

miş olabilir. Yardımcı araştırmacılarının yayınlarının başına veya sonuna adlarını ekleyen patronlar olduğu gibi, tanınmamış bir araştırmacıyı tanınmış bir kişiyi haberi olmaksızın yayınına ortak edivermektedir.

Wade ve Broad, Blood dergisinde yayınlanacak bir yayından adının kaldırılmasını isteyen tanınmış bir araştırmacının olayını örnek gösteriyorlar: Bu ünlü araştırmacı yayın «yapacağı» kişiyi birkaç dakikalığına bir asansörde tanımıştı. Bazen de adalet yerini buluyor. Buna örnek olarak Jocelyn Bell olayından söz etmek gerekir. Astronomi öğrencisi Jocelyn Bell, günümüzde pulsarlarla (düzenli olarak radyo dalgaları yayan yıldızlar kategorisi) ilgili buluşun gerçek araştırmacısı olarak bilinmektedir. Bununla beraber Cambridge radyo-astronomi şefi bu önemli buluş için 1974 fizik Nobel ödülünü almıştı. Stokholm jürisi, öğrencisinin üstünde yer alan birinci ismi bu ödüle layık görmüştür.

Hilenin kökeninde bulunan nedenler nelerdir?

— Bilimsel sistemin kendisinin hatalı noktaları: Bir proje veya laboratuvar şefinin elde ettiği kredilerin hesabını verebilmek; başka krediler elde edebilmek için sonuçları zamanında ve uygun olarak sunmak amacıyla «ayarlamış» olması.

— Bir öncelik gösterme istemi: Herhangibir araştırmacı belirli bir olayın, belirli bir mekanizmadan kaynaklandığına inanırsa bu sonuca ulaşmak için kötü niyetle bazı verileri değiştirebilir.

— Karakteristik hilekârlık: Diğerlerinin çalışmalarından hırsızlık yapan, ne gerekli zekaya ne de kaliteye sahip, fakat tanınmış kişilerin prestijine ulaşmak isteyen kişilerin varlığı.

— Bazı «boş» patronların, «patronlukları» nedeni ve farkedilmiyeceğine inandıkları için, öğrencilerinin araştırmalarına «sahip» çıkmaları.

Hilekârlıklar ve yönetim düzensizlikleri çoğalmaktadır. Acaba bu olumsuzluklar geçmişe oranla daha mı fazladır?

Günümüzdeki bilim adamı sayısı, tüm tarih boyunca yaşamış bilginlerin sayısının % 90'ını oluşturmaktadır. Bu nedenle hilekâr sayısının daha yüksek gözükmesi normaldir. Hilenin her zaman var olduğu bir gerçektir, fakat araştırmaların içeriğinin de geliştiği bir gerçektir. Toplumumuz her geçen gün bilimden daha fazla yararlanmaktadır. Bu nedenle bilim kalitesi, kontrolü, ivediliği tartışılmaz bir konu oluşturmaktadır.

NOT : Bu tür hilekârlıkların jeoloji biliminde yapılmaması en büyük dileğimizdir.

## Mağmanın Giriş Sıcaklığı, Volkanların Mağma Odalarının Oluşumu ve Boyutları

S.A. Fedotov

Çeviri: Ali İhsan GEVREK, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi, Ankara.

ÖZ

Mağma odalarının oluşumu ve volkanları oluşturma mekanizması tartışılmıştır. Isı koşulları ve mağma odalarının boyutları binlerce yıl duraylı kalabilmektedir. Mağma odalarının yaklaşık ısı denge denklemleri odaların  $T_1$  giriş sıcaklıkları ve odaların yarıçapları hesaplanarak ortaya çıkarılmıştır. Hesaplamalar göstermektedirki, sığ «periferik» Avacinsky volkanının odaklarının yarıçapı 3-3.5 km. den azdır. Elde edilen maksimum periferik mağma odasının yarıçapı, orta büyüklükteki Kamchatkan volkanlarından hesaplanmıştır. Odaların sıcaklık farkları 100-200 C°'e erişir. Bu metod merkezi tipteki volkanların köklerinin hesaplanmasına uygulanabilir.

Bulletin Volcanologique dergisinin 1982 yılında yayımlanan 45/4 ncu sayısındaki «Temperatures of magma, formation and dimensions of magma chambers of volcanoes» adlı makaleden kısaltılarak türkçeleştirilmiştir.

GİRİŞ

Mağma odalarının oluşumu, özellikleri ve evrimleri, volkanolojinin, volkan jeolojisinin, ve magmatik kayaç petrolojisinin başlıca problemlerini teşkil eder.

Mağma odalarının ve bunları besleyen kanalların ısı dengesi, oda boyutlarının ilişkileri, sıcaklık, mağma ısı akısı ve ısı akısının özellikleri odaların olası evrimlerini açıklamak için göz önünde tutulmuştur.

Mağma odalarının oluşumu

Mağma odalarının evrimi, orijini ve volkanları beslemeleri çok az çalışılmış olup varsayımlıdır (bakınız, magmatik intruzyonların mekanizması, Sharapov, 1970; Golubev, 1976; Fedotov, 1976 a,b,c). Aydınlatıcı çalışmalar eski volkanların sığ aşınmış odalarında yapılmıştır. Mağma odalarının özellikleri, boyutlar ve temel hesaplamalar için jeofizik ve jeodetik veriler kullanılmıştır.



Mağma odalarının oluşumlarını açıklamak için, mağma odalarının genel özellikleri yanısıra seçilmiş modeller ısı hesaplamalarında yardımcı olmuştur.

#### Yuvarlak mağma odalarının hacminden kabuksal kayaçların kaldırılma gerekliliği

Volkanları besleyen mağma kolonlarında bir kaç yüz barlık basınç mevcuttur. Bu basınç, kolon içindeki mağma yoğunluğunun mağmayı çevreleyen kayaçların yoğunluğuna eşit olduğu derinlikte maksimumdur. Normalin üzerindeki volkanik basınçlar mağma odalarının oluşması için gereklidir. Mağma ile onu çevreleyen kayaçların yoğunluklarının eşit olduğu derinlikte mağma odaları bileşimi benzerlik gösterir. Volkanik basınçlar ultrabazik mağmalar için kabuk-geçiş tabakalarında, bazaltik mağmalar için alt kabuk tabakalarında, andezitik mağmalar için orta kabuk tabakalarında, asidik mağmalar için üst kabuk tabakalarında ve özellikle granitik ve sedimenter tabakalar arasında maksimum olur.

Mağma odalarının oluşumu karmaşık problem-dir. Ana kayadaki sıkışma derecesi elastik teori ile ilgilidir. Elastik ortamdaki çatlaklar için aşağıdaki ilişki geçerlidir (Pollard, 1973; Zheltov, 1975).

$$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{\Delta P \cdot L}{E \cdot W_0} \quad (1)$$

- $V_0$  = Kırık bölümün alanı  
 $\Delta V_0$  =  $V_0$  artış miktarı  
 $\Delta p$  = İç basınç  
 $E$  = Young modülü  
 $L$  = Kırık uzunluğu  
 $W_0$  = Kırık uzunluğunun genişliği

Bir kaç yüz barlık volkanik basınçlar fissur ve daykların elastik sıkışması için yeterli olacaktır. Ancak, benzer basınç ana kayada büyük izometrik boşluklar yaratmaya yetmeyecektir. Ana kayalar izometrik odalarda meydana gelen boşluklara doğru itileceklerdir. Astenosferin üst kısımlarında gravite farklılıklarının sonucu benzer odalar görülebilir. Viskosite ve ağır materyellerin mağmaya doğru akmaları sonucu mağma odasının alt kısmında boşluklar bırakılır.

Kabuğun alt ve orta tabakalarında benzer mekanizma, kabuk kayaçlarının yüksek vizkositesi nedeni ile zorlukla mümkün olur. Bu durumda ana kayaların eriyerek, aşınarak mağmaya doğru akmaları (boşalmaları) daha olağandır.

Üst kabuk tabakaları birkaç kilometre derinlikte, birkaç yüz barlık yüksek basınçta yükselerek mercekssel mağma, sil bantları oluşturabilir.

#### Mağma odalarının büyümesi

Üst kabuğun tabakaları içinde mekanik intruzyonlar süratle olabilir.

Bu süratle gelişen işlemin yanısıra astenosferdeki gravite akmaları ve kabuk kayaçların mağma tarafından eritilmesi sonucu oluşan derin odalar için çok uzun işlem gerekir.

Mağma odalarının derin kabuk içinde büyümesi, mağmanın kendisini çevreleyen kayaçlar üzerinde karmaşık etkisine sebep olur. Shipulin (1968), intruzyon büyümelerini aşağıdaki varsayım ile açıklamıştır: Mağma sıcaklığı intruzyon içinde katıdan, yarı sıvıya doğru değişir, bu nedenle mağma akma şeklinde yer değiştirir. Intruzyon duvarları, intruzyonun kısmi ergimesi, kimyasal çözünmeler ve mağmanın kayaç parçaları içermeleri sonucu mekanik olarak aşındırılır.

Mağma oda duvarlarının ergimesi analizler ile çalışılmış ve ergiyen kayaçların dokanakta hareket eden solüsyonları incelenerek yaklaşık tahminlerde bulunulmuştur. Carlslaw ve Jaeger (1959), katı halde bulunan odaların dokanaklarda ergimesi sonucu oluşan solüsyonların sabit sıcaklıklara sahip olduğunu belirtir. Kadık (1970) intruzyon tabakalarının üst sınırlarındaki miktarlarını inceleyerek yaklaşık ilişkiyi çıkarmıştır. Intruzyon üstündeki ergime hızı yılda birkaç cm dir.

Oda duvarlarının mekanik aşınma hızının nasıl arttığı sorusu henüz cevapsızdır. Bu soruya ergiyen ve aşınan yüzeylere bazalt lav tabakalarının batması ile cevap verilir. Yukarıda sözü edilen mekanizma bazaltların dışarıya akması ile olur. Bazaltik lav sütünlarnin oluşumu da bu mekanizmaya bağlanır. Sıvı lav katılaştırılmış kabuğun yüzeyi ile temas ettiğinde ilk hareketin tabanını teşkil eder. Ancak, nehir şeklinde akan lavlar aşınma yaparak birkaç gün içinde metrelerce derinlikte akan lav nehir yataklarını oluştururlar. Bu durum mağma odalarının konveksiyon akım hızlarının maksimum olduğunu gösterir. Mağma oda sınırlarındaki hız gelişmeleri yılda birkaç cm den birkaç yüz metreyi bulur. 1.5 km yarıçaplı mağma odasının 10.000 yıl içinde büyüme oranı yılda 10-50 cm dir.

Mağmada ısı kaybı yüksektir. Bu nedenle mağma odalarının ince çıkıntıları ve apofizleri hızla katılaştır ve odalar yuvarlak izometrik yapı kazanırlar.

Mağma yeryüzeyine çıktıktan sonra mağmayı çevreleyen kayaçların ısının azalması ile ısı kaybı artar. Sharapov ve Golubev'in (1976) yaptığı hesaplar göstermiştir ki: ergiyen kabuk tabakaları en az 7 km den daha derinlerde maksimum kondüktiv ısı akımlarına sebep olurlar. 0-7 km de ergiyen kabuk kayaçları sadece aktif volkanlar sırasında ayrı odaklar oluştururlar.

#### Mağma odalarının benzeri-durağan (quasi-stationary) ısı halleri ve uzun aktivitelere

Volkanik merkezler magma odaları beslediği sürece etkinliklerini sürdürürler.

Normal veya az yayılmış volkanların hacmi 100 km<sup>3</sup> den azdır. Ortalama volkanlar 30-40 km<sup>3</sup> ile 60 km<sup>3</sup> arasındadır. Normal volkanların faaliyetleri 50-60 bin yıldan fazla değildir. Büyük volkanların hacmi 200 km<sup>3</sup> genellikle 500-1000 km<sup>3</sup> ve faaliyetleri 60-100 bin yıldan fazladır.



Uzun zaman periyodu içinde mağma astenosferden mağma odalarına gelen kanalları besler. Volkanik ürünlerin bileşimi benzer ise sıcaklık eşittir. Mağma benzeri-durağan ısı koşullarında silindirik kanallara akar. Akış sırasında mağma kanallarındaki sıcaklık dağılımı duraylıdır.  $W = d^3 \sqrt{t}$  denkleminde  $t$  zamanı ile  $w$  mağma akması azalır,  $d$  sabit katsayıdır.

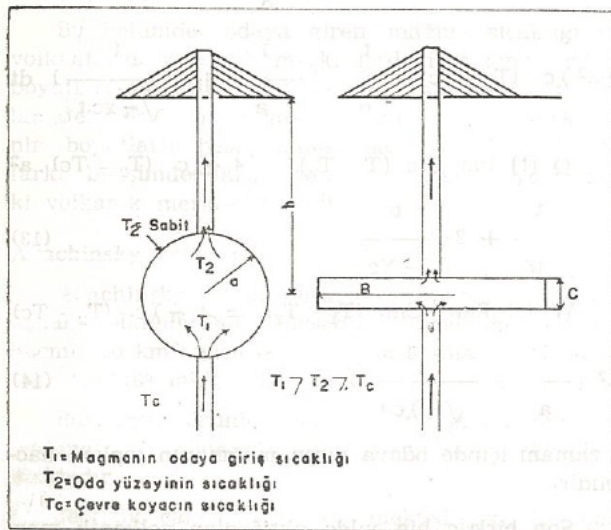
Jeodetik veriler, yeksenak mağma odalarının patlama periyodları sırasında kalderaların altında olduğunu belirtir. Bu gerçek ve diğer örnekler son birkaç bin yılda volkanların duraylı olacağını gösterir.

#### Mağma odalarının benzeri-durağan modelleri ve ısı akış hesaplarının formülü

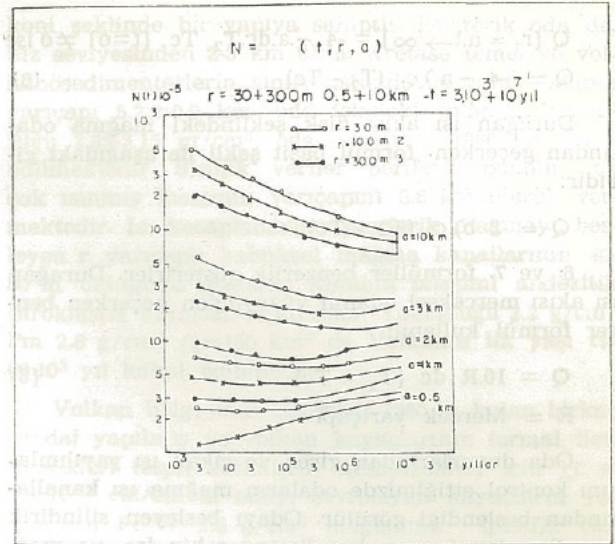
Mağma odaları, oluşumları ve gelişimleri sırasında volkanları beslerler. Mağma intruzyonları çevre kayaları eritir. Isı artması ve ısı kaybı odanın duvarlarına doğru olur. Odaların boyutları değişir. Mağma bileşimi de zamanla değişir. Odaların bileşimi, viskozitesi, sıcaklığı ve yoğunluğu değiştiği zaman odalarda karmaşık konveksiyon akımları doğar ve mağma odalarının merkezinden duvarlarına doğru şiddetli değişimler meydana gelir.

Ortaç, kabuksal, periferik mağma odaları için çeşitli uygulanabilir modeller sunulmuştur. Odaların boyutlarının çok az değişmesi, duraylı ısı koşullarına sahip olması, duvarlarındaki sıcaklığın sabit olması, ısı girişi ve çıkışlarının belli bir dengede olması nedeni ile bu model kabul edilmştir.

Şekil 1'deki model ile ısı kayıpları, mağma giriş sıcaklığı, mağmanın mümkün olan boyutları, ve mağma odalarının gelişimi hesaplanmıştır. Sıvı mağma odası küresel ise yarıçapı  $a$ , disk şeklinde ise yarıçapı  $b$ , yüksekliği  $c$  dir. Oda boyutları zaman ile değişmez kabul edilmiştir. Odanın yüzey sıcaklığı  $T_2$  sabit olup oda içindeki sıcaklık katı mağma sıcaklığına yakındır. Odaların oluşumu ve ısıtışyonu  $t = 0$  zamanı gibi oluştuğu kabul edil-



Şekil 1 — Küre, disk şeklinli mağma odalarının şematik yapısı.



Şekil 2 —  $N(t)$  ısı kaybı eğrileri. ısı kayıpları  $\tau_2$  Sabit yüzey sıcaklığına sahip küresel mağma odalarının yüzeylerine doğru olmaktadır.  $N(t)$ ;  $t$  zamanına, odanın a yarıçapına, besleme kanalının r yarıçapına bağlıdır.

miştir. Odalar katı kabuk ile çevrelenmiş olup her noktası  $T_c$  ( $r, t = 0$ ) = 0 eşitliğine göre hareket eder. Çevre kayalar mağma odası tarafından kademeli olarak ısıtılır. Oda yüzeyinin sıcaklığı mağma odasından gelen kanallar ile sabit tutulur. Odaya giren mağma  $T_1$  sıcaklığına sahiptir. Mağma odalarının hacmi sabit olduğu gibi, odaya giren mağma ile odadan çıkan mağma hacimleri eşittir. Sıcaklık ilişkileri  $T_1 > T_2 > T_c$  dir. Katı ortamın başlangıç sıcaklığı 0 ve yarıçapı  $a$  olan küresel yüzeyin  $T_2$  sıcaklığı sabit ise:

$$T_c(r_1, t) = \frac{a \cdot T_2}{r_1} \Phi^* \left( \frac{r_1 - a}{2\sqrt{xc \cdot t_2}} \right) \quad (2)$$

$$\Phi^* = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{E^2}{x} \cdot dE \quad (3)$$

$T_c$  = Yan kayaç sıcaklığı  $r_1$  = Yarıçap  $t$  = zaman  $x = \lambda c / Pc$   $C_c$  (ortamın ısı yayılma katsayısı)

$P_c$  = Ortam yoğunluğu,  $C_c$  = Ortamın özgül ısısı  $r_1 = a$  olduğu zaman

$$\left[ \frac{ST_c(r_1, t)}{Sr_1} \right]_{r_1=a} = -T_2 \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot \lambda c \cdot t}} \right) \quad (4)$$

Isı akısı, küresel yüzeye doğru  $t$  zaman aralığında kat ederse:

$$Q(r, = a, t) = 4 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \lambda c \cdot T_2 \cdot \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot \lambda c \cdot t}} \right) \quad (5)$$

Formül 4 ve 5 den ısı akısının zaman limitine göre değeri:



$$Q (r_1 = a, t \rightarrow \infty) = -4 \pi a \cdot dc \cdot T_2 \cdot T_c \quad (t=0) \neq 0 \text{ ise}$$

$$Q = -4 \pi a \cdot \lambda c \cdot (T_2 - T_c) \quad (6)$$

Durağan ısı akısı disk şeklindeki mağma odasından geçerken, formül basit şekli ile aşağıdaki gibidir:

$$Q = -8 b \lambda c \cdot (T_2 - T_c)$$

6. ve 7. formüller benzerlik gösterirler. Durağan ısı akısı merceksel odanın yüzeyinden geçerken benzer formül kullanılır.

$$Q = 10R \cdot dc \cdot (T_2 - T_c) \quad (8)$$

R = Mercek yarıçapı

Oda duvarlarından giren ve çıkan ısı yayılımlarını kontrol ettiğimizde odaların mağma ısı kanallarından beslendiği görülür. Odayı besleyen silindirik kanallar durağan ısı koşullarına sahip ise, ve mağma üst kesimindeki ısı kanal sıcaklığı sabit ise, mağma ısı akısı oranı W (t) ısı kanalları içinde yan kayalara ısı yayılmasından dolayı azalır.

$$W(t) = \begin{cases} Wo/3 \sqrt{t}, & \tau \leq 10 \\ Wo \cdot 2 / (\ln \tau + 0.23), & \tau > 10 \end{cases} \quad (9)$$

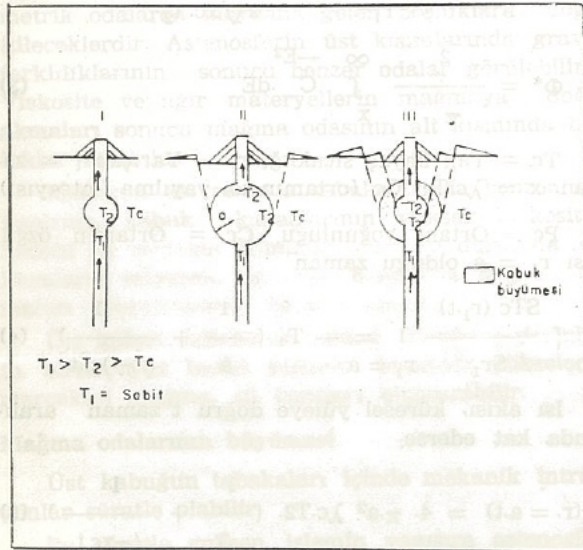
$\tau = t \cdot Xc/r^2$  dir ve boyutsuzdur, r = Isı kanallarının yarıçapı.

$Wo = W(\tau = 1) \quad \tau \rightarrow \infty$  ise silindirik yüzeydeki ısı akısı

$$Q(\tau \rightarrow \infty) = 4 \cdot \pi \cdot dc \cdot T_2 / \ln \tau \quad (10)$$

$T_2 =$  Silindirik yüzeyin sabit sıcaklığı.

Formül 6 ile 10 karşılaştırıldığında silindirik yüzeyden geçen ısı akısı zamanla 0 olur. Küresel yüzeyde olduğu gibi sabit değere ulaşmaz.



Şekil 3 — Periferik mağma odasının şematik evrimi. I. Safha: Odanın büyümesi, II. Safha: Benzeri-durağan odanın aktivitesi, III. Safha: Sönme safhası.

Küresel yüzeyin  $T_2$  sıcaklığı, ısı akısını temin eden silindirik kanalın  $T_1$  sıcaklığı, mağmanın yayıldığı t zaman ile a ve r'nin ilişkisi kurulduğunda

$$N(t) = \frac{4 \pi \lambda c \cdot (T_2 - T_c)}{Wo \cdot (T_1 - T_2) \cdot Pm \cdot Cm} \cdot \frac{1}{a^2 \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{\pi \lambda c t}} \right)} = C \cdot N(t) \quad (11)$$

f (t) = W (t) /Wo formül 9 un boyutsuz bölümü

Aktif volkanik merkezler son birkaç milyon yıldadır olduğu gibi, periferik mağma odasının kalderasının yarıçapı 10 km'ye geçmez. Kamchatkan volkanının ısı kanallarının boyu 50-100 m dir. N (t) de t ( $3 \cdot 10^3 - 10^7$ ) yıl ve r (30.300) m çıkarılmıştır (şekil 2).

Şekil 2'de hesaplanan eğrilerde silindirik ısı besleme kanalları ve küresel mağma odası faaliyete geçme zamanı t=0 kabul edilmiştir.

Yukarıda sözü edilen oluşumlar son birkaç bin yılda olmuştur. Böylece, N (t) eğrisinde t zamanı  $t \geq 3 \cdot 10^3$  yıldır, bu da aktif volkanların başlamalarından sonraki zamandır. N (t) eğrisi zaman ile azaldığı an, odadaki ısı kaybı azalır, veya karşılıklı tersi olur. N (t) eğrisi şekil 2'de görüleceği gibi zaman ile t, a, r'ye bağlı olarak çok az ve yavaşça değişir. N (t), (t.a.r)'nin geniş aralığında pratik olarak sabittir. 11. eşitlikte N (t) = 1 dir.

Benzeri - durağan (quasi-stationary) odalara giren mağmanın sıcaklığı  $T_1$  yarıçapı a ise, 11. eşitlik ortaya çıkar. Bilinmeyen r'ye haric tutmak için ısı kanallarından odaya giren toplam ısı akımı, oda yüzeyinden kayıp olan ısıya eşittir, ve t zamanı içinde:

$$Wo (T_1 - T_2) \cdot Pm \cdot Cm \int_0^t f(t) dt = 4 \pi a^2 \cdot \lambda c \cdot (T_2 - T_c) \cdot \int_0^t \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{\pi \lambda c t}} \right) dt$$

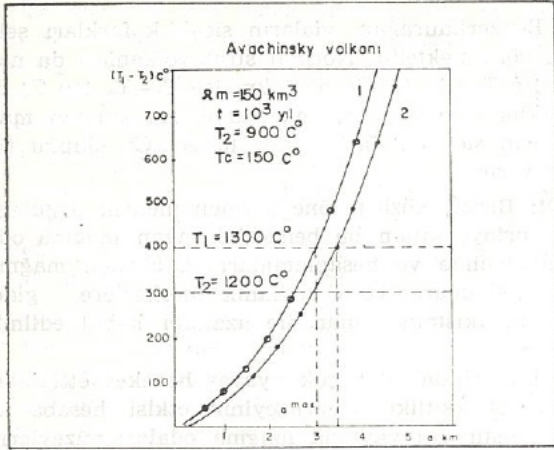
$$\Omega(t) \cdot Pm \cdot Cm (T_1 - T_2) = 4 \pi \lambda c \cdot (T_2 - T_c) a^2 \left( \frac{t}{a} + 2 \sqrt{\frac{t}{\pi \lambda c}} \right) \quad (13)$$

$$W(t) \cdot Pm \cdot Cm \cdot (T_1 - T_2) = 4 \pi \lambda c \cdot (T_2 - T_c) a^2 \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{\pi \lambda c t}} \right) \quad (14)$$

t zamanı içinde odaya giren mağmanın toplam hacmidir.

Son birkaç bin yılda aktif olan volkanik merkezlerdeki mağma akış oranı W (t), t zamanı içinde oluşmasından daha iyi bilindiğinden 11. eşitlik





Şekil 4 — Avachinsky volkanındaki  $T_1 - T_2$  sıcaklık fark eğrisi.  $T_1$  = mağmanın odaya giriş sıcaklığı,  $T_2$  = oda duvarlarının sıcaklığı, 1. eğri: mercek şekilli oda için, 2. eğri: küresel şekilli oda için.

yerine 14. eşitlik tavsiye edilir. Bu eşitlik bilinmeyen  $r$ 'ye kapsamaz. Benzeri-durağan koşullar ve 13. 14. eşitlikler Üst Pleistosen Holosen zaman aralığından aktif olan genç volkanların odalarına uygulandığında başarılı olacağı kanısına varılmıştır.

Düşünülen modelde volkanlar tarafından püskürülen kayaların hacmi, o volkan odasının boyutlarının tahmini için kullanılmıştır.

Volkanın magma odalarının evrimi şematik olarak şekil 3'de verilmiştir.

Büyüme safhası sırasında ( $t < 3 \cdot 10^3 - 10^4$  Yıllık) oda hızla genişletilir. Odanın duvar kayaları eritilir, aşındırılır ve patlama bacasına doğru taşınır. Büyüme gecikme ile oluşur. Mağmalar oda içinde karışır. Derinde yerleşmiş ısı kanalları tarafından beslenen magma öncelikle patlayıp çıkar.

#### Farklı volkan ve volkanik merkezlerdeki magma odasının boyutlarının tahmini

Bu bölümde, odaya giren magma sıcaklığı ve volkanların, volkanik merkezlerdeki magma odası boyutları tartışılmıştır. Önceki bölümlerde anlatılan denklemlerin magma odaların sıcaklık farklarının, boyutların hesaplanmasında kullanabilmek için farklı bileşimde, farklı yerde ve farklı büyüklükteki volkanik merkezler seçilmiştir.

#### Avachinsky volkanı

Avachinsky volkanı, Kamchatkan da en çok çalışılan volkanlardan birisidir. Yüksekliği 2750 m, hacmi  $160 \text{ km}^3$ , yaşı  $60 \cdot 10^3$  yıl ortalama ürün hacmi (W)  $2,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  dir.

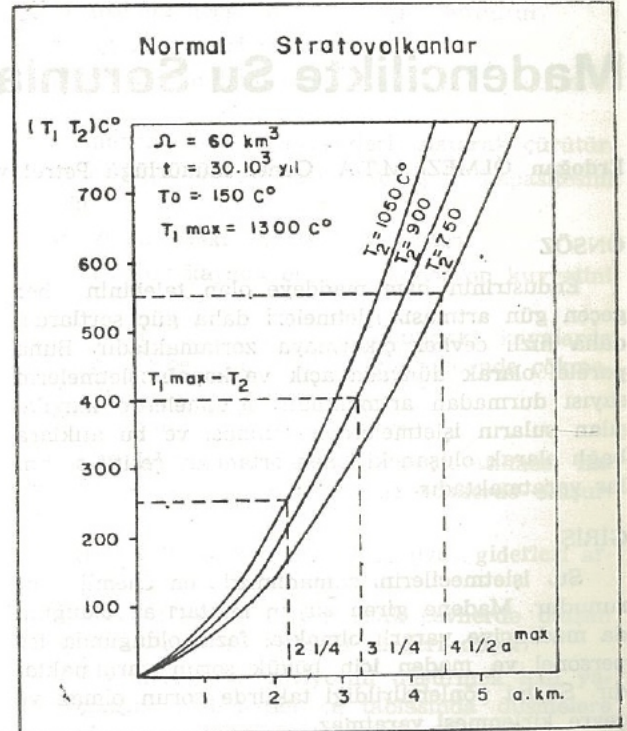
Püskürme ürünleri andezit ve bazaltik andezitlerdendir. En genç koninin bileşimi andezitten oluşmaktadır.

Jeofizik çalışmaları göstermektedir ki, bu volkan periferik odanın üst kabuk tabakalarından beslenen astenosfer içinde derinliği 30-90 km'yi bulan

koni şeklinde bir yapıya sahiptir. Periferik oda deniz seviyesinden 2-3 km altta. Kretase temel ve volkanosedimenterlerin sınırı üstünde yer alır. Odanın yarıçapı  $5,2 \pm 0,9 \text{ km}$ , oda içindeki magma yoğunluğu  $2,85-3,15 \text{ gr/cm}^3$ , oda sıcaklığı  $1000 \text{ C}^\circ$  kabul edilmektedir. Sismik veriler periferik odanın en çok ısınmış kısmının yarıçapını  $3,6 \text{ km}$  olarak vermektedir. Isı hesaplamaları periferik magmayı besleyen  $r$  yarıçaplı kabuksal magma kanallarının 40-80 m olduğunu gösterir. Koninin bileşimi andezitik piroklastik kayalar teşkil eder. Yoğunluğu  $2,2 \text{ g/cm}^3$ ,  $P_m$   $2,8 \text{ g/cm}^3$   $\Omega = 150 \text{ km}^3$  de Volkanın ilk yaşı ( $t$ )  $60 \cdot 10^3$  yıl kabul edilmiştir.

Volkan bölgesinde derinliği 1260 m bulan birkaç sondaj yapılmış ve volkan kayalarının termal iletkenlikleri tespit edilmiştir. Hesaplamalar için  $\lambda c = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm si}$  odayı çevreleyen kayaların yoğunluğu  $P_c = 2,6 \text{ g/cm}^3$  magma'nın spesifik ısı  $C_m = 0,75 \text{ cd/gc}$  termal dağıtımaları (diffisivitesi)  $10,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ , magma yoğunluğu  $P_m$   $2,8 \text{ g/cm}$  özgül ısı  $C_c = 0,25 \text{ cal/gc}$  olarak alınmıştır. 4 km derinlikte çevreleyen kayaların ilk sıcaklığı  $150 \text{ C}^\circ$  ve andezitik magma odağının duvarlarının sıcaklığı  $T_2$   $900 \text{ C}^\circ$  ortalama değerler kabul edilmiştir.

Avachinsky volkanında geniş hidrotermal sistem bulunamamıştır. Odada mümkün olan konveksiyon soğuması göz önünde tutulmamıştır.  $T_1 - T_2$  sıcaklık farkının  $a$  yarıçaplı mercek ve küresel şekilli odaya bağlı olduğu şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 5 — Normal, stratovolkanlarda  $T_1 - T_2$  sıcaklık fark eğrisi. (Bazaltik volkanlarda  $T_2 = 1050 \text{ C}^\circ$ , andezitik volkanlarda  $T_2 = 900 \text{ C}^\circ$ , dasitik volkanlarda  $T_2 = 750 \text{ C}^\circ$ 'dir).



Hesaplamalar 13. denkleme göre yapılmıştır. Sismik verilere göre odanın yarıçapı 5.2 km dir.

Muhtemelen ada yayı volkanlarının mağmaları astenosferden erimiş ve sıcaklığı 1300-1400 C° dir. Mağma yüzeye yükseldikçe sıcaklığı 100 C° azalacaktır. T<sub>1</sub> maksimum sıcaklığı çok ender 1300 C° nin üzerine çıkar.

#### Kamchatkan Stratovolkanlarının ortalama boyutları

Avachinsky volkanının boyutları ve hacmi Kamchatkan'daki stratovolkanlarına (normal) nazaran daha büyüktür. Normal volkanların ortalama faaliyetleri (t) 30.10<sup>3</sup> yıl, püskürük malzeme hacmi 60 km<sup>3</sup> dür. Periferik mağma odası 4 km derinlikte yerleşmiş olup mercekseldir. 13. denklemden hesaplamalar için aşağıdaki değerler alınmıştır:  $\lambda c = 5 \cdot 10^3$  cal/cm. s C°,  $P_c = 2.6$  g/cm<sup>3</sup>,  $C_c = 0.25$  cal/g.c.,  $T_c = 150$  C°  $\alpha c = 7.7 \cdot 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/s,  $\alpha_m = 0.75$  cal/g.C° Bazaltik volkanlar için volkan yoğunluğu  $P = 2.2$  g/cm<sup>3</sup>  $P_m = 2.7$  g/cm<sup>3</sup>,  $T_2$  900 C°. Dasitik volkanlar için  $P = 2.0$  g/cm<sup>3</sup>,  $P_m = 2.6$  g/cm<sup>3</sup>, ve  $T_2$  750 C°. Hesaplanan ve şekil 5'de verilen eğrilere göre mağma giriş sıcaklığı T<sub>1</sub> 1300 C° dir. Kabul edilen koşullar altında periferik odanın yarıçapı bazaltik volkanlar için 2.25 km, andezitik volkanlar için 3.25 km, dasitik volkanlar için 4.5 km'nin üzerinde değildir. T<sub>1</sub> 1200 C° ise yarıçap 1.5, 2.25, 4 km'ye eşit olur. Benzeri-durağan odanın boyutları artan, T<sub>c</sub> ve derinlik ile genişler.

## Madencilikte Su Sorunları

Erdoğan ÖLMEZ, M.T.A. Genel Müdürlüğü Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi, Ankara.

### ÖNSÖZ

Endüstrinin ham maddeye olan talebinin her geçen gün artması, işletmeleri daha güç şartlarda, daha hızlı cevher çıkarmaya zorlamaktadır. Buna paralel olarak dünyada açık ve kapalı işletmelerin sayısı durmadan artmaktadır. İşletmelerde karşılaşılan suların işletmelerden atılması ve bu atıklara bağlı olarak oluşan kirlenen ortamlar, çeşitli sorunlar yaratmaktadır.

### GİRİŞ

Su, işletmecilerin, zamanımızda en önemli sorunudur. Madene giren suyun miktarı az olduğunda madenciye yararlı olmakta; fazla olduğunda ise personel ve maden için büyük sorun yaratmaktadır. Su iyi yönlendirildiği takdirde sorun olmaz ve çevre kirlenmesi yaratmaz.

### MADEN İŞLETMESİNDE SU

Açık ve yeraltı işletmelerinde, zamanımızda büyük su sorunları ile karşılaşmaktadır. Bir işletmede hidrojeoloji faktörü göz önüne alınmadan yapı-

lan Benzeri-durağan odaların sıcaklık farkları şekil 5'de görülmektedir. Normal stratovolkanları da  $a=1$  km ise  $T_1-T_2$  50 C°,  $a=2$  km ise  $T_1-T_2$  150 C° dir. Sıcaklık değerleri, mağma odalarında karışan mağmaların sıcaklık farklarının 100-200 C° olduğu fikrini verir.

**Özet:** Birkaç gözlem, öne sürülen metoda uygulanarak, ortaya atılan bu benzeri-durağan mağma odası modelinde ve hesaplamalarında birincil mağmadan volkanlara veya volkanik merkezlere giden mağma akısının zaman ile azaldığı kabul edilmiştir.

Termal dalgalar çok yavaş hareket ettiğinden 13. ve 14. eşitlikte yeryüzeyinin etkisi hesaba katılmamıştır. Bu yayında mağma odaları yüzeylerinde iletken ısı kayıpları göz önüne alınmıştır. Sığ odaların üzerinde hidrotermal sistemlerin bulunduğu durumlarda, sistem, termal suların ve akışkanların konveksiyon akımları ile hızla soğutulur.

Hesaplamalar, petrolojik ve mağma karışım çalışmalarında kullanılabilir. Benzeri-durağan mağma odaların ısı dengeleri için öne sürülen model ve eşitlikler, merkezi tip volkan kökenlerinin hesaplanmasında, jeotermal kaynakların bulunmasında, volkanların mağma odalarının olumsuz etkilerini hesaplamada kullanılabilir.

NOT : Makalenin orijinalindeki «değinilen belgeler» listesi çok uzun olduğu için buraya alınmamıştır.

lan çalışmalar çoğu zaman kötü neticeler doğurmakta, bu durum ocağı terke, can ve mal kaybına kadar gitmektedir.

İşletme için yapılan hidrojeoloji çalışmaları esnasında geçirimsizliğe etkiyen faktörler kırık, çatlak, fay ve erime boşluklarıdır, bunlar ise madencilikte sorunları arttıran unsurlardır.

Bir işletmenin hidrojeolojik etüdü için bölgede çok sayıda gözlem kuyusu hazırlanır, bu tip harcamalar madencilik giderlerinin küçük bir miktarını oluşturmaktadır. Gözlem kuyusu değerlerinin verilerine göre sahada seçilen yerlerde pompa testleri yapılır. Alınan pompa testi verilerine göre maden sahasındaki su sorununa çözüm aranır.

Madendeki su sorunlarının değerlendirilmesi için;

- Akifer parametrelerinin tesbiti,
- Yeraltısu beslenme alanı sınırları,
- Lokal su kaynakları ve boşalimleri güzelletilir.

Madencilikte en kârlı su kontrol programı hazırlanması, işletmeciler ile birlikte yürütülen ve kararlaştırılan programdır.