ve Gittins) New York.
- Emigh, G., D., 1975, Phosphate Rock: Industrials Minerals and Rocks, A.I.E.M., sayfa 935-962, New York.
- Geijer, P., 1967, Apatite-bearing magnetite ores, Stocholm. Industrial Minerals, 1976, Phosphate market-boom, vacillation and recovery, I.M. November 1976 sayfa 17-25, London.
- Industrial Minerals, 1976, World phosphate producers, sayfa 26-31.
- Kazakov, A., V., 1937, The phosphorite facies and the genesis of phosphorites: in Geological Investigations of Agricultural Ores, Trans. Sci. Inst. Fertilizer and Insecto-Fungicides, no. 142, sayfa 95-113 (Bates, 1969).
- Maden Mühendisleri Odası, 1978, TMMOB Maden Mühendisleri Odası 23. Dönem Çalışma Raporu, sayfa 23-26, Ankara.
- McKelvey, V., E., et al., 1953, Stratigraphic section of the phosphoria formation in Idaho, U.S. Geol. Survey circ. 208 (Bates, 1969'dan)
- McKelvey, V., E., 1967, Phosphate Deposits. Contribution to economic geology, U.S. Geol. Survey Bul. 1252-D.
- Resmi Gazete, 1978, sayı 16261, 1978 yılı programı.
- Seyhan, I., 1977, Suni Gübre Sanayimizde Hammadde Güvenliği, Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Konferans Dizisi, 1-8, Ankara.
- Tamer, Y., 1972, Aşağı Fırat Havzası ve Çevresi Fosfat Zuhurlarının Jeolojik Dağılımı: Maden Mühendisleri Odası Madencilik Dergisi cilt 11, sayı 4, sayfa 91-94, Ankara.
- Tuttle, O.F., ve Fittins, J., 1960, Carbonatites, New York.
- Uzku, I., 1972, Fosfat yataklarının oluşumu ve araştırılması: M.M. Odası Madencilik Dergisi cilt 11, sayı 4, sayfa 7-18, Ankara.
- Yersel, G., 1978, Karbonatit Maden Yatakları: Jeoloji Mühendisleri Odası Jeoloji Mühendisliği Dergisi sayı 4, sayfa 14-17, Ankara.
- Youssef, M., T., 1965, Genesis of bedded phosphorites: Econ. Geol. v. 60. sayfa 590-600 (Uzku, 1972'den)