

içinde bulunan yüksek miktarlardaki uranyum (U=5.5 ppm) bunu doğrular niteliktedir (Savaşçın, 1978). Sahra ve Nubiyan - Arap kalcanın ön kıta tafrojenik yükseltileri (Air masifi ve Red Sea Hills) daha zengin uranyum içermelidir. Ön kıta tortul havzaları masiflerden uranyumca daha da zengin olmalıdır çünkü düşük sıcaklıktaki uranyum yataklarının oluşabilmesi için karbonlu çökeller içinde olağan indirgen ortamlara gereksinim vardır. Tüm bu veriler ve görüşler göz önünde bulundurularak Türkiye'deki uranyum aramalarına yön verilip ve Türkiye'nin uranyum potansiyeli yeniden gözden geçirilmiştir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Gabelman, J.W., 1970, Metallotectonic control of uranium distribution, IAEA - PL - 391/15, 187 - 204.
- Gabelman, J.W., 1976 b, Stratabinding mineralization processes, in K.H. Wolf, ed, Handbook of stratabound and stratiform are deposits, 4, 31 - 74.

- Gabelman, J.W., 1977, Migration of uranium and thorium - exploration sinificance, AAPG, Studies in geology 3.
- Garrels, R.M. and Christ, C.L., 1965, Solutions, Minerals and Equilibria, Freeman, Cooper and Company, San Francisco, CA, 450 p.
- Heyl, A.V., 1972, The 38 th Parallel lineament and its relationship to ore deposits, Econ. Geol, 67, 879 - 894.
- Langmuir, D., 1978, Uranium solution - mineral equilibria at low temperatures with applications to ore sedimentary ore deposits. Short Course in Uranium Deposits, Kimberley M.M. ed, Miner. Associ. Canada.
- Langmuir, D., 1980, The mobility of thorium in natural waters at low temperatures, Geochi. Cosmochi. Acta, 44, 1753-1766.
- Kostov, I., 1977, Crystallochemical differantiation and localization of uranium ore deposits in the earth's Crust, IAEA -

TC - 25/2, 15 - 33.

- Miller, L.J., 1958, The chemical environment of pitchblende, Econ. Geol., 53, 521 - 545.
- McMillan, R.H., 1977, Uranium in Canada, Bull. Canadian Petrol Geol., 25/6, 12, 1222-1249.
- Rogers, J.J.W. and Adams, R., 1969, Uranium in K.K. Wedepohl, ed, Handbook of Geochemistry, New York, Sprink - Verlag, 2/92, p. 50.
- Savaşçın, M.Y., 1978, Foça - Urla Neojen volkanitlerinin mineralojik - jeokimyasal incelenmesi ve kökensel yorumu, Doçentlik tezi.
- Stoiber, R.E. and Rose W.I., 1968, Recent volcanic activity, Santiaguito Volcano, Guatemala (abs), Am Geophys. Union Trans, 49, p. 362 p.
- Yılmaz, H., 1981, Genesis of Uranium deposits in Neogene sedimentary rocks overlying the Menderes metamorphic massif Turkey, Chem. Geol, 31, 185 - 210.

Sıvı Kapanımlar (*)

Servet YAMAN

Ç.Ü. Temel Bilimler Fakültesi - ADANA

GİRİŞ

Sıvı Kapanımlar üzerine yapılan ilk gözlemler, polarizan mikroskobun kayaç incelemelerinde kullanılmasıyla başlar. Sorby, «Kristallerin Optik Yapısı» adlı eserinde, (Roedder, 1958'den) sıvı kapanımların önemini ilk defa vurgulamıştır. Dolayısıyla bu buluş ona aittir. Ancak petrografik ince kesitlerin hazırlanması için geliştirilen bu yöntemler, kapanımların çoğu kez

bozulmasına ve uzun zaman gözlemlerden uzak kalmasına neden olmuştur.

Varlıkları geçen yüzyıldan beri bilinen sıvı kapanımlar, mikron mertebesindeki boyutlarıyla, bugün araştırmacılar için ilgi çekici bir konu olmaktadır.

Kristalleşmiş maddeler; kristalleşme süreci içerisinde, oluştukları ortamın şartlarını yansıtan, büyüme düzensizliklerini de kapsarlar. Kristal büyümesinin, herhangi bir nedenle durması, yön değiştirmesi veya yavaşlaması, kristalleşme sürecinde sık sık rastlanan bir olay-

dır. Büyüme hızını etkileyen faktörler; kristalin gelişen bütün yüzeylerinde, bir köşesinde veya bir kenarın ufak bir bölgesinde, meydana gelebilir. Kristal'in birim kafes yapısındaki düzensizlikler, büyümenin yeniden başlamasıyla gelişir ve kristal içi boşluklar oluşur.

Sentetik ve doğal kristaller üzerinde yapılan çalışmalarda; kapanımların, en çok dandiritik (dalsı) bir şekilde hızlı büyüme gösteren kristallerde oluştukları gözlenmiştir (Roedder, 1967).

Büyümenin duraklaması, yeni faktörlerin ortaya çıktığı başka bir

(*) 16-20 Kasım 1981 T.J.K. Yer kimyası konferans haftasında sunulmuştur.

kırılma veya çatlamaya uğrarsa, içerisinde büyüdüğü sıvı, bunlardan içeri girerek aynı ikincil kapanımlar gibi kapanımlarıdır.

Ancak, bunlar kristal büyümesi ile aynı süreçte oluştuğundan «psödo-sekonder kapanımlar» (Er-makov, 1950) adını alırlar. Kapanlanma olayı, her iki tip kapanım için benzer olduğundan bunların ayırımını yapmak zordur. Kristaller içerisinde ardalanmış bu kapanımlara, sık sık rastlanmaktadır. Ne varki jeolojik yorumların, birincil kapanımlar üzerinden yapılması gerekir.

Kapanımların köken koşullarını koruyabilmesi için termodinamik açıdan kapalı bir sistem oluşturulması gerekir. Bu nedenle de bir başka kapanımla veya dışarıyla ilişkide olmaması gerekir. Granitlerden ayrılmış kuvars parçaları ve bazaltik olivinler üzerinde yapılan araştırmalarda, sıvı kapanımların kökensel koşullarını tam olarak koruduğu görülmüştür (Roedder, 1965). Bunlardan, özellikle kökensel basınç ve yoğunluk, milyonlarca sene jeolojik etkenlerin altında bugüne dek korunagelmıştır. Sıvı kapanımlarda; jeolojik süreç içerisinde veya örneğin hazırlanması sırasında meydana gelebilecek kaçaklar sonradan yapılacak gözlem ve araştırmalarda hata nedeni olarak dikkati çekerler.

KAPANIMLARIN İÇERİĞİ

Kapanımların içeriklerine ait gözlemler aşağıdaki varsayımlara dayanılarak yapılır.

1) Kapanımlar, tek bir homojen faz'da oluşmuştur.

Aynı içerikli (Üniform) birçok kapanımın varlığı, bunların aynı homojen faz'da oluştuğunu gösterir. Heterojen içerikli kapanım grupları, en az ayrı iki faz'ın varlığını doğrular.

2) Kapanımlar oluşuktan sonra hacim değiştirmemiştir.

Hacim değişmesi; kapanım içi duvarların kristalleşmesi, termal basınç, dış basınç vb. nedenlerle olur. İçelti kristallerin kristalleşmesi ise kapanımların hacim değişik-

liğine en önemli etken olarak öne sürülür.

3) Kapanımlara, dışarıdan madde eklenmesi yoktur.

Bu olgu yapay kuvars kristalleri üzerinde yapılan gözlemlerle doğrulanmıştır (Roedder ve Skinner, 1968). Kalsit ve feldispat gibi kapanım yüzeylerinin, çözeltilerle tepkime olasılığı olan minerallerde yapılan incelemelerde, kapanılan sıvıların yoğunlukça benzer oldukları görülür.

Kristal içi boşlukların içerikleri; çeşitli fizikokimyasal koşulları yansıtan fazlarla belirlenirler ve herşeyden evvel bu fazların bilinmesi gereklidir. Bunun için kullanılan yöntemlerin başında polarize ışık ile yapılan optik incelemeler gelmektedir. Bu yöntemle 10^{-10} gram ve 10μ çapındaki bir kapanımın içerdiği fazlar rahatlıkla gözlenir. Renk, kırılma endisi, ışığı soğurma miktarı ve yansıma değerleri her faz için ayrı ayrı olacağından optik incelemeler bunların saptanmasında yeterlidirler. Ancak optik gözlemler, kapanımların boyutları küçüldükçe etkin olamamaktadır.

Hidrotermal kökenli minerallerdeki kapanımlar genellikle iki veya üç faz gösterirler. Bunlar sıvı bir faz ve bu fazların içerisinde oldukça küçük bir gaz kabarcığı şeklinde görülür. Sıvı - gaz fazlardan başka, bazen bu boşluklar içerisinde ana kristalden farklı başka kristallerde gözlenir ki bu kristaller (daughter crystals) «İçelti Kristal» adını alır. Sıvı kapanımlar, gaz - sıvı - katı fazlardan bir veya ikisinden yoksun olabilirler. Jeolojik ortamlarında çoğunda bir gaz ve bir sıvı faz dengede bulunduğundan, incelenen fazlardan birinin gaz kabarcığı halinde bulunması mikroskop altında her iki fazın, rahatlıkla gözlenmesini sağlar. Sıvı fazların genellikle H_2O , gaz fazın ise CO_2 olması nedeniyle kritik sıcaklıkların altında -su için $374^\circ C$, CO_2 için $31^\circ C$ - her ikisi de rahatlıkla gözlenir.

Fazların Kimyasal içerikleri kısaca şu şekilde özetlenebilir;

a) Gaz Fazları :

Genellikle değişik oranlarda H_2O ve CO_2 karışımlarından mey-

dana gelmişlerdir. Bunlardan başka CH_4 , H_2S gibi gazlarda eser miktarda görülebilir. Kapanımlarda CO_2 'in sıvı halde bulunabilmesi için küçümsenemeyecek bir basınç gerekir. $31^\circ C$ de CO_2 'in sıvı hale gelebilmesi 73 Atm. basınç altında olur. $31^\circ C$ de H_2O ve CO_2 her oranda karşılaşılır. Kapanımlarda CO_2 kabarcığının bulunması, bunların yüksek sıcaklıkta, homojen bir halde iken kapanlandığını gösterir.

b) Sıvı Fazlar :

Sıvı çözeltilerdir. Bunlarda özellikle Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} iyonlarına rastlanır. Bu tuzlar, toplamı % ...0 ilâ % 40'a varan tuzluluk değeri gösterir. Bunlardan başka Li^+ , Al^{+3} , BO_2^{-3} , PO_4^{+3} , SiO_3^{+2} , HCO_3^- , CO_3^{-2} , iyonları da gözlenebilir.

Sıvı CO_2 ve H_2O gibi birbiri ile az karışan sıvılar, optik özellikleri ile birbirlerinden ayrılır. Hidrokarbon damlacıklarını sarı ve kahve renkleri ile ayırt etmek olanaklıdır. Ayrıca kırılma endisleri de birbirine çok benzeyen : sıvı - gaz dengesindeki $H_2O - CO_2$ karışımlarını (Örneğin : $H_2O : 1.33$ sıvı $CO_2 : 1.18$ gaz : 1.00) gözlemek olanaklıdır.

c -) Katı Fazlar :

Kapanımlar içerisindeki katılar çok küçük boyutlarda olduklarından duyarlı mikroskop çalışmaları ile tanımlanabilir. Bu fazlar camı veya kristalli yapı gösterirler. Kristal yapısı gösterenler çoğunlukla silvit, halit, kuvars gibi saydam veya opak metal sülfürleriyle, oksitlerinden oluşmuşlardır. Bu kristallerin; habitus, yüzey açıları, renk, pleokrizma ve özellikle kırılma endisleri gözlenerek tanımlanabilir.

Kristal içi boşluklarda her üç fazı bir arada görmek olasıdır.

Bunlar arasında; birincisi gaz CO_2 fazı, ikincisi $H_2O - CO_2$ fazı karışımı, üçüncüsü katı halit kristalli fazı içeren kapanımlar olup en çok gözlenen kristal içi boşluk dolularıdır. Bilindiği gibi H_2O ve CO_2 sıvı halde iken çok az karışırlar. Bu durumda H_2O kapanımın kenarında, CO_2 ise ortaya doğru, ortasında gaz kabarcığı bulunan bir damlacık halinde görülür.

Sıvılar içerisinde CO_2 var ise -ki çözünürlüğü alçak ısıda sınırlıdır (Takenouchi ve Kennedy, 1964). Bunların kapanma sırasında karışık oldukları ve sonradan soğuma ile iki faz haline geldikleri düşünülebilir. Yüzlerce kapanımda CO_2 kabarcığının bulunması bunların yüksek sıcaklıkta ve homojen bir halde iken tuzaklandığını gösterir.

Söz konusu edilen içerikleri analiz edebilmek için çeşitli teknikler uygulanır. Bu güne değin yeni yeni tekniklerin ortaya konduğu göz önüne alınırsa bütün bu yöntemler iki gurup altında toplanabilir. Bunlardan birincisi, mikroskop altında yapılan «Non destrüktif» termo-optik gözlemlerdir. Şimdiye dek kullanılan yöntemlerin başında yer alır. Bu yöntem ile özel araçlarla donatılmış polarizan mikroskop altında 10_{11} a kadar olan kapanımların faz analizleri yapılabilir. Birincil ve ikincil kapanımları gözleyip ayırt etmek ancak bu yöntem ile olanaklıdır. Bu nedenle diğer analiz teknikleri, optik incelemelerden sonra uygulanır. Optik incelemelerde, kapanımların morfolojileri dağılımları saptandıktan sonra termometrik saptamalar yapılır.

Kristal içi boşlukları açarak, bileşimleri saptanabilir (Tablo D). Bu yöntemlerden biri veya birkaçının kombinasyonu ile uygulanabilen tekniklerde bu amaç için uygulanabilir.

Mikroskop altında yapılan gözlemler, kapanımı meydana getiren fazların niteliksel ve niceliksel değerlerini her zaman açıklamaya yetmez. Bu yüzden kapanım içindeki sıvı ve gazları belirlemek amacıyla çeşitli yöntemler kullanılır.

Bu yöntemlerin çoğu kapanımları tahrip ettiğinden «Destruktif» yöntemler olarak tanımlanır. Ancak, destrüktif uygulamalar sonunda elde edilen kapanım içerikleri Birincil ve İkincil kapanım karışımları olacağından sonuçlar bir takım yaklaşımlarla sağlıklı bir şekilde yorumlanır. Bu yüzden tek bir kapanım analiz etmek en sağlıklı yoldur. Bu da ancak büyük çaptaki kapanımlar için geçerlidir. Kapanım içerisindeki fazlar ve diğer içeriklerinden başka; Eh, pH de-

ğerlerini H, S, O izotoplarını, iz elementlerini - ve D/H, C/ 12 /C 13 , O 16 /O 18 (Hall ve Friedman, 1963), (Rye, 1966), (Roedder, 1963), (Touray, 1976 ve 1978) değerlerini saptamak bugünün teknolojisinde, duyarlılıkla yapılabilmektedir.

TERMO - OPTİK GÖZLEMLER

Kapanımların küçük boyutları, incelemelerinde büyük bir engel oluşturur. Mikroskop altında gözlenen fazların ısı ile değişimi rahatlıkla gözlenebildiğinden mikrotermometrik saptamalar yapmak ve bu verileri kristalin köken koşullarına uygulamak olanaklıdır. Isı değişimi ile sıvı-gaz gazların dengesi de değişeceğinden her değişimde ısı değerleri saptanır ve bu mikrotermometrik yöntemin esasını oluşturur.

Yoğunluğu belli homojen bir kapanım belirli bir ısı ve basınçta sahiptir. Kapalı bir sistemde tuzaklanan kapanımın, hacmi, yoğunluğu ve kütlesi sabit olduğundan, kapanımların tuzaklandıktan sonra geçirdiği aşamalar bu sabit koşullar altında gelişecektir. Kapanımlarda tuzaklanmış «Koşullar ve Sabitler» belirli değişkenler yani basınç ve ısı değişkenlerine bağlı olarak denge durumlarını korurlar.

Bu değişimler karşısında kapanımların davranışı da değişiktir. Yüksek ısıda gözlenen faz değişimlerini, alçak ısılarda da gözlemek olanaklıdır.

KAPANIMLARIN YÜKSEK SICAKLIKTAKİ DAVRANIŞLARI

Gaz kabarcığı içeren kapanımlar, ısıtıldıkları zaman, gaz fazın sıvı faz içerisinde kaybolduğu gözlenir. Başka bir deyimle sıvı faz genişler ve kapanımın içerisindeki kaplar. Bu belirli sıcaklıktan sonra kapanım artık tek fazlı duruma gelir ki bu «Homojenleşme Sıcaklığı» denir. Bu sıcaklığı kapanımların oluşturduğu sıcaklığa eşit veya ona en yakın bir sıcaklık olarak yorumlamak gerekir.

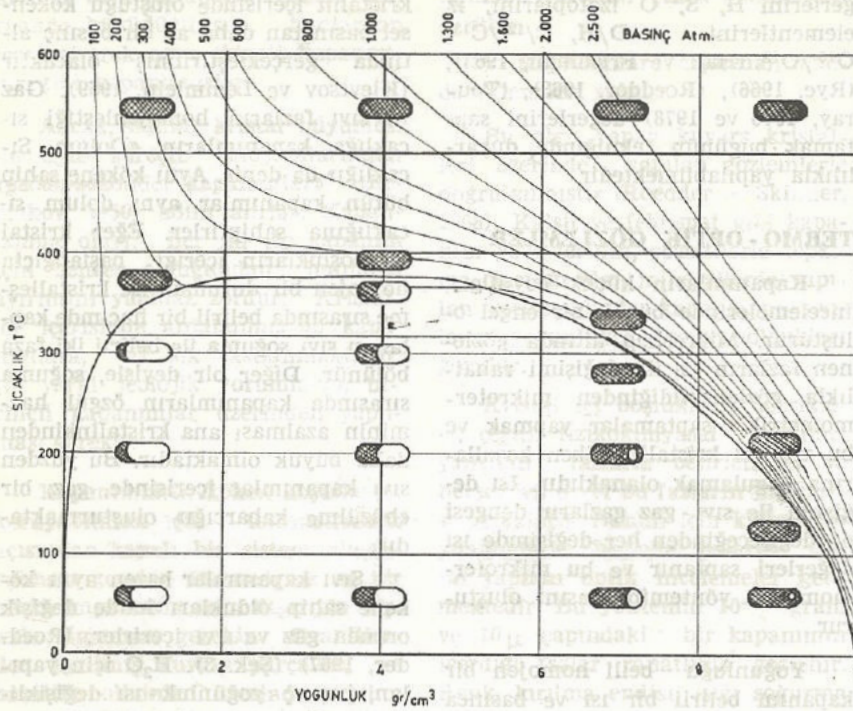
Saptanan bu sıcaklığın, kristalin genişleme özelliği göz önüne alınarak bir düzeltmesi yazılabilir. Zira normal laboratuvar koşulları altında yaptığımız ısıtma işlemi,

kristalin içerisinde olduğu kökenel basınçtan daha az bir basınç altında gerçekleştirilmiş olacaktır (Klevtsov ve Lemlein, 1959). Gaz ve sıvı fazların homojenleştiği sıcaklığa kapanımların «Dolum Sıcaklığı» da denir. Aynı kökene sahip bütün kapanımlar aynı dolum sıcaklığına sahiptirler. Eğer kristal içi boşlukların içeriği başlangıçta homojen bir durumda ise kristalleşme sırasında belirli bir hacimde kapanan sıvı soğuma ile belirli iki faza bölünür. Diğer bir deyişle, soğuma sırasında kapanımların özgül hacminin azalması ana kristalininkinden daha büyük olmaktadır. Bu yüzden sıvı kapanımlar içerisinde, gaz, bir «büzülme kabarcığı» oluşturmaktadır.

Sıvı kapanımlar bazen aynı kökene sahip oldukları halde değişik oranda gaz ve sıvı içerirler. (Roedder, 1967) (Şek. 3). H_2O için yapılan, basınç-yoğunluk-ısı değişikliği faz diagramlarında, $550^{\circ}C$ de tuzaklanan dört kapanımın normal koşullara gelindiğinde değişik oranda gaz ve sıvı içerdiği görülür. H_2O içinde NaCl'in varlığı ise kritik eğrinin daha yüksek ısı değerlerine çıkmasını sağlar. Nitekim oda sıcaklığında % 30 gaz CO_2 içeren saf H_2O da kapanım $302^{\circ}C$ de homojenleşirken % 30 NaCl ilavesi ile bu ısı $460^{\circ}C$ ye yükselir. Ancak, Jeolojik ortamların çoğunda bir gaz ve bir sıvı denge halinde, beraber bulunurlar. Şimdiye dek yapılan gözlemler gazın genellikle CO_2 , sıvının ise H_2O olduğunu göstermiştir. Yukarıdaki örnekten anlaşıldığı gibi sıvı içerisindeki NaCl ve diğer tuz miktarları ise CO_2-H_2O dengesini etkiler.

Bu bulguların gereği kapanımların H_2O-CO_2 sistemindeki davranışları ile $H_2O-NaCl$ sistemindeki davranışları araştırıldığında şu özellikler dikkati çeker.

H_2O-CO_2 sisteminde: H_2O-CO_2 'in birbirleri ile karşılaşması alçak sıcaklıkta oldukça azdır. Yüksek sıcaklıkta fazladır (Şek. 4) (Takenouchi ve Kennedy, 1964). CO_2 ve H_2O alçak ısıda katı kloratlar yaparak birleşirler. Fakat hafif bir ısı ile derhal ayrılırlar. Duyarlı ölçümlerle bu CO_2 için yapılmış yoğunluk - basınç - sıcaklık eğrilerinden yoğunluk değerleri hesaplanabilir.

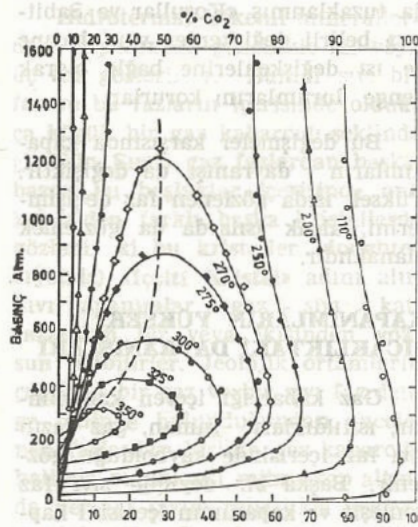


Şekil 3 : Değişik hacimde gaz ve sıvı içeren dört kapanımın sıvı - basınç - yoğunluk verileri arasındaki davranışlar (Roedder, 1967'den).

Kapanımların tuzaklanması sırasında, CO₂ ve H₂O tek bir homojen faz olduğu kabul edilerek yapılan bu işlemleri doğada uygulamak pek kolay olmaz. Zira tuzaklama sırasında birden fazla faz var ise bunları saptamak gerekir. Ayrıca H₂O içerisinde çoğu kez bir miktar NaCl veya diğer tuzlar bulunduğu için ideal verileri bulmak oldukça zordur. Kapanımlardaki sıvı CO₂'nin varlığı ise yüksek bir basınca işaret eder.

Yüksek sıcaklıkla beraber kapanım içerisindeki basınç da artar. Örneğin : İç basınç 100°C de 1 Atm, 200°C de 15 Atm, 374°C de ise 218 Atm'e ulaşır. Bu basınç ve ısıda H₂O hiçbir zaman sıvı halde bulunmaz.

1000 veya 2000 barlık bir basınçta CO₂ sudan daha yoğun olur. Eğer içeriği H₂O - CO₂ olarak bilinen bir kapanımı ısıtarak basıncı yükseltirsek CO₂ kabarcığı içerisinde su buharı bulunan bir damlacık halinde görülür. Isı yükseldikçe kapanım içerisindeki fazlar cidara basınç yaparak çatlamasına neden olur. Bu iç basınç, kuvars kristalleri için 850



Şekil 4 : H₂O - CO₂ sistemi. Gaz ve sıvımın beraber bulunduğu Basınç - Sıcaklık - yoğunluk diagramı. (Takenouchi ve Kennedy, 1964'den).

bar gibi yüksek değerlere kadar ulaşabilir (Cuney ve diğerleri, 1976). Bu ısı ve basınç altında kapanım çatırdayarak patlar. Bu yeni koşullarda ani olarak basınç düşmesi ve

ısının yükselmeye devam etmesi yeni bir denge durumu meydana getirecektir. Burada CH₂+2H₂O ↔ CO₂+4H₂ gibi bozunma tepkimeleri ile kapanımdaki bazı iz elementlerinin katalizörlüğü ile H₂O+Fe³⁺→Fe+H₂+1/2O₂ tipi tepkimelerde meydana gelir.

Tablo II'de kuvars kristalleri içerisinde ısı yükseldikçe gelişen çeşitli hidrokarbürler ve değişimleri görülmektedir.

Kapanımları ısıtarak çatırdatma (decrepitometrie) oluşum koşullarını saptamada hem de, kapanımlar içerisindeki gazları elde etmek için en çok kullanılan bir yöntemdir.

H₂O - NaCl sisteminde ise, fazların T.P. türevi olarak değişir (Şek. 5). Yüksek ısıda her yoğunluktaki kapanımın takip edeceği yol aynen soğuma sırasında takip edeceği yolu izleyecektir.

Burada 1 ve 2 nolu kapanımlar az tuzlu (% 5 NaCl) 3 ve 4 nolu kapanımlar ise çok tuzlu (% 40 NaCl) kapanımları ifade etmektedir. Ayrıca C₀ saf suyun kritik noktası H noktaları ise her tip kapanım için yükselen sıcaklıkta homojenleşme ısısını (sıvı+buhar / buhar) veya alçalan sıcaklıktaki fazların ayrılma ısısını belirlemektedir.

Çok kaba tahminlerden bilindiğine göre bazı hidrotermal çözeltiler sulu NaCl çözeltilerine benzetilir. % 26 NaCl ağırlıklı sıvılar sıvı kapanımlarda sık sık gözlenir. Bu yoğunluktaki bir çözeltinin kritik sıcaklığı 700°C'a kadar ulaşmaktadır. Bu da litosfer altında hüküm süren sıcaklığı andırır.

KAPANIMLARIN ALÇAK SICAKLIKTAKİ DAVRANIŞLARI

Kristal içi boşluklardaki mevcut fazların denge durumları ısı yükseltilmesinde olduğu gibi ısı düşürülmesi ile de ayrıntılı bir şekilde incelenebilir (Şekil. 6). Zira donma noktası fazların yoğunluklarına bağlı olarak değişen değerler vermektedir.

Sıvı kapanımlarda donma düşük sıcaklıklarda gerçekleşir. Bu büyük bir olasılıkla ilk embriyon kristal-

KAPANIMLARIN ELDE EDİLMESİ VE ANALİZİ

| ELDE ETME AŞAMALARI | | | ANALİZ YÖNTEMLERİ | | |
|---------------------|--------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Fazlar | Açma tekniği | İlk ürtüp | Alınması | Toplanması | |
| KATI-SIVI-GAZ | Mikro Sondaj | Tuz-gaz, SIVI-SABİT | Pipet | Dondurma | -Kütle Spektrometresi |
| | Çıtırdatma | | Vakum içerisinde | Absorblama katı veya sıvı içinde | -Alev Fotometresi |
| | Ezme | Havada | | Elektroliz | -Kalorimetri |
| Eritme (Vakum) | Tuz | | Buharlaştırma | | -Ağırlık kaybı |
| Çözme (Asit-Su) | | | Absorblama | -Volumetrik Analiz | |
| | | | Filtre | | |

| Gaz | 181 | 330°C | 420°C | 585°C |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| H ₂ O | 99,03 | 92,66 | 91,15 | |
| CO ₂ | 1,56 | 7,06 | 8,73 | |
| CH ₄ | 0,11 | 0,08 | 0,06 | |
| C ₂ H ₄ | 0,041 | 0,04 | 0,01 | |

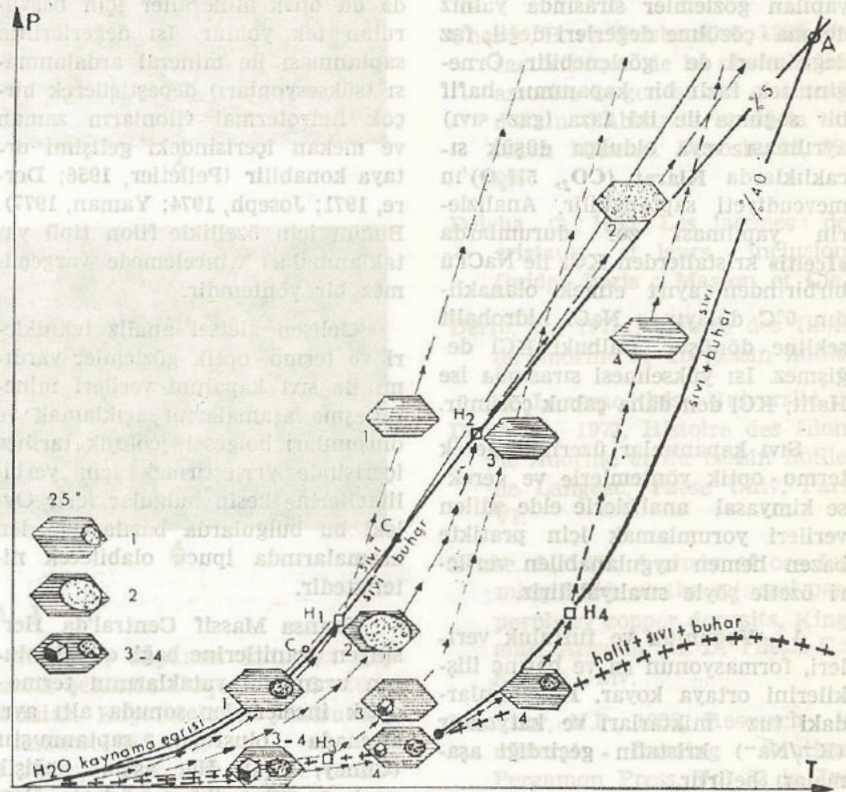
Tablo : 2

arasında kaydedilmiştir. Bu gözlem kapanımlar içerisindeki buz oranlarının geniş sınırlar içerisinde yer alabileceğini gösterir. Fazların çoğunda ise NaCl - KCl den başka diğer tuzların da varlığı saptanmıştır. Tuz bakımından tam doygun kapanımlar ile tuzluluğun sıfır olduğu kapanımlara sık olmasa bile rastlamak olanaklıdır. Hatta hidrotermal

Tablo : 1

ciklerinin oluşumuna sebep olacak toz zerreciklerinin olmayışına bağlı, nitekim bu zerreciklerin kapanım çeperlerine yapışarak elendikleri düşünülmektedir (Roedder, 1963). Buna göre : 5 Na Cl içeren bir sıvı kapanımı donma olayı -30°C ye kadar varan bir düşük ısı değerleri gerektirmektedir. Mikroskop altında ısı düşürerek gerçekleştirilen donma olayı kapanımı meydana getiren fazların opak hale gelmesiyle gerçekleşir. Kapanımın tamamen opak hale gelmesi de o andaki fazların esas donma değerlerini vermeyeceğinden tamamen donmuş kapanımın asıl donma değerlerini yavaşça ısı yükseltilmesiyle ölçülebilir. Çözülmeye başlayan buz agregalarının en son parçasının sıvı faza dönüşme ısısı kapanımın asıl donma değerini verir.

Bu esnada buz agregalarının çözülmeye başladığı ilk ısı değeri ile son buz kristalciğinin kaybolma değeri dikkate alınır. Zira bu değerler NaCl - H₂O sistemi, normal basınçta -21.1°C de bir ötektik noktaya sahiptir. Yani bu noktada hidrohalit kristalleri ile buz kristalleri denge halindedir. NaCl - KCl - H₂O sistemi ise -22.3°C de ötektik noktaya sahiptir. Burada silvit'in (KCl) varlığıyla oluşan yeni sistem NaCl - H₂O sistemine ait ötektik nokta değerinden daha düşük bir ısı değeri gösterir. Buna göre -22.3°C den daha düşük ısılarla ilk çözülme emareleri gösteren kapanımlarda sözü edilen son sisteme ek olarak daha başka elemanların var olduğu anlaşılır. Bunlardan özellikle CaCl₂'ün önemli derecede ilk çö-



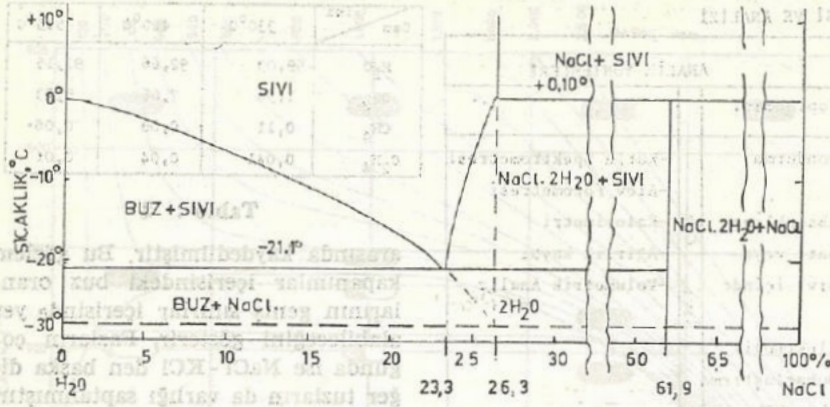
Şekil 5 : Karışımlarından çeşitli oranda H₂O - NaCl meydana gelmiş kapanımların T.P. fonksiyonlarına bağlı olarak değişimleri (Weisbrod ve diğerleri, 1976'dan).

zülme değerini düşürdüğü bilinmektedir. Roedder (1963)'e göre sıvı fazın görüldüğü andaki sıcaklığa «İlk Çözülme Sıcaklığı», son buz parçacıklarının da çözülüp kaybolduğu sıcaklık «Donma Sıcaklığı» olarak kaydedilir.

Şimdiye dek yapılan ölçümlerde ilk çözülme sıcaklığı -35°C ile 0°C

kökenli bazı maden yataklarında cevherli formasyonların kronolojik gelişimine göre kapanımlardaki tuzluluk değerleri de % 12 ile 0 arasında değişiklik gösterebilmektedir.

Bu veriler minerallerin oluşumu sırasında hidrotermal sıvıların depolanma koşullarını ve aşamalarını açıklamada önemli bulguları teş-



Şekil 6 : Alçak sıcaklıkta NaCl - H₂O sistemi (Sabouraud, 1975'den)

kil eder. Alçak sıcaklıklarda kapanımlar üzerinde mikroskop altında yapılan gözlemler sırasında yalnız donma - çözülme değerleri değil, faz değişimleri de gözlenebilir. Örneğin; tek fazlı bir kapanımın hafif bir soğuma ile iki faza (gaz - sıvı) ayrılması veya oldukça düşük sıcaklıklarda Klorat (CO₂, 5H₂O)'ün mevcudiyeti saptanabilir. Analizlerin yapılması zor durumlarda «İçelti» kristallerden KCl ile NaCl'ü birbirinden ayırt etmek olanaklıdır. 0°C dolayında NaCl hidrohalit şekline dönüşür. Halbuki KCl değişmez. Isı yükselmesi sırasında ise Halit, KCl den daha çabuk çözünür.

Sıvı kapanımlar üzerinde gerek termo - optik yöntemlerle ve gerekse kimyasal analizlerle elde edilen verileri yorumlamak için pratikte bazen hemen uygulanabilen verileri özetle şöyle sıralayabiliriz.

1— Yoğunluk ve tuzluluk verileri, formasyonun ısı ve basınç ilişkilerini ortaya koyar. Kapanımlardaki tuz miktarları ve katyonlar (K⁻/Na⁻) kristalin geçirdiği aşamaları belirtir.

2— Gaz miktarı ve tenörü, gazın cinsi ve gaz basıncı, depolama veya çözünme olaylarındaki etkin rolü oynar. Bu da kapanımlarda homojenlik kontrolü ile anlaşılır. Kapanımın içerisindeki faz bir karışım ise, faz kabarcığının olup olmadığı veya tuzaklanma sırasında olup olmadığı saptanır.

Sıvı kapanımlar ilk defa minerallerde termometrik tayinler için kullanıldı. Bunun için, ısı ile çatlama (Decrepitometrie) yöntemi kullanılan ilk yöntem olup, kristal-

lerin ısı değişimlerini saptamada kullanıldı. Bu yöntem zamanımızda da opak mineraller için başvurulan tek yoldur. Isı değerlerinin saptanması ile mineral ardalanması (süksesyonları) depeştirilerek birçok hidrotermal filonların zaman ve mekan içerisindeki gelişimi ortaya konabilir (Pelletier, 1956; Derre, 1971; Joseph, 1974; Yaman, 1977). Bugün için özellikle filon tipli yataklanmaları incelemede vazgeçilmez bir yöntemdir.

Gelişen aletsel analiz teknikleri ve termo - optik gözlemler yardımı ile sıvı kapanım verileri mineralleşme aşamalarını açıklamak ve oluşumları bölgesel jeolojik tarihçe içerisinde yerleştirmek için yer bilimcilerine kesin bulgular verir. Öyleki bu bulgularda bazıları maden aramalarında ipucu olabilecek niteliktedir.

Fransa Massif Central'da Hersinyen granitlerine bağlı olarak oluşan uranyum yataklarının termo - optik incelemeler sonunda altı ayrı aşamada olduğu saptanmıştır (Cuney, 1974). Her aşama değişik sıcak ve CO₂ miktarı gösterir. Esas yoğunlaşmayı oluşturan aşama ise 180°C altındaki sıcaklıkta ve CO₂ li sıvıların yardımı ile gelişmiştir. Varolan uranyumu hareketlendiren bu sıvılar yüzey sıvılarının da yardımı ile kırık ve çatlaklar boyunca yerleşmişler ve bu son aşama ekonomik uranyum birikimini sağlamıştır. Diğer bir örnek te, Bingham, Montana, Climax, (U.S.A.) bakırlı porfir yataklarıdır (Roedder, 1971; Drake, 1972; Roberts, 1975). Bakırca zengin potasyumla bu alterasyon bölgeleri de yüksek ısı 400°C üzerinde ve 1,3 gr/cm³, e varan tuzlu-

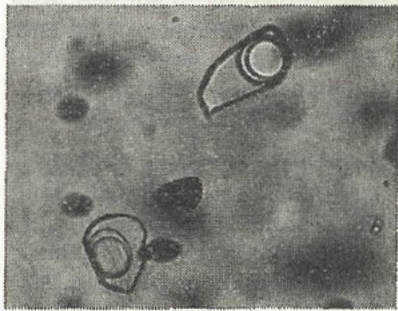
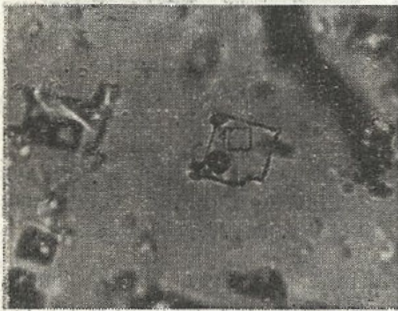
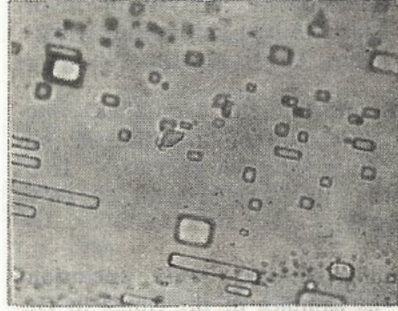
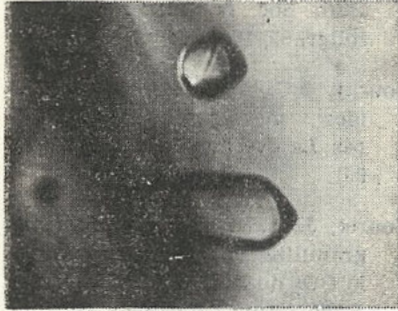
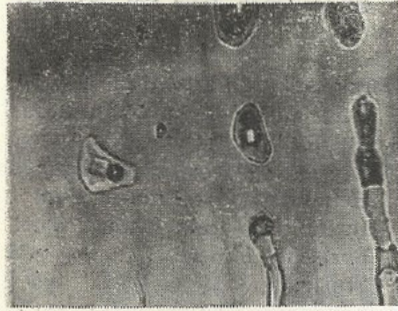
luk değerleri saptanmıştır. Halbuki bu değerler bakırlı çekirdeğin çevre bölgelerinde ısı 294 - 330°C, yoğunluk 0,75 - 0,95 gr/cm³ olarak kaydedilmiştir.

Sıvı kapanımlar maden yatakları altında değinilen uygulamalarından başka magmatik ve sedimenter petroloji dalları ile metamorfik fasiyeslerin oluşum koşullarını açıklamada kullanılmaktadır. Örneğin, Granulit fasiyeslerin oluşumu (H₂O kısmı basıncının) düşük olduğu bir ortamda gelişebileceği parajenez çalışmalarına (Touret, 1971); Weisbord, 1970) deneylere (Winkler, 1967) dayanılarak açıklanmıştır. Fakat H₂O basıncının düşmesiyle sıvı fazlarda başka bir fazın var olduğu kabul edilmiş bu ancak sıvı kapanım çalışmaları ile ortaya çıkarılmıştır. Nitekim, Bamble (Norveç) granulitlerinin sıvı kapanımları incelendiğinde kapanım sıvılarının büyük bir kısmının H₂O değil CO₂ olduğu görülür (Touret, 1971). Okyanus tabanı metamorfizması sorunu (Miyashiro, 1972) sıvı kapanım çalışmaları ile ele alındığında, magmatik bir kökenden çok tektonizmanın yanı sıra, konveksiyonel ısı ve deniz suyu sirkülasyonu neticesi olduğunu gösterir bulgular ortaya konmuştur (Jehl, 1975; Jehl ve diğerleri 1976). Evaporitlerde diyajenez ortamını ve aşamalarını açıklayan bulgular (Sabouraud, 1975) Sedimenter Petrolojide de ilk kullanıma alanlarından birisini oluşturmuştur.

Nihayet sıvı kapanımlar jeolojik termo - barometre olarak (Weisbord ve diğerleri, 1976, petrolojide ise kütle transferleri konusunda (Charoy ve Weisbord, 1975) modern araştırmacılar için ilgi çekicidir.

SONUÇLAR

Kristal içi boşlukların bünyelerinde sakladıkları fiziko - kimyasal verilerin alınması ve yorumları yer bilimlerinde araştırmacıların hizmetinde yeni bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan araştırmalar özellikle duyarlı analiz tekniklerinin geliştirilmesi ile daha geniş yorum olanaklarını da beraber getirmektedir. Uygulanma alanlarında ısı - basınç - yoğunluk ve kimyasal veriler çeşitli amaçlar için kullanılır. Bun-



LEVHA I

- 1 — Beril (Kolombiya) içerisinde üç fazlı bir kapanım katı faz küp şeklinde NaCl olup gaz faz kabarcık şeklinde CO₂ dir. 16,5 x 10.
- 2 — Jips içerisindeki monofaz kapanımlar. Kapanımların yönelmesi ve şekilleri yüzey dilinimlerini andırır. 16,5 x 10.
- 3 — Negatif kristaller. Kuvars (Bois-noirs, France) içerisinde monofaz kristal boşlukları içerileri CH₄ gazı ile doludur. 16,5 x 20.
- 4 — Halit içerisinde monofaz kapanımlar. Bazıları çok küçük gaz içermele beraber tipik alçak ısı kapanımları. 16,5 x 10.
- 5 — Kuvars içerisinde ve fazlı kapanımlar. Geometrik şekilli olan kapanım içerisinde katı NaCl gaz CO₂ ve sıvı H₂O dur. 16,5 x 10.
- 6 — Beril (Madagaskar) içerisinde üç fazlı kapanımlar. Bu fazlardan en ortada kabarcık şeklinde olan gaz CO₂ çevirmekte üçüncü faz H₂O dir. 16,5 x 10.

lardan Maden Jeolojisi alanında rehber olabilecek verilerin yanı sıra mineral birikimlerini zaman ve mekan içerisinde boyutlandırmada dolayısıyla bunların da bölgesel jeolojik tarihçe içerisinde yerleştirilmesi

amacıyla yer bilimcilerin başvurduğu bir yöntem olmaktadır. Petroloji ve metamorfizma alanında ise CO₂ ve H₂O un üst manto ve yer kabuğundaki dağılımlarını inceleme amacı ile kullanılmaktadır.

Sıvı kapanım çalışmaları, yer-kimyası ve mineraloji çalışmaları ile beraber kullanılır ve birçok kayacın köken koşullarını ve oluşum mekanizmalarını açıklamada temel çalışmalardan birini oluşturur.

DEĞİNİLEN BELGELER

Cuney, M., 1974, Le gisement uranifé des Bois Noirs. Relations entre minéraux et fluides associés. Thèse Univ. Nancy.

Cuney, M., Papel, M. ve Touret, J., 1976, L'anlyse des gaz des inclusions fluides par chromatographie en phase gazeuse Bull. Soc. mineral. Cristallogr. 99, 169 - 177.

Charov, B. ve Weisbrod, A., 1975, Caractéristique de la phase fluide associée la genése des gisements d'étain d'Abbaretz et de la villeder. Mineral. Deposit. 10, 89 - 99.

Deicha, G., 1955, Les lacunes des cristaux et leurs inclusions fluides Paris : Masson et Cie.

Derre, C., 1971, Histoire des filons de fluorine et du bassin hoiller de Langeac thèse Université de Derre, C., 1972, Histoire des filons de fluorine et du bassin hoiller de Langeac. Thèse Üniv. Paris VI.

Drake, J., 1972, A study of ore forming fluids at the mineral park porphyry copper deposits. Kingman, Arizona Ph. D. Thesis Columbia Univ.

Ermakov, N.P., 1950, Research in mineral - forming solutions Pergamon Press, Vol 22 in Int. seué of earth sciences 1965.

Grigoriev, D.P., 1965, Ontogeny of minerals Israël's program for scientific translations.

Hall, W.E., ve Friedman, I., 1963, Composition of Fluid inclusions. Econ. Geol. 58, 866 - 911.

Inlesias, G. ve Touray, J.C., 1977, A fluorite - calcite quartz paragenesis with liquid and gaseous organic inclusions at La Cabana, Barbés, Asturias flour-spar district, Spain. Econ. Geol. 72, 298 - 303.

Joseph, D., 1974, Etude geologique et mineralogique des gisements de fluorine de Voltenne et du maine. Thèse Université d'Orléans.

Jehl, V., 1975, Le métamorphisme et les fluides associés des roches océaniques de l'Atlantique Nord. Thèse Univ. Nancy I.

Jehl, V., Poty, B. ve Weisbrod A., 1976, Hydrothermal métamorphism of the oceanic crust in the north atlantic ocean. Am. Geop. Union. Spring Ann meeting Prog. 37.

Kletsov, P.V. ve Lemlein, G.G., 1959 Pressure corrections for the homogenization temperatures of aqueous NaCl solutions. Doklady 128, P. 1250 - 53.

Miyashiro, A., 1972, Pressure and temperature conditions and tectonic significance of regional and ocean floor metamorphism. Tectonophysics. 13, 141 - 159.

Pelletier, M., 1956, Etude décrepito-metrique du filon de fluorine de Beix. Public. Fac. Sci. Clermont - Ferrand.

Roberts, S., 1975, Early hydrothermal alteration and mineralization in the Butte district, Montana. Ph. D. thesis Harvard Univ.

Rye, R. O., 1966, The carbon, hydrogen and oxygen isotopic composition of the hydrothermal fluids responsible for the Lead - Mexico Econ. Geol., 61, 1399 - 1427.

Roedder, E., 1958, Technique for the extraction and partical chemical analysis of fluid - filled inclusions from minerals. Econ Geol. 53, 235 - 269.

Roedder, E., 1963, Studies of fluid inclusions II : frezing data and their interpetation. Econ. Geol. 58, 167 - 211.

Roedder, E., Ingram, B. ve Hall, W.E., 1963, Studies of Fluid inclusions III : Extraction and quantitative analysis of inclusions in the milligram range. Econ. Geol., 58, 353 - 374.

Roedder, E., 1965, Liquid CO₂ inclusions in olivin - bearing nodules and phenocrysts from basalts : Am. Mineral. 50, 1746 - 1782.

Roedder, E. 1967, Fluid Inclusions as samples of ore fluids in Geochemistry of hydrothermal ore deposits (Ed. Barnes H.L.)

Roedder, E. ve Skinner, B.J., 1968 Experimental evidence that fluid inclusions do not Leak. Econ. Geol. 63, 715 - 730.

Roedder, E. 1967, Fluid Inclusions studies on the porphyry type ore deposits at Bingham (Utah), Butte (Montana) and Climax (Colorado). Econ. Geol., 66, 98 - 120.

Sobouraud, C., 1975, Inclusions solides et ligudes du gypse Thèse Univ. Paris - Suo.

Takenouchi, S., ve Kennedy, C.C., 1964, The binary sytem H₂O-CO₂ at high temperatures and pres-sures. Amer. Jour. Sci. 262, 1055-1074.

Touray, J.C. ve Barlier, J., 1974, Liquid and gaseous hydrocarbon in quartz monocrystals from «Terres Noires» and Flysch à Helminthoides (French Alps) : Intern. Mineral. Assoc. Publ. Fortschr. Miner. 52, 419 - 426 Stuttgart.

Touray, J.C., 1976, Activation analysis for liquid inclusions studies Bull. Soc. fr. Mineral. Cristallogr. 99, 162 - 164.

Touray, J.C., 1978, Inclusions Fluides : messages mieux déchiffrés La Recherche Vol 9, 900 - 901.

Touret, J., 1971, Contrôle du faciés granulite dans le Bamble par le CO₂ de la phase fluid. Compt. Rendu. som. Soc. géol. France. Fase. 6.

Yaman, S. 1977, Etude geologique et Mineralogique des gisements de fluorine de fluorine de la Charbonnière et du chatenet. Thèse Université d'Orléans.

Weisbrod, A., 1970, Remarques sur le faciés granulite. C.R. Acad. Sci. Paris, 270, 581 - 583.

Weisbrod, A., Poty, B. ve Touret, J., 1976, Les inclusions en géochimie - pétrologie tendances actuelles. Bull. Soc. Mineral. Cristallogr. 99, 140 - 152.

Winkler, H.G.F., 1967, Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer Verlag Berlin.