



**Kadir Karaman
Ercan Şahinoğlu
İbrahim Alp
Ayhan Kesimal
Ali Osman Yılmaz**

Karadeniz Teknik University, Trabzon-Turkey
kadirkaraman@ktu.edu.tr; ercansahinoglu@ktu.edu.tr; ialp@ktu.edu.tr;
kesimal@ktu.edu.tr; aoyilmaz@ktu.edu.tr

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.4A0054		
ORCID ID	0000-0002-3831-4465	0000-0001-8881-2553	0000-0002-6032-3528
	0000-0002-9890-8273	0000-0003-3192-8533	

İLERİ MİKROSKOPİ YÖNTEMLERİ İLE PARLAK KESİT ANALİZLERİ

ÖZ

Bu çalışmanın amacı pirit içeren kayaçların parlak kesit analizlerini, yeni bir teknik olan trinoküler araştırma mikroskobuna entegre clemex görüntü analiz sistemi ve motorize tabla kullanarak yapmaktır. Motorize tabla ile bütün kesitin patern oluşturarak taranması mümkün olmuştur. Clemex görüntü analiz sistemi ile çok kısa sürede analizler yapılabilmektedir. Bu nedenle manuel olarak yapılan analizlere göre daha güvenilir ve daha hızlı olduğu anlaşılmıştır. Çalışılan kayaçlardaki pirit oranı (%0.09-%2.13) ve piritte ait en küçük (24µm), en büyük (895µm) ve ortalama dane çapları (48µm-132µm) hesaplanmıştır. Sonuç olarak daha kısa sürede daha doğru sonuçlar alma açısından motorize tabla ve clemex gibi sistemlerin kullanılmasının önem taşıdığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Clemex, Motorize Tabla, Parlak Kesit, Pirit, Kayaç

ANALYSES OF POLISHED SECTION VIA ADVANCED MICROSCOPY METHODS

ABSTRACT

The aim of this study is to perform polished section analyses of rocks that contain pyrite with clemex image analysis system and motorized table which are integrated into the trinocular research microscope that is a new technique. It was possible to pattern scanning the entire cross section with the motorized table. With the clemex image analysis system, very short time analyzes were possible. For this reason, it is understood that it is more reliable and faster than the manual analysis. The rate of pyrite (0.09%-2.13%) in the rocks studied and the smallest (24µm), largest (895µm) and average grain diameters (48µm-132µm) of pyrite were calculated. Consequently, it was understood that the importance of using the systems such as motorized table and clemex in terms of getting more accurate results in a short time.

Keywords: Clemex, Motorized Table, Polished Section, Pyrite, Rocks

How to Cite:

Karaman, K., Şahinoğlu, E., Alp, İ., Kesimal, A. ve Yılmaz, A.O., (2017). İleri Mikroskopi Yöntemleri İle Parlak Kesit Analizleri, **Nature Sciences (NWSANS)**, 12(4):1-8, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.4.4A0054.



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kayaçların mühendislik özellikleri mineral bileşimi, yapısı (dane çapı ve biçimi), dokusu (boşluk ve minerallerin dizilimi) ve ayrışma durumu gibi unsurlardan etkilenmektedir [1 ve 2]. Mineralojik bileşim, kenetlenme derecesi, danelerin biçimi ve çapı gibi petrografik karakteristiklerin kayaçların mekanik özelliklerini etkiledikleri bilinmektedir [3]. Bazı araştırmacılar, kayaçların mekanik özellikleri üzerine etki eden dane boyutunun etkisini çalışmışlardır [4 ve 5]. Genelde kayaç dayanımı daha ince daneli kayaçlar için daha yüksek olmaktadır [4]. Onodera ve Asoka Kumara [5] magmatik kayaçlarda dane boyutu arttıkça dayanımda önemli miktarda düşüş olduğunu belirtmişlerdir. Görüntü analiz sistemleri tıp, biyoloji, kalite kontrol sistemleri ve malzeme bilimleri gibi birçok disiplinde yaygın olarak kullanılmaktadır [6]. Cevher yapısı, minerallerin miktarı, tanımlanması ve serbestleşme boyutlarının büyüklükleri cevher işlem sürecinin optimizasyonu ve seçimi için pratik bir öneme sahiptir [7]. Geleneksel olarak mineralojik çalışmalar dane sayımı gibi manuel teknikler ile gerçekleştirilmektedir [8]. Görüntü analiz sistemleri ise cevher işleme/hazırlama ve madencilik uygulamalarında malzemelerin analizi için önemli bir tekniktir. Minerallerin tanımlanması için birçok yöntem olmasına rağmen, X ışınları yöntemi, polarizan ışık mikroskop ve tarayıcı elektron mikroskopu (SEM) uygulamalı mineralojide yaygın olarak kullanılmaktadır.

Polarizan cevher mikroskopları jeoloji ve maden mühendisleri tarafından yerbilimsel çalışmalarda petrografik analizler ve cevher minerallerinin tanımlanması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, polarizan cevher mikroskobu ile serbestleşme ve bağlı mineral danelerinin oranları, kesit içindeki mineral yüzdelerini ve çaplarını doğru bir şekilde belirleme ve grafiksel gösterim gibi ayrıntılı analizleri yapmak mümkün olmamaktadır. Ayrıca, avantajlarının yanında, SEM tabanlı sistemler de bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu sistemler yüksek sermayeli pahalı işlemleri içermekte ve testler iklim kontrollü tozsuz bir ortamda gerçekleştirilmektedir [9]. Son zamanlarda geliştirilen görüntü işletim programları kayaç doku bilgilerini ayrıntılı bir şekilde sunduğundan dolayı optik mineralojideki kullanımı yaygınlaşmaktadır [10]. Mikroskobik görüntülerin hızlı, güvenilir ve doğru bir şekilde ölçümü ve analizi son zamanlarda özellikle boyut küçültme optimizasyonu ve modifikasyonu çalışmalarında da büyük önem taşımaktadır. Tam otomatik sistemler mineral analiz çalışanlarının iş yükünü büyük ölçüde azaltmaktadır [11]. Clemex gibi bazı görüntü analiz sistemleri ile minerallerin genişlik, uzunluk, alan, gerçek uzunluk, yüzde olarak miktarları, çevre, yuvarlaklık, en büyük en küçük ve ortalama çap miktarları, serbestleşme ve bağlı danelerin oranları ve dane çapı dağılım aralıkları gibi özelliklerin belirlenmesi mümkündür [9]. Ayrıca yazılım ile isteğe bağlı program yazılabilmekte, histogram grafikleri ve istatistiksel sonuçlar da elde edilebilmektedir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Günümüz teknolojisini kullanarak analizlerin hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılması oldukça önemlidir. Analizlerin manuel olarak yapılması güvenilirlik gibi bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle motorize sistemler ile otomatik yapılan ve gerektiğinde gözlem ile birleşip müdahale edilebilen sistemler yardımıyla analiz yapmak günümüz için elzemdir. Bu çalışmanın amacı kayaçların içerdiği pirit oranını, pirit mineralinin en büyük, en

küçük ve ortalama dane çaplarını araştırma mikroskobuna entegre motorize tabla ve clemex analiz programı kullanarak araştırmaktır.

3. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL METHOD-PROCESS)

Laboratuvara getirilen cevher bloklarından temsili örnekler alınıp mineralojik analizler için (polarizan cevher mikroskobunda incelemek üzere) parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kapsamda yapılması gereken ilk adım kesme işlemidir. Kesme işleminde amaç büyük bir kaya parçası üzerinden incelemek için temsili bir parça çıkarmaktır. Parlak kesit yapımı için kayaç örnekleri elmas diskli kesme makinası ile 1.5 x 1.5 cm veya 1.5 x 2 cm yüzey alanlı ve yaklaşık 1-2 cm kalınlıkta kesilmiştir. Kesilen parçalar parlak kesit hazırlama kalıbına konulmadan önce içinden numune rahat çıkabilsin diye vazelin ile kaplanmıştır. Epoksi adı verilen malzeme ile numune kalıp içinde dondurulmuştur. İlk kaba düzeltme işlemi için 180 nolu zımpara, daha sonra da sırası ile 320, 600, 800 ve 1000 nolu zımparalar otomatik parlatma cihazında kullanılmıştır. Parlak kesitlerin hazırlanması aşamasındaki laboratuvar çalışmaları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Parlak kesit hazırlama süreçleriyle ilgili çeşitli görüntüler
(Figure 1. Pictures associated with the preparation of polished section)

Parlak kesitlere ait pirit analizinde trinoküler polarizan araştırma mikroskobu kullanılmıştır (Şekil 2). Kesitlere ait görüntüler Clemex yazılımı yardımıyla alınmış, mikroskopa entegre motorize tabla yardımıyla ise bütün kesit taranabilmiştir. Örneklerin bazılarında ait görüntüler Şekil 3’te gösterilmiştir. Analizler genellikle 5X büyütmeli objektif kullanılarak yapılmıştır.

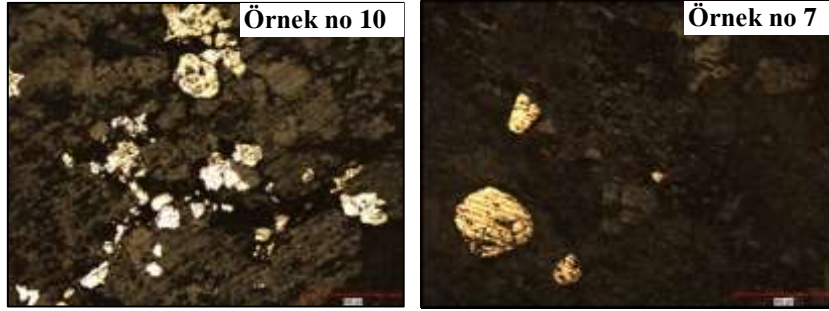


Şekil 2. Trinoküler polarizan mikroskop sisteminden bir görüntü
(Figure 2. An image from trinocular polarize microscope system)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

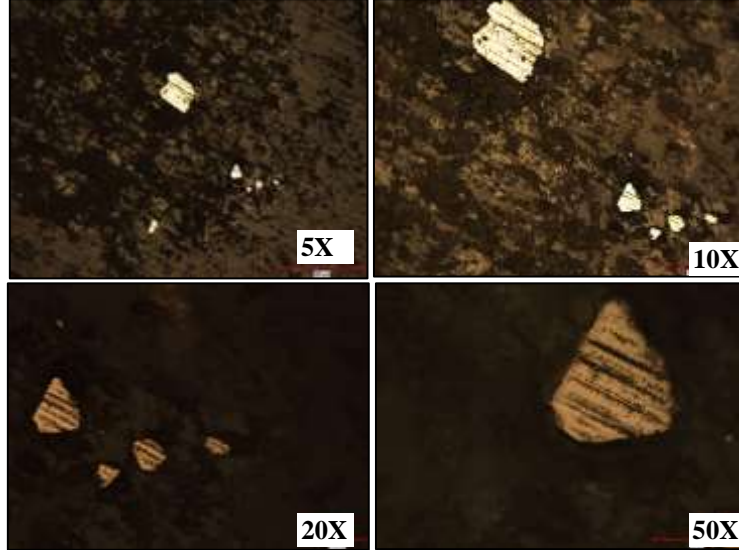
Çalışılan kesitlerdeki ortalama pirit dane çaplarını (48-132µm) görüntülemek için 5X büyütme kullanılmıştır. Farklı büyütmelerin (10X, 20X ve 50X) etkisi Şekil 4’te verilmiştir. Parlak kesitlerin analizinde Clemex görüntü analiz sistemi kullanılmıştır (Şekil 5). Çalışma sahasındaki örnekler incelendiğinde parlak kesitte görülebilecek tek mineralin pirit olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle piritin diğer mineraller içindeki yüzdesi araştırılmıştır. Şekil 5’te

görüldüğü gibi Clemex görüntü analiz sistemi minerallerin renk özelliklerine göre tanımlama yapma olanağı sunmaktadır. Resimde sarı renkli piritler işaretlenmiş ve motorize tabla yardımıyla bütün kesit içindeki pirit minerallerinin alansal miktarı belirlenmiştir. Örnek no 1'e ait söz konusu kesit için 40 farklı görüntü alanında analizler motorize olarak yapılmıştır. Aynı zamanda 40 görüntü alanına manuel olarak da gerektiğinde müdahale edilecek şekilde (pirit olmayan noktalar olursa silmek için) clemex programına rutin yazılmıştır.



Şekil 3. Analiz edilen bazı örnekler
(Figure 3. Some samples used for analysis)

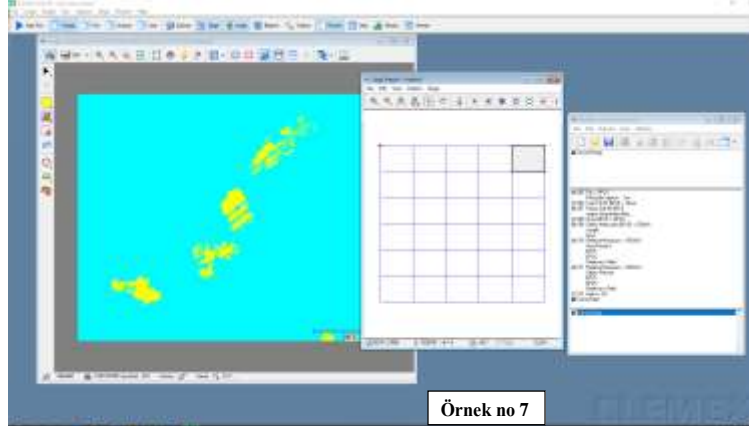
Farklı objektifler kullanılarak çekilen Şekil 4'teki görüntüler incelendiğinde pirit yüzeylerinde boşlukların ve çiziklerin olduğu gözlenmektedir. Minerale daha yakından baktıkça bu etkiler daha iyi gözlenmektedir. Bu durum parlak kesitlerin hazırlanmasında sorunlar yaşandığını göstermektedir. Parlatma aşamasında gerekli özenin gösterilmesi analizleri etkilememesi için oldukça önemlidir.



Şekil 4. Farklı objektifler kullanılarak çekilen görüntüler
(Figure 4. Images taken using the different lenses)

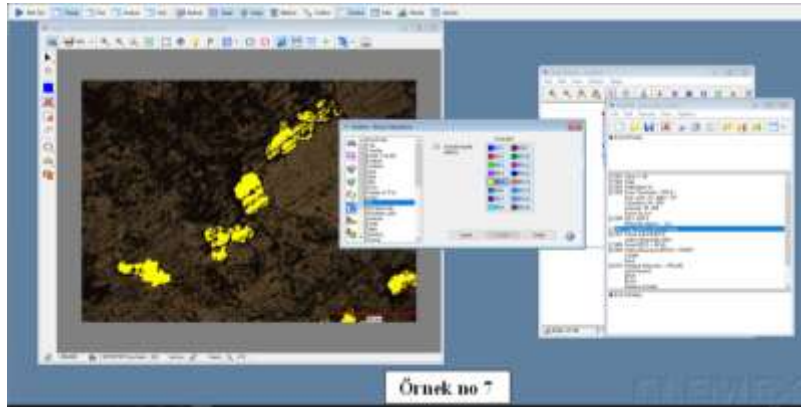
Parlak kesitlerin clemex görüntü analiz sistemi ve motorize tabla ile analizleri üzerinde çalışılmıştır. İlk olarak clemex görüntü analiz sistemi açılarak piritin olduğu bir görüntü alanı belirlenmiştir. Daha sonra clemex'de rutin sayfası açılarak renklendirme işlemi, uygun olmayan bölgelerin silinmesi komutunun her görüntü alanı için gelmesi aşaması, pirit dışındaki bölgelerin renklendirilmesi, alan ve uzunluk tanımlamaları yapılmıştır. Daha sonra görüntülerin motorize tabla ile analizi için patern oluşturma

evresine geçilmiştir. Kesitlerin büyüklüğüne göre (görüntü alanı x ve/veya y yönünde artırılarak) çalışılan kesitler için en az 24 en fazla 90 görüntü alanı oluşturulmuştur (Şekil 5). Görüntü alanlarının (patern) kenarlarında bulunan kutucuklara tıklanarak kesiti tam yansıtıp yansıtmadığı kontrol edilmiştir.



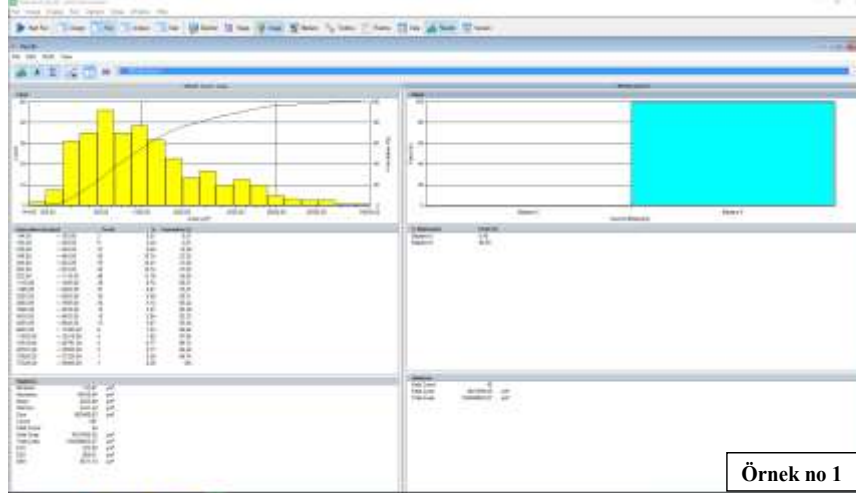
Şekil 5. Patern oluşturma işlemi
(Figure 5. The process of pattern generation)

Motorize tabla manuel araştırmaya göre çok daha hızlı ve doğru sonuç vermektedir. Motorize tablanın önemini daha iyi anlayabilmek için tek bir görüntü alanı ve bütün kesit pirit içeriği (alansal) açısından analiz edilmiştir. Tek görüntü alanı analiz edilmiş ve alansal olarak piritin diğer mineraller içindeki oranı %2.58 olarak bulunmuştur. Bütün kesit motorize sistem ile tarandığında 42 görüntü alanı analiz edilmiştir. Kesit içerisindeki alansal pirit oranı %0.09 olarak bulunmuştur. Tek görüntü alanından elde edilen pirit oranı bütün kesitten elde edilen piritten yaklaşık 28 kat daha fazla olarak bulunmuştur. Elbette manuel ölçümlerde tek görüntü alanı alınmayacaktı ancak analizlerde mineral sayım işleminde araştırmacıların dikkatli olması oldukça önemlidir. Manuel ölçümler saatler sürebilmekte, görüntü alanlarını yan yana hatasız analiz etmede zorluklar yaşanmakta ve elde edilen ölçümlerin doğruluğundan yeterince emin olunamamaktadır. Oysaki motorize tabla ile her bir görüntü alanı çok kısa bir süre manuel olarak da müdahaleye açık (uygun olmayanları siliniz) ve bütün kesit birkaç dakika içinde daha doğru şekilde taranmaktadır. Ayrıca, pirit yüzeyleri eğer çizikli veya kullanıcıdan kaynaklanan boşluklar içeriyorsa boşluklar fill işlemi ile doldurulabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Clemex sisteminde rutin yazma işlemleri
(Figure 6. Processes of routine writing in Clemex system)

Parlak kesitlerin analizlerini içeren görüntüler Şekil 7'de verilmiştir. Analizlerde histogram grafikleri, çap aralık değerleri ve kaç adet örnekte gözlemlendiği, en küçük, en büyük ve ortalama dane çap değerleri, alansal olarak daha önce tanımlanan mineral yüzdeleri gibi bilgiler yer almaktadır.



Şekil 7. Örnek 1 sonuçlar
(Figure 7. Results for sample 1)

Parlak kesitlere ait pirit içeriği ve dane çapları Tablo 1'de verilmiştir. Pirit içerikleri en düşük %0.09 en fazla %2.13 olarak bulunmuştur. Piritlere ait en küçük dane çapı 24µm ile örnek no 1'e ait kesitte ortaya çıkarken, en büyük dane çapı ise 895µm ile örnek no 16 olan kayaca ait kesitte elde edilmiştir. Ortalama dane çapları açısından irdelendiğinde en küçük ortalama dane çapı 48µm ile 9 nolu örnek, en büyük ortalama dane çapı ise 132µm ile örnek no 2'de rastlanmıştır.

Tablo 1. Örneklerin pirit içeriği ve dane çapları
(Table 1. Pyrite content and particle diameter of samples)

Örnek No- Kaya Türü	Pirit (%)	Diğer Mineraller (%)	En Küçük çap (µm)	En Büyük çap (µm)	Ort. Çap (µm)	Görüntü Alanı (Adet)
1-Bazalt	0.45	99.55	24	402	94	40
2-Metabazalt	0.09	99.91	43	447	132	42
3-Bazalt	0.68	99.32	33	526	65	40
6-Dasit	0.81	99.19	42	163	78	30
7-Metabazalt	2.13	97.87	25	526	95	30
8-Bazalt	0.46	99.54	33	570	80	90
9-Kireçtaşı	0.87	99.13	34	102	48	24
10-Bazalt+Dasit	0.58	99.42	33	526	73	42
16-Bazalt	0.33	99.67	33	895	79	80

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Motorize tabla ile parlak kesitlerin tamamının analizi yapılabilmektedir. Ayrıca komşu görüntü alanını sistem otomatik algıladığından bütün kesit taramıştır. Çalışılan kesitler için en az 24 en fazla 90 görüntü alanı belirlenmiştir. Clemex görüntü analiz sistemi ile çok kısa sürede analizler yapılabilmektedir. Parlak kesitlerin analizlerinde, pirit içerikleri en düşük %0.09 en fazla %2.13 olarak bulunmuştur. Piritlere ait en küçük dane çapı 24µm, en büyük dane çapı 895µm olarak ölçülmüştür. Kesitlerdeki piritlerin ortalama dane çapları ise 48µm-132µm arasında değişmiştir.



Manuel ölçümlerde saatler veya günler alabilecek bir analiz motorize ölçümlerle dakikalar içerisinde daha doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Manuel ölçümlerde kesit üzerinde görüntü alanlarının geçişlerinde zorluklar yaşandığından bütün kesitin hassas bir şekilde taranması pek mümkün olamamaktadır. Motorize sistemler ile kesitin tamamının doğru bir şekilde taranması mümkün olmaktadır. Sistem, elde edilen ölçümlerle histogram, istatistiksel analizler gibi farklı gösterim ve hesaplamaları kullanıcıya sunmaktadır. Ayrıca, kayıt edilmiş görüntünün aynı veya farklı amaçlarla tekrar analizi yapılabilir. Belirli yazılımlar ile uzaktan erişimle analiz ve kontrol imkanı da sistemin avantajlarından birisidir. Bu tür çalışmada sonuçları etkileyen en önemli aşamaların kesit hazırlama ve uygun analiz paterninin oluşturma işlemlerinin olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Yazarlar; bu çalışmayı FAY-2015-5235 kodu ile destekleyen KTÜ BAP Koordinasyon Birimi'ne; örnek hazırlama ve analize yardımcı olan Maden Yüksek Mühendisi Taha BOYRAZ, Teknisyen Ahmet Salih BORAN ve Teknisyen Ahmet İHTİYAR'a; analiz sisteminin kurulmasında destekleri alınan Nikon Karfo Endüstriyel A.Ş. yetkililerine ve Uygulama Mühendisi Cemal TORLAK'a teşekkür eder.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 5-8 Eylül 2017 tarihleri arasında Tiflis(Gürcistan)'da düzenlenen 2nd International Science Symposium'da sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. İrfan, T.Y., (1996). Mineralogy, Fabric Properties and Classification of Weathered Granites in Hong Kong. Q.J. Eng. Geol. 29, 5-35.
2. Prikryl, R., (2001). Some Microstructural Aspects of Strength Variation in Rocks. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 38, 671-682.
3. Tuğrul, A. and Zarif, I.H., (1999). Correlation of Mineralogical and Textural Characteristics with Engineering Properties of Selected Granitic Rocks from Turkey, Engineering Geology 51, 303-317.
4. Brace, W.F., (1961). Dependence of Fracture Strength of Rocks on Grain Size. In: Proc. 4th Symp. Rock Mech., Univ. Park, Penn., PA, pp:99-103.
5. Onodera, T.F. and Asoka Kumara, H.M., (1980). Relation between Texture and Mechanical Properties of Crystalline Rocks. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 22, 173-177.
6. Chermant, J.L., (1996). Automatic Image Analysis Today. In: Chermant, J.L. (Ed.), Microscopy Microanalysis Microstructure. 7, 5/6, 20th Anniversary of the French Section of the International Society for Stereology, pp:279-288.
7. Craig, J.R. and Vaughan, D.J., (1994). Ore Microscopy and Ore Petrology, Second ed. John Wiley and Sons, New York, 434p.
8. Reedy, C.L., (2006). Review of Digital Image Analysis of Petrographic Thin Sections in Conservation Research. Journal of the American Institute for Conservation 45 (2), 127-146.
9. Lane, G.R., Martin, C., and Pirard, E., (2008). Techniques and Applications for Predictive Metallurgy and ore Characterization Using Optical Image Analysis. Minerals Engineering 21, 568-577.



-
10. Hunt, J., Berry, R., and Bradshaw, D., (2011). Characterising Chalcopyrite Liberation and Flotation Potential: Examples from an IOCG Deposit. Minerals Engineering 24, 1271-1276.
 11. Köse, C., Alp, İ., and İkibaş C., (2012). Statistical Methods for Segmentation and Quantification of Minerals in Ore Microscopy. Minerals Engineering 30, 19-32.