

# Tras Elemanların (İz Elementer) Mineral ve Kayaçlar İçerisindeki Dağılımı

Güneş Caner \*

## ÖZET :

Jeşimi lisanında tras elemanlar (iz elementler), nadir elemanlar, aksesuar elemanlar, oligo - elemanlar, minör elemanlar, disperse (dağılık) elemanlar gibi aynı veya benzer manalarda kullanılan birçok terime rastlamaktayız. Bu yazının gayesi sık, sık karşılaştığımız ve kullandığımız bu terimlerin neleri ifade ettiğini açıklamak, tras elemanların mineral ve kayaçlar içerisindeki dağılım ve tesbitini incelemek ve bu dağılımı idare eden jeşimi prensiplerini kısaca gözden geçirmektir.

Ayrıca yazıya ek olarak, yer kabuğundadüşük tenörlerde bulunan, bazı elemanların kullanıldığı başbca sanai kollan, bu liste halinde hazırlanmıştır.

## ABSTRACT :

In the language of geochemistry we often meet a lot of terms such as trace-element, rare-element, accessory-element, oligo-element, minor-element and dispersed-element, used in the same or similar senses. The aim of this article is to give an idea about meanings of these terms, distribution and localisation of trace-elements in minerals and rocks and to study briefly the geochemical principles governing this distribution.

This contribution is including an appendix showing the principal utilization of some elements occurred in low-grade in the Earth's crust.

' **Tras** eleman (İz element) teriminden ne anlıyoruz :

Jeşimi lisanında tras elemanlar nadir elemanlar, aksesuar elemanlar oligo elemanlar, minör elemanlar, dağılmış (Disperse) elemanlar vs. gibi aynı veya benzer manalarda kullanılan birçok terime rastlamaktayız. Evvelâ bu gibi terimlerden neler anladığımızı kısaca gözden geçirelim.

Tras elemanı tarif eden kriter umumiyetle ağırlıkla ilgili olup, majör elemanlar ile tras elemanlar arasındaki analitik limit muhtelif yazarlara göre değişmektedir.

1 nolu tabloda Goldschmidt (1964), Vinogradov (1964), Rankama (1949), Sahama ve Mason (1965) dan alman donelere göre yer kabuğunu teşkil eden 80 esas elemanı sınıflandırıyoruz. Bu sınıflandırmada kısa ömürlü radyoaktif elemanlar ve neon, kripton, ksenon gibi tenörleri 0,001 p.p.m. nin altında olan bazı basit gazlar nazarı itibare alınmamıştır. Tabloda görüldüğü gibi bu 80 elemanı tenörlerine göre 3 büyük guruba ayırıyoruz (I, II, İÜ). I. gurupta tenörleri 1000 p.p.m. nin üstünde olan, II. gurupta tenörleri 1 p.p.m. ile 1000 p.p.m. arasında olan, III. gurupta da tenörleri 1 p.p.m. nin altında olan elemanlar yer almaktadır.

I. grup'un yer kabuğu bileşiminin % 99,4 ünü teşkil eden 12 elemanı, magnezyum ile titan arasındaki net tenor ayırımı ile karakterize olan 2 alt grup'a ayrılmaktadır.

46 elemanı ihtiva eden II. gurubu 3 alt guruba ayrılmıştır. I. grup tenörleri 100 p.p.m. ile 700 p.p.m. arasında değişen 10 elemanı, 2. grup tenörleri 10 p.p.m. ile 100 p.p.m. arasında değişen 14 elemanı, üçüncü gurupta 1 p.p.m. ile 10 p.p.m. arasında konsantre olabilen 22 elemanı içine almıştır.

Geriye kalan ve Minörleri 1 p.p.m. nin altında olan (0,001 p.p.m. ye kadar) 22 elemenda III gurubunu teşkil etmektedir.

Zayıf tenörlü elemanların Vinogradov tarafından yapılan sınıflandırılmasını bu tablo üzerinden inceleyebiliriz. Vinogradov'a göre :

Nadir elemanlar : Yer kabuğundaki (miktarları çok sız olan (1 p.p.m. nin altında), mineral ve taşlar içerisinde umumiyetle izomorf süfositasyonlar halinde en düşük değerlerde bulunan ve nadiren mineral şeklinde tezahür eden terbiyum, lütesyum, civa, iod, bizmut, vs. gibi elemanlar.

\* Mad. Y. Müh. M.T.A. Enstitüsü - Ankara

**TABLO : 1**  
**Kimyasal elemanların üç büyük grupta sınıflandırılması**

p.p.m. > 1000	p.p.m. = 1000 — 1	p.p.m. < 1
O - 466000 Si - 277200 Al - 81300 Fe - 50000 Ca - 36300 Na - 28000 K - 25000 Mg - 20000 Ti - 4400 H - 1400 P - 1180 Mn - 1900	F - 700 S - 520 Sr - 450 Ba - 400 C - 320 Cl - 200 Cr - 200 Zr - 160 Rb - 120 V - 110 Ni - 80 Zn - 65 N - 46 Ce - 46 Cu - 45 Y - 40 Li - 30 Nd - 24 Nb - 24 Co - 23 La - 18 Pb - 15 Ga - 15 Th - 10 Sm - 1 Gd - 6 Pr - 6 Sc - 6 Hf - 5 Dy - 5 Sn - 3 B - 3 Yb - 3 Er - 3 Br - 3 Ge - 2 Be - 2 As - 2 U - 2 Ta - 2 W - 1 Mo - 1 Cs - 1 Ho - 1 Eu - 1 Tl - 1	Tb - 0,9 Lu - 0,8 Hg - 0,5 I - 0,3 Sb - 0,2 Bi - 0,2 Tm - 0,2 Cd - 0,2 Ag - 0,1 In - 0,1 Se - 0,09 Ar - 0,04 Pd - 0,01 Pt - 0,005 Au - 0,005 He - 0,003 Te - 0,002 Rh - 0,001 Re - 0,001 Ir - 0,001 Os - 0,001 Ru - 0,001
8 eleman = % 98,59 12 eleman = % 99,38 4 eleman = % 0,798	10 eleman = % 0,318 14 eleman = % 0,048 22 eleman = % 0,0065	22 eleman = % 0,0004

(.) Her fırsatta adı geçen ve diğer elemanlara nazaran çok daha az bulunduğu nadir olarak telakki edilen elemanlar.

Minör elemanlar : Taşlar içerisindeki tenörleri oldukça yüksek olan ve sık sık müstakil mineraller teşkil edebilen zirkonyum, titan, krom, baryum, vs. gibi elemanlar.

Disperse (Dağılmış) elemanlar : Tenörleri oldukça yüksek olduğu halde hiçbir zaman kendi başlarına mineral teşkil edemiyen rubidyum, galyum, hafniyum, vs. gibi elemanlar.

Show tarafından yapılan diğer bir sınıflandırmaya göre tenörleri 10.000 p.p.m. nin üstünde olan majör, tenörleri 10.000 p.p.m. ile 1000 p.p.m. arasında olan elemanlarınör ve tenörleri 1000 p.p.m. nin altında olan elemanlarda tras eleman olarak nitelendirilmektedir.

Tras elemanlar sadece tenörlerine göre değil, jeoşimik hareket kabiliyetleri ve teşkil edebilecekleri bileşikler gibi diğer baa özellikleride göz önünde tutularak tarif edilirler.

Tauson bir taşın içinde bulunan tras elemanları silikatlı ve aşırısilikatlı elemanlar olarak sınıflandırmaktadır. Silikattı eleman halinde bulunanlar (Lityum, berilyum, skandiyum, titan, vanadyum, krom vs.) silikatların bünyesine kristal ağının ilk yapıcıları şeklinde girebilecekleri gibi diadoşik tamplasman pekinde de girebilirler. Esas özellikleri kimyasal hareket kabiliyetlerinin zayıf oluşudur. Aksine Bakır, çinko, kurşun, molibden vs. gibi aşın silikatlı eleman halinde bulunanlar basit bileşikler şeklinde (sülfür, oksit

vs.) mineralin kristal şebekesinin dışında yerleşecek ve hareket kaabiliyetleri çok fazla olduğundan kolayca taşınabileceklerdir.

Jedwab, bir mineral içerisinde az miktarda bulunan bütün elemanları oligoeleman olarak isimlendirmiş ve bunları kristaloşimik ve tipoşimik elemanlar olmak üzere iki ayrı grupta mütalaa etmiştir. Yazar'a göre kristaloşimik elemanlar bir minerâl'in bünyesinde kristaloşimik olaylar (diadoşi, izoforfizm, katı sollyonlar vs.) neticesinde, tipoşimik elemanlar ise parajenetik mekanizma neticesinde yerleşmektedirler.

Tras elemanların etüdünü bağlı buldukları minerallerden ayırılarak yapmak imkansızdır. Her mineral tras elemanlara sahip olabilir ve bu elemanlar duruma göre majör, tras eleman veya nadir eleman şeklinde telakki edilebilirler.

Routhier oligoeleman terimini tercihen tras eleman yerme kullanmaktadır. Aynı eleman baz hallerde majör bazı hallerde ise oligoeleman halinde bulunabilir. Yazara göre oligoeleman mefhumunu nadir eleman mefhumu ile karıştırmak lazımdır. Yer kabuğunun ulaşılabilen kısmında miktarları en fazla 200 p.p.m. olan elemanlar nadir olarak mütalaa edilmelidirler. Bir nadir eleman muhtelif elemanlar içerisinde oligoeleman olarak girebileceği gibi (Mesela : mika veya feldspatlar içerisinde kalay) kendi mineralleri şeklinde bulunabilir (Kasiterit içerisinde kalay) ve yer kabuğunda önemli konsantrasyonlar meydana getirebilir, (boratlar, klorürler, fosfatlar). Bunlar «conditionné» nadir elemanlar olarak isimlendirilirler. Aksine kendine has mineraller teşkil etmeyen ve klâsik tekniklerle bağlı bulunduğu minerallerden güçlükle ayrılabilenler de «Inconditionné» nadir eleman olarak isimlendirilirler, Ga, İn, Ge, Hf, V, So, T. F.). Demekki «inconditionné» nadir elemanlar umumiyetle oligoeleman olarak bulunmaktadırlar. Oligoelemanlar mineral ve taşlar içerisinde daha yüksek klarklı bir elemanın stibstitüsüyle kamufle edilebilirler. Fakat eğer bu kamufleaja uygun şartlam haiz (ion yarıçapı ve elektronik dış forma sahip) bir esas eleman mevcut değilse, nadir bir eleman özel mineraller teşkil edebilir (mesela altın.).

Goni'ye (1966) göre bazı yazarlar tarafından tras eleman ile ayru manada kullanılan oligoeleman terimi bir karışıklığa meydan vermemek için jeolojide kullanılmamalıdır. Zira bu terim canlı varlıklarda az miktarda bulunan elemanları ifade etmekte olup, daha ziyade biyokimya ve pedolojide kullanılan bir terimdir.

Tras elemanların lokalizasyonu :

Tras elemanların lokalizasyonu ve dağılımı konusunda elde edilen esas neticeler şunlardır.

— Tras elemanların mineraller ve kayalar içerisindeki dağılımı, monokristallerin bünyesinde meydana gelen tipik diadoşik (\*) ramplasman hallerinde dahi heterojen bir şekilde olmaktadır.

—• Tras elemanlar nadiren kristal şebekesi içerisinde girmekte, genellikle klivaj, çatlak ve dislokasyon gibi tabii veya arazi ortamları tercih etmektedirler.

Bu neticeler lokalizasyonu aşağıda görüldüğü gibi bir sistematik dahilinde incelememizi mümkün kılmaktadır.

A — Kristal şebekenin dışında yerleşen tras elemanlar

a) Kristaller arası lokalizasyon :

Minerallerin yüzeyleri arasında birikmişlerdir. (Kloritler içerisindeki vanadyum, bazı monzonitik granitler içerisindeki krom, metazomatik granitler içerisindeki bakır, kurşun, çinko, zirkon içerisindeki lantanitler, antigoritler içerisindeki kobalt ve nikel gibi.)

b) Kristal bünyesindeki lokalizasyon;

Minerallerin içerisindeki fiziki aralık ve boşluklarda yerleşmişlerdir. (Biotitler içerisindeki bakır, krom, vanadyum, çinko, litik tunmalinler içerisindeki bakır, çinko, bazı aragonitler içerisindeki kurşun gibi.)

B — Kristal şebekesinin içerisinde diadoşik bir şekilde substitue olmuş tras elemanlar.

Bu halde birikme boşluk ve aralıklarda olmayıp bütün kristal bünyesi içerisinde dağılmıştır. Fakat bu durumda bile dağılıma heterojen olmaktadır. (Kromlu diopsitler içerisindeki krom, ojitler içerisindeki titan gibi).

Tras elemanların jeoşimik hareket kaabiliyetleri:

Birçok numune üzerinde yapılan etüdlere neticesinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

— Tras elemanlar jeoşimik bakımdan büyük bir hareket kaabiliyetine sahiptirler.

— Bağlandıkları yere çok zayıf bir enerji bağı ile bağlıdır.

— Bilhassa organik asitlerle kolayca sürüklenirler .

— Ekseriyetle mineral şeklinde ifade edilmezler.

Birçok tras eleman (Arsenik, baryum, bizmut, sezyum, krom, kobalt, bakır,nikel, fosfor,

(\*) Bir mineral'in kristal yapısında bir eleman atomunun yerini bir başka eleman atomunun alması.

kurşun, tungsten, vanadyum, çinko, lantanitler, vs.) tercihen mineral şebekesinin dışında yerleşirler.

Bu elemanların birikmesi olayı struktur ve kimyevi bileşimlerinden ziyade kristallerin mükemmel olmayan yüzeyleri ve zayıf noktalar ile ilgilidir. Mesela ferro - magnezien mineraller daha fazla metal ihtiva ederler, zira zayıf noktaları fazladır. Bu zayıf noktaların mevcudiyeti ise tektonik aşınma ve kimyevi getirimler gibi mineralin jeolojik tarihinin bir neticesidir.

Metallerin büyük miktarlarda mineral ve taşlardan itibaren açığa çıkma olayı zayıf bir kimyasal ve fiziki enerji ile meydana gelmektedir. Elemanlar zayıf noktalarda çok zayıf bir enerji ile tutulurlar. Böylece taşlar içerisinde bulunan traselemleri, bilhassa metalleri, bağlı oldukları minerallerin kristal şebekelerini bozmadan harekete geçirmek mümkündür.

Tras elemanların jeoşimik bakımdan dağılım ve tesbitli idare eden prensipler;

Goldscmidt hatasız ve iyonik bir strüktürde iki ionun karşılıklı yer değiştirmesini (sübtüsyon) temin eden kristalleri ortaya koymuş ve elemanların jeoşimik davranışlarının periyodik cetveldeki durumlarına bağlı olmadığını göstermiştir;

Verilen bir struktur içerisinde iki ion karşılıklı birbirlerinin yerine geçebilecekleri zaman strukture en büyük enerjiyi g-etiren tercihen bünyeye girecektir.

Bu prensipten hareket ederek aşağıdaki kaideler çıkartılmıştır;

1 — Müşahade ile çıkartılan kaide :

İki ion arasındaki diadoşi, ion yarıçapları farkının % 15 i geçmediği haldemümkün olabilir.

2 — Kulombien çekiminin tatbikinden çıkarılan kaide :

a) Aynı yüke sahip fakat farklı yarıçaplara sahip iki ion bir struktur içerisinde rekabet halinde iseler, yapıçapı daha küçük olan bünyeye girer.

b) Eğer ion yarıçapları benzer veya eşdeğer ise yükü daha fazla olan bünyeye girer.

Godschmidt (1964) kaidelerinin tras elemanlara tatbiki bizi üç ayrı struktur tipine götürür

Kamufraj : Tras eleman aynı vasıflı bir majör elemanı diadoşik olarak ramplase eder ( $Ga^{3+} - Al^{3+}$ ,  $Si^{4+} - Ge^{4+}$ , v.s.).

Yakalama : Tras eleman majör elemanınkinden daha büyük bir valansa sahiptir ( $Sc^{3+} - Mg^{2+}$ ,  $Pb^{2+} - K^{+}$ , v.s.).

Kabul etme : Majör eleman tras elemanından daha büyük bir valansa sahiptir ( $Mg^{2+} - LiH$ ,  $O^{2-} - !^1-$ ,  $Al^{3+} - Be^{2+}$ , v.s.).

Bir tras elemanın diadoşik olarak substitue olmuş atomu stabilite bakımından yerine geçmiş olduğu majör eleman ile aynı rolü oynar.

Muhtelif yazarlar davranışları Goldscmidt kaidelerine uymayan birçok eleman ilerisürmüşlerdir. Meselâ :

a —  $Fe^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  belend strüktürü içerisinde nadiren bulunurlar. Bununla beraber  $Fe^{2+}$  (0,74 Å),  $Zn^{2+}$  (0,71 Å),  $Mn^{2+}$  (0,69 Å) nın yarıçapları birbirine çok yakın olduğundan umumiyetle beraber bulunmaları lazımdır.

b —  $Ni^{2+}$  (0,69 Å),  $Mg^{2+}$  (0,69 Å) yi ramplase edebilmeli,  $Co^{2+}$  (0,72 Å) da  $Fe^{2+}$  (0,74 Å) ye, ferro - magnezien mineraller içerisinde refakat etmelidir. Buna rağmen magnezyum ve nikel konsantrasyonu arasında lineer bir bağlantıya rastlanmamakta, aksine kobalt konsantrasyonu magnezyum, nikel konsantrasyonunda demir tenörü nisbetinde büyümektedir.

c —  $Fe^{2+}$  (0,74 Å), veya  $Fe^{3+}$  (0,64 Å) nın feldspatların yapısına girmemesi lazımdır. [ $Si^{4+}$  (0,40 Å),  $Al^{3+}$  (0,51 Å),  $K^{+}$  (1,4 Å)] Buna rağmen ortoz ferifer % 1,8'e kadar demir ihtiva edebilmektedir.

d — Aynı şekilde UH (0,68 Å) feldspatların bünyesinde bulunmamalıdır. Fakat ortoz, mikroklin ve bazı albitler mühim miktarda  $Li^{+}$  ihtiva ederler.

e —  $Cr^{3+}$  (0,69 Å) sık sık diopsitler içerisinde görülür (2). Halbuki Cr atomu Si atomundan çok daha büyüktür. Bu sebeple  $Al^{3+}$  (0,51 Å) atomunun yerine geçme ihtimali düşünülebilir. Fakat Cr ne feldspatlar içerisinde, ne de  $Al^{3+}$  nin  $Si^{4+}$  yi ramplase ettiği diğer mineraller içerisinde bulunmamaktadır.

Bütün bu mineraller, geometrik sebeplerin, elemanların jeoşimik davranışlarını izah etmeye kafi gelmediğini göstermiştir.

Pauling, Evans, Shaw ve diğer bazı yazarlar diadoşik fenomenlere ionizasyon potansiyeli, elektronegativite ve iyonik polarizabilite gibi başı kristaloşimik Özellikleri tatbik etmişlerdir. Bu faktörler sayesinde Goldschmidt kaidelerine istisna teşkil eden bazı haller izah edilebilmektedir. Bunları kısaca gözden geçirelim;

ionizasyon potansiyeli az olduğu takdirde bir atomun elektron kaybetmek için zayıf bir enerjiye ihtiyacı vardır. Netice olarak bu atom daha kolay bir şekilde iyonik bağlar kuracaktır. Bunun tersi olduğu zaman ise kovalent bağlar kurulacaktır.

Bir elemanın elektronik bağı kuvvetli olduğu nispette etrafında bulunan atomlardan elektron kapma meyli fazla olacaktır.

Bu iki faktörün birleşmesi bir taraftan bağlantı tipini, diğer taraftan iki atom arasındaki relativ elektronegativiteyi tayin edecektir.

iki atom aynı elektronegativiteye sahip olduğu takdirde bağlantı kovalent olacak, yarıçapta hiç deformasyon olmayacak, fakat iki atomdan birisi diğerinden daha kuvvetli bir elektronegativiteye sahip olduğu takdirde iyonik bir bağlantı kurulacaktır.

Netice olarak görüyoruzki;

Elektronegativite bir elemanın sabit bir karakteristiği olarak kalmayıp, kristal içerisinde bağlı olduğu diğer elemanın cinsine göre değişiyor. Bununla beraber Allred ve Rochow çekirdek ve çevresindeki bir elektron arasındaki çekim kuvvetine dayanan bir elektronegativite cetveli yapmışlardır.

Diadoşi mevzuuna gelince elektronegativite mefumu bazı atomların Goldschmidt kaidelerine tezat teşkil eden tutumlarını anlamamıza yar-dim etmektedir,

Goldschmidt kaidelerine göre  $Cu^{1+}$  ( $0,69 A^\circ$ ) bir plajyoklaz içerisinde  $Na^{1+}$  ( $0,67 A^\circ$ ) yi, ferro - magneziyen mineraller içerisinde  $Cu^{2+}$  ( $,72 A^\circ$ ) ve  $Fe^{2+}$  ( $0,74 A^\circ$ ) yi ramplase etmelidir. Halbuki araştırmalar  $Cu^{1+}$  ve  $Cu^{2+}$  nun,  $Na^{1+}$  ve  $Fe^{2+}$  den daha küçük yarıçaplarına ve aynı valanslara sahip oldukları halde silikatlar içerisinde girmediklerini göstermiştir. Eğer bu anormal durumun ionların elektronegativite değerlerinin tesiri ile meydana geldiğini kabul edersek  $Na^{1+}$  ve  $Fe^{2+}$  nin, silikat şebekelerinde  $Cu^{2+}$  ve  $Cu^{1+}$  den çok daha sağlam bir şekilde tesbit olması gerektiğini farkediriz.

Elektronegativite değerleri (kal):

$Cu^{1+}$	177
$Cu^{2+}$	235
$Na^{1+}$	118
$Fe^{2+}$	185

$Cu^{1+}-O$  bağlantısı daha fazla iyonik, dolay  $Na^{1+}$  ile daha stabil olan  $Na^{1+}-O$  bağlantısından daha kovalent ve daha zayıftır. Bu misal bünyeye bağlı enerji özelliklerinin diadoşik bir değişme vukuunda nazarı itibare alınması gereğini açıkça göstermektedir.

Muhtelif misaller elektronegativite sayesinde atomların nasıl bir davranışta bulunacaklarını önceden tahminin mümkün olabileceğini göstermektedir. Bununla beraber sadece elektronegativite faktörünün jeoşimik hareket tarzını izah edemediği birçok eleman mevcuttur. Bazı yazar-

lar bunu bilhassa iyonik strüktürlerde polarizabilite olayları ile izah ediyorlar. (Polarizabilite : bir atom veya ionun elektronik bulutlarının, bir veya birçok komşu ionlar alanının tesiri altında nakil ve bükülmeye maruz kalma imkanı).

Bütün bu faktörlerin, elemanların dağılım ve birikimine tatbiki Goldschmidt kaidelerine istisna teşkil eden diğer olayların izahı mümkün kılar.

Goldschmidt kaideleri, elektronegativite ve polarizabilite gibi faktörler genellikle mükemmel olan struktüre tatbik edilebilmektedir.

Gregg, Garner, Dekeyser, Amelinckx, Gatos, Kroger gibi yazarlar yabancı kimyasal maddelerin kristaller içerisindeki dağılımlarında zayıf noktaların, hatalı teşekküllerin çok mühim rol oynadığını göstermişlerdir. Fiziki adsorpsiyon olayları bu yabancı maddelerin yerleşmelerini kısmen izah etmektedir.

Kristal inkişafına bağlı olaylar, elemanların bir katı faz'ın gelişmesi esnasındaki davranışlarını anlamak bakımından çok mühimdir. Kristalin büyümesi esnasında yüzeylerin geçici fazlar olduğu, Kristal geliştiği müddetçe bir yüzeyin diğer yüzey tarafından ramplase edileceği bilinmektedir. Netice de yeni tabakaların ilavesi ile yüzeyde bulunan ilk tabaka sonradan bir iç tabaka haline gelecektir. Bilhassa büyüme hızının tesiri altında empürteler umumiyetle değişik ebattaki odacıklar şeklinde kristal içerisine girecekler (hızlı büyüme) veya tedrici bir şekilde dış yüzeyler üzerinde birikerek konsantre olacaklardır, (yavaş büyüme). Eğer yüzey ile tras elemalar arasındaki bağlantı: enerjisi zayıf ise bu elemanlar yeni teşekkül eden yüzeye doğru itilecek ve neticede ancak yüzeyler arasında yerleşeceklerdir. Aksi halde yer değiştirmeyen ionlar şebeke yapısına iştirak etmeyecek, kristalin ortamı boşluklarında yerleşecektir.

Hakiki kristalleri meydana getiren hasara uğramış yüzey tabakaları iki büyük grupta toplanabilir,

a — Kristal yüzeyinde birbirinden ayrılmış birçok küçük parçalardan müteşekkil ince bir pelikül inconvout (mozaik) .

b — Mekanik yol ile meydana gelmiş dislokasyonları ihtave eden elastiki olarak çökmüş maddelerden müteşekkil daha derin bir tabaka mevcuttur.

İşaret edilecek mühim bir nokta mineralin yüzey tabakalarına tesir eden bu düzensizliğin hareketli oluşudur. Dislokasyonlar yer değiştirerek yabancı elemanları nakledebilirler.

Tras elemanların mineraller içerisindeki dağılım ve konsantrasyonunun jeoşimik izahı naine-

ral'in ait olduğu jeolojik ortamın inkişafından ayrı olarak mütalaa edilemez.

Tras elemanların lokalizasyonu üzerinde Goni (1966) tarafından sistematik bir şekilde araştırmalar yapılmış ve bazı neticeler elde edilmiştir. Yazara göre lokalizasyon olayı iki gurupta mütalaa edilmektedir. Birinci gurupta tras elemanların, bilhassa minerallerin mikro çatlaklarında ve mezostas kristallerin yüzeyleri arasındaki lokalizasyonu, ikinci gurupta bu elemanların diadoşik ramplasmanı bahis konusudur.

Bu araştırmalar sonunda elde edilen neticeleri kısaca özetleyelim.

1 — Tras elemanların minerallerin mikro çatlaklarında ve mezostas kristal yüzeyleri arasındaki lokalizasyonu;

a — Kloritler içerisinde vanadyum (eksekiyetle bakır refakatinde).

b — Monzonitik granitler içerisinde krom (ayrıca Cu, Pb, W, V, Ni, Co, nadir topraklar gibi metalik ve Ba, S, Cl, gibi imetalik olmayan elemanlar.

c — Granitler içerisinde İbakır, kurşun ve çinko.

d — Granitler içerisinde bakır, tungsten, atsenik ve baryum (umumiyetle demir rafakatinde).

e — Zirkon içerisinde lantanitler (bilhassa seryum ve gadolinyum).

f Antigoritler içerisinde nikel ve kobalt.

g — Turmalin litik içerisinde bakır ve çinko.

h — Varlâmoftit içerisinde bizmut (demir, manganez ve bilhassa kurşun refakatinde).

i — Baza aragonitler içerisinde kurşun (bazan bakır ve çinko) ile beraber,

2 — Diadoşik ramplasmanların heterojen bir şekilde dağılımı (ojitler içerisinde titan, diopsitler içerisinde krom).

Titan ve krom'un monokristaller içerisindeki dağılımını incelemek gayesi ile iki mineral seçilmiş ve bu mineraller içerisindeki titan ve kromun boşluklarda olmayıp bütün bünye içerisinde dağılmış olduğu müşahade edilmiştir. Bununla beraber bu dağılım homojen olmayıp bir noktadan bimektaya değişebilmektedir

Bir elemanın nadir oluşunu izah eden faktörler :

Bol veya nadir olma mefhumu dağınık olma mefhumu ile karıştırılmamalıdır. Fersman'a göre yer kabuğundaki mevcut nadir elemanları analiz ederken üç ayrı tip ile karşılaşırız;

1 — Umumi olarak nadir bulunan elemanlar;

a — Kainat içindeki başlangıç Marklarına göre az stabil ve noksan durumda olanlar : Li, Be, B,

b — Klark eğrilerine göre yüksek şarj değeri dolayısı ile az stabil olanlar : Ta, W, Ba, Os, ir, Pt, Av, Hg, Te, Bi, Th, V.

o — Radyoaktif parçalanma neticesi meydana gelenler : Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U,

2 — Yer kabuğundaki nadir elemanlar :

Yer kabuğunun giriş zonlarının dışında bulduklarından çok fazla bir sistemden itibaren evvelce elimine olmuş olanlar.

a — Siderofil : Ge, W, Mo, Ni, Co,

b — Platin gurup'u metalleri : Ru, Rh, (Pd), Os, ir, Pt, bir kısım, kalkofil elemanlar : Se, St, As, Sb, Bi, ve bazı ağır metaller : Au.

3 — Dispersion'un kimyevi özellikleri dolayısı ile nadir olanlar;

a — Umumi hareketsizlikleri ve dağılımları neticesi nadir olan gazlar : He, Ne, Ar, Kr, Xe, (Rn),

b — Basit ve, ya kompleks ionlu, zayıf Ek\* değerli, tipik bir şekilde disperse olmuş elemanlar serisi : Li, Be, B, F, Sc, V, Ga, Br, Rf, Y, Nb, İh, Mo, Ca, Ta, Hg, TL, Au, U ve nadir topraklar.

Jeşimik Kompleksler :

Elemanların birbirine olan bağılıkları genellikle jeşimi kanunlarına uymaktadır. Hiçbir sahada fantezi teşkil edebilecek bağıntılara rastlamamakta, bilakis daima tipik bağıntılar gösteren serilerle karşılaşmaktayız. Böylece jeşimi kanunları bizi metalik ve metalik olmayan mineraller arasındaki tipik bağıntılar hakkında aydınlatmakta ve icabında çalışmalarımıza bir yön verebilmektedir. Netice olarak aşağıda gösterildiği gibi hangi eleman ve bileşiklerin beraberce bulunabileceği hususunda bir sınıflandıranaya yapabiliriz.

1 — Kalay, volfram, bizmut, lityum tuzları (bazen berilyum)

2 — Altın, kalay, monazit, şelit.

3 — Potasyum, magnezyum, brom, klor.

4 — Titan, demir vanadyum,

5 — Kömür, pirit, refrakter killeri.

6 — Nikel, kobalt, bakır, palladyum.

\* Ek : Dispersion halinde bir kristal şebekesine girdiği zaman bir ion tarafından serbest bırakılan enerji.

Mesela, granitik pegmatitler içerisinde feldspat, saf kuvars, mika, kıymetli taşlar ve Be, Li, gibi bazı nadir metallere birlikte rastlıyoruz. Ayrıca böyle bir kompleks içerisinde mika mevcut ise uranyum ve radyumunda mevcut olabileceğini, lityum mevcut ise kalay, rubidyum ve sezyumunda aranması lazım geldiğini biliyoruz.

#### Jeşimik Korelasyonlar

Jeşimik bakımdan tipik olan bazı korelasyonlar aşağıda görülmektedir.

U-Be-B	S-Sr Bitümler
Fe-Ba-Pb	Cı-Na-(K, Rb, Cs, Ca, Mg)
P-Al-(P)	
Mg-Fe-Cr-(Ni)	Br-Cl-L-(Cs, Rb)
P-Ca-(Nadir toprak-lar)	Rb-Cs, Sr (SO <sub>4</sub> )-S-dolomit
S-Ağır metaller	Zr-Ti-(Nb, Ta)
Nb-Ta-Ti-Zr	Zn-Pb-Ag
Mo-W-(Si)	As-Au
Ag-Pb-Co	Sn-W-Ni
Cd-Zn	Sb-As <sup>^</sup> S
K-Rb-Cs-(Li)	Te-Au-Ag-Hg
Ca-Na	I-Br-Cl
Sc-Mg	Cs-Rb-(Li)
Ti-Fa-Ca	Ba-(SO <sub>4</sub> )-(Pb)
V-U-Ra-(Bitümler)	W-Sn-(Au)
Cr-Ni-Mg-Fe	Au-Ag-As-(Te)
Fe-Co-Ni-Cr	Hg-As-Sb
Co-Ni-Fe-Mn	Pb-(Zn)
Ni-Co-Fe	Th-(Nadir topraklar)
Zn-Cd-Ga-Ge-in	Li-Ra-(V, As, P)

Düşük tenörlerde bulunan bazı elemanların dağılımı :

Be - Berilyum : Bazı asit niçgeili hidrotermal füonlarda (Apatit, beril, mispikel, molibdenit, pirit ve blende bağılı olarak).

Ge ile beraber bazı kömür yataklarında (100-1000 p. p. m.). Oksitler içerisinde.

Bi - Bizmut : Kalay, tungsten ve molibdenit minerallerine bağılı olarak.

Muhtelif bakır ve gümüş sülfürlerine bağılı olarak bazan Ni-Oo ile umumiyetle Pb ile beraber.

Cd - Kadmiyum : Grinokit şeklinde (CdS). Nadiren ekonomik bir önem taşır.

Blend içerisinde  
Zn karbonat ve silikatlar içerisinde.

Ce - Seryum : Deniz menşei plaserlerde.

Diğer nadir topraklarla birlikte alkalın kompleksler ve karbonatitler içerisinde.

CS - Sezyum : K ve Rb bakımından zengin tuzlar içerisinde.

Lepidolit içerisinde.

Amazonit (mavi-yeşil) içerisinde.

Ga - Galyum : Yer kabuğunda % 1,5 5X10<sup>-3</sup> oranında bulunur. Pb kadar yaygındır. Blend, aliminyum mineralleri ve bazı silikatlar içerisinde (Nefelin) Al, Fe, ve Zn nin yerini alır. Alkalın kayaçlar içerisinde (siyenit nefelinler) ; nefelin ve apatit % 0,01 - 0,04 Ga ihtiva eder. Aynı şekilde alkalın kayaçların pegmatitleri içerisinde bulunur.

Granitik pegmatitler içerisinde (Spodümen ve lepidolit % 0,07 ye kadar Ga ihtiva eder). Çinko yataklarında (blend % 0,001 - 0,005 Ga ihtiva eder).

Boksitler içerisinde (% 0,002 - 0,003 Ga). Maden kömürü İçerisinde (Ge ile beraber)

Ge - Jermanyum : Blend içerisinde

Maden kömürü ve linyit içerisinde, (küllerin içerisinde % 1'e kadar konsantre olabilir)

Bazı bakır, çinko ve kurşun yataklarında Ge bakımından zengin bazı mineraller şeklinde; Jermanit : Cu<sub>3</sub> (Fe, G. Zn, Ga) (S, AS)<sub>4</sub> Renierit : (Cu, Fe)<sub>3</sub> (Fe, Ge, Zn, Sn) (S AS)<sub>4</sub> Feldspatlar içerisinde (albit, anortit ve ortoz'da Si'nin yerine geçer).

I ve K sülfürler içerisinde.

Hf - Hafniyum : Zirkon ile birlikte bilhassa feldspatik filonların kuvars bakımından zengin kısımlarında.

in - İndiyum : Sfalerit içerisinde

Sulfo - stannatlar içerisinde

Sulfo - Jermanatlar içerisinde

tr - İridyum : Platin yataklarında

(Nb-Tä)- Niyobyum - Tantal

Fe, Mn ile beraber niobo - tantalltler şeklinde.

Ti mineralleri içerisinde

Bazı boksit yataklarında

Os - Osmiyum : Platin yataklarında

Pd - Palladyum; : Platin ve antimuan ile birlikte

Rb - Rubidyum : Bilhassa mikroklın İçerisinde (% 3 Rb<sub>2</sub>O ya kadar

Tuz yataklarında (başlıca ekonomik kaynaklarıdır).

Re - jRenyum : Molibdenit konsantrelerinde ve Porfirik bakırlar içerisinde bulunur. Molibdenit içerisindeki Re tenörü 0 - 3250 p. p. m. dir

Aynı yatağın farklı numunelerinde büyük tenör farkları görülebilir.

Rh - Rodyum : Platin yataklarında  
 Ru - Rutenyum : Platin yataklarında  
 Sc - Skandiyum : Kalay mineralleri içerisinde (Borissenkoya göre greyzenler içerisinde yer alan volframit, kasiderit ve beril yatakları skandiyum istahsali için en büyük imkanları sağlamaktadır).  
 Taitveitit :  $(\text{So}, \text{Y})_2 \text{Si}_2\text{O}_7$ , Güney Norveç'te pegmatitler içerisinde ağırlığı 1 Kg. a kadar olan kristaller şeklinde, Madagaskar da beriyy. pagmatitler öksenit, kolumbit ve zirkon içerisinde bulunur.  
 Se - Selenyum : Muhtelif sülfürler içerisinde, bilhassa galen, kalkopirit ve Pb, Bi, Sb sulfo tuzları içerisinde (Umumiyetle tellur'e bağlı olarak)  
 Te-Tellur : (Umumiyetle Se ile birlikte)  
 Altın ve gümüş ile beraber (tellurur şeklinde)  
 Bizmut ile beraber  
 Bazen PbS içerisinde  
 Bazen Cu içerisinde  
 Th - Toryum : Uranyum ile birlikte  
 Monazit içerisinde  
 Bazı tantalat ve niobo - tantalat'lar içerisinde  
 Tl - Talyum : Bilhassa Pb ihtiva eden bazı Mn yataklarında  
 Sodo - litik granitik pegmatitlerde lepidolit, pollusit ve amanozit içerisinde.  
 Pirit ve markasit içerisinde  
 Yüksek Sb ve As tenörlü Pb, Zn, Cu yataklarında (galen, Pb stiltantimoniürler, Fe disülfürler, blend ve kalkopirite bağli olarak) bulunur. Yan taşların mağmatik veya sediment oluşunun talyum tenörü üzerinde tesiri olmadığı sanılmaktadır.  
 V - Vanadyum :bilhassa Ti, Cr, Fe, P, As, ile yakın ilişkileri olup umumiyetle U ile beraber konsantre olmakta ve genellikle Cu, Pb, Zn, Mn, Mo, Ni, Co ihtiva eden yataklarda rastlanmaktadır.  
 Y - Yitrium : Skandiyum'a benzer.  
 Talenit  $(\text{Y}_2 \text{S}_2 \text{O}_7)$  şeklinde veya tortveitit de kısmen skandiyum'un yerine geçmiş olarak bulunur. Talenit ve tortveitit diğer yitritik mineraller ile beraber bazı granitik pegmatitler içerisinde yer alır.  
 Ce-Er, La, Th ihtiva eden muhtelif mineraller içerisinde de bulunabilir.  
 Plaserlerdeki monazitler içerisinde ve muhtelif granitikpegmatit mineralleri içerisinde (bilhassa öksenit, polikraz, fergusonit, gadolin, betatif, samarskit ve ksenotim) bulunur. Yitrotitanit  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{Ce}) (\text{Ti}, \text{Al}, \text{F} \rightarrow +) \text{SiO}_4$  halinde bulunabilir.

Sunada işaret edelimki yitrik topraklar bilhassa granitik pegmatitler içerisinde şerik topraklar ise alkalın kompleksler içerisinde bulunurlar.

## BİBLİGROFYA

- [1] FERSMAN A. E.1953 : Méthodes géochimiques et minéralogiques de recherches des minerais. Oeuvres choisies. Cilt : 2 Kısım : 2
- [2] GOLDSCHMIDT V. M. 1964 : Geochemistry.
- [3] GONI JUAN 1969 : Contribution à l'étude de la localisation et de la distribution des éléments en traces dans les minéraux et les roches granitiques. Mémoires du bureau de bureau de recherches géologiques et minières, no : 45.
- [4] ROUTHIER P. 1963: Les gisements métallifères cilt : 12.
- [5] VINOGRADOV A. P. 1964 : Chemistry of the Earth's crust

Not : Adı geçen diğer yazarlar Juan Goni'nin kitabında geçmektedir. Onlara ait referanslar bu kitapta mevcuttur.

EK

### Düşük tenörlerde bulunan bazı elemanların kullanıldığı başlıca yerler :

Berilyum (Be) : Kuyumculuk, (X) ışınli tüpler, nükleer çalışmalarda nötronların istihsalı ve yavaşlatılması, tritium'un hazırlanması.  
 Metalürji : Berilyumlu bronz. Baza alaşımlarda oksit giderici. Seramik. Hafif alaşımlar.

Bizmut (Bi) : Alaşımlar, istikbalde nükleer enerji. Manyetik alan ölçme cihazları. Termo elektrik pilleri. Eczacılık.

Kadmium (Cd) : Amerikan parası. Kuyumculukta lehim. Alaşımlar. Fb, Zn, Sn ile lehim. U - V için fotoelektrik selülleri. Elektrik ölçme cihazları. Edison pil ve akümülatör. Atom endüstrisi. Otomobil endüstrisi.

Seryum (Ce) : Nadir topraklara bakılacak.

Sezyum (Cs) : Fotoelektrik selülleri. Mikroskopik kalitatif analiz.

Galyum (Ga) : (Çok pahalı olduğundan az kullanılır) Yüksek hararet termometreleri. Hidrolik contalar. Optik Elektrik. Optik aynalar. Spektrografik analiz. Metalürji : Al alaşımları, çelik, Organik sentezler : Katalizör, sömi kondüktör.



Jermenyum (Ge) : Transistor. Redresör. Elektrik rezistansları. Hususi alaşımlar. Civa buharlı tüpler. Rezistanslı termokupller. Soğutucu.

Hafniyum (Hf) : Nükleer enerji : Nötronların absorbe edilmesi, akımın yavaşlatılması.

Metalik hafniyum : Tungsten telleri. Ampul sanayii. Seramikte dekorasyon.

Hafniyum oksit : ince tungsten telleri.

İndiyum (İn) : Metal : Elektrik. Bakterilerle mücadele. Uçaklarda yağlama. Alaşımları : Az kullanılır.

Bileşikleri : Elektrik

İridyum (İr) : Katalizör. Platinli alaşımlar. Terazı bıçakları.

Niobyum (Nb) : Metalürji : Muhtelif çelik alaşımları. Tekik aletler. Elektronik.

Osmiyum (Os) : Organik kimyada katalizör. Fotoğrafçılık. Platinin sertleştirilmesi. Ziyet Eşyaları.

İridyum osmiyür : Sert uçların yapılması.

Palladyum (Pd) : Kimya : Civa dozaj ve aralan. Metaller üzerine kaplama. (Oksitlemeye karşı koruyucu.) Alaşımlar : Kuyumculuk, saatçilik ve dişçilikte. Katalizör. Umumiyetle platin yerine kullanılır.

Rubidyum (Rb) : Henüz kullanılmıyor.

Renyum (Re) : Metalürji : Aşınmaya karşı dayanıklı alaşımlar. Elektronik : Elektronik tüpler. Termoelektrik kuplleri. Fotoğraf endüstrisinde anti - halo. Katalizör : Hidrojeni ni alma, oksido - redüksiyon.

Rodyum (Rh) : Katalizör : Platin ile alaşım. Termokupl.

Rutenyum (Ru) : Pergel uçları v.s. gibi çok sert alaşımlar. Platinin sertleştirilmesi. Emaye endüstrisi. Elektrodlar. Fotoğrafçılık. Mikrop rafi. Histoloji. Katalizör.

Skandiyum (Sc) : Nadir topraklara bakılacak.

Selenyum (Se) : Fotoelektrik özellikleri dolayısı ile kolorimetri, yangın ve hırsız alarm cihazları. Optik yoğunluk ölçme. X ışınları enerji değerlendirilmesi. Akım redresörleri. Boya maddeleri. Cam sanayii. Alaşımlar (Pd,

Mg, Fe, Ca, ile) Fotoğrafçılık. Fazla hassas boyalar. Katalizör. Eczacılık. Küf ve hasaratla mücadele.

Tantal (Ta) : Elektronik cihazlar. Elektrik ; Redresör ve kondansatörler. Elektrolitik. Kimya sanayii (asitlere mukavim) suni ipek sanayii. Cerrahi. Metalürji. Alaşımlar.

Tellur (Te) : Metalürji de demir, bakır ve kurşun alaşımları. Kauçuk, cam ve seramik sanayii. Fotoğrafçılık, Organik kimya ve petrol endüstrisinde. Katalizör.

Toryum (Th) : Metalik toryum : Ark lambaları. Katodlar. U V için fotoelektrik selüller. Gatter. Katalizatör.

Toryum oksit : Metalürji. Seramik (refrakter) Katalitik kimya. Tungsten telleri. Katodlarda elektronik tüpler. Maşonlar.

Talyum (Tl) : Alaşım ve bileşikleri : Termometri. Cam sanayii. Fotoğrafçılık, sömi-kondüktör. Talyum sülfür : Fare zehiri.

Vanadyum (V) : Metalürji'de aeronitik, X ışınlan tekniği, hususi çelikler. Laboratuvar ve endüstride kataliz. Eczacılık. Böceklerle mücadele Seramik ve cam sanayiinde renk verici. Lüminesans. Fotoğrafçılık. Ziraatde gübre.

Yitriyum (Y) : Nadir topraklara bakılacak. Nadir topraklar :

Auer maşonu. Laboratuvar lambalarında Nernst telleri. Oksit rezistanslı fırınlar. Refrakter sülfürler. Emayeler, tzele edici seramikler. Dielektrik. Cam sanayiinde absorbe edici, renk verici renk giderici, camların parlatılması. Flüoresans ve lüminesans. Yüksek endisll camlar. Elektrik. Metalürjide Mg ve Al alaşımları dökme demir ve çeliklerde sülfür ve oksit giderici, oksitlenmez çelikler. Kimyada dozaj. Elektronikte nadir toprak ferritleri. Katalizde hidrojenleme ve hidrojeni ni alma. Petrol ayırımı. Organik kimyada oksitleştirme, halojenleştirme, polimerize etme.

Nükleer sahada (Eu, Ce, Tm) Metalik parçaların radyografisi, tıbbi radyografi ve reaktör. Tıp ve eczacılıkta dezenfekte edici, ra-

dioterapi, pıhtılaşma ve kusmaya karşı. Ziraatte sebzelerin, kauçuk ve mısır'm geliştirilmesi. Ağaçlann metalleştirilmesi.