

順に分布している。測点No.201～No.202付近に、比抵抗基盤の凹部が存在すると考えられる。

(7) G—G' 断面 (Fig. II-16)

見掛比抵抗断面の見掛比抵抗分布は、全般に高周波数側から低周波数側へ増大する傾向も見られるが、測点No.254及びNo.287で著しい高見掛比抵抗が全周波数にわたって現れている。また、No.253とNo.254の間に見掛比抵抗の不連続が認められる。

比抵抗構造断面は、地表付近の比抵抗変化を除けば3層構造を構成し、上位から低～中比抵抗薄層、高比抵抗基盤、最下位の比抵抗基盤中の低比抵抗部に区分される。高比抵抗基盤はこれまでのA—A'～F—F'断面と比較すると、極めて高比抵抗・一様に厚く分布する。その下位の低～中比抵抗層は大きな起伏と比抵抗変化に富み、特に測点No.254及びNo.301付近で著しい。

(8) H—H' 断面 (Fig. II-17)

見掛比抵抗断面は、他の断面と比較して極めて高い見掛比抵抗分布を形成している。高見掛比抵抗と低～中見掛比抵抗が交互に並列する特徴が見られると共に、測点No.267とNo.270、No.260とNo.261、No.234とNo.258などの間に大きな見掛比抵抗の不連続が認められる。

比抵抗構造断面は、基本的にG—G'断面と同様の3層構造を構成するが、Frizem (フリゼム) から西側では比抵抗不連続部を伴う不均質な比抵抗構造が発達する。特に、Frizem付近の測点No.261からNo.267の間で地下浅部の比抵抗変化が顕著であり、高比抵抗基盤は捕えられていない。

2-4 比抵抗構造平面図 (PL. II-12～PL. II-15及びFig. II-18～II-20)

比抵抗構造平面図には、水平多層構造解析の結果を地表から100、200、500、1,000 mの4種の深度別の比抵抗構造を表示した。

各比抵抗構造平面図の全般的な特徴、あるいは共通する特徴は次のとおりである。

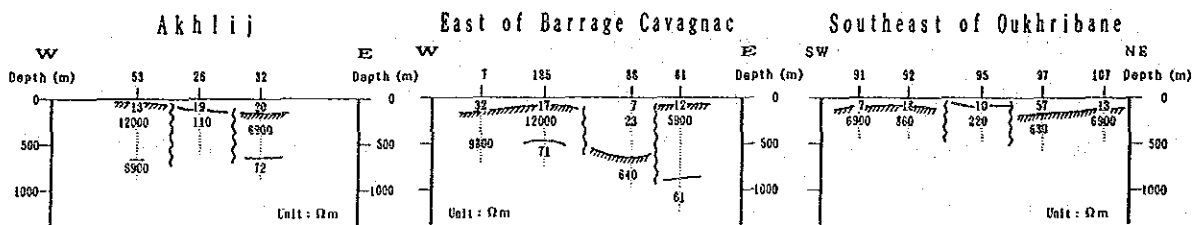
- ① 調査地の中央から東部にかけての地区では、短波長の閉じた比抵抗異常が発達し、NW—SE方向の伸長・配列を示すものが多い。

② 一方、西部地区の比抵抗異常は比較的波長が長く、著しい高比抵抗域が卓越する。このことは、高比抵抗基盤が地下浅部に安定して潜在することを示唆する。

③ 調査地南端の Taizelt (タイゼルト) 南方～Barrage Cavagnac南方の地区は、全ての深度で著しい低比抵抗域を構成する。この地区では低比抵抗被覆層が厚く分布し、下位の高比抵抗基盤を捕えるに至らなかったものと思われる。

④ 前節(2-3)で Hajar 鉱床を胚胎する比抵抗構造として、高比抵抗基盤の凹部が考えられ、各断面上ではほぼ同様の比抵抗構造が指摘された。各比抵抗構造平面図の低比抵抗異常について検討した結果、同種の構造を期待できる地区として次の地区が選択された。

- Akhlij 付近 …………… 測点 No. 26～No. 138
- Barrage Cavagnac 東方 …………… 測点 No. 84～No. 86
- Oukhribane 南東方 …………… 測点 No. 95 付近



各比抵抗構造平面図のうち、深度 100m、500m 及び 1,000m の 3 平面図について、以下にその特徴を述べる。

(1) 比抵抗構造平面図 (深度 100m 準、PL. II-12 または Fig. II-18)

① Taguennza～Tiouli、Hajar mine西方、Amzourh東方、Souksou～Taizelt、Khefaouna (ケファウナ) 東方、Mkhalif～Arissaなどの地区に塊状の著しい高比抵抗域が発達し、広範な面積を占めている。これらの高比抵抗域の分布は、高比抵抗基盤が地表付近に潜在することを示唆する。

② この高比抵抗域を分断あるいは囲むように、また、一部高比抵抗域中に単独に、低比抵抗域が分布する。これらの分布方向は概ねNW-SE方向が優勢である。

③ 上記の低比抵抗域には、短波長の著しい低比抵抗異常が散在する。これら低比抵抗異常の大部分は、深度 500m 以深の比抵抗構造平面図から消滅していることから、地表付近での不均質な構造または地下水に起因すると考えられる。

④ Hajar mineは、西側の高比抵抗異常の張り出しと、東側の低比抵抗域との境界部に位置している。

(2) 比抵抗構造平面図（深度 500m 準、 PL. II-14 または Fig. II-19 ）

深度 100m 準の比抵抗構造平面図と比較して類似している部分も多いが、次のような比抵抗変化がみられる。

① 西部地区では、Arich（アリッシュ）付近の低比抵抗が高くなったほかに際立った比抵抗変化は認められない。

② 中部～東部地区の比抵抗変化が減少し、中位の比抵抗域が目立って増加している。Taguenna～Tiouli、Hajar mine西方、Souksou～Taizelt、Khefaouna 東方などの地区の著しい高比抵抗域が縮小し、短波長の高比抵抗異常が分散している。また、大多数の著しい低比抵抗異常も消滅している。

③ Hajar mineには、周辺を高比抵抗に囲まれた特徴的な塊状の比抵抗低下部が出現した。

(3) 比抵抗構造平面図（深度 1,000m 準、 PL. II-15 または Fig. II-20 ）

深度 500m 準の比抵抗構造平面図と類似しているが、全般に比抵抗が減少し、高比抵抗域の占める面積が減少している。

Taguenna から Amzourh 東方に至る地区で、著しい高比抵抗域が完全に消え、替って低比抵抗域が南北に連続するのが最も大きな変化である。Taizelt 付近及び Arich 周辺においても低比抵抗域が大きな広がりを示している。

Tab. II - 2 Rock Properties

No.	Formation	Rock Name	Resistivity (Ωm)		Density (g/cc)		Susceptibility (10^{-5} cgs/emu)			
			mean	mean	mean	mean	mean	mean		
1	Quaternary	Sandstone	61		57	2.27	2.28	3	2	
2		"	53			2.30		2		
3	Permian	Mudstone	240	330		2.70	2.71	2		
4		"	460			2.73		3		
5		Siltstone	1000	880		2.68		2		
6		"	780			2.67		2		
7		Carbonatic Schist	550		2.73	2				
8		"	520		2.67	2				
9		"	670		2.78	2				
10		Pelitic Schist	480		2.76	3				
11		"	500	500	500	2.70		2		2
12		"	420			2.79		3		
13	Carboniferous	"	290			2.65	2			
14		"	510			2.74	3			
15		"	690			2.67	1			
16		"	540			2.67	2			
17		Dacite	230			2.73	2			
18		"	700	340		2.70	1			
19		"	250			2.61	3			
20	Quartz vein	1100			2.61	1				
21	Ore of Hajar mine	Pb-Zn-Pyrr. ore	21			4.32	260	530		
22		"	15		15	4.49	500			
23		"	14			4.34	1300			
24		"	11			3.95	480			
	Mean			230		2.88		5		

※ mean ... Geometrical Average

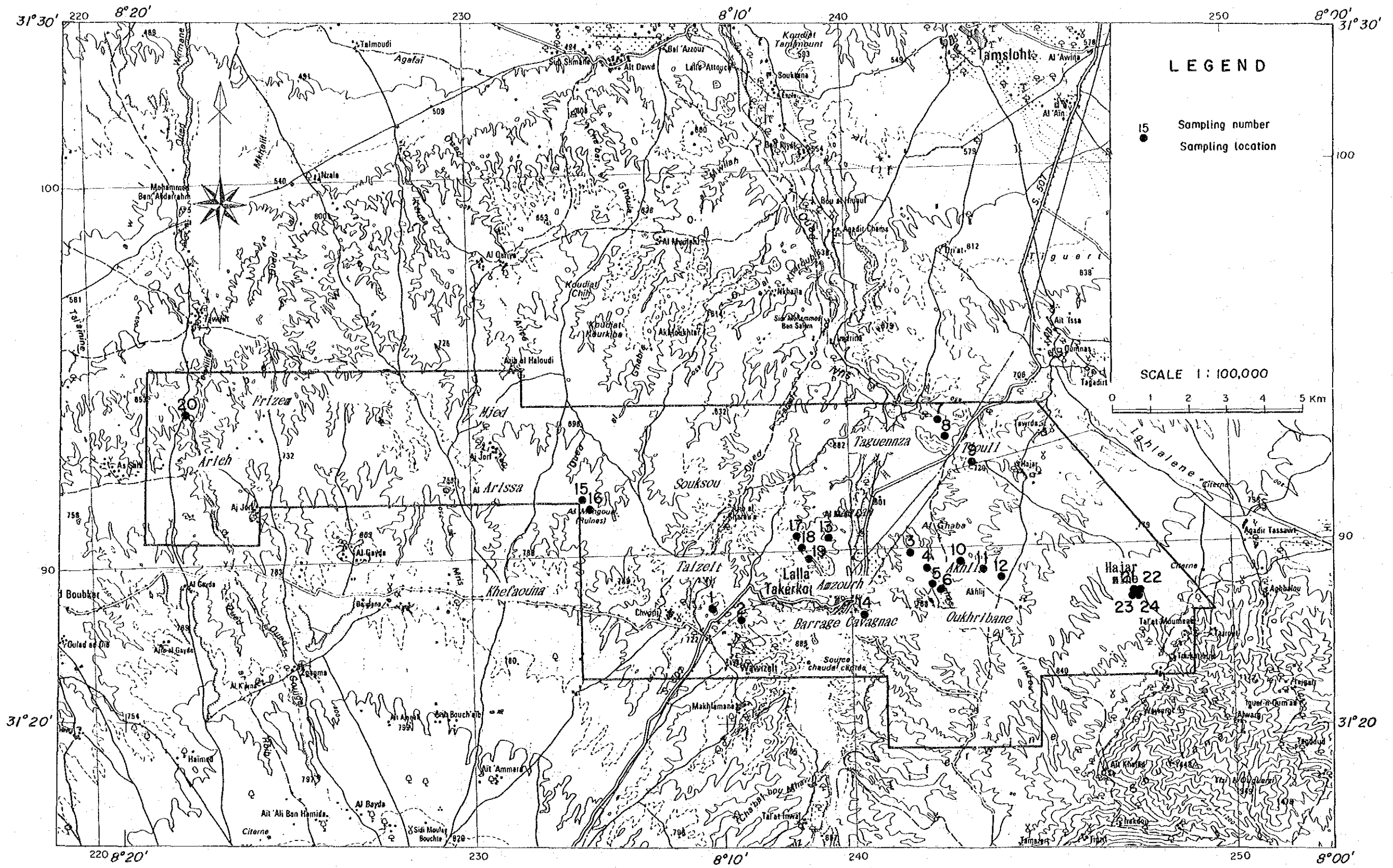


Fig. II-4 Locations of Rock Samples

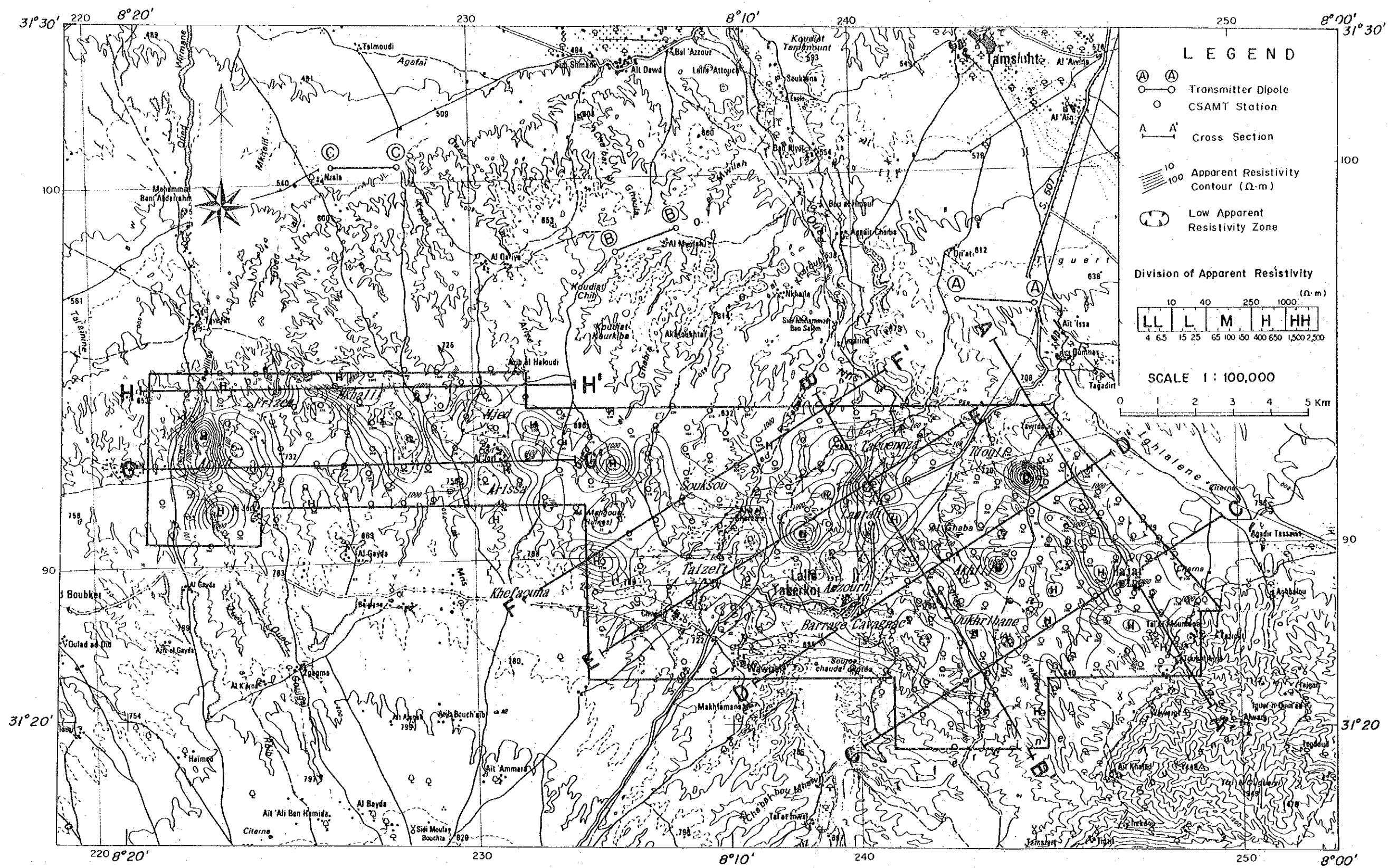


Fig. II - 5 Apparent Resistivity Map (Frequency 4Hz)

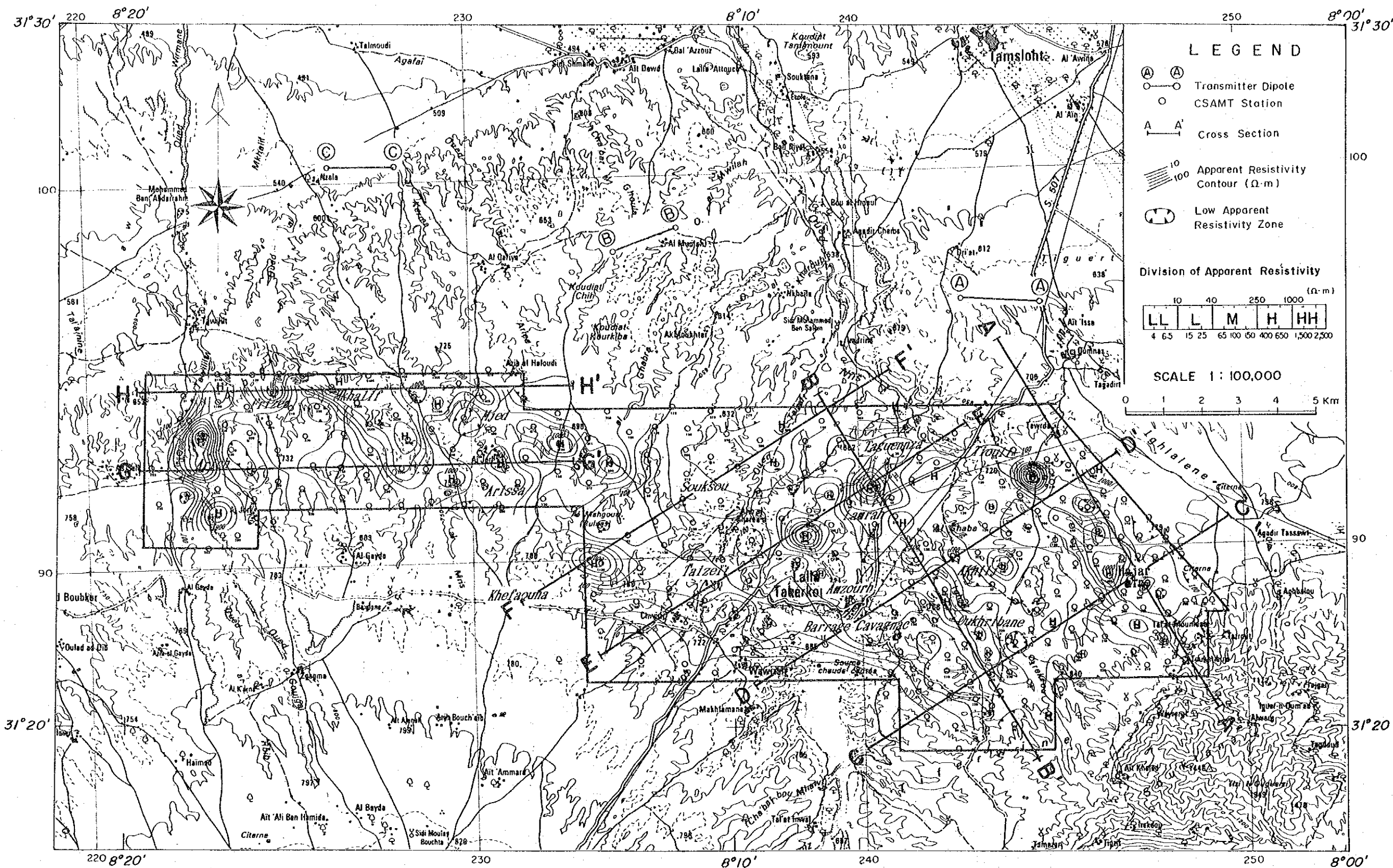


Fig. II - 6 Apparent Resistivity Map (Frequency 16Hz)

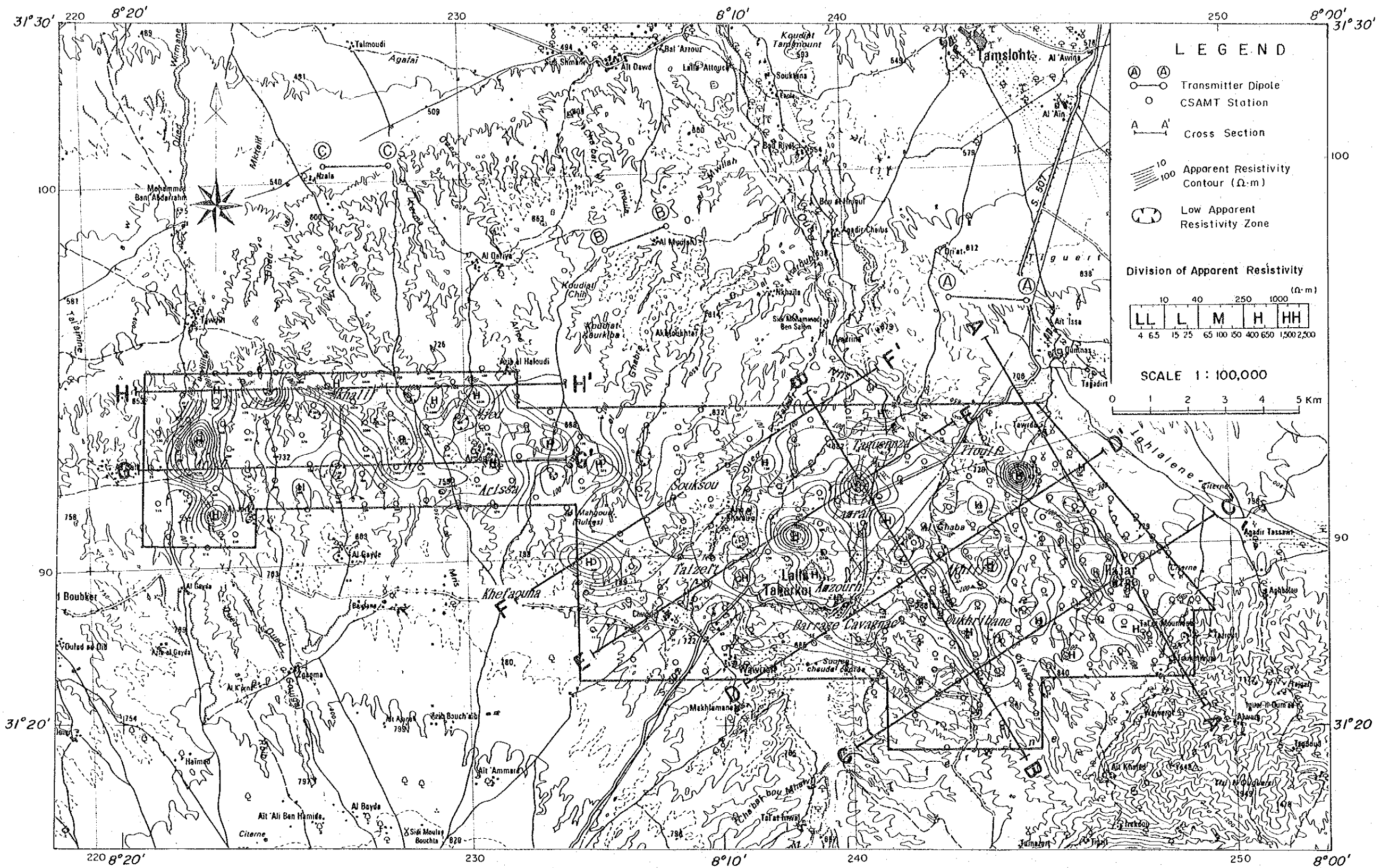


Fig. II - 7 Apparent Resistivity Map (Frequency 64Hz)

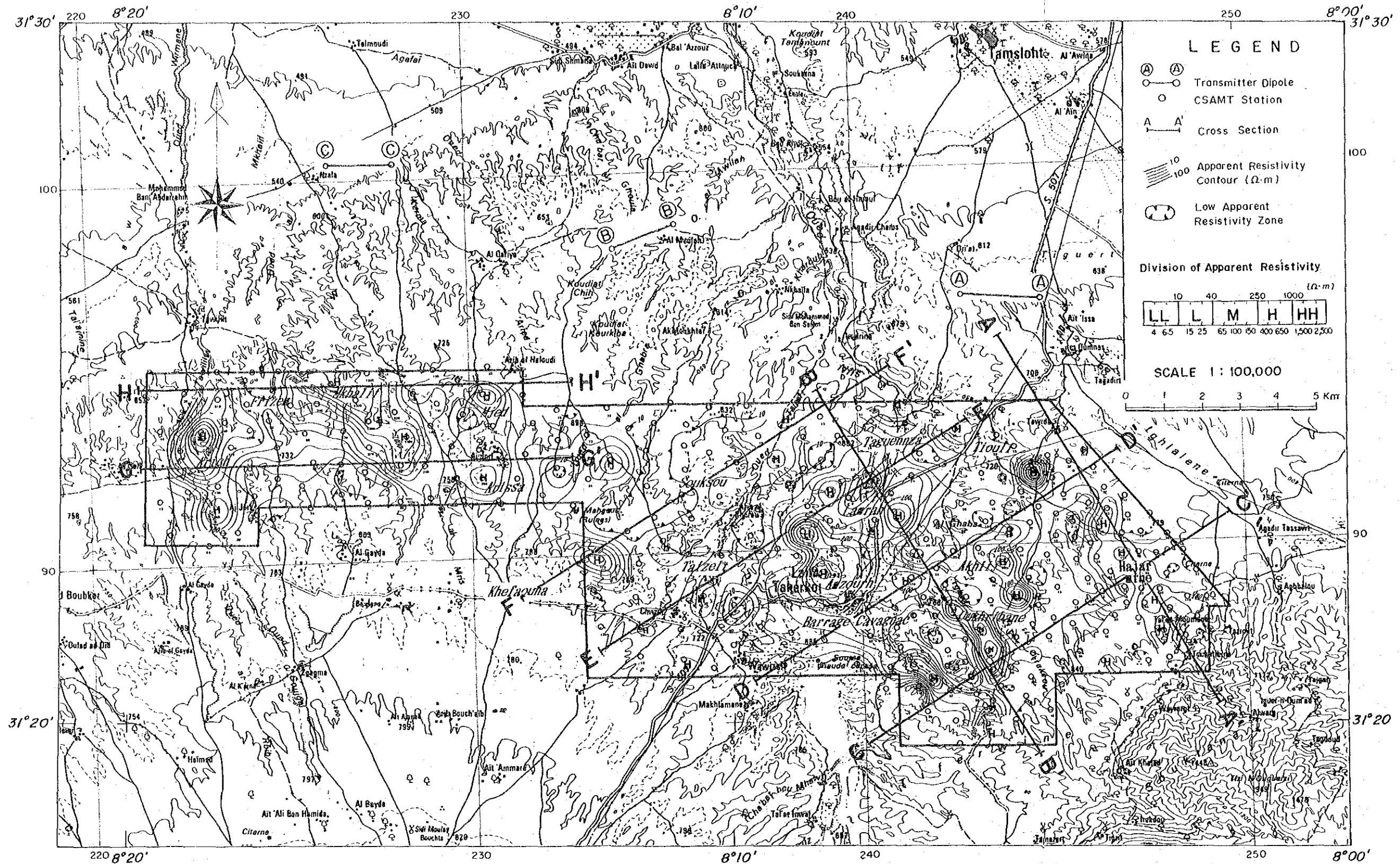
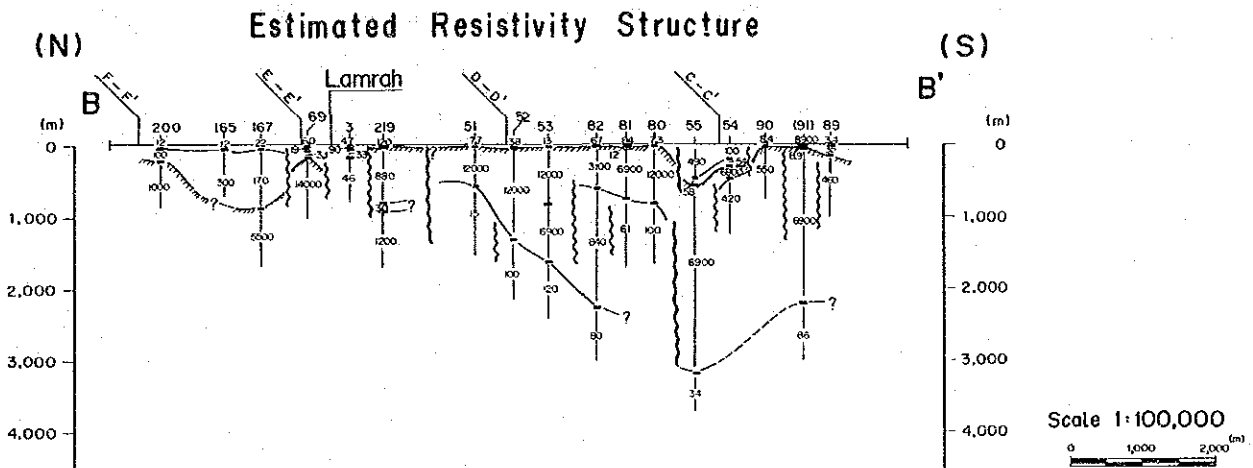
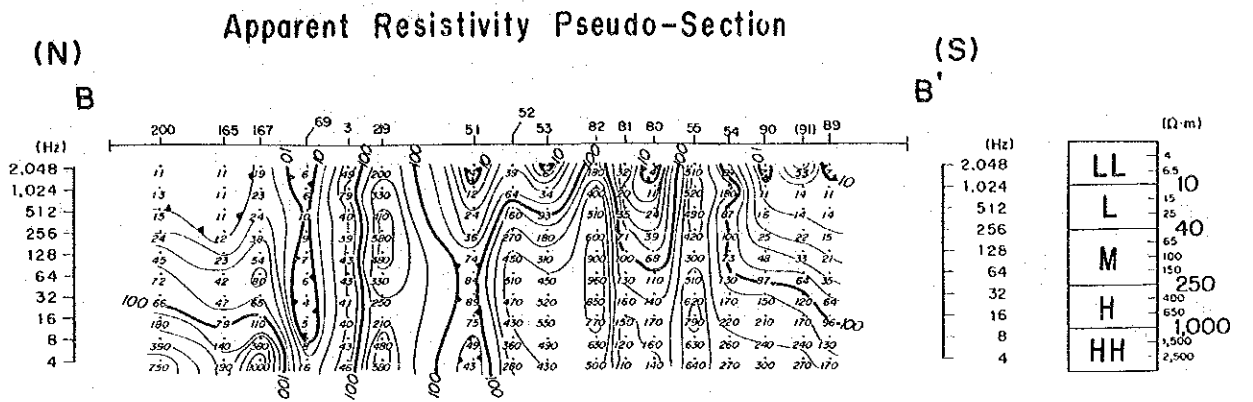
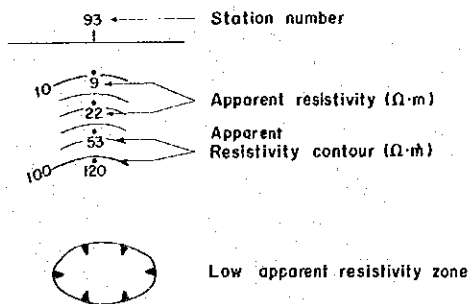


Fig. II - 9 Apparent Resistivity Map (Frequency 1,024Hz)



LEGEND

Apparent Resistivity Pseudo-Section



Estimated Resistivity Structure

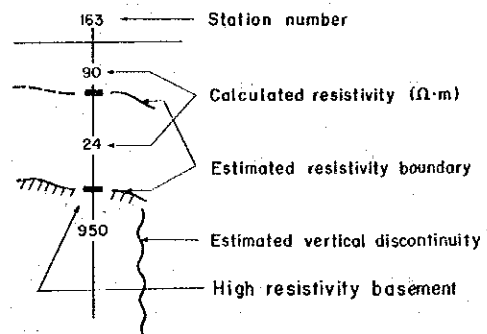
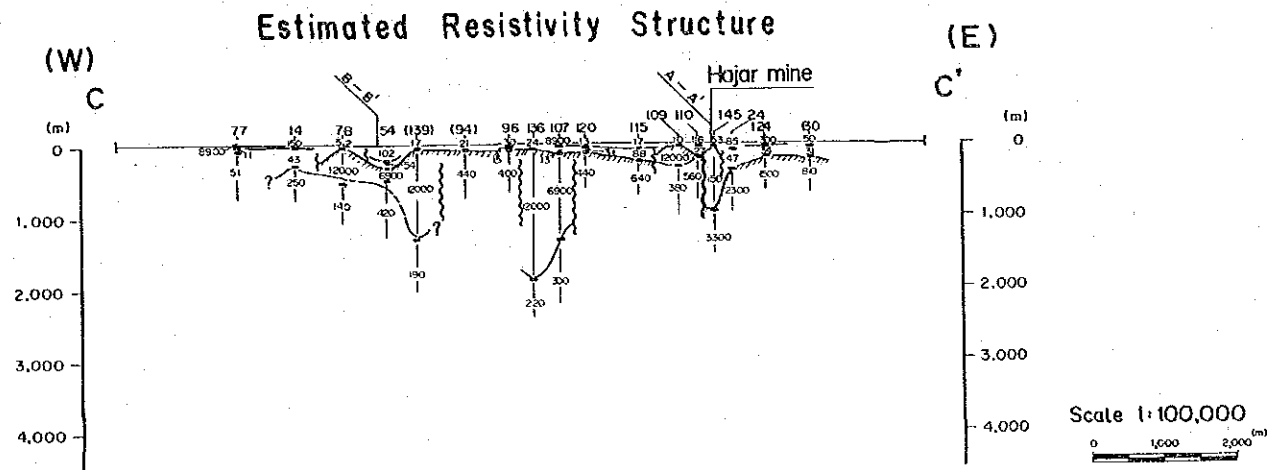
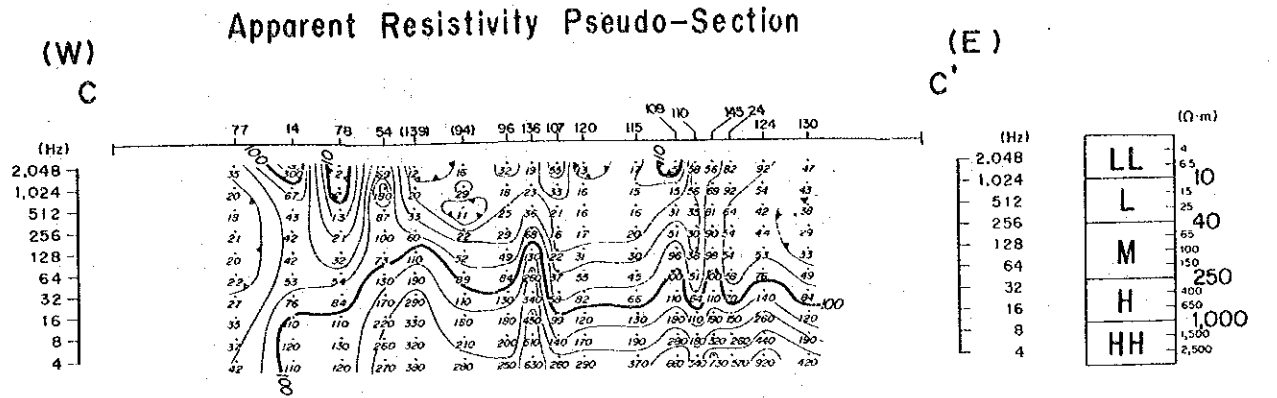
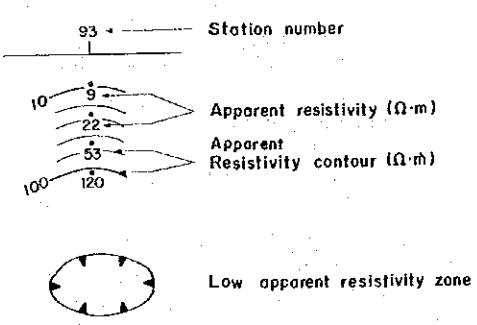


Fig.II-II Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (B-B')



LEGEND

Apparent Resistivity Pseudo-Section



Estimated Resistivity Structure

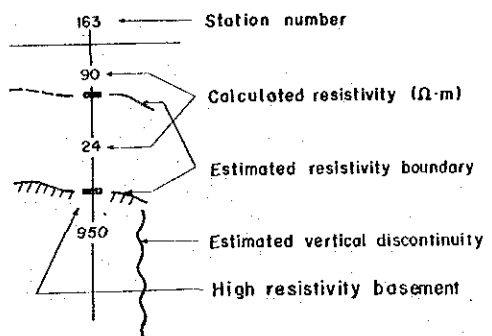
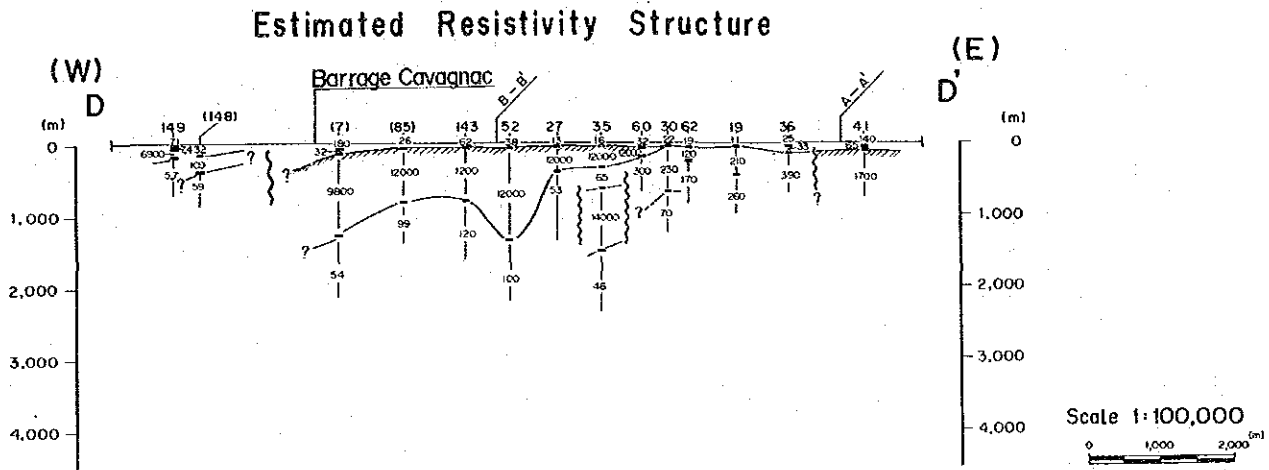
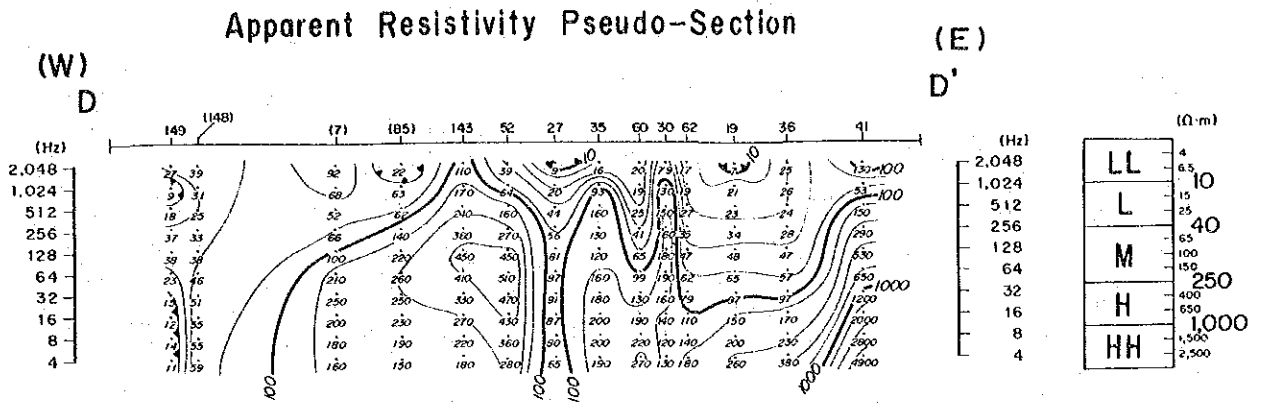


Fig. II-12 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (C-C')



LEGEND

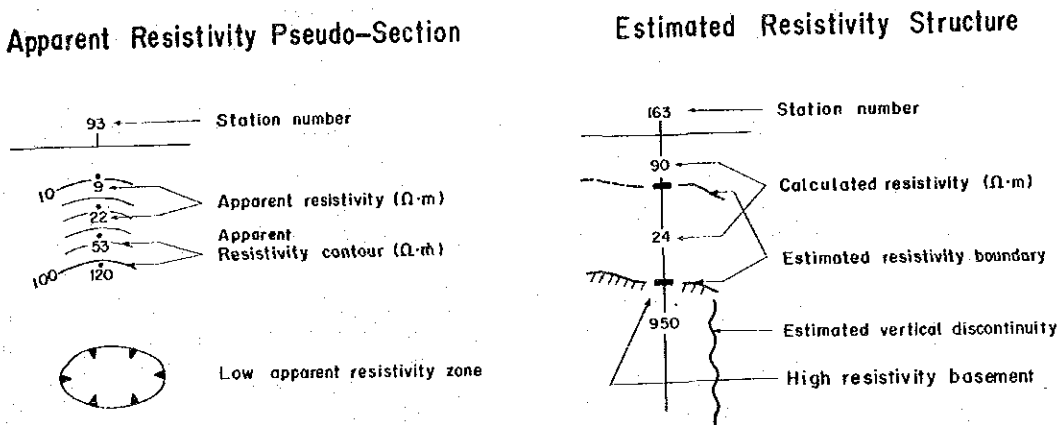
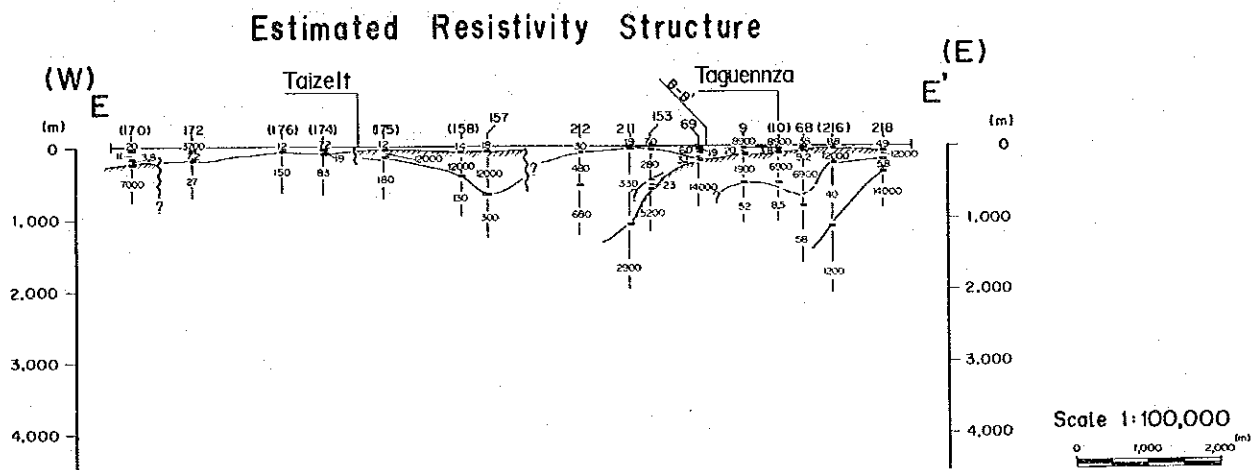
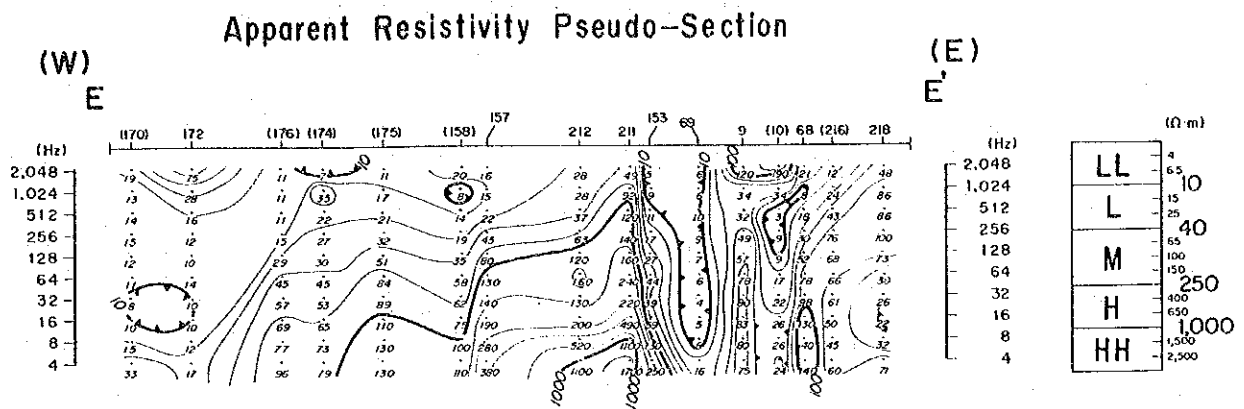
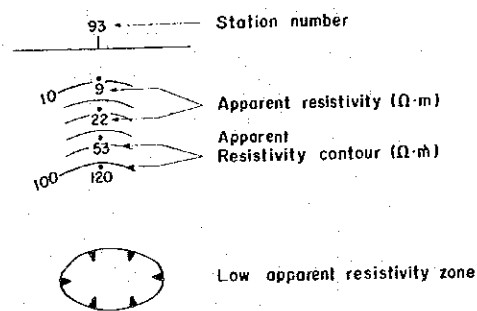


Fig. II-13 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (D-D')



LEGEND

Apparent Resistivity Pseudo-Section



Estimated Resistivity Structure

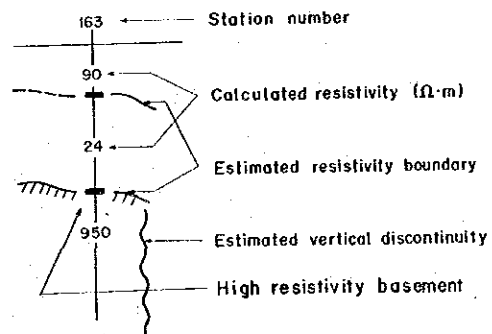
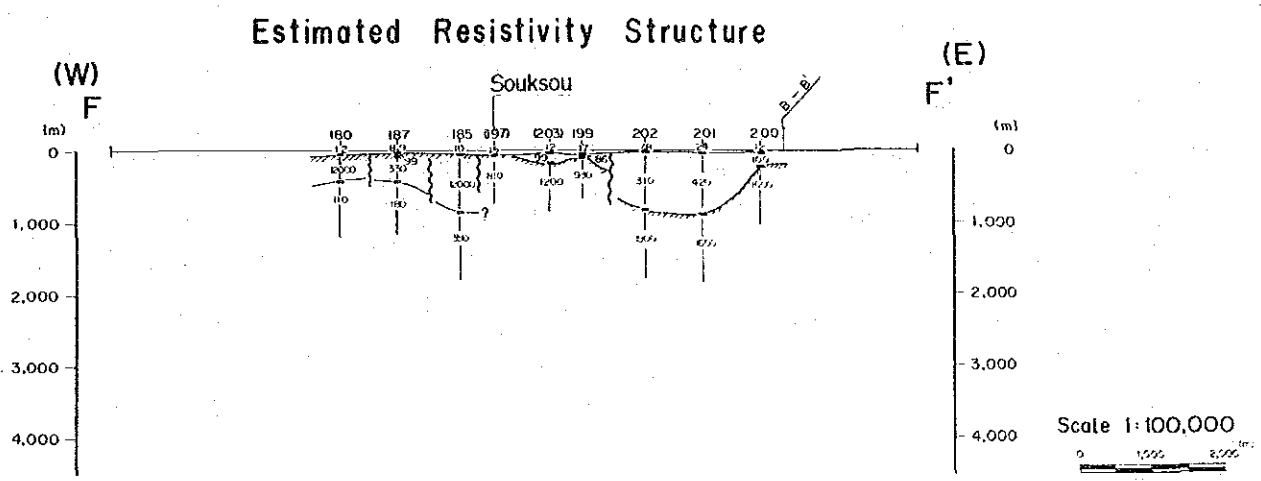
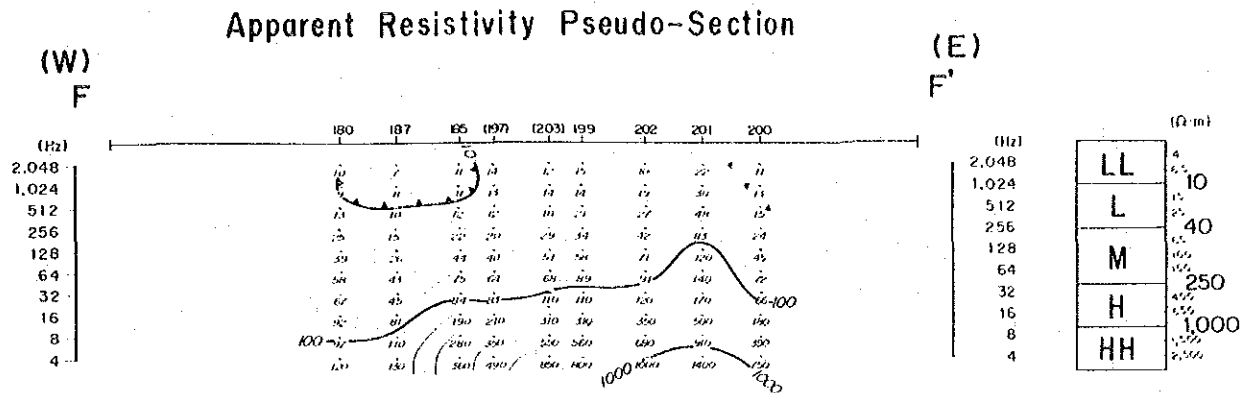
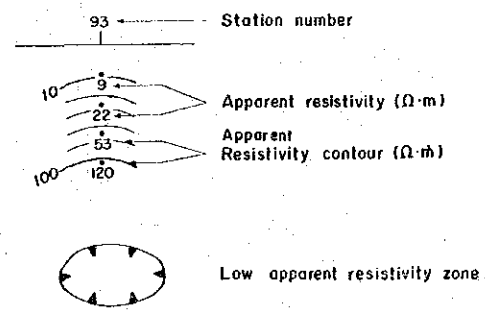


Fig. II-14 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (E-E')



LEGEND

Apparent Resistivity Pseudo-Section



Estimated Resistivity Structure

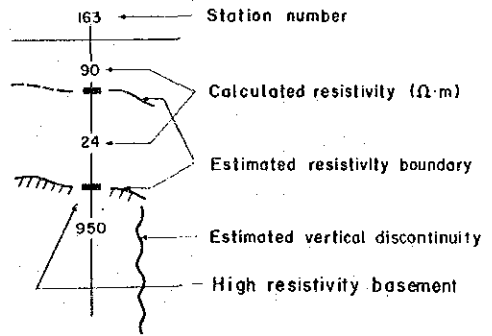
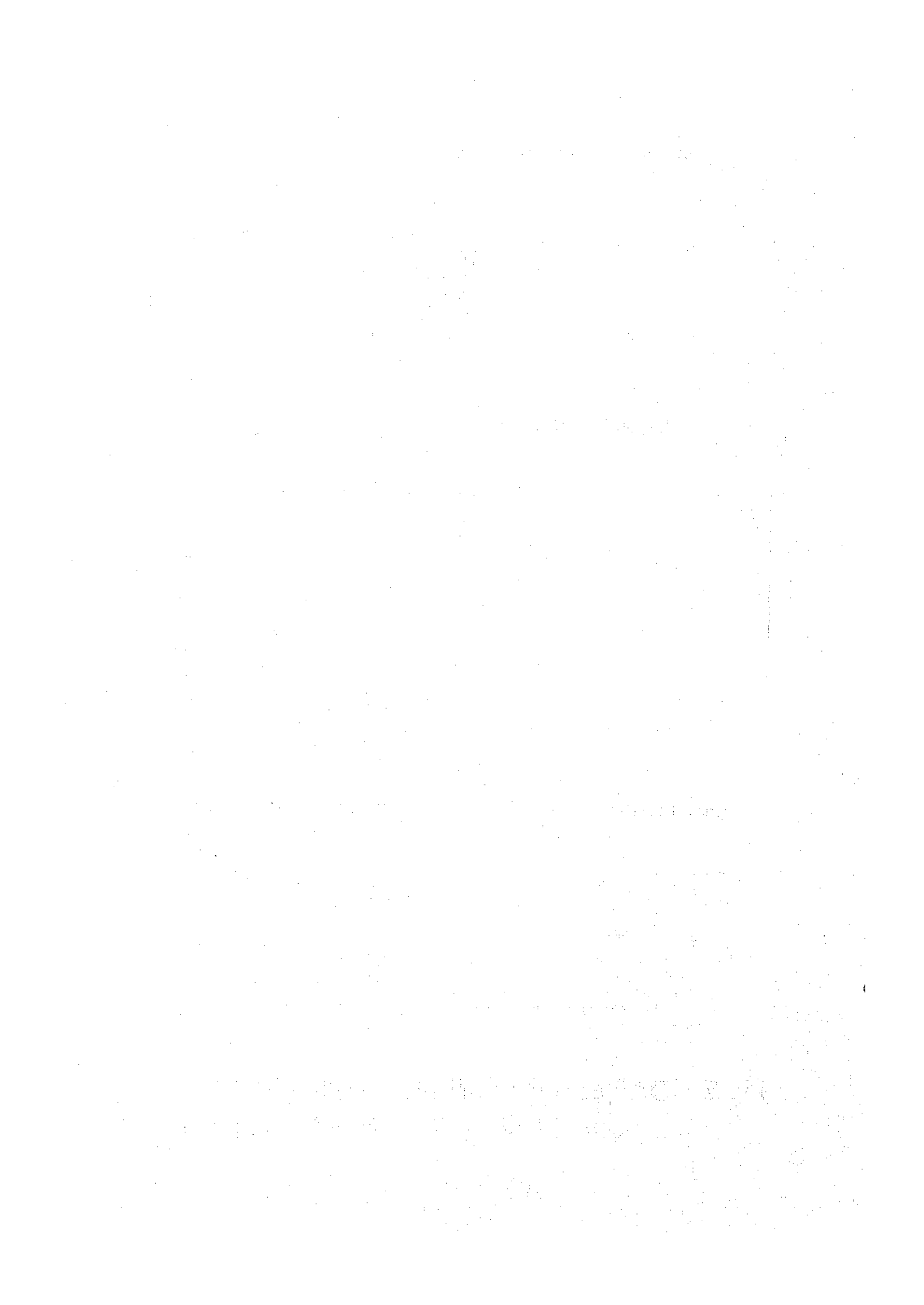
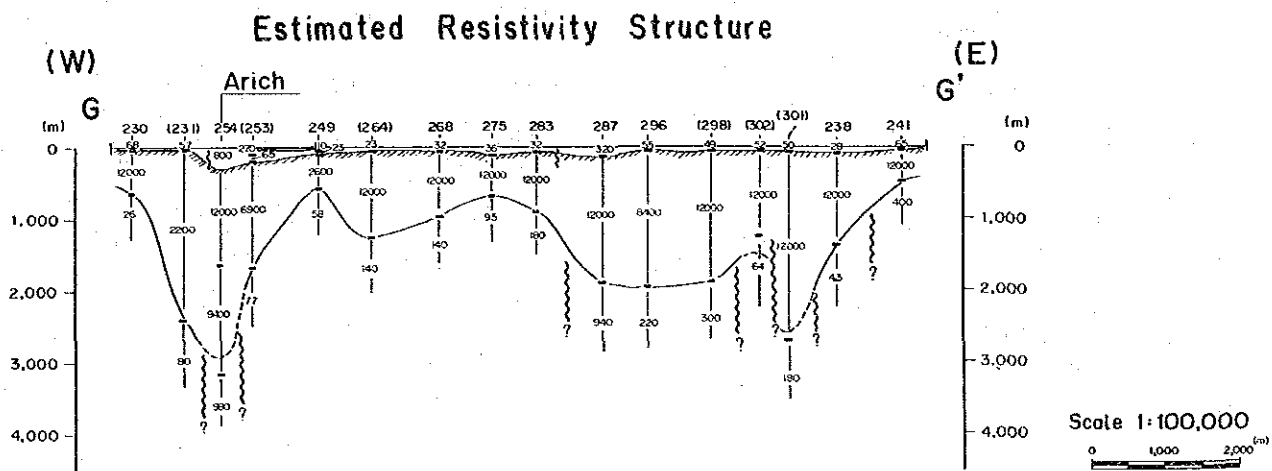
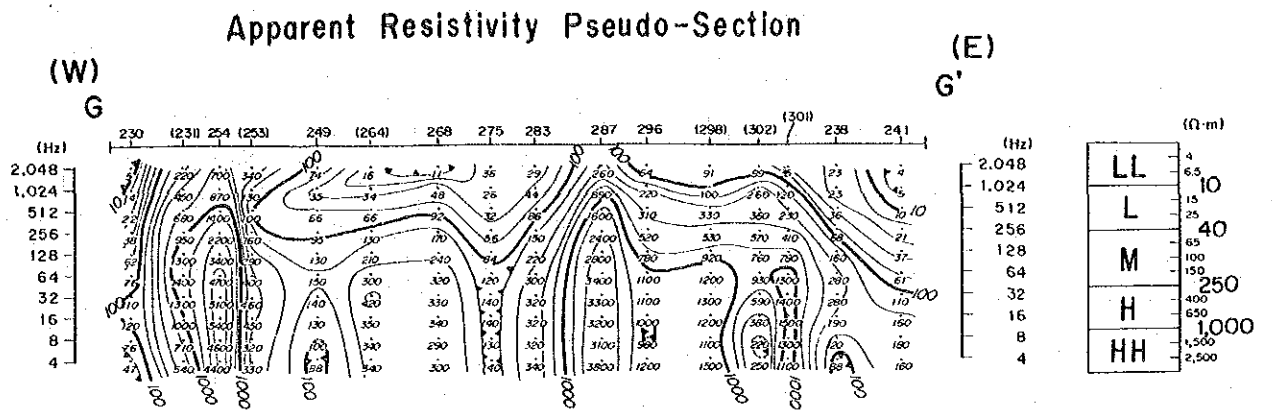


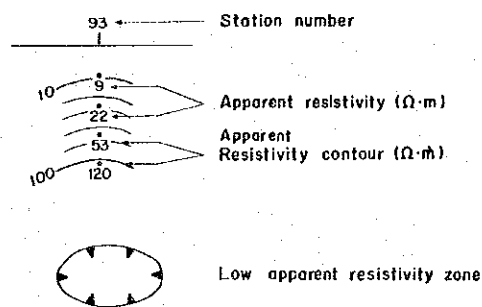
Fig.II-15 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (F-F')





LEGEND

Apparent Resistivity Pseudo-Section



Estimated Resistivity Structure

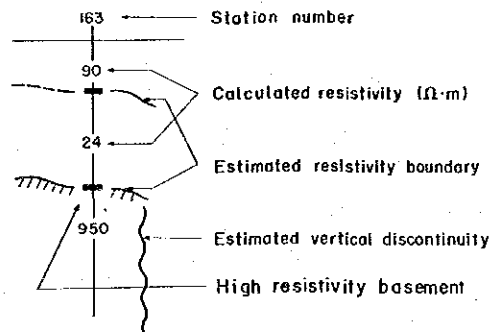
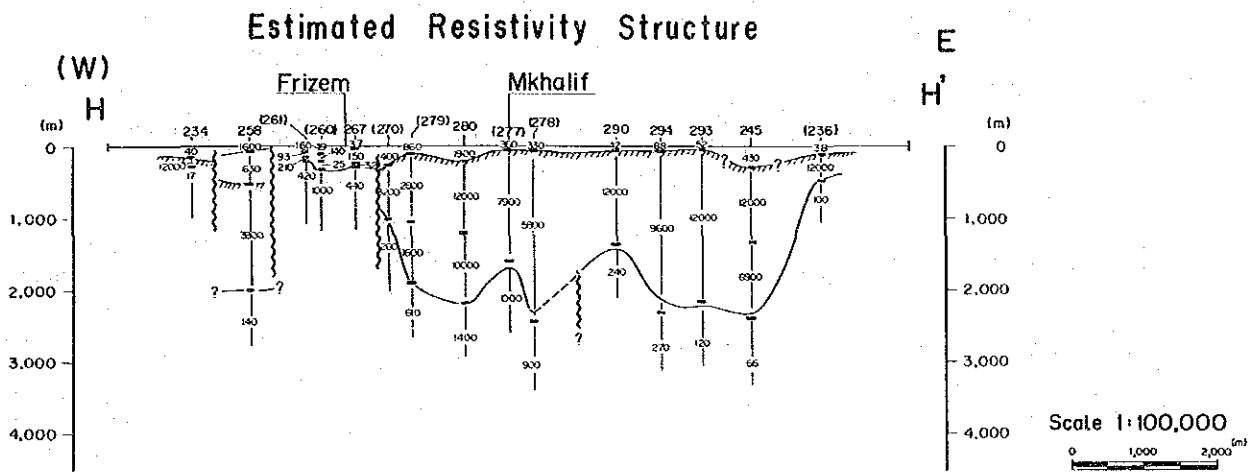
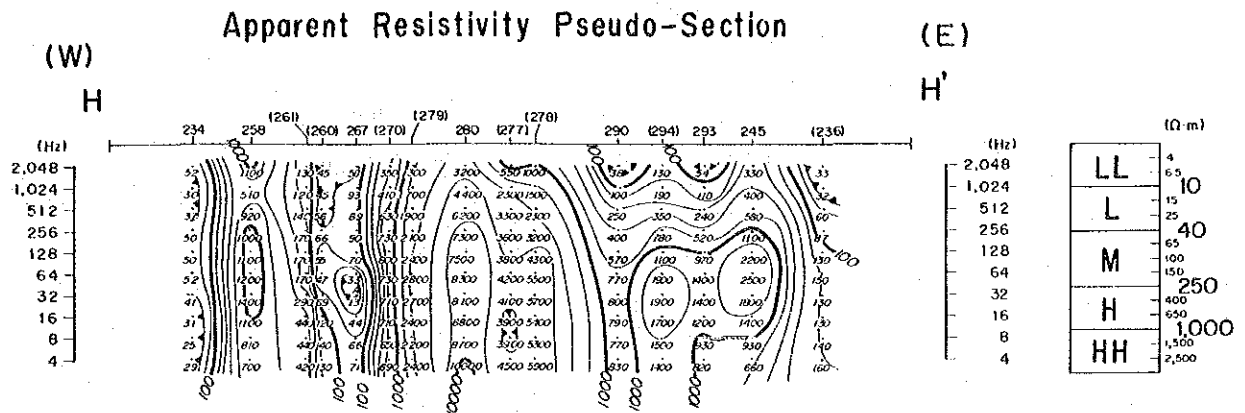
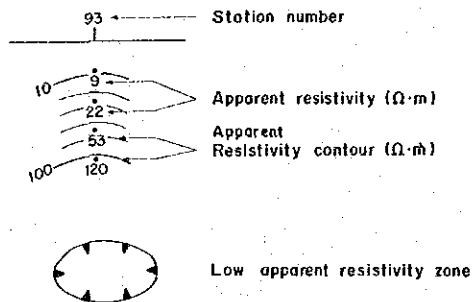


Fig. II-16 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (G-G')



LEGEND

Apparent Resistivity Pseudo-Section



Estimated Resistivity Structure

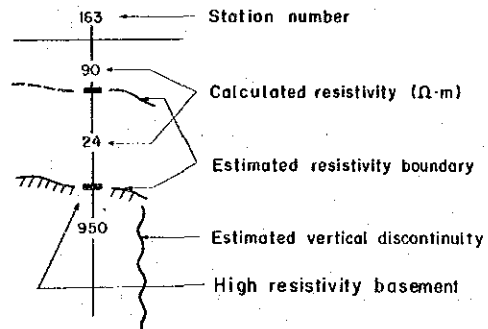


Fig. II-17 Apparent Resistivity Pseudo-Section with Estimated Resistivity Structure (H-H')

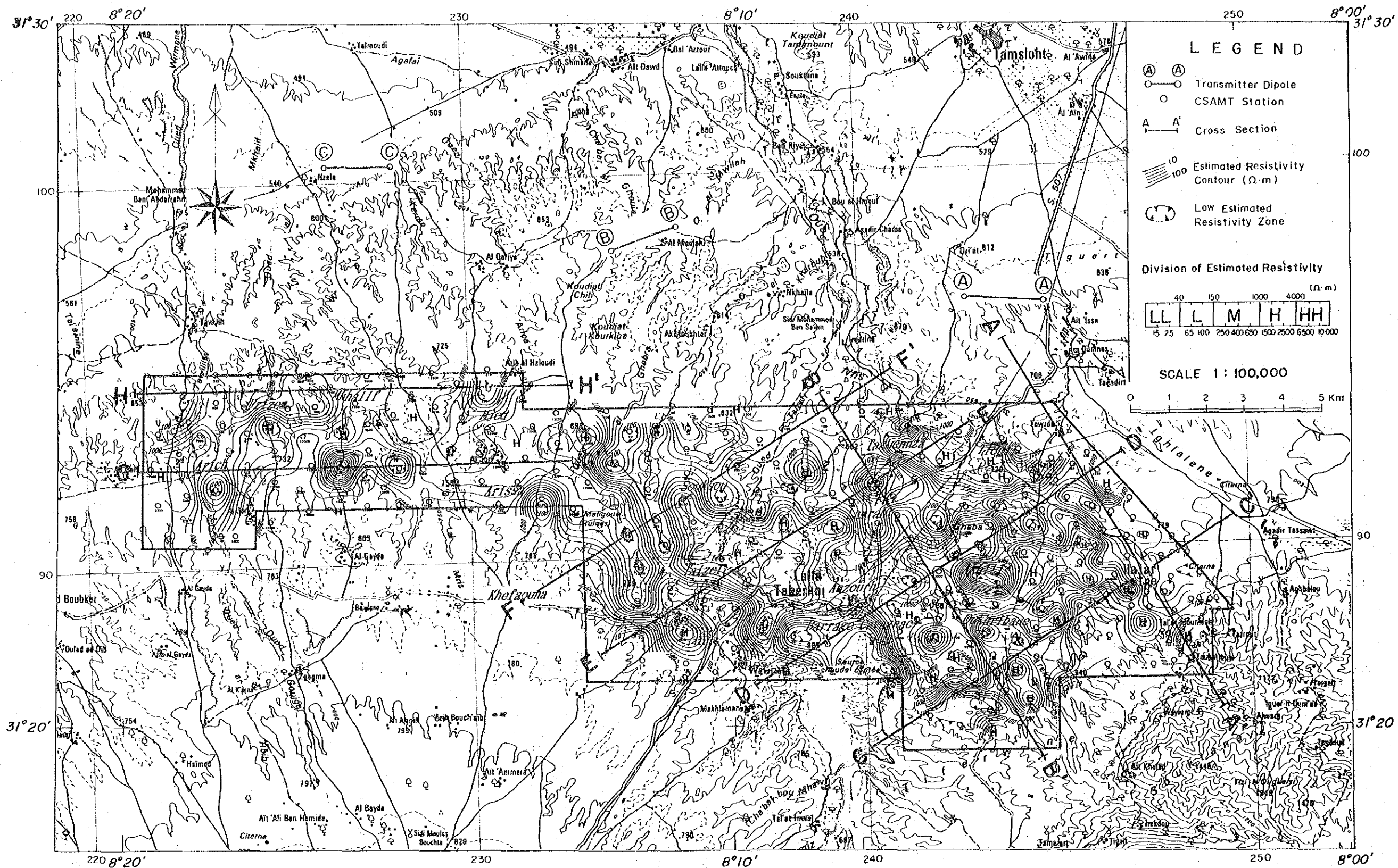


Fig. II- 18 Resistivity Structure Map (Depth 100m)

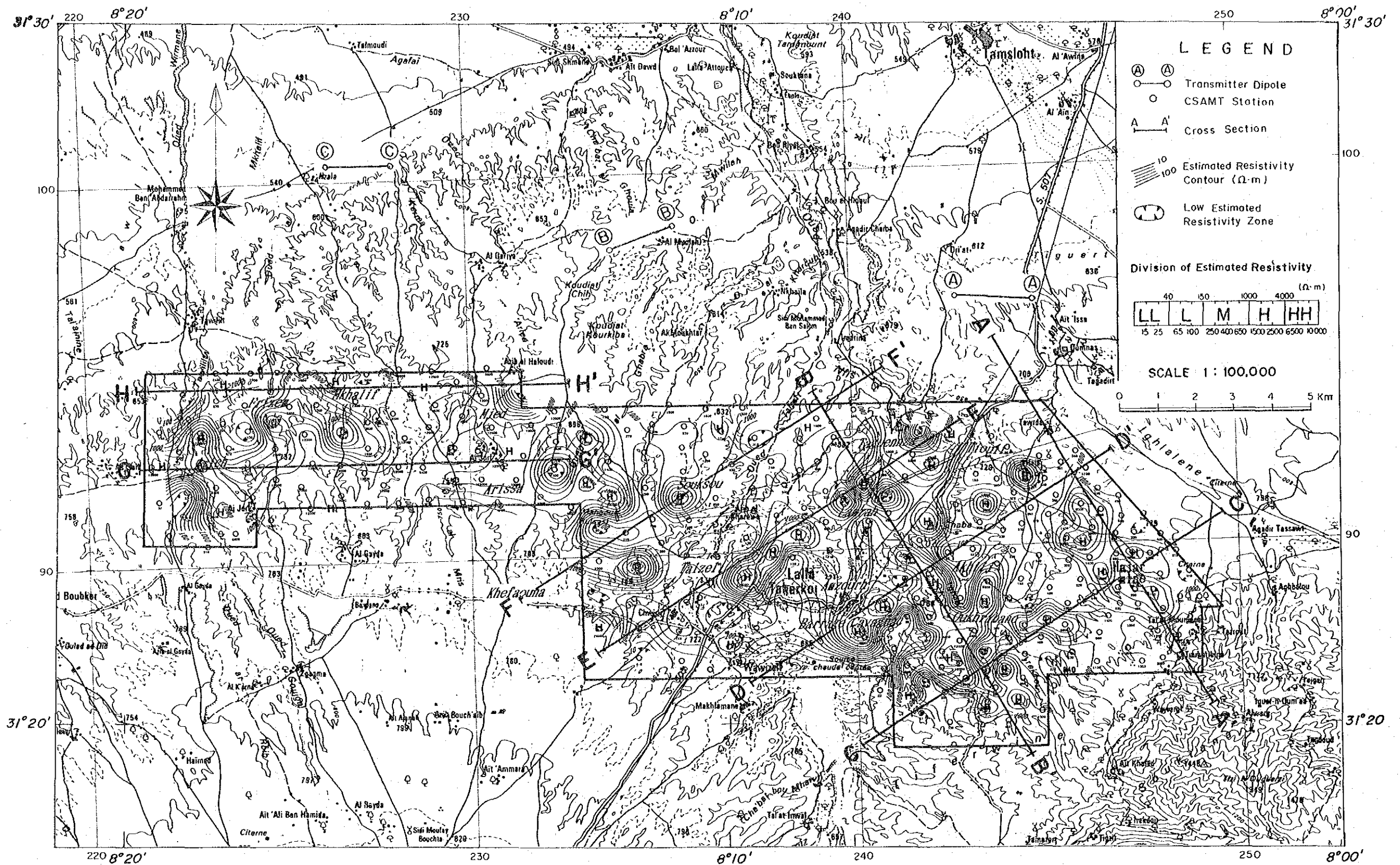


Fig. II - 19 Resistivity Structure Map (Depth 500 m)

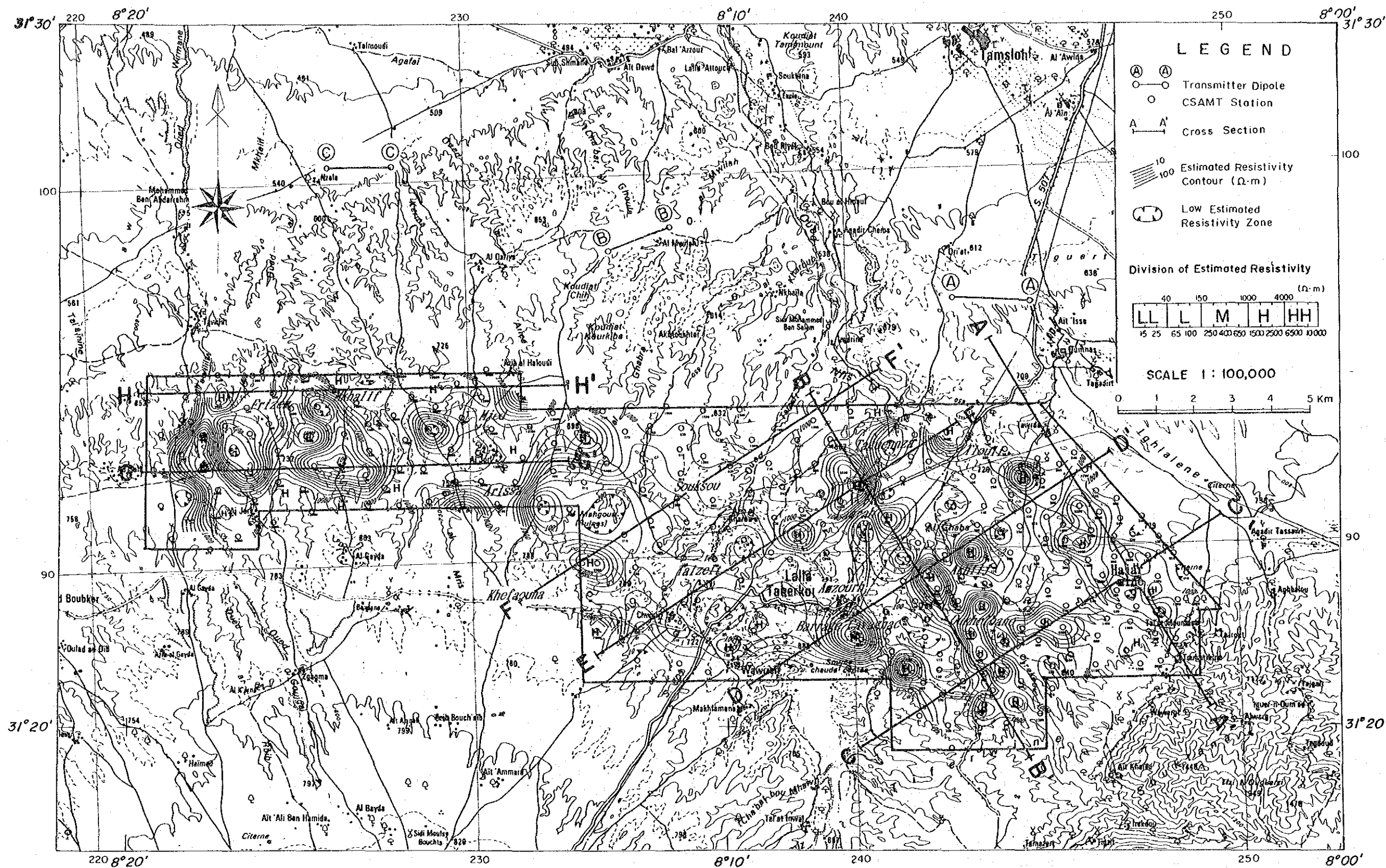


Fig. II - 20 Resistivity Structure Map (Depth 1,000 m)

第 3 章 考 察

3-1 比抵抗構造と地質との対比

これまで述べた比抵抗構造と、PL. I-1 (Fig. I-1) の地質図との対比を以下に行う。

本地域の地質は、主として泥質・石灰質の片岩・準片岩から成る石炭系～二疊系を基盤とし、主に礫質砂岩から成る第四紀の堆積岩類に広く覆われている。

基盤岩類は、東部地区ではTlouf、Akhlij、Oukhribane、Amzourh、Barrage Cavagnacなどの近辺に断片的に分布する一方、西部地区ではFrizem周辺に広く分布する。

深度 100m の比抵抗構造 (Fig. II-18) は、これら基盤岩類の露出と対応して著しい高比抵抗領域を形成しており、本地域の高比抵抗基盤が石炭系～二疊系基盤岩類であることは明らかである。第四紀の被覆層分布域には多数の低比抵抗異常が対応することから、第四系被覆層は低比抵抗層に属する。また、主にFrizem南方、Barrage Cavagnac南方などの火成岩分布域も低比抵抗異常が対応している。

各比抵抗構造断面図 (Fig. II-10 ~ Fig. II-17) からみて、本地域の比抵抗構造は大局的に3層構造を構成する。第一層目は、地表付近の不均質な比抵抗変化 (地下水の影響?) を含む低比抵抗層で、第四系に対比される。第二層目は極めて高比抵抗な比抵抗基盤で、石炭系～二疊系の上部に相当すると考えられる。そして、第三層目の比較的低い比抵抗層は基盤岩類下部に存在する低比抵抗層準と思われる。

本地域の地質走向はNW-SE系が卓越するが、見掛比抵抗分布及び比抵抗分布のいずれも地質走向と調和的である。

3-2 比抵抗構造と鉱床との関係

本地域には Hajar 鉱床のほかに、Oukhribane、Amzourh、Frizemなどの地区に鉱徴としてのゴッサンがあり、いずれも基盤岩類を母岩としている。

Hajar 鉱床は最大層厚 100m で NNE に傾斜し、その上盤には粘土化が、また、下盤側は緑色変質が発達する。岩石試料比抵抗測定結果から、鉱石の比抵抗は $15 \Omega \text{ m}$ と他の地層と比較して極めて低いことから、当初CSAMT法探査によって鉱床が低比抵抗異常を形成すると期待された。しかし、A-A' 断面 (Fig. II-10) に見られるように、鉱床を含む周辺の鉱化変質帯が高比抵抗基盤中の低比抵抗異常 (凹部) として捕えられた。

こうした観点から、Oukhribane、Amzourh、Frizem 付近の各鉱徴と各比抵抗構造平面図における比抵抗分布との関係を検討すると、鉱徴は著しい高比抵抗域に接する低比抵抗異常に

位置しており、Hajar 鉱床の場合と似通っている。

3-3 既存資料の検討及び比抵抗構造との対比

本地域では、既存の調査として磁気探査・重力探査・EM法探査・その他の各種物理探査が実施されている。これらの物理探査の中から下記の調査結果を選択して添付した。

空中磁気探査 (Fig. II-21)

広域重力探査 (Fig. II-22)

Hajar mineにおける精密磁気探査 (Fig. II-23)

Hajar mineにおける精密重力探査 (Fig. II-23)

(1) 空中磁気探査 (Fig. II-21)

空中磁気探査結果の最も大きな特徴は、調査地域中央以東の地区と西部地区とで著しい相違が見られることである。

東部地区の磁気異常は、Hajar mineに発達する典型的な埋没球状の異常や、Barrage Cavagnac以東の異常などに代表されるように、北側低異常と南側高異常との組み合わせで構成され、現在の地球磁場方向に帯磁している。

一方、西部地区の磁気異常の多くは、高異常のみが大きく発達し、現在の地球磁場方向とは異った残留磁気が存在が考えられる。また、中央部以東の地区と比較してバックグラウンド磁力値が数10 gamma程度大きい。

こうした事実から、両地区の磁性体は生成時代が異り、また、磁気基盤も異質のものであると推定される。

なお、物理探査調査地域北方のDaoud (ダウド) 南方及びRial (リアル) 南方においても、西部地区の磁気分布と似通った著しい高異常が発達している。

各磁気異常と比抵抗構造との間には、次のような相関が認められる。

① 空中磁気探査結果と各深度別比抵抗構造平面図 (Fig. II-18 ~ Fig. II-20) を対比すると、磁性体の推定位置は比抵抗構造の窪み (周囲を高比抵抗に囲まれた低比抵抗異常) と対応するものが多い。例えば、Hajar mine付近、Oukhribane南方、Lamrah付近、Taguenna 付近、Frizem西方などの磁気異常がその代表例である。また、Mjed (ムジェッド) 付近の磁気異常分布域においても比抵抗の変化が多い。

② 東部地区の見掛比抵抗分布及び比抵抗構造は、短波長の異常が散在し、またNW-SE

系の方向性が認められた。空中磁気異常においても同様の傾向を読み取ることができる。

- ③ 中部地区の Souksou~Talzelt を中心とする地区は、見掛比抵抗分布・比抵抗構造・空中磁気異常共に変化に乏しい地区と言える。
- ④ 西部地区の比抵抗構造は、著しく高比抵抗な基盤が地下浅部の広範囲を占め、中部地区・東部地区とは明らかに異った基盤構造が考えられる。これは、上述したこの地区の磁気基盤が異質のものであることと符合する。

(2) 広域重力探査 (Fig. II-22)

Fig. II-22 は測点密度 1.3/km²程度の概査的重力図である。西部地区で高異常を示し、東へ徐々に重力値を減じ、南部で急落する。即ち、西部地区では重力基盤が浅く、次第に東方へ向って基盤深度を増し、南部では厚い低密度被覆層を伴って落ち込む地質構造を示唆すると思われる。

重力異常と比抵抗構造との対比は次のとおりである。

- ① 西部地区の比抵抗構造は、地表付近に分布するほぼ一様な高比抵抗基盤によって特徴付けられるが、この地区の高重力異常もこれを裏付けるものである。
- ② 東部地区~中部地区では所々にNW-SE方向の高重力異常の張り出しが認められる。これらは見掛比抵抗分布における高見掛比抵抗や、比抵抗構造の高比抵抗部との強い相関を示すと共に、これまで述べたNW-SE系の方向性とも一致する。
- ③ 調査地南端の低重力部に対応して、著しい低見掛比抵抗・低比抵抗域が合致する。これは、基盤を被覆する第四紀低密度層が厚く分布し、しかも多量の地下水を反映して低比抵抗を形成したものと推察される。

(3) Hajar mineにおける精密磁気・重力探査 (Fig. II-23 及びFig. II-24)

Fig. II-23 は、Hajar mine周辺で実施された測点間隔25mの精密磁気探査及び重力探査結果であり、Fig. II-24 はその結果に比抵抗構造解析結果及び地質断面を加えた断面図である。

Fig. II-23 において、精密磁気探査は磁硫鉄鉱に富む鉱体を高磁性体として見事に抽出している一方、精密重力探査も高密度の鉱体 (Tab. II-2参照) を高重力異常として捕捉している。

Fig. II-24 の比抵抗構造解析結果には、L、M、H、HHなどの比抵抗区分を併記した。これらと地質との対比は次のようである。

比抵抗区分	比抵抗	地質・鉱床との関係
L	約 50 Ω m	第四系に対比され、厚いところで数100 mに達する。
M	約 150 Ω m	Hajar 鉱体と、その上盤の粘土化変質部及び下盤の緑色変質岩に対比される。鉱化作用に伴って、鉱床母岩である高比抵抗層の比抵抗が低下した。
H・HH	約 400～ 4,000 Ω m	鉱化・変質作用を伴わない高比抵抗基盤に対比される。

比抵抗区分：Mの分布範囲は、Hajar mineの南東方向に延長 (Fig. II-10、Fig. II-19) しており、この範囲内に別の高重力が含まれている。したがって、Hajar mineの南東側も要探鉱地区といえる。

3-4 ま と め

本地域に賦存する鉱床は Hajar 鉱床に代表され、その鉱石は岩石試料物性測定結果 (Tab. II-2) で立証されるように高磁化率・高密度・低比抵抗である。しかしながら、Hajar mine 周辺のCSAMT探査結果からは、低比抵抗であるべき鉱体は直接抽出されず、周囲の鉱化変質部が低比抵抗異常部として把握された。

そうした低比抵抗異常部は、周囲を高比抵抗に囲まれた若干低比抵抗の部分、即ち、石炭系～二疊系の高比抵抗基盤の凹部に位置付けられる。

今回のCSAMT探査から、深度別に多数の低比抵抗異常群が発見されたが、ここで地下水の存在を無視できない。本調査地域を広く覆う第四系は主に礫質砂岩から成り、比較的地下水位の高い帯水層を挟在することが知られている。地下水は地下浅部の低比抵抗層として存在し、上記高比抵抗基盤の凹部を反映する低比抵抗異常と混在するため、これを除去する

必要がある。

そこで、地下浅部の比抵抗構造平面図 (Fig. II-18) の中から、地表付近で水平的に連続する低比抵抗部、もしくは地表付近の不均質な構造を地下水の影響とみなし、主なものを次に選択した。

- ① Hajar mineの北方～東方 …………… Fig. II-10 の測点 No. 25～No. 67 参照
- ② Oukhribaneの東方～南東 …………… Fig. II-12 の測点 No. 96～No. 115 参照
- ③ Khefaouna の南東～Barrage Cavagnac南方～Oukhribaneの南方 (調査地南端)
…………… Fig. II-12、Fig. II-13、Fig. II-14 の西端参照
- ④ Taguennza の 南 方 …………… Fig. II-14 の測点 No. 10～No. 69 参照
- ⑤ Souksou 付近及びその北方 …………… Fig. II-15 の測点 No. 180～No. 199 参照

上記のノイズ的低比抵抗を除いた低比抵抗異常による構造のうち、比抵抗基盤中の凹部として第2章の2-3及び2-4節で抽出した低比抵抗構造が鉱化に關与する比抵抗構造と考えられ、それらは次表のようにまとめられる (Fig. 3 参照)。

主な低異常分布地区	位置 (測点No.)	既存調査との関係	参照図
Hajar mine 付 近	45～111～108	著しい高磁気・高重力に対応	Fig. II-10.19
Souksou 北 東	201～202	小規模な高磁気異常に対応	Fig. II-15
Taguennza 西 方	165～167		Fig. II-11
Lamrah 付 近	3～153	小規模な高磁気異常に対応	Fig. II-11.19
Akhlij 付 近	26～138	小規模な高磁気異常に対応	Fig. II-18.19
Barrage Cavagnac東方	84～86	地下深部の磁気異常体に対応	Fig. II-19.20
Oukhribane 南 東	95		Fig. II-19.20
Oukhribane 南 方	54、55～93	著しい磁気異常に対応	Fig. II-11.19
Frizem 西 方	256～260	著しい高磁気異常に対応	Fig. II-17.18

Hajar mine及びFrizem西方を除くこれら低比抵抗異常の全てが、Taguennza 西方～Lamrah～OukhribaneをNW-SE方向に結ぶ幅約3 kmの範囲 (Fig. 3) に含まれている。言い換えれば、この範囲のHajar 層準中の低比抵抗部が鉱床賦存ポテンシャルの高い地区として指摘される。

今回採用されたCSAMT法物理探査は、比較的大きな比抵抗構造を把握するための概査的手法である。本調査結果では、これまで述べたように基盤構造及び鉱化に関連した比抵抗環境が解明され、所期の成果が得られた。

今後の物理探査継続に関しては、前表で指摘された低比抵抗異常地区のうち、既に精密探査の実施されているHajar mine付近を除く地区の比較的地下浅部を対象として、鉱床母岩中における鉱床の物性差を識別し得るよう設計された精査的な探査が推進されるべきである。

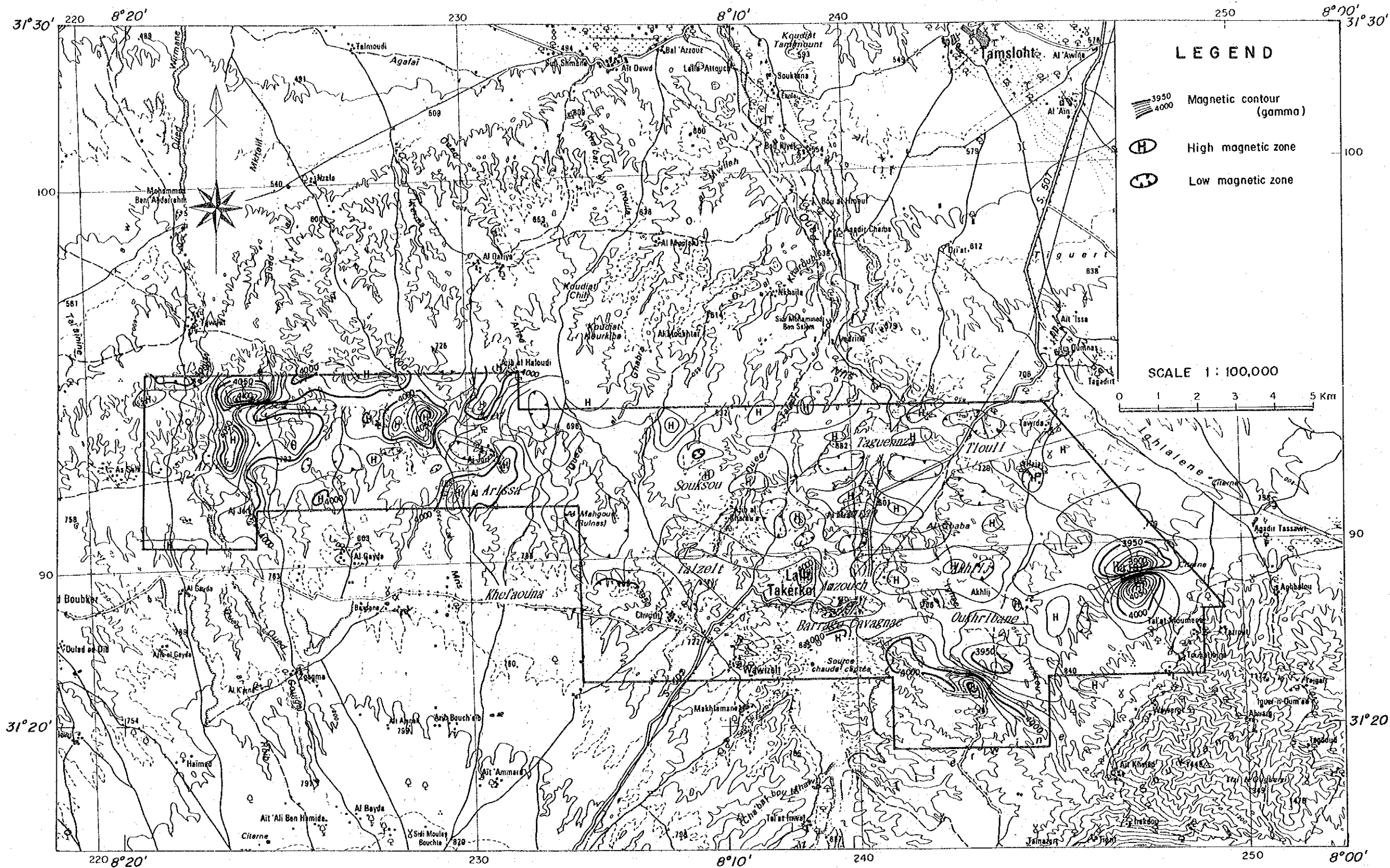


Fig. II-21 Residual Airborne Magnetic Anomalies

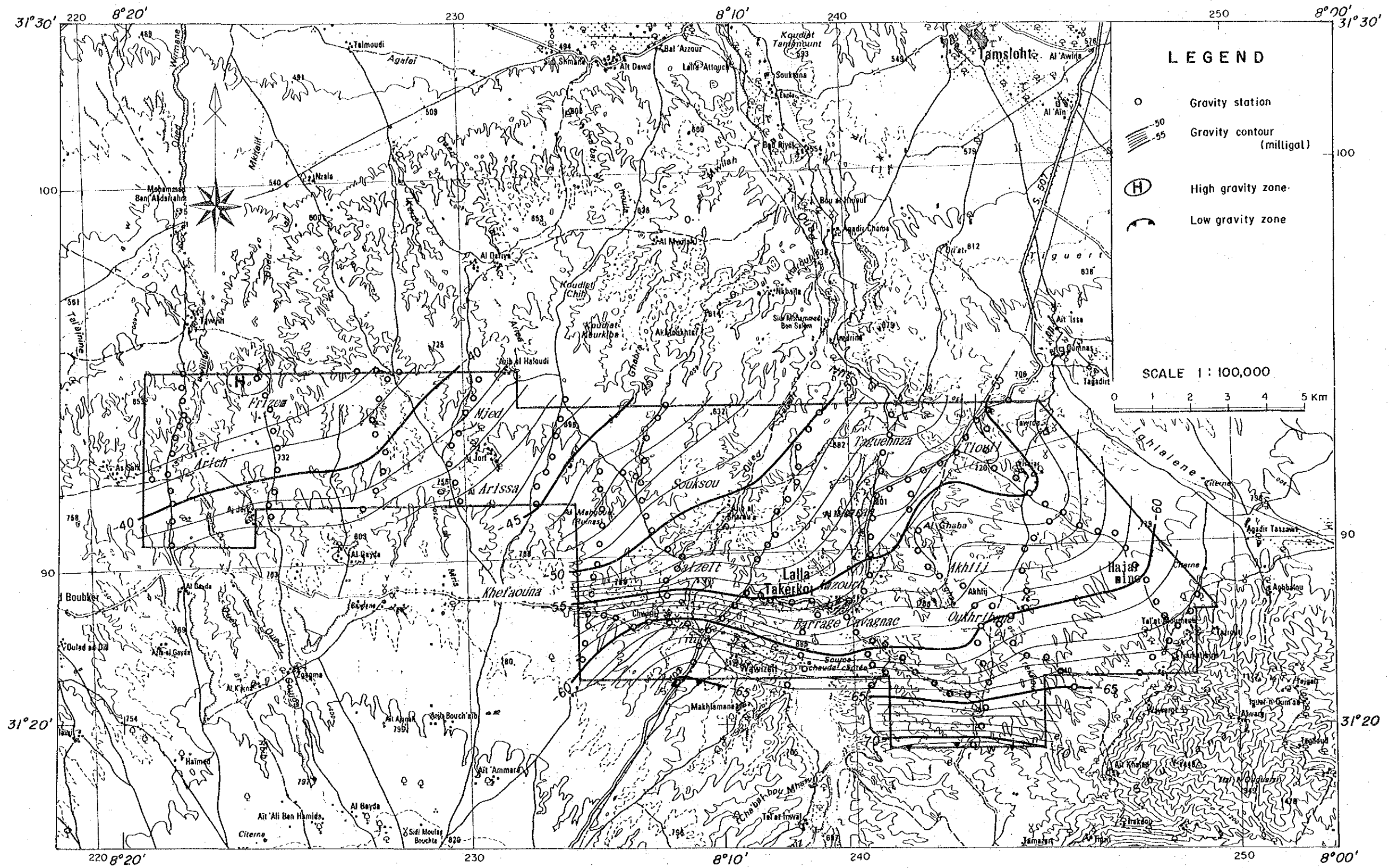
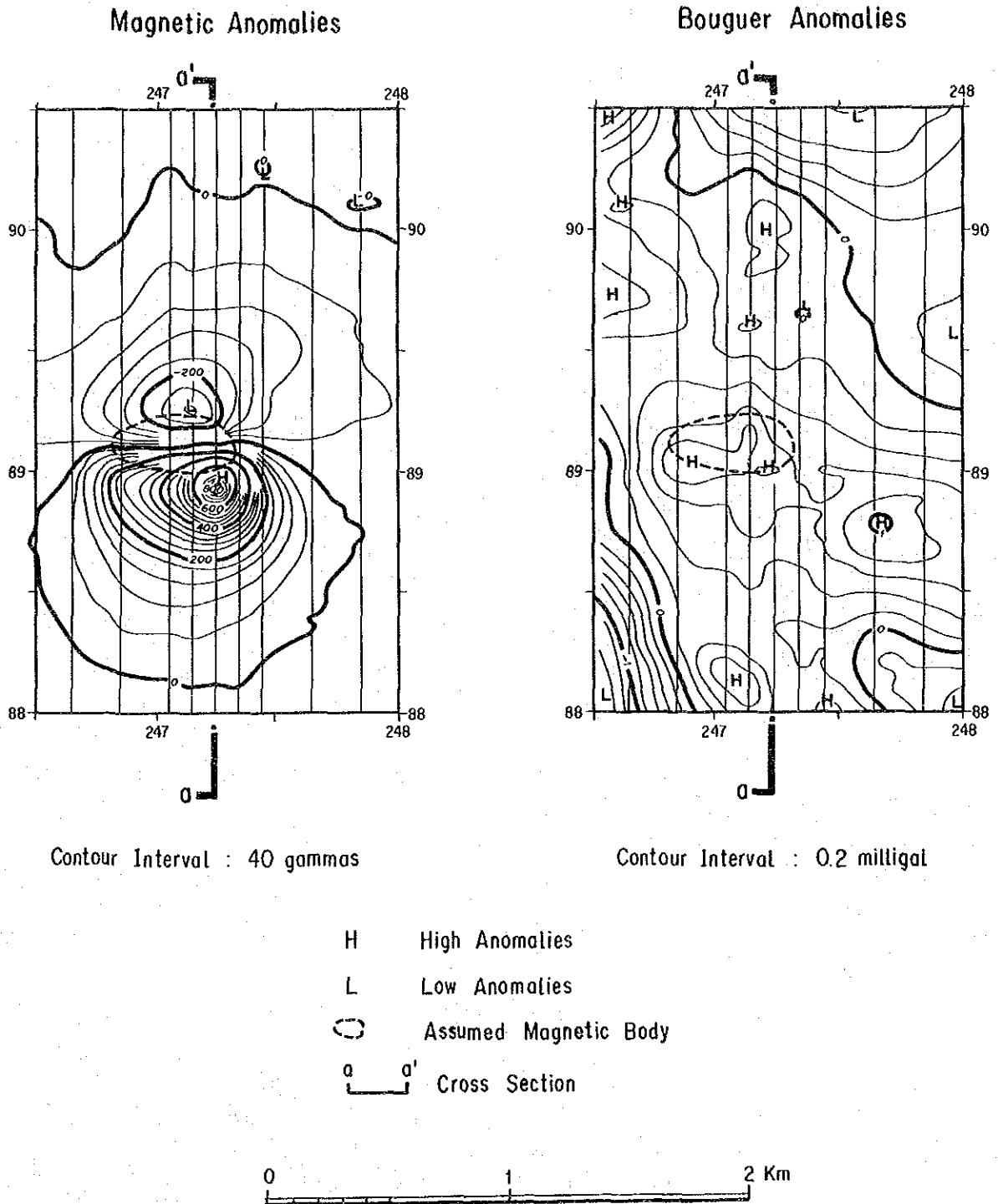


Fig. II-22 Bouguer Anomalies



**Fig. II-23 Detailed Geophysical Survey
over Hajar Mine**

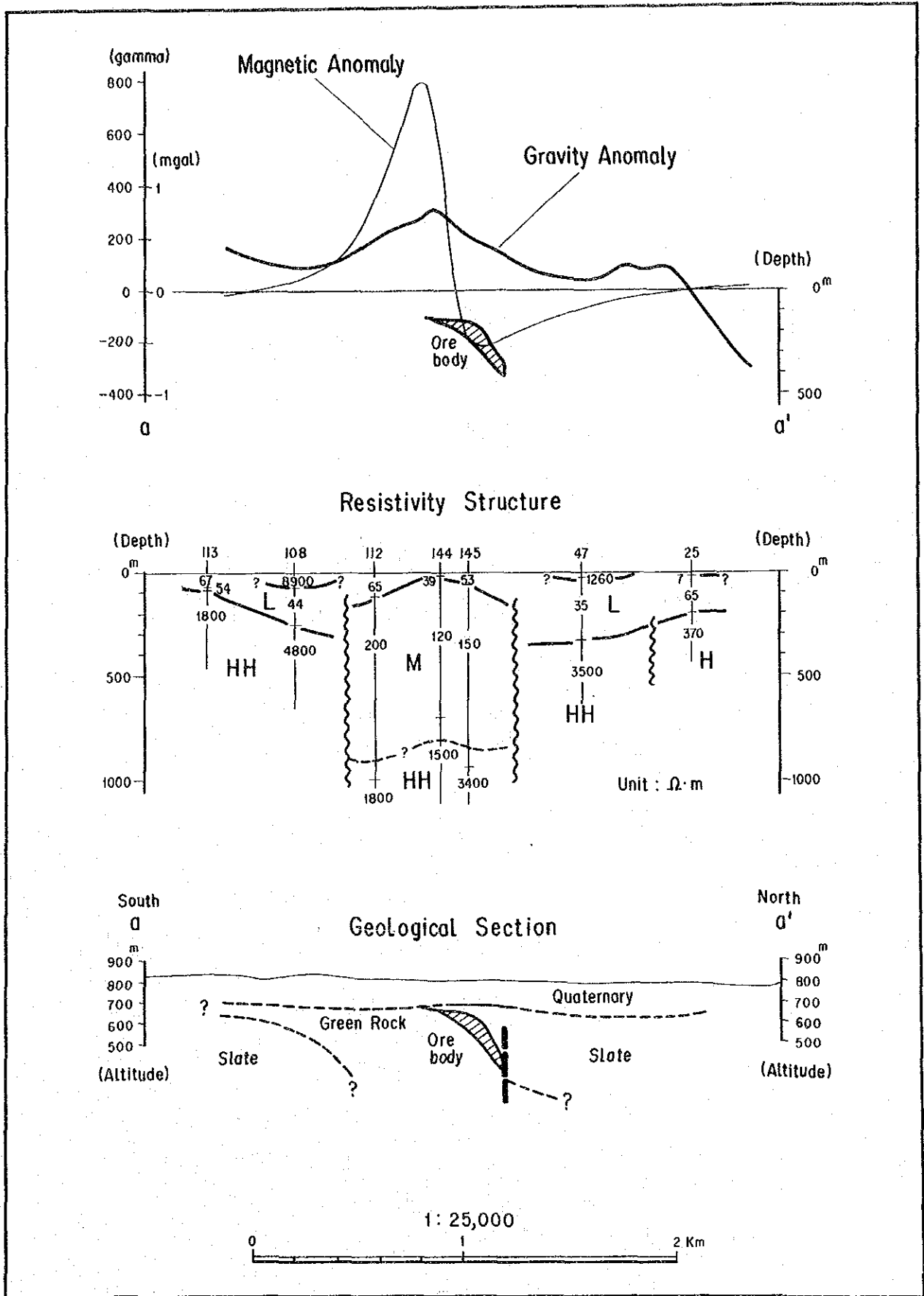


Fig. II - 24 Comparison of Geophysical Survey over Hajar Mine

【 REFERENCES 】

1. Banno.S. and Seki.y. (1978) : Thermodynamics Analysis about Metamorphism,
Geochemistry of Rocks and Minerals,
Earth Science 4. Iwanami, p.191-240 (in Japanese) .
2. Banno.S. (1979) : Multi-phase System and Equivalent,
Geochemistry of Rocks and Minerals,
Earth Science 4. Iwanami, p.147-165 (in Japanese) .
3. BRGM (1985) : Carte Géologique Provisoire du Massif des Guemassa,
1/50.000. BRPM.
4. BRGM/DG (1986) : Etude Géologique, Géochimique et Géophysique
des Indices de Amzourh (Guemassa) .
5. BRPM (1985) : Travaux Géophysiques Réalisés à Douar El Hajar
6. Geoterrex Ltd. (1968) : Carte Résiduelle du Champ Magnétique Total,
Zone 3, Seuil de Guemassa, 1/50.000,
Direction des Mines et de la Géologie .
7. Geoterrex Ltd. (1968) : Prospection Electromagnétique Aérienne par
Méthode Input Barringer sur les Extensions du District de
Pyrrhotine des Jebilet, Ministère du Commerce, de
L' Artisanat de L' Industrie & des Mines.
8. Goldstein.M.A. and Strangway.D.W. (1975) : Audio-frequency
Magnetotellurics with a Grounded Electric Dipole Source,
Geophysics, v.40, n.4, p.669-683 .
9. Hunting Geology and Geophysics Ltd. (1968) : Helicopter-borne
Geophysical Project, BRPM and Arab Mining Company.
10. Maier.w., Mellal, and El Hakour.A. (1986) : Le Gisement Polimétallique
Hydrothermal-Sédimentaire de Douar Lahjar, BRPM.
11. Ministère du Commerce (1970) : Carte Géologique et des Minéralisations
des Jebilet Centrales, 1/100.000, reviewed by P.Huvelin .
12. Ministère de L' Energie et des Mines : Gravimétrie Haouz,
Anomalie de Bouguer , $d = 2.2$.

13. Ministère de L' Energie et des Mines (1982) : Carte Géologique du Maroc . 1/1.000.000 .
14. Sawa.K. and Yairi.K. (1979) : Geology of Africa. Geology of the World. Earth Science 16. Iwanami, p.61-98 (in Japanese) .
15. Yamashita.M. (1984) : CSAMT Controlled Source Audio Magnetotellurics. Phoenix Geophysics Ltd.

APPENDICES

AP. I - 1 List of Rock and Ore Samples

(1)

No.	Sample No.	Type of Sample	Geol. Unit	Location	Kind of Analysis				
					T	P	X	R	O
1	29	Quartz vein	V	W-Ar		P			0
2	58	Gabbro	Gb	W-Ka	T			R	
3	60	Limestone	Il	W-Mj	T				
4	66	Rhyolite	Ry	W-Ka	T				
5	103	Pel sch	Ips	W-Nz			X	R	
6	106	Calc sch	Ic	W-Mj			X		
7	109	Calc sch	Ip	W-Ka				R	
8	118	Porphyrite	Pr	W-Mk	T				
9	120	Gossan	Ic	W-Mk		P			
10	121	Gabbro	Gb	W-Nz	T				
11	124	Quartz vein	V	W-Nz		P			
12	132	Calc sch	Ipm	W-Mk			X	R	
13	134	Pel sch	Ic	W-Mk			X	R	
14	138	Pel sch	Ips	W-Ar				R	
15	145	Diorite	Dr	W-Ar	T				
16	167	Diorite	Dr	W-Mj	T				
17	175	Calc sch	Ic	W-Mj			X		
18	183	Rhyolite	Ry	W-Fr			X	R	
19	187	Rhyolite	Ry	W-Fr	T				
20	215	Calc sch	Ic	W-Da			X	R	
21	242	Pel sch	Ic	W-Mk			X	R	
22	258	Pel sch	Ip	W-Ka			X		
23	301	Green rock	IIat	E-Ha	T		X	R	
24	302	Low-grade ore	or	E-Ha	T	P	X	R	0
25	303	High-grade ore	or	E-Ha		P			0
26	304	Pyrrhotite	or	E-Ha					0
27	306	Diss ore	or	E-Ha		P			0
28	307	Green rock	IIat	E-Ha	T		X	R	
29	309	Low-grade ore	or	E-Ha	T				
30	310	High-grade ore	or	E-Ha					0
31	313	Meta rhyolite	IIav	E-Am	T		X	R	
32	317	Green rock	IIat	E-Am	T		X	R	
33	322	Diorite	D	E-Am	T			R	
34	323	Slate	IIp1	E-Am			X	R	

(2)

No.	Sample No.	Type of Sample	Geol. Unit	Location	Kind of Analysis				
					T	P	X	R	O
35	326	Gossan	IIas	E-Ou					0
36	327	Gossan	IIas	E-Ou		P	X		0
37	328	Slate	IIas	E-Ou				R	
38	334	Gossan	IIat	E-Ou		P			0
39	335	Gossan	IIat	E-Ou		P	X		0
40	336	Green rock	IIat	E-Ou	T		X	R	
41	338	Limestone	IIp2	E-Ak	T				
42	340	Limestone	IIp2	E-Ak			X		
43	360	Calc semischist	IIc	E-Im	T		X	R	
44	367	Rhyolite	Ry	E-Im	T			R	
45	372	Rhyolite	Ry	E-Ak	T				
46	401	Quartz vein	V	W-Nz		P			

Abbreviation

Calc sch : Calcareous schist

Diss : Dissemination

Pel sch : Pelitic schist

T : Thin Section

P : Polished Section

X : X-ray Analysis

R : Whole Rock Analysis

O : Ore Assay

Ak : Akhlij

Am : Amzourh

Ar : Arich

Da : Daoud

E : Eastern area

Fr : Frizem

Ha : Hajar

Im : Imarine

Ka : Karia

Mj : Mjed

Mk : Mkhatif

Nz : Nzala

Ou : Oukhribane

W : Western area

AP. I - 2 Assay Results of Ore Samples

No.	Sample No.	Type of Sample	Grade			
			Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	29	Quartz vein	14.0	0.04	1.65	2.28
2	302	Low-grade ore	54.0	1.82	3.90	12.20
3	303	High-grade ore	128.0	3.20	12.00	18.00
4	304	Pyrrhotite	34.0	4.40	1.00	13.20
5	306	Dissemination ore	3.2	3.10	0.06	1.00
6	310	High-grade ore	7.6	4.30	0.44	10.00
7	326	Gossan	3.2	1.08	0.92	1.52
8	327	Gossan	1.6	1.18	0.07	1.60
9	334	Gossan	2.8	0.42	0.02	0.38
10	335	Gossan	1.2	0.66	0.12	0.12

AP. I -3 Whole Rock Analysis and Molal Ratio

(1)

Sample Rock	103 Pel	132 Calc	134 Pel	138 Pel	215 Calc	242 Pel	323 Slate	328 Slate	109 Calc	350 Calc
SiO2	60.72	60.90	58.31	63.93	63.50	62.92	62.99	56.97	57.89	61.39
TiO2	0.79	0.57	0.93	0.69	0.75	0.77	0.87	0.96	0.83	0.32
Al2O3	17.99	12.34	21.35	17.72	17.61	18.09	17.84	19.60	18.44	7.43
Fe2O3	1.43	2.19	1.23	1.26	1.77	1.57	1.13	2.52	3.45	0.06
FeO	4.58	2.28	4.28	3.96	4.16	4.91	4.64	5.20	4.55	3.04
MnO	0.13	0.10	0.03	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.11	0.05
MgO	2.03	1.32	2.31	1.66	1.97	2.16	1.81	3.04	2.42	1.77
CaO	1.59	7.94	0.62	0.62	0.68	0.40	0.87	0.70	1.43	12.92
Na2O	1.27	0.20	0.26	1.54	0.15	0.76	0.55	0.10	1.51	0.99
K2O	3.18	2.58	4.62	3.56	3.95	3.17	4.13	3.14	2.87	1.57
P2O5	0.08	0.10	0.18	0.06	0.14	0.14	0.10	0.14	0.17	0.06
LOI	5.26	8.63	4.97	4.00	4.31	4.25	4.44	6.73	5.40	9.74
Total	99.05	99.15	99.09	99.06	99.06	99.20	99.44	99.16	99.07	99.34
SiO2	1.0106	1.0136	0.9705	1.0640	1.0568	1.0472	1.0484	0.9482	0.9635	1.0217
TiO2	0.0099	0.0071	0.0116	0.0086	0.0094	0.0096	0.0109	0.0120	0.0104	0.0040
Al2O3	0.1764	0.1210	0.2094	0.1738	0.1727	0.1774	0.1750	0.1922	0.1809	0.0729
Fe2O3	0.0090	0.0137	0.0077	0.0079	0.0111	0.0098	0.0071	0.0158	0.0216	0.0004
FeO	0.0637	0.0317	0.0596	0.0551	0.0579	0.0683	0.0646	0.0724	0.0633	0.0423
MnO	0.0018	0.0014	0.0004	0.0008	0.0010	0.0008	0.0010	0.0008	0.0016	0.0007
MgO	0.0504	0.0328	0.0573	0.0412	0.0489	0.0536	0.0449	0.0754	0.0600	0.0439
CaO	0.0284	0.1416	0.0111	0.0111	0.0121	0.0071	0.0155	0.0125	0.0255	0.2304
Na2O	0.0205	0.0032	0.0042	0.0248	0.0024	0.0123	0.0089	0.0016	0.0244	0.0160
K2O	0.0338	0.0274	0.0490	0.0378	0.0419	0.0337	0.0438	0.0333	0.0305	0.0167
P2O5	0.0006	0.0007	0.0013	0.0004	0.0010	0.0010	0.0007	0.0010	0.0012	0.0004
A	0.05467	0.03563	0.05805	0.03556	0.04449	0.06419	0.03456	0.09061	0.06508	0.00689
F	0.06374	0.03173	0.05957	0.05511	0.05790	0.06834	0.06458	0.07237	0.06332	0.04231
N	0.05036	0.03275	0.05731	0.04118	0.04887	0.05359	0.04490	0.07542	0.06004	0.04391
A	0.02206	0.01720	0.02466	0.00804	0.01398	0.02936	0.00327	0.04838	0.02983	-0.0177
C	0.02835	0.14159	0.01105	0.01105	0.01212	0.00713	0.01551	0.01248	0.02550	0.23039
F	0.00895	0.01371	0.00770	0.00789	0.01108	0.00983	0.00707	0.01678	0.02160	0.00037

(2)

Sample Rock	183 Rhyolite	313 Rhyolite	367 Rhyolite	322 Diorite	301 Green	307 Green	317 Green	336 Green	58 Gabbro	302 Ore
SiO2	77.28	76.43	80.04	71.37	52.75	55.32	76.42	56.70	45.24	23.16
TiO2	0.13	0.34	0.14	0.24	1.02	0.67	0.47	0.87	0.80	0.03
Al2O3	10.13	12.25	11.69	14.67	22.27	12.64	9.04	17.50	15.09	4.85
Fe2O3	2.06	0.67	0.01	1.54	2.16	0.96	0.61	5.58	0.24	10.82
FeO	1.05	1.63	0.93	1.52	5.57	16.16	6.45	5.35	8.90	14.64
MnO	0.02	0.08	0.01	0.15	0.16	0.28	0.14	0.18	0.15	0.25
MgO	0.23	0.36	0.21	0.49	3.46	7.71	1.63	2.29	12.83	14.84
CaO	0.09	0.93	0.43	0.37	0.35	0.05	0.26	0.89	9.09	0.10
Na2O	0.19	0.11	3.04	2.85	0.67	0.01	0.06	0.17	1.85	0.03
K2O	3.10	3.96	1.61	3.25	5.76	0.01	1.42	6.10	0.45	0.02
P2O5	0.08	0.27	0.04	0.05	0.15	0.02	0.08	0.10	0.12	0.07
LOI	4.63	2.18	1.30	2.91	4.98	5.30	2.42	3.43	4.30	13.16
Total	98.99	99.21	99.45	99.41	99.30	99.13	99.00	99.16	99.06	81.97
SiO2	1.2862	1.2720	1.3321	1.1878	0.8779	0.9207	1.2719	0.9437	0.7529	0.3855
TiO2	0.0016	0.0043	0.0018	0.0030	0.0128	0.0084	0.0059	0.0109	0.0100	0.0004
Al2O3	0.0994	0.1201	0.1147	0.1439	0.2184	0.1240	0.0887	0.1716	0.1480	0.0476
Fe2O3	0.0129	0.0042	0.0001	0.0096	0.0135	0.0060	0.0038	0.0349	0.0015	0.0678
FeO	0.0146	0.0227	0.0129	0.0212	0.0775	0.2249	0.0898	0.0745	0.1239	0.2038
MnO	0.0003	0.0011	0.0001	0.0021	0.0023	0.0039	0.0020	0.0025	0.0021	0.0035
MgO	0.0057	0.0089	0.0052	0.0122	0.0858	0.1913	0.0404	0.0568	0.3183	0.3682
CaO	0.0016	0.0166	0.0077	0.0066	0.0062	0.0009	0.0046	0.0159	0.1621	0.0018
Na2O	0.0031	0.0018	0.0490	0.0460	0.0108	0.0002	0.0010	0.0027	0.0298	0.0005
K2O	0.0329	0.0420	0.0171	0.0345	0.0611	0.0001	0.0151	0.0648	0.0048	0.0002
P2O5	0.0006	0.0019	0.0003	0.0004	0.0011	0.0001	0.0006	0.0007	0.0008	0.0005
A	-0.0024	-0.0077	0.01432	-0.0056	0.02415	0.12348	0.04246	-0.0253	0.10381	0.04644
F	0.01461	0.02268	0.01294	0.02115	0.07752	0.22492	0.08977	0.07446	0.12387	0.20376
N	0.00570	0.00893	0.00521	0.01215	0.08584	0.19129	0.04044	0.05681	0.31832	0.36819
A	-0.0082	-0.0167	0.00913	-0.0151	-0.0225	0.00456	0.00526	-0.0628	-0.0225	-0.1169
C	0.00160	0.01658	0.00766	0.00659	0.00624	0.00089	0.00463	0.01687	0.16209	0.00178
F	0.01289	0.00419	0.00006	0.00964	0.01352	0.00601	0.00381	0.03494	0.00150	0.06775

58 : Gabbro

The rock shows ophitic texture. Larger crystals are plagioclase, hornblende and magnetite. The former two minerals reaches 5 mm in size. Plagioclase is partly altered to sericite, carbonate and actinolite. Hornblende forms ophitic plate with plagioclase laths and are mantled with actinolite. Magnetite is smaller than 1 mm across and is altered to sphene and carbonate. Plagioclase laths and minor biotite and magnetite fill the interstices of larger crystals mentioned above. Secondary minerals are abundant acicular actinolite, less abundant calcite, chlorite and minor sericite, carbonate and rare clinozoisite.

60 : Dolomitic limestone

The rock has granular texture. The major components are dolomite and quartz, ranging 0.2 to 2 mm and 0.5 mm or less in diameter, respectively. The minor components are muscovite and hematite. Secondary chlorite and goethite are very small in amount.

66 : Meta rhyolite

The rock shows porphyritic texture. Phenocrysts are plagioclase, pyroxene, apatite and muscovite. Plagioclase phenocrysts are smaller than 1 mm and are altered to aggregates of smectite, calcite and goethite. Apatite phenocrysts have long or stout prismatic forms up to 2 mm long. The groundmass is constituted by quartz, plagioclase, potash feldspar, biotite, magnetite and accessory zircon. Secondary minerals are calcite, chlorite, smectite, goethite and sphene.

118 : Carbonatized porphyry

The rock shows porphyritic texture. Phenocrysts are plagioclase, magnetite and pyroxene. Plagioclase phenocrysts are up to 2 mm in size, and are twinned. They are partly altered to calcite and clinozoisite. Magnetite phenocrysts are smaller in amount and size, under 0.2 mm. Pyroxene phenocrysts, smaller than 1 mm, are completely replaced by aggregates of chlorite, carbonate and smectite. The groundmass is holocrystalline and consists of quartz, plagioclase, alkali feldspar, magnetite and apatite and secondary biotite.

121 : Olivine basalt

The rock is porphyritic with abundant olivine and apatite phenocrysts and rare plagioclase and magnetite phenocrysts. Olivine phenocrysts have prismatic, up to 1 mm long, or granular and are completely altered to nontronite, chlorite and calcite aggregates. Plagioclase phenocrysts are characterized by noted marginal zoning without twinning. Magnetite phenocrysts are smaller than 0.3 mm and are replaced by hematite. The groundmass is made up of plagioclase laths, altered olivine and sporadic interstitial quartz.

145 : Porphyry

The rock is porphyritic with plagioclase, pyroxene and magnetite phenocrysts. Plagioclase phenocrysts are up to 2 mm and show noted marginal zoning. They are partly altered to carbonate and sericite. Pyroxene phenocrysts, up to 2 mm in size, are thoroughly replaced by aggregate of chlorite, opaque mineral, calcite and sphene. Magnetite phenocrysts are smaller than 0.5 mm and are altered partly to hematite and sphene. The groundmass is composed of plagioclase, potash feldspar, quartz, biotite, altered pyroxene and magnetite. Secondary chlorite and goethite are present sporadically.

167 : Carbonatized porphyry

The rock has porphyritic texture. Phenocrysts are plagioclase, pyroxene, apatite and biotite. Plagioclase phenocrysts are smaller than 1 mm. Pyroxene phenocrysts attain 2 mm in length and are altered to smectite, calcite and goethite. Apatite phenocrysts are long or stout prismatic, up to 2 mm long. Biotite phenocrysts are 1 mm or less in size. The groundmass is holocrystalline and consists of quartz, plagioclase, potash feldspar, biotite, magnetite and rare zircon with secondary chlorite.

187 : Meta rhyolite

The rock shows mosaic texture, Main constituent minerals are quartz, plagioclase and magnetite, Quartz grains are up to 1 mm in diameter. Plagioclase grains are also up to 1 mm, with zonal structure and twinning. Magnetite grains, smaller than 0.5 mm, show ragged outline and alteration to hematite. Accessory mineral is zircon. Secondary sericite, chlorite, nontronite, hematite and goethite are ubiquitous.

301 : Meta siltstone

The rock is fine-grained. Clastic grains are quartz, plagioclase and rare zircon. Quartz and plagioclase grains are both smaller than 0.2 mm across, the latter being less in amount. Zircon grains are smaller than 0.1 mm. Secondary minerals are sericite, opaque mineral and chlorite. Sericite is abundant. Opaque mineral occurs as irregular, ragged veins.

302 : Chlorite schist

The rock shows schistose texture. Schistosity is constructed by leucocratic and melanocratic bands. The leucocratic bands consist of curved flaky chlorite and muscovite. The melanocratic bands are made of granular grains of spheralite and irregular opaque mineral, the former being inside the latter.