

# Yeni bir süstaşı: Pezzotait

Genel olarak geçmişte neler olup bittiğini günümüz dünyasına anlatmaya çalışan Jeoloji bilimi içinde gelişen en önemli alanlardan birisi mineralojidir <sup>(1)</sup>. Mineraloji bilimi kayaçlar içerisinde bulunan minerallerin incelenmesi ile ortam koşulları hakkında fikir sahibi olmamıza yardımcı olur. Bu bağlamda bugüne kadar yürütülen çalışmalarda yaklaşık 3000 kadar mineral türü tespit edilmiştir. Mineraloji gibi bir diğer önemli bilim dalı ise gemolojidir. Süstaşları bilimi olarak basitçe tanımlanabilen gemoloji, mineralojinin yeni bir alt disiplini sayılabilir. Gemoloji, bu yüzyılın başlarında bilimsel bir karakter kazanmaya başlamış, bugün bütün dünyada mücevher sektörüne doğrudan hizmet eden, değerli ve yarı değerli minerallerin yanı sıra süstaşı malzemesi yapılabilecek bazı kayaçlar ve organik materyalleri inceleyip tanımlayabilir, kalitesini arttırabilir ve sentetiğini üretebilir duruma gelmiştir <sup>(2)</sup>.

Günümüzde hızla gelişen teknoloji sayesinde mineraller, artık modern analiz teknikleri ile incelenmektedir. Bu teknikler zaman zaman geçmişte tanımlanmış minerallerin aslında başka bir mineral türü olduğu gerçeğini ortaya çıkarabilmekte ve bunun sonucu olarak yeni mineral türleri keşfedilmektedir. Keşfedilen bu yeni mineral türleri nadir ve süstaşı kalitesinde olduğu sürece mücevher sektöründe önemleri büyük olacaktır.



**Onur Ayken**

Università degli Studi di Milano-Bicocca  
İtalya

oayken@yahoo.co.uk

## Yeni Bir Süstaşının Doğuşu

Bahsi geçen bu yeni mineral keşiflerinden biri Madagaskar'da yaşanmıştır. Orta Madagaskar'da Ambatovita yakınlarındaki Sakavalana granitik pegmatiti içinde Kasım 2002'de keşfedilen bir beril türü derin, morumsu pembe rengi ve ilgi çekici katoyansi (cathoency) özelliğiyle süstaşı koleksiyoncuları ve uzmanları arasında heyecan yaratmıştır (Şekil-1). Önceleri kırmızı beril, pembe beril gibi isimlerle satılan bu mineral üzerinde yapılan analizler, yoğun biçimde sezyum (Cs) içerdiğini ortaya koymuş ve bunun yeni bir mineral olduğu anlaşılmıştır. Eylül 2003'te Uluslararası Mineraloji Birliği, yıllarca Madagaskar'daki granitik pegmatitlerde araştırmalar yürüten mineralog Dr. Federico Pezzotta'nın onuruna bu yeni beril grubu mineralinin ismini "pezzotait" olarak onaylamıştır. Böylece, beril -  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ , bazzite -  $Be_3Sc_2Si_6O_{18}$  ve stoppaniite -  $Be_3Fe_2Si_6O_{18}$  ile birlikte beril grubunun üye sayısı dört olmuştur<sup>(3,4,5,6)</sup>.



Şekil-1. Kedigözü özelliği gösteren kaboşon kesimle beraber çeşitli türde fasetlenmiş pezzotait mincralleri<sup>(3)</sup>

### Nedir Pezzotait?

$Be_3Al_2Si_6O_{18}$  kimyasal formülüne sahip beril minerali, pegmatitlerde, değişik türdeki silisli ve mafik metamorfik kayalarda, nadiren de granit ve riyolitlerde bulunan bir alüminyum beril silikattır. Doğada yeşil (zümrüt), mavi (akuvamarin), sarı (heliodor) ve pembe (morganit) renklerde oluşan beril mineralinin renksiz olanı ise goşenittir. Hegzagonal sistemde kristalleşen beril minerali, her biri lateral ve dikey olarak  $AlO_6$  oktaeder ve  $BeO_4$

tetraederine bağlı  $SiO_4$  tetraederleri ile bağlantılı altı üyeli zincirlerden meydana gelen bir yapıya sahiptir. Bu yapı, içerisinde OH,  $H_2O$ ,  $CO_2$  molekülleri ile alkali iyonların yerleştiği c eksenine paralel geniş kanallar içermektedir<sup>(7,8,9,10,11,12)</sup>.

Pezzotait ise ideal olarak  $Cs(Be_2Li)Al_2Si_6O_{18}$  formülünde olup beril grubunun sezyum ve lityumca zengin yeni minerali ve süstaşıdır (Şekil-2)<sup>(13, 14)</sup>. Pezzotait literatürde daha önceleri adlandırılmış sezyumca zengin beril (Cs-beril) değildir fakat tamamen berile bağlı yeni bir mineraldir. Beril grubu minerallerinden sadece beril ve pezzotait süstaşı kalitesinde bulunmaktadır. Bu makale boyunca beril her ne kadar bir grup ismi olsa da bir mineral türü olarak ifade edilecektir.



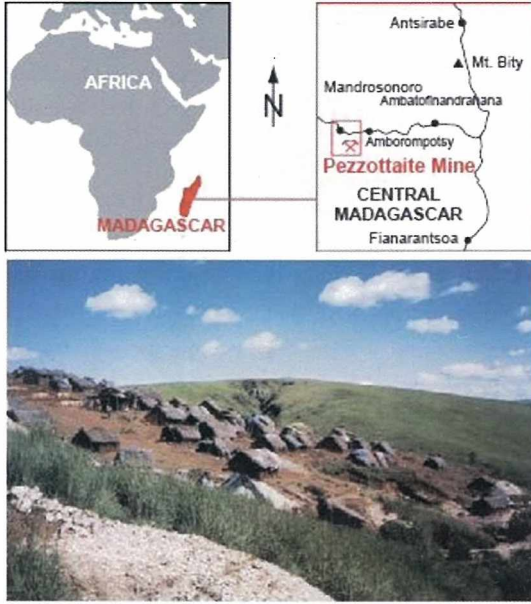
Şekil-2. Pezzotait, Madagaskar

Madagaskar'da keşfedilen bu mineral ek olarak Afganistan'da Hänni ve Krzemnicki tarafından bulunan ve incelenen Cs bakımından zengin morganit (pembe beril) ise daha sonra pezzotait olarak tanımlanmıştır<sup>(15,16)</sup>.

### Sakavalana Pegmatiti

Orta Madagaskar, Madagaskar'ın süstaşı üretilen bölgelerinden biridir. 1940'lı yılların başında Fransız kolonistler tarafından işletilmeye başlanan Sakavalana pegmatiti Orta Madagaskar'da Ambatofinandrahana'nın 140 km batısında Antsirabe kasabası yakınlarında bulunur (Şekil-3). Yerli halk buradaki madenlerde çalıştırılarak turmalin ve diğer mineraller üretilmiştir. Kasım 2002 ortalarında yerli madenciler renkli turmalin ile yeşil, mavi ve mor renkli, süstaşı kalitesinde spodumen kristallerinin bulunduğu geniş bir oyuk

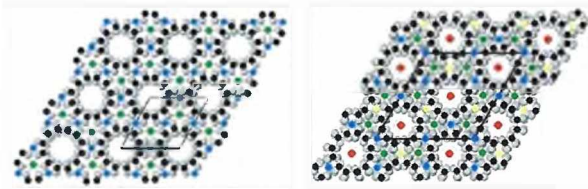
keşfetmişlerdir. Pezzotait, dış zonunda başlıca K-feldspat, kuvars, plajiyoklaz, siyah mika, iç zonda siyah ve mor mika, dumanlı kuvars, danburite, chiavennite, zirkon ve Nb-Ta oksitleri bulunan Sakavalana granitik pegmatitinde oluşmuştur. Siyah turmalinler; beril, spessartin ve spodumen ile beraber büyümüştür. Parajenetik ilişkiler pezzotaitin son faz kristali olarak oyuklar içinde bulunan sıvılardan kristalleştiği göstermektedir<sup>(3, 13, 18, 19)</sup>



Şekil-3. Orta Madagaskar'daki Pezzotait madeninin yeri<sup>(17)</sup>

### Pezzotaitin Kristal Yapısı ve Kimyası

Pezzotaitin kristal yapısı her ne kadar berile benzese de içerisinde bulunan Cs ve Li atomlarının sistematik ve simetrik pozisyonları yeni bir mineral olduğu görüşünü doğrulamaktadır. İki mineralin kristal yapısı arasındaki fark ve benzerlikler Şekil-4'de gösterilmiştir.



Şekil-4. Beril (solda) ve pezzotaitin (sağda) kristal yapıları arasındaki fark<sup>(17)</sup>

Şekilde yeşil toplar alüminyum katyonlarını (Al), mavi toplar berili (Be), sarı toplar lityumu (Li), kırmızı toplar sezyumu (Cs), gri toplar oksijeni (O),

siyah toplar ise silisi (Si) ifade etmektedir. Berilin yapısı ardarda sıralanmış  $BeO_4$  ve  $AlO_6$  poliederlerinin birleşimi ile oluşan 12 üyeli zincirler ile c eksenini boyunca birbirini izleyen 6 üyeli dörtlü zincirler şeklinde karakterize edilir. Pezzotait mineralinin yapısı da berilinki gibidir fakat 12 üyeli zincirlerin iki farklı tipi vardır. (1) Berildeki ringlere karşılık gelenler, (2)  $LiO_4$ ,  $BeO_4$  ve  $AlO_6$  poliederlerinden meydana gelenler. Lityum ve beril atomlarının pezzotaitin yapısında bulunabilmeleri için ana hücrenin berilinki kadar genişlemesi gerekir. Bununla birlikte beril hegzagonal, pezzotait ise rombohedral kafes yapısına sahiptir (Şekil-5)<sup>(3, 17, 20)</sup>.



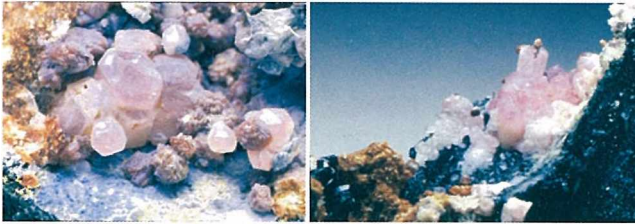
Şekil-5. Pezzotaitin kristal sisteminin diyagram şeklinde gösterimi

Cs içeren alkali beriller geçmişteki mineraloglar tarafından literatüre vorobievit (pembe Li-Cs içeren) ve roserit (renksiz yakın Na-Li tipinde) olarak geçirilmiştir. Morganit ise süstaşı kalitesinde Cs içeren beril için en yaygın kullanılan terimdir. Cs, Li ve Rb alkali element konsantrasyonları bugüne kadar değişik jeolojik ortamlardaki berillerde ölçülmüş ve en yüksek değerler granitik pegmatitlerin iç zonlarında bulunan berillerde elde edilmiştir. Jeokimyasal olarak yüksek Cs içeren pegmatitik beriller genellikle düşük Na/Li değerleri gösterirler<sup>(3, 18)</sup>. Madagaskar örnekleri ile morganit (pembe beril) üzerinde yapılan X-ray flüoresans spektrometre analizlerinde en yüksek %19,762133 oranında  $Cs_2O$  bulunmuş, bu oran I.A-ICP-MS analizlerinde %23,37'e kadar çıkmıştır. En düşük  $Cs_2O$  oranı ise %9,7 ile Afganistan örneğinden elde edilmiştir. Bununla birlikte Evans ve Mrose tarafından çalışılmış ve %11,3 oranında  $Cs_2O$  bulunmuş Madagaskar örneğinin de pezzotait olduğu anlaşılmıştır. Morganitte ise  $Cs_2O$  içeriği genellikle %5 civarında veya daha aşağıdadır<sup>(3, 20, 21, 22)</sup>.

Pezzotait, morganite ve kırmızı berilin kimyasal bileşimleri tamamen farklıdır. Kırmızı beril yüksek oranda Fe, Ti, Mn ve diğer iz elementleri içerirken morganit, pezzotaittekilere yakın Fe, Ti ve Mn değerleri gösterir<sup>(22)</sup>.

### Renginin Kökeni

Morganitin rengini  $Mn^{2+}$ , kırmızı beril ise  $Mn^{3+}$ 'dan almaktadır. Fakat daha sonra manganez içeren berillerin spektrumları göz önünde bulundurularak  $Mn^{3+}$ 'nın her iki mineralin renginden sorumlu olduğu ve bununla birlikte Mozambik pembe morganitlerinin rengini  $Mn^{3+}$ 'dan aldığı belirtilmiştir<sup>(3)</sup>. Bazı pembe berillerin ısıtma sonucu renklerini kaybettikleri ve X-ray veya gama ışınlarına maruz bırakılarak renklerini geri kazandıkları bilinmektedir. Pezzotait üzerinde gerçekleştirilen ısıtma ve yeniden ışınlarla maruz bırakma pezzotaitin rengini radyasyondan etkilenmiş renk merkezlerine  $Mn^{3+}$  girmesi sonucu aldığı önerisini desteklemektedir. Sezyumca zengin berillerin pembe renkte olmalarının nedeni, granitik pegmatitlerdeki kristalleşmenin sonuna doğru jeokimyasal olarak birbirini izleyen Cs ve Mn'in etkisinden kaynaklanmaktadır<sup>(3,23)</sup>.



Şekil-6. Chiavennite ile beraber bulunan pezzotait minerali<sup>(19)</sup>

### Pezzotait Nasıl Ayırt Edilir?

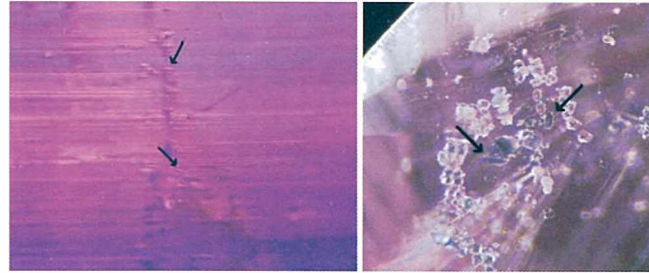
Bugüne kadar elde edilmiş pezzotait mineralleri morumsu pembe renktedir ve her ne kadar tonu ve doygunluğu değişse de hiçbir zaman tipik Utah kırmızı berili veya sentetiği gibi değildir. Yakın bir zamana kadar sentetik pezzotait üretilmemiş ve bununla birlikte sentetik beriller arasındaki en yüksek  $Cs_2O$  oranı %2,39 bulunmuştur. Bazı morganitlerin rengi pezzotait'e yakın olabilmektedir. Bununla birlikte gemolojik olarak pezzotaiti diğerlerinden ayırt etmenin en kolay iki yolu düşük sapma indisi ve morganit mineralinin özgül ağırlığıdır<sup>(3)</sup>.

Pezzotaitin rengi neredeyse pembe turmalinle aynıdır. Ancak, pembe turmalinler kedigözü özelliği dışında diğer berillere nazaran daha anlamlı tanımlama kıstasları ortaya koyarlar. Kedigözü özelliği gösteren pembe bir süstaşı ile karşılaşan bir gemolog bunun pembe turmalin veya katoyansı özelliği gösteren aynı renkteki başka bir materyal olduğunu düşünebilir (Şekil-7)<sup>(3,13,24)</sup>.



Şekil-7. Kedigözü özelliği gösteren kabaşon kesilmiş pembe turmalin (solda) ve pezzotait (sağda)

Mikroskobik olarak pezzotait içerisindeki kaparımlar turmalindekilere benzemektedir ve genellikle iğne şeklinde paralel ve likit kaparımlar bulunmaktadır (Şekil-8)<sup>(3)</sup>.



Şekil-8. Pezzotait içinde büyüme boruları boyunca görülen negatif kristaller (solda) ve Raman analizi ile tanımlanan grimsi yeşil kaparımlar (sağda)

Bir gemoloğun pezzotait ve pembe turmalin arasında hassas bir şekilde yapacağı sapma indisi ölçümü iki minerali kolayca birbirinden ayıracaktır. Bununla beraber pezzotaitteki pleokroizma pembe turmalinden daha fazla telaffuz edilmektedir. Pleokroizmayı belirlemenin en kolay yolu bilinen bir pembe turmalinle bilinmeyen materyali karşılaştırmaktır. Başvurulacak diğer bir yöntem ise masaüstü spektroskopu ile iki mineralin spektrumlarına bakmaktır. Pembe kırmızı turmalin tipik olarak 450-458 nm arası dar çizgiler ile 525 nm'de merkezlenen spektrum üzerindeki emilimi gösterir (Şekil-9).

Dr. Pezzotta'ya göre ana pezzotait oyuğundan 40 kilogramdan fazla pezzotait üretilmiş ve bu pezzotaitlerin çoğu pembe turmalin ve morganit olarak satılmıştır. Pezzotait çeşitli biçimlerde

kesilebilmektedir. Bilinen en büyük, iyi kalitede, şeffaf fasetlenmiş pezzotait 11,31 karat, iyi kalitedeki kedigözü etkisi gösteren kabaşon kesim ise 17,36 karattır (Şekil-10) (9).



Şekil-10. 5,25 karatlık bir pezzotait içeren altın yüzük

(1) Ayken, O., 2005. Çakmaktaşı ve gizledikleri, *Mavi Gezegen*, 9, 33-35.

(2) Whipp, Ç. I., 2002. Sütaşları Nasıl Tanımlanır? *Mavi Gezegen*, 6, 64-67.

(3) Laurs, B.M., Simmons, W.B., Rossman, G.R., Quinn, E.P., McClure, S.F., Peretti, A., Armbruster, T., Hawthorne, F.C., Falster, A.U., Günther, D., Cooper, M.A., Grobety, B., 2003. Pezzottaite from Ambatovita, Madagascar: A new gem mineral, *Gems&Gemmology*, 39(4), 284-301.

(4) Lambor J.L., Puziewicz, J., Roberts, A.C., 2000. New mineral names, *American Mineralogist*, Vol. 85, pp. 1843-1847.

(5) Della Ventura, G., Rossi, P., Parodi, G.C., Mottana, A., Raudsepp, M., Prencipe, M., 2000. Stoppaniite,  $(\text{Fe,Al,Mg})_3(\text{Be}_6\text{Si}_{12}\text{O}_{36}) \cdot (\text{H}_2\text{O})_2(\text{Na}^+)_2$ , a new mineral of the beryl group from Iatium (Italy). *European Journal of Mineralogy*, 12, 121-127.

(6) Gramaccioli C.M., Diella V., Demartin F., Orlandi P., Italo C., 2000. Cesian bazzite and thortveitite from Cuasso Al Monte, Varese, Italy: A comparison with the material from Baveno, and inferred origin, *The Canadian Mineralogist*, Vol. 38, pp. 1409-1418.

(7) Klein, C., Hurlbut, Jr., C.S., *Manual of Mineralogy*, 21st edition, ss. 471.

(8) Aurisicchio, C., Fioravanti, G., Grubessi, O., Zanazzi, P.F., 1988. Reappraisal of the crystal chemistry of beryl, *American Mineralogist*, Vol. 73, pp 826-837.

(9) Krambrock, K., Pinheiro, M.V.B., Guedes, K.J., Medeiros, S.M., Schweizer, S., Casañeda, C., Botelho, N.F., Pedrosa-Soares, A.C., 2002. Radiation-induced centers in Cs-rich beryl studied by magnetic resonance, infrared and optical

spectroscopy, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B191, pp 285290.

(10) Solntsev, V.P., Tsvetkov, F.G., Alimpiev, A.I., Mashkovtsev, R.I., 2004. Valent state and coordination of cobalt ions in beryl and chrysoberyl crystals, *Journal of Chem Phys Minerals*, 31, pp 1-11.

(11) Ayala-Arenas, J.S., Andrioli Jr, R.L., Watanabe, S., Matsuoka, M., Bhatt, B.C., 2001. Radiation effect on thermoluminescence and electron paramagnetic resonance (EPR) of pink beryl, *Radiation Physics and Chemistry*, 61, 4174-19.

(12) Viana R.R., Jordt-Evangelista, H., Da Costa, G.M., 2001. Caracterização químico mineralógica e espectroscopia Mössbauer de água-marinha da Região de Pedra Azul, Nordeste de Minas Gerais, *Revista Brasileira de Geociências*, 31(1), 89-94.

(13) Hawthorne F.C., Cooper M.A., Simmons W.B., Falster A.U., Laurs B.M., Armbruster T., Rossman G.R., Peretti A., Günther D., Grobety B., 2004. Pezzottaite,  $\text{Cs}(\text{Be}_2\text{Li})\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$ , a spectacular new mineral related to the beryl group, from Madagascar, *Mineralogical Record*, Vol. 35, pp 369-378.

(14) <http://homepage.mac.com/rasprague/uno/minpics/pezzottaiteimg/pezzottaite05.html>

(15) Iianni, H. & Krzemnicki, M.S., 2004. Pezzottaite, a new mineral and gem (supplement to "Caesium-rich morganite from Afghanistan and Madagascar"). *Journal of Gemmology*, 29(2), 75-76.

(16) Warin, R. & Jacques, B., 2003. Le beryl-Cs d'Ambatovita, Madagascar: morphologie et aspects macroscopiques. *Le Règne Minéral*, 52, 36-41.

(17) Peretti, A., Armbruster, T., Günther, D., Grobety, B., Hawthorne, F.C., Cooper, M.A., Simmons, W.B., Falster, A.U., Rossman, G.R., Laurs, B.M., 2004. The challenge of the identification of a new mineral species: Example "pezzottaite", *Contributions to Gemology*, No.3.

(18) Brendan I., Simmons W., Pezzotta F., Falster A., 2004. The role of late-stage hydrothermal cesium remobilization in the formation of pezzottaite at the Sakavalana pegmatite, Madagascar. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy. Session 142-Gem materials

(19) Pezzotta, F., Guastoni, A., Forner, H., Demarun, F., Kristiansen, R., 2004. Exceptional chiavennite associated with pezzottaite from the Sakavalana pegmatite, Ambatovita, Madagascar.

(20) Abdurijim, A., Kirawaki, H., 2003. Analysis on Cs pink "beryl" using a laser ablation system with inductively coupled plasma mass spectrometer (LA-ICP-MS), *Gemmology*, Vol. 34, No:411, pp. 24-26.

(21) Hänni, H. & Krzemnicki, M.S., 2003. Caesium-rich morganite from Afghanistan and Madagascar, *Journal of Gemmology*, 28(7), 417-429.

(22) Černý, P., Anderson, A.J., Tomascak, P.B., Chapman, R., 2003. Geochemical and morphological features of beryl from the Bikita granitic pegmatite, Zimbabwe, *Canadian Mineralogist*, Vol. 41, No. 4, pp. 1003-1011.

(23) Černý, P., McIntzer, R.F., Anderson, A.J., 1985. Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: Selected examples of data and mechanisms, *Canadian Mineralogist*, Vol. 23, pp. 381-421.

(24) <http://homepage.mac.com/rasprague/uno/minpics/pezzottaiteimg/pezzottaite05.html>

(25) <http://www.mindat.org/min-25652.html>

(26) <http://www.kruess.de/5+M52087573ab0.html>