

# GEOLOGIE DER UMGEBUNG DER KUPFERERZLAGERSTATTE MURGUL IN DER TURKEI

Stanko BUSER

*Geoloski zavod parmova, Ljubljana, Jugoslawien*

und

Stanojlo CVETIC

*Institut za geolosko-rudarska istrazivanja i ispitivanja nuklearnih i drugih  
mineralnih sirovina, Beograd, Jugoslawien*

ZUSAMMENFASSUNG. — In der Arbeit ist der lithostratigraphische und tektonische Aufbau der weiteren Umgebung der Kupfererzlagerstätte Murgul im östlichen Teil des Pontus-Gebirges beschrieben. Dieses Gebiet ist überwiegend aus Jura-Kreide- und Tertiären-Vulkaniten aufgebaut, unter denen die Pyroklastiten vorherrschen. Es wurden drei magmatische Zyklen festgestellt, die mit basischen Differenziaten beginnen und mit saueren Differenziaten enden. Es wurde ein typischer Bruchaufbau mit gehobenen und gesenkten Blöcken festgestellt. Es wurde aber auch gefalteter Bau vorgefunden. Die wirtschaftlich wichtigen Erzlagerstätten sind aus Ikanischsubvu-hydrothermalen Herkunft. Sie sind im Senon-Maastricht entstanden. Die Hauptvererzungen sind an Breite und Länge stark silifizierten Zonen in den jurassischen und unterkreidisch vulkanischen Gesteinen gebunden. Das Erz erscheint in Form von Gängen, Stockwerken, aus massigem Erz und Impragnationen. Unter den hauptsächlichsten Mineralen sind Schwefelkies und Kupferkies zu nennen. Untergeordnet treten noch Zinkblende, Bleiglanz, Fahlerz Magnetkies, Ankerit, Baryt, Kupferindig und Kupferglanz auf.

## DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich herzlichst bei dem Herrn Generaldirektor des M.T.A. Ankara, Doz. Dr. S. Alpan, der uns bei unserer Arbeit jederzeit liebenswürdig unterstützte und uns die Veröffentlichung unserer Forschungsergebnisse ermöglichte. Weiter sagen wir unserer Dank Herrn Dr. R. Ovalıođlu, dem ehemaligen Chef der Abteilung für Erzlagerstätten bei M.T.A. Unseren innigen Dank sagen wir auch Herrn Dr. G. Elgin, dem Chef der mineralogisch-petrographischen Abteilung bei M.T.A., der uns stets uneigennützig mit Fachratschlägen beigestanden war und uns auch die Durchführung der Forschungsarbeiten in seiner Abteilung ermöglichte. Unseren herzlichen Dank sprechen wir auch Herrn Dr. M. Aslaner aus, der zur Zeit unserer Gelandearbeiten Chef des Schwarzmeer-Forschungsgebietes war. Unser schonster Dank gilt auch Herrn Dr. T. Kineş, dem Forschungsleiter für das Gebiet von Murgul, der uns die Ausführung unseres umfangreichen Forschungsprogrammes ermöglichte. Unseren Dank sagen wir auch alien türkischen Fachkollegen, die uns unmittelbar oder mittelbar bei geologischen Forschungen in Murgul beigestanden waren. Unseren innigsten Dank sagen wir auch dem derzeitigen Leiter der jugoslawischen Geologengruppe in der Türkei, Dr. Antonovic, und alien unten erwähnten Mitarbeitern bei Gelandearbeiten und bei nachträglicher Bearbeitung des Materials im Laboratorium.

## I. EINLEITUNG

Im Zusammenhang mit den neueren geologischen Untersuchungen der ostpontischen Erzprovinz am Schwarzen Meer wurde auch für das Gebiet des Cu-Bergwerks Murgul eine geologische Detailkarte 1:5000 ausgearbeitet.

Die Kartierung hat eine Geologengruppe aus Jugoslawien ausgeführt; es haben mitgewirkt: Dipl. Ing Bundovski Nikola, Dr. Stanko Buser, Dipl. Ing. Klajn Djordje und Dipl. Ing. Kovacevic Radovan.

Die Laboratoriumsuntersuchungen und die Forschungen verschiedener speziellen Probleme wurden in folgenden Gebieten und von den Herren ausgeluhrt:

Petrographie:—Kraeff, A. und Cvetevic, S. Neben der Gesteinsmikroskopie wurde auch eine Synthese der petrographischen Probleme ausgearbeitet.

Erzmikroskopie-Paragenesis: Vujanovic V.

Mikropalaonologie: Radoicic R. und Serdaroğlu, M.

Makropalaonologie: Karacabey, N. (Rudisten); Kalabis, V. (Echinodermata); Atilla, A. (Inocerame); Türkunal, M. (Ammoniten) und Tuzcu, S. (Korallen).

Silikat.—chemische Analysen: Buğday M.

Rontgen-Analysen: Vukasovic M.

DT-und DTG-Analysen: Hadzi- Popovic S.

## II. GEOGRAPHISCHE ÜBERSICHT DES KARTIERTEN GEBIETES

Das untersuchte Gebiet liegt im östlichsten Teil des Pontischen Gebirges.

In dieser Gegend sinkt das (südwestlich liegende) Kaçkar Dağ Gebirge von der Höhe 3977 m—denTiryal durchquerend—gegen Nordosten und geht mit Çoruh bei Borçka in das nordlich gelegene Gebirgsmassiv des Kleinen Kaukasus über.

Das kartierte Gebiet ist überwiegend ein schwer zugängliches Hochgebirgsland, dessen Hange steil zum, in der Mitte verlaufenden Canon des Flüsschens, Murgul Dere einfallen. Im Süden erreicht das Gebiet Hohen bis zu 1970 m. Am tiefsten— um 250 m ü. M. —sind die Bereiche am Murgul Dere im Nordosten des untersuchten Gebietes.

Das Gebiet befindet sich in einer Phase intensiver epirogenetischer Hebung. Eine starke Erosion (ein wildes Gebirgsrelief bildend) und die hoch gelegenen fluvialen Terrassenablagerungen (des Pleistozan-Holozan) am linken Ufer des Murgul Dere sudlich des Dorfes Murgul. Zur Zeit kann man hier fast keine frischen Flussablagerungen beobachten.

Das ganze kartierte Gebiet wird in den Murgul Dere entwässert. Dieser Fluss ist ein grosserer linker Nebenfluss des Çoruh, welcher in das Schwarze Meer mündet.

Hydrographisch ist die Landoberfläche stark zergliedert. Steile Nebenflüsse des Murgul Dere sind mit ihren engen Trögen bis unter die Hochgipfel des Berglandes tief eingeschnitten. Grossere Nebenflüsse des Murgul Dere sind: Satep Dere, Lebiskür Dere, Aduca Dere, Akarsen Dere und Başköy Dere.

Dem Niederschlagsreichtum entsprechend ist auch ein üppiges Pflanzenwachstum in diesem Gebiet vorhanden. Die obere Waldgrenze verläuft in ca. 1450 m Meereshöhe. Das Gebiet sudlich der Linie Bergwerk Murgul-Petek ist fast ganz von niedrigem Wald eines Schwarzmeer-Rhododendrons (*Rhododendron ponticum*) bewachsen. Dieser buschige Urwald ist oft ein unüberbrückbares Hindernis für die Geländearbeiten.

Auch die Tierwelt dieses Gebietes ist ziemlich interessant. Begegnungen mit Baren, Schakalen und Wolfen sind keine Seltenheit.

Einst fruchtbares Ackerland in der engeren Umgebung von Murgul ist heute von Abgasen der Schmelzhütte völlig vernichtet.

Der Mangel an Strassen und Wegen, sehr steiles Gelände, starke Überdeckungen mit Verwitterungsprodukten und dichtes Rhododendron-Gebüsch sind die grössten Hindernisse bei der Ausführung von Geländearbeiten im kartierten Gebiet.

### III. RESULTATE BISHERIGER GEOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Als klassisch geologisches Werk für die weitere Umgebung ist die Arbeit Margolius (1915) zu erwähnen, in dem die Lithologie und Stratigraphie des Gebietes erläutert worden sind. Eine ähnliche, Arbeit über die tektonische Gliederung des weiteren Gebietes hat Oswald (1912) durchgeführt.

Eingehend über die Geologie und die Vererzungsfragen bei Murgul hat Zimmer (1938) geschrieben. Basierend auf Daten alter Grubenbaue (ausgeführt in der Zeit 1900-1903 von der Caucasus Copper Corporation) hat er die Formen des Erzkörpers dargestellt und die Erzreserven, sowie Metallgehalte bewertet.

Kovenko (1941, 1942) hat sich vor allem mit den Fragen über die Wiedererschliessung alter, aufgegebener Bergwerke in der Murgul-Umgebung befasst und die Probleme weiterer Erkundungsarbeiten erörtert.

Wijkerslooth (1946) meinte, dass die meisten ost-pontischen Erzlagerstätten dem subvulkanischen Typus zugeordnet werden könnten. In der Lagerstätte Murgul konnte er drei Phasen von Vererzungen unterscheiden.

Kleinsorge (1946) hat sich intensiv mit Untersuchungen der Lithologie und dem tektonischen Bau des Murgul-Gebietes befasst. Nach der Erhaltungsstufe der Plagioklase und nach der sekundären, tektonisch bedingten Schieferung hat er ältere und jüngere Eruptivgesteine unterschieden.

Schneiderhohn (1955) hat die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Murgul erläutert und die Lagerstätte in die Gruppe der subvulkanischen Lagerstätten eingeordnet. Interessant sind die gegebenen Daten über die Cu-Verteilung in der Lagerstätte.

Kahrer (1958) hat die Resultate der petrographischen und erzmikroskopischen Untersuchungen gegeben. Er konnte Andesite, Agglomerate, Tuffe und Dacite feststellen.

Das Gebiet von Murgul wurde ab 1959 Gegenstand für die intensiv geologischen Untersuchungen. In dieser Zeit begann die Geologengruppe Barut, Kahrer, Klaey, Kraeff, Potter und Zankl mit geologischen Kartierungen M 1:42 000.- Das folgende Profil (von oben nach unten) wurde festgestellt: Sedimente des Alluvium-Pleistozan; jüngere Basalte und Andesite des Tertiär; tertiärer albitischer Tonalit, Granodiorit und Granit; Dacit III; Tuff-Serie; Kalkstein-Mergel-Serie; Hippuriten-Kalk; Spilit-Serie II; Dacit II, Dacit I und Spilit-Serie I. In der magmatischen Folge wurden vier Zyklen unterschieden. Die Vererzung befindet sich (nach der Meinung obengenannter Autoren) im Dacit I und ist hydrothermal entstanden. Sie hat eine Beziehung mit den sauren Magmen des zweiten magmatischen Zyklus. In tektonischer Hinsicht meinen die Autoren einstimmig, keine Spur von Faltungen zu beobachten. Bruchtektonik vorhanden. Kraeff (1963) hat in seiner Veröffentlichung die Teilberichte genannter Autoren zusammengestellt.

Hinsichtlich der Lagerstattengenese sind die Abhandlungen von Maucher und seiner Mitarbeitern Schultze-Westrum und Zankl (1962) interessant. Ihrerseits wird die Meinung vertreten, dass die meisten sulfidischen Lagerstätten der ostpontischen Erzprovinz mit den Muttergesteinen

syngenetisch, unter submarinen-exhalativen Bedingungen entstanden sind. Auch die Daten dieser Autoren über das breitere Gebiet von Tirebolu sind für die Vergleichung mit geologischen Daten der Umgebung von Murgul bedeutungsvoll.

#### IV. ZUSAMMENFASSUNG ÜBER DEN GEOLOGISCHEN AUFBAU DES KARTIERTEN GEBIETES

Das kartierte Gebiet ist vorwiegend von vulkanischen Gesteinen aufgebaut; Plutonite findet man im engeren Raum. Unter vulkanischen Gesteinen sind vor allem pyroklastische Gesteine (Agglomerate, vulkanische Breccien und Tuffe) verbreitet. Pyroklastiten entsprechende Vulkanite nehmen im Vergleich mit erstgenannten Gesteinen nur ca. 10 % der Flächen ein. Sedimentgesteine (Kalksteine und Mergel) kommen nur im Mittelteil der «geologischen Kolumne» vor.

Die Spilit-Keratophyr-Porphyr-Formation ist das älteste Glied. In seinem unteren Teil sind spilit-pelitische Tuffe vorhanden. Darauf folgen Quarzkeratophyrische Tuffe und vulkanische Breccien, mit Durchbrüchen von Vulkaniten gleicher Zusammensetzung. Bisher hat man diese Gesteine untere Spilit-Serie oder Spilit I genannt.

Als nächstes höheres Glied folgt ein grobkorniger Quarzporphyr-Tuff mit Einlagerungen vulkanischer Breccien und mit seltenen Quarzporphyr-Durchbrüchen. Diese Gesteine hat man bisher «erzführender Dacit» oder «Dacit I» genannt. Mancherorts ist im oberen Teil dieser Formation ein feinkorniger Quarzporphyr-Tuff mit laminarer Textur entwickelt. Das Alter dieser Formation wurde nach der Schichtenlage im Vergleich mit benachbarten Gebieten angenommen. Wir haben die Formation in den Jura und Unter-Kreide eingegliedert.

Auf die Quarzporphyr-Tuffe sind basaltische Agglomerate, vulkanische Breccien und Tuffe transgressiv abgelagert. Sie enthalten des öfteren Dacit-Fragmente und im unteren Teil auch Granodiorit-Gerolle. In diesen pyroklastischen Gesteinen kommen die obersenonische Mikrofauna enthaltenden Kalkstein-Blocke vor. — Aufwärts folgt das Horizont eines rötlichen mergeligen Kalksteins, in welchem auch eine obersenonische Mikrofauna enthalten ist. — Im Hangenden folgen albit-trachytische Agglomerate und Tuffe, die aber keine Dacitfragmente mehr enthalten. Diese Pyroklastite sind mit zahlreichen steilen Gängen und Lagergängen des Albit-Trachyt (Calcit-Adern und Konkretionen enthaltend) durchsetzt. Basaltische und trachytische Pyroklastite sind durchgreifend von Basalt- und Dacitgängen durchquert. Bisher wurden die beiden agglomerat-tuffischen Horizonte obere basische Serie oder Spilit II genannt.

Die trachytischen Gesteine sind vom Kalkstein überlagert, welcher Inoceramen Echiniden, Rudisten und Mikrofauna des Maastricht führt. Hier und da kommen laterale Verzahnungen des Kalksteins mit trachytischen Pyroklastiten vor. Über dem Kalkstein folgt ein Mergel, welcher in Kalkstein übergehen kann. Im unteren Teil der Mergelschichten findet man Einlagerungen dacitischer Agglomerate und Tuffe, im oberen Teil aber rhyolithische Agglomerate und Tuffe. Dacitischer Agglomerate im Mergel sind beim Durchbruch der grossen Dacitgänge durch die genannten basaltischen und trachytischen Agglomeratformationen entstanden. Diese Dacite wurden bisher «Dacit II» genannt. Das ist ein jüngerer Gestein als man bisher annahm; es entstand in der Zeit der Mergel-Sedimentation im Maastricht.

Im Hangenden des Mergels folgt eine mächtige Serie der hornblende-augit-andesitischen Tuffe und Agglomerate mit Mergel- und Tuffeintragerungen. Im unteren Teil dieser Serie kommen Rhyolith-Ergussgesteine vor. Die hornblende-augit-andesitischen Pyroklastite sind von Hornblende oder Augit führenden Andesiten und Hornblende-Augit-Andesiten, teils auch von Hornblende-

Daciten durchbrochen. In der Zeit der Dacitdurchbrüche sind wahrscheinlich auch die Mikrogranodiorit-Plutone entstanden. In betreffenden Pyroklastiten hat man etwas östlich des kartierten Gebietes Paleozan-Eozan-Mikrofauna gefunden. Diese Schichten liegen erosionsdiskordant auf dem Maastricht im Liegenden.

Als jüngste Vulkanite treten Basalte in fast allen bisher erwähnten Formationen auf. Sie sind wahrscheinlich im Pliozan entstanden.

Die vorkommenden Terrassen-Schotter und alluvialen Flussablagerungen können dem Pleistozan und Holozan zugerechnet werden.

Die vulkanischen Gesteine sind im kartierten Gebiet in drei magmatischen Zyklen entstanden. Jeder Zyklus beginnt mit basischen und endet mit sauren Differenziaten.

Dem ersten magmatischen Zyklus gehört die Spilit-Keratophyr-Porphyr-Formation.

Der zweite magmatische Zyklus beginnt mit basaltischen Pyroklastiten, geht über in trachytische Pyroklastiten und Vulkanite und endet mit Dacit und Rhyolit.

Der dritte magmatische Zyklus beginnt mit Hornblende-Augit-Pyroklastiten und -Vulkaniten und endet aber mit Hornblende-Dacit-Ausbrüchen und mit Granodiorit.

Für die vulkanischen Phasen im kartierten Gebiet ist eine «Verspatung» der sauren Differenziate in bezug auf vorgangige und nachfolgende magmatische Zyklen kennzeichnend. Im unteren Teil der basaltischen Agglomerate des zweiten Zyklus kommen auf diese Weise noch Dacitfragmente vor. Ähnlicherweise kann man Rhyolith-Ausbrüche und -Ergüsse der Endphase des zweiten magmatischen Zyklus im unteren Teil der Hornblende-Augit-Pyroklastite des dritten Zyklus feststellen. So bekommen wir am Anfang eines neuen und am Ende eines vorlaufenden Zyklus eine Mischung der extrem basischen und der stark sauren Differenziate.

Am Anfang des Vulkanismus sind die Produkte der Explosions-Phase (Agglomerate, vulkanische Breccien und Tuffe) vertreten; es folgen die Ausbrüche und Ergüsse der verwandten magmatischen Gesteine.

Das kartierte Gebiet gehört zur grossen geotektonischen Einheit—den Pontiden. Es ist durch Bruchtektonik gekennzeichnet. Weit (NO-SW und NW-SO) streichende fast seigere Frakturen sind häufiger als die N-S- oder O-W-streichenden Bruchlinien. Häufig sind die älteren Dislokationen durch mehrere jüngere Bewegungen erneuert worden, was richtungsmässig nur schwer rekonstruierbar. Sehr wahrscheinlich sind die Brüche mit der Streichrichtung NO-SW jünger als die NW-SO verlaufenden. Die Erdkruste in diesem Gebiet wurde durch die Brüche in zahlreiche Schollen, welche um verschiedene Beträge gegeneinander gehoben (gesenkt) wurden, zerrissen. Auch grössere und kleinere Synklinale und Antiklinale sind in diesem Gebiet entwickelt. In der Gegend von Murgul-Hopa ist eine grössere Synklinale in ein gewisses Synklinorium kleingefaltet worden. Die Faltenachsen verlaufen in NO-SW-Richtungen und tauchen gegen NO ab. Die Hauptfaltung fand in der Zeit vom oberen Senon (Danien) bis Paleozan statt.

Das weitere Gebiet um Murgul ist hinsichtlich der Schwefelkies-Kupferkies-Erzlagerstätten sehr aussichtsreich. Als Haupt-Erzminerale überwiegen Schwefelkies und Kupferkies. Untergeordnet kommen Fahlerz, Zinkblende, Bleiglanz, Magnetkies, Ankerit und Baryt vor. Auf Kupferkies findet man dünne Beläge von Kupferindig und Kupferglanz. Malachit und Azurit sind selten; etwas häufiger ist Kupfervitriol. Zwei Vererzungsformen kommen vor:

Entweder als Erzimpragnationen und -Gänge alten Störungen—oder als mehrere Hundert Meter (lange und mächtige) vererzte Zonen von (stark silifizierten) Gangsystemen und Impragnationen («Stockwerks»-Typus). Nur diese Vererzungsformen haben eine wirtschaftliche Bedeutung. Die erzführenden sekundär silifizierten Zonen haben eine konstante Streichrichtung NW-SO. Sie sind an alte Bruchlinien gebunden.

Schwefelkies kommt üblicherweise in Impragnationen oder als Derberz vor. Kupferkies wird vorwiegend in Gängen und «Stockwerk»-Formen gefunden (im oberen Teil der Lagerstätte Anayatak-Murgul bildet er aber auch massives Erz).

Die wichtigsten Erzlagerstätten des Gebietes sind subvulkanisch-hydrothermal entstanden. Ausser der hydrothermalen Vererzungsformen (Gänge, Stockwerke) sind noch kugelförmige Formen von Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz beobachtet worden, welche in Pyroklastiten eingebettet sind. Sie weisen womöglich daraufhin, dass die Vererzungen teilweise auch exhalativ-sedimentar abgelagert worden sind.

Die Erzbildung ging mindestens in vier genetischen Phasen vor sich. Die erste Phase konnte die exhalativ-sedimentäre sein. In der zweiten Phase kam es zur starken Silifizierung und Entstehung der langen silifizierten Zonen. Die dritte Phase brachte eine starke Pyritisierung, die wahrscheinlich mit weiterlaufender Silifizierung verbunden ist. Die vierte Erzbildungsphase teilt sich in mehrere «Unterphasen» auf. In der ersten wurden Zinkblende, Magnetkies und nur wenig Kupferkies ausgefällt. In der zweiten Subphase entstanden Fahlerz, Bleiglanz und die wirtschaftlich bedeutenden Mengen von Kupferkies. Ankerit und Baryt sind zuletzt entstanden. Der überwiegende Teil der Erze ist in Schichten des Jura-Kreide-Alters im Oberesenon ausgefällt worden und ist an saure Enddifferenziate des ersten magmatischen Zyklus genetisch gebunden. Die Erzvorkommen in Pyroklastiten des Paläozän-Eozän sind aber ein Produkt der postvulkanischen hydrothermalen Abfolge, die an Hornblende-Dacite der nächsten Umgebung gebunden sind.

Die bedeutendsten Erzbildungen sind an Tuffe des Quarzporphyrs gebunden. Schwache Vererzungen findet man aber auch in allen übrigen Gesteinen—vom jurassisch-kretazischen Spilit-Tuff bis (einschliesslich) zu den Pyroklastiten des Paläozän-Eozän.

## V. LITHOSTRATIGRAPHISCHE BESCHREIBUNG DER KARTIERTEN EINHEITEN

### Spilit—Quarzkeratophyr—Porphy—Formation

Klaey, 1960, Kraeff, 1963 und Zankl, 1967 haben alle grünlichen Gesteine im Liegenden der Quarzporphyr-Pyroklastite (bisher «erzführender Dacit» oder «Dacit I» genannt) in die untere Spilit-Serie (Spilit I) eingegliedert. Bei unserer Kartierung konnten wir feststellen, dass zwischen Spiliten und Quarzporphyr-Gesteinen noch ein mächtiges Paket von Quarzkeratophyrischen Gesteinen abgelagert sind. Diese Gesteine sind genetisch unserem ersten magmatischen Zyklus in eine einheitliche Formation des Jura-Unterkreide-Vulkanismus unterzuordnen.

### Spilit

Ausbisse der spilitischen Gesteine findet man bei Murgul Dere, zwischen Iskalka köprü und Murgani hevi und Budiyet Köprü-Satep Dere.<sup>1</sup>

Dunkelgrüne und grünlich graue Gesteinsfarben sind häufig. Es überwiegen pelitische Tuffe und teils vulkanische Breccien, dazwischen subvulkanische Lagerergüsse, und Durchbrüche der Spilit-Tuffe zeigen eine klare (teils gradierte) Schichtung.

Die Gesteine haben ein glasiges Gefüge. Die Struktur ist hypokristallin-porphyrisch, felsitisch oder intersertal. Die Textur ist massig. Im Gestein sind des öfteren blasenförmige Hohlräume, gefüllt mit sekundären Mineralen, wie Chlorit, Calcit, Quarz und Limonit, zu beobachten. Selten oder in

<sup>1</sup> Bei makroskopischen Bestimmungen der pyroklastischen Gesteine haben wir Wentworth und Williams (Billings, 1950) berücksichtigt.

untergeordneter Menge enthalten sie Phenokristalle. Der Hauptbestand ist Albit, manchmal in Form von Einzelkristallen oder Mikrolith-Geflechten, der Zwischenraum ist mit Chlorit und kryptokristallinen Quarz ausgefüllt. Auch kleine sekundäre Quarz- und Calcitgänge sind vorhanden. Als akzessorischer Gemengteil kommen Schwefelkies (oft limonitisiert) und sehr selten Titanit vor.

Die Mächtigkeit der Spilit-Formation ist im kartierten Gebiet nicht feststellbar; sie sollte mindestens 200 m betragen.

### **Keratophyr und Quarzkeratophyr und ihre Pyroklastite**

Diese Gesteinsschichten bedecken konkordant die beschriebenen Spilite. Sie nehmen einen viel grosseren Raum ein. Solche Gesteine kann man im südwestlichen Teil des kartierten Gebietes (Satep Dere, Kopitvan Dere und Iskalka Köprü) und im getrennten Raum des oberen Tales von Lebiskür Dere beobachten.

Makroskopisch sind diese Gesteine schwer von Spiliten zu unterscheiden. Sie sind heller (hellgrün, grau) und ihre Pyroklastite sind weniger klar geschichtet. Als das makroskopische Hauptmerkmal zeigen sich aber die relativ häufigen Quarzkörner in glasiger Grundmasse. Die einzelnen Quarzeinsprenglinge sind oft bipyramidal und über 0,5 cm gross.

Auch in dieser Gesteinsserie sind vor allem Tuffe mit seltenen Schichten vulkanischer Breccien entwickelt. Diese Breccien sind besonders am mittleren Murgul Dere und an einigen Stellen am Lebiskür Dere grobkörnig gebildet; sie liegen im oberen Teil der Schichtenfolge. Ähnliche Breccien wurden im kleineren Ausstrich auch am mittleren Aduca Dere beobachtet. Die Pyroklastite sind hier und da durch kleinere Keratophyr- oder Quarzkeratophyr-Ausbrüche durchdrangt worden.

Diese Gesteinsart hat folgende Bestandteile:

Phenokristalle sind mit Albit und seltener mit Quarz (manchmal bipyramidal) vertreten. Die Grundmasse besteht aus dem leistenförmigen felsitischen und mikrokristallinen Albit, aus mikrokristallinem Quarz und aus beträchtlichen Mengen Serizit und Chlorit. Als Akzessorien sind Apatit, Titanit und Schwefelkies vorhanden.

Albit ist selten frisch, meistens ist er verschieden umgewandelt (von leichter Kaolinisierung bis zur vollkommenen Serizitisierung, mit erhaltenen primären Konturen). In einzelnen Dünnschliffen hat man ebenfalls Oligoklas, sowie auch seltene kleine Körner (ohne Zwillingsformen) eines wahrscheinlichen K-Feldspates beobachtet. Die chemischen Teilanalysen haben die folgende Zusammensetzung ergeben:

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| SiO <sub>2</sub> ..... | 61,06- 68,6 % |
| Na <sub>2</sub> O..... | 3,78- 5,24 %  |
| K <sub>2</sub> O.....  | 0,39- 0,99 %  |

Auf Grund der stratigraphischen Korrelation der Spilit-Quarzkeratophyr-Formation mit entsprechenden Gesteinen, in den Nachbargebieten können diese Schichten in Jura-Unterkreide eingestuft werden. Schultze-Westrum und Zankl (1962) haben ähnliche Gesteine aus dem Flussgebiet Aksu und Harşit bei Espiye beschrieben. Wahrscheinlich hat man aber dort einen Teil der oberen Spilitserie falsch in die ältere Spilitserie eingegliedert. Auf diese Weise kam man zu einem breiten Altersintervall vom Oberjura bis Senon. Im benachbarten Armenien wurden ähnliche Gesteine beobachtet (Dzrbşjan, 1967) und in Obersenon eingegliedert (Magakjan, 1963).

Die Mächtigkeit der Keratophyr-Quarzkeratophyr-Schichten ist im kartierten Gebiet 200 bis 530 m. Wo die Quarzkeratophyr-Tuffe in ganzer Mächtigkeit überwiegen, und wo kein Horizont der vulkanischen Breccien im Hangenden eotwickelt ist, ist die Mächtigkeit am grossten, im Gegenfall aber bedeutend kleiner.

## Quarzporphyr und verwandte Pyroklastite

Diese Gesteine sind die sauersten Differenziate der Endphase des ersten magmatischen Zyklus im Jura-Unterkreide-Vulkanismus, welcher mit Spiliten begonnen hat und über Quarzkeratophyr mit Quarzporphyr endete.

Weil diese Formation erzführend ist, hat man sie bisher «Dacit I» oder «erzführender Dacit» genannt. Wir haben diese Gesteinsfolge aus zwei Gründen Quarzporphyr genannt: erstens, um sein höheres Alter zu betonen, und zweitens, weil im Gestein nur Quarzphenokristalle überwiegen, obgleich leider die vielleicht anwesenden Feldspate in unserem Gestein nicht bestimmbar sind.

Quarzporphyre erstrecken sich im weiten Gebiet von Şahin Kaya, Kilise Tepe, Lebiskür, Murgul Dere und Aduca Dere. Sie kommen auch in gehobenen Schollen von Anayatak und Çakmak-kaya vor. In der ganzen Mächtigkeit dieser Gesteinsfolge sind gut geschichtete und geschieferte Tuffe mit Einlagerungen vulkanischer Breccien gleichmassiger Zusammensetzung entwickelt (Abb. 1). Die Tuffe sind gewöhnlich sehr grobkornig. Nordlich des Aduca Dere enthalten sie eine mächtigere Lage eines pelitischen Tuffes. Des öfteren sind zwischen grobkornigen Tuffen charakteristische Linsen der weichen kaolinisierten Tuffe eingelagert. Nur an seltenen Stellen konnten wir in Tuffen Quarzporphyrausbrüche und -Deckengüsse (mit typischer fluidaler Textur) feststellen.

Quarzporphyr und verwandte Pyroklastite sind meistens hydrothermal umgewandelte Gesteine mit Farben hellgrün, graulichweiss bis weiss. Die porphyrische Struktur ist für diese Gesteine charakteristisch. Ihre Zusammensetzung ist einfach. Quarz ist sehr häufig vertreten. Im Gegensatz zu vorhergehend beschriebenen Gesteinsarten fehlen femische Mineralanteile. Unter automorphen Einsprenglingen ist nur Quarz erhalten geblieben. In vielen Proben sind noch Formen ehemaliger Feldspatkorner zu erkennen, die aber vollkommen in tonige Substanz und Serizit umgewandelt worden sind. Diese Tatsachen könnten bis zum gewissen Masse auf ehemaligen Bestand K- oder K- Na-führender Feldspate hinweisen. Vermutlich sind heutige Quarzporphyre einst primäre Rhyolite gewesen.

Die Grundmasse des Gesteins ist mikrokristallin (rekristallisiert) und besteht aus kornigem Quarzaggreat, welches wahrscheinlich durch Rekristallisation ursprünglicher glasiger Masse entstanden ist. Im Kornzwischenraum findet man immer Serizit und eisengefarbte tonige Substanz. Akzessorischer Schwefelkies ist immer anwesend, Zirkon ist aber selten.

Quarzporphyr-Gesteine sind im ganzen kartierten Gebiet stark umgewandelt — serizitisiert, kaolinisiert und silifiziert. Diese Umwandlung hat einen primären Charakter. Aus diesem Grund sind diese Erscheinungen nicht auf der Karte dargestellt, sondern nur die starken sekundären Umwandlungsbereiche. Die chemische Teilanalyse des Quarzporphyrs und Quarzporphyr-Tuffe ergab folgendes:

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub> ..... | 74,72-79,90% |
| Na <sub>2</sub> O..... | 0,22- 1,0 %  |
| K <sub>2</sub> O.....  | 1,96-2,60 %  |

Auch für diese Gesteine können wir kein genaues stratigraphisches Alter angeben. Die Gesteinsfolge liegt unmittelbar im Liegenden der Obersenon-Schichten, welche sie transgressiv überdecken. Im Vergleich mit Daten von Džrbsjan (1967) aus Armenien konnte man sie in Oberjura-Unterkreide einstufen. Die bisherigen Forscher des türkischen Schwarzmeer-Gebietes (Maucher, Schultze-Westrum, Zankl, 1962) hielten diese Gesteinsfolge für Senon, parallelisierten sie — unrichtig — mit (jüngeren) «Dacit II», der wirklich obersenonisch ist; das ist aber nicht der Fall mit den Quarzporphyr-Gesteinen (bisher wurden sie «Dacit I» genannt).

Die Gesteinsserie der Quarzporphyre ist 400 bis 550 m mächtig.

### Tuff mit Lamellentextur

Im Bereich der Bergwerke Anayatak und Çakmakkaya ist im Hangenden des beschriebenen Quarzporphyr-Tuffes ein Horizont eines feinkörnigen porphyrischen Tuffes mit typischer Lamellentextur abgelagert. Bisher hielt man dieses Gestein für Tuff, aber nur dort, wo es nicht vererzt ist. Dieser Tuff hat an manchen Stellen als StauhORIZONT für hydrothermale Lösungen gewirkt und kann als oberster Teil der Lagerstätten am stärksten vererzt sein.

Nordwestlich von Çakmakkaya (Katrovan Tepe) ist ein Profil sichtbar: ein graulich grüner grobkörniger Quarzporphyr-Tuff ist von einem violett grauen Tuff ähnlicher Zusammensetzung (mit Phenokristallen eines oft bipyramidalen Quarzes) überdeckt. In diesem Tuff sind ein bis drei Lagen eines roten Quarzites (rekristallisierter ehemaliger Hornstein) enthalten. Mit diesen Schichten ist die Folge der umgewandelten grobkörnigen Porphyrtuffe (mit grossen Quarzphenokristallen) beendet. Die Tuffe sind von einem 48 m mächtigen Horizont der graulich violetten bis rotlich typischen Lamellentuffe überdeckt. Im Gegensatz zum Liegenden sind in Lamellentuffen keine makroskopisch sichtbare Quarzeinsprenglinge zu finden (oder nur sehr selten). Auch in Lamellentuffen sind hier und da Lagen oder Brocken eines roten Quarzites eingeschlossen. In der Lagerstätte Anayatak haben die Lamellentuffe zusätzlich noch eine zerfetzte Textur.

Im Dünnschliff sind im Lamellentuff folgende Gemengteile sichtbar: rekristallisierter Quarz, kryptokristalliner Quarz (Chalzedon) und tonige Substanz. Ein schichtiges Abwechseln dieser Bestandteile führt im Gestein zur lamellaren Textur. Die Fragmente enthalten seltene Quarz- und Quarzporphyrkörner, sowie auch eisenhaltige Tonsubstanz.

Das Gestein kommt selten frisch vor. Sehr oft ist es silifiziert, obgleich wesentlich weniger als die Quarzporphyrtuffe im Liegenden, es ist aber viel stärker serizitisiert, kaolinisiert und karbonatisiert. In oberen Lagerstattenteilen von Anayatak und Çakmakkaya sind diese Tuffe in hohem Grade zu einer weissen bis weiss graulichen, weich knetbaren tonigen Masse umgewandelt. Nach Daten der Röntgen-, DT- und DG-Analysen besteht solches Gestein überwiegend aus Serizit und etwas Kaolinit.

Altersmassig gehört der Lamellentuff in die Endphase des ersten magmatischen Zyklus und kann in Oberjura-Unterkreide eingestuft werden.

### Basaltagglomerate

Auf beschriebenen Quarzporphyrtuffen und Lamellentuffen ist die Schichtenfolge des Obersenon transgressiv abgelagert. Im unteren Teil ist sie mit Basaltagglomeraten vertreten; es folgen vulkanische Breccien und Tuffe, im oberen Teil sind aber Albit-Trachyt-Pyroklastite entwickelt. Bisher hat man diese Gesteine in die «obere basische Serie» «oder Split II» eingegliedert. Mit dieser Gesteinsfolge beginnt ein neuer, «zweiter magmatischer Zyklus».

Basaltische Pyroklastite sind an beiden Seiten des Murgul Dere (südlich von Murgul) und NW von Damar Köy, sowie südlich von Kara Tepe aufgeschlossen.

Basaltagglomerate, vulkanische Breccien und Tuffe wechseln einander ab. Die Korndurchmesser der Pyroklastitfragmente sind stark variabel. Es kommen Blöcke bis zu 1 m<sup>3</sup> vor, am häufigsten sind aber Fragmente von 5-10 cm Durchmesser. Übergänge von Agglomerat (Abb. 2) über Agglomeratbreccien in echte vulkanische Breccien (Abb. 3) können beobachtet werden. In manchen Bereichen ist rhythmische Sedimentation sichtbar. Grosse Blöcke im Liegenden und eine immer feinere Körnung aufwärts sind dabei charakteristisch. Die Gradierung wurde von rhythmischen Vulkanausbrüchen (submarinen oder vom Fesfland) verursacht,

Die Agglomerate, vulkanische Breccien und Tuffe sind vorwiegend aus basaltischen Fragmenten und auch aus zahlreichen Fragmenten und Blocken eines rotlichen und grünlichen Dacites zusammengesetzt. Sie wurden wahrscheinlich zwischen unserem ersten und zweiten magmatischen Zyklus abgelagert. Die dacitischen Fragmente sind Bruchstücke eines älteren (schon vorher erhärteten) dacitischen Vulkanites; sie können keineswegs mit dem viel jüngeren «Dacit II» in Verbindung gebracht werden.

An zahlreichen Stellen findet man im Agglomerat und in vulkanischen Breccien gut abgerundete Gerolle eines älteren (wahrscheinlich paläozoischen) Granitporphyrs. Es kommen auch Fragmente und Blöcke eines rötlichen mergeliger Kalksteins vor.

Grauliche, grünlich bis violette Gesteinsfarben sind für die beschriebenen Pyroklastite charakteristisch. Meistens sind die Gesteine frisch; nur bei Sileh Kale (südlich von Murgul) und im Bereich des Bergwerks Anayatak sind sie silifiziert, serizitisiert und kaolinisiert.

Das Alter ist durch Mikrofossilien in Fragmenten und Blocken des mergeligen Kalksteins bewiesen. Sie enthalten ähnliche Globotruncanen des Oberen Senon (Maastricht), welche auch im Kalkstein, der über den Pyroklastiten liegt, enthalten sind. In ähnlichen Alters sind wahrscheinlich auch die spilitischen Agglomerate im Gebiet der Flüsse Aksu Dere und Harşit Dere bei Espiye. Auch diese Schichten enthalten Dacit- und Kalksteinfragmente; wahrscheinlich waren sie unrichtig in die «untere Spilit-Serie» eingegliedert (Schultze-Westrum, Zankl, 1962).

Die Erosionsdiskordanz zwischen den basaltischen Pyroklastiten und den darunter liegenden Quarzporphyr-Pyroklastiten ist mit dem Paläorelief klar geprägt. Südlich von Murgul und Petek fehlen die unteren Teile der basaltischen Agglomeratfolge; das Horizont wird dort sehr dünn.

Die Mächtigkeit der Basaltpyroklastite beträgt 30 bis 240 Meter.

### **Basalt**

Die beschriebenen basaltischen Pyroklastite sind von zahlreichen kleineren und größeren Basaltgängen durchbrochen. Grauliche bis grünliche Farben sind üblich. Petrographisch haben die Basalte und die Fragmente der basaltischen Pyroklastite eine ähnliche Zusammensetzung. Eine ophitische Struktur und eine amygdaloide Textur dieser Gesteine sind häufig. Die Amygdaloide sind mit Calcit gefüllt. Die Plagioklasphenokristalle sind meistens völlig in Calcit, Epidot und manchmal in Quarz umgewandelt. An nicht ganz umgewandelten Rändern einiger Plagioklaseinsprenglinge ist Labradorit nachgewiesen worden. Die femischen Gemengteile sind auch stark umgewandelt. Sie sind mit Chlorit, Serpentin und einer Menge undurchsichtiger Fe-Mineralen ersetzt. Sie bilden Ränder um ehemalige Kristalle, die wahrscheinlich Augit gewesen sind.

Die Grundmasse ist phenokristallin. Sie enthält beträchtliche Mengen von isotropen Stoffen, Glas und Fe-Mineralen. Die nadelförmigen Plagioklasmikrolithe sind ebenso wie Phenokristalle stark umgewandelt. Diese Mikrolithe sind jedenfalls saurer als Labradorit, obgleich sie nicht messbar sind. Akzessorisch kommt noch Apatit vor.

### **Rotliche Mergelkalke, Tuffite und Breccien**

Basaltische Pyroklastite sind vom Horizont eines rotlichen mergeligen Kalksteines, welcher mit Tuffiten und Breccien umwechelt, überdeckt (Abb. 4). Gewöhnlich überwiegen Tuffite, Breccien kommen nur untergeordnet vor. Die Ausbisse dieser Gesteine sind südlich und südöstlich von Murgul zu finden.

Der Kalkstein ist mergelig und mit dichter Struktur und rotlich. Die Breccie ist vorwiegend aus Kalksteinfragmenten im mergeligen Bindemittel zusammengesetzt. Der Tuffit besteht aus

Kristallen des Albites, Mikroperthites und Mikroklin (aus Plutoniten) und aus Gesteinsfragmenten des Basaltes und Albittrachytes. Die Bestandteile des Bindemittels sind Quarz, Calcit, sekundärer Serizit, Chlorit, Epidot und tonige Substanz.

Im Kalkstein wurde die folgende Globotruncanenfauna bestimmt:

- Globotruncana tricarinata* (Quereau)
- Globotruncana* gr. *linneiana* (d'Orbigny)
- Globotruncana* cf. *fornicata* Plummer
- Globotruncana* cf. *marginata* (Reuss)
- Globotruncana* cf. *stuarti* (de Lapparent) und
- Globotruncana* cf. *gagnebini* Tilev

Auch zahlreiche Calcitprismen des *Inoceramus* wurden im Kalkstein gefunden. Die Mehrzahl dieser Fauna ist für detaillierte Altersbestimmung nicht anwendbar. Der Fund von *Globotruncana* *gagnebini* erlaubt aber die Einstufung dieser Schichten in Maastricht.

Der Kalkstein-Tuffithorizont ist etwa 40 m mächtig.

#### Albit-trachytische Agglomerate und Tuffe mit Albittrachytgangen

Konkordant auf dem Kalkstein-tuffitischen Horizont liegt ein Schichtenpaket beträchtlicher Mächtigkeit, zusammengesetzt von Agglomeraten, vulkanischen Breccien und albittrachytischen Tuffen. In diesen Pyroklastiten sind keine Dacitfragmente mehr enthalten, wonach man sie von basaltischen Pyroklastiten schon makroskopisch unterscheiden kann. Die Gesteinsfarbe ist gewöhnlich violett, grau oder grünlich. Zwischen diesen Pyroklastiten kommen dünnere Lagen eines rotlichen mergeligen Kalksteins vor.

Trachytische Pyroklastite sind in manchen Bereichen von kleineren Gängen und Lavadecken eines violetten und grünen Albittrachytes durchbrochen. Diese Durchbrüche sind häufig, aber sehr klein und ohne begrenzbarer Formen. Deshalb sind sie auf der Karte nur in den Gebieten dargestellt, wo sie dichter vorkommen.

Albittrachyt hat ein typisches Amygdaloidgefüge. Zahlreiche Amygdaloide sind mit Calcit und seltener mit Zeolithen gefüllt. Ausserdem enthält das Gestein kleine Calcitgänge und Geoden mit Quarzkristallen (Abb. 5).

Albittrachyt hat eine porphyrische Struktur. Schon kristallisierte Phenokristalle verschiedener Grössen des Albites sind häufig, Oligoklas ist dagegen seltener. Kleine Kristalle ohne Zwillingsformen eines K-Feldspates (nach dem Brechungsindex wahrscheinlich Sanidin) kommen auch vor. Die trachytische Grundmasse ist mikrokristallin. Sie besteht überwiegend aus nadelförmigen Feldspatmikrolithen, welche zu einem trachytischen Gefüge orientiert sind. In der Grundmasse sind ausserdem eine eisenhaltige Tonsubstanz, Karbonate und sehr wenig Quarz enthalten. Die Zerfallsprodukte eines undurchsichtigen Fe-Minerales geben dem Gestein die violette Färbung. Apatit kommt akzessorisch vor.

In Kalksteinlagen in trachytischen Pyroklastiten findet man eine reichhaltige Globotruncanenfauna, *Inoceramus*-Bruchstücke und Fragmente der Rudisten und Echiniden. Auch die trachytischen Pyroklastite gehören also zum Maastricht.

Die Mächtigkeit der trachytischen Pyroklastite beträgt ca. 350 Meter.

### Inoceramusführende graue und rötliche Kalksteine

Südöstlich von Murgul, bei Petek, Özmalı und Başköy streichen graue und rotliche Kalksteine des oberen Senon aus. Meistens überdecken diese Schichten die beschriebenen trachytischen Pyroklastite.

Südwestlich von Murgul aber sind diese Kalksteine mit Albitrachytischeh Pyroklastiten verzahnt und von dort weiter gegen Süden sind diese Pyroklastite von Kalksteinen lateral vollig ersetzt. Deshaib liegen diese Kalksteine in dem Gebiet direkt auf dem Basaltagglomerat.

Die Kalksteine sind gewöhnlich mergelig und gehen manchmal in richtige Mergel über. Oberwiegend ist der Kalkstein braunlich grau, nur die Lagen, die direkt auf Pyroklastiten liegen, sind rotlich. Das Gestein ist dickschichtig bis massig.

Im Verzahnungsbereich der Kalksteine mit trachytischen Pyroklastiten sind am Kontakt Kalksteinbreccien entwickelt. Das Gestein ist von Bruchstücken und Blocken eines hellgrauen kor-nigen Kalksteins zusammengesetzt, mit braunlichem Mergel als Bindemittel. Südwestlich von Murgul ist diese Breccie in einem Steinbruch gebrochen worden.

Im grauen Kalkstein ist folgende fossile Fauna gefunden worden:

*Inoceramus* cf. *balticus* Böhm,  
*Cardiaster* cf. *jugatus* Schlüter, und  
*Pseudokosmaticeras* cf. *aturicus* Seunes.

Globotruncanen sind in diesem Kalkstein selten oder fehlen ganz. Der rötliche Kalkstein enthält einzelne Inoceramen. Sehr häufig sind aber folgende Globotruncanen;

*Globotruncana tricarinata* (Quereau),  
*Globotruncana conica* White,  
*Globotruncana stuarti* (de Lapparent)  
*Globotruncana marginata* (Reuss)  
*Globotruncana* cf. *fornicata* (Plummer)  
*Globotruncana* cf. *area* Cushman und  
*Globotruncana linneiana* d'Orbigny

Ausserdem sind im Kalkstein noch *Pithonella ovalis* (Kaufmann) und zahlreiche Globigerinen bestimmt worden.

Im erwähnten Steinbruch Südwestlich von Murgul wurde in der Kalksteinbreccie eine reich-haltige Makro- und Mikrofauna gefunden. Unter Rudisten wurde *Hippuritella cornucopiae* Defrance bestimmt. Besonders zahlreich sind Echiniden vertreten:

*Echinocorys ovatus* Leske  
*Echinocorys conicus* Agassiz  
*Echinocorys edhemi* Böhm  
*Echinocorys* cf. *jaekeli* var. *baltica* Nietsch  
*Echinocorys* sp.  
*Stegaster* (*Seunaster*) *lamberti* Charles und  
*Micraster* (*Isomicraster*) cf. *stolleyi* Lambert

Von dieser Stelle wurde auch die Koralle *Actinacis* cf. *haueri* bestimmt.

Im Detritus, mit welchem der erwähnte Rudist ausgefüllt war, wurde folgende fossile Mik-rofauna bestimmt;

*Siderolites calcitropoides* (Lamarck)  
*Lepidorbitoides socialis* (Leym.)  
*Omphalocyclus macroporus* (Lamarck) und  
*Orbitaides* sp.

Gleiche Mikrofossilarten wurden in Gemeinschaft mit Globotruncanen im Kalkstein gefunden, der in Inoceramusführende Kalksteine in Richtung Süden übergeht.

Es ist damit bewiesen, dass die Inoceramusführenden Kalksteine und die Kalksteine mit Rudisten und Echiniden zum gleichen stratigraphischen Niveau gehören; es handelt sich nur um lithologische Varianten, welche lateral die trachytischen Pyroklastite ersetzen. Die Mehrzahl der Makro- und Mikrofossilien beweist, dass diese Gesteine dem Maastricht eingestuft werden müssen und nicht dem Turon und Unter-Campan, wie sie bisher (Kraeff, 1963) eingegliedert wurden.

Die Mächtigkeit der Kalksteinschichten, welche lateral die trachytischen Pyroklastite ersetzen, beträgt ca. 230 m, dagegen erreichen die rotlichen und grauen Kalksteine im Hangenden der trachytischen Pyroklastite nur 10 bis 60 m Mächtigkeit.

### **Braunlich grauer Mergel**

Die Inoceramenführenden Kalksteine sind im Gebiet zwischen Murgul und Petek, sowie bei Özmalı und Başköy von einem braunlich grauen Mergel überdeckt.

Das Gestein ist meist massig, teils aber geschichtet. Die Absonderungsflächen sind muschelrig und kugelig. An manchen Stellen ist der Mergel stark tonig, an anderen geht er wieder in Kalkstein über. Im Mergel sind Kalksteinlinsen häufig. Südlich von Başköy und bei Özmalı ist der Inoceramus führende Kalkstein vom beschriebenen Mergel ersetzt.

An Stellen, wo der Mergel in Kalkstein übergeht, wurden Inoceramen gefunden. In einer Kalksteinlinse im obersten Teil der Mergelschichten NW von Murgul wurden folgende Globotruncanen gefunden:

*Globotruncana* cf. *stuarti* (de Lapparent)  
*Globotruncana* cf. *fornicata* Plummer  
*Globotruncana* gr. *linneiana-tricarinata*  
 und zahlreiche Globigerinen

Dieser Mergelhorizont gehört dem obersten Teil des Maastrichtes.  
 Die Mächtigkeit der Mergelschichten beträgt 100 bis 200 Meter.

### **Roter und grüner Dacit**

In den Gebieten von Anayatak, Çakmakkaya, Kara Tepe, Tiinel Tepe, Svindargül Kaya, Sileh Kale und Mo9vena kommt roter und grüner Dacit vor. Von bisherigen Autoren wurde das Gestein «Sileh-Dacit» (Klaey, 1959) der «Albitdacit II» (Kraeff, 1963) genannt.

Der Dacit kommt in grosseren Gangen, Stocken und nadelförmigen Körpern, sowie in Pseudodecken vor.

Der grösste Teil des Dacites bei Kara Tepe ist rot, obgleich auch grüne Gesteinsfarben in der gleichen Masse vorkommen. An anderen Lokalitäten ist er grünlich. Typisch ist die Säulenabsonderung des Gesteines. Grüne Basalteinschlüsse im Dacit sind häufig.

Grosse Plagioklasporphyroblasten in diesem Dacit sind charakteristisch. Die Struktur ist holokristallin und hypokristallin-porphyrisch. Das Gestein hat die folgende Zusammensetzung:

Porphyroblaste des Plagioklases (Albit-Oligoklas-Andesin), Quarz und Amphibol. Die Feldspate sind meistens umgewandelt und mit Kaolinit, Serizit und Calcit ersetzt. Quarz kommt in grossen unregelmässigen Kornformen vor, die von der Grundmasse korrodiert sind. Amphibol ist durch kleine Phenokristalle, teils durch unregelmässige Kornformen vertreten; oft sind nur ihre Kornumrisse erhalten geblieben, der Rauminhalt ist aber mit Chlorit und teils mit Calcit ersetzt.

Die Grundmasse im Dacit ist mikro- und kryptokristallin. Ihr Hauptbestandteil ist mikro- und kryptokristalliner Quarz, gemischt mit glasigen Anteilen, Serizit und einer Fe-haltigen Tonsubstanz. Akzessorisch kommen Apatit, Zirkon und Erzminerale vor.

Eine chemische Vollanalyse des grünen Dacites südlich von Anayatak ergab folgende Daten:

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 65,60 % |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,35    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14,62   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,31    |
| FeO                            | 2,94    |
| MnO                            | 0,15    |
| CO <sub>2</sub>                | 2,10    |
| CaO                            | 2,86    |
| MgO                            | 0,44    |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,87    |
| K <sub>2</sub> O               | 2,30    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,19    |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 2,13    |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,23    |

Dacitdurchbrüche wurden in alten Quarzporphyrtuffen, in Agglomeraten des oberen Senon, in trachytischen Pyroklastiten, in Kalksteinen und im Mergel beobachtet.

Von Dacit durchsetzt sind auch die Erzkörper in Anayatak und Çakmakkaya, wo er Pseudodecken bildet. Im südwestlichen Teil des Anayatak wurde im Erzkörper eine grossere Dacitapophyse beobachtet. Eine ähnliche Dacitapophyse wurde auch bei Aufschlussarbeiten in der neuen Lagerstätte Çakmakkaya erschlossen. Bei Sileh Kale (Abb. 6) und auf Svindargül Kaya wurden dacitische Lagergänge zwischen obersenonischen Basaltagglomeraten festgestellt. Am Kontakt des Agglomerates ist auf dem Dacit eine dünne rötliche, glasige Kruste sichtbar (Abb. 7). Am Mo9vena und NO davon ist von Dacit auch der Inoceramusführende Kalkstein durchbrochen.

Diese Daciteruptionen fanden Ende Senon, bzw. im oberen Maastricht statt. Keinesfalls ist dieser Dacit älter als das senonische Basaltagglomerat, wie das alle bisherigen Forscher vermuteten. Die Dacitausbrüche wurden mit Ausbrüchen der alten porphyrischen Gesteine (bisheriger «Dacit I») in Verbindung gebracht. Wir haben schon erwähnt, dass die Dacitfragmente im Basaltagglomerat nichts gemeinsames mit den beschriebenen Daciten haben. Sie gehören einem älteren Dacit eines früheren magmatischen Zyklus, welcher wahrscheinlich in die Kontinentalphase zwischen unterer Kreide und oberem Senon aktiv war. Dieser Dacit ist auch später als die Haupterzausscheidung in Anayatak und Çakmakkaya entstanden, wie das schon Maucher (1962) richtig erkannte. Die Dacitapophysen in Erzkörpern, sowie auch die Dacithauptmasse sind an Kontakten mit diesen Körpern nicht silifiziert und vererzt, obgleich das Geslein, in welchem das Erz enthalten ist, vollkommen in echtem Quarz umgewandelt worden ist. Dacit ist hier zwischen harten Erzkörpern und weicherem Nebengestein durchgedrungen und hat zwischen oberen Teilen der Erzkörper und ihrem Hangenden Pseudodecken gebildet, welche nichts gemeinsames mit Lavaergussdecken haben.

Durch hydrothermale Lösungen, welche den Dacitausbrüchen folgten, wurden die Basaltagglomerate bei Sileh Kale und Svindargül Kaya teilweise silifiziert, kaolinisiert und serizitisiert. Mit diesem Dacit steht wahrscheinlich das kleine Kupferkies-Schwefelkies Vorkommen bei Sileh Kale in Verbindung.

### Dacitagglomerate und Tuffe

Pyroklastite des beschriebenen Dacites, vertreten mit Agglomeraten und Tuffen, sind im Hangenden der Trachyt-Pyroklastite, bzw. im Liegenden des Inoceramusführenden Kalksteins NO von Murgul und N von Mo9vena beobachtet worden. Ein höheres Horizont des Dacitagglomerates und Tuffes kommt in Zwischenlagen im unteren Teil des Maastricht-Mergels NW von Murgul vor.

Das Dacitagglomerat ist lateral mit dem Mergel verzahnt; oft ist Mergel im Bindemittel vertreten. In diesem Agglomerat findet man auch Dacitfragmente, welche viel Schwefelkies enthalten.

### Diabas

Südlich von Petek sind die älteren Quarzporphyr- und die jüngeren Basalt-Pyroklastite von einem Diabasstock durchdrungen. Lagergänge des Diabases wurden NW von (Çakmakaya) beobachtet.

Der Diabas ist ein kompaktes Gestein, grün bis schwarz in Farbe, mit aphanitischem (glasigem) Gefüge. Eine ophitische und intersertale, seltener eine diabasisch-kornige Struktur sind kennzeichnend. Das Gestein ist von platten- und leistenförmigen Plagioklaskristallen, die fast völlig umgewandelt und von Calcit, Serizit und seltener Epidot ersetzt sind, zusammengesetzt. Nach dem Brechungsindex ist wahrscheinlich Albit, bzw. albitisierter basischer Plagioklas vertreten. Die Plagioklase sind verschiedenartig untereinander verflochten. Die Zwischenräume sind von sekundären Mineralen Chlorit, Calcit, Quarz, seltener mit Epidot und Serizit gefüllt. Akzessorisch kommen Titanit und Erzminerale vor.

Die Diabasdurchbrüche haben wahrscheinlich auch das Maastricht-Alter. Sie durchdringen nämlich die ganze bisher beschriebene Schichtenfolge, in höher liegenden alttertiären Schichten wurden sie aber nicht mehr gefunden.

### Rhyolithischer Tuff und Agglomerat

Nordwestlich von Murgul kommen im Maastrichtmergel die Zwischenlagen eines graulich grünlichen und violetten Rhyolithuffes und Agglomerates vor.

Der Tuff ist feinkörnig, mit typischer Lamellentextur, oft schwach silifiziert. Im Tuff treten rotliche Hornsteinlinsen auf. Das Agglomerat besteht aus kleineren Rhyolithfragmenten; Dacitfragmente sind seltener.

Der rhyolithische Tuff und das Agglomerat sind im Mergel etwas höher als das dacitische Agglomerat abgelagert. Der Trachyt und dessen Pyroklastite sind das sauerste Enddifferenziat des zweiten magmatischen Zyklus, welcher damit beendet wurde. Die Rhyolithausbrüche und die Ablagerung ihrer Pyroklastite hatten den Anfang im oberen Maastricht. Sie wurden am Anfang der Entstehung der Hornblende-Augit-andesitischen Pyroklastite des Paläozän-Eozän beendet. Die Durchbrüche und Ergüsse des Albit-Rhyolithes kommen nämlich noch im unteren Teil dieser pyroklastischen Serie des Paläozän-Eozän vor. Somit überdeckt sich die vulkanische Tätigkeit des noch andauernden zweiten magmatischen Zyklus, welcher seine sauersten Enddifferenziate abschied, mit dem Vulkanismus des dritten magmatischen Zyklus, welcher mit basischeren Differenziaten am Anfang ist.

## Albit-Rhyolith

Am Şahin Kaya und nordlich von Petek sind grössere Gangstöcke und Lagergänge eines Albit-Rhyolithes enthüllt. Dieses Gestein ist rotlich bis violett, es hat eine typische Bandertextur und eine hypokristalline porphyrische Struktur. Unter Phenokristallen treten kleine und seltene Quarzkörner, Albit, und seltene kleine Sanidinkörner auf. Die femischen Einsprenglinge sind seltener; sie sind völlig umgewandelt und mit Chlorit ersetzt, nur ihre Konturen (mit Fe-Mineralen am Rand) sind erkennbar; wahrscheinlich war Biotit auch anwesend.

Die Grundmasse besteht hauptsächlich aus dem kryptokristallinen Quarz, und sie ist mit häufigem undurchsichtigen Fe-Mineral (Hamatit ?) vermischt, der das Gestein violett färbt. Auch dieses Gestein enthält amygdaloide Hohlräume, welche mit Calcit, seltener mit Chlorit und am Rande mit einem Fe-Mineral gefüllt sind. In der Grundmasse sind auch Calzedon-Sphärolithe anwesend. Als akzessorische Bestandteile kommen Apatit und viele Erzminerale vor.

**Die Vollanalyse des Albit-Rhyolithes von Şahin Kaya hat folgende Daten geliefert:**

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub> .....               | 69,40% |
| TiO <sub>2</sub> .....               | 0,41   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 13,26  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 4,45   |
| FeO .....                            | 1,68   |
| MnO .....                            | 0,21   |
| CO <sub>2</sub> .....                | 0,55   |
| CaO .....                            | 1,46   |
| MgO .....                            | 0,36   |
| Na <sub>2</sub> O .....              | 5,60   |
| K <sub>2</sub> O .....               | 0,39   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....  | 0,10   |
| H <sub>2</sub> O— .....              | 2,00   |
| H <sub>2</sub> O+ .....              | 0,23   |

## Hornblende-Augit-Andesitagglomerat, Tuff, Tuffit und Mergel

Nordlich von Murgul und Petek, sowie östlich von Başköy liegen grosse Gebiete, die von Pyroklastiten des Hornblende-Augit-Andesites aufgebaut sind.

Diese Gesteine liegen transgressiv auf dem Mergel oder Kalksteinen des Maastricht. Die Erosionsdiskordanz ist am Palaorelief der älteren Schichten und an der klaren Winkeldiskordanz erkennbar. Südwestlich von Murgul liegen diese Hornblende-Andesit-Pyroklastite des Paläozoan-Eozan in Form eines Erosionsrestes unmittelbar auf albit-trachytischen Agglomeraten. Südwestlich von Petek sind von diesen Pyroklastiten sogar alte Quarzporphyrtuffe transgressiv überdeckt. In manchen Bereichen scheint es aber, dass der Maastrichtmergel aufwärts in hornblende-andesitische Pyroklastite übergeht.

Für Pyroklastite des Paläozoan-Eozan ist die plotzliche Erscheinung riesiger Mengen der Hornblende und des Augites charakteristisch. In diesen Pyroklastiten überwiegen feinkörnige Tuffe, in welchen eine Wechselfolge von Schichten mit mehr oder weniger femischen Mineralen vorkommt. Eine Bänderung von hellgrauen und braunlichen und auch mit dunklen braunen und

grünlichen Lagen kommt dabei zum Ausdruck. Das Agglomerat und die vulkanischen Breccien bestehen aus 5 bis 10 cm grossen Bruchstücken eines dunklen Hornblende-Augit-Andesites. In mehr oder minder mächtigen Zwischenlagen in Tuffen und Agglomeraten kommt ein braunlich grauer Mergel vor, der sehr ähnlich dem darunter liegenden Mergel des oberen Maastricht ist. Auch Tuffitlagen sind nicht selten.

In Tuffen kann man an mehreren Stellen Sedimentationsfalten, die ein Produkt subaquatischer Gleitungen sind, beobachten (Abb. 8). Diese Falten erreichen Grossen von einigen Dezimetern, manchmal aber auch bis zu einigen Metern. Aus der Umgebung von Murgul hatte schon Maucher (1959) solche Sedimentationsstrukturen erwähnt. Öfters kann man Beispiele sehen, wo ein Horizont dicht «gefaltet» ist, wogegen die Schichten im direkten Liegenden und Hangenden gar keine Faltungsstrukturen aufweisen.

In der Serie der Hornblende-Augitandesitischen Pyroklastite sind im kartierten Gebiet keine Fossilien gefunden worden. Von der östlichen Verlängerung der gleichen Schichten über Borçka nach Kuarshan hat aber Kovenko (1942) über Funde von kleinen Nummuliten, Assilinen und *Miscelanea miscella* (d'Arch.) berichtet. Auf dieser Grundlage werden die gleichen Gesteine im Gebiet von Murgul in das Palaozan-Eozan eingestuft. Es ist aber durchaus möglich, dass der untere Teil dieser Schichtenfolge noch zum Maastricht gehört.

Im kartierten Gebiet erreichen die beschriebenen Pyroklastite die Mächtigkeit von ca. 600 Meter. Deren gesamte Mächtigkeit reicht aber wahrscheinlich etwas über 1000 Meter.

#### Hornblende- und Hornblende-Augitandesit

Die oben beschriebenen Pyroklastite des Palaozan-Eozan sind von grosseren und kleineren Gängen der verwandten Eruptivgesteine, dem Hornblende-Andesit und Hornblende-Augitandesit, durchdrungen.

Das sind graue bis dunkelgrüne Gesteine, die sehr reich an femischen Mineralen sind. Eine typische porphyrische Struktur, mit Phenokristallen der Hornblende und Augites (auch über 0,5 cm gross), ist sichtbar. Als Hauptbestandteile kommen Plagioklase, Amphibole, seltener Augit vor. Unter meist frischen Plagioklasen überwiegen Ardesin und Labradorit. Das femische Hauptmineral ist Hornblende. Sie erscheint in grossen Einsprenglingen, aber auch in kleinen Kristallen, in Mikrolithe übergehend. Auch Hornblende ist meistens frisch erhalten; nur selten ist sie von Chlorit, Calcit und Epidot ersetzt. Pyroxene sind seltener; sie kommen frisch vor und sind vom Augit vertreten. In manchen Gesteinsproben sind Pyroxene etwas häufiger, wie unter Phenokristallen, so auch in der Grundmasse. Nur solche Gesteinsvarietäten haben wir Hornblende-Augitandesit benannt.

Die Grundmasse des Gesteins ist mikrokristallin, mit mehr oder weniger Mikrolithen, bestehend aus Plagioklas, Amphibol und seltener Augit. Akzessorische Minerale sind Apatit und ein Fe-Mineral. Sekundär sind Chlorit, Calcit, Serizit und Kaolin vorhanden.

#### Hornblende-Dacit

Nordöstlich von Başköy sind die Hornblende-andesitischen Pyroklastite von einem Dacitgangstock durchbrochen. Ähnliche Dacite wurden aus dem benachbarten Gebiet auch von Kahrer (1961) und Kraeff (1963) erwähnt.

Das Gestein ist grünlich grau gefärbt und hat eine porphyrische Struktur. Die Plagioklaseinsprenglinge (Oligoklas-Andesin) sind teilweise in Kaolin und Calcit umgewandelt. Das femische Mineral Amphibol ist völlig zersetzt; seine Formen sind mit Chlorit und Calcit gefüllt und mit einem

undurchsichtigen Fe-Mineral umrandet. Quarz kommt in unregelmässigen, von der Grundmasse korrodierten Kornformen vor und ist mit sekundären Mineralen Chlorit, Calcit und der Tonsubstanz vermischt. Unter Akzessorien sind Zirkon und Erzminerale vertreten.

### Mikrogranodiorit

Südlich von Satep Dere und bei Iskalka Köprü ist ein kleiner Gangstock' eines Mikrogranodiorites in alten Quarzkeratophyrtuffen aufgeschlossen.

Das Gestein ist graulich-grün, mit einer feinkörnigen Struktur. Es ist aus grösseren Körnern und Kristallen des Quarzes, der Plagioklase (Oligoklas-Andesin) und etwas K-Feldspat zusammengesetzt. Die Plagioklase sind meistens umgewandelt und vom Zoisit, Epidot, Chlorit und Serizit ersetzt. Akzessorisch kommen Titanit (mit Übergängen in Leukoxen) und seltener Zirkon vor.

Hornblende-Dazit und Mikrogranodiorit sind sauerste Endprodukte des dritten magmatischen Zyklus, der wahrscheinlich im Eozän beendet war. Am Kokoletsu Dere (etwas östlicher vom kartierten Gebiet) steckt ein Granodioritgangstock auch in jüngeren Schichten des Maastricht. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind die Mikrogranodiorite und Hornblende-Dazite etwa zu gleicher Zeit entstanden. In Verbindung mit diesen sauren Produkten ist die Entstehung der Kupfervererzung in jüngeren hornblende-andesitischen Pyroklastiten nördlich von Başköy.

### Augit-Basalt

Alle bisher beschriebenen Gesteine sind von zahlreichen Gängen, Gangstöcken und Lagergängen eines Augit-Basaltes durchsetzt. Das ist ein sehr festes und dichtes Gestein, grau, grün bis schwarz gefärbt und glasig.

Das Gestein ist sehr reich an eisen- und magnesiumhaltigen Mineralbestandteilen. Vor allem ist Augit vertreten. Die rhombischen Pyroxene sind seltener und kommen in grossen, regelmässigen, frischen Kristallformen vor. In einigen Proben wurden kleine Körner eines Fe-Mg-Minerales gefunden, der völlig mit Serpentin und Chlorit ersetzt ist; wahrscheinlich ist es Olivin gewesen. Andere Phenokristalle der Hauptmineralbestandteile sind Plagioklase (Labradorit); meistens sind sie stark zersetzt und nur noch an Rändern erkennbar. Die Plagioklase sind seltener als die Pyroxene.

Die Grundmasse des Gesteins ist hypokristallin und mikrokristallin. Sie ist aus zahlreichen winzigen, plattenförmigen Plagioklaskristallen, kleinen Augitkörnern, einer isotropen Fe-haltigen Substanz und aus sekundären Produkten, wie Calcit, Chlorit, Serpentin und seltener Zeolit zusammengesetzt. Als Akzessorien sind mehrere Fe-Mineralien (Magnetit ?) vertreten.

Eine Vollanalyse des Augit-Basaltes aus dem Lagergang bei Lebiskür Dere (NW von Çakkakkaya) hat folgende Daten ergeben:

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub> .....               | 47,42 % |
| TiO <sub>2</sub> .....               | 0,68    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 17,88   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 4,14    |
| FeO .....                            | 4,90    |
| MnO .....                            | 0,20    |
| CO <sub>2</sub> .....                | 5,16    |
| CaO .....                            | 9,84    |
| MgO .....                            | 2,84    |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| K <sub>2</sub> O.....               | 0,96 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... | 0,36 |
| H <sub>2</sub> O +.....             | 2,31 |
| H <sub>2</sub> O-.....              | 0,25 |

Zum Unterschied mit obersenonischen Basalten, welche die Basaltagglomerate durchdringen, enthalten jüngere Augit-Basalte erheblich weniger Quarz.

Die Augit-Basalte sind ein Produkt der letzten vulkanischen Tätigkeit im Schwarzmeer-Gebiet. Ihr Alter konnten wir nicht feststellen; sie sind in der Zeit vom Eozän bis Pliozän entstanden. Mehr oder weniger kam es zu Basalergüssen entlang der Bruchlinien. Manchmal sind aber zwischen älteren Gesteinsschichten basaltische Lagergänge gebildet worden, die auf einer Länge von mehreren Kilometern verfolgt werden können. Die Mächtigkeit solcher Lagergänge beträgt nur einige Meter.

### **Terrassenschotter**

Terrassenförmige Aufschüttungen fluvialer Schotter wurden nur an manchen Stellen am Murgul Dere und Başköy Dere festgestellt. Besonders interessant ist der Rest einer fluvialen Schotterterrasse an der linken Seite des Murgul Dere südlich von Murgul. Sie ist aus Schotter und Blocken eines Mikrogranites aufgeschüttet und liegt heute mehr als 100 Meter über dem Murgul Dere.

### **Alluvium**

Alluviale Ablagerungen sind nur in kleineren Bereichen entlang der Flüsse Murgul und Başköy Dere beobachtet worden. Flussschotter, vermischt mit Lehm, abgewaschen von den Hängen, ist in diesem Sediment überwiegend.

### **Diluvium**

Viele Teile des kartierten Gebietes sind von einer mächtigen Schicht Diluviums bedeckt. Die Verwitterungsprodukte, wie Lehm, vermischt mit Fragmenten der Muttergesteine, bilden seine Zusammensetzung.

Das Diluvium bewegt sich wegen Solifluktion immer tiefer von den Hängen abwärts. Solche Fließböden können sich an manchen Stellen bis 10-30 m Mächtigkeit anhäufen. Besonders mächtig ist ein solches Diluvium NW von Çakmakkaya und zwischen Damar Köy und Murgul. Für diese Gegenden ist deshalb jede genauere Interpretierung der Primären Schichten unmöglich.

Die Diluvialdecken in der Umgebung von Murgul werden heutzutage von der Erosion sehr schnell abgetragen, weil die Abgase der Schmelzanlagen die Vegetation vernichten, womit der Boden stark entblößt wird (Abb. 9).

### **Gehangeschutt**

Steile Hänge südlich von Murgul Dere und Lebiskür Dere sind an manchen Stellen von grösseren Massen des Gehangeschutts bedeckt. Unter Fragmenten sind im Gestein meistens Dazit und Basalt vertreten. An der Strasse von Murgul nach Damar Köy sind die Hänge mit basaltischem Schutt «in situ» bedeckt.

## **VI. TEKTONİK**

Das kartierte Gebiet gehört zur grossen tektonischen Einheit zu den Pontiden (Gattinger, 1962), für welche ein durch Bruchtektonik verursachter Schollenaufbau typisch ist (Oswald, 1912 und Kraeff, 1963).

Die hauptsächlichen Richtungen langer Störungslinien sind NNO-SSW und NW-SO. Die Störungen in Richtung N-S und O-W sind erheblich seltener und sind von kleiner Bedeutung. Die Bruchflächen sind meistens sehr steil bis subvertikal. Das Alter der Störungen ist schwer festzustellen, weil alte Brüche immer wieder erneut aufgerissen wurden und gleichzeitig neue Bruchzonen dazutraten, wobei die alten oft verwischt wurden. Es ist wahrscheinlich, dass die Bruchzonen in Richtung NNO-SSW die jüngsten sind; an diese Bruchlinien sind die larigen, dürinen Gänge der jungtertiären Augit-Basalte gebunden, was besonders schön im Gebiet nördlich von Başköy Dere sichtbar sind. In etwa gleicher Richtung verliefen aber die Bruchzonen auch schon in der Unterkreide. An diese Brüche sind wahrscheinlich die grossen Ausbrüche des roten und grünen Dacites in der Linie Kara Tepe-Tunel Tepe-Moçvena-Kokoletsu Dere gebunden. Im Bereich der Erzlagerstätte Anayatak scheinen die Bruchrichtungen NW-SO die jüngsten zu sein, weil die sonst als jünger gedeuteten Brüche in Richtung NNO-SSW von ersteren unterbrochen worden sind. Hier haben wir ein typisches Beispiel, wie alte Brüche in späterer Zeit erneuert wurden.

Eine wichtigere Störung verläuft in Richtung NNO-SSO zwischen den Erzlagerstätten Çakmakkaya und Anayatak. Das Gebiet NW von der Störung ist um ca. 60 m abgesunken. Damit wurde die Lagerstätte Çakmakkaya in zwei Teile zerschnitten. Die Fortsetzung des Erzkörpers sollte man deshalb an der NW-Seite der Störung (noch westlicher von den Bohrungen M.T.A. 12 und 13) suchen.

Die Messdaten der Bruchflächen in der Lagerstätte Çakmakkaya wurden als Flächenpole in ein Schmidtsches Netz eingetragen und statistisch -ausgewertet. Eine generelle Streichrichtung NNW-SSO und steiles Einfallen der Bruchflächen in Richtung SW wurden festgestellt ( $210^{\circ}/80^{\circ}$ ). Mit gleicher Darstellungsmethode wurden in der Lagerstätte die Maxima zweier Kluftsysteme bestimmt; das erste hat eine Streichrichtung NO-SW und ist subvertikal ( $119^{\circ}/80-90^{\circ}$ ), das zweite hat ein mittleres Streichen NWW-SOO und ein seigeres Einfallen in Richtung NO ( $23^{\circ}/85^{\circ}$ ).

In der Lagerstätten Anayatak sind die Bruchflächen mit der Streichrichtung NW-SO und der Einfallrichtung SW ( $200/64^{\circ}$  und  $245^{\circ}/81^{\circ}$ ) am stärksten ausgeprägt. An diesem Brüchen haben wir im nordöstlichen und im südwestlichen Teil der Lagerstätte lange Mylonitzonen beobachtet, an denen eine intensive Limonitisierung und Bildungen von Kupfervitriol sichtbar sind. Die Klüftung ist in dieser Lagerstätte sehr unkonstant orientiert. Teilweise überwiegen Klüfte mit Streichen NNO-SSW und Einfallrichtung SO ( $113^{\circ}/79^{\circ}$ ).

Eine bedeutende Störung verläuft südlich von Murgul (und überquert Aduca Dere) (Abb. 10) in der Richtung NOO-SWW und fällt steil gegen NW ein ( $342^{\circ}/78^{\circ}$ ). Eine tektonische Scholle ist nordwestlich von dieser Störung abgesunken.

Eine klar sichtbare Störung in Richtung NO-SW verläuft südlich von Murgul, am Sileh Kale vorbei; ihre Einfallrichtung ist NW ( $310^{\circ}/72^{\circ}$ ). Das Gebiet nordwestlich von der Störung ist abgesunken.

An zahlreichen Schollenrandbrüchen ist das Gebiet in zahlreiche, gegeneinander um verschiedene Beträge gehobene, bzw. abgesunkene Schollen zerfallen. Die Bereiche der Lagerstätten Anayatak und Çakmakkaya sind gehobene tektonische Schollen, wo die tieferen Teile der Quarzporphyr-Pyroklastite in der Oberkreide-Umgebung sichtbar geworden sind. Gewöhnlich sind an NO-SW verlaufenden Schollenbrüchen die nordwestlich liegenden, Schollen im Verhältnis zu den südöstlich liegenden abgesunken.

Die Störungen in Richtung NW-SO waren bei der Entstehung der Erzlagerstätten die wichtigsten. Sie dienten als Zufuhrkanäle für die hydrothermalen Lösungen (Erzbringer). Die breiten Mylonitzonen an diesen Störungen wurden zuerst sehr stark silifiziert und später dienten sie als

Absatzraum für die Ausscheidung der Erzminerale aus hydrothermalen Lösungen. Deshalb werden alle bedeutenderen Erzvorkommen nur in NW-SO streichenden, stark silifizierten Zonen gefunden. Auch die Längsachsen der Lagerstätte Anayatak und Çakmakçaya verlaufen in dieser Richtung.

Die Schichten haben vorwiegend ein NO-SW Streichen und fallen unter 20 bis 40° gegen NW ein. Nur die Schichten im Bereich von Başköy haben eine Einfallrichtung gegen NO.

Die meisten der bisherigen Forscher vertreten die Ansicht, dass in diesem Gebiet überhaupt keine oder nur schwache Faltung der Schichten stattgefunden hat. Mit unseren Kartierungsarbeiten sind zahlreiche grössere und kleinere Faltungsformen (Sattel und Mulden) festgestellt worden (Abb. 11). In Pyroklastiten und in vulkanischen Gesteinen sind Faltungserscheinungen nur schwach ausgeprägt. Die Faltung ist klar sichtbar an Einlagerungen der Sedimentgesteine. Die Faltenachsen der grösseren und kleineren Sattel und Mulden streichen in Richtung NO-SW und tauchen in Richtung NO ein.

Im Bereich zwischen Murgul und Hopa ist eine grosse Synklinale, bzw. ein Synklinorium mit mehreren kleineren Falten aufgebaut worden. Die Muldenachse hat eine NO-SW Richtung und taucht gegen NO ein. Die nordwestliche Flanke des Synklinoriums, die in Richtung SO einfällt, ist zwischen Hopa und Arhavi aus gleichen Schichten aufgebaut wie die Gegenflanke in der Umgebung von Murgul, wo die Schichten gegen NW einfallen. Im Kern des Synklinoriums sind jüngere Schichten des Palaozan-Eozan abgelagert. Im Gebiet südlich von Murgul ist eine grössere Antiklinale aufgewölbt. In ihrem Kern sind die ältesten Schichten (Spilite der Jura-Unterkreidezeit) entblüsst. Die Sattelachse, die gegen NO abtaucht, verläuft parallel dem Murgul-Tal.

Kleinere Faltungsstrukturen kommen auch im Bereich der Lagerstätte Anayatak zum Vorschein. Eine grössere Antiklinale in Richtung NO-SW ist im Gebiet der Lagerstätte Çakmakçaya entwickelt. Die dortigen Tuffe mit lamellarer Textur fallen an der südöstlichen Seite der schon erwähnten Störung in Richtung SO ein, nordwestlich von der Störung aber in Richtung NW. Es ist wahrscheinlich, dass der Faltenbau der Lagerstätte in einer Beziehung zu der Intensität der Vererzung steht (in Sattelscheiteln kam es zu grösseren Erzkonzentrationen). Diese Einflüsse haben dennoch eine untergeordnete Bedeutung im Vergleich zum Einfluss der schon erwähnten Störungen mit silifizierten Zonen in der Richtung NW-SO.

Die Hauptfaltung hat wahrscheinlich in der Übergangszeit Kreide-Tertiär stattgefunden. Das ist an der Winkeldiskordanz zwischen den Schichten des oberen Senon und des Palaozan-Eozan bemerkbar. Die Oberkreideschichten fallen viel steiler ein als die Pyroklastite des Palaozan-Eozan in der Hangendserie. Ausserdem sind die Kalksteine des oberen Senon öfters in sich lokal gefaltet, wogegen die Palaozan-Eozanschichten im direkten Hangenden fast horizontal liegen.

In der heutigen Zeit befindet sich das Gebiet in der Phase einer sehr starken epirogenetischen Hebung. Davon zeugen die hoch über die heutigen Taleinschnitte abgelagerten Terrassenschotter, sowie auch das junge Gebirgsrelief mit Canonförmigen Talern der Flüsse.

## VII. DIE BILDUNGSBEDINGUNGEN DER LAGERSTATTEN

Das Gebiet Murgul in der ostpontischen Erzprovinz ist eines der aussichtsreichsten Schwefelkies-Kupferkies-Vorkommen der Türkei. Das Bergwerk Anayatak bei Murgul ist mit seiner Jahresproduktion von ca. 600 000 Tonnen Erz mit 1,29 % Kupfergehalt zur Zeit das zweitgrösste Erzbergwerk der Türkei. Mit der Erschliessung der Lagerstätte Çakmakçaya konnte aber die Produktion verdoppelt werden.

Über die bisherige Geschichte des hiesigen Kupferbergbaues haben schon Zimmer (1938) und Schneiderhöhn (1955) berichtet.

Die Erzvorkommen im Gebiet Murgul erscheinen in zwei Typen. Als erster Typ kommen Impragnationen und kleine Gangfüllungen in silifizierten Gesteinen vor, welche in zerklüfteten Zonen alter Störungen beobachtet werden können. Solche, gewöhnlich 1 bis 2 m mächtige und einige zehn Meter lange Zonen haben keinen grösseren wirtschaftlichen Wert. Beim zweiten Vererzungstyp wurden reine Schwefelkies- oder Schwefelkies- Kupferkieskörper oder Impragnationen in mehrere Hundert Meter breiten und sogar mehrere Kilometer langen, stark silifizierten Zonen gebildet. Die sind an alte Störungen gebunden und streichen konstant in Richtung NW-SO. Die grossen Erzkörper, die in solchen silifizierten Zonen auftreten, haben linsenhähnliche bis ellipsoide Formen. Die Lage ist subhorizontal. Solche Erzkörper sind in beiden Hauptlagerstätten festgestellt worden: in Anayatak mit ca. 700 Meter Länge, 500 Meter Breite und 70 bis 100 Meter Mächtigkeit, in Çakmakkaya aber ca. 400 Meter lang, 300 Meter breit und mit ca. 120 Meter Mächtigkeit. Diese Ausmasse sind nicht endgültig, weil die Erzkörper noch immer nicht genügend untersucht sind. Die Erzkörper sind am Rand und in die Tiefe relativ scharf abgegrenzt. Freilich kommen in den erwähnten silifizierten Zonen ausser grossen Erzkörpern auch noch Schwefelkiesimpragnationen und schmale Kupferkiesgänge vor. An der Oberfläche sind Schwefelkies und Kupferkies meistens zersetzt und ausgelaugt, so dass nur grossere, stark limonitisierte Zonen (Eiserner Hut) übriggeblieben sind.

Die Erzvorkommen im kartierten Gebiet sind an spilitsche Tuffe, an Quarzkeratophyr-Quarzporphyr-Pyroklastite und deren Vulkanite, an unteren Teil der basaltischen Agglomerate des Obersenon und an Hornblendeandesitische Pyroklastite des Palaozan-Eozan gebunden.

Die grossten Erzkörper sind im oberen Teil der Quarzporphyr-Pyroklastite eingebettet. Bedeutende Erzvorkommen haben wir aber auch im unteren Teil dieser Pyroklastite, unmittelbar auf den Quarzkeratophyr-Pyroklastiten, gefunden.

Die tieferen Teile der Lagerstätte Anayatak sind in stark silifizierten, harten Quarzporphyr-Pyroklastiten der Jura-Unterkreide abgesetzt. Kupferkies kommt in dieser Lagerstätte in typischen Stockwerk-Gangsystemen vor (Abb. 12 u. 13). Man kann hier beobachten, wie die Vererzungen an kleinere Zonen in SW-NO Richtungen gebunden sind, und wie die zentralen Teile der Stockwerkzonen in richtiges massiges Erz übergehen. Die einzelnen Erzgänge sind von einige Millimeter bis einige Dezimeter mächtig. Die Erzgänge sind untereinander sehr verschiedenartig verflochten und unregelmässig in der Mächtigkeit und in den Richtungen. Ausserdem neben unregelmässigen Ganggeflecht sind auch langere, in der Richtung konstantere Erzgänge vorhanden. Mit der statistischen Auswertung der Messdaten über die Raumlage der Erzgänge (mit Hilfe des Schmidtschen Netzes) sind drei Hauptmaxima festgestellt worden:

in Richtung NOO-SWW ( $156^{\circ}/80^{\circ}$ ,  $167^{\circ}/82^{\circ}$ ,  $320^{\circ}/81^{\circ}$ );

in Richtung NWW-SOO ( $210^{\circ}/85^{\circ}$ ,  $40^{\circ}/68^{\circ}$ ) und

in N-S Richtung ( $270^{\circ}/74^{\circ}$ ).

Das Einfallen der Erzgänge ist sehr steil.

Der obere Teil der Lagerstätte Anayatak befindet sich in Quarzporphyr-Tuffen mit lamellarer Textur. Dieser Teil der Lagerstätte ist viel weniger silifiziert, aber weit mehr serizitisiert und kaolinisiert als der tiefere Teil. Das Erz kommt hier meist breccienförmig vor, als Auffüllung der Hohlräume einstiger mylonitischer Breccien. Erzgänge sind hier etwas seltener. Sehr oft findet man zwischen reich vererzten Teilen sehr schwach erzführende oder ganz taube Einlagen. Die obere Grenze des Erzkörpers mit hangendem Gestein ist uneben und von kuppelförmigen Anhaufungen eines massigen Kupferkieses gekennzeichnet. In diesen Kuppelformen kann man auf keinen Fall

ein altes, erodiertes Palaorelief sehen, wie sich das einige der bisherigen Forscher vorstellen. Das Hangende des Erzkörpers ist ein Quarzporphyrtuff mit einer Lamellentextur, der vollkommen serizitisiert und kaolinisiert ist. Das ist im wesentlichen der gleiche Tuff, der im unteren Teil reich erzführend ist.

Im mittleren westlichen Teil der Lagerstätte Anayatak sind auch die Basaltagglomerate, die vulkanischen Breccien und die Tuffe mit Dacitfragmenten des oberen Senon vererzt.

Die Lagerstätte Çakmakaya liegt in Quarzporphyr-Pyroklastiten, welche hier noch viel stärker silifiziert sind und schon zu einem richtigen weissen Quarzit umgewandelt sind. Zum Unterschied mit Anayatak ist in dieser Lagerstätte die Kupferkiesvererzung in den hangenden, vollkommen serizitisierten und kaolinisierten Quarzporphyrtuffen mit Lamellentextur nur teilweise eingedrungen. In Çakmakaya sind die Tuffe im Hangenden viel deutlicher ausgeprägt als im benachbarten Anayatak.

Auch in Çakmakaya gehört die Vererzung zum Stockwerktypus. Die Erzgänge mit anhaltender Richtung, welche ausser der in sich verflochtenen Gangzonen vorkommen, haben ein Streichen NWW-SOO und fallen steil gegen SW ein ( $201^{\circ}/81^{\circ}$ ).

Die beiden kurz beschriebenen Erzlagerstätten sind von mächtigen Pseudodeckenergüssen des rötlichen und grünlichen Dacites überdeckt, was aber erst in jüngerer Zeit, nach der Lagerstättenentstehung geschehen ist. An manchen Stellen ist eine mehr oder minder mächtige Schicht eines serizitisierten und kaolinisierten Tuffes zwischen dem Erzkörper und der Dacitdecke eingelagert, an anderen Stellen aber liegt der Dacit direkt auf dem Erzkörper. Eine Fortsetzung der Vererzungen im Dacit wurde nirgends beobachtet.

Die hauptsächlichen Erzminerale sind Schwefelkies und Kupferkies. Magnetkies, Fahlerz, Zinkblende, Bleiglanz, Ankerit und Baryt sind nur seltenere Beimengungen. Kupferindig und Kupferglanz kommen nur als dünne Belage auf Kupferkies vor. Malachit und Azurit sind auch selten; etwas öfter sind Kupfervitriol und Eisenvitriol beobachtet worden.

Die meisten der bisherigen Forscher vertraten die Ansicht, dass die Erzlagerstätte Murgul hydrothermal entstanden ist. Wijkerslooth (1946) und Schneiderhöhn (1955) haben die Lagerstätte zur subvulkanischen Abfolge der hydrothermalen Erzformationen eingegliedert; die Lagerstätte sei in der Nahe der Oberfläche in stark umgewandelten Gesteinen entstanden, Maucher (1959, 1962) war jedoch der Meinung, dass die Lagerstätte exhalativ-sedimentar entstanden sei.

Nach neuesten erzmikroskopischen Untersuchungen von V. Vujanovic (1969, 1970) haben wir hier mit zwei Hauptphasen der Lagerstättenentstehung zu tun. Die erste Phase ist vulkanisch-sedimentar und ist an den submarinen Vulkanismus der Quarzporphyre gebunden. Die hydrothermale Phase folgt als zweite. In Anschliffen aus der Erzlagerstätte Anayatak und von zahlreichen benachbarten Erzvorkommen hat er sedimentare Schwefelkiesstrukturen in folgenden Formen festgestellt: «vererzte Bakterien» (Bakterienstruktur), kugelförmige, eiförmige und ringförmige Kornanordnungen, rhythmische und andere kolloidale Strukturen. Der Kupferkies dieser Phase bildet die Grundmasse, in welcher die kugelförmigen Schwefelkiesformen eingebettet sind. Ausser dem sedimentaren Schwefelkies und Kupferkies wurden (in geringen Mengen) auch eine sedimentare Zinkblende und noch seltener Bleiglanz beobachtet. Nach V. Vujanovic sollen wir die Mehrzahl der Erzvorkommen im Gebiet von Murgul als vulkanischsedimentar-hydrothermale Erzausscheidungen ansehen. Allerdings sind aber auch echte hydrothermale Lagerstätten ausgebildet worden, die vor allem entlang der tektonischen Störungen in schmalen vererzten Zonen vorkommen.

Nur die Erzlagerstätten, die in der zweiten hydrothermalen Phase entstanden sind, haben eine wirtschaftliche Bedeutung. Die Erzvorkommen der ersten Entstehungsphase sind nur für die Erklärung der Lagerstättenentstehung vom Interesse.

Nach der Ablagerung der pyroklastischen Gesteine, in welchen die Erzyorkommen enthalten sind, wurden die Schichten von zahlreichen Storungen zerbrochen. Dabei entstanden mächtige Mylonitzonen, die für die spätere Vererzung die jwesentlichste Rolle spielten. Der Bruchtektonik folgte der erzbringenden hydrothermalen Tätigkeit. Im ersten Stadium hat eine starke Silifizierung stattgefunden. Es folgte die Pyritisierung, die noch immer von der Silifizierung begleitet wurde. Im folgenden wurden aus den hydrothermalen Lösungen Zinkblende, Magnetfeies und nur wenig Kupferkies ausgefällt. Fahlerz, Bleiglanz und die wirtschaftlich wichtigsten Mengen an Kupferkies wurden in der Sukzession etwas später ausgeschieden. Ankerit, Baryt und Gips, sowie auch der kristalline Kupferkies folgen in der Altersfolge. Als Endausscheidung kann Calcit in Gangfüllungen, besonders in der Umgebung der Lagerstätte Anayatak, angesehen werden. Die Mehrzahl der Erzyorkommen in den Jura-Kreideschichten der Umgebung von Murgul stehen hmsichtlich ihrer Entstehung in Verbindung mit postvulkanischen hydrothermalen Lösungen, welche den Quarzporphyren (Rhyolithen) des ersten magmatischen Zyklus gefolgt haben.

Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Genese der Lagerstätten auf eine viel jüngere hydrothermale Abfolge bezogen sein konnte. Die Hydrothermen als Nachfolger der Dacite, deren Fragmente in Basaltagglomeraten des Maastricht beobachtet wurden und welche einem jüngeren magmatischen Zyklus angehören, könnten dazu in Betracht gezogen werden. Die hauptsächliche Erzausscheidung hat wahrscheinlich in der Zeit der Ablagerung der Basaltagglomerate stattgefunden. Jedenfalls ist die Vererzung in der Zeit vor den Ausbrüchen des roten und grünen Dacites (im Maastricht) schon beendet gewesen. Die mögliche Schlussfolgerung daraus ist das, dass die Erzyorkommen von Murgul sind im oberen Senon, bzw. im Maastricht entstanden sind.

Die Schwefelkies-Kupferkies Vorkommen in Hornblende-Andesit-Pyroklastiten N von Başköy stehen wahrscheinlich in genetischer Verbindung mit den Ausbrüchen des Hornblende-Dacites im Paläozän-Eozän. Im weiteren Gebiet von Murgul sind die grossen Schwefelkies-Kupferkies-Lagerstätten sicher in zwei hydrothermalen Hauptphasen entstanden; die erste war im Obersenon, die zweite war aber in Paläozän-Eozän tätig.

*Manuscript received October 6, 1972*

## LITERATUR

- ARNI, P. (1939): Tektonische Grundzüge Ostanatoliens und benachbarter Gebiete. *M. T.A. Mecm.* B 4, Ankara.
- AYTEKİN, Y. (1963): Murgul bakır işletmesinde cevher hazırlama, *M.T.A. Rep.* (unpublished), no. 3263, Ankara.
- BILLINGS, M.P. (1950): Structural geology. New York.
- CVETIC, S. (1970): Results of pétrographie investigation at Murgul area. Manuscript *M.T.A.* (unpublished).
- DZRBSJAN, R.T.; MELIKSETJAN, B.M., & MELKONJAN, R.L. (1967): O magmaticeskih formacijah alpijskogo tektono-magmaticeskogo cikla (Armenskaja SSR). *Izvestija Ak. nauk Armenskoj SSR.* t. 10, no. 4. Erevan.
- GATTINGER, T.E.; ERENTÖZ, C., & KETİN, İ. (1961): Explanatory Text of the Geological Map of Turkey (sheet Trabzon 1:500000). *M.T.A. Publ.*, Ankara.
- KAHRER, C. (1958): Die Kupferlagerstaette Murgul in der nordöstlichen Türkei. *Inaugural-Dissertation. Bonn. M.T.A. Maden Etüt Şubesi Rep.* no. 934, Ankara.

# TAFELN

#### TAFEL-1

Foto 1 - Geschichtete Quarzporphyr-Tuffe. Murgul Dere, südlich von Murgul.

Foto 2 - Agglomérat mit Basait- und Dazit-Fragmenten. SE von Murgul.

#### TAFEL - II

Foto 3 - Tuff-Breccie mit Basait- und Dazit-Fragmenten. SE von Murgul.

Foto 4 - Kalkstein in Abwechslung mit Tuffit. Südlich von Murgul.

#### TAFEL - III

Foto 5 - Albit-Trachyt mit Calzit-Amygdaloiden, kleinen-Gaengeh und Geoden. In Murgul.

Foto 6 - Dazit-Stock bei Sileh Kale in Murgul.

#### TAFEL - IV

Foto 7 - Dazit-Durchbruch im Basalt-Agglomerat bei Svindargül Kaya.

Foto 8 - Sedimentationsfalten im Hornblende-Tuff von Murgul.

#### TAFEL - V

Foto 9 - Delluvium mit typischen Erosionsgraeben. Sudlich von Petck.

Foto 10 - Störung zwischen Basalt-Agglomerat und porphyrischen Tuffen im Aduca Dere.

#### TAFEL - VI

Foto 11 - Lokal gefaltete Obersenon-Kalksteine. NE von Murgul.

Foto 12, 13 - Stockwerk-Gangsystem im Quarzporphyr-Pyroklastit von Anayatak-Grube, schwarz: Pyrit und Chalkopyrit, grau: Quarzporphyr-Pyroklastit.

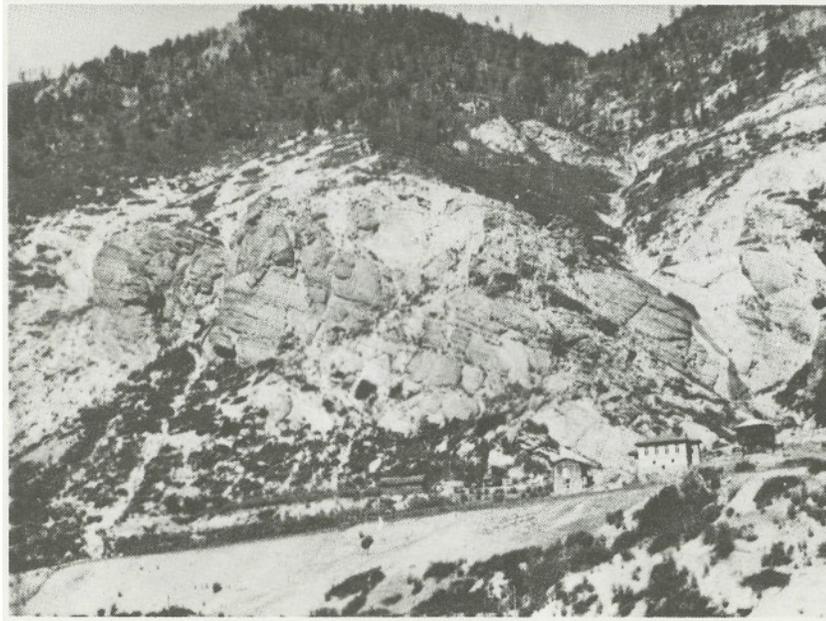


Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

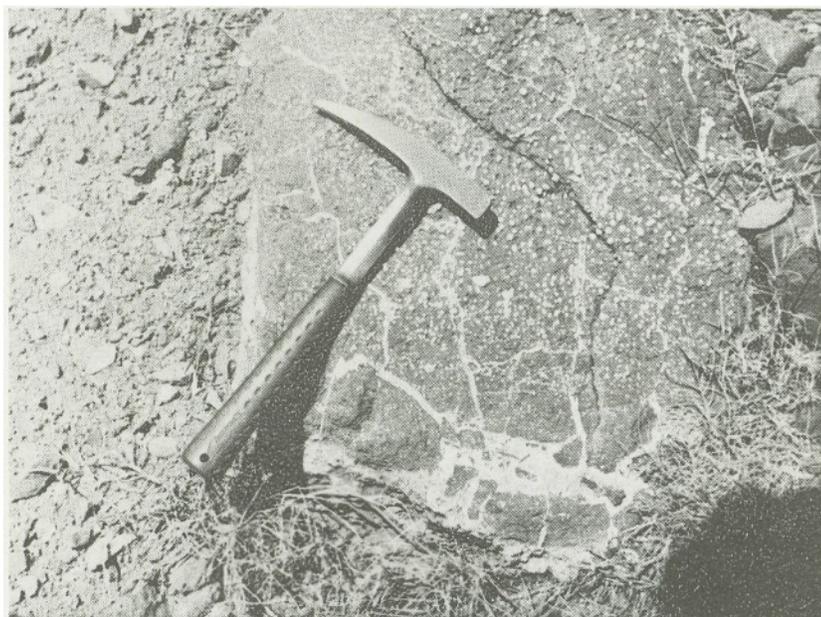


Foto 5



Foto 6

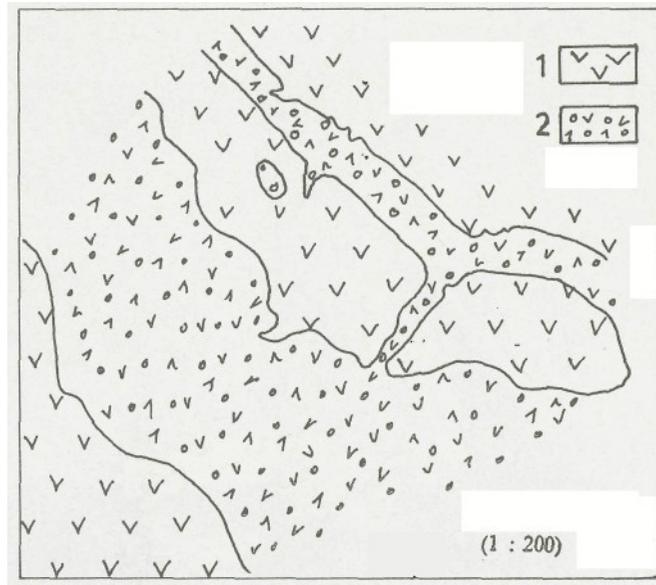


Foto 7

1 - Dazit; 2 - Basalt-Agglomerat.



Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12

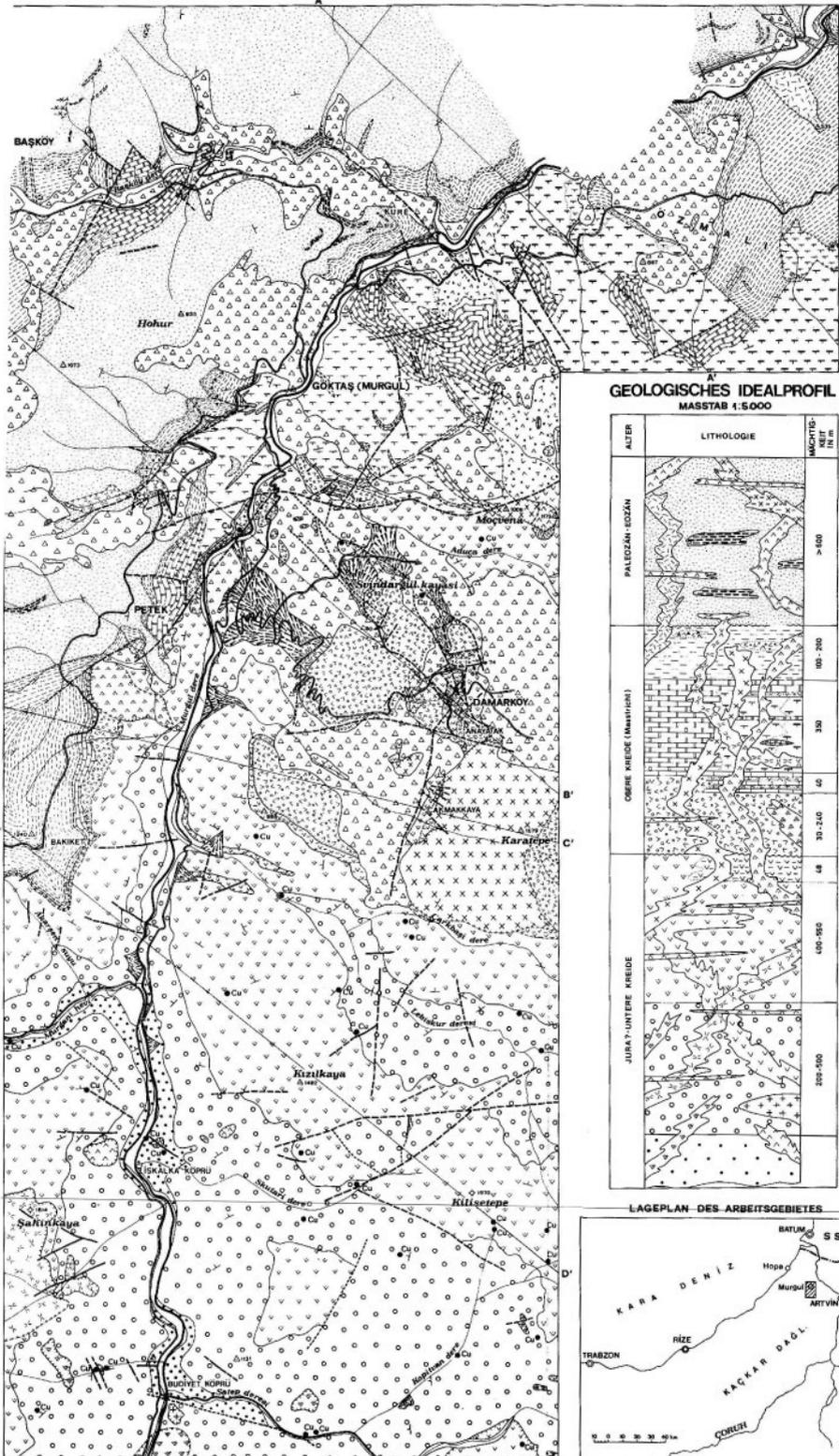


Foto 13

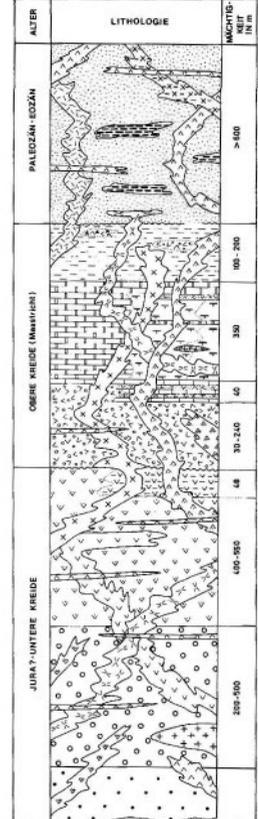
# GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE DER UMGEBUNG VON MURGUL

1:000 000 1000 1500 2000

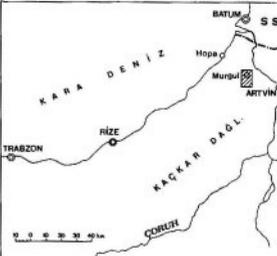
T. C.  
Maden Tetkisi ve Arama  
Bürosü ve Kurumları  
ANKARA



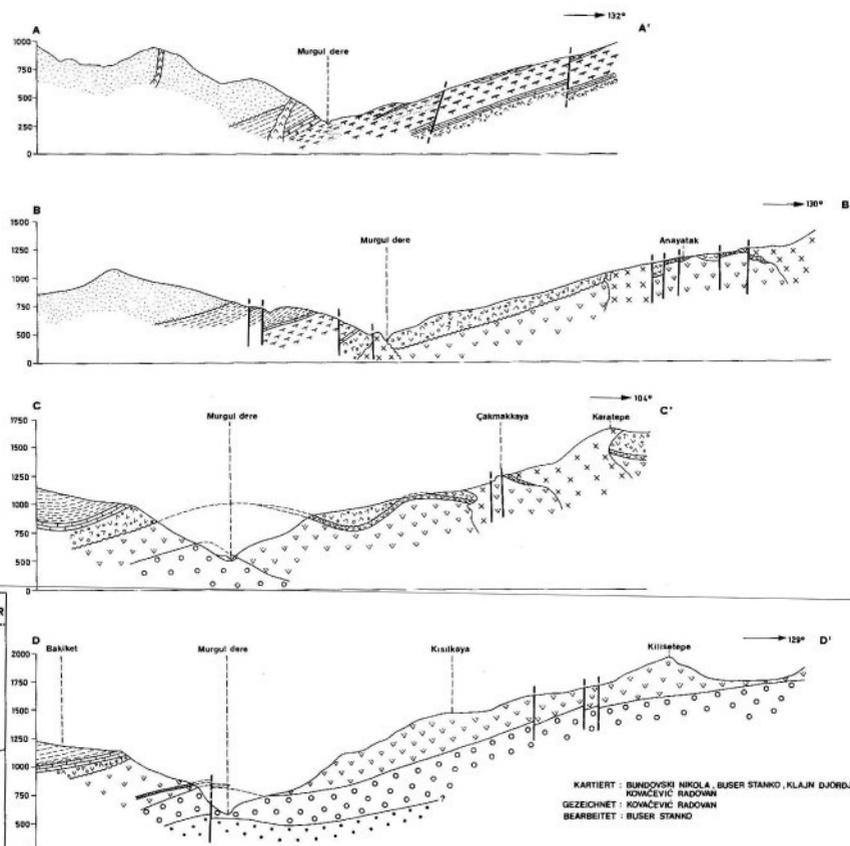
**GEOLOGISCHES IDEALPROFIL**  
MASSTAB 1:5.000



LAGEPLAN DES ARBEITSGEBIETES



| QUARTÄR              | BERGSTURZ           | DELLUVIUM           | ALLUVIUM                   | AUGIT - BASALT      | MIKROGRANDIORIT     | HORNBLENDE DACIT    | HORNBLENDE UND HORNBLENDE - AUGIT ANDESIT | HORNBLENDE - AUGIT - ANDESIT AGGLOMERAT, TUFF, TUFFIT UND MERGEL | MERGEL              | ALBIT - RHYOLIT     | RHYOLITISCHE TUFFE UND AGGLOMERATE | DACITISCHE AGGLOMERATE UND TUFFE | GRAUE MERGEL LATERAL IN KALKE ÜBERGEHEND | DIABAS              | ROTER UND GRÜNER DACIT - ALTER NAME DACIT I | GRAUE UND ROTE KALKE MIT INOCERAMUS, ECHINDEN UND BUSSTEN | ALBITISCHES TRACHTAGGLOMERAT MIT TUFF DURCHBOREN VON ALBITISCHEN TRACHTGÄNGEN MIT KALCIT KONKRETIEN | ALBITISCHES TRACHT UND TUFF | KALKLAGEN IN TRACHTISCHEN PYROKLASTITEN | ROTER KALKSTEIN, TUFFIT UND BREKZIE | BASALT              | BASALT - AGGLOMERAT VULKANISCHE BREKZIE UND TUFF MIT DACITISCHEN FRAGMENTEN - ALTER NAME OBERE BASISCHE SERIE | QUARZ PORPHYRISCHER TUFF MIT LAGENTEXTUR |                   |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|--|---------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|---------------------|---|---|---|-----------------------------|---|-------------------------------------|---------------------|---|--|-------------------|
| PLEISTOZÄN - HOLOZÄN | [Symbol: zigzag]    | [Symbol: triangles] | [Symbol: horizontal lines] | [Symbol: triangles] | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]                         | [Symbol: crosses]  | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]                  | [Symbol: crosses]                | [Symbol: crosses]                        | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]                           | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]           | [Symbol: crosses]                       | [Symbol: crosses]                   | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]   | [Symbol: crosses]                        | [Symbol: crosses] |
| PLIOZÄN              | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]        | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                       | [Symbol: triangles]  | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                | [Symbol: triangles]              | [Symbol: triangles]                      | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                         | [Symbol: triangles]                                       | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]         | [Symbol: triangles]                     | [Symbol: triangles]                 | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]                      |                   |
| PALEOZÄN - EÖZÄN     | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]        | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                       | [Symbol: triangles]  | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                | [Symbol: triangles]              | [Symbol: triangles]                      | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                         | [Symbol: triangles]                                       | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]         | [Symbol: triangles]                     | [Symbol: triangles]                 | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]                      |                   |
| OBERE KREIDE         | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]        | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                       | [Symbol: triangles]  | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                | [Symbol: triangles]              | [Symbol: triangles]                      | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                         | [Symbol: triangles]                                       | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]         | [Symbol: triangles]                     | [Symbol: triangles]                 | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]                      |                   |
| JURAT-UNTERE KREIDE? | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]        | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                       | [Symbol: triangles]  | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                | [Symbol: triangles]              | [Symbol: triangles]                      | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]                         | [Symbol: triangles]                                       | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]         | [Symbol: triangles]                     | [Symbol: triangles]                 | [Symbol: triangles] | [Symbol: triangles]   | [Symbol: triangles]                      |                   |



KARTIERT: BUNDOVSKI NIKOLA, BUSER STANKO, KLJAN DJORDEJ.  
KOMPAČEV RADOVAN  
GEZEICHNET: KOMPAČEV RADOVAN  
BEARBEITET: BUSER STANKO

- KAHRER, C. (1960): Bericht über die Kartierung und Prospektionsarbeiten in Murgul. *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 2897, Ankara.
- (1961): Geologische Aufnahme des südlichen Murgul Taies. *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 2898, Ankara.
- KALABIS, V. (1970): Die Echiniden von Murgul (Artvin). *M.T.A. Rap.*, (unveröffentl.), Ankara.
- KETİN, İ. (1959): The orogenic evolution of Turkey. *M.T.A. Mecm.* 16. Ankara.
- KLAHEY, L. (1959): Die wichtigsten Ergebnisse unserer montangeologischen Untersuchungen in der Umgebung von Murgul (Vilâyet Çoruh). *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 3216, Ankara.
- KLEINSORGE, H. (1946): Géologie und Vererzung des Murgultaies. *Etibank Rap.* (unveröffentl.), Nr. 432, Ankara.
- KOVENKO, V. (1942): Mines de cuivre de Kuvarshan de la région d'Artvin. *M.T.A. Mecm.* Nr. 7. Ankara.
- KRAEFF, A. (1963): Geology and Mineral dépasos of the Hopa-Murgul région (western part of the province of Artvin, NE Turkey). *M.T.A. Mecm.* Nr. 60. Ankara.
- MAUCHER, A. (1959): Die Kieserze von Keltas ein Beispiel submariner Gleitfalten in exhalativ-sedimentaeren Erzlagerstaetten. *Neues Jahrb. f. Min.* Abh. Bd. 94. H.L. Stuttgart.
- (1962): Geologisch-Lagerstaettenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge. *Bayer. Akad. d. Wiss. math. nat. Kl.* Abh. N.F.H. 109. München.
- OSWALD, F. (1912): Arménien. Handbuch der regionalen Géologie. H. 10. Heidelberg.
- POLLAK, A. (1961): Begründung eines für das Jahr 1961 vorgeschlagenen Untersuchungsprogrammes in Murgul. *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 3091, Ankara.
- (1961): Vorläufiger Bericht über die Untersuchungsarbeiten bei Murgul. *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 2907, Ankara.
- (1962): Ergänzungsbericht über die Untersuchungen in Murgul 1961. *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 3200, Ankara.
- RADOICIC, R. (1970): Miocroliostatigraphic analyses of some sédiments from Artvin-Murgul area. Manuscript *M.T.A.*, Ankara
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1955)! Die Kupferlagerstaette Murgul im Schwarzmeer-Küstengebiet, Provinz Çoruh, Nordost-Türkei, *Erzmetall*, Bd. 8, H. 10.
- SCHULTZE-WESTRUM, H.H. (1962): Geologisch-Lagerstaettenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge. *Bayer. Akad. d. Wiss. math.-nat. Kl.* Abh. N.F.H. 109. München.
- VUJANOVIC, V. (1969): Minéralogie, paragenetic relations and genesis of the sulfide deposits in the Murgul area. *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- (1970): The results of ore microscopic examinations of the specimens from Murgul area. Manuscript *M.T.A.* (unpublished), Ankara.
- WIJKERSLOOTH, de P. (1946): Einiges über die Erzprovinz des östlichen Schwarzmeer-Küstengebietes, insbesondere über die Kupferlagerstaetten von Kuvarshan (Vil. Çoruh-Türkei). *M.T.A. Mecm.* 11. Ankara.
- ZANKL, H. (1959): Bericht zur geologischen Untersuchung im Raume Murgul-Çoruh-Kuvarshan. *M.T.A. Rap.* (unveröffentl.), Nr. 3067, Ankara.
- (1962): Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harsit-Taies. *Bayer, Akad. d. Wiss. math.-nat. Kl.* Abh. N.F. 109. München.
- ZIMMER, E. (1938): Die Kupfergrube Murgul. *M.T.A. Mecm.* 2. Ankara.