

## Mihalıççık (Eskişehir) bölgesindeki asbest yataklarının oluşumu

*Origin of asbestos occurrences in Mihalıççık (Eskişehir) region*

İSMATL ÖZKAYA *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*

ÖZ: Mihalıççık bölgesindeki asbest yatakları, metamorfik kayalarla serpantinleşmiş ultrabazik kayaların dokanağında yerel makaslanma merceklerinde oluşmuştur. Metamorfizmadan sonra ortaya çıkan tektonik olaylar nedeni ile bu dokanakta yer yer etkin olan makaslanma ve yönlü basınç metamorfiklerin yapraklanmasına, serpantinlerin çatlama ve kollar halinde metamorfik kayalar içersine girmesine sebep olmuştur. Bu makaslanma merceklerinde dolaşıma başlayan çözeltilerin ve ısının etkisiyle metamorfik kayalar kloritleşmiş ve serpantinlerdeki çatlaklar pikrolit, as-

best, talk ve kuvarsla dolmuştur. Glokofan mineralinin bölgede iki ayrı kökeni vardır. Glokofan hem gömülme metamorfizması sonucu bölgesel olarak hem de makaslanma mercekleri çevresindeki metamorfik kayalarda, yükselen ısı ve çatlaklarda dolaşan çözeltilerin etkisiyle oluşmuştur.

**ABSTRACT:** Asbestos deposits of Mihalıççık region occur at local shear zones along the contact between metamorphic and serpentinitized ultrabasic rocks. Metamorphic rocks were intensely laminated, serpentinites were fractured and forcefully injected into metamorphic rocks at such shear zones. Metamorphic rocks are chloritized, and fractures within serpentinites are filled with picrolite, asbestos, talc and quartz. Such mineralogical changes are caused by frictional heat and solutions circulating within fractures at such shear zones. Glaucophane has two distinct origin in this area: it has developed within the metamorphic rocks as a result of burial metamorphism on a regional scale and locally, it has developed with metamorphic rocks around shear zones due to heat and circulation of solutions.

## GİRİŞ

İncelenen asbest yatakları, Eskişehir'in kuzeyinden Mihalıççık'a kadar uzanan ultrabazik, granit ve metamorfik kayalardan oluşan bir masif üzerinde, Eskişehir'in 90 km kadar kuzeydoğusunda yer alan Mihalıççık kasabasının batısındadır (şekil 1). Bölge hem jeolojik hem ekonomik bakımdan ilginçtir. Buradaki metamorfik kayalar, glokofan şist, albit-lavsonit, lavsonit-glokofan fasiyesinde az bulunur türde kayalardır. Jadeit, pumpellit, glokofan, stilpnomelan ve omfasit gibi yine az bulunur mineraller buradaki metamorfik kayalarda boldur. Serpantinleşmiş ultrabaziklerle metamorfik kayaların dokanaklannda asbest yatakları vardır. Ultrabazikler içerisinde ise çeşitli kromit yatakları bilinmekte ve işletilmektedir.

Kupfahl ve Weingart (1954) bölgenin 1/100 000'lik jeolojik haritasını tamamlamış ve Coğulu (1967) bölgenin kayaları üzerine bir doktora tezi hazırlamıştır. Ancak bu masifin, özellikle asbestlerin oluşumu hakkında inceleme ve araştırma yeterli değildir. Çalışmanın amacı bölgede bulunan metamorfik kayaların petrografisini incelemek ve asbest oluşumlarının kökeni hakkında fikir edinmektir. Burada petrografi kısaca verilecek ve daha çok asbest oluşumu ile ilgili saha gözlemlerine yer verilecektir.

## PETROGRAFI

Bölgedeki metamorfik kayalar temel olarak glokofan şistler, mermerler ve kuvars-mika şistlerdir. Glokofan şistler, glokofanlı yeşil şistler, pumpellit - glokofan şistler gibi fasiyeslere ayrılabilir. Bölgede ayrıca albit-lavsonit, lavsonit - glokofan fasiyesinde metamorfik kayalar da vardır.

Kuvars-mika şistler açık renkli, seçik çizgisellik (lineation) ve yapraklanma (foliation) gösteren kuvars ve mika bantlarının ardalanmasından oluşur. Mineral topluluğu kuvars, beyaz mika, talk, hematit, klorit, turmalin, apatit, stilpnomelan, sfen ve ilmenittir.

Mermerler arazide şistlerle ara tabakalı durumda bulunur. Beyaz ve gri renkli, bol eklemlidir. Mineral topluluğu kalsit, kibrit, kuvars, sfen, albit, mika ve pistasittir.

Glokofanlı şistler bölgede en yaygın metamorfik fasiyesdir. Genellikle koyu mavi, yeşil, masif veya yapraklanmalı olarak bulunur. Mineral topluluğu epidot, klorit, glokofan, krosit, albit, sfen, mika, kuvars, kalsit, tremolit, aktinolit, prehnit, pumpellit<sup>1</sup>, zoisit, ilmenit, talk ve apatittir. Bu kayalardan alınan örnekler mineral topluluklarına göre glokofanlı yeşil şistler, pumpellit - glokofan şistler gibi daha ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılabilir.

Albit-lavsonit ve lavsonit-glokofan fasiyesinde kayalar seyrek bulunur. Mineral topluluğu lavsonit, glokofan, albit, pijonit, krosit, sfen, klorit, pistasit, kuvars ve talktır.

Bölgedeki metamorfik kayalarda raslanan glokofan mineralinin iki ayrı kökeni vardır. Glokofan hem bölgesel olarak basınç ve ısı artması sonucu ortaya çıkan gömülme (burial) metamorfizması sırasında, hem de asbest yataklarının çevresinde, sıcaklık ve çatlaklarda dolaşan kimyasal çözeltilerin etkisiyle oluşmuştur.

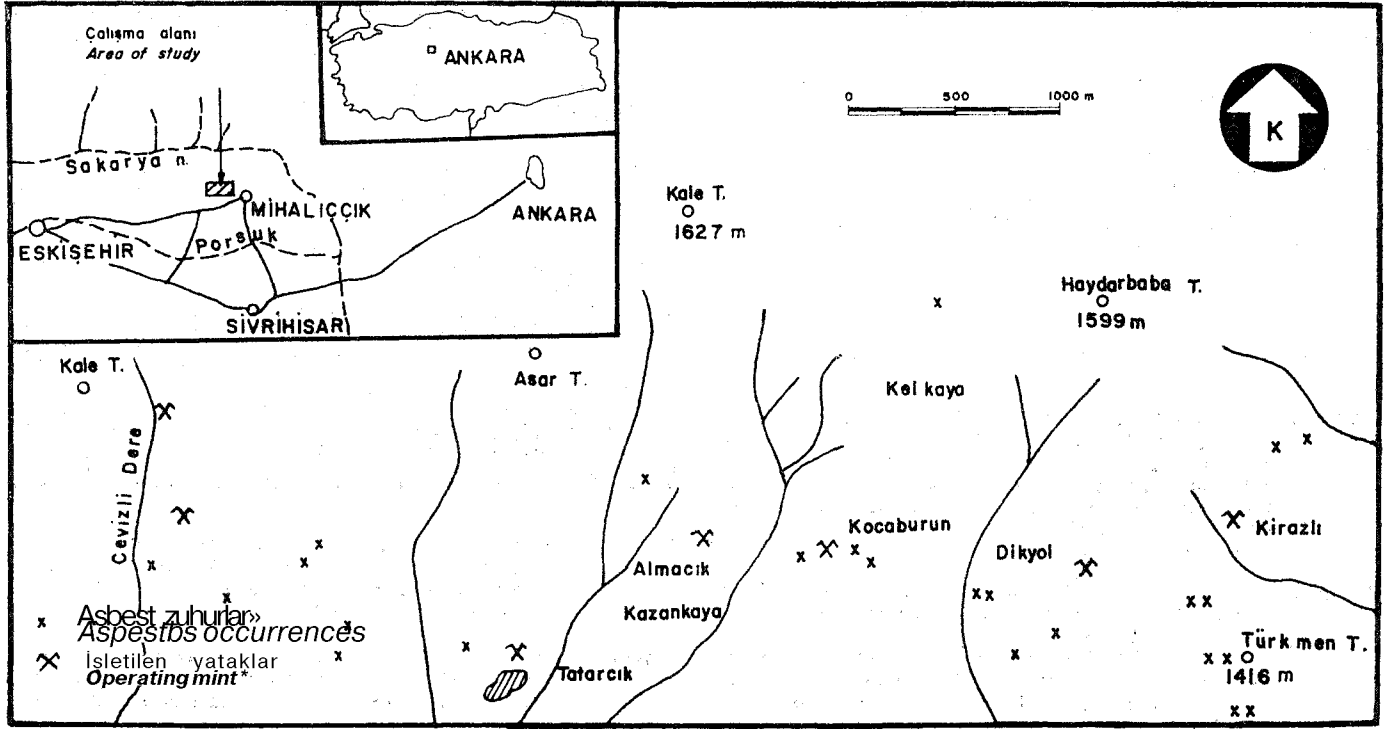
Metamorfik taşların köken kayaları deniz altı volkanikleri, silisli kalker, radiolarit ve grovaktir. Bu kayaların volkanik ve ultrabaziklerle içice derin deniz tortulları olması, kalınlıkları ve bölgedeki gömülme metamorfizması, çökeltme ortamının dengesiz bir jeosenklinal basen olduğu kanısını vermektedir.

Ultrabazik kayalar Mihalıççık'ın doğusunda geniş yer kaplar. Bunlar az çok serpantinleşmiş peridotittir. Yer yer, radyolarit ve silisli kireçtaşlarıyla karmaşık bir melanj görünümündedir. Serpantinler ultrabaziklerin alterasyonu sonucu oluşmuştur. Genellikle krizotil ve antigoritten oluşur. Mikroskop altında olivin kalıntıları, kromit ve manyetit damarları gözlenebilir.

## BÖLGEDEKİ ASBEST OLUŞUMU

Asbest, ipek görünümünde, yumuşak, iplikli (elyaf) bir grup magnezyum hidrosilikat mineraline verilen toplu addır (Bates, 1969). Bu özelliklere sahip iki önemli magnezyum hidrosilikat krizotil ve amfibol asbesttir. Krizotil  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$  bileşiminde, iplikli bir serpantin türüdür. İhici parlaklığı, açık yeşil rengi, yumuşak, iplikli özelliği ile tanınır. Amfibol asbestlerin önemlileri krokidolit, antofillit, amosit

(1) Pumpellit mikroskopik olarak saptanamadığı için tahminidir.



Şekil 1: İncelenen bölgenin buldu haritası.

Figure 1: Index map of the area.

Ve tremolittir. Krokidolit, riebekit mineralinin iplikli bir türüdür. Mavi renginden dolayı mavi asbest olarak bilinir. Amosit, grünerit mineralinin gri ve iplikli bir türüdür. Antofillit ve tremolit ortorombik ve monoklinik amfibol türleridir. Bunlar da zaman zaman iplikli yapı gösterirler. Ekonomik asbestin % 9 5'ini krizotil oluşturur.

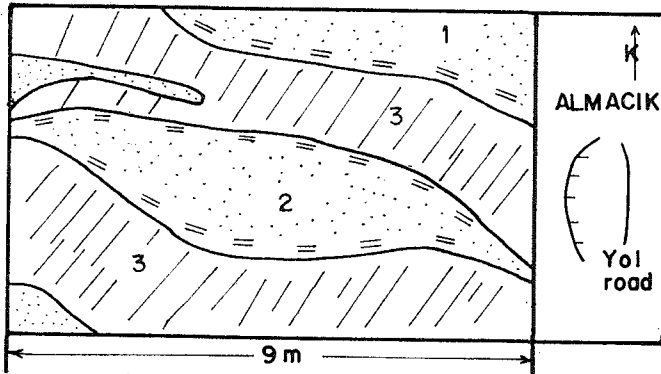
Asbest hemen her zamandamarlar olarak serpantin içinde bulunur. Kökeni tartışmalıdır. Genel olarak kabul edilen bir hipoteze göre (Cooke, 1936) asbest iplikler çok ince damarlarda kristalleşmeye başlamakta ve kristalleşme sürdükçe damarlar da genişlemektedir. Krizotil asbest ve serpantin aynı bileşimde oldukları için çatlaklarda dolaşan sıvıların sebep olduğu bir yeniden kristalleşme olayı olarak görülmektedir. Bir başka hipoteze göre (Riordon, 1955) silika taşıyan çözeltiler serpentin içindeki çatlaklarda dolaşırken, kayayı kolloidal serpantin haline çevirmekte ve bu da soğuma esnasında iplikli bir mineral olan pikrolit olarak taristalize olmaktadır. Amfibol asbestlerin kökeni daha az tartışmalıdır. Daha önce bu minerallerin yönlü basınç (Stress) altında meydana geldiği sanılıyordu (Dutoit, 1946). Winkler (1965) bu minerallerin kökeni ile yönlü basıncın fazla bir ilişkisi olamayacağını göstermiştir.

Bölgedeki asbestlerin kökeni hakkında bilgi edinebilmek amacıyla, Kirazlı, Almacık, Tatarcık, Cevizlidere ve Dikyol'daki çeşitli yarmalar incelenmiştir (şekil 1). Bu incelemelere dayanarak elde edilen, asbestlerin oluşumuna ilişkin sonuçlar şu şekilde toplanabilir:

Bölgedeki önemli asbest yatakları, metamorfik dağ silsisinin güney yamaçlarında doğu batı yönlü bir hatüzerindedir. Bu hat aynı zamanda kabaca ultrabaziklerle metamorfik kayaların dokanağma çakışıktır. Ancak güneydeki Neojen yaşlı örtü bu dokanağm ayrıntılı bir şekilde incelenmesini engellemektedir.

Asbest oluşukları serpantiniüerle metamorfilerin dokanağında yönlü basınç ve makaslanma (shear) etkisiyle yer yer yoğun yapraklanma gösteren kısımlarda yer alır. Bu makaslanmaya uğramış kısımlar düzensiz ortası şişkin merceklerle benzetilebilir. Bu merceklerin boyutları değişkendir. Tatarcık asbest yatağında olduğu gibi kalınlığı 100 m'yi geçen mercekler bulunmakla birlikte genellikle boyutlar 10 ile 20 m arasındadır. Bulunan asbest kalitesi düşük krizotil ve tremolit türündedir.

Metamorfizmadan sonra bölgede meydana gelen tektonik olaylar nedeni ile, özellikle serpantinlerle metamorfik kayaların dokanaklarında yer yer yönlü basınç ve makaslanma etkisiyle kırılma ve çatlama zonları ortaya çıkmıştır. Asbest oluşumu bu zonlarla sıkı sıkıya ilişkilidir. Birçok yerde metamorfik kayalar ve serpantinlerin dokanağında olağanüstü hiçbir olgu bulunamamıştır. Ancak asbest arama veya işletme amacı ile açılan yarmalarda bu dokanakta metamorfizmadan sonra geçmiş tektonik olayların izleri açıktır. Yerel olarak etken olduğu sanılan makaslanma ve yönlü basıncın etkisiyle ortaya çıkan yapısal değişimler şunlardır: a. serpantinlerde kırılma ve çatlama, b. metamorfik kayaç-

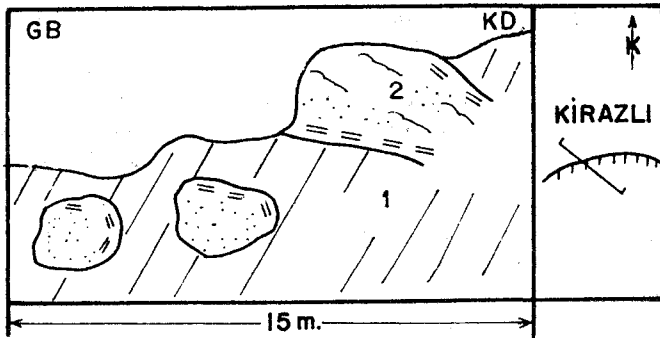


geldi 2: Almacıkta bir yarmanın krokisi. 1) İnce yapraklanmalı, talklı, yumuşak, sabunumsu, kloritleşmiş metamorfik kayas. Yukarıya doğru bozulmamış metamorfiklere geçmektedir. 2) Dokanağa paralel yapraklanma gösteren masif, koyu renkli, kloritlenmiş metamorfik kayas. 3) Açık yeşil, kırılmalı, çatlaklı, çatlakları kuvars, asbest ve talk dolgululu serpantinit.

Figure 2: Sketch of trench at Almack. 1) Thinly laminated talc bearing, chloritized, soapy metamorphic rock, dark green, grades upward into unaltered metamorphic rocks. 2) Elongate blocks of chloritized and laminated metamorphic rocks within serpentinites, lamination is parallel to the contact. 3) Apple green, brittle and fractured serpentinites, fractures are filled with Quartz, talc and asbestos.

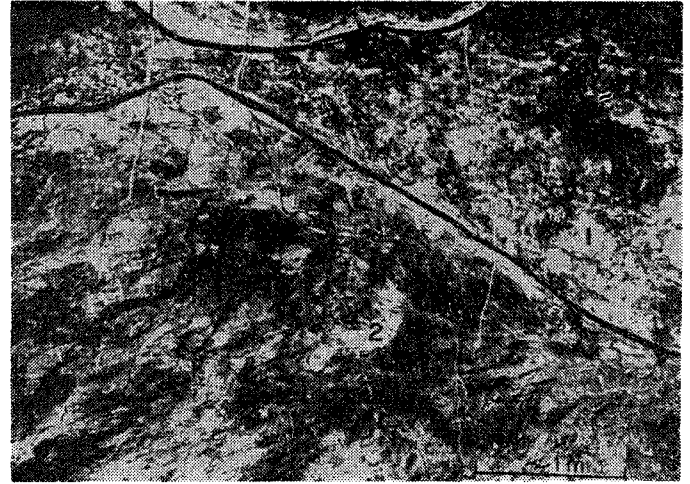
larda dokanağa doğru artan bir yapraklanma (şekil 2) c. serpantinitlerin metamorfik taşlar içersine zorla diller ve kollar halinde girmesi (Şekil 3), d. metamorfiklerin serpantinitler içersinde bloklar halinde kalmasıdır (şekil 4).

Metamorfizmadan sonra serpantinitlerle metamorfik kayaların dokanağında yer yer tektonik olaylar geçtiğini ka-



Sekil 4: Kirazlı'da bir yarmanın şematik kesiti. 1) Açık yeşil, kırılmalı ve çatlaklı serpantinit, çatlaklar kuvars, talk ve asbest dolgululu. 2) Bozmuş ve kırıklı glankofanlı metamorfik kayac, içersinde yatay kırılma düzlemlerine dik kuvars dolgululu çatlaklar vardır. Bu büyük blokta başka serpantinit içersinde daha küçük çaplı bloklara rastlanmaktadır.

Figure 4: Schematic cross section of a trench at Kirazlı. 1) Light green, brittle and fractured serpentinite. The fractures are filled with Quartz, talc and asbestos. 2) Weathered metamorphic block with horizontal partings, there are fractures perpendicular to the flat lying partings within metamorphic rocks. Such fractures are filled with quartz. In addition to this large block there are smaller metamorphic blocks included in serpentinites»



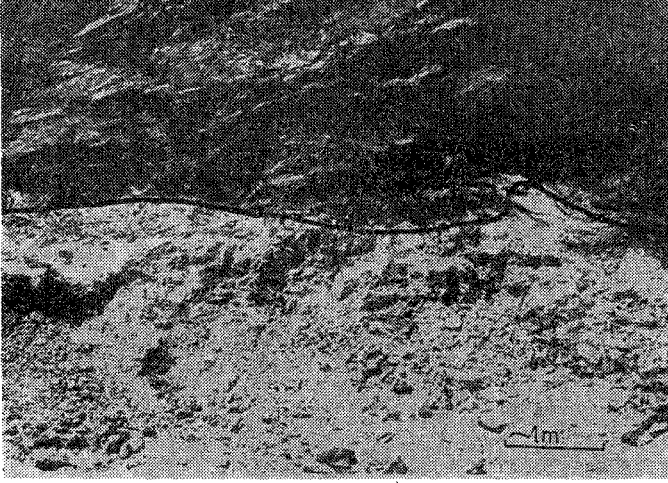
Şokil S: Kazankaya'da bir yarmanın resmi. 1) Metamorfik kayalar içersine diller ve kollar halinde uzanan çatlaklı ve çatlakları kuvars, talk dolgululu serpantinit. 2) Yapraklanmış ve kloritlenmiş glokofan şist.

Figure 3: Photo of a trench at Kazankaya. 1) Serpentine, forcefully injected into metamorphic rocks. Fractures are filled with talc, and quartz. 2) Laminated and chloritized metamorphic rock.

mtlayan bu olgular, asbest yataklarının hepsinde görülebilir. Uygulamada serpantinit ve metamorfik dokanaklarındaki makaslanma zonlarını ve özellikle serpantinitler içinde kalan metamorfik bloklar asbest aramada yol gösterici olarak kullanılmaktadır. Asbest makaslanma zonlarında bulunmakla birlikte, dokanaklardaki bu tür makaslanma mercelerinde her zaman bulunmayabilir. Serpantinitler içersindeki bloklar da her zaman metamorfik kayac değildir. Tatarcık madeninde gabbro türünde bloklara da raslanmıştır.

Bölgede asbest oluşumuyla ilgili bir başka önemli gözlem ve sonuç şudur. Dokanaklardaki makaslanma mercelerinde yapısal değişimlere eşlik eden mineralojik değişimler de vardır. Bu değişimler kabaca; a. dokanağa doğru metamorfik kayaların kloritlenmesi ve ikincil glokofan oluşumu, b. serpantinit içindeki çatlakların asbest, talk, pikrolit ve silisle dolması ve serpantinitlerin silisleşmesi, c. dokanakta veya metamorfiklerin yapraklan arasında talk oluşumu (şekil 5). Bu üç olgu, kırılma ve yapraklanma ile birlikte kimyasal olarak etken çözümlerin çatlaklar içinde dolaşma başladığını gösterir. Makaslanma merceleri çevresinde metamorfik kayaların limonitlenmesi ve bölgede metamorfik içersinde özellikle asbest yataklarına yakın yerlerde görülen kuvars damarları çatlaklarda kimyasal bakımdan etkin sıvıların dolaştığı sonucunun başka kanıtlarıdır. Çatlaklarda sıvıların dolaşması yalnızca bu makaslanma merceleri içinde kalmamışsa da gerek metamorfikler içersindeki kloritlenme ve glokofan oluşumu, gerek serpantinitler içersindeki çatlakların asbest, silis ve talkla dolması yalnızca bu makaslanma mercelerinde görülmektedir. Bu mineralojik değişimlerin gerçekleşmesi için gerekli ısı yalnızca makaslanma zonlarında ve sürtünme etkisiyle sağlanmıştır.

Makaslanma zonlarındaki mineralojik değişimlerin çatlaklarda dolaşma başyayan çözümler etkisiyle olduğunu ka-



Şekil 5: Kirazlıda bir yarmanın resmi. Üstte yapraklanmış, kloritleşmiş metamorfik kayac. Altta çatlaklı ve çatlakları talk, asbest ve kuvars dolgululu serpantin görülmektedir. Dokanakta bir talk tabakası oluşmuştur.

Figure 5: Photo of a trench at Kirazlı, laminated and chloritized metamorphic rocks is above fractured serpentinites. The fractures are filled with Quartz, talc and asbestos. There is a layer of talc at the contact.

nüayan bir başka gözlem de yataklarda yer yer görülen fay düzlemlerinin her zaman silis, asbest ve talkla dolu oluşu ve serpantinler içerisinde silisleşmenin bu çatlaklara doğru artmasıdır.

Asbest oluşumuyla ilgili bir başka gözlem de çatlaklardaki pikrolit, asbest, talk ve silisin durumu üzerinedir. Asbest serpantin içerisinde çatlaklarda enine iplikler olarak, ya da bir kuvars çekirdeğin etrafında sargı olarak bulunur. Seyrek olarak da çatlaklarda veya metamorfik kayaların yaprakları arasında uzunlamasına iplikler (slip fibers) halinde ve talkla birlikte bulunabilir. Serpantin içindeki çatlaklar her zaman asbest veya kuvarsla dolu değildir. Yer yer, yeşil renkli, sabunumsu, kırılkan kalın iplikli bir serpantin türü olan pikrolit, enine iplikler olarak bu çatlakları doldurur.

Bölgede, özellikle metamorfik masifin sırtında ve kuzey yamaçlarında seyrek olarak serpantinlerle ilişkisi belirsiz bazı asbest ve talk oluşumları vardır. Buralarda yine metamorfik kayalar içerisinde merceksel makaslanma zonlarında özellikle talk gelişmiştir. Asbest seyrek olarak bulunur. Metamorfik kayalar içerisindeki bu tür makaslanma zonlarında asbeste rastlanması bu mineralin yalnızca serpantin içindeki çatlaklarda olacağı düşüncesini değiştirmektedir. Yine de asbestin kristalleştiği çözeltilerin yakınında bir serpantininden geçerek gerekli elementleri kazandığı düşünülebilir.

## SONUÇLAR

Gözlemler, iplikli bir serpantin türü olan pikrolitin serpantin içerisindeki çatlaklarda çözeltiden kristalleştiğini belirlemektedir. Asbest de ya pikrolit gibi çözeltiden doğru-

dan doğruya kristalleşmiş veya pikrolit süren makaslanmanın etkisiyle kristal formu değiştirerek krizotile dönüşmüştür. Çatlaklarda dolaşan çözeltiler magnezyum elementini serpantinlerden almıştır. Silis ya yine serpantinlerden alınmıştır, ya ultrabazitlerin serpantinleşmesi sonucu açığa çıkmıştır, ya da bölgede genç intrüzyonlara bağlıdır. Silisin kaynağı ile ilgili ilk varsayım gözlemlere uygunluğu açısından daha çok geçerlidir. Pikrolit ve krizotilin çökmesiyle çözeltiler magnezyumca fakirleşmiş ve silisçe zenginleşmiştir. Bunun sonucu olarak asbest oluşumunu, çatlakların silisle dolması ve serpantinlerin silislemesi izlemiştir.

Asbestlerin oluşumu sırasındaki kimyasal tepkimelerin (reaction) ortamı olan sıvıların dolaşımı için gerekli çatlaklar ve kimyasal tepkimeler için gerekli ısı, serpantin ve metamorfiklerin dokanaklarında yerel makaslanma merceklerinde oluşmuştur. Sürtünme (friction) ısının kaynağı olarak düşünülmektedir. Asbest yataklarının özellikle serpantinler içinde bulunması doğaldır, çünkü krizotil bir serpantin türüdür. Asbest oluşumu yalnızca serpantin çözeltiye geçmesi ve çözeltiden yeniden kristalleşmesidir. Asbest yataklarının bulunduğu makaslanma merceklerinin özellikle serpantinlerle metamorfiklerin dokanağında bulunması, bu tür dokanakların yapısal olarak, yönlü basınca karşı direncin en zayıf olduğu noktalar olması yüzündendir. Bölgesel bir yönlü basıncın etkisini ilk göstereceği yer bu tür dokanaklar olacaktır.

Makaslanma zonlardaki, çatlaklarda çözeltiler dolaşımının ve ısı yükselmesinin diğer etkileri metamorfik kayaların kloritleşmesi ve ikincil glokofan oluşumudur. Serpantinlerin silisleşmesi ve metamorfiklerin limonitleşmesi aynı olgunun sonuçlarıdır.

Sonuç olarak bölgede asbest oluşumu sırasında meydana gelen olaylar şu şekilde özetlenebilir:

1. Metamorfizmadan sonra ortaya çıkan tektonik olaylar sırasında özellikle serpantinlerle metamorfiklerin dokanaklarında etkin olan makaslanma ve yönlü basınç sonucu serpantinlerin çatlaması, metamorfiklerin yapraklanması ve serpantinlerin diller ve kollar halinde metamorfikler içersine girmesi.

2. Makaslanma zonlarında sürtünmeden dolayı ortaya çıkan ısı nedeni ile çatlaklarda dolaşan suyun serpantinlerden silika ve magnezyum alması veya serpantin koloidal olarak çözeltiye geçmesi.

- 3- Isı yükselimi ve çözeltilerin etkisiyle metamorfik taşların kloritleşmesi, talk ve ikincil glokofan oluşumu.

4. Çatlaklarda pikrolit ve asbest kristalleşmesi. Bunu izleyen devrede çatlakların silisle dolması.

Bölgede asbest aranmasında özellikle serpantinlerle metamorfiklerin dokanağı incelenmelidir. Ancak serpantinler içinde dokanağa uzak yerlerde de makaslanma mercekleri ve buna bağımlı asbest ve talk oluşumu bulunabilir. Bu tür makaslanma zonlarının, özellikle örtülü olduğu yerlerde saptanması güçtür. Faylar, bindirmeler gibi bu tür makaslanma zonları yaratabilecek yapısal öğeler incelenmelidir. Plânlı jeolojik araştırma ve sondajlar bölgede yeni yataklar bulunmasını sağlayabilir.

**DEĞİNİLEN BELGELER.**

- Bates, R.L., 1969, Geology of the industrial rocks and minerals: Dover Publications Inc., New York, 459 s.
- Cooke, H.C., 1936, Asbestos deposits of Thetford district, Quebec: Econ. Geology 31, 365-376.
- Çoğulu, E., 1967, Etude pétrographique de la région de Mihaliççık (Turquie): Doktora tezi, Université de Genève. Tez no: 1408, 683-823.
- Du Toit, A.L., 1946, The origin of the amphibole asbestos deposits of South Africa: Geol. Soc. South Africa Trans. 48, 161-206.
- Kupfahl, H.G. ve Weingart, "W.". 1954, Geologic setting of the area covering the maps Eskişehir 1/100 000 no: 55/2, 56/4, Sivrihisar 56/1-2-3-4. MTA Derleme rapor no: 2247-2248, Yayımlanmamış.
- Riordon, P.H., 1955, The genesis of asbestos in ultrabasic rocks; Econ. Geol. 50, 67-81.
- Winkler, H.G.P.» 1965, Petrogenesis of metamorphic rocks: Springer-Verlag, Berlin, 220 s.