

GEOLOGISCH—LAGERSTÄTTENKUNDLICHE UNTERSUCHUNG  
ÜBER EISEN—UND NICKELHÄLTIGEN LATERITVORKOMMEN  
UND ZU IHNEN ÄHNLICHEN BILDUNGEN IM GEBIET  
PROPHITIS HELIAS BEI WATERA DER INSEL LESBOS

Von

E. A. CHATZIDIMITRIADIS

(Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Thessaloniki)

(Received 29.6.1973)

**Zusammenfassung:** Im Prophitis Heliasgebiet von Waterra der Insel Lesbos habe ich Fe - Ni - hältigen Lateriten und ihnen ähnlichen, durch Mobilisierung der ersten entstandenen Fe - Ni - hältigen Verwitterungskrusten untersucht. Geologisch gesehen, wird der Untergrund des untersuchten Gebietes aus jungpaläozoischen Phylliten, Grünschiefern, Sandsteinen und Marmoreinschaltungen aufgebaut. An grossen Dislokationslinien mit der Richtung SW - NE ungefähr, intrudierte der basische bis ultrabasische Initialmagmatismus, der heute im Bereich der Lagerstätte zonenartig auftritt und bis zur Stadt Polychnitos beobachtbar ist. Im Prophitis Heliasgebiet besteht der basischer Magmatismus aus Gabbro - Norit.

Das genannte Gestein wird an mehreren Stellen durch die Tektonik verworfen und zerlegt. An Zerlegungsstellen (Störungsflächen) beobachtet man roterdenartigen Bildungen, die an den Stellen 1, 2, 3 (ziehe geol. Karte) als Fe - Ni - hältige laterite erkannt wurden. Der genannte Laterit enthält Nickelsilikaten der Chloritfamilie. Wahrscheinlich handelt es sich hier um das Mineral  $2(\text{Ni}, \text{Mg})\text{O}$ ,  $(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  oder  $(\text{Mg}, \text{Ni})_3$ ,  $(\text{Mg}, \text{Ni}, \text{Al})_3$   $(\text{OH})_3$   $(\text{Al}, \text{Si})$ :  $\text{Si}_2\text{O}_{10}$ , von unbekannter chemischen Zusammensetzung. Die röntgenographische Untersuchung an reinem Ni-Si-Mineral als auch die Methode D-T-A gaben hinweise auf einen Ni-Si-Chlorit. Das erwähnte Mineral liegt in einer Roterdemasse (Lateritmasse) in Form von geringerer Mächtigkeit Spältchenfüllung. An manchen Stellen ist das oben genannte Mineral stärker angereichert und bildet wahrscheinlich die sogenannte Anreicherungszone (Ziehe Säulenprofil I). Entlang der drei Lateritstellen 1, 2, 3 (ziehe geol. Karte) sind drei Bohrungen angelegt worden. Nach der Beschreibung der Bohrkernen ist bewiesen worden, dass der Bohrkern aus freiem Quarz und Kalzit besteht und eine Verwerfungsfläche ausfüllt.

Dieses quarzig - kalzitisches Material ist von feinverteiletem Eisenoxyd rot gefärbt und führt Ni in unwesentlichen Mengen (ziehe Säulenprofil I). Man vermutet, dass diese Verwerfungsfläche aus Ni - Fe - hältigen Laterit bestand, der später von Ca- und Mg - Lösungen, die aus der Verwitterung des Muttergesteins durch postvulkanischer Lösungen befreit wurden, verdrängt ist. Dieser durch Verdrängung entstandener Laterit enthält wenig Ni - Silikat deswegen, weil es ausgewaschen und abgeführt wurde. Auch grosser Teil des Eisengehaltes wurde ebenfalls ausgewaschen. Das Material von CaO und MgO stammt gänzlich von der Zersetzung der Ca - Plagioklasen und Klinopyroxenen als auch von der Jenigen der Orthopyroxenen, die reichlich im Gabbro - Norit also im Lateritmuttergestein vorhanden sind. In der Lage 4, (ziehe geol. Karte) wurde

*eine autochthone Fe - Ni - hältige Verwitterungskruste festgestellt, die ziemlich höheren Ni-Gehalt als der der Bohrkerne, aufweist. Alle Daten sprechen dort dafür, dass der Gabbro - Norit nach ihrer Zersetzung eine Fe - Ni - CaCO<sub>3</sub> - MgCO<sub>3</sub>- hältige Kruste von der Mächtigkeit 6 bis 10 m, bildete. Es dürfte hier noch angenommen werden, dass eine unwesentlicher Mächtigkeit Mergeldecke in die Zersetzungszone des Gabbro - Norits mitbezogen wurde, die später Ca und Mg Lösungen freimachte, um verschiedenen Spalten im zerfressenen Material der Verwitterungskruste in Form von Karbonaten auszufüllen. Die bisher durch die Untersuchung getrennte Materialien werden in der weiteren Folge mit allen Einzelheiten beschrieben. Der Nickelgehalt, der die Nickelsilicate bildete, wurde von dem Ortho - und - Klinopyroxengitter des Gabbro - Norits frei, weil er dort mit Mg - Isomorph vertretbar sein kann, wegen der Ahnlichkeit der Längen ihrer Ionenradien.*

#### EINLEITUNG.

Die vorliegende Arbeit wurde im Jahre 1971 mit dem Titel «Über die Lagerstätten des nickelhaltigen Laterites bei Prophitis-Helias, Mytilini (ziehe Literatur) publiziert. Nach der ersten lagerstättenkundlichen Erkundung im Jahre 1971 folgte eine zweite, die durch neue geologische Aufnahme, Grabenbildung und mehreren chemischen Analysen ergänzt wurde. Bei der ersten Erkundung der oben genannten Lagerstätten habe ich das untersuchte Gebiet in Masstab 1:50.000 aufgenommen. Die Topographie war bei der benutzten Karte teilweise falsch eingetragen und zwar die Anhöhe von «Prophitis Helias» mit der Höhe von 155 m. Deshalb kam ich zu einer Verwirrung und habe die Lateritpositionen, die im Gelände gefunden wurden, an unrichtigen Stellen der Karte eingetragen. Eine zweite Verwirrung wurde dadurch verursacht, dass ich die nickelhältigen Laterite des studierten Bereiches makroskopisch nicht genug deutlich erkennen konnte, weil ja die im Chemielabor des Geologischen Instituts von Athen durchgeführten Analysen des untersuchten Materials nur den Nickelgehalt und keine andere Auskunft über deren Zusammensetzung gaben. An manchen Stellen, welche makroskopisch als Laterite erkannt wurden, haben die chemischen Analysen keinen Nickelgehalt gezeigt. Dies war ein Grund dafür, mehreren Stellen, die zuerst als Nickellaterite erkannt wurden, wegen des Fehlens des Nickelgehaltes von den Lateritvorkommen durchzustreichen. Die eben genannten Lateritbildungen, die keinen Nickelgehalt zeigten, wurden neueren Untersuchungen nach als hematitisch-manganhaltige Hornsteine bestimmt.

Die Umgebung der nickelhältigen Laterite wurden neuerdings im Masstab 1:10.000 geologisch und petrographisch aufgenommen. An bestimmten Stellen entlang einer Störung wurden drei Bohrungen

angelegt und an andereu Lagen wieder hat mau treppenweise ausgegraben, bis man von der Oberfläche in der Tiefe hin das basische Laterit-muttergestein erreichte (ziehe geol. Karte).

Die nickelhaltigen Materialien wurden röntgenographisch und durch D-T-A- Methode nach Nickelsilikatminerale untersucht. Die genannte Untersuchung wurde vom Fräulein Dr. W. Mitzaki im Labor des geologischen Staatsinstituts von Athen durchgeführt. Für die eben erwähnten Untersuchung möchte ich mich beim Fräulein Mitzaki herzlich bedanken. Dem Chemielabor deselben Instituts danke ich für die von ihm durchgeführten verschiedenen chemischen Analysen, welche an Proben des untersuchten Bereiches gemacht wurden und die Gedanken an verschiedenartigen Problemen der Lateritlagerstätte durch ihre Ergebnisse änderten.

Mein Dank gilt auch der damaligen Verwaltung des geologischen Staat sinstituts von Athen (1972), die mir die finanzielle Möglichkeit für die Sammlung verschiedener Daten, um diese Arbeit zu schreiben, gab.

Für die Publizierung dieser Arbeit möchte ich mich beim Herrn Professor Dr. J. Melentis, Vorstand des geologischen Instituts der Universität Thessaloniki herzlich bedanken.

## 1. ALLGEMEINES UEBER DIE GEOLOGIE UND DEN TEKTONISCHEN BAU DES UNTERSUCHTEN GEBIETES.

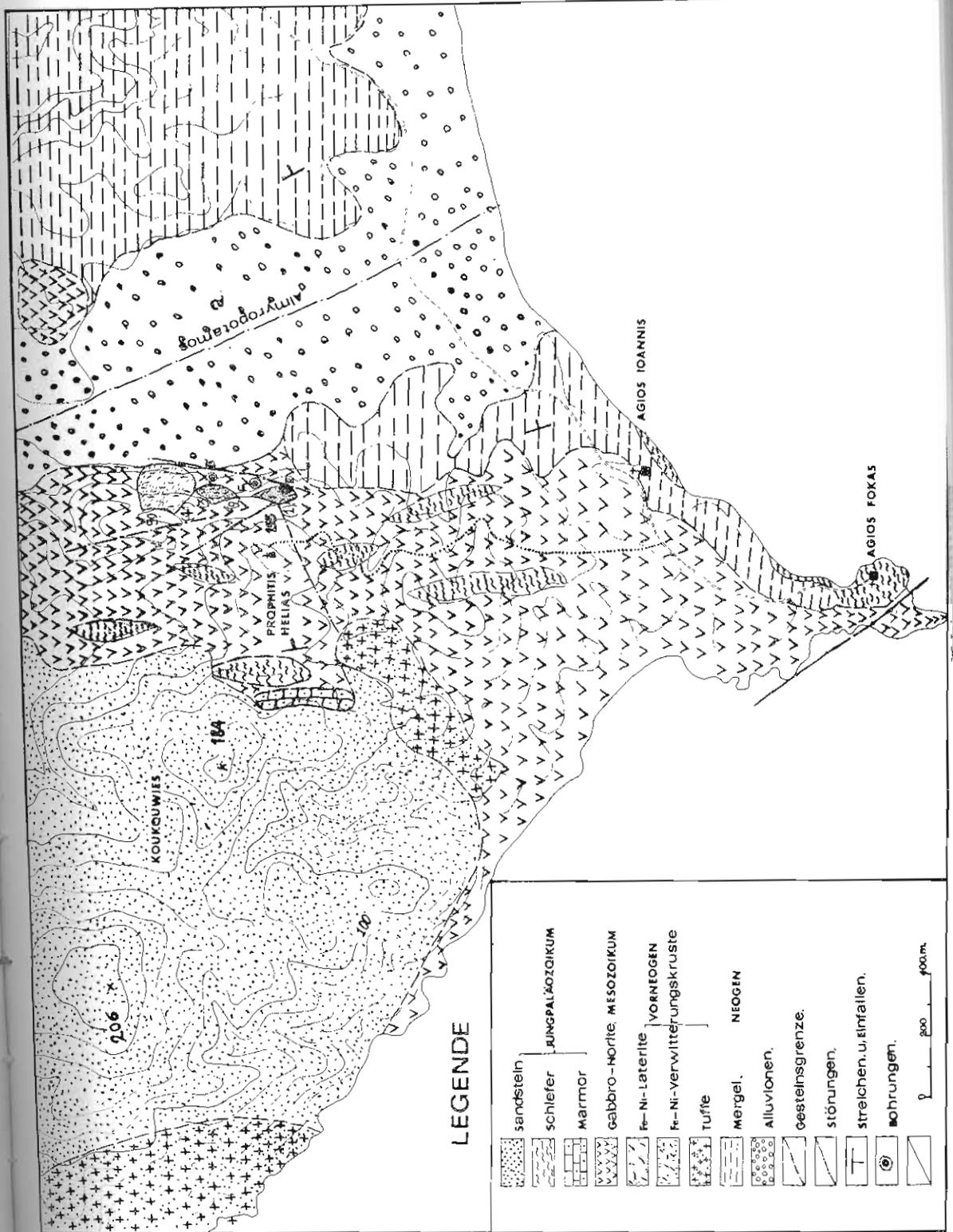
### A. GEOLOGIE.

Die Umgebung der nickelhaltigen Lateriten wird von den folgenden geologisch-petrographischen Einheiten aufgebaut: das geologische Grundgebirge des untersuchten Bereiches baut sich hauptsächlich aus verschieden gefärbten Tonschieferarten, die stellenweise phyllitisch mit Chloritgehalt und teilweise wieder hämatitisch mit etwa 13% MnO-Gehalt auftreten. In dem genannten Schichtkomplex lokalisiert man noch manchen linsenartigen Marmoreinschlüssen, wobei deren Längsachsen in der Schieferung zu liegen scheinen. Die meisten Tonschiefer findet man im Gebiet «Agios Fokas», «Prophitis Helias, östlich und nördlich von «Koukouwies» u.a (ziehe geol. Karte.). Die linsenförmige Marmoreinschlüsse liegt zielich westlicher der Anhöhe «Prophitis-Helias». Eine grosse Oberflächenverbreitung hat in dem untersuchten Bereich der Sandstein, der bei der Ortschaft «Koukouwies» zu beobachten ist. Er besteht aus gut gerundeten Quarzkörnern, Feldspatdetritus und verschiedenen Glimmerarten. Es muss hier betont werden, dass man ähnlichen geologischen Verhältnisse auch bei

«Agiassos» von Lesbos beobachtet, bei denen allerdings eine karbonatische Vormacht beobachtet wird, die im «Prophitis-Helias» Gebiet nicht zum Vorschein kommt. Die bisher genannten Einheiten bezeichnet man gemäss neueren Kartierungsarbeiten nach, als jungpaläozoisch (J. Hecht 1969). Die eben erwähnten jugpaläozoischen Tonschieferkomplexe und Sandsteine werden in einem aus SSW nach NNE verlaufendem Zug aus ultrabasischen bis basischen Gesteinen durchbrochen: dieser Magmatismus besteht aus Periododiten, Duniten, Gabbros, Noriten und anderen metamagmatischen Gesteinen.

Die ultrabasischen Gesteine bleiben in ihrer grössten Verbreitung intakt, vorallem im Gebiet westlich von Agios Phokas (ziehe geol. Kart 1:10.000). Die beiden Plutonittypen erscheinen an mehreren Stellen serpentiniert und metamorph überprägt. Die grünen basischen Gesteine von «Prophitis-Helias» sind heute als Amphibolite zu bezeichnen, die aus Gabbronoriten hervorgingen. Ähnlichen Gesteinstypen findet man im Bereich von Agiassos, wobei ausser den Peridotit-Duniten noch Grüngesteine zu beobachten sind. Dieser von «Agios Phokas» bis zum «Aphoradesgebiet» ziehende ultrabasischer Gesteinszug ist als ein mesozoisch intrudierter Initialmagmatismus im Rahmen der alpidischen Geosynkinalstadiums zu bezeichnen. Nach dem mesozoischen Initialmagmatismus folgten neogene sanding bis mergelige Bildungen, welche dem östlichen Teil des untersuchten Gebietes einnehmen. Diese Bildungen sind teilweise konglomeratisch und meistens findet man sie auf serpentinierten basischen magmatischen Untergrund diskordant liegen. Von der Morphologie des Gebietes ausgehend, begreift man, dass die Neogenbildungen sehr stark abgetragen wurden. Nur an verebneten Stellen, wie etwa an der östlichen Küste des untersuchten Gebietes bleiben die genannten Schichten erhalten.

Der mesozoische Initialmagmatismus und das Grundgebirge werden an manchen Stellen von sauren Tuffen bedeckt (ziehe geol. Karte 1:10.000). Ausser den genannten Tuffen sind in dem untersuchten Bereich keine Vulkanitgesteine festgestellt worden. Die vulkanische Einwirkung aber wird an den meisten Stellen durch Opalbildungen und anderen vulkanischen Veränderungen verdeutlicht. Das ganze Gebiet wird in einer N-S-Richtung von einem Wildfluss, dem Halmyros (salzig) geschnitten, der vielen Geröllen von verschiedenartigen Gesteinen enthält. Der Halmyrosfluss mündet direkt am Meer, nordöstlich von «Agios Ioannis» (ziehe geol. Kart.).



**LEGENDE**

- sandstein
- schiefer
- marmor
- Gabbro-Norite, MESOZOIKUM
- Fe-Ni-Laterite
- Fe-Ni-verwitterungskruste
- Tuffe
- Mergel, NEOGEN
- Alluvionen.
- gesteinsgrenze.
- störungen.
- streichen, u. einfallen.
- mohrungen.

## B. TEKTONIK.

Die Schieferung und Faltung der Gesteine des Grundgebirges sind die am ältesten tektonischen Akten im untersuchten Bereich. Die bei den Tonschiefern gefundenen B-Faltenachsen streichen NNW- SSE und tauchen mit 20 Grad nach NW ein. Ausser den B-Faltenachsen sind noch b-Lineare beobachtet worden, aber sie sind durch die Faltung und intensiver Durchbewegung ausgelöscht worden. Das genaue Alter der B-Faltenachsen kann leider hier nicht angegeben werden, weil ja die Schichten, bei denen sie gefunden wurden, sind noch nicht durch Fossilfunde ausreichend datiert worden.

Ziemlich alte und grosse Dislokationen durchlaufen das untersuchte Gebiet in einer SW-NE Richtung bis zur Stadt Polychnitos. Die eben gennante Störung wird heute durch das Vorhandensein von ultrabasischen und basischen Gesteinen in Form einer Zone realisiert. Ausser den genannten Störungen beobachtet man noch anderen, die eine SE-NW Richtung zeigen (Agios Phokas) und Prophitis Helias. Die erwähnten Störungen sind von verschiedenen Gesteinsmaterialien ausgefüllt: bei «Agios Phokas» enthält die Störung eine Art von hamatitischen Hornstein; bei «Prophitis Helias», wobei auch das erste Lateritvorkommen (1) ist, werden die Störungen von kalzitischem und lateritischem Material ausgefüllt (Mobilisierungsarten). Die Tonschiefer und deren linsenartigen Einschaltungen von Marmoren haben eine aus E-W her kommenden Bewegungskräften starke Einengung erfahren, die die ganze Schieferserie in einer N-S Richtung streichen liess. Das Einfallen derselben ist nach Osten gerichtet mit geringeren Abweichungsbeträgen nach ENE. Man beobachtet noch westliches und nordwestliches Einfallen, welches durch das Eindringen des mesozoischen Initialmagmatismus verursacht wurde. Der Halmirosfluss fliesst in einer von SE nach NW verlaufenden Störungsrichtung, in der die Flusswässer leichter angeschnitten haben, um ihr Flussbett zu bilden (ziehe geol. Kart.).

## 2. DIE PETROGRAPHIE DES LATERITISCHEN MUTTERGESTEINS.

Das Lateritmuttergestein sieht makroskopisch dunkel-grün bis grünlich aus. Es tritt an mehreren Stellen obertags auf, an denen Lateritresten noch heute zu finden sind. Es bleibt nicht intakt. Man beobachtet makroskopisch noch Veränderungen, die natürlich ihre ursache schon haben. Dasselbe Gestein erscheint in einiger Entfernung

als Serpentin mit unwesentlichen Stellen von Talkbildungen, deren wahrscheinliche Genese mit den heissen wässrigen Lösungen des späteren Vulkanismus zusammenhängt. Die stellenweise auftretende Serpentinisierung konnte als selektive Serpentinisierung aufgefasst werden, weil sie in dem genannten Gestein mit den Verwerfungen desselben in Verbindung stehe. Ich möchte dadurch die Annahme äussern, dass an Verwerfungsstellen des Muttergesteins, durch die, die Bewegung der verschiedenen wässrigen Lösungen erleichtert wurde, sind Serpentine gebildet worden, die später in einem warmen-wechselfeuchten Klima den Laterit bildeten.

Bei der mikroskopischen Untersuchung habe ich folgenden Mineralien feststellen können:

a) Primäre Mineralien: basische Plagioklasen, die meistens zersetzt und durchbewegt erscheinen. Teilweise findet man noch intakten Plagioklasen mit voll ausgebildeter Zwillingslamellierung. Aus vorläufigen Schätzungen ist hier beim betreffenden Plagioklasen einen Anorthitgehalt von mehr als 60 % anzunehmen. Ausser Plagioklasen kommen hier Klinopyroxene und Orthopyroxene vor. Es kann sich hier um Diopsid handeln (?). Spärlich habe ich Diallag beobachtet. Zu den primären Mineralien konnten noch der Titanit und der Zirkon gerechnet werden.

b) Sekundäre Mineralien: ziemlich verbreitet ist die Bildung von Klinozoisit und Epidot, freier Kalzit, wenig Chlorit und spärlich Muskowit. Die Titanitbildung kann im betreffenden Gestein mit der späteren Einwirkung saurer magmatischen Lösungen auf dem selben in Verbindung stehen. Der freie Kalzit kann als ein Beweis dafür gelten, dass die Plagioklase als auch die Pyroxenen genug Ca enthalten. Über dieselbe Tatsache spricht die Bildung von Zoisiten und Epidoten aus.

Erzmikroskopisch habe ich beim untersuchten Gestein keine Erzminerale feststellen können: allerdings möchte ich sagen, dass ich nur zwei erzmikroskopischen Präparate von dem untersuchten Gestein zu Verfügung hatte. Die beim untersuchten Gestein festgestellten primären Mineralien charakterisieren ein Gabbro-Norit, das noch einer genaueren Untersuchung bedürftig ist.

### 3. EISEN-UND NICKELHÄLTIGE LATERITVORKOMMEN UND ZU IHNEN ÄHNLICHEN BILDUNGEN.

Die neue Untersuchung im Bereich der erwähnten Fe-Ni Laterite bei Prophis Heliás ermöglichte die Aufgliederung derselben in drei Arten von Eisen- und nickelsilikathaltigen Lateriten (Materialien).

A) Eisen und nickelsilikathältige Laterite, B) Eisen und nickelhältige Kalzite, der bei der Untersuchung von Bohrkernen festgestellt wurde und wahrscheinlich als Inhaltmaterial einer Verwerfung aufzufassen ist. C) Eisen und nickelhältige gabbro-noritische Verwitterungskruste, die eine ziemlich grosse Ausdehnung hat und mineralogisch-petrographisch schwer identifizierbar ist.

Die genannte Aufgliederung der nickelhältigen Roterden von Prophitis Helias in drei Kategorien wurde auf Grund geochemisch-tektonischen und mineralogischen Untersuchung durchgeführt.

#### A. EISEN-UND NICKELSILIKATHÄLTIGER LATERIT.

Wie die geologische Karte 1:10.000 zeigt, sind auf der südöstlichen Seite der Anhöhe von Prophitis Helias drei Stellen gefunden worden, die Roterde führen. Die genannten Positionen werden in der geologischen Karte 1:10.000 mit den Zahlen 1,2,3 und einen Stollenmudloch für jede Stelle angegeben. Auf den genannten Stellen sind verschiedenen Untersuchungsarbeiten durchgeführt worden, die als Folge die Öffnung von drei Stollen hatten. Im geologischen Profilm (I) ist zu ersehen, welches Verhältnis zwischen dem nickelhältigen Laterit und dessen Muttergestein besteht.

Das lateritische Muttergestein hat man schon als Gabbro-Norit charakterisiert. Genau im östlichen Hang von Prophitis Helias beobachtet man eine Serpentinzersetzungszone von zwei Metern Mächtigkeit, der allmählich in einen Fe-Ni-Laterit von mehr als vier Metern Mächtigkeit übergeht. An der Grenze des serpentinierten Gabbro-Norits zum Laterit beobachtet man eine Anhäufung von grünen, feinschuppigen Materialien, die die Anreicherungszone der Nickelsilikate bilden. Nach mündlichen Mitteilungen enthält die Anreicherungszone der Nickelsilikaten einen Nickelgehalt von mehr 5,5 %. Bei der Tabelle (I), Stelle(A) der chemischen Analyse sehen wir die Ergebnisse von drei quantitativ analysierten Fe-Ni-Laterittypen (ziehe geol. Kart. Stel.1,2,3).

Der Gehalt am Nickel schwankt ab Stelle zu Stelle. Die Position (1) zeigt einen Nickelgehalt ca. 2,44 % diejenige von (2) einen Nickelgehalt 1,18 % und schliesslich die (3) Position einen Solchen von 0,90 %. Man beobachtet hohen  $\text{SiO}_2$  und als auch  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Gehalten, die bis auf den Werten 35,2 und 28,4 %, den vorerwähnten Verbindungen entsprechend, aufsteigen. Der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt ist hier sehr tief (6,7%). Da keine Gehalte von CaO und MgO hier festgestellt wurden, es besteht kein Zweifel mehr, dass man mit einem Fe-Ni- Laterit zu tun

TABELLE 1

Chemische Analysen von Lateritproben und aus ihrem Mobilisierungslösungen entstandenen Abkömmlingen.

ITEY. AGHNAI 1972

	Ni	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	FeO	Co	As	*
Typische Late-rite.																
1. Stellenzahl	2,44	35,2	28,4	—	—	0,10	0,25	6,7	—	—	—	—	1,8	—	—	0,36
2. Stellenzahl (1,2,3)	1,18															
3. Stellenzahl (A)	0,90															
Anzahl der Bohrungen																
Γ <sub>1</sub> .	0,28	30,2	12,5	17,26	8,17	0,41	0,40	0,78	0,045	1,15	0,15					28,68
Γ <sub>2</sub> .	0,30															
Γ <sub>3</sub> .	0,22															
(B)																
Treppenartige Abteufungen	0,50	25	18,8	12,4	6,20	0,45	0,03	1,10	0,75	0,65	0,40	0,22	1,5	0,015	0,42	35,3
Mittlere Gehalte (C)																

\* Nicht aufgeschlossen

hat, bei dem der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt ausgewaschen wurde. Es ist weiters unmöglich, dass sich ein Fe-Ni- Laterittyp bilden kann, ohne uns ein warmes-wechselfeuchtes Klima vorzustellen. Das an Ort und Stelle Stehenbleiben des Eisengehaltes, die Bildung der Nickelsilikate und das grösstenteils nicht Mobilwerden der  $\text{SiO}_2$ -Losungen sprechen dafür, daß hier ein wechselfeuchtes Klima für die Bildung der oben erwähnten Fe-Ni-Laterittypen verantwortlich ist. Ausserdem möchte ich hier behaupten, dass durch die späteren Humussäurelösungen oder auch sauren Vulkanitlösungen der grösste Teil des  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehaltes ausgewaschen wurde. Der Nickelsilikat füllt kleine Spältchen oder Haarrissen innerhalb des Fe-Laterit aus. Ausserdem habe ich feststellen können, dass das Ni- Silikat sich gleichmässig homogen in dem Fe-Laterittyp verteilt und nicht mehr zu beobachten ist, weil ja die rotbraune Farbe des Fe-Laterits verdrängt die grüne Farbe des Nickelsilikats. Da der Fe- und Ni-hältige Laterittyp einen ziemlich hohen  $\text{SiO}_2$ -Gehalt aufweist, konnte diesser mit der  $\text{SiO}_2$  Zufuhr der postvulkanischen sauren Lösungen in Verbindung stehen.

## D.T.A

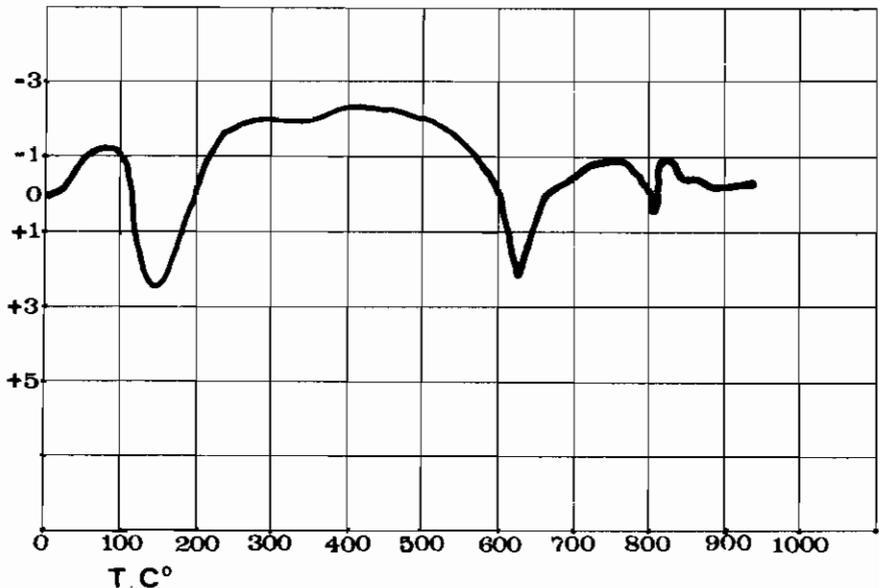


Abb. 1

Das Nickelsilikat erscheint makroskopisch mit hell-grüner Farbe.

Der feinschüppige Charakter deselben ist auch makroskopisch zu erkennen. Im Labor des geologischen Staatsinstituts von Athen ist das betreffende Nickelsilikat durch die differentialthermoanalytische Methode (D T A ) Abb.1 untersucht worden. Man sieht in dem genannten Diagramm der Abb.1 die drei endothermale Abweichungen, entsprechend den drei Temperaturpunkten von 150,620, und 800 Grad C. Die eben genannten drei Abweichungspunkte sind für ein Chloritmineral charakteristisch. Von der oben erwähnten Diagnose wird man zur Annahme geführt, dass im untersuchten Fe-Ni-Lateritgebiet von «Prophitis Helias» gefundenes Ni-Silikat ein Ni-Chlorit ist. Zu dem gleichen Ergebnis kam man mit der röntgenographischen Untersuchung nach der DEBYE-SCHERRER Methode.

Die Entstehung des Fe-Ni-Laterites steht mit dem Gabbro-Norit in Zusammenhang. Von den dunklen Mineralien, wie etwa Klinopyroxen, Orthopyroxen, Biotit ist das Eisen abzuleiten, das das ganze Verwitterungsmaterial dauernden eines warmen-und wechselfeuchten Klimas feinverteilt färbte. Der Ni wird von den Klinopyroxenen und Orthopyroxenen bei ihrer Zersetzung nach Serpentin frei, weil er mit dem Magnesium (Mg) isomorph im Klino-und Orthopyroxengittertyp wegen der Längenähnlichkeit ihrer Ionenradien vertretbar ist.

Der an drei Stellen 1,2,3 (ziehe geol. Kart.) gefundene Fe-Ni Laterit wurde also durch die Umwandlung des Gabbro-Norits in einem warmen wechselfeuchten Klima gebildet.

Eine andere Bildungserklärung kommt nicht in Frage, da bei der erzmikroskopischen Untersuchung des Muttergesteins keine primären Ni-Erze gefunden wurden.

Die Farbe des untersuchten Laterits ist gelblichbraun bis rotbraun. Es erscheint an der Stelle (1) mit lockerigen Gefüge, während an denjenigen von (2) und (3) ziemlich härtere Fe-Ni- Laterit vorkommt. Die Laterite der drei untersuchten Stellen füllen taschenförmige Gebilde aus, welche von der Abtragung wegen der künftigen Morphologie geschützt wurden. Das ökonomische Interesse nur für die drei bis her genannten Stellen ist als unwichtig zu charakterisieren, wegen der geringeren Mengen des Lateritgehaltes.

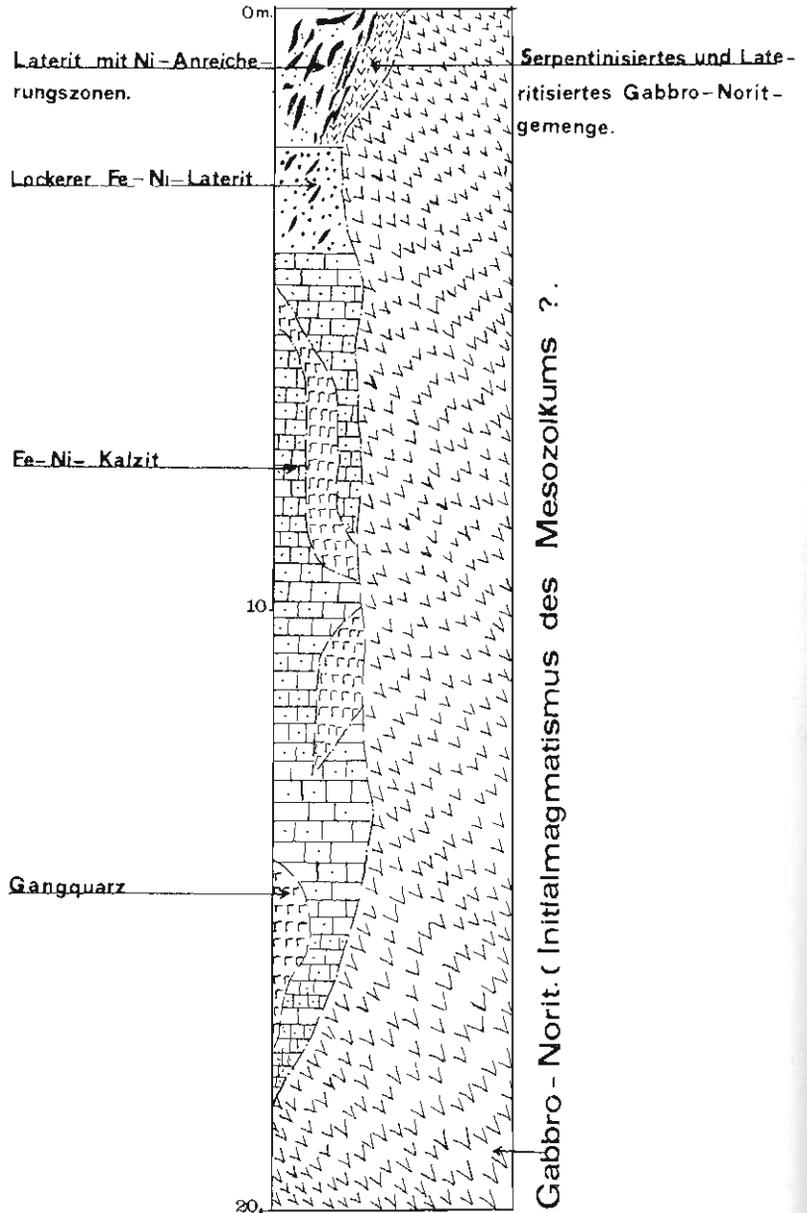
#### B. EISEN - UND NICKELHÄLTIGER KALZIT.

Der oben genannte eisen - und nickelhaltiger Kalzit ist nirgends an der Oberfläche zu sehen. Deshalb hat sie in der geologischen Karte keine Darstellung finden können. Die drei Fe-Ni-Lateritfundstellen 1, 2, und 3 liegen an einer Bruchfläche (Verwerfungsfläche), deren Ober-

# SÄULENPROFIL (I).

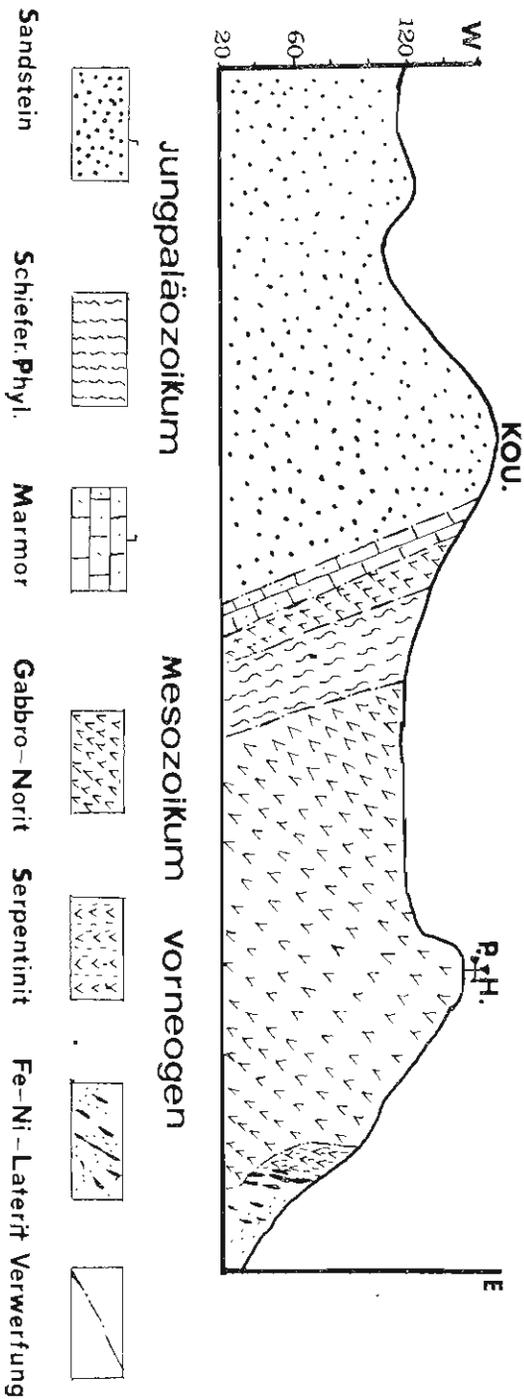
Konstruiert von der Bohrung (Π) und Laterit No.1 des "Prophitis-Helias" Gebietes  
bei Watera der Insel LESBOS

Masstab 1:100



(1)

PROFIL (1) ZUR Fe-Ni-LATERITLAGERSTÄTTE  
PROPHITIS-HELLIAS BEI WATERA LESBOS



fläche aus taschenförmig gefülltem Lateritkörper bestehe, während un-  
 tertags die Verwerfungsfläche aus dem Absatz verschiedener Mobili-  
 sierungsmaterialien verheilt wurde. Diese Mobilisierungsmaterialien  
 wurden durch die Durchführung drei Bohrungen entlang der genan-  
 nten Bruchfläche und nach der Verwertung ihrer Bohrkernen festge-  
 stellt. Die genannten Karbonaten sind von mir mit genauen Einzel-  
 heiten beschrieben worden und im Säulenprofil (1) dargestellt. Es hat  
 sich zuerst um Fe-Ni- hältigen Lateriten gehandelt, von denen später  
 die heissen postvulkanischen Lösungen die Ni- Silikaten und teil-  
 weise die Eisenoxyden ausgewaschen und entfernt haben. Die heissen  
 Lösungen brachten viel  $\text{CaCO}_3$  und weniger  $\text{MgCO}_3$  und verdräng-  
 ten die Lateritmassen. Die Ca und Mg- Lösungen mit grosser  
 Wahrscheinlichkeit können entweder von den neogenen Mergeln der  
 näheren Umgebung oder von der Zersetzung der basischen Plagio-  
 klasse und Klinopyroxene des Lateritmuttergesteins abstammen,  
 da das genannte Gestein sehr vielen Ca-Plagioklasse und Ca-Mg- Kli-  
 noproxenen führt. Von den bisher Eingeführten geht hervor, dass  
 dieses siliziumhältiges -Fe-Ni-Kalzitgemenge weniger Eisen-und Nik-  
 kelgehalt als der an der Oberfläche liegender Laterit führt. Von den  
 chemischen Analysen, die an Bohrkernen der drei angelegten Bohrun-  
 gen durchgeführt wurden, werden einigermaßen, die bisher behaupten-  
 ten Annahmen bewiesen. Bei den chemischen Analysen der drei Borker-  
 nen  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$  und  $\Gamma_3$  sind entsprechend die Nickelgehalte von 0,28 - 0,30  
 und 0,22 % festgestellt worden. Bei den genannten Bohrkernen wur-  
 de 30,2 %  $\text{SiO}_2$  Gehalt gefunden, der in Form von freien Quarz vorliegt.  
 (ziehe Tabelle, 1, chem. Anal.) Dieser Gangquarz beweist, dass tat-  
 sächlich die bisher beschriebenen Bohrkern Spaltenfüllungsmate-  
 rialien in einer Verwerfungsfläche darstellen. Der  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - Gehalt steigt  
 bis 12,5 % auf aber er ist viel niedriger von dem jenigen des Fe-Ni- La-  
 terites (Tabelle 1, A). Was hier einen besonderen Eindruck macht,  
 ist der hohe Kalzitgehalt 17,26 % CaO und mittlere MgO-Gehalt  
 8,17 % (ziehe Tabel.1, B). Der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - Gehalt ist wahrscheinlich dur-  
 ch die Einwirkung saure Lösungen ausgewaschen. Das Eisen liegt in  
 dem genannten Störungsfüllmaterial in Form von fein verteiltem Hä-  
 matit-oder-Geothitgemenge. Sowohl der Eisen-als auch der Nickelge-  
 halt wurden hier vo dem ehemaligen Fe-Ni-Laterit durch die Einwir-  
 kung von wässerigen postvulkanischen Lösungen entfernt, während  
 Ca und Mg zugeführt wurde. Nach dem Fe-Ni- hältigen Kalzitgemenge  
 traf die Bohrung mit zunehmender Tiefe das gebbro-noritische Mut-

tergestein, das allerdings durch den Einfluss der postvulkanischen Lösungen serpentiniert wurde.

#### C. EISEN UND NICKELHÄLTIGE GABBRO-NORITISCHE VERWITTERUNGSKRUSTE.

Die eben genannte Bezeichnung wird in der geologische Karte 1: 10.000 mit der Zahl (4) dargestellt. Es handelt sich um ein Verwitterungsgemenge, das sich in einem warmen wechsltfuchten Klima aus der Zersetzung des Gabbro-Norits bildete. Dafür spricht auch die Tatsache aus, dass das ganze Verwitterungsmaterial durch Eisen intensiv gefärbt wurde. Die genannte Verwitterungskruste liegt in einer Entfernung von 400m, nordöstlich von der Anhöhe «Prophitis-Helias». Sie fängt mit der Höhe 15 m, über NN an und steigt bis zur Solchen von 90 m auf (siehe geol. Kart).

Die ungefähre Mächtigkeit dieser autochthonen Verwitterungskruste steigt von 6 bis 10 Metern auf. Das Material sieht äusserlich porös aus. Makroskopisch habe ich keine Nickelsilikaten unterscheiden können, wie es der Fall mit den Fe-Ni-Lateriten ist. Hier wurden zwei treppenartig angelegte Graben durchgeführt, um die Mächtigkeit und den Nickelgehalt dieses Materials festzustellen. Das chemisch analysierte Material gab folgenden Daten (siehe Tabel. I). Der Nickelgehalt steigt bei der Fe-Ni- Kruste bis zu 0,50 %. Der  $\text{SiO}_2$  - Gehalt ist hier ziemlich hoch und macht die 25 % derselben aus. Es liegt in Form von freien Quarz im betreffenden Gemenge und ein Teil bildet die Nickelsilikate. Der Eisengehalt ist hier tatsächlich hoch und kommt bis 18,8 % auf, im Gegensatz zu dem des Fe-Ni- Kalzits. Die Gehalte an CaO und MgO sind entsprechend 12,4 % und 6,2 %. Von anderen Verbindungen sind hier nur Spurengehalte festzustellen, die allerdings für die Genese dieses Materials ohne Bedeutung sind. In diesem Falle ist auch der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - Gehalt gänzlich ausgewaschen. Die CaO und MgO Gehalte liegen in Form von Karbonaten und füllen kleineren und grösseren Spalten aus. Sowohl der Gehalt an CaO als auch der von MgO stammen wahrscheinlich von der Zersetzung der Ca-Mg-hältigen Mineralien des Gabbro-Norits ab. Ich möchte hier die Vermutung aussprechen, dass dem zersetzten Gabbro-norit ein geringerer Mächtigkeit Mergelstein überlagerte und von Fe-Ni-hältigen Lösungen der unterlagerten Lateritkruste verdrängt wurde. Heute unterscheidet man keine Spuren von den genannten Mergeln. In allen Fällen ist hier keine Auswaschung grossen Masstabes anzunehmen, da der Fe- und Ni- Gehalt ziemlich konstant geblieben sind.

Zusammenfassend können wir die bisher bei den Kapiteln A, B, und C erwähnten Lateritarten folgendes formulieren:

a) Bei den Stellen 1,2 und 3 (ziehe geol. Kart.) sind Lateritvorkommen vorhanden, die taschenförmig sind und als Reste einer starken Abtragung zu bezeichnen wären.

b) Entlang den drei genannten Lateritvorkommen wurden drei Bohrungen angelegt, deren Bohrkerne nach der Untersuchung als Fe-Ni-SiO<sub>2</sub>-hältige Kalzite erkannt wurden (ziehe Säulenprofil I).

c) Schliesslich in der Stelle 4, (ziehe geol. Kart.) beobachtet man eine Roterdeart, die als eine Fe-Ni-haltige Verwitterungskruste, aus der Zersetzung des Gabbro-Norits abstammend, erklärt wurde. Diese Verwitterungskruste enthält genügenden Mengen von CaO und MgO Gehalten.

Für die untersuchten Stellen ist ab Zeit zu Zeit verschiedenes und falsches ausgedrückt worden. Manche Professoren im Geologischen Staatsinstitut von Athen glaubten, dass es sich im untersuchten Gebiet um einen «Eisernen Hut» also eine Oxdationszone und nicht um Laterit handelt. Niergends habe ich in der Reduktionszone (Zementationszone) Gesteins - und Erzminerale einer primären Gangvererzung finden können, durch deren Vervitterung eine Oxydationszone entstehen konnte. Ausserdem trafen die Bohrungen nach der Roterde das Fe-Ni- hältige Kalzitgestein und danach das Lateritmuttergestein. Das erwähnte Lateritmuttergestein führt keine syngenetischen (primären) oder epigenetischen Fe-Ni-Sulfidgangerzen. Deshalb möchte ich das Vorhandensein einer Oxydationszone im untersuchten Gebiet von «Prophitis Helias» streng ausschliessen.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. (1960). Νικελιοϋχα σιδηρομεταλλεύματα κεντρικής Εύβοίας, "Εκθεσις ΙΓΕΥ, 'Αθήναι.
- BENTZ, A. MARTINI (1968): Lehrbuch der angewandten Geologie, Zweite B, I, Teil. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- BETECHTIN, A. G. (1964): Lehrbuch der speziellen Mineralogie. VEB, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, D D R.
- BORCHERT, H. (1970): Montangeologische Untersuchungen an Lagerstätten des Eisens, Mangans und Nickels. Clausthaler Hefte zur Lagerstättenkunde und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Gebrüder Bornträger - Berlin, Stuttgart.
- ΒΟΡΕΑΔΗΣ, Γ. (1957). Περί σιδηρονικελιοϋχων εμφανίσεων εις την περιοχὴν Προφήτης Ἡλίας Πολυχνίτου Μυτιλήνης. "Εκθεσις ΙΓΕΥ, 'Αθήναι.

- CHATZIDIMITRIADIS (1971): Über die Lagerstätten des nickelhaltigen Laterites bei Prophitis Helias, von Polychnitos - Mytilini. Bulletin of the Geol. Soc. of Greece, T - VIII, Athen.
- » (1972): Einige Bemerkungen über die Genese der Kaolinit- und tuffitischen Tonmineralvorkommen auf der Insel Lesbos. Bulletin of the Geol. Soc. of Greece, T - IX, Athen.
- CORRENS, W. C. (1968): Einführung in die Mineralogie, Zweite Auflage, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg.
- KORSHINSKIJ, J. (1965): Abriss der metasomatischen Prozesse, Akademie - Verlag, Berlin.
- PETRASCHECK, W. E. (1961): Lagerstättenlehre, Zweite Auflage, Wien, Springer-Verlag.
- » (1953). Τὰ κοιτάσματα σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων τῆς Λοκρίδος. "Εκθεσις ΙΓΕΥ, Αθήναι.
- SCHNEIDERUÖHN, H. (1962): Erzlagerstätten (Kurzvorlesungen). Gustav - Fischer Verlag, Stuttgart.
- VALETON, I. (1972): Bauxites. Elsevier publishing Company, Amsterdam, London, New York.
- VIETE, WAGENBRETH (1960): Geologie, Band I, Bergakademie Freiberg, Fernstudium.

## Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Ι Σ

### ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ ΣΙΔΗΡΟΝΙΚΕΛΙΟΥΧΟΥ ΛΑΤΕΡΙΤΟΥ ΚΑΙ ΕΚ ΤΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥΤΟΥ ΝΕΟΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΝΤΩΝ Fe-Ni- ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΕΙΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗΝ «ΠΡΟΦΗΤΟΥ ΗΛΙΟΥ» ΒΑΤΕΡΩΝ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ

Υπό

Ε. Α. ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ

(*Εργαστήριο Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης*)

Τò θέμα τῆς παρούσης μελέτης ἐδημοσιεύθη εἰς τὸ Δελτίον τῆς Ἑλληνικῆς Γεωλογικῆς Ἑταιρίας τὸ 1971 ὑπὸ μορφήν προδρόμου ἀνακοινώσεως. Κατὰ τὸ πρῶτον στάδιον τῆς ἐρεύνης, τὸ ὅποιο ἦτο ἡ κατ' ἐξοχὴν κοιτασματολογικὴ ἀναγνώρισις, συνελέγησαν δείγματα ἐκ τοῦ πρὸς μελέτην λατεριτικοῦ καλύματος, ἐχαρτογραφήθη ἡ περίξ τοῦ κοιτάσματος περιοχὴ εἰς κλίμακα 1:50.000 καὶ τὰ προαναφερθέντα δείγματα ἀνελύθησαν χημικῶς εἰς τὸ χημεῖον τοῦ ΓΓΕΥ, ἕνα εὐρεθῆ ἡ περιεκτικότης ἐπὶ % ἐκάστου δείγματος εἰς Ni. Ἐπειδὴ τὸ κοίτασμα ἐν γένει παρουσίασε ἀπὸ μεταλλευτικῆς ἀπόψεως οἰκονομικὸν ἐνδιαφέρον, ἐπροτάθη δευτέρα ἐρευνα, ἣτις συμπεριέλαβε τὴν ἀκριβῆ γεωλογικὴν χαρτογράφησιν τῆς περιοχῆς τῶν ἐμφανίσεων, γεωτρύσεις, τρανσέρας ὡς καὶ λεπτομερεῖς χημικὰς ἀναλύσεις.

Ἐκ τοῦ νέου γεωλογικοῦ χάρτου τῆς παρούσης μελέτης συνάγεται, ὅτι τὸ γεωλογικὸν ὑπόβαθρον τῆς περιοχῆς σχηματίζεται κυρίως ἐξ ἐλαφρῶς μεταμορφωμένων σχιστολιθικῶν τύπων νεοπαλαιοζωϊκῆς ἡλικίας. Οὗτοι διαταράσσονται ὑπὸ μεγάλης μεταπτώσεως μὲ διεύθυνσιν ΝΔ - ΒΑ, διὰ μέσου τῆς ὁποίας διεῖσδυσε ὁ μεσοζωϊκὸς προορογενετικὸς ὑπερβασικὸς - ἔως βασικὸς - μαγματισμός. Ὁ μαγματισμὸς οὗτος ἀποτελεῖται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ Προφήτου Ἡλίου ἐκ γαββρο-νωριτῶν, οἷτινες μετὰ τὸ στάδιον τῆς σερπεντινιώσεως ἐσχημάτισαν τοὺς λατερίτας. Συμφώνως πρὸς τὰ ἀποτελέσματα τῆς νέας ἐρεύνης, διεκρίθησαν εἰς τὴν μελετηθεῖσαν περιοχὴν τρεῖς τύποι λατεριτῶν:

α) Σιδηροῦχοι καὶ νικελιοῦχοι λατερίται: Ἀποτελοῦν σήμερον πεπλη-

ρωμένες φωλεές και θεωρούνται υπόλοιπα παλαιᾶς και ἐκτεταμένης λατεριτικής ἐμφάνισης, διασωθέντα ἐκ τῆς διαβρώσεως και μεταφορᾶς των, λόγω εἰδικῶν συνθηκῶν τοῦ μορφολογικοῦ των ἀναγλύφου.

β) Σιδηροῦχοι και νικελιοῦχοι ἀσβεστῖται: ἀποτελοῦν παλαιὸν λατερίτην, ὅστις μετεσωματώθη ἐξ ἀνθρακικῶν διαλυμάτων, προερχομένων ἐκ τῆς ἐξαλειώσεως Ca-πλαγιοκλάστων και Ca-Mg-πυροξένων.

γ) Σιδηροῦχον και νικελιοῦχον διαβρωσιγενές ἐπιφλοῖωμα: ἀποτελεῖ εἶδος αὐτοχθόνου διαβρωσιγενοῦς ἐπιφλοῖώματος, προελθόντος ἐκ τῆς ἀποσαθρώσεως τοῦ γαββρο-νωρίτου, ὅστις ἐνεπλούτισε τὸ ἀναφερθὲν ἐπιφλοῖωμα μὲ  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  ὡς ἐπίσης και μὲ πυριτικά ὄρυκτὰ τοῦ νικελίου.

Τὸσον ἡ περίπτωσις (α), ὅσον και ἡ (γ) δύνανται νὰ θεωρηθῶσιν ὡς λατεριτικά εἶδη, δημιουργηθέντα ἐκ τῆς σερπεντινώσεως, γαββρο-νωριτῶν κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς θερμοῦ κλίματος ἐναλλασσομένου μὲ ὑγρὰς περιόδους. Καὶ εἰς τὰς τρεῖς περιπτώσεις παρατηρεῖται ἡ ὑπαρξίς πυριτικῶν ὄρυκτῶν τοῦ νικελίου, ἅτινα διὰ τῆς μεθόδου τῆς διαφορικῆς θερμικῆς ἀναλύσεως διεγνώσθησαν ὡς Ni-χλωρίται. Εἰς τὰ ἴδια ὡς ἄνω ἀποτελέσματα ὡδηγούμεθα και ἐκ τῆς ἀκτινολογικῆς μελέτης.

Μερικοὶ συμμελετηταὶ εἶχον διατυπώσει τὴν ἄποψιν, ὅτι ἡ μελετηθεῖσα περιοχή λατεριτῶν ἀποτελεῖ μίαν ζώνην ὀξειδώσεως και οὐχὶ λατερίτην. Τόσον εἰς τὸ μητρικὸν πέτρωμα τῶν λατεριτῶν ὅσον και εἰς τοὺς πυρήνας τῶν διεξαχθεισῶν γεωτρήσεων δὲν παρατηρήθη συγγενετικῆς ἢ ἐπιγενετικῆς φύσεως Fe-Ni-θειοῦχος μεταλλοφορία, ἐκ τῆς διαβρώσεως τῶν ὁποίων θὰ ἐσχηματίζετο ἡ ζώνη ὀξειδώσεως.

Τὰ πυριτικά ὄρυκτὰ τοῦ νικελίου ἐσχηματίσθησαν ἀπὸ ἐλεύθερον χαλαζίαν ( $\text{SiO}_2$ ) και νικέλιον μετακινήθην ὑπὸ μορφήν  $\text{Ni}(\text{HCO}_3)_2$ . Τὸ Ni εὑρίσκεται εἰς τὸ πλέγμα τοῦ κυττάρου τῶν ὀρθοπυροξένων λόγω τῆς ὁμοιότητος τοῦ μήκους τῆς διαμέτρου τοῦ ἰόντος του, μετὰ τοῦ ἀντιστοίχου τοῦ Mg. Τὸ Ni ἐλευθεροῦται κατὰ τὸ στάδιον τῆς διαβρώσεως και σερπεντινώσεως τοῦ ὑπερβασικοῦ πετρώματος. Τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα τῶν λατεριτῶν οφείλεται εἰς τὸν ἐκ τῶν μελανοκρατικῶν ὄρυκτῶν τοῦ μητρικοῦ πετρώματος, ἀποδεσμευθέντα σίδηρον.