

PETROGRAPHIE UND ENTSTEHUNG DER URANIUMVORKOMMEN DER UMGEBUNG VON DEMİRTEPE-ÇAVDAR UND OSMANKUYU-KİSİR (ÇİNE-MASSIV)

Önder ÖZTUNALI

Mineral Research and Exploration Institute of Turkey

ZUSAMMENFASSUNG. — Das in den Kristallinmassiven von Westanatolien an sehr vielen Stellen vorkommende Uranium ist stets als sekundäre Uranglimmer anzutreffen. Die bedeutendsten hierbei sind die Vorkommen von Demirtepe und Osmankuyu, die im Lichte der Detailpetrographie hinsichtlich ihrer Entstehung untersucht worden sind.

EINLEITUNG

Der Verfasser hat in den Sommermonaten 1962 von der Generaldirektion des M.T.A. Instituts (Lagerstättenforschungsinstitut) den Auftrag erhalten, an verschiedenen Stellen der westanatolischen Kristallinmassive die prospektierten Uraniumvorkommen hinsichtlich ihrer Entstehung zu untersuchen. Ein ausserordentlich umwandelbares und bewegliches Metall wie Uranium in Bezug auf seine Entstehung in geologisch sehr komplizierten Muttergesteinen, wie Kristallinschiefer es sind, zu untersuchen, erforderte vor allen Dingen die detailpetrographische Feststellung dieser Gesteine. Zu diesem Zweck wurden von den bedeutendsten Vorkommen in Çavdar Demirtepe, Kisir-Osmankuyu (Provinz Aydın), Milas-Kargıcak (Provinz Muğla), Taşharman-Balıkdere, Kasar, Ragıllar-Kaletepe, Mestanlı, Topallı, Yardere (Provinz Mariisa) und Emet-Göncek (Provinz Kütahya) charakteristische Proben entnommen.

Die im Westanatolien vorkommenden Uraniumvererzungen können in drei Gruppen zusammengefasst werden: 1. Vererzungen als Produkt der Kristallisation von sekundären Uranium-Mineralien, 2. Vererzungen, die absorptiv an gelförmige Ablagerungen wie Opal, Limonit, Phosphorit gebunden sind und 3. sedimentäre Vererzungen.

Die in der ersten Gruppe zusammengefassten Vererzungen kommen ohne Ausnahme in Gneis- und Glimmerschiefer sowie in deren Übergangstypen vor. Als Beispiel hierfür können die Vorkommen von Kisir-Osmankuyu, Milas-Kargıcak und teilweise Çavdar-Demirtepe genannt werden. Die Vererzungen der zweiten Gruppe kommen sowohl in kristallinen Gesteinen (z.B. Çavdar-Demirtepe, Emet-Göncek) als auch in Karbonaten (Ragıllar-Kaletepe) oder in Tuffen (Topallı-Yardere) vor. Obwohl wir in der dritten Gruppe die durch Sedimentierung von Uran enthaltenden Kristallingesteinen entstandenen Vorkommen, wie die von Kasar; Mestanlı-Kayran zusammengefasst haben, haben wir unsere Untersuchungen in dieser Hinsicht nur an Proben gestützt, die von hohen Anomalie-Punkten entnommen wurden. Aus diesem Grunde begnügen wir uns damit, die dritte Gruppe nur zu erwähnen und sie zum Thema einer anderen Untersuchung zu machen.

Für die Vererzungen der zweiten und der ersten Gruppe ist das Vorkommen von Çavdar-Demirtepe das charakteristischste. In diesem Vorkommen befinden sich beide

Erztypen neben- und ineinander, wobei die Wichtigkeit der Erzkonzentration die anderen Vorkommen weit übertrifft. Çavdar-Demirtepe wurde für die an sich untereinander sehr ähnlichen Vorkommen als Vorbild genommen.

DAS VORKOMMEN VON ÇAVDAR-DEMİRTEPE

Die Prospektoren Oğuzalp Tuncay und Ali Hacıyanlı sind es, denen die Auffindung der Anomalien von Demirtepe zu verdanken ist. Seit der Auffindung und Feststellung dieser Anomalien Anfang Sommer 1960 hat die Abteilung für Atomrohstoffe Detailuntersuchungen angestellt. Während unserer Geländearbeiten wurden die Bohr- und Streckenarbeiten von Dipl. Ing. Necati Eray, die geologischen Untersuchungen von Dipl. Ing. Ulvi Denkel durchgeführt. Der Verfasser ist diesen beiden Kollegen für die ihm entgegengebrachte Zuvorkommenheit und geleistete Hilfe Dank schuldig.

Geographische Lage. — Demirtepe im Mittelgebiet des Çine Massivs, das im Osten durch den Fluss Çine, im Süden durch die Ebene von Bafa-Milas-Yatağan, im Westen und Norden durch den Fluss Büyük Menderes begrenzt wird, hat eine Höhe von 598 m u.d.M. Die geographischen Koordinaten sind 41,8° Breite und 1,5° Länge gegenüber Istanbul. Das Vorkommen befindet sich bei dem Dorf Çavdar und ist dem Distrikt Koçarlı der Provinz Aydın angegliedert,

Geologische Lage. — Das Uraniumvorkommen von Demirtepe liegt in Glimmerschiefern, die N 10°-15° S streichen und 45°-55° NW einfallen, nahe der N-S verlaufenden Gneisgrenzen. Das Einfallen der Gneis-Glimmerschiefergrenzen in E und W bleiben konstant und zeigen nirgends tektonische Indizien. Die Verschieferungsrichtungen beider Gesteine sind Konkordant, sodass trotz der Übereinstimmung in den Einfallen man hier den Rest einer Mulde, gemeinsam mit Denkel und Seyhun vermuten kann. Die Geologie von Demirtepe und die Suchgalerie sind in Figur 1 angedeutet.

PETROGRAPHIE

Um die Petrographie der das Vorkommen umschliessenden Gesteine und deren geologischen Zusammenhänge zu klären, wurden von der Oberfläche, von der Galerie und den Bohrungen Proben entnommen, deren Ergebnisse in der Folge angegeben sind.

Die W-E streichende Glimmerschiefermulde und deren wechselnde Gesteine können wie folgt gegliedert werden :

1. Der Gneis von Demirtepe

Es handelt sich um einen turmalinführenden Zweiglimmer-Alkaligneis, der das gesamte Çine Massiv beherrscht. Nach mengenmässiger Reihenfolge besteht er aus Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Muskovit, Mikroklin, Biotit, Turmalin und accessorischen Mineralien.

Quarz. — Die Quarze sind in Verschieferungsrichtung gesteht, d.h. die c-Achsen von hypidiomorphen Kristallen liegen im allgemeinen parallel zu dieser Richtung. Unter gekreuztem Nicol zeigen sie undulöse Auslöschung. Sie sind z.T. sehr stark kataklastisch.

Orthoklase. — Der Orthoklas ist im allgemeinen perthitisch und hat ursprünglich in porphyroblastischer Form wachsend die umgebenden Quarz, Glimmer, Albit

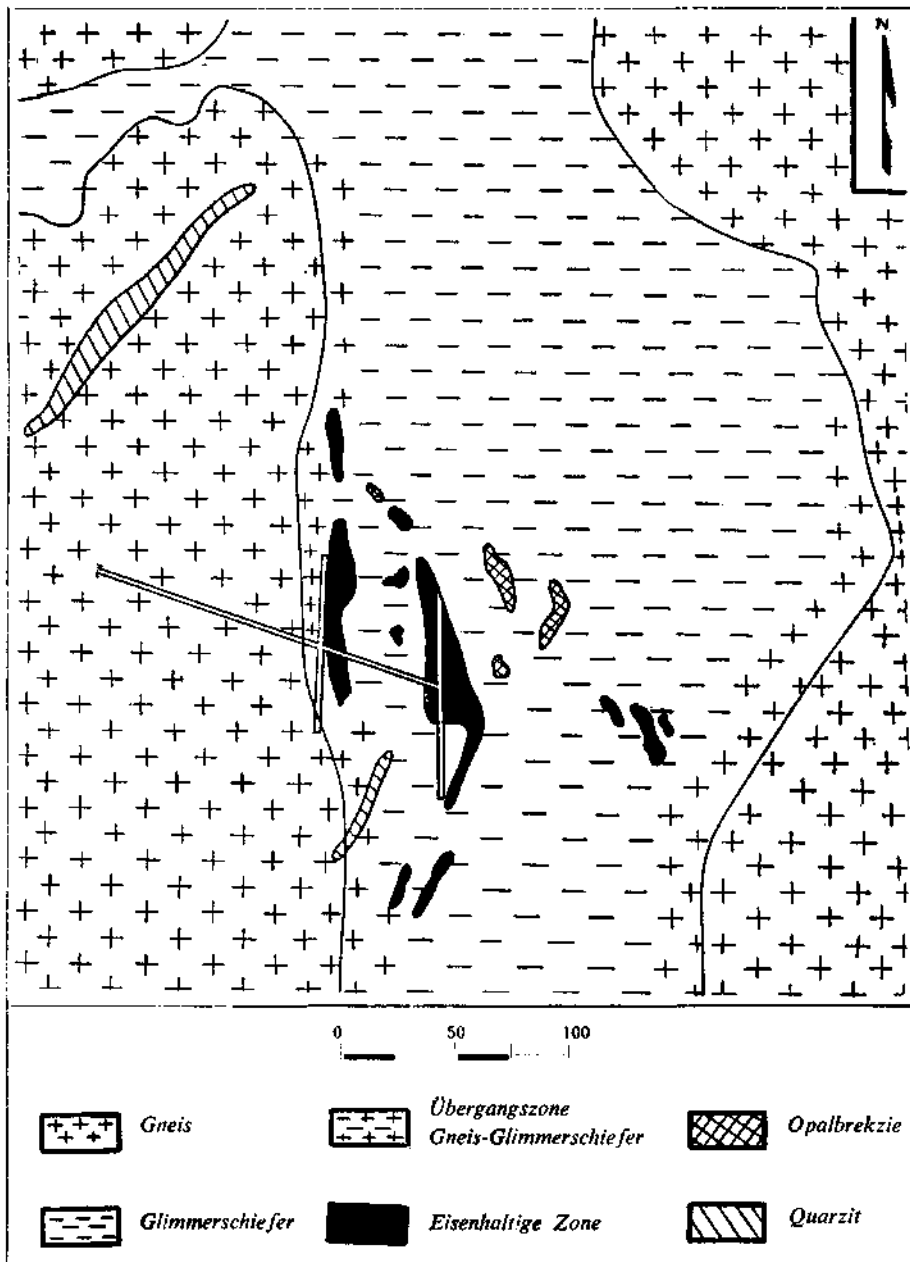


Fig. 1 - Geologie von Demirtepe und Suchgalerie.

und ähnlichen Mineralien umschlossen. Während der letzten, den Gneisen ihre Verschieferungsrichtung gebenden Tektonik wurden die Porphyroblaste der Orthoklase kataklasiert, ja sogar zum Teil zerstört. Die der jetzigen Verschieferungsrichtung parallelen Quarze, Muskovite und Biotitbänder durchsetzen diese Porphyroblaste. Also sind die Orthoklase zur Zeit nichts anderes als Klaste. In diesem Zustand mit ihrer 1-2 cm erreichenden Grosse der Porphyroblaste verdienen diese Gesteine «Augengneis» genannt zu werden.

Mikrolin—Das augenförmige zweite Mineral ist Mikrolin, welche gegenüber der Orthoklas-Porphyroblaste weniger vorkommt.

Plagioklase.—Sie sind hauptsächlich Albit-Oligoklase (10-15 % An.). Im Dünnschliff tritt der Oligoklas in zwei Typen auf, und zwar einmal in sogenannter Augengrösse, allgemein nach Albit-Gesetz verzwillingt. Dieser erste Typ hat für die Klärung der Frage der Gesteinsbildung grosse Bedeutung, dann die Zwillingslamellen zeigen tektonische Faltungen und die Kristallwände weisen an mirmekitische Verwachsungen erinnernde Quarzeinschlüsse, die sicher Produkte von tektonischem Druck sind. Unter anderem fallen bei den Dünnschliffen der Probe Nr. 36574 die Plagioklase besonders auf. Die feinkörnigen Quarz- und Feldspateinschlüsse sind parallel gereiht. Diese Anreihungsrichtung ist ungefähr senkrecht zu der heutigen Schieferungsrichtung. Es geht daraus eindeutig hervor, dass auch die Plagioklase genau wie die Orthoklase vor der letzten Tektonik als Porphyroblaste gebildet wurden und nun als Porphyroblaste vorhanden sind.

Der zweite Typ von Plagioklasen tritt zusammen mit Quarzen und weniger mit Orthoklasen als Gesteinsfüllungen auf. Dieser Typ von Feldspaten hat keine Kristallnatur in voller Entstehung, sondern tritt als Kristallbruch und Kristallteilchen auf.

Muskovit. — Die kristallographische Längsrichtung der Muskovite ist auch parallel zur Verschieferungsrichtung, und haben ein äusserst frisches Aussehen und zeigen keinerlei tektonische Druckindizien. Einige Muskovitpartien sind mit Biotiten orientiert verwachsen.

Ausserhalb des orientierten Wachstums sind die Muskovite gegenüber den Biotiten dem Aussehen nach ältere Bildungen. Parallel zur Basisrichtung sind Inklusionen bemerkbar, die hauptsächlich in drei Arten auftreten: Hämatit (teilweise limonitisiert), graphitisierte organische Substanz und als jüngstes Mitglied Turmalin, der den Muskovit verdrängt.

Biotit. — Die im Gneis auftretenden Biotitmengen sind gegenüber Muskovit weniger vertreten. Bei Annäherung an Glimmerschiefer jedoch vermehrt sich auch der Biotit. Biotite in normalem Gneis sehen frisch aus. Dunkelbraune und braungelbe Pleokroismen können beobachtet werden. Zwischen den im allgemeinen in Richtung der Verschieferung gewachsenen Biotiten sind auch solche vorhanden, die zur genannten Richtung steil liegen. Zwischen diesen beiden Biotitarten konnten sonst keine weiteren Unterschiede festgestellt werden. Biotite, die gegenüber den Muskoviten jünger erscheinen, haben genau dieselben Einschlüsse wie bei den Muskoviten.

Turmalin. — Die in den Gneisen von Demirtepe vertretenen Turmaline entstanden zu verschiedenen Generationen und zwar in typischen Gneisen: 1) Ältere, gröbere Turmaline mit gelblichbrauner Innenzone und dunkelblau-schwarzer Aussenzone; 2) An die Stelle der Glimmer getretene, kleinere, blaue Turmaline. Das zonale Aussehen der älteren Turmaline stimmt mit dem als Produkt der chemischen Zusammensetzungsänderung zu betrachtenden zonalen Wachstums nicht überein. Zwischen den blauen Aussenzonen und den braunen Innenzonen ist eine Disharmonie zu den kristallographischen Richtungen zu beobachten, wobei an den Ecken der Innenzone Rundungen erscheinen. Wir sind der Ansicht, dass diese Art von Turmalinen von der Vergneisung des Gesteins um die ursprünglich vorhandene Turmalinergeneration als Produkt der ersten Vergneisung entstanden ist. Ihr kataklastischer Zustand zeigt ebenfalls, dass sie alt sind. Die zweite Art der Turmaline stellt eine sehr junge Bildung dar, deren Weiterbildung an passenden Stellen wahrscheinlich noch anhält. Bei Demirtepe ist eine dritte Turmalinenart zu beobachten, worauf wir später noch zurückkommen werden.

Accessortsche Mineralien. — Die accessorischen Mineralien sind Apatite, Zirkone, Titanite und Rutile.

Die Ecken der Zirkone sind im allgemeinen abgerundet. Die meisten sind stark kataklasiert und befinden sich im Zustand von Kristallbruchteilchen. Nach den Untersuchungen von R. D. Schuiling sind die Zirkone sedimentären Ursprungs. Unsere Beobachtungen stimmen mit dieser Ansicht überein.

Apatit kommt in Form von idiomorphen Kristallen vor. Die Korngrösse ist sehr verschieden. Teilweise sind auch kataklastische Apatite vorhanden.

Titanit und Rutil sind als typische Kristalle vertreten, von denen die mit abgerundeten Ecken kataklastisch sind.

Bei Annäherung an Glimmerschiefer von W nach E verliert der Gneis seinen «Augengneis»-Charakter, zusammen mit der Porphyroblastklasten werden auch die Glimmer weniger, wobei dem Gneis kleine Quarzlinchen in grosser Menge beige schaltet werden. Zuletzt beherrschen diese Quarzlinchen das Gestein vollkommen und man gelangt in eine Muskovit-Quarzit Zone. Zwischen dem Gneis und Quarzit befindet sich eine Wechselzone in allen Prozentverhältnissen.

2. Bildungen mit reichlichem Quarz

Der Gneis von Demirtepe ist in den Richtungen von ca N-S und W-E von Quarziten durchzogen, zwischen denen nicht nur im Bezug auf die Richtung, sondern auch hinsichtlich der Entstehung und Zusammensetzung Unterschiede bestehen.

Quarzite. — Sie bestehen aus Wechsellagerungen um Bändern, die aus kataklastischem, in Veischiefenmgsrichtung angereichertem Quarz und in gleicher Richtung gewachsenem Muskovit zusammen gesetzt wird. Die accessorische Mineralien bestehen stellenweise aus Apatit, Zirkon bzw. Rutil. Diese Quarzite, deren Streichen und Fallen, mit denen um Gneisen völlig konkordant verlaufen, weisen Mächtigkeiten und Längen von einigen cm und m bis 10-15 m und mehrere km.

Turmalinhaltige Quarzgänge. — Wegen unterschiedlichen Abtragungsbedingungen weisen die turmalinhaltigen Quarzgänge an der Oberfläche «orgelpfeifenartige» Formen auf und bestehen aus nicht zonarem reichlichem Turmalin und Quarz (in beide kataklastisch). Diese Gänge, deren Mächtigkeit 5-10 cm beträgt und die meistens zusammen vorkommend Ansammlungen darstellen, haben dasselbe Streichen wie die Gneise.

Erzhaltige Quarzgänge. — Sowohl im Gneis als auch im Quarzit kommen mit E-W-Streichen Quarzgänge in verschiedener Ausdehnung vor. Sie bestehen aus Pyrit (je nach Lokalität in wechselnder Menge) und Gangquarz und bilden im Demirtepe sterile Systeme, jedoch in z. B. Kisir-Osmankuyu gewinnen sie an Bedeutung. An gegebenen Stellen werden wir noch hierauf zurückkommen.

3. Der Glimmerschieferkomplex

Die Glimmerschieferzone ist charaktermässig kein homogenes Gestein. Als Überganszone vorn Gneis zu Glimmerschiefer kann eine Wechsellagerung von 1-10 cm mächtigen Zweiglimmer-Alkali-Gneis, Muskovit, Muskovit-Alkaligneis, Glimmerschiefer, turmalinführender Quarzit und Quarzbänder als Anfangszone beobachtet werden. Diese

Übergangszonen wurden auf der Karte mit in die Glimmerschiefermulde aufgenommen. Der Glimmerschieferkomplex besteht aus folgenden Gesteinen in völlig konkordanter Anordnung.

a. *Muskovitschiefer*. — Dieser besteht aus kataklastischem Muskovit in grosser Menge und weniger aus Quarzen. Die Muskovite sind z.T. chloritisiert.

b. *Muskovithaltiger Alkaligneis*. — Es handelt sich hier um einen Gneis ohne Augenbildung, jedoch in derselben Zusammensetzung wie oben beschrieben.

c. *Quarzitschiefer*. — Dieser besteht aus reichlichem kataklastischem Quarz und sehr wenig aus Muskovit, Magnetit und Hämatit. Die martitisierten und maghemitisierten Magnetite und Hämatite scheinen zwischen den Quarzen als Bindemittel zu fungieren. Die Eisenoxyde des Quarzitschiefers geben wertvolle Hinweise für die Erklärung der Genese der Eisenvererzungen, die dem Gebiet den Namen Demirtepe (Eisenberg) gegeben haben.

d. *Cordierit- disthen- granatführender Zweiglimmerschiefer*. — Das die zentralen Teile der Glimmerschiefer beherrschende und an diese Zone in N-S Richtung mit einer tektonischen Linie angeschlossene Gestein enthält reichlich Muskovit und Quarz, weniger Biotit, Granat, Disthen und wahrscheinlich Cordierit; Turmalin, Zirkon und Apatit erscheinen als Nebenminerale. Das interessanteste Mineral im Gestein ist u.E. eisenhaltiger Cordierit. Dieses poikidischer Wachsentum zeigende Mineral hat farblos hellgelbe bis orangeblaugrauen Pleochroismus, wobei n im Mittel ca 1,55, $2v = 45^\circ - 50^\circ$ sind. Der optische Charakter ist negativ. Leichte Pinitisierungserscheinungen sind ebenfalls vorhanden. Bei den an höffigen Stellen des Gesteins für Cordierit aufgenommenen Röntgendiagrammen konnte keine für Cordierit charakteristische Linie festgestellt werden. Da wir andererseits dieses zweifelhafte Mineral nicht rein isolieren konnten, müssen wir seine Anwesenheit hier mit Vorbehalt anführen. Auch Disthen tritt in sehr ungewohnter Form auf. Ein selbstständiger Disthenkristall wurde nirgends angetroffen, sondern nur als Relikte im Muskovit. Erst in den Röntgendiagrammen ist er eindeutig identifiziert worden. Die Granate dagegen sind im allgemeinen als Pseudomorphosen übriggeblieben, da die meist stark kataklasierten Körner von Biotiten und weniger von Chloriten verdrängt worden sind. Bestimmungen an verhältnismässig unverändert gebliebenen Granaten sprechen dafür, dass Almandin-Pyrop-Mischkristalle vorliegen. Der der stärksten tektonischen Beanspruchung ausgesetzte Teil des Glimmerschiefers befindet sich in dieser Zone. Mit Ausnahme von rekristallisationsfähigen Glimmern sind die übrigen Mineralien stark kataklastisch. Zur Verschieferungsrichtung senkrechte, posttektonische Biotite können auch in diesem Gestein beobachtet werden. Das Gestein ist das interessanteste Gestein des Gebiets, weil es gestattet die retrograde Metamorphose zu begrenzen, die das Produkt der späteren Orogenese ist.

Nach dem granatführenden Glimmerschiefer gelangt man durch allmählichen Übergang zum Muskovitschiefer. Dieser Übergang beginnt im E mit der Glimmerschiefer-Gneis-Übergangszone wieder. Anders als im Westen kommen in dieser Übergangszone reichliche Zirkon, Rutil, Apatit, Turmalin und ähnliche Nebenminerale vor. Sie sind in dünnen Bändern die Hauptkomponenten des Gesteins, was anzeigt, dass die Übergangszone im E anfänglich das Liegende und im W das Hangende repräsentiert hat.

Die Zusammenhänge von Gneis-Glimmerschiefergneis wurden oben bezüglich ihres ausgedehntesten Fundortes erläutert. Die diesbezüglichen Ergebnisse sind in Fig. 2 als idealisierter petrographischer Schnitt dargestellt.

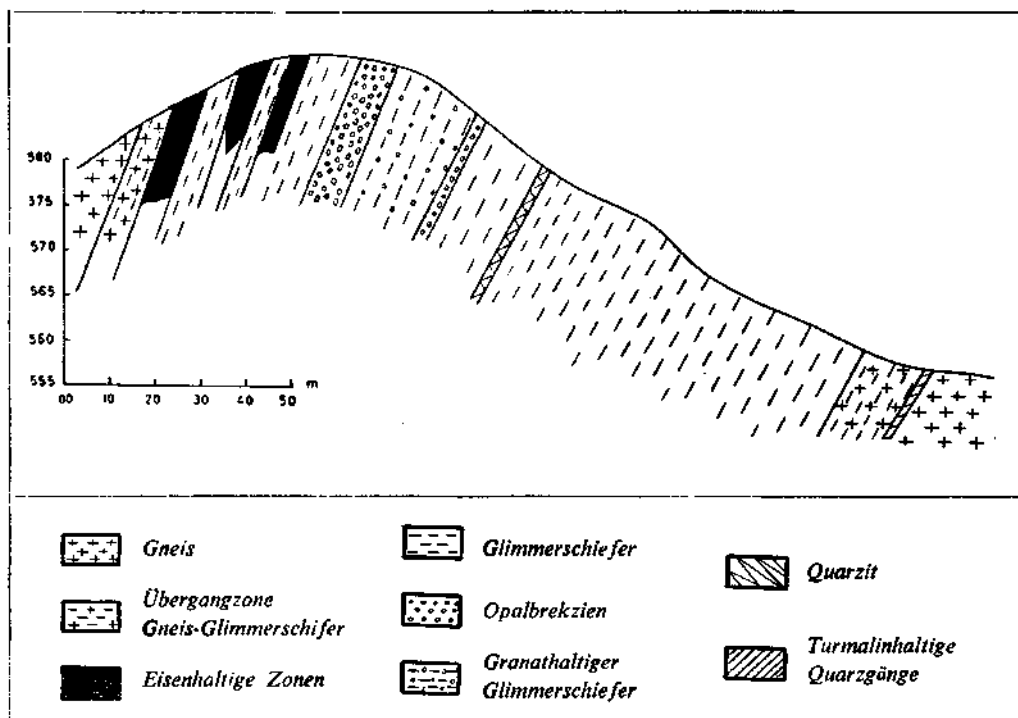


Fig. 2 - Petrographischer E-W-Schnitt von Demirtepe.

RADIOAKTIVE ZONEN

a. Absorbtionszonen

Die braunen und opalhaltigen Brekzienzonen, welche beim Durchgehen der Glimmerschieferzone durch ihre Stabilität morphologisch auffallen, hatten wir absichtlich nicht erwähnt. Zwei dieser Brekzienzonen wurden wegen ihrer Radioaktivität eingehend untersucht.

Die aus der Oberfläche entnommenen Brekzienproben bestehen aus unter stärkster Vergrößerung keine Kristallisation zeigendem Opal und einem völlig limonitisierten Erzmineral (wahrscheinlich Pyrit) mit Fragmenten vom Nebengestein, wie Schiefer- Muskovit- Quarz- Granat- und Feldspatstücke. Nachdem sie mit Opal verkittet wurden, und dadurch eine wenig Erz (Pyrit) führende Opalbrekzie entstand, wurde das ganze einer neuerlichen Bewegung unterworfen, wobei in die im Opal entstandene Fugen Limonit eindrang, Durch dieses als zweite Brekzisierung nennbare Geschehen drang die limonitische Verkittung gründlich ins Gestein Limonit kam nämlich nicht nur von Aussen, sondern die limonitführenden Lösungen haben auch die Eisenmineralien der ersten Brekzie limonitisiert, sodass eine mehrseitige Eisenablagerung stattfand.

In den aus der Galerie entnommenen opalhaltigen Brekzienproben kommt als primäres Mineral stark kataklastischer Pyrit vor. In den Brekzienfugen wurden sekundäre Uraniummineralien angetroffen. Die Immersionsmethoden und röntgenographischen Bestimmungen ergaben Autunit und Saleit bzw. Basseit (eisenhakiger Saleit).

Die zur Klärung der Petrographie der Galerie durchgeführten Arbeiten haben mit den Arbeiten der Oberflächenpetrographie übereinstimmende Resultate ergeben,

sodass eine Wiederholung hier sich erübrigen durfte. Eine interessante Beobachtung wollen wir aber hier doch erwähnen : Ausser der wirklich radioaktiven Zonen zeigt auch jeder Punkt der Gesteine in der Galerie eine starke Radioaktivität. Die Oberfläche der Mineralien an den aus diesen Punkten entnommenen Proben ist mit einem durch Ablagerung dauernder Wasserzirkulation angeschwemmten Limonit-Film bedeckt. Die in der Galerie vorhandene Radioaktivität rührt direkt von diesen sehr jungen Anschwemmungen her.

Zur Klärung der Gesteinsvariationen in Demirtepe wurden auch mehrere Bohrkerns untersucht. Die tiefste, bis 168 m abgeteufte Bohrung Nr. 21 hat die oben erwähnten Gesteinsarten und die in der Folge angeführten Eisenerze durchbohrt und gelangte dann in die den Gegenstand unsers Themas bildende Brekzie. Die Brekzie ist aufbau nässig auch hier aus denselben Elementen gebildet, wobei jedoch zwei bedeutende Unterschiede auffallen : 1) Die bei 168 m durchteufte Brekzie ist nicht radioaktiv; 2) Die Farbe der Brekzie ist hier sehr hell, d.h. ein Limoniteindrang hat nicht stattgefunden. Das ist ein eindeutiger Hinweis dafür, dass in den opalhaltigen Brekzien der bis zu 0,05 % ansteigende Gehalt an U_3O_8 nicht zusammen mit dem Opal, sondern mit dem Limonit hergeschwemmt und abgelagert wurde. Der Limonit rührt aus Eisenoxyd neben der opalhaltigen Brekzie zu treffenden Eisenoxydansammlungen in die opalhaltige Brekzie ein, während Uranium aus den Uranglimmeransammlungen. Die sich ebenfalls in der Nähe befinden, herkommt. Beide sind durch Oberflächengewässer in die Brekzie transportiert worden. Die opalhaltigen Bildungen spielen für die Gewässer dieser Art die Rolle eines idealen Filters.

b. Uranglimmerzonen. — Die in Demirtepe vorkommenden Uranglimmer befinden sich in der Umgebung der eisenhaltigen Zonen in Form von einzelnen Vererzungslinsen in Gneisen und Glimmerschiefern sowie, wie oben bereits erwähnt, in den Fugen der opalhaltigen Brekzien. Als Uranglimmer können an vorherrschenden Mineralien Autunit und seltener Basseit wie auch Uranopilit beobachtet werden. Dass die Uranmineralien in der Nähe von eisenhaltigen Zonen zu finden sind, kann ziemlich einfach erklärt werden, da in der Galerie und besonders in den aus der Galerie entnommenen Proben sehr deutlich beobachtet werden kann, wie um jede Einzellinse eine stark kataklastische Schwächezone vorhanden ist. Die sekundären Uranmineralien finden in diesen Zonen ideale Ablagerungsräume und füllen deren Fugen aus. Infolgedessen rührt die Uranmineralbildung in eisenhaltigen Zonen nicht aus Substanzzusammenhängen her. Mit anderen Worten, der Ursprung der Bildung von sekundären Uranmineralien ist nicht in eisenhaltigen Zonen zu suchen; denn sowohl auf der Oberfläche als auch in den Bohrtiefen bei verschiedenen Niveaus sind wohl eisenhaltige Zonen vorhanden, in denen aber keinerlei Radioaktivität festzustellen war.

Was die einzelnen Linsen anbelangt, so haben sie alle gemeinsam einen pyrit-haltigen Quarzgang oder die Linsen befinden sich in der Gneis- Glimmerschiefer-Übergangszone. Wir werden diese beiden Arten bei der Besprechung von Milas-Kargıcak und Kisir-Osmankuyu aufgreifen.

EISENHALTIGE ZONEN

Diese Zonen, die Demirtepe den Namen gegeben haben, kommen mit dem Liegenden der Glimmerschiefer beginnend in mehreren übereinander angeordneten Lagen

vor. Diese vorher ausserhalb der Quarzitschiefer in Form von Linsen entstandenen Vorkommen bestehen aus martitisiertem Magnetit, Hämatit und Pyrit.

Maynetite. — Von den wegen Metamorphose in Richtung III- und 001- durch Erhitzung martitisierten Magnetite sind meistens nur Spuren übriggeblieben, weil eine zweite Oxydierung die Martititstrukturen und Texturen zerstört und Hämatitisierung hervorgerufen hat. Die Ecken der Kristalle, in deren Kernen im allgemeinen Magnetitreliekt vorhanden sind, sind abgerundet, sobald das kataklastische Gefüge diese Beobachtung zulässt. Unsers Erachtens sind diese Körner Primär-Sedimentationsmagnetite, die durch Metamorphose nicht rekristallisiert wurden. In den eisenhaltigen Zonen sind ferner Pimärhämatite in kleinen Mengen vertreten.

Pyrite. — Bald sind die Pyrite als idiomorphe Körner im Eisenoxyd verstreut, bald erscheinen sie an Stelle der Eisenoxyde als Verdränger. In der Hauptsache können zwei Pyrittypen unterschieden werden: 1) Als Verdränger von Magnetit oder mit ihm koexistierende Pyrite. Diese Pyrite, die in Schicksalsgemeinschaft mit den Magnetiten vorkommen sind kataklastisch und wahrscheinlich schon in der Sedimentationsphase in das Gestein eingedrungen und während der Metamorphose rekristallisiert, wobei sie teilweise die ersteren verdrängend anwuchsen. 2) Im Schiefer bzw. in den eisenhaltigen Linsen befindliche nicht kataklastische junge Bildungen. Aus vom Gestein durchlebten geodynamischen Gründen ist es naheliegend, dass die Pyrite (primär) zur Lösung gelangten und an anderen Stellen rekristallisiert wurden.

Auf diese Weise kann man die Eisenbildung von Demirtepe mit folgenden Phasen ausdrücken: 1) Eine am magnetitreiche Ablagerung und hieran gebundene Limonit- und FeS₂-Bildung (wahrscheinlich als Produkt von Schwefelkreislauf); 2) Erste Metamorphose. Hierbei werden die Magnetite martitisiert, FeS₂ rekristallisiert und die erste Pyritgeneration entstand. Aus dem Limonit bildete sich Hämatit; 3) Zweite Metamorphose, Kataklasierung der martitisierten Magnetite, sekundäre Hämatitisierung und Maghemitisierung, zweite Pyritgeneration; 4) Entstehung von eisernen Hüten. Diese Bildung wurde kurzfristig Gegenstand eines Abbaues. Aus den Resten des eisernen Hutes und aus den eisenhaltigen Zonen wurden Spektralanalysen durchgeführt, die aber keine abbauwürdigen Spurenelemente ergaben. Die sekundären Eisenanreicherungen im Gebiet des eisernen Hutes haben höchstwahrscheinlich die Nutzsubstanz der alten Abbaue dargestellt. An den Stellen, wo keine sekundären Anreicherungen stattfanden, haben die Eisenzonen keinen wirtschaftlichen Wert.

DAS VORKOMMEN VON KİSİR-OSMANKUYU

Geographische Lage. — Osmankuyu liegt im westlichen Teil des Çine-Massivs mit Asidağ im Osten, Sayrakçıköy im Westen und ist das südlich von Kisirköy gelegene Gebiet. Es ist dem Dorf von Bağarası, dem Distrikt von Söke der Provinz Aydın angegliedert.

Eine systematische Uraniumprospektion wurde durch Dr. M. Andaç, U. Denkeli und T. Kineş geleitet. Die geologische Lage des Gebiets mit Erläuterungen der Schürfarbeiten wurde uns von U. Denkeli berichtet. Ihm sprechen wir hier unsern Dank aus.

GEOLOGISCHE LAGE UND RADIOAKTIVE ZONEN

Die Vorkommen von Osmankuyu liegen innerhalb eines Augengneises, der sich im N eines das Gebiet von E nach W durchstreichenden tektonischen Taleinschnitts befindet. Der Augengneis ist, wie oben bei der Beschreibung des Vorkommens von Demirtepe beschrieben, der Gneis des Çinemassivs, sodass eine nochmalige Beschreibung sich erübrigen durfte. Der Gneis ist von NW-SE, NE-SW und E-W streichenden Quarziten, turmalinhaltigen Quarzgängen, erzführenden Quarzadern und Glimmerschiefern durchsetzt. Die Uraniumvererzungen kommen in limonisierten Schwächezonen vor. Offensichtlich können diese Zonen in zwei Abschnitten betrachtet werden :

1) Uranglimmervererzungen, die wohl keine Quarzgänge enthalten, aber zusammen mit einer Limonitierung auftreten. Diese Vererzungen sind in den innerhalb des Gneises vorkommenden milonitisierten Zonen entstanden und haben grösstenteils Uranglimmerfugen aus Autunit, seltener aus Torbernit und Uranopillit. In diesen aus kleinen Linsen bestehenden Vererzungen fällt es besonders auf, dass Pyrit und Magnetit stets als Reste auftreten. Pyrit befindet sich normalerweise nicht unter den accessorischen Mineralien des Gneises. Es ist eigenartig, dass ausser den eisenhaltigen Zonen von Demirtepe und den unten besprochenen erzführenden Quarzgängen nur in Stellen, wo Uranglimmer anwesend ist, Reste hiervon beobachtet werden.

2) Die erzführenden Quarzgänge, die im allgemeinen NW-SE streichen, enthalten primäre U-Mineralien, die überhaupt in Westanatolien sehr selten vorkommen. Meistens kann in den völlig konkoidant mit Gneis liegenden Muskovitquarzitadern eine intensive Limonitierung beobachtet werden. Die mittleren Abschnitte, die aus kataklastischem Quarz, Pyrit und Serizit bestehen, sind in Bezug auf jegliches Erz steril, sie bestehen nur aus Milchgneis. Die Quarzgänge werden entsprechend der Verschieferungsrichtung des Gneises von feinen Turmalinäderchen durchzogen. Alle Spalten und Faltungssysteme des Gneises sind sonst auch in diesen Adern vertreten. Sowohl in den gleichgerichteten Spalten des Quarzganges, des Übergangsquarzits als auch des Gneises kommen sekundär Uranmineralien vor. Bei diesen in verschiedenen Schürfen freigelegten limonitischen Quarzgängen konnten an Uranglimmer, Autunit, Metaautunit, Skolodowskit, Metatorbernit, Phosphuranilit festgestellt werden. Die Bestimmungen wurden mit optischen und röntgenographischen Methoden durchgeführt.

Uraninit. — Nur in einer von hunderten aus dem Çine Massiv entnommenen Proben, und zwar aus dem den Schürf Nr. 15 durchsetzenden Quarzgang, konnte primäres Uranmineral beobachtet werden. Innerhalb dieses ca 10 cm mächtigen Quarzganges sind in einer Mächtigkeit von nur 1 mm und einer Erstreckung von einigen cm in vier übereinander angeordneten Rissen idiomorph-hypidiomorphe Uranitkristallchen festgestellt worden, deren Korngrösse von 0,5 mm beträgt. Das verkettete Wachsen der Kristallchen liegt parallel zu den Querrissen des Ganges. Ausser Uraninit kommt in gröberer Korngrösse Pyrit vor. Die an den Rändern limonitisierten und sulfatisierten Pyrite sind kataklastisch. Auch in den kataklastischen Rissen der Pyrite kommen Uraninitfüllungen vor, wobei an einigen Körnern Uraninit deutlich Pyrit verdrängt hat. Ein besonders auffallender Punkt ist, dass der Uraninit ein äusserst frisches Aussehen hat. Da die Quarzgänge zusammen mit dem Gneis offenbar einige tektonische Bewegungen hinter sich haben, und eine intensive Wasserzirkulation stattfand, kann der frische Zustand des Uraninit nur in zwei Formen erklärt werden: 1) Pyrit und Uraninit entstanden in der gleichen Phase. Bei der späteren Durchbewegung, wo

die Pyrite kataklasiert wurden, konnten die Uraninite an sehr seltenen, von den äusseren Einflüssen verschont gebliebenen Stellen rekristallisiert werden. 2) Zwischen dem Uraninit und Pyrit ist keinerlei ursprüngliche Verbindung bestanden. Die die Uranglimmer bildenden vadosen Lösungen sind unter sehr unterbrochenen physikalisch-chemischen Bedingungen ausnahmsweise um die Pyrite herum zur Uraninit Ablagerung gelangt, Der Verfasser ist der Überzeugung, dass die zweite Wahrscheinlichkeit der Wirklichkeit am nächsten ist.

Die Untersuchung der Quarzgänge nach der Tiefe wurde nämlich mittels Bohrungen durchgeführt, wobei sobald die Zone erreicht wurde, die durch Flächenwasser nicht beeinflusst wird, die Radioaktivität aufhörte.

URANIUMENTSTEHUNG IM LICHT DER PETROGRAPHISCHEN ERGEBNISSE

Das den Gegenstand der Untersuchung bildende Gebiet umschliesst die Hauptgesteine des an das Menderes Massiv angeschlossenen Çine Massivs. Zusammen mit unseren Ansichten über die Entstehung des Gesteine, deren Detailpetrographie wir im Lichte neutraler Beobachtungen zu klären versuchten, wollen wir nun auch die Entstehung von Uran zu erläutern versuchen. Vorausschicken möchten wir, dass wir aus Gründen materieller Unmöglichkeiten von der Petrographie zur Petrologie nicht übergehen konnten, und dadurch unsere Ansichten betreffend die Entstehung nichts weiter als einen Versuch darstellen.

Wie es auch aus den Beschreibungen deutlich hervorgeht, wurden die Gesteine des Gebiets mindestens von zwei und wahrscheinlich von drei Orogenesen beeinflusst:

1) Die N-S Richtung stellt die Spur der ältesten Orogenese des Gebiets dar. Das nachgewiesenermassen während dieser Orogenese stattgefundenen Geschehen ist, dass die den Ursprung der Gesteine bildenden Sedimente gefaltet sind. Es ist nicht möglich darüber eine überzeugende Ansicht zu gewinnen, bis zu welcher Fazies die Gesteinsbildung während dieser Phase fortgeschritten ist. Der Verfasser ist der Ansicht, dass die erste Feldspatisierung während dieser Phase stattgefunden haben muss. Ebenso ist während dieser Phase der Uran, der in diesem Sediment vorhanden gewesen sein muss, mobilisiert, wobei Mobilisierungszentren ähnlich denen des Preit Thaies in den Kot Alpen gebildet wurden.

2) Die zweite Phase ist- die der Migmatisierung. Die in unserem Gebiet der Migmatisierung unterworfenen, höchstwahrscheinlich präkristallinisierten Sedimente müssen tonige Ablagerungen gewesen sein, die stellenweise magnetitführende Eisen und Quarziten umschliessen. Mit R. D. Schuiling, der behauptet, dass die Gesteine des Menderes Massivs «para» Gesteine darstellen, sind wie einig. Die Stellung der «Porphyroblastklasten» des Feldspats, die Liegend- Hangend-Grenze der Glimmerschiefermulde von Demirtepe die Körnungslage der Magnetite sind ausser den Argumenten von Schuiling, weitere Argumente zu Gunsten von Paragesteinen. Die Metamorphose im Çine Massiv fand in mezo-katazonaler (Almandin-Disthen-Fazies) Intensität statt. Nach dem Ergebnis der Migmatisierung und der entstandenen Hauptrichtung von NE-SW folgt der Tektonik eine pegmatitische Phase. Die turmalinführende Quarzgänge mit Orgelpfeifenform stellen das Produkt dieser Phase dar. Die dann folgende hydrothermale Phase ist mit pyritführenden Quarzgängen vertreten.

Während diesen Phasen kam es mit grosser Wahrscheinlichkeit zu primären Uranmineralisierungen. An einem anderen Punkt des Untersuchungsgegenstand bildenden

Massivs steht nämlich zum grossen Glück ein ungestörtes Pechblendevorkommen. Diese Pechblende, wovon nichts mehr übriggeblieben ist, hat ein absolutes Alter 268 +60 M.J. Wie auch G. Durand, der das absolute Alter bestimmte, angibt, kann ein einziges Alter nichts bedeuten. Die absoluten Altersbestimmungen von G. Durand in der Limouzat-Uraniumlagerstätte von Bois-Noirs Massiv ergaben, dass die nach Uranium/Blei Methoden durchgeführten Altersbestimmungen mit allegrösster Vorsicht zu behandeln sind. Durand sagt hierzu: «Les resultats de cette etude demontrent, si cela etait necessaire, qu'il faut repenser completement la notion de determination d'äge absolu par la methode des plombs isotopiques. Les determinations sur un echantillon, sauf cas tres exceptionnel, ne signifient rien en elles-memes, et l'etude d'un meme gisement reserve bien des surprises.»

Aus der Beschreibung der Probe, deren Alter von Durand bestimmt wurde geht hervor, dass diese Probe mit dem von uns aufgefundenen Uraninit von Osmankuyu nicht identisch sein kann. Wir neigen eher zu der Annahme, dass dieser als grosse Ausnahme ungestört gebliebene Probe das in der ersten Phase mobilisierte Uranium darstellt und das bestimmte Alter zu dieser Phase zukommt

Das letzte Produkt dieser hydrothermalen Phase stellen die Opale von Demirtepe dar. Die Sterilität der Opale im Hinblick auf Radioaktivität bringt die Annahme auf, dass das Uranium bei den zweiten Mobilisierungen anstatt als Verteilungen auf der Oberfläche als Ansammlungen von sekundären Mineralien wie primäre Erzanreicherungen gebildet wurden. Über die Stellen und der Art dieser Ansammlungen sind keine Indizien vorhanden, und zwar aus folgenden Gründen :

3) Die dritte Phase ist eine ausgesprochene Diaphthorese (Zerstörungs)-Phase. In Verbindung mit der jungtektonischen Richtung von E-W (idealisiert) fallen in dieser Phase folgende Zerstörungsindizien auf:

- a) Die kataklastischen Erscheinungen im Gestein,
- b) Feldspat-Porphyroblasten in den Gneisen, die durch syntektonische Mineralien (rekristallisierte Biotite, Muskovite sowie junge Quarzgenerationen) durchsetzt sind, liegen als Klaste vor.
- c) Die Diaphthorese in den Granaten und Disthenen,
- d) Die Erzbildungen der vorhergehenden Phase wurden brekzisiert und bei einer neuerlichen Bewegung wieder verkittet, wobei teilweise neuerliche Vererzungen stattfanden.

Gemäss diesen Beobachtungen war auch die letzte Phase nicht nur eine kalte Tektonik. Die mit der Diaphthorese der Ostalpen vergleichbare Zerstörung verursachte übrigens eine völlige Umsetzung der primären Uranerze und eine Ablagerung von sekundären Uranmineralien in die Räume, wo die physikalisch-chemischen Voraussetzungen hierzu vorhanden waren.

Für die Uranablagerung aus wasserhaltigen Systemen sind nämlich die Veränderungen des pH-Wertes, der Wärme, des Drucks und insbesondere des Oxydationspotentials sehr bedeutende Faktoren. Die Vadosen oder durch die Metamorphose aus Mineralien mit Kristallwasser freiwerdenden quasi juvenilen Gewässer lösen, wenn auch geringe Mengen, Uran auf. Die besten Voraussetzungen für die Veränderung des pH-Wertes und Oxydationspotentials dieser Lösungen sind wohl in Eisen und Pyritzonen ergeben, wo tatsächlich sekundäre Uranmineralien zu finden sind. In pyrithaltigen Zonen

ist es sogar ausnahmsweise möglich, dass durch reduzierenden Einfluss von Schwefel und Fe^{+2} Ionen eine Uraninitkristallisation entsteht. Der Verfasser ist der Ansicht, dass der in Osmankuyu festgestellte Uraninit auf diese Weise zur Bildung gekommen ist,

Was die Absorbtiionszonen anbelangt, so sind diese u.E. völlig neue Bildungen und entstehen heute noch durch Transport der durch Flächenwasser von sekundären Uranmineralien gelösten Uraniummengen. Die Fähigkeit des Limonits, Uran zu absorbieren ist besonders hoch, sodass die eisen- und limonitführenden Zonen, diesmal in einer anderen Richtung, mit den Radioaktivzonen in nahem Zusammenhang stehen.

Abschliessend können wir sagen, dass die alpine Phase nicht nur an Gesteinen, sondern auch hinsichtlich des Uraniums eine Zerstörung hervorgerufen hat. Unserer Ansicht nach kann nur durch eine solche Zerstörung die Entstehung auf dem ziemlich kleinen Massiv, wie das von Çine, Hunderte lose aber gleichartige Uranvorkommen erklärt werden.

Was das Alter der Gesteinsbildung anbelangt, können wir unsere Ansicht entsprechend der letzten Veröffentlichung von Dr. J. Wipperfurth und besonders entsprechend unserer Veröffentlichung der Geochronologie, die wir demnächst über die Massive von Uludağ und Eğrigöz herausgeben werden, kurz wie folgt zusammenfassen :

<i>P h a s e</i>	<i>Tektonische Richtung (idealisiert)</i>	<i>Metamorphose</i>
Alpidisch	E-W	Diaphthorese und Bruchtektonik
Laramisch	NE-SW	Mezo-katazonale Metamorphose
Herzinisch	N-S	Faltung und Präfeldspati- sierung (Prämetamorphose ?)

Manuscript received August 12, 1965

L I T E R A T U R

- ANDAÇ, M. (1962) : Kisir-Osmankuyu civarı sistematik U-prospeksiyonu. *M.T.A. Rep.*, no. 3158 (unpublished), Ankara.
- ANGEL, F. (1965) : Retrograde Metamorphose und Diaphthoiese. *N. Jb. Miner. Abh.*, 102.
- CEVALES, G. (1961) : Metamorphose Mobilisationsvprgänge in der Uranlagerstätte des Preittals (Kotische Alpen). *N. Jb. Miner. Abh.*, 96.
- DENKEL, U. (1962) : Aydın-Çavdar-Demirtepe uranyum cevheri hakkında jeolojik nihai rapor. *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- DURAND, G. (1962) : Dikmen (Muğla) de bulunan pechblende zuhuru yaşının ölçülmesi. *M.T.A. Bull.*, no. 58, Ankara.
- (1963) : Etude des mineralisations uraniferes du gisement du Limouzat Massif des Bois-Noirs. *Rapport C.E.A.*, Nr. 2333.
- ELGİN, G. (1952) : Mineralojik rapor. No. 3783. *M.T.A.* (unpublished), Ankara.

- FRONDEL, C. (1957) : Mineralogy of uranium. *Am. Miner.*, 42.
- GARRELS, R.M. (1955) : Some thermodynamic relations among the uranium oxides and their relation to the Oxidation states of the uranium ores of the Colorado Plateau. *Am. Miner.*, 40.
- GETSEVA, R.V. (1958) : The nature of sedimentary metamorphic uranium mineralisation, in : The Geology of Uranium. *Chapman and Hall*, London.
- GOLDSCHMIDT, V.M. (1954) : Geochemistry. *Oxf. Univ. Press*, London.
- HEINRICH, E.W. (1958) : Mineralogy and geology of radioactive raw materials. *Mc. Graw-Hill*, New York.
- KİNEŞ, T. Kisir-Osmankuyu aktivite bölgesi etüd raporu. *M.T.A. Rep.* (unpublished), Ankara.
- MILLER, L.J. (1958) : The chemical environment of pitchblende. *Econ. Geol.*, 53.
- ÖZTUNALI, Ö. (1962) : Çavdar-Demirtepe, Kisir-Osmankuyu, Milas-Kargıcak uranyum zuhurları oluşumu hakkında. *M.T.A. Miner. Rep.* no. 3868, 3869, 3870 (unpublished), Ankara.
- (1962) : Kasar, Ragıllar-Kaletepe, Taşharman-Ballıkdere, Emet-Göcek, Temaşatepe, Mestanlı, Topallı, Yardere uranyum zuhurları oluşumu hakkında. *M.T.A. Miner. Rep.* no. 3928, 3929, 3930, :3931, 3932 (unpublished), Ankara.
- RAFALSKY, R.P. (1958) : The experimental investigation of the conditions of uranium transport and deposition by hydrothermal Solutions. *H. Inter. Conf. Peac. Us. Atom. Ener.*, Proc. 2.
- RAMDOHR, P. (1954) : Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. *Ferdinand Enke Verl.*, Stuttgart.
- (1955) : Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. *Akademie Verlag*, Berlin.
- ROZHKOVA, E.V.; RASLMNAYA, E.G.; SEREBRYAKOVA, M. B. & SCHERBAK, O. V. (1958) : The role of absorption in the process of uranium concentration in sedimentary rocks. II. *Inter. Conf. Peac. Us. Atom. Ener.*, Proc. 2.
- SCHUILING, R.D. (1958) : Menderes masifine ait bir gözlü gnays üzerinde zirkon etüdü *M.T.A. Bull.*, no. 51, Ankara.
- (1962) : Türkiye'nin güneybatısındaki Menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında. *M.T.A. Bull.*, no. 58, Ankara.