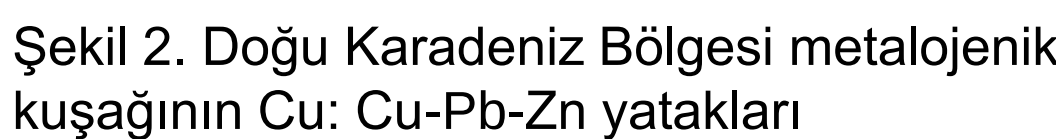
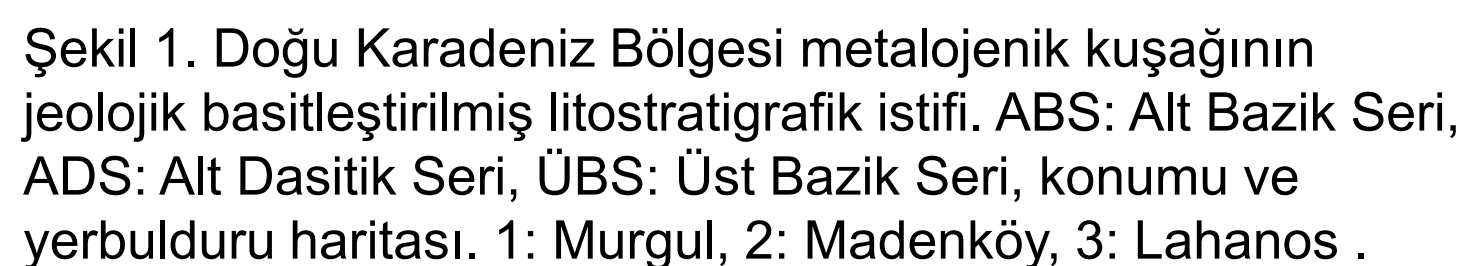


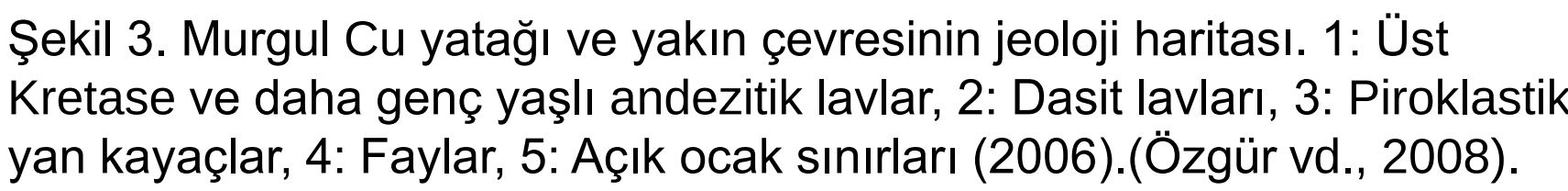
^bSüleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta

Murgul Cu yatağında dasitik piroklastikler içinde bulunan jips mineralleri cevherleşme ile herhangi bir parajenez ilişkisi olmayıp cevherleşme öncesi oluşmuştur. Araştırılan alan tektonik olarak bir yükselmeye maruz kalmış ve karasal koşullar altında Murgul cevherleşmesi oluşmuştur. Burada süfit evherleşmesini içeren dasitik yan kayaçlar az altere olmuş dasit lavları tarafından örtülmektedir. Burada cevherleşme yan kayaç ile dasit lavları arasında kalan kapıları geçememektedir. Bu durum cevherleşmenin atmosferik koşullar altında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon ile birlikte dasit lavlarının oluşumundan önce meydana geldiğini göstermektedir. Cevherleşme yan kayaçları olan dasitik piroklastikler "ore-related breccias" kayaçları ile yapısal benzerlikler göstermektedir. Bu durum Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinde lokal yüzeysel breşleşme olabileceğini ve bunun da sisteme gerekli olan sıcaklığı sağlayan çok kez tekrarlanan volkanik etkinlikler ile oluşabileceğini göstermektedir, çünkü burada birkaç yüz metre mesafede bunu ispatlayan aynı zamanda oluşmuş volkanik domlar bulunmaktadır. Porfiri Cu yatakları ile Murgul Cu yatağı konsantrik olan alterasyon ve mineralizasyon modeli bakımından bazı benzerlikler gösterse de her ikisi arasında bazı önemli farklılıklar görülmektedir: (i) Murgul Cu yatağında yüksek tenörlü cevher genellikle cevher kütlelerinin merkezinde bulunmaktadır, (ii) Murgul Cu yatağı alterasyonu incelendiğinde potasik alterasyonzonu görülmektedir ve (iii) Murgul'da cevherleşmenin yüzeye oldukça yakın bir lokasyonda meydana gelmiş olması gerekmektedir.

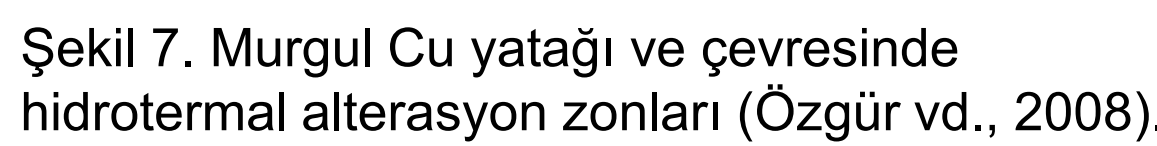
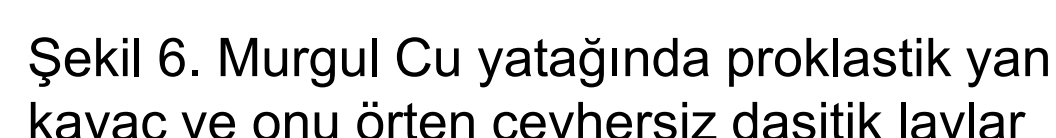
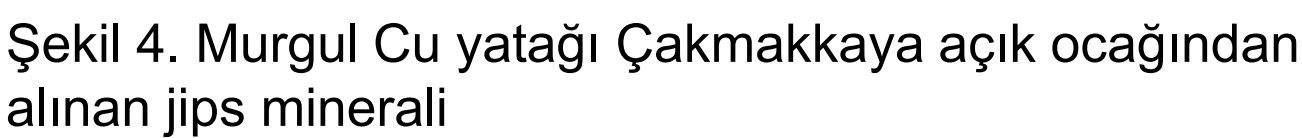
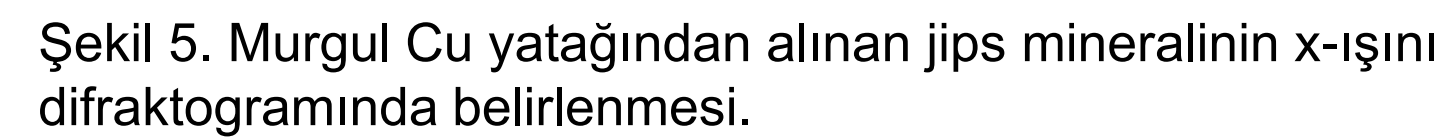
Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan masif silisit yatakları altıre olmuş Senoniyen yaşlı 150-300 m kalınlık gösteren dasitiktiroklastiklere bağlıdır. Metalojenik kuşağın doğusunda (Cu >> Pb + Zn) şeklinde Cu üstünlüğü bulunurken (Tip: Murgul) batıda (Pb + Zn>>Cu) şeklinde (Tip: Madenköy ve Lahanos) Pb + Zn daha çok olarak görülmektedir (Şekil 1 ve 2). Jenetik olarak doğuda bulunan Murgul ve Madenköy yatakları oda yayına bağlı olarak kıtasal koşullarda oluşmuş olup subvolkanik-hidrotermal oluşuğa isaret ederek daha çok Kuroko tipi yataklara ilke Porfiri tipi yataklar arası bir geçiş temsil eder. Murgul Cu yatağında çevherleşme 300 m kalınlığa kadar ulaşan dasitiktiroklastiklere illeşlidir. Bu piroklastikler araştırılan alanda 20-50 m kalınlıkta olan tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu ve 500 m kalınlığa kadar ulaşan çevherşiz dasit lavları tarafından örtülmektedir (Şekil 3). Murgul çevherleşmesinin içinde bulunduğ yatakları yaklaşık 300 m kalınlığa sahip olan dasitiktiroklastik seviye hidrotermal çözeltiler ille ilk volkanik etkinliğin son safhasında şiddetli alterasyona maruz kalmış ve bunun sonucunda masif silisit çevherleşmesi ortaya çıkmıştır. Burada alterasyon (i) ilk fazla oluşutan kaolenleşme ve serizitleşmeden oluşurken (ii) son faz bastan silisit kadar devam eden silisleşme ürünü olmaktadır (Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988).



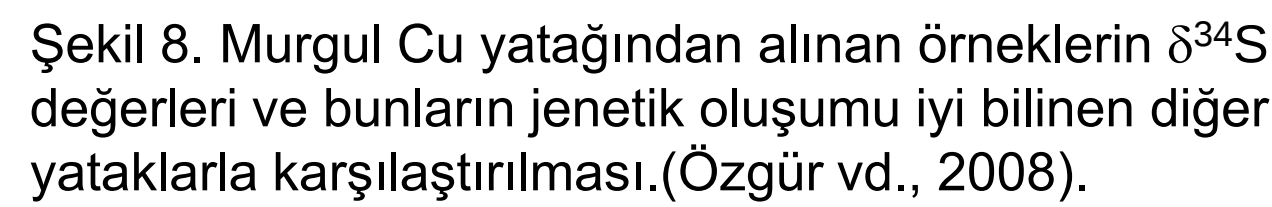
Murgul bakır yatığı ve çevresinde jeokimyasal ve izotop jeokimyası amaçlı olarak Özgür (1985), Çağatay ve Eastoe (1995), Özgür vd. (2008) ve Abdioğlu vd. (2015) tarafından geniş kapsamlı araştırma yapılmıştır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan jips mineralleri ile ilgili olarak çevreleşme yan kayac içinde farklı köklerdeki jips mineralleri aranmış ve çevreleşme ile ilgili ilişkisi araştırılmış ve daha sonra belirlenen lokasyondan – Çakmaklıya yatığadan çevreleşme yan kayacı alan altı adet olmuş dastık piroklastikler içinde - jips örnekleri alınmıştır (Şekil 4). Bu örneklerin daha sonra XRD yöntemi ile jips minerali olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). ^{834}S izotop analizleri için öngörülen 4 adet jips örneği wolfram korbit değişiminde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerde ABD’ de Isotech izotop laboratuvarlarında (Illinois, ABD) ^{834}S izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Burada kütle spektrometrisi kullanılmıştır.



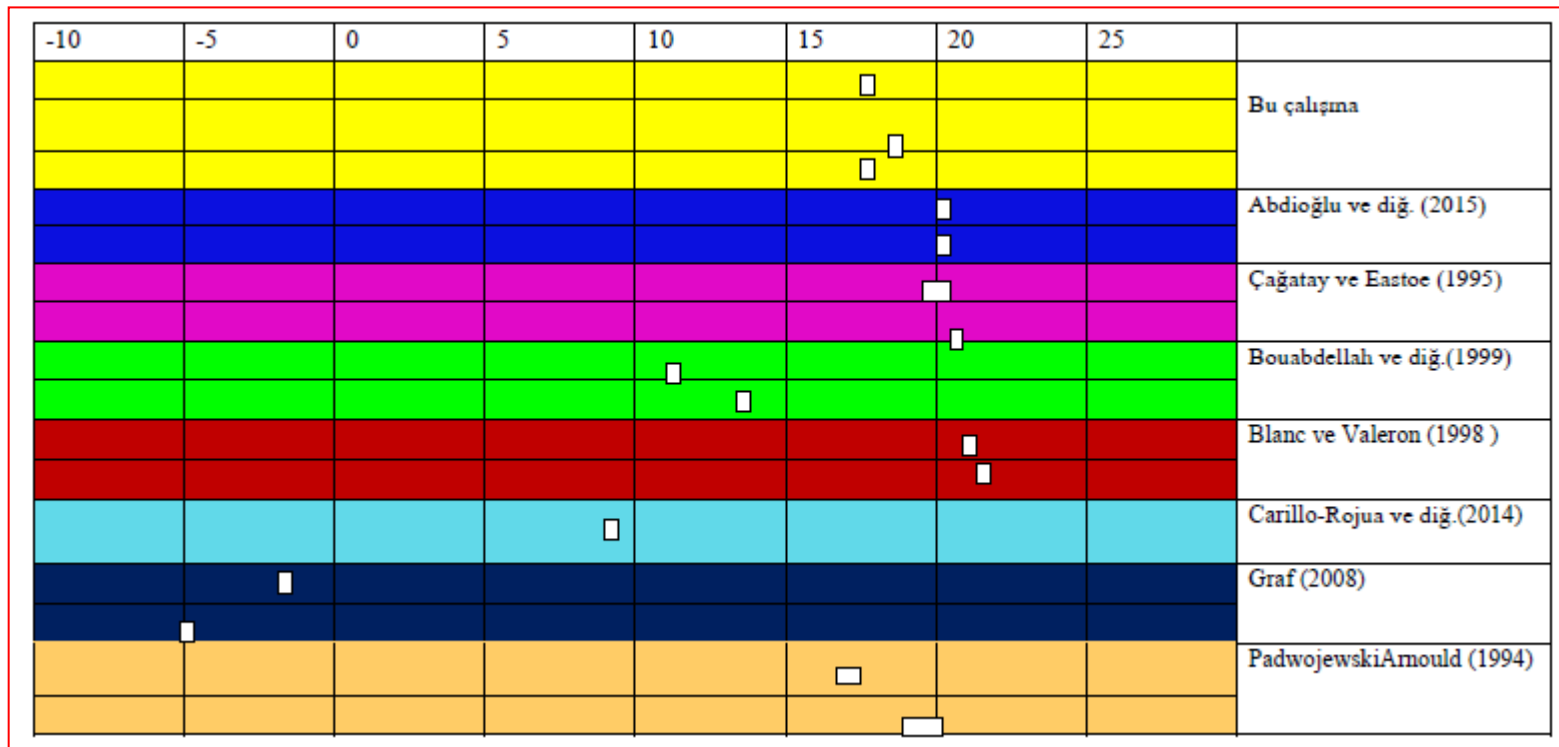
Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı D-B yönünde yaklaşık 350 km uzunluğa ve K-G yönünde yaklaşık 60 km genişliğe sahip olup genel olarak Liyas-Miyosen yaşlı tipik ada yayını temsil eden volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Murgul Cu yatağı bu metalojenik kuşağın DK kesiminde bulunmaktadır. Bu kuşakta bulunan kayaçlar yaklaşık 3000 m kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaçlar bulunmaktadır. Metalojenik kuşakta volkanizma Liyas ve Miyosen zamanı arasında aralığında üç evrede gelişmiş bulunmaktadır: (i) İlk volkanik evre Liyas ile Üst Kretase arasında gelişmiş ve kendini Alt Bazik Siir (LBS) ile Alt Dasitik Siir (LDS) ile belli etmektedir. Volkanizma Liyas zamanında bazik kökenli bağlanmış bulunmakta ve daha sonra magmatik kırılma ile Üst Kretase zamanında asidik kökenli olarak sonuçlanmıştır. İlk volkanik evrede bulunan ve Alt Bazik Siir içinde yer alan spilit ve spilitik türler Ti/Cr ve Ni ilişkisinde tektonik olarak Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının volkanik ada yayı özelliğini belirlemektedir (Özgür, 1985). (ii) Üst Bazik Siir (UBS) ile volkanizmanın ikinci evresi başlamakta olup volkanik ürünler Liyas ve Üst Kretase zamanı aralığında oluşan kayaçların transgresif olarak örtülmektedir. İkinci volkanik evre volkanik breşler, ince kalınlıktaki sedimanter mercekler ve andezitik-riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Bu volkanik evre Maastrihtiyen yaşlı kıvrılma tarafından örtülmektedir. (iii) Son volkanik evre Üst Dasitik Siir (UDS) ile temsil edilmektedir ve bazaltik ve andezitik lavlar tarafından örtülen Paleosen yaşlı denizel sedimenterle başlamaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında masif sülfür yatakları altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yu kayaç olan dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Üst Kretase yaşlıdır. Metalojenik kuşağın doğusunda Cu genelliği (Cu + Pb + Zn) batısında Pb + Zn üstünlüğü (Pb + Zn > Cu) bulunmaktadır (Özgür, 1985). Batıda bulunan Madenköy yatakları Pb + Zn genelliği için çok iyi bir örnek oluşturmaktadır doğuda bulunan Murgul Cu yatağı da Cu üstünlüğü için mükemmel bir örnek arz etmektedir. Murgul Cu çevreleşmesi Doğu Karadeniz bölgesi Metalojenik kuşağında bulunan diğer yatakları gibi (örneğin Madenköy ve Lahanos) altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yankayaç olan bu dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa (Şekil 6) sahip olup Senoniyen yaşlıdır. Özellikle Anayatak ve Çakmak kaya çevreleşmesi açık ocaklarında çok yoğun kayaç alterasyonu dolayısıyla yarı kayalarla primer mineral içeren yarı kayaç bulunmaktadır. Bulunması oldukça güç olan az altere olmuş yarı kayaç örneklerinde kayaç hamurunu fenokristaller (plajyoklas (An_{29-35} ve kuvars) ve plajyoklas mikrolitleri (An_{12-30}), hornblend ve biyotit kalıntıları, kuvars ve aksesuar oranda bulunan apatit, sfen ve hematit oluştuğu görülmektedir.



Murgul Cu yatağı esas olarak Anayatak, Çakkakmayaya ve Bognari çevreleşme alanlarına sahip bulunmaktadır. Bu çevre kütellerinden Bognari ve Anayatak çevreleri tenör azlığı nedeniyle terk edilmiş olup şu an sadece Çakkakmayaya çevre kütlesi işletilmektedir. Çakkakmayaya yatağında çevreler oldukça yoğun altere olmuş (silileşme, serileşme). Senoniyen yaşlı datistik piroklastikler içinde bulunmaktadır. Bu altere datistik piroklastikler ile çevrşiz örtü datistleri arasında kaolinleşmiş ve formasyon olmayan tuf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu bulunmaktadır. Bu çevreyin içinde jips örnekleri bulmak mümkün olmamıştır. Bir başka deyimle özellikle atmosferik koşullar altında oluşmuş jips mineral fazları bulunduran Bognari çevreleşme kütlesi yörede bulunan maden işletmesi tarafından işletilerek ortadan kaldırılmıştır. Bunun yerine Çakkakmayaya çevreleşme kütlesinde bulunan yoğun altere olmuş datistik piroklastikler içinde alınan jips örnekleri bu çalışma kapsamında 18,6 ile 18,8 % arasında değişen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri vermektedir (Çizelge 1; Çol, 2015). Bu değerler Çığatay ve Eastoe (1995) çalışmalarına göre 20,0 ile 20,8 % arasında değişmektedir. Abdülgül vd. (2015) sonuçlarına göre bu değerler 20,3 ile 20,4 % arasında değişmektedir. Bu değerler modern deniz sülfatı, 20,0 ile 20,4 % (20,0- 21,0) ile uyusmaktadır. Abdülgül vd. (2015) sonuçlarına göre bu değerler 20,3 ile 20,4 % arasında değişmekte olup tam olarak uyurlık göstermemektedir. Her iki araştırması grubu araştırılın jips minerallerinin kökenini altere olmuş volkanik kayalar içerisinde bulunan Fe-oksid ve/veya Fe-hidroksit fazlarının indirgenmesiyle deniz suyu sülfatının jipslerin oluşumuna neden olduğu açıklanmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu yorumu doğrulamaktadır.



Çizelge 1. Murgul Cu yatağı tuf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundan alınan jips örneklerinde $\delta^{34}\text{S}$ değerleri



Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı D-B yönünde yaklaşık 350 km uzunluğa ve K-G yönünde yaklaşık 60 m genişliğe sahip olup genel olarak Liyas-Miyosen yaşlı tipik az yayını temsil eden volkanik kayalarından oluşmaktadır. Murgul Cu yatığı bu metalojenik kuşağın KD kesiminde bulunmaktadır. Bu kuşakta bulunan kayalar yaklaşık 3000 m kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayalar bulunmaktadır. Metalojenik kuşak volkanizma Liyas ve Miyosen zaman aralığında iç çevrede gelişmiş bulunmaktadır (Özgür, 1985).

Murgul Cu yatığını oluşturan Anayatak ve Çakmakçaya çakı ocakları cevherleşmeleri (I) seritileşme ve kaolenleşmeden oluşan ilk faz alterasyon ile (ii) bağlançlılık ya buna var olan silislemiden olan son faz alterasyon zonlarından ibaretir. Birinci fazı temsil eden seritileşme ve kaolenleşme tipik mineral parajenezleri ile daha çok cevherleşme alanları kenarlarında yer alırken ikinci ve son fazı teşkil eden silisleşme alterasyon zonu cevherleşme alanlarının merkezinde bulunmaktadır. Bu bulguları cevherleşme alanlarından yankayac örneklerinde yapılan nadir toprak elementlerinin ilk farklı aşamadağı alterasyon dolayısıyla olan azalma değerleri desteklemektedir. Ayrıca bu NTE verileri hidrotermal alterasyon şiddetinin artmasında bağli olarak nadir toprak elementlerinin cevherleşme yaın kayacından ayrıldığını açıkça göstermektedir (Schneider vd., 1988). Bu NTE azalma değerleri silisleşme zonunda en fazla miktara ulaşır ve buna uygun olarak da cevherleşme bu zonda maksimum değere ulaşmaktadır. Murgul Cu yatığında ortaya çıkarılan mineral parajenezleri hidrotermal çözeltilerin pH-İS2 koşullarının değişimini yansıtmaktadır (Beane, 1982; Schneider vd., 1988). Burada düşük pH ve ortağ kükürt fugasitesi altında seritileşme ve onu çalıma alanında çevreyelen birinci alterasyon fazi oluşurken var olan fizikokimyasal koşullar düşük pH ve yüksek kükürt fugasitesi koşullarına geçiş gösteriyor ve burada silisleşme alterasyonu kendisini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 2511-M-11 ve 3680-YL2-13 numaralı araştırma projeleri kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Adıoğlu, E., Arslan, M., Kadir, S. ve Temizel, İ., 2015. Alteration mineralogy, lithochemistry and stable isotope geochemistry of the Murgul (Artvin, Ne Turkey) volcanic hosted massive sulfide deposit: Implications for the alteration age and ore forming fluids. *Oru Geology Reviews* 66, S. 219-242.

Beane, R. E., 1982. Hydrothermal alteration in silicate rocks: in: Spencer, R. T. (ed.), *Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America*, Tucson, Arizona. Univ. Arizona Press, S. 117-137.

Bouabdellah, M., 1999. Zoned sulphur isotope signatures at the Mississippi Valleytype Touisst - Bou Beker - El Abed District (Morocco-Algeria) - Evidence for Thermochromal sulphate reduction and mixing of sulphur sources: In: C.J. Stanley et al. (eds). 1999, Mineral deposits: processes to processing, Balkema Amsterdam, 821-824 (1999).

Çağatay M. N. ve Eastoe, C. J., 1995. A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfide deposits of the Eastern Black Sea province, Turkey. *Mineral Deposita* 30, S. 55-66.

Çol, A. S., 2015. Murgul bakır yatağında bulunan jips oluşumlarının kökeni. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 70 S.

Carillo-Rojas, J., Boyce, A. J., Morales-Ruano, S., Morata, D., Roberts, S., Munizaga, F. ve Morena-Rodriguez, V., 2014. Extremely negative and inhomogeneous sulphur isotope signatures in Creataceous Chilean Mant Type Cu - (AG) deposits Coastal Range of Central Chile. *Oru Geology Reviews*, 56 13-24.

Graf, J.-G., 2008. Mineralogical and Geochemical Changes Associated with Sulfide and Silicate Weathering in Natural Alteration Scars. Taos County, New Mexico, 93-120

Özgür, N., 1985, Zur Geochemie und Genese der Kupferlagerstaette Murgul, E-Pontiden/Türkei: Dissertation, FU Berlin, 139 p.

Özgür, N. ve Schneider, H.-J., 1988, New metallogenetic aspects concerning the copper deposit of Murgul, NE Turkey: *Soc. Geology Applied to Mineral Deposits*, Spec. Pub. 6, S. 229-239.,

Özgür, N., Eliot, Ö. ve Zeren, M., 2008, Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul masif sülfür yatağının Hidrotermal çözeltileri ve gelişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Tübatik Araştırma Raporu, 141 S.

Podowojewskia, P., Arnold, M. 1994. The origin of gypsum in Vertisols in New Caledonia determined by isotopic characteristics of sulphur *Geoderma*. 63 179-195.

Schneider, H.-J., Özgür, N. ve Palacios, C., 1988, Relationship between alteration, rare earth element distribution, and mineralization of the Murgul copper deposit. northeastern Turkey, *Econ. Geol.* 83, 1238-1246.