

2-6 考察

ここではグザイン地区の東側及び西側、サラヒ地区の考察を行い、TEM 法を実施したグザイン地区の中央部、ズーハ及びマケール地区の考察は第3章で記述する。

2-6-1 グザイン地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-2-47 に示す。

グザイン地区の東側においては、本年度調査を実施した測線 1600E~2400E の南側に、分極率 8mV/V 以上の異常帯が捕捉された。しかしながら、この分極率異常帯の中にメタルファクター異常帯は認められなかった。また、前述の分極率異常帯は、下部噴出岩類の分布域に対応しており、鉱床賦存の可能性は低いと考えられる。

グザイン地区の西側においては、本年度調査を実施した、測線 600W~2000W のうち、1800W~2000W の南側に分極率 8mV/V 以上の異常帯が捕捉された。しかしながら、東側と同様に分極率異常帯の中にメタルファクター異常帯は認められないことから、鉱床賦存の可能性は低いと考えられる。

2-6-2 サラヒ地区

物理探査結果の総合図を Fig. II-2-48 に示す。

調査地区の西側において、広範囲にわたり分極率 8mV/V 以上の異常帯が捕捉された。しかしながら、この分極率異常帯の中にメタルファクター異常帯は認められなかった。また、この分極率異常帯は、下部噴出岩類の分布域に対応しており、鉱床賦存の可能性は低いと考えられる。



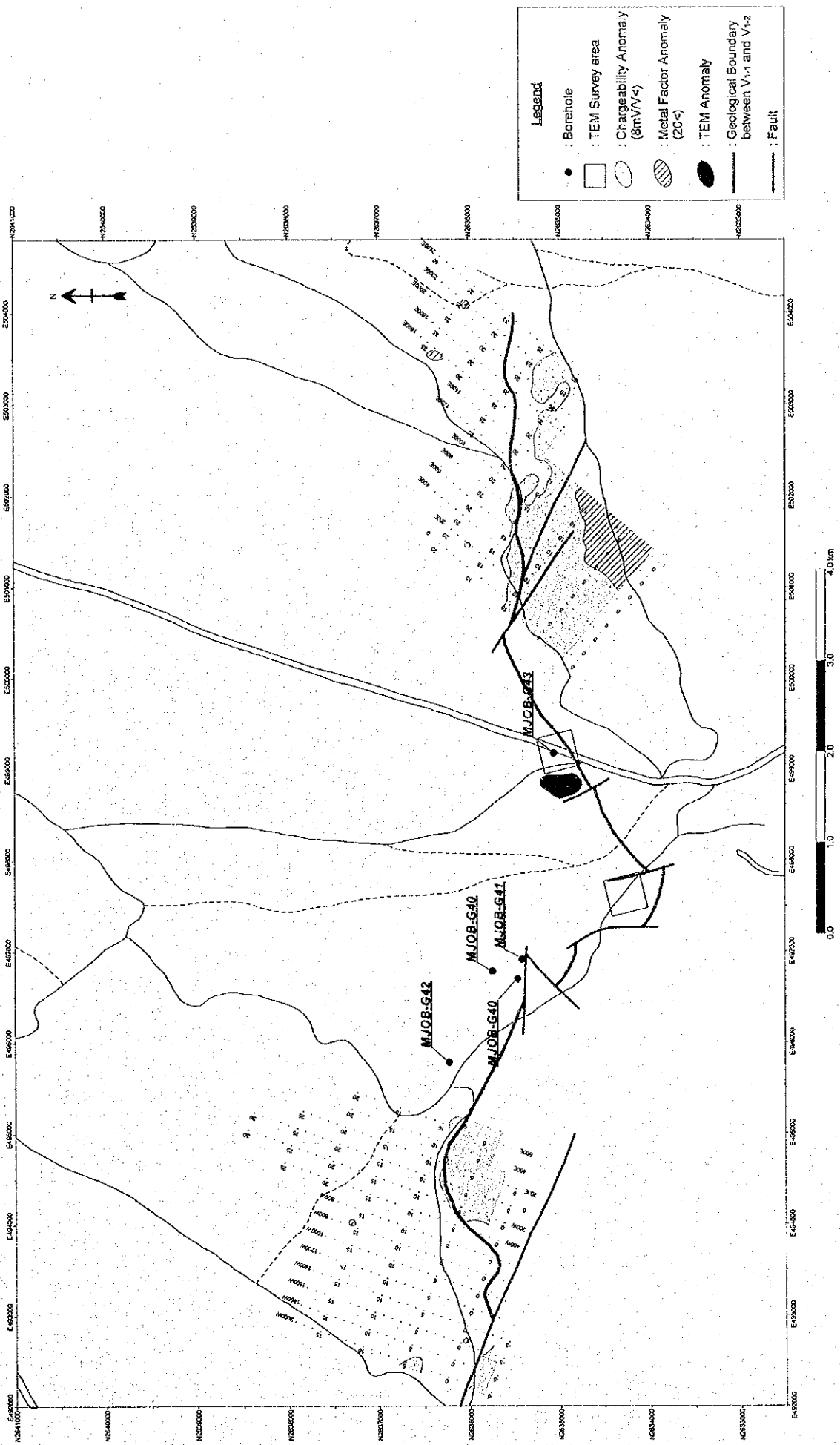
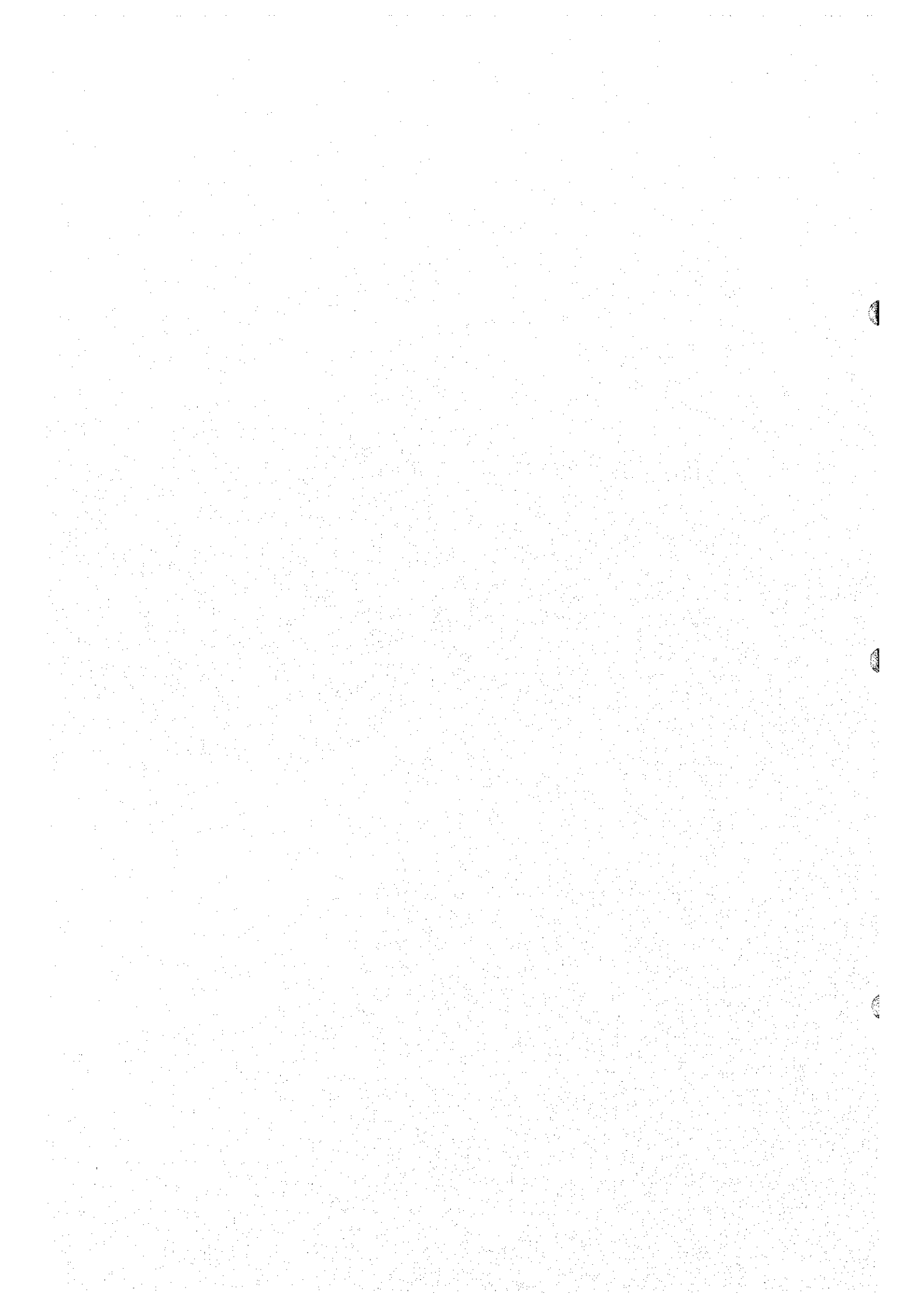


Fig. II -2-47 Compiled geophysical map in Ghuzayn area



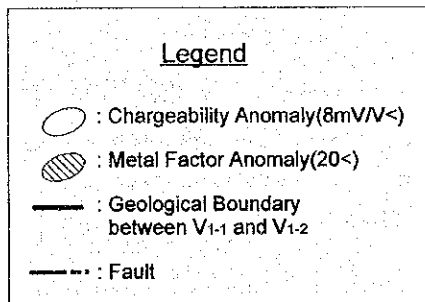
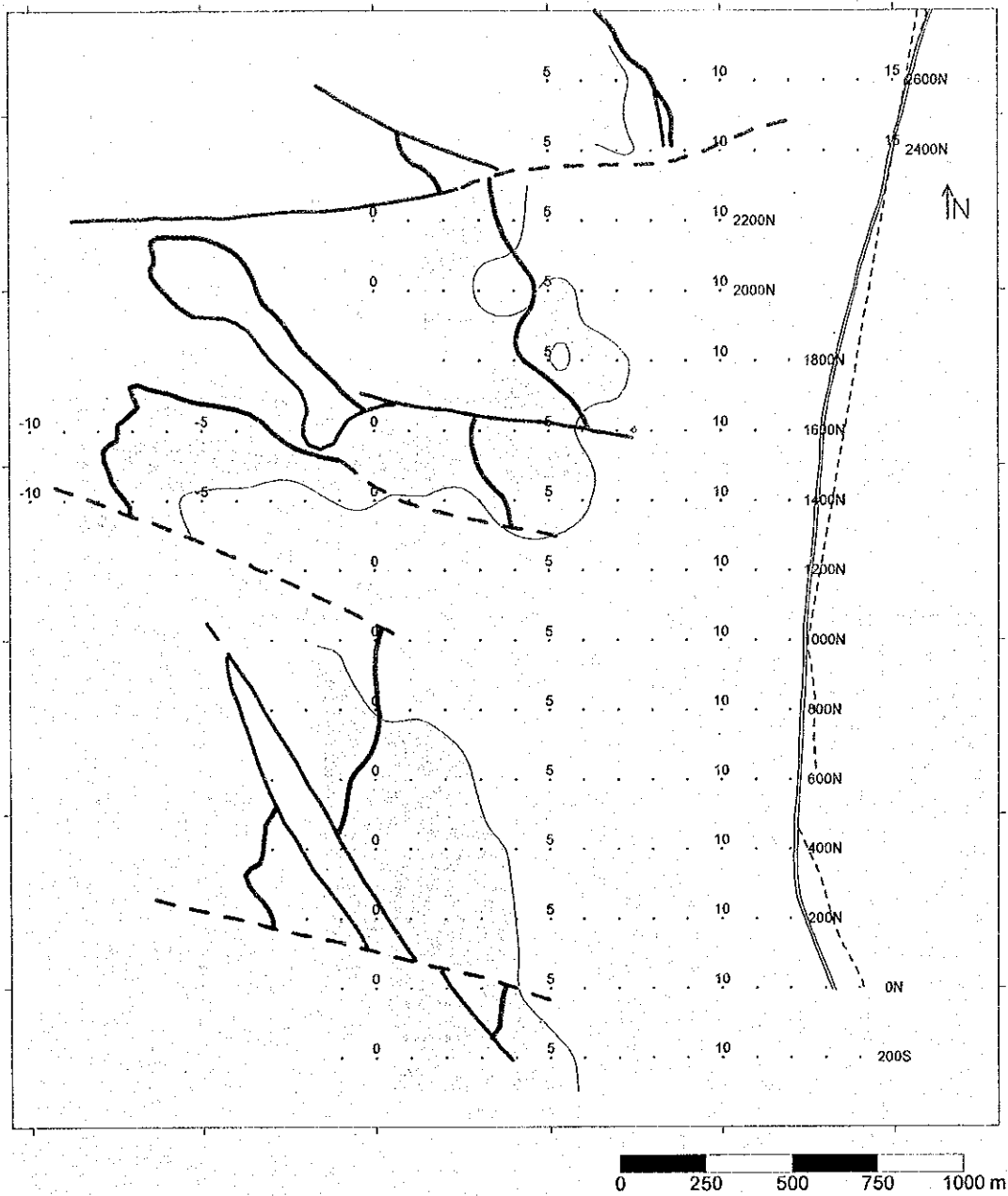


Fig. II -2-48 Compiled geophysical map in Salahi area



第3章 TEM法調査

3-1 調査の経緯及び目的

TDIP 法により得られた異常帯は鉱化帯の分布域を現し、異常域には硫化物鉱床の賦存の可能性がある。本手法は塊状硫化物鉱床のような導電性の物質に鋭く応答するため、TDIP 法で抽出された有望地においてより詳細に硫化物鉱床の存否を判断し、その位置・形状などを推定する目的で固定大ループによる TEM 法を実施した。

3-2 調査位置及び調査量

本年度は TDIP 法による調査の結果、有望と考えられたグザイン地区、ズーハ地区及びマケール地区において大ループによる TEM 法調査を実施した。

調査量の詳細は Table II-3-1 に示すとおりで、合計 12 ループで測定点は 972 点である。

Table II-3-1 Survey amounts of TEM

Area	Number of Loops	Number of Points
Ghuzayn	2	162
Zuha	7	567
Maqail	3	243
Total	12	972

3-3 調査方法

3-3-1 概要

TEM 法は、Fig. II-3-1 に示すようにループに電流を流して磁場を発生させる手法である。ループに流した電流を切断すると電磁誘導により大地に渦電流が発生する。渦電流は大地の比抵抗、導電体の比抵抗、形状、大きさなどに依存する。この渦電流がつくる 2 次磁場は Fig. II-3-2 に示す時間変動する過渡電圧として磁場誘導コイルで受信され、この過渡電圧を測定することにより導電体を検出できる。過渡電圧は電流切断後間もない時間では地下浅部の比抵抗情報を表し、時間が経過するにつれて深部の情報を反映するようになる。

TEM 法の特徴は、電流切断後、つまり 1 次磁場が存在しない状態での誘導磁場（2 次磁場）を測定するので、2 次磁場信号は地下の比抵抗情報のみを含んでいる。したがって、電流の引荷切断の時間を送受信機とも正確に知る必要がある。これには送受信機に内蔵した高精度の時計で同期をとる。

3-3-2 測定と配置

TEM 法の測定手法には数種類あるが、本調査では硫化物鉱床の抽出には大きな固定ループを用いた調査を行った。固定ループの利点は、探査能率が良く、また、深部探査が可能である。ループ

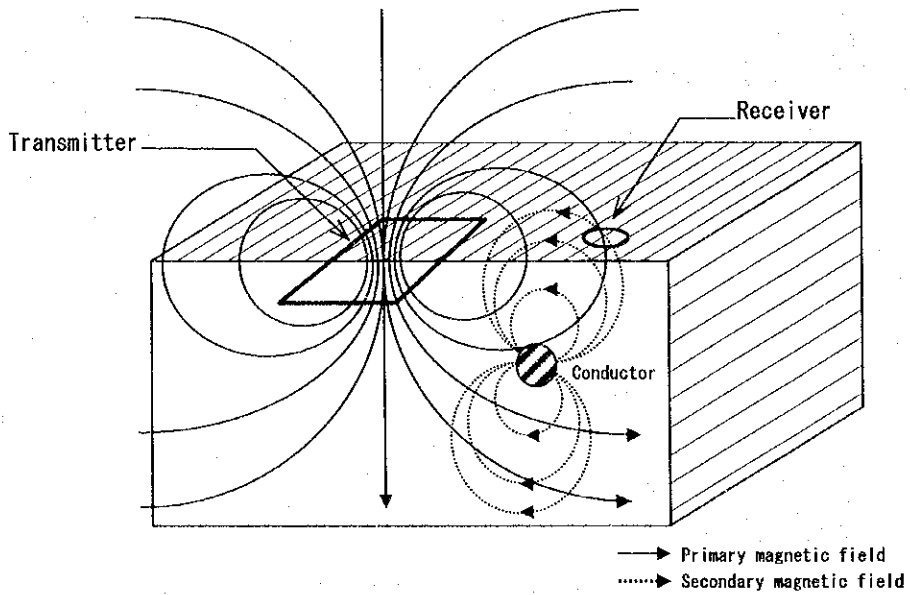
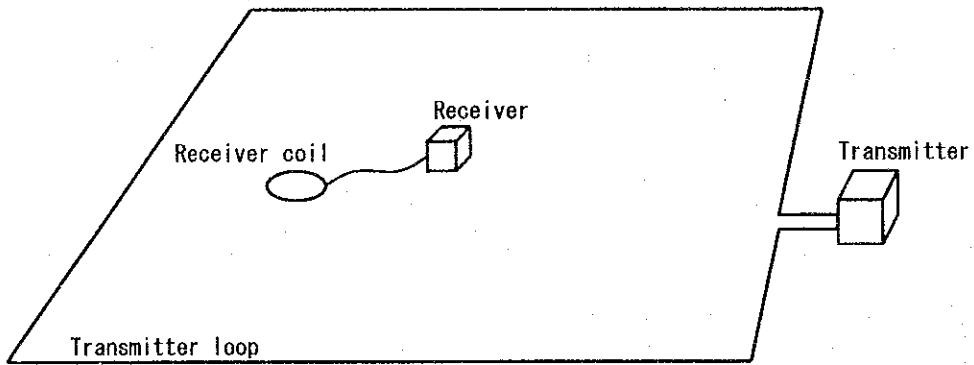


Fig. II-3-1 Schematic TEM survey configuration

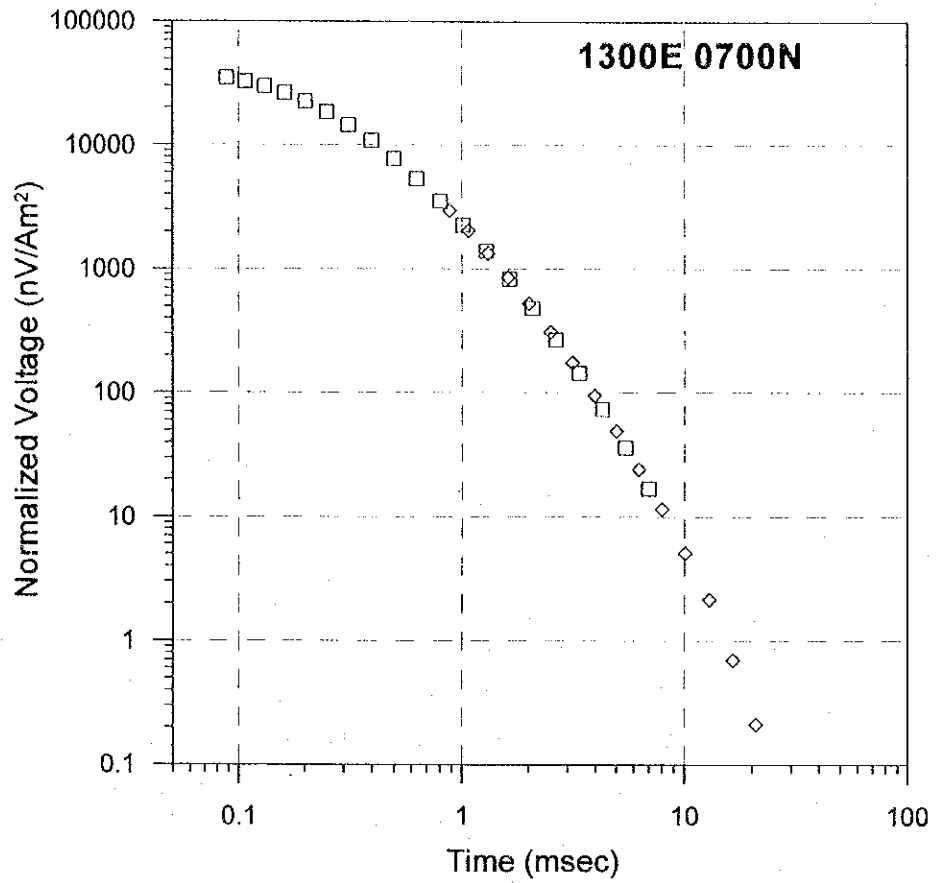


Fig. II-3-2 Example of TEM decay curve

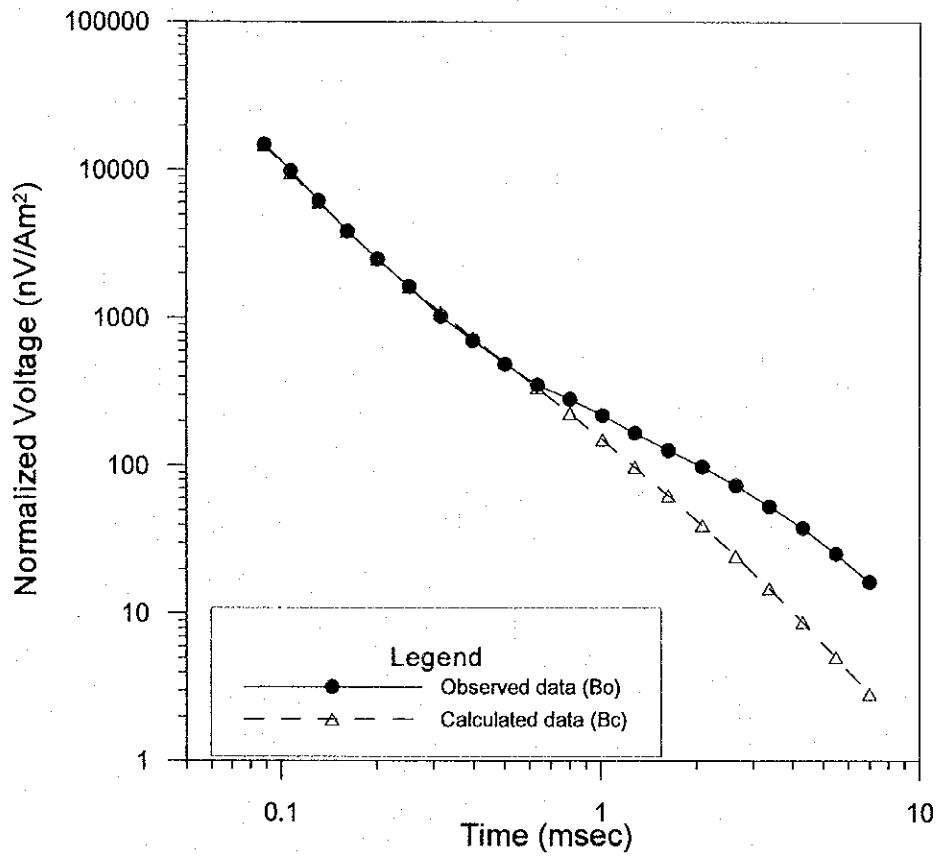


Fig. II-3-3 Observed and background TEM responses

には 600m×600m の正方形アンテナを用い、TDIP で抽出された有望地を取り囲むようにアンテナを設置した。アンテナには 6.0mm² のビニール被覆銅線を使用し、送信電流は約 10A、送信電圧は約 110V とした。

送信電流は休止波形で、電流の引荷・切断周波数は原則として 25Hz とし、固定大ループでは 1 ループにつき中心の 1 測点では 2.5Hz でも測定した。測定ではループの内側で 50m 間隔に 2 次磁場の垂直成分を受信した。

磁気誘導コイルでは 2 次磁場の変化を過渡電圧として出力するため、2 次磁場が強い程、大きな過渡電圧が測定される。

データの品質を高めるために 3 回以上の繰返し測定を行ない、その平均値を解析データとした。一回の測定でのスタッキング数は 2⁸ 回である。25Hz でのサンプリング時間は、Table II-3-2 に示すとおり電流切断後 80 μ s-7150 μ s の間で、20 分割（ウィンドウ）で受信した。2.5Hz の場のサンプリング時間はすべてのウィンドウで 25Hz の 10 倍となる。

Fig. II-3-2 が測定された過渡電圧の減衰状況の例である。25Hz での測定と 2.5Hz での測定を合成しており、サンプリング時間は 80 μ s-71500 μ s の間である。

電流切断後、電流が完全に零になるまでの時間（ターンオフタイム）は 220 μ s であった。

Table II-3-2 Channel times after switch off

Channel Number	Sampling Time	Window Width
1	88	18
2	107	24
3	131	36
4	162	37
5	201	40
6	251	72
7	314	76
8	396	100
9	499	142
10	631	156
11	799	180
12	1014	250
13	1287	380
14	1636	390
15	2081	500
16	2648	720
17	3373	780
18	4297	1080
19	5475	1420
20	6978	1560

3-3-3 測定機器

本調査で使用した装置はカナダ国ジオニクス社の Protém 電磁探査システムで、Table II-3-3 に示す機器で構成されている。

Table II-3-3 Specifications of TEM survey instruments

Items	Specification
Transmitter	Max output:30A,180V
Generator	5HP,120V,3phase,400Hz
Receiver	25Hz: 0.088-7.19ms 6.25Hz: 0.35-28.7ms 2.5Hz: 0.88-71.9ms
Magnetic Sensor	Induction Coil Effective area 100m ²
Recorder	Protém,2Mb

3-4 解析方法

2次磁場による過渡電圧の減衰状況は、大地や導電体の比抵抗に関係する。大地の比抵抗が高く、地下に導電体が存在しない均質大地の場合は、過渡電圧は急激に減衰し、強度も小さい。逆に、導電体が存在する場合はそこに強い渦電流が生じ、大きな2次磁場を発生するので過渡電圧も大きい。

この過渡電圧の大きさは導電体の比抵抗値に関係し、比抵抗値が小さいほど測定される過渡電圧が大きくなる。したがって、多くの測点で過渡電圧を測定し、その強度をチャンネル毎に平面的に表示することにより深度別に導電体の位置を推定することができる。

しかしながら、過渡電圧の強さは、比抵抗値に依存するのみでなく、送信ループと測点の位置関係にも左右され、均質あるいは水平多層比抵抗構造大地の場合では、送信ループの中央ほど測定される過渡電圧が強く現れる特徴がある。

したがって、固定大ループの場合は測点位置の違いによる過度電位の強度の差を取り除き、導電体からの応答による過渡電圧だけを抽出する方法を試みた。以下にその方法について述べる。

送信ループの中心点での過渡電圧の測定値からループ中心点での水平多層比抵抗構造を求め、この構造を送信ループ内での平均比抵抗構造と仮定する。次に、平均比抵抗構造と測点位置 (x, y) 及びループのサイズをパラメータとして、各測点でチャンネル毎の過渡電圧 $B_c(x, y)$ を計算する。

各測点下の比抵抗構造が平均比抵抗構造に近く、かつ塊状硫化物などの導電体が存在しない場合、測定された過渡電圧 $B_o(x, y)$ は各チャンネルとも計算値にほぼ等しくなり、観測値と計算値の偏差 $\Delta B(x, y)$ は小さい。逆に平均比抵抗構造のなかに導電体が存在する場合、導電体の直上の測点での過渡電圧が大きくなるため、偏差は大きくなる (Fig. II-3-3)。

したがって、各測点でチャンネル毎に偏差を計算し、偏差分布図を作成することにより導電体の賦存状況を推定できると考えられる。つまり、偏差が大きい場所に鉱床が賦存する可能性が高い。

$$\Delta B(x, y) = \log(B_o(x, y) / B_c(x, y))$$

$\Delta B(x, y)$: 過渡電圧の偏差(nV/A)

$B_o(x, y)$: 測定値(nV/A)

$B_c(x, y)$: 計算値(nV/A)

log : 対数

また、各チャンネルでの深度の推定には多層比抵抗構造のモデリングで用いられる境界面深度の式を用いた。

$$d = (500 * \rho * t)^{1/2}$$

ρ : 平均比抵抗($\Omega \cdot m$)

t : 時間(m 秒)

d : 深度(m)

3-5 調査結果

各地区のループ毎のチャンネルと深度の対応を Table II-3-4 に示す。但し、この深度はループの中心での比抵抗構造から計算されたものであり、かならずしも真の深度を示すものではない。また、文中では偏差分布を解釈する上で、便宜上、過渡電圧の偏差分布を磁場分布と呼称する。

Table II-3-4 Depth estimation in survey area

Channel	Ghuzayn		Maqail			Zuha						
	Loop-1	Loop-2	Loop-1	Loop-2	Loop-3	Loop-1	Loop-2	Loop-3	Loop-4	Loop-5	Loop-6	Loop-7
Ch-01	50	50	89	64	59	56	50	62	53	55	58	56
Ch-02	55	56	99	72	65	63	56	69	59	61	65	62
Ch-03	63	63	112	81	74	71	63	78	67	70	74	71
Ch-04	70	71	126	92	83	80	71	88	75	78	83	79
Ch-05	79	80	141	102	93	89	79	98	84	87	93	89
Ch-06	89	90	159	115	105	100	89	110	95	99	105	100
Ch-07	100	101	179	130	118	113	101	124	106	111	118	112
Ch-08	112	113	200	145	132	126	112	138	119	124	131	126
Ch-09	126	127	226	163	149	142	127	156	134	140	148	142
Ch-10	141	143	253	183	167	159	142	175	150	157	166	159
Ch-11	156	158	280	203	184	176	157	194	166	173	184	176
Ch-12	174	176	312	226	205	196	175	216	185	193	205	196
Ch-13	197	199	354	256	233	223	199	245	210	219	232	222
Ch-14	222	225	399	289	262	251	224	276	237	247	262	250
Ch-15	248	251	445	322	293	280	250	308	265	276	292	280
Ch-16	280	284	503	364	331	317	282	348	299	311	330	316
Ch-17	315	319	566	409	372	356	317	391	336	350	371	355
Ch-18	352	356	632	457	416	398	355	437	375	391	415	397
Ch-19	397	402	713	516	469	449	400	493	423	441	468	448
Ch-20	447	452	801	580	527	505	450	555	476	496	526	503

3-5-1 グザイン地区

(1) 測点設定

本地区では平成7年度及び平成11年度に実施したTDIP法調査により捕捉された高分極率異常を精査する目的でTEM法を実施した。測点間隔は50m、測定範囲は400m×400m、測定ループ数は2ループである。

調査位置をFig. II-2-4に示す。

(2) 測定結果

Loop1

磁場分布平面図をFig. II-3-4(1)～Fig. II-3-4(2)に示す。

ループ中央部において、Ch1～Ch7まで続く高磁場異常が捕捉された。

この異常に対してボーリング調査(MJOB-G43孔)を実施した。

Loop2

磁場分布平面図をFig. II-3-5(1)～Fig. II-3-5(2)に示す。

ループ右下部において、Ch1～Ch15まで続く高磁場異常が認められる。この異常帯は浅部から連続しており、ループ右下部から左上部方向に伸びていることから、破碎帯を伴った断層などの可能性が強い。

ボーリングMJOB-G43孔を通る磁場断面図をFig. II-3-6に示す。

3-5-2 ズーハ地区

(1) 測点設定

本年度のTDIP法により補足されたIP異常を精査する目的でTEM法を実施した。

本地区の分極率異常は、調査地区の中央部のゴッサン周辺部から北側にかけて広範囲に認められる。その中で比較的比抵抗が低く、メタルファクターのやや高い箇所をカバーするように測定ループを設定した。測点間隔は50m、測定範囲は400m×400m、測定ループ数は7ループである。

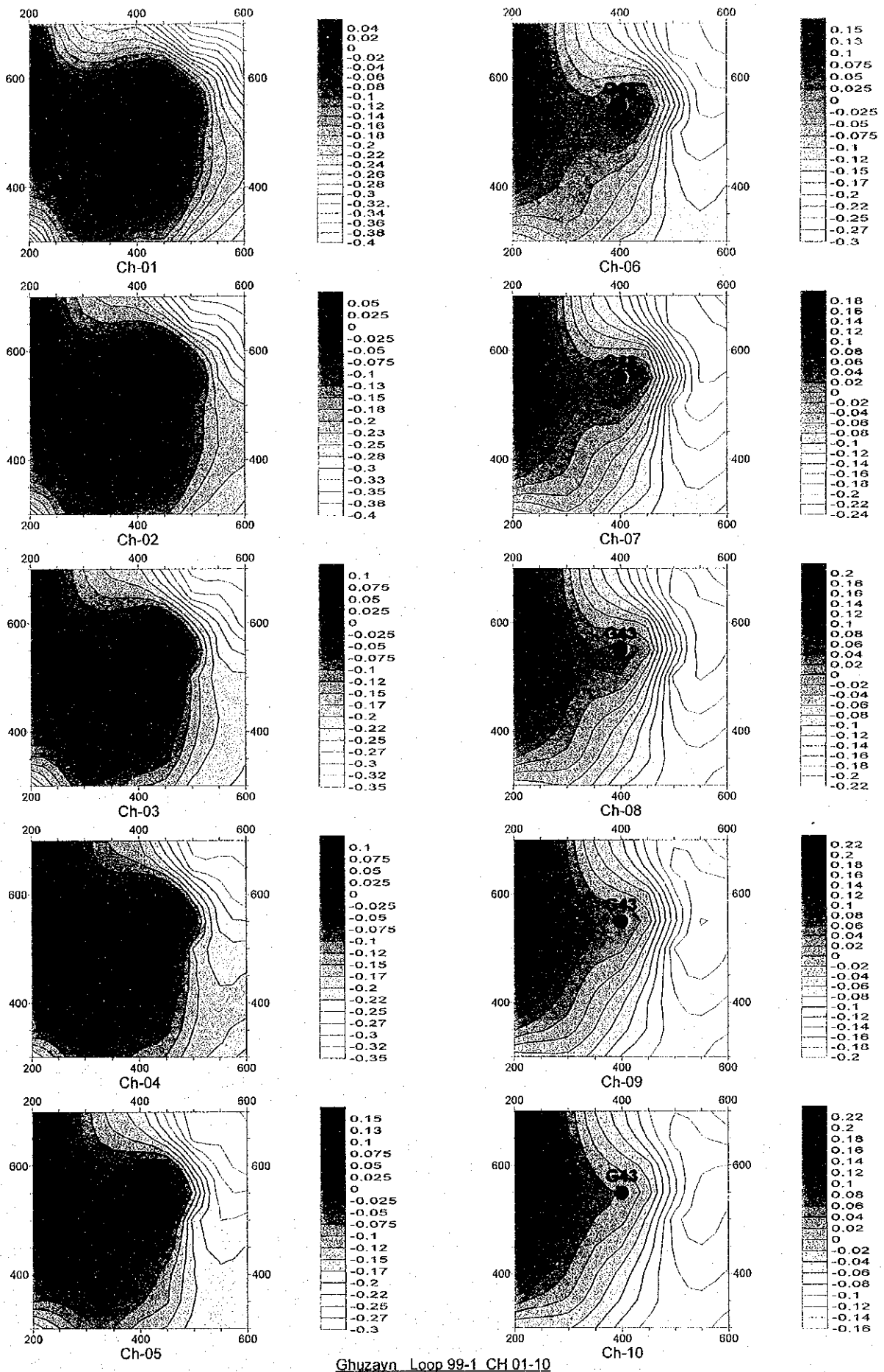
調査位置をFig. II-2-20に示す。

(2) 測定結果

Loop1

磁場分布平面図をFig. II-3-7(1)～Fig. II-3-7(2)に示す。

ループの左下部において高磁場を示し、右上に移動する程低磁場となる。この高磁場帯はTDIP結果から、低比抵抗・低分極率帯と一致しており、鉍化作用に関連しない低比抵抗体によるものと考えられる。



Ghuzayn Loop 99-1 CH 01-10

Fig. II -3-4(1) TEM response maps of Loop1 in Ghuzayn area(Ch1-Ch10)

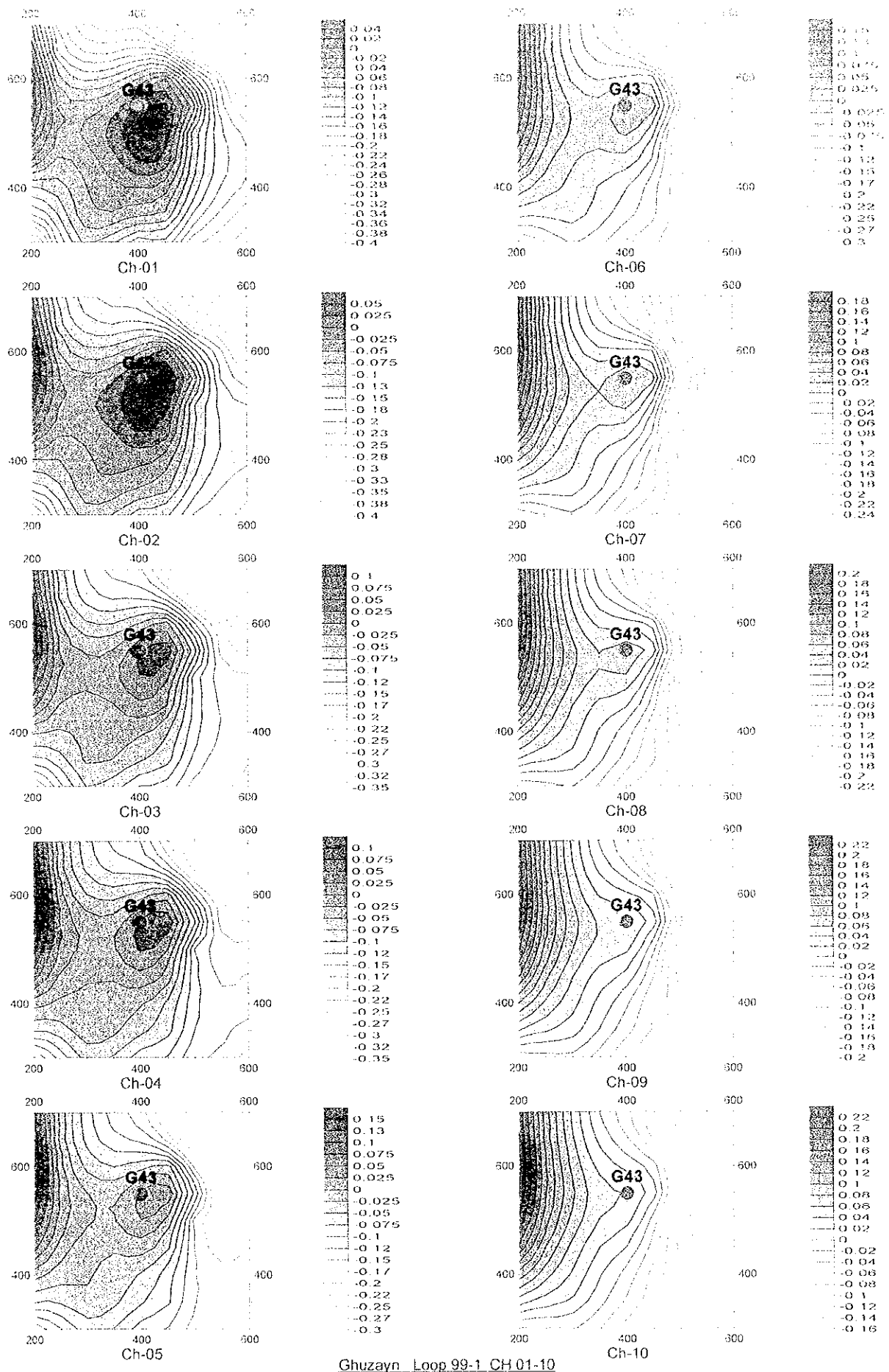
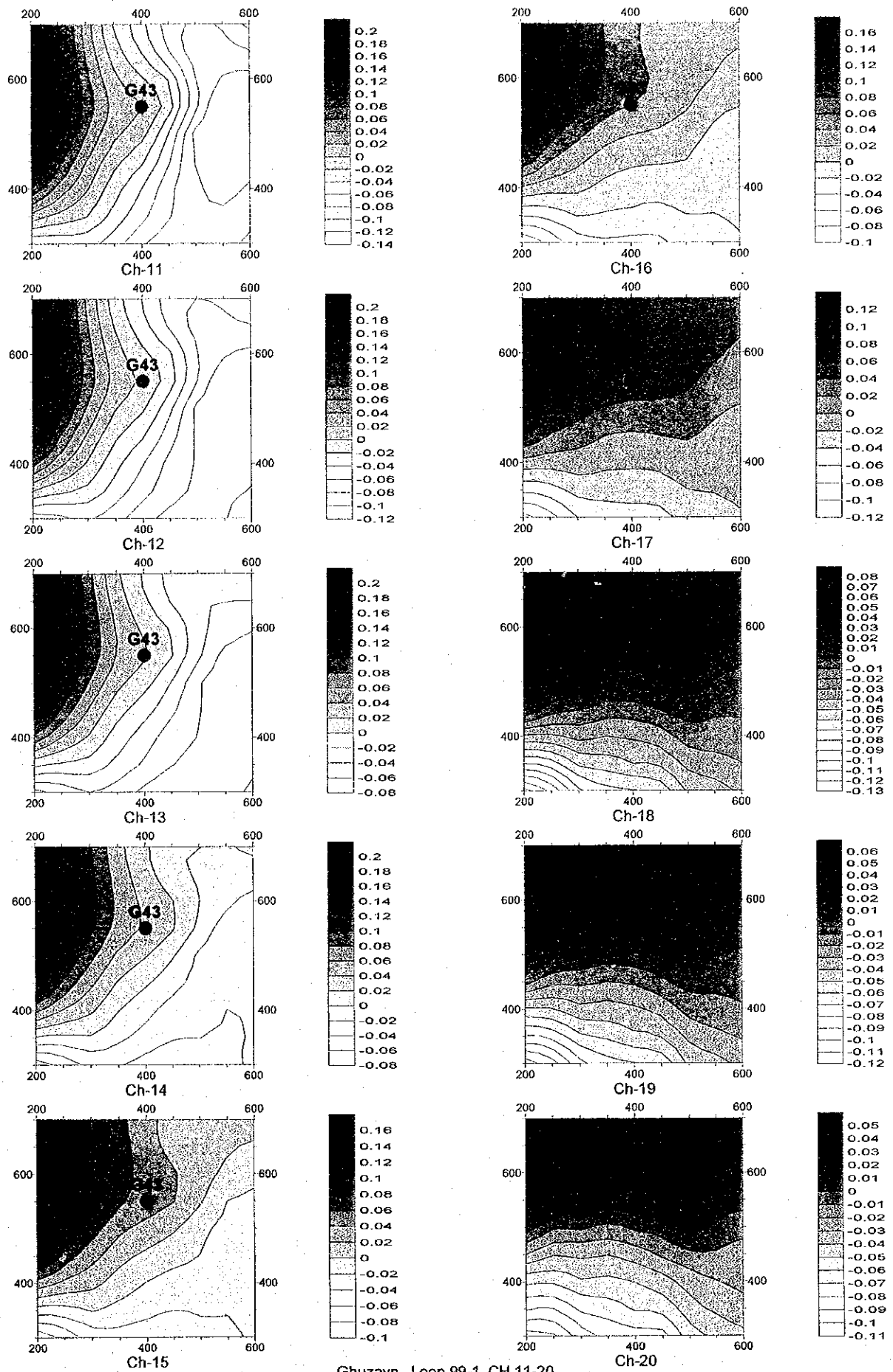


Fig. II -3-4(1) TEM response maps of Loop I in Ghuzayn area(Ch1-Ch10)



Ghuzayn Loop 99-1 CH 11-20

Fig. II -3-4(2) TEM response maps of Loop1 in Ghuzayn area(Ch11-Ch20)

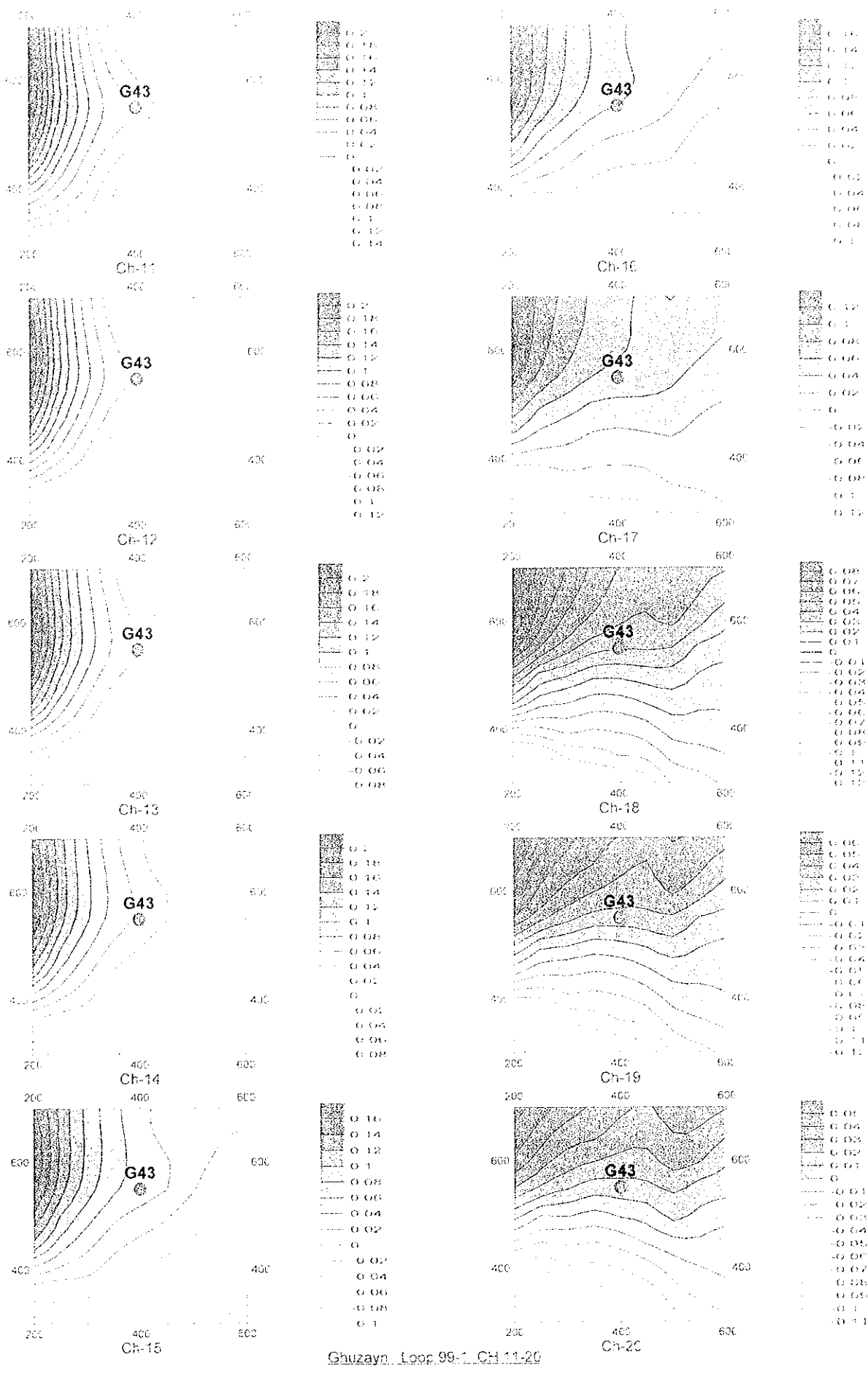
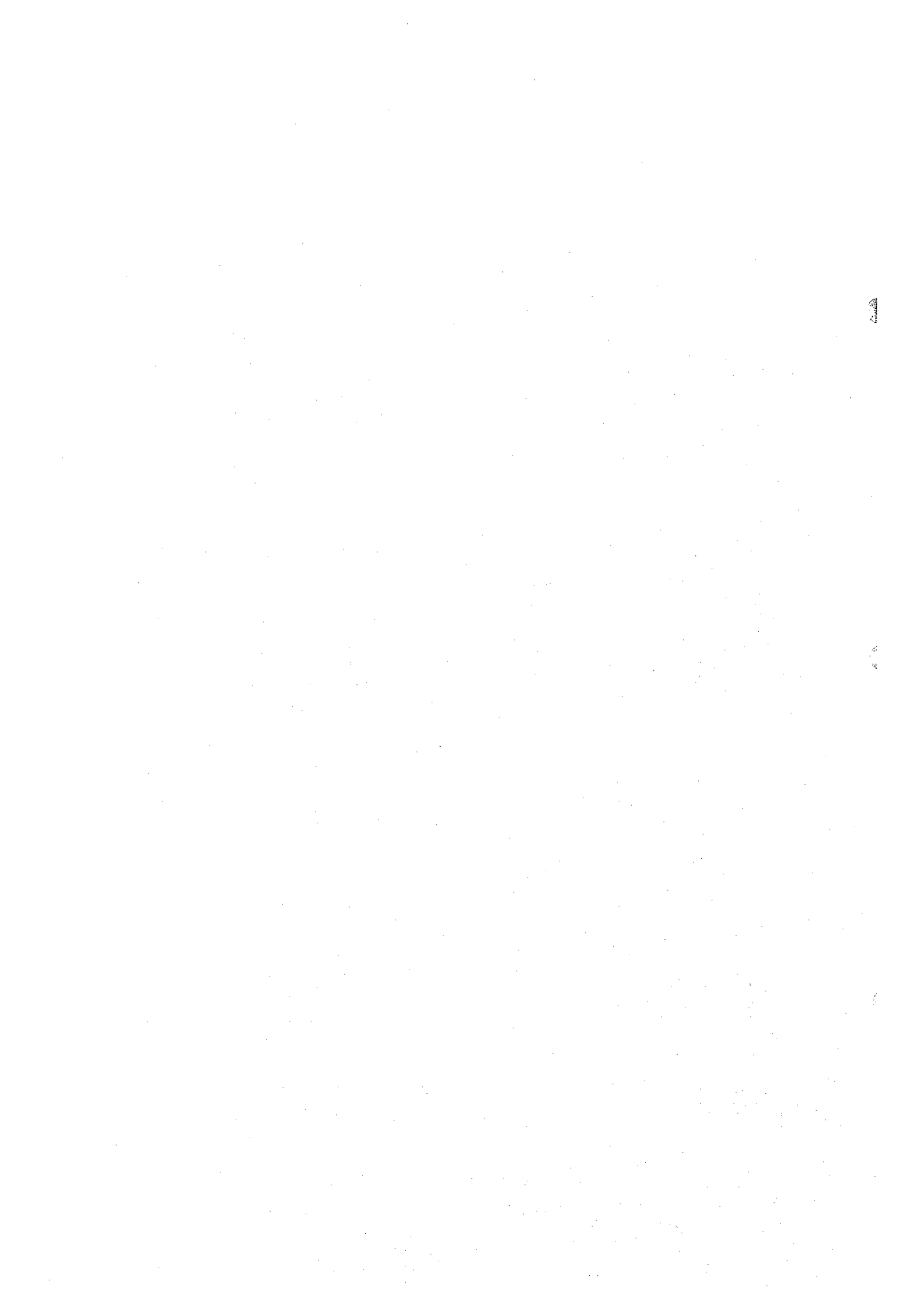


Fig. II-3-4(2) TEM response maps of Loop I in Ghuzayn area (Ch-11-Ch-20)



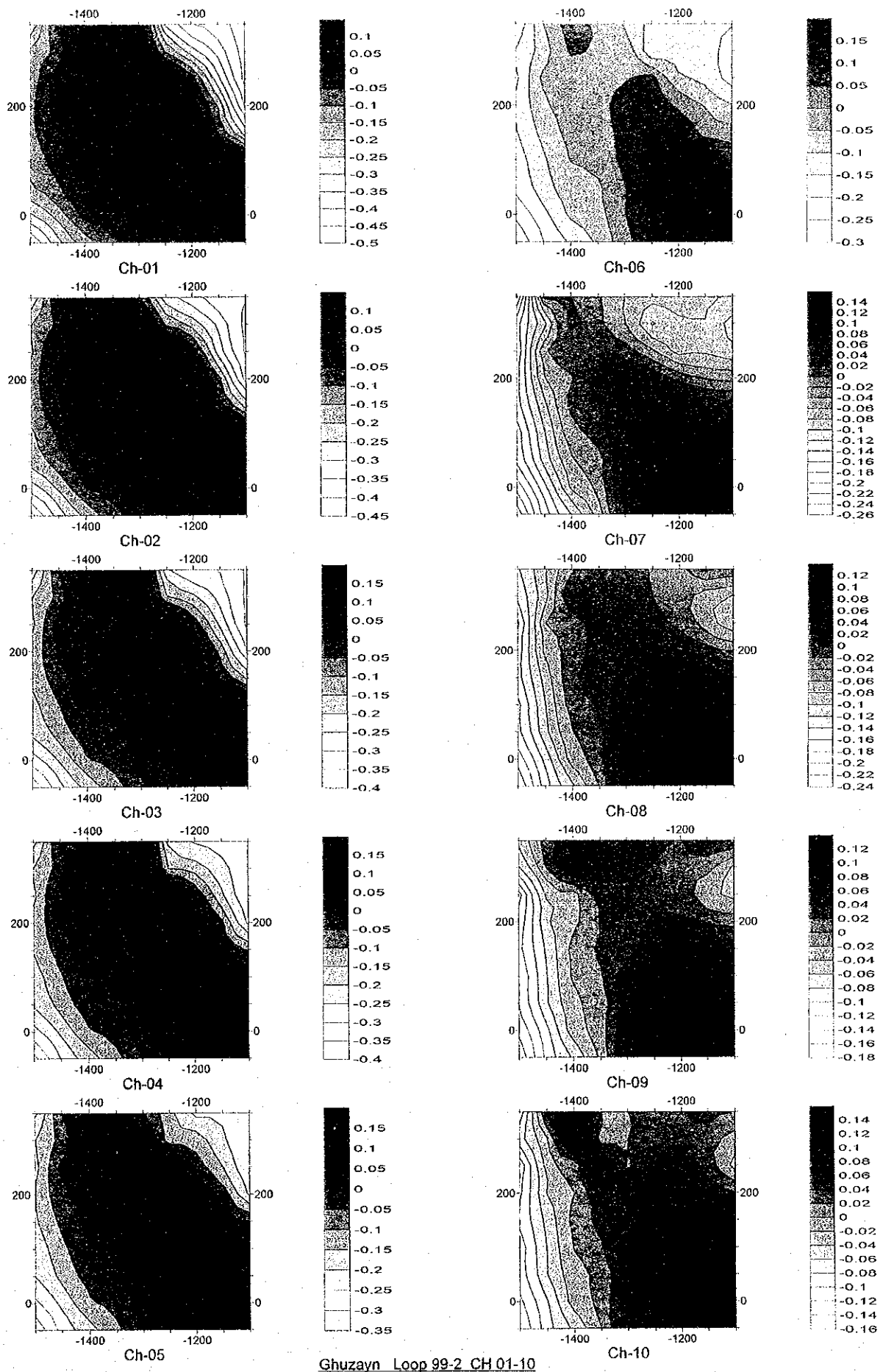
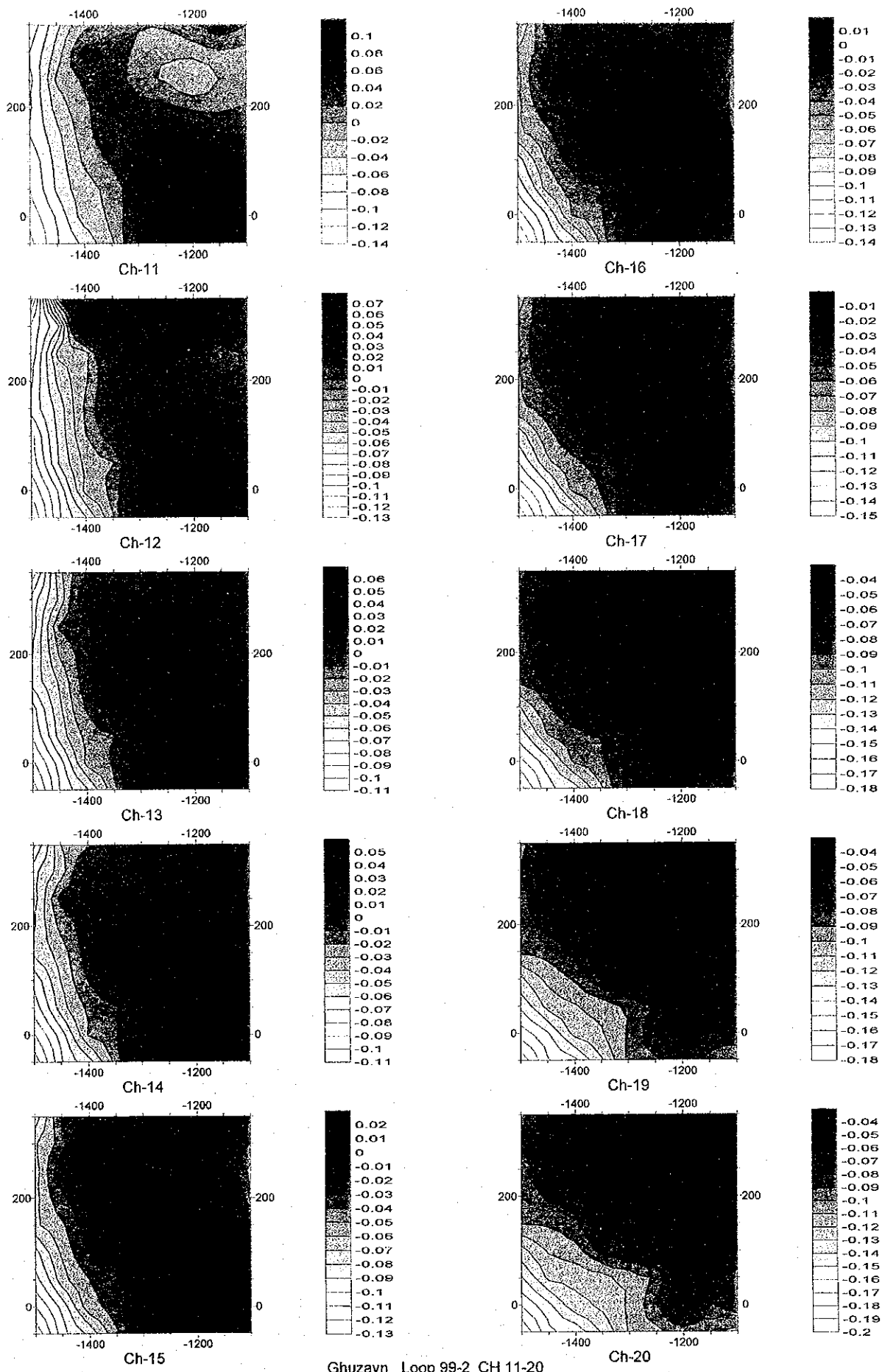


Fig. II -3-5(1) TEM response maps of Loop2 in Ghuzayn area(Ch1-Ch10)



Ghuzayn Loop 99-2 CH 11-20

Fig. II -3-5(2) TEM response maps of Loop2 in Ghuzayn area(Ch11-Ch20)

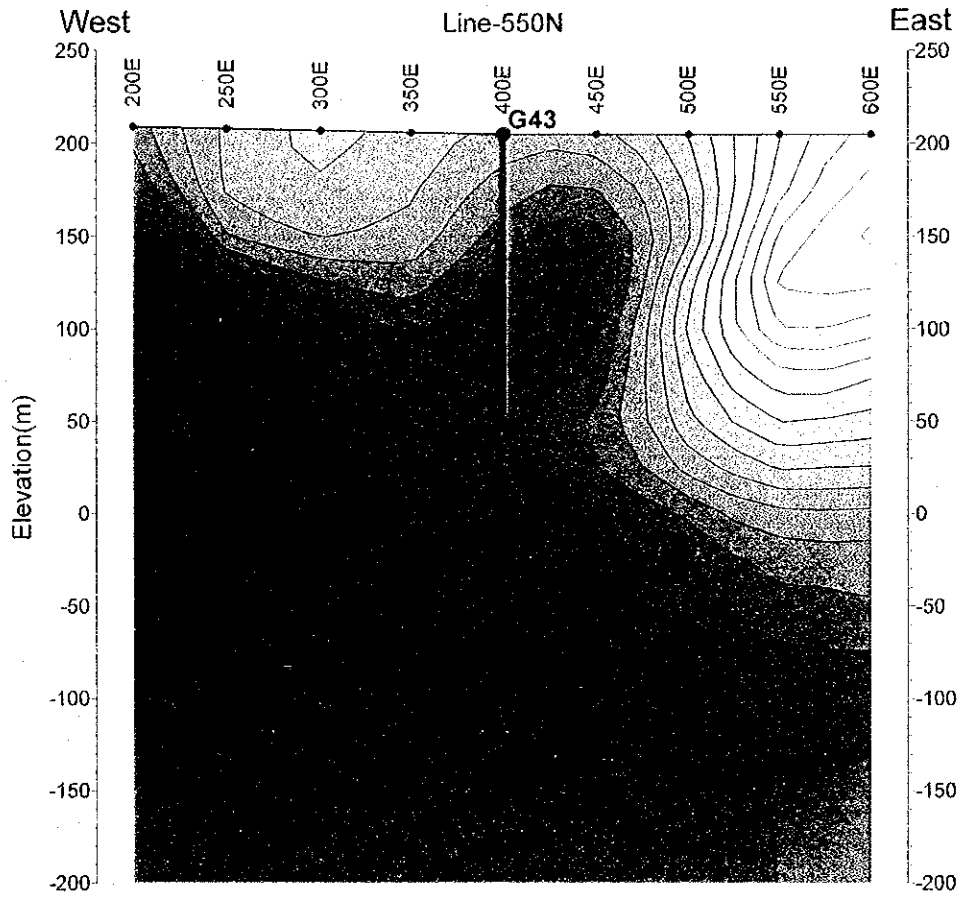
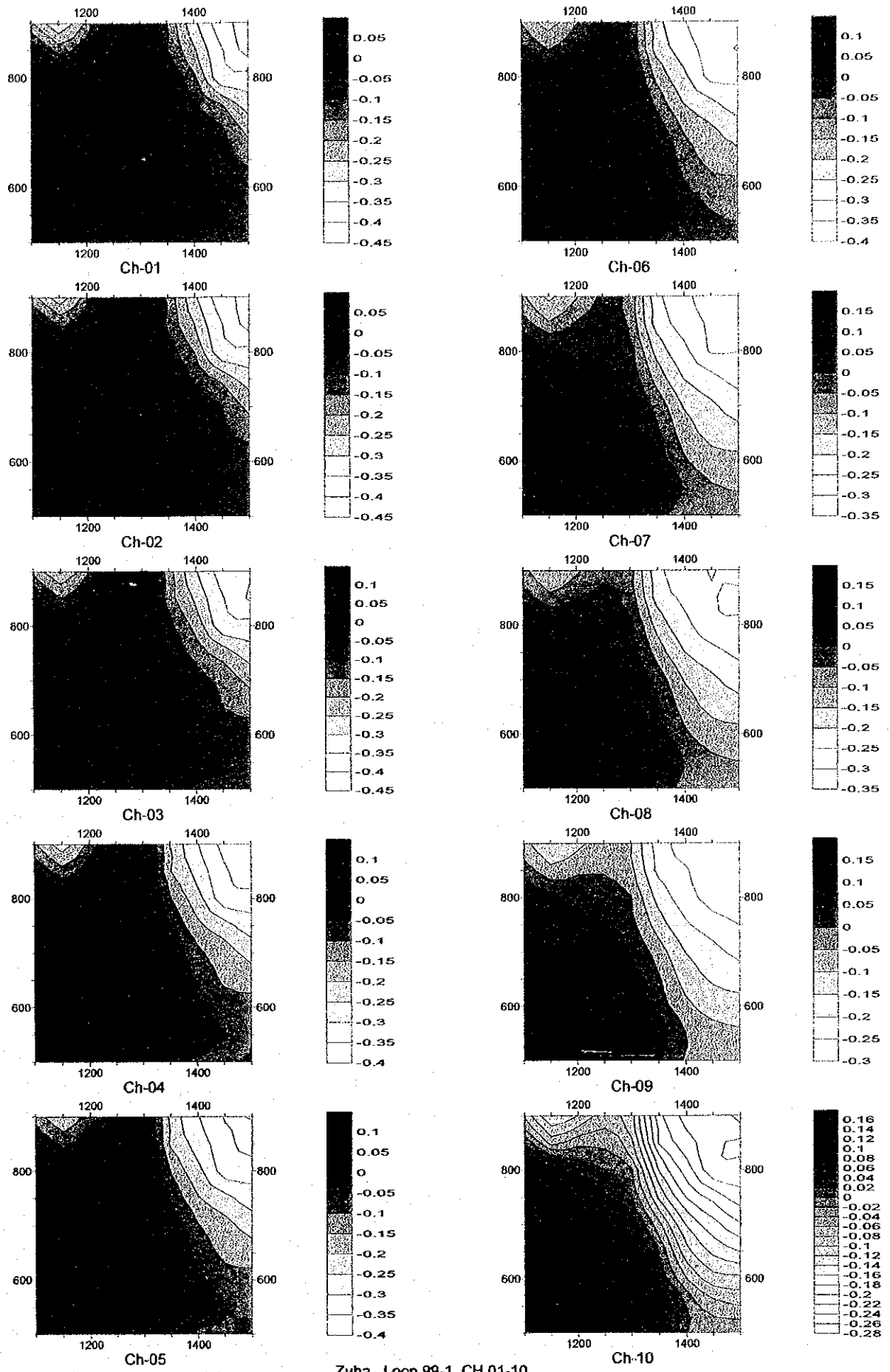


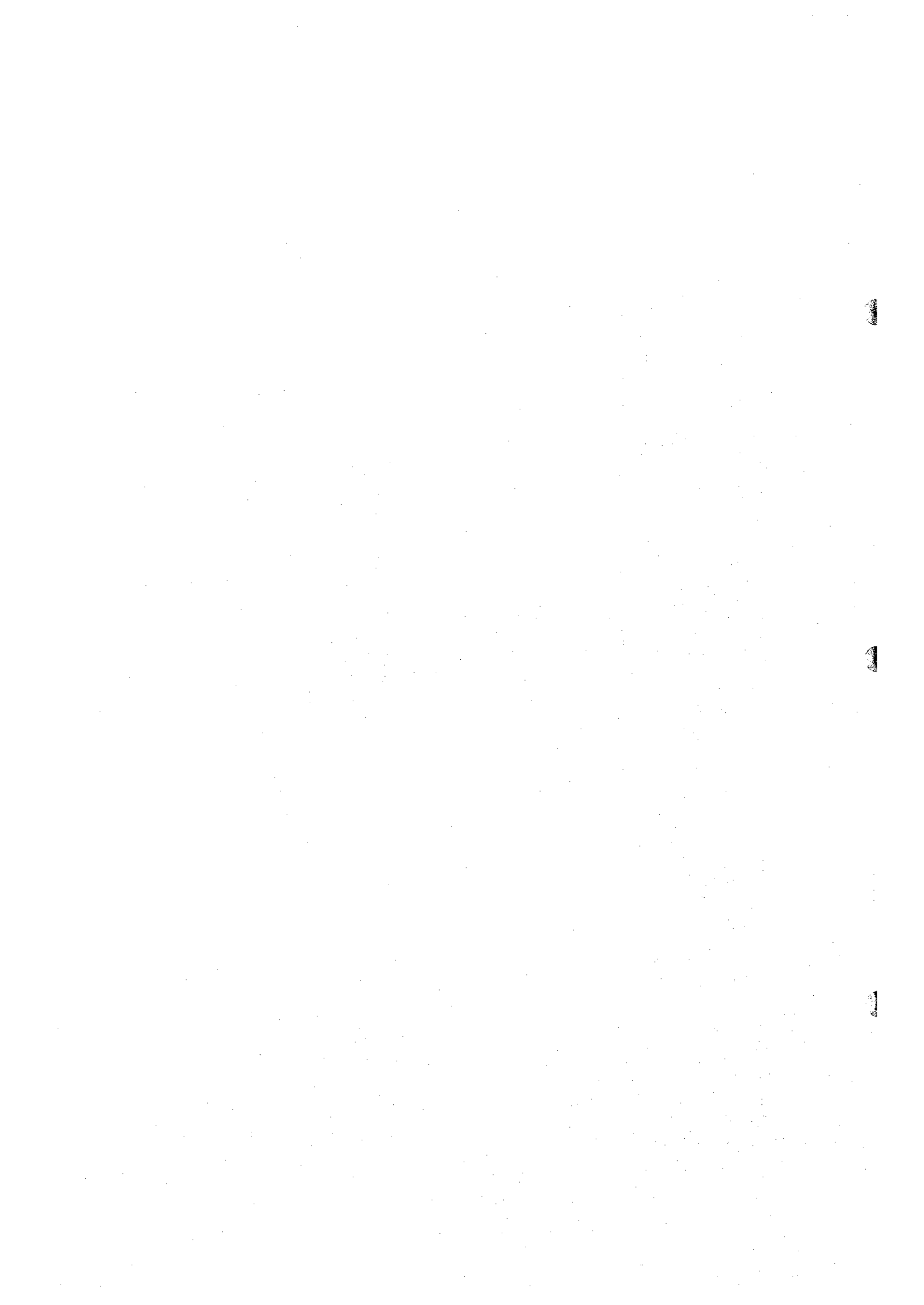
Fig. II -3-6 TEM response profile crossing drilling holes in Ghuzayn area





Zuha Loop 99-1 CH 01-10

Fig. II -3-7(1) TEM response maps of Loop1 in Zuha area(Ch1-Ch10)



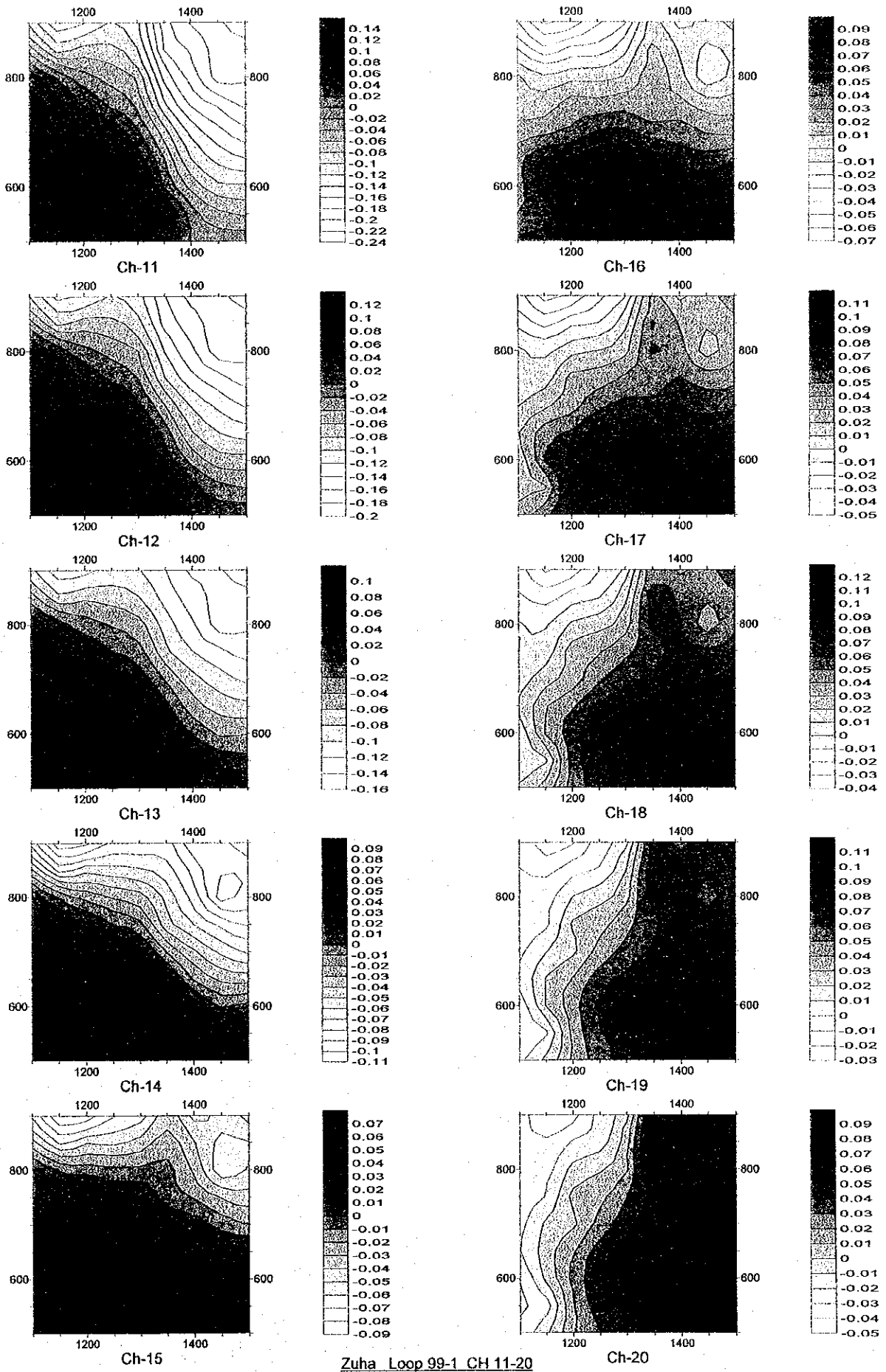
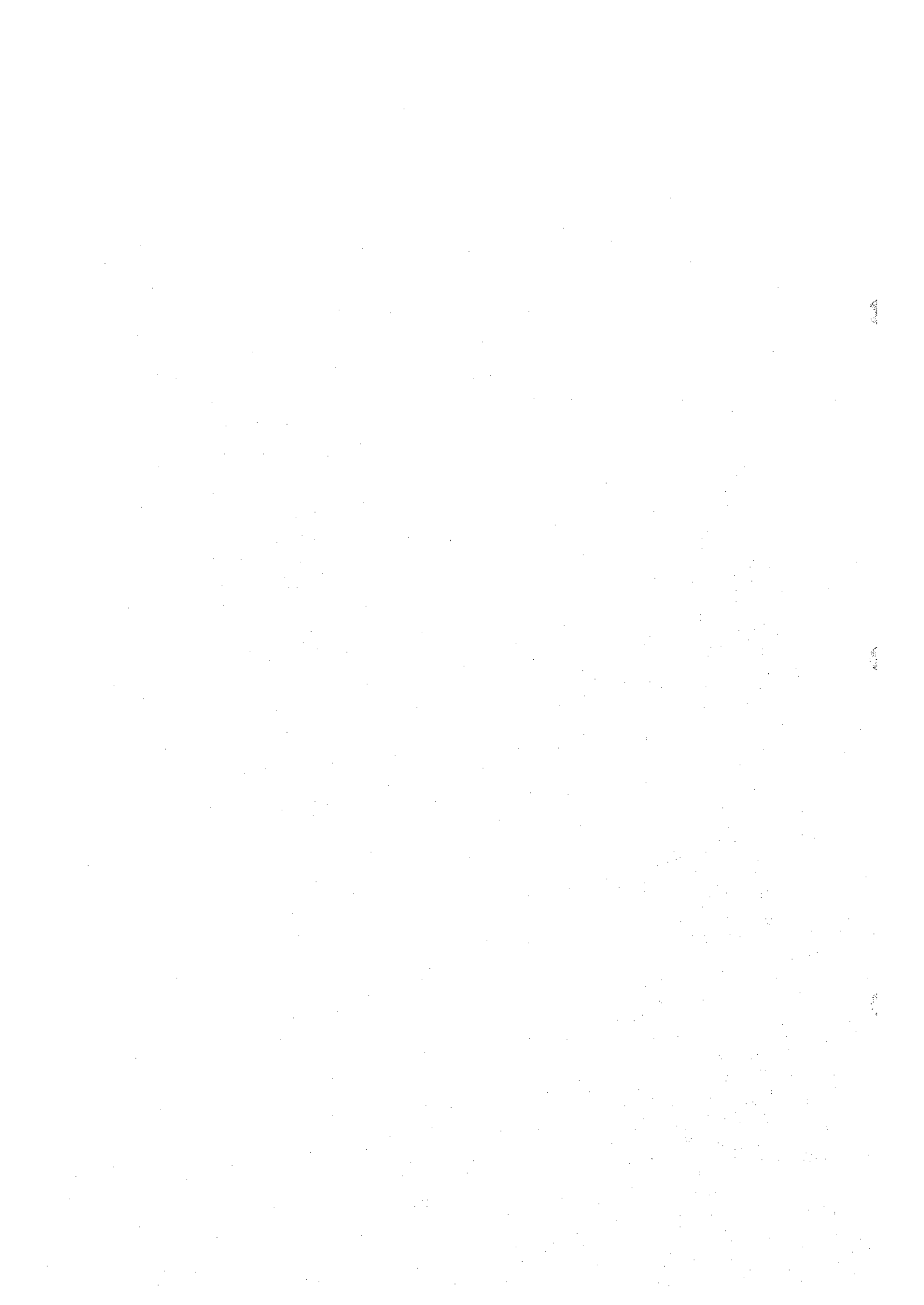


Fig. II -3-7(2) TEM response maps of Loop1 in Zuha area(Ch11-Ch20)



Loop2

磁場分布平面図を Fig. II-3-8(1)～Fig. II-3-8(2)に示す。

ループの左上部に顕著な低磁場帯が認められ、この低磁場の周辺部において徐々に磁場が高くなる傾向を示している。

Loop3

磁場分布平面図を Fig. II-3-9(1)～Fig. II-3-9(2)に示す。

ループの中央のやや左よりに高磁場異常が Ch6～Ch11 に認められる。この異常帯はループ左下部から右上部方向に伸びており、鉱床胚胎層準の下盤である V1-1 層分布域に認められることから、破碎帯を伴った断層などの可能性が強い。

Loop4

磁場分布平面図を Fig. II-3-10(1)～Fig. II-3-10(2)に示す。

ループ右部で高磁場を示し、左部に移動するほど磁場が低くなる単調な磁場分布を示している。右部の高磁場は、TDIP 結果から、この高磁場帯は TDIP 結果から、低比抵抗・低分極率帯と一致しており、鉱化作用に関連しない低比抵抗帯によるものと考えられる。

Loop5

磁場分布平面図を Fig. II-3-11(1)～Fig. II-3-11(2)に示す。

Loop4 と同様、ループ右部で高磁場を示し、左部に異動するほど磁場が低くなる単調な磁場分布を示している。特に磁場異常は認められない。

Loop6

磁場分布平面図を Fig. II-3-12(1)～Fig. II-3-12(2)に示す。

Loop4, 5 と同様、ループ右部で高磁場を示し、左部に異動するほど磁場が低くなる単調な磁場分布を示している。特に磁場異常は認められない。

Loop7

磁場分布平面図を Fig. II-3-13(1)～Fig. II-3-13(2)に示す。

ループ右下に高磁場帯が Ch1～Ch13 に認められる。この高磁場帯は Loop6 からの延長部に相当する。特に磁場異常は認められない。

ボーリング MJOB-Z1 孔を通る磁場断面図を Fig. II-3-14 に示す。

3-5-3 マケール地区

(1) 測点設定

本年度及び昨年度の TDIP 法により補足された IP 異常を精査する目的で TEM 法を実施した。

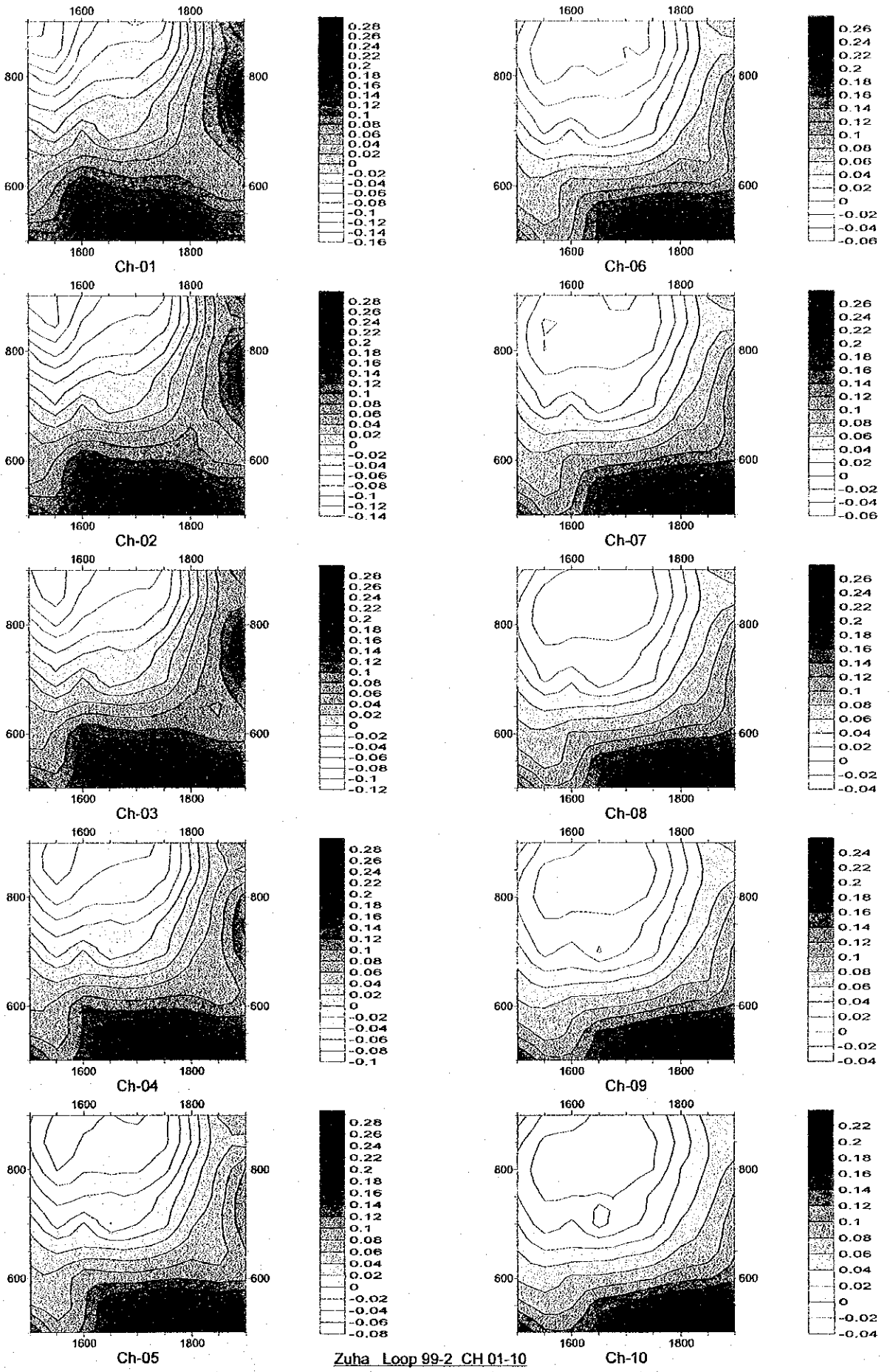


Fig. II-3-8(1) TEM response maps of Loop2 in Zuha area(Ch1-Ch10)

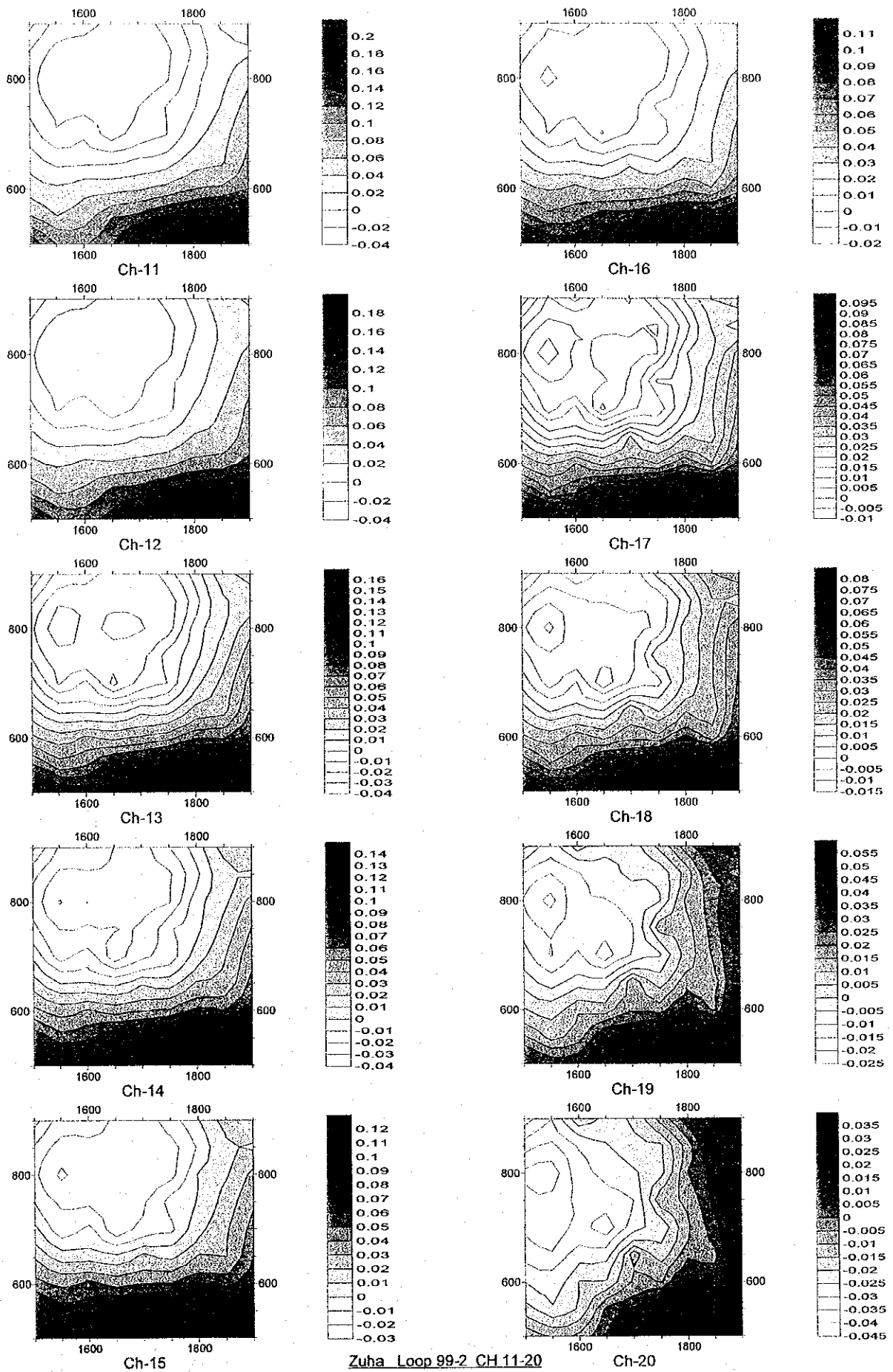


Fig. II-3-8(2) TEM response maps of Loop2 in Zuha area(Ch11-Ch20)

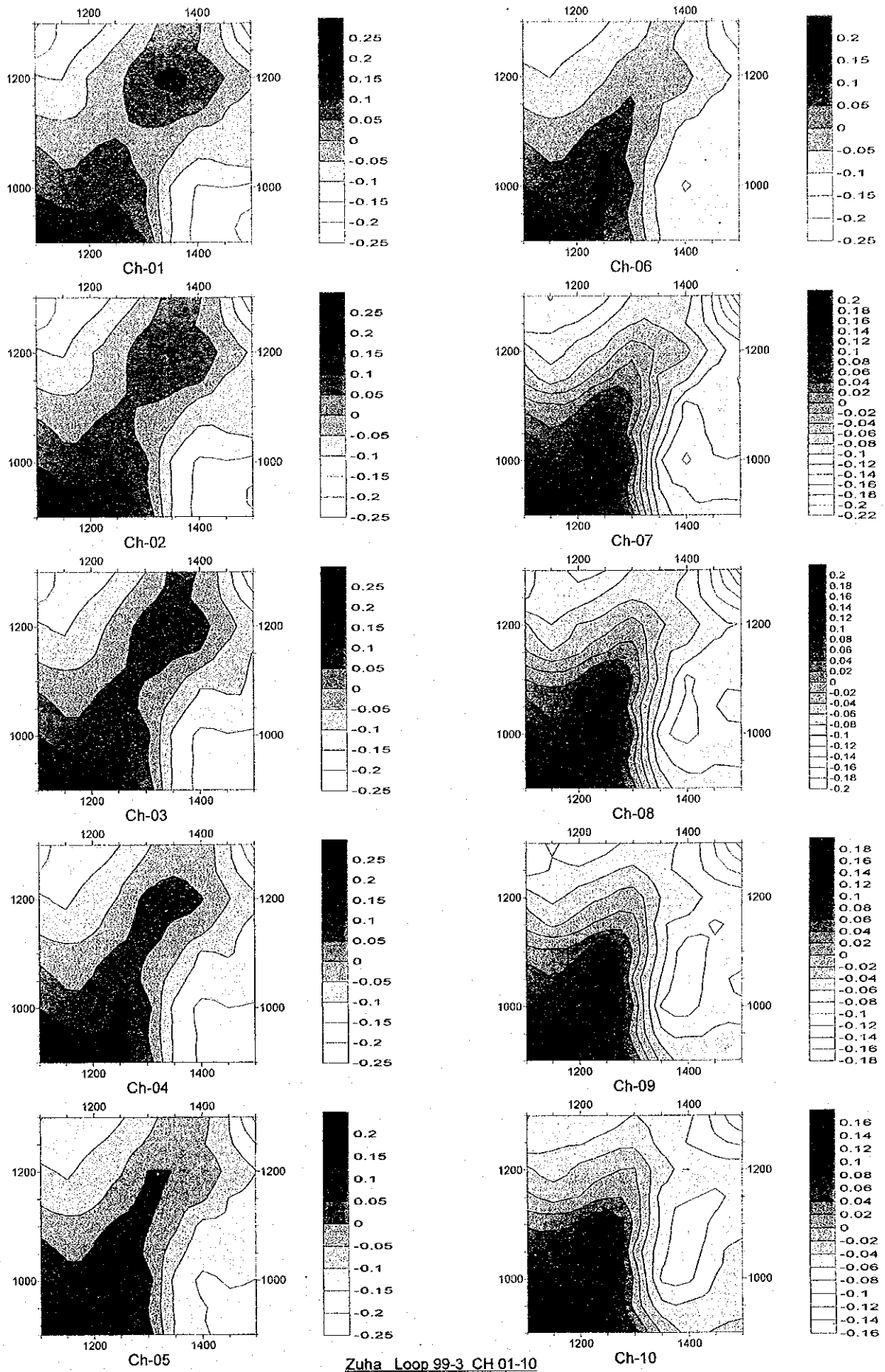
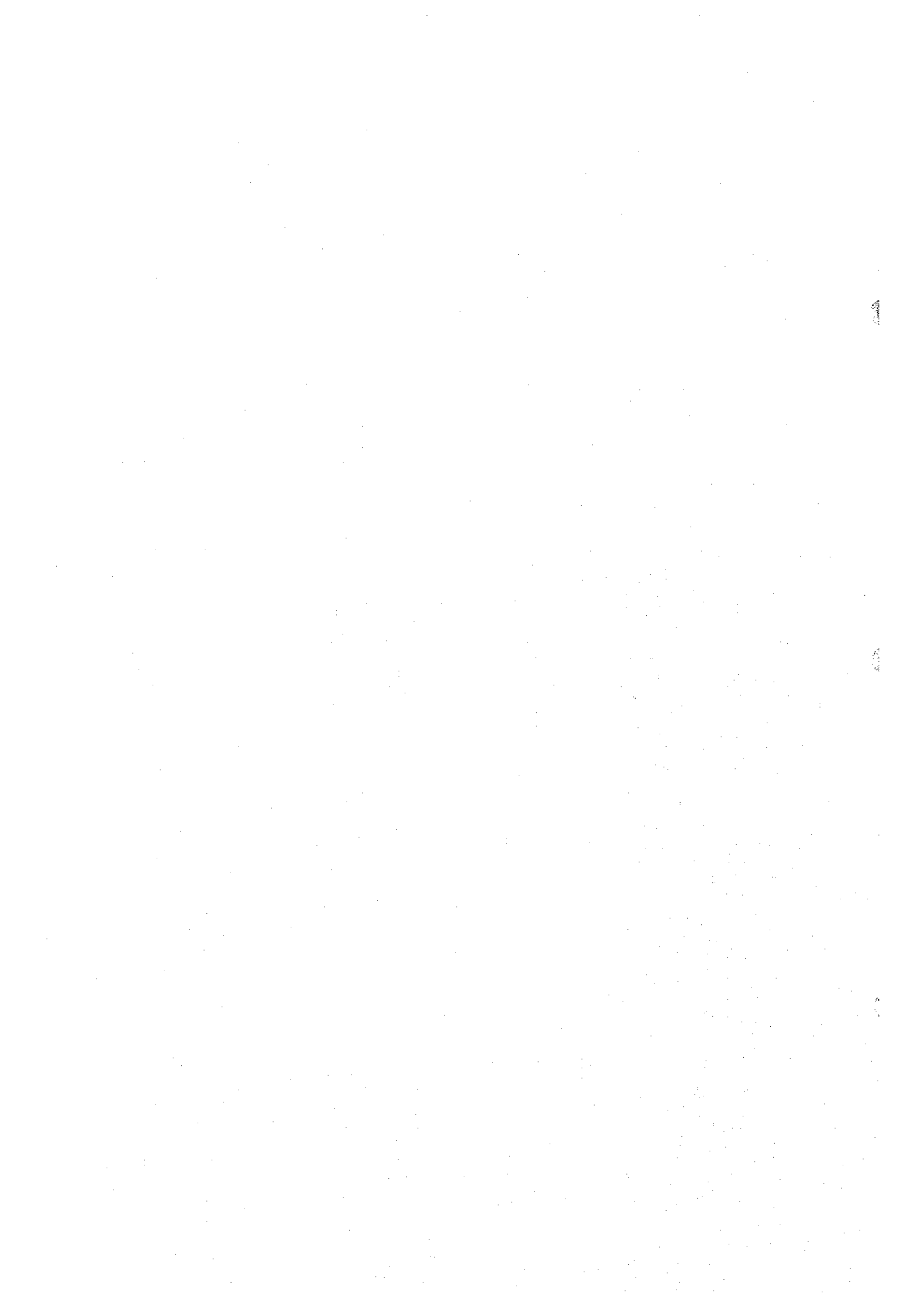


Fig. II -3-9(1) TEM response maps of Loop3 in Zuha area(Ch1-Ch10)



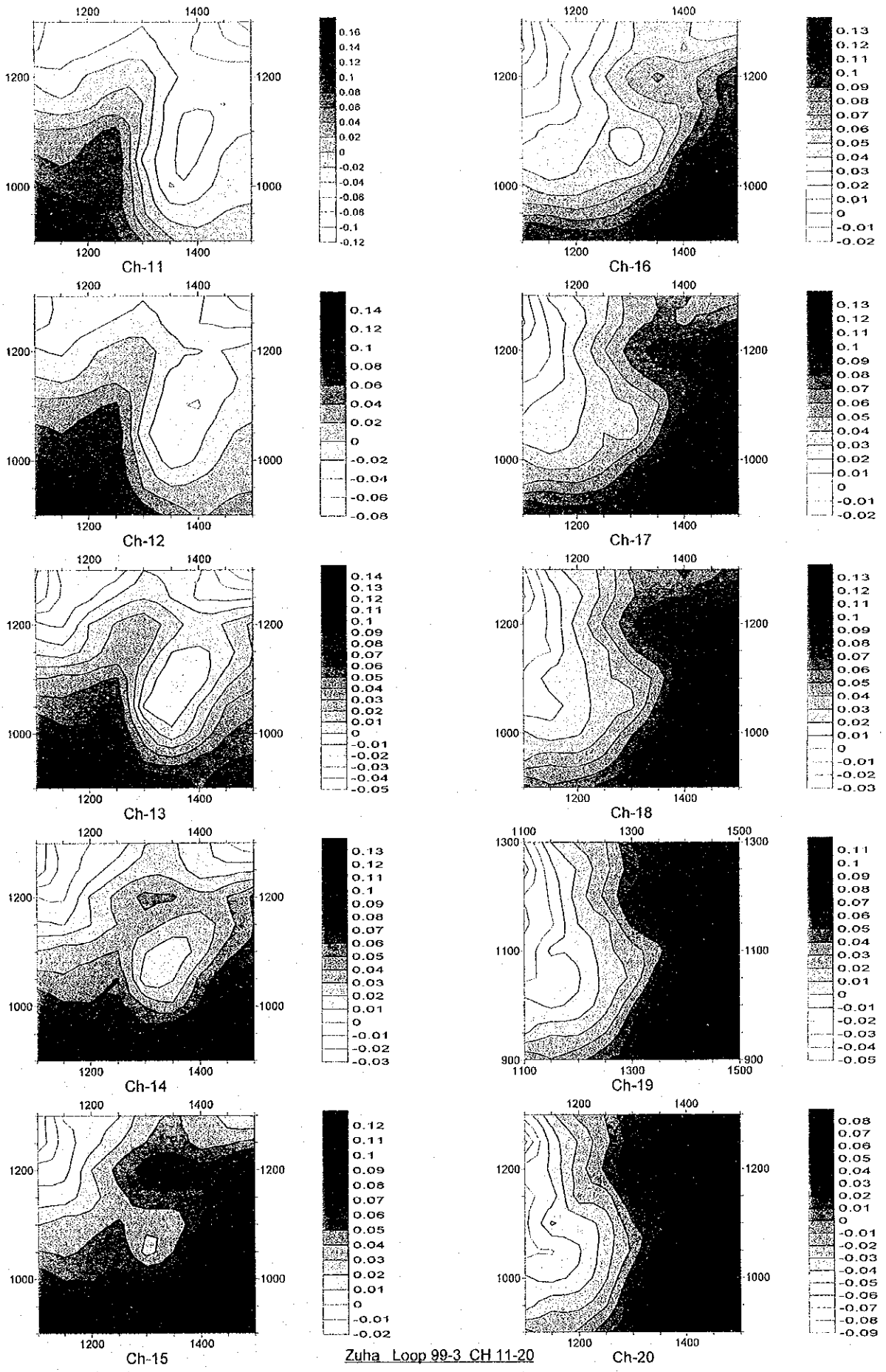


Fig. II -3-9(2) TEM response maps of Loop3 in Zuha area(Ch11-Ch20)

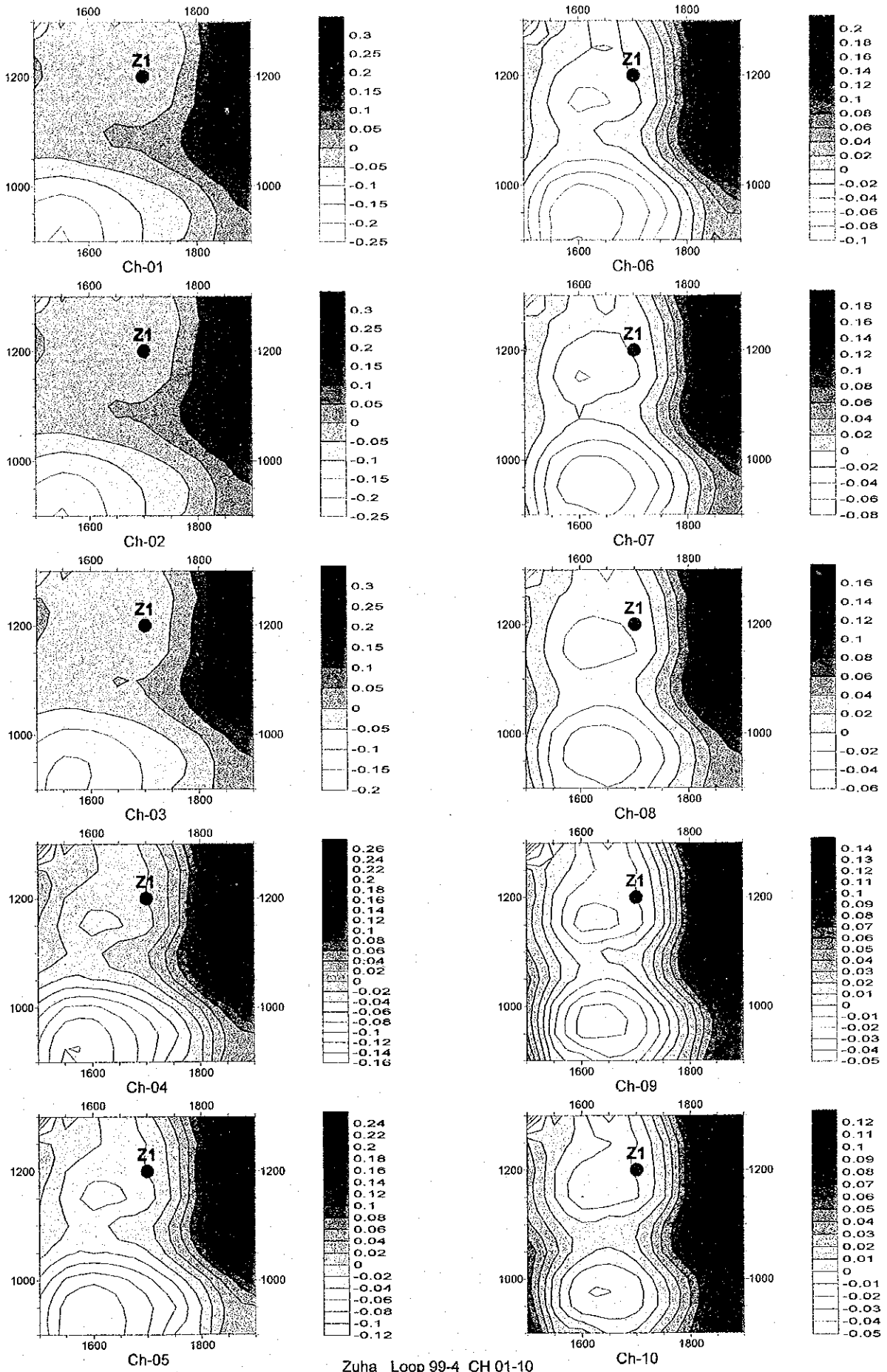


Fig. II -3-10(1) TEM response maps of Loop4 in Zuha area(Ch1-Ch10)



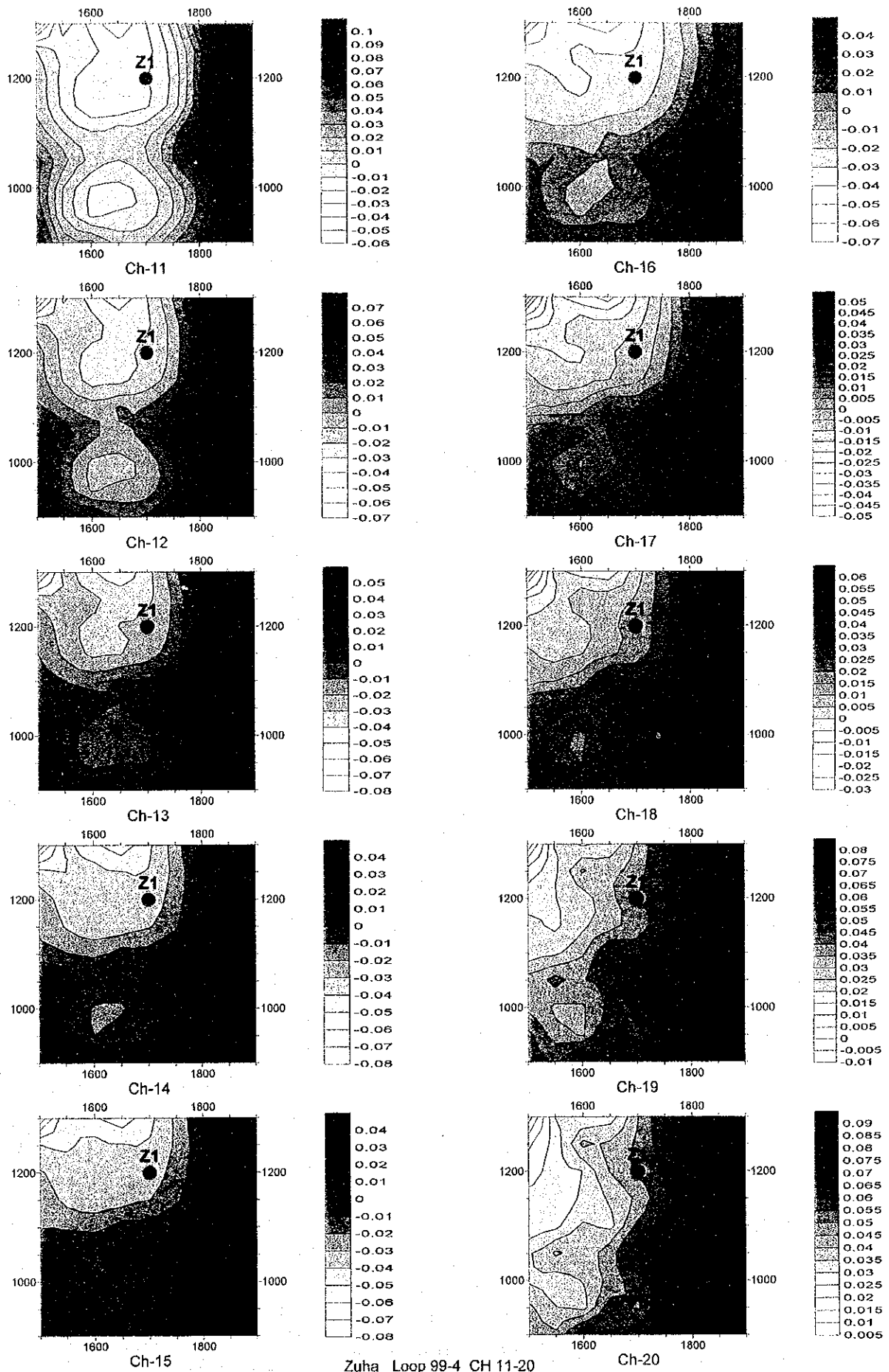


Fig. II -3-10(2) TEM response maps of Loop4 in Zuha area(Ch11-Ch20)

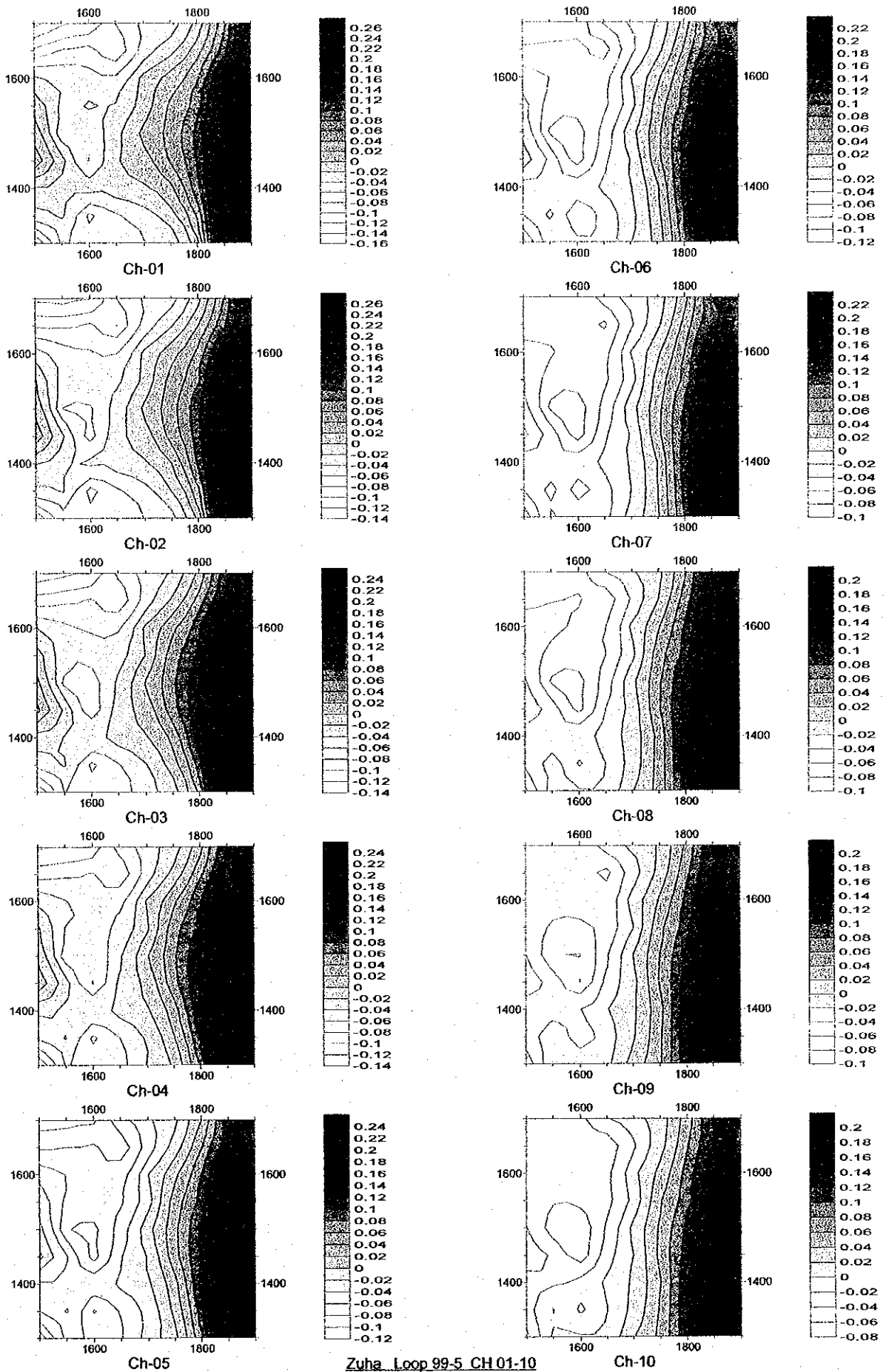


Fig. II -3-11(1) TEM response maps of Loop5 in Zuha area(Ch1-Ch10)



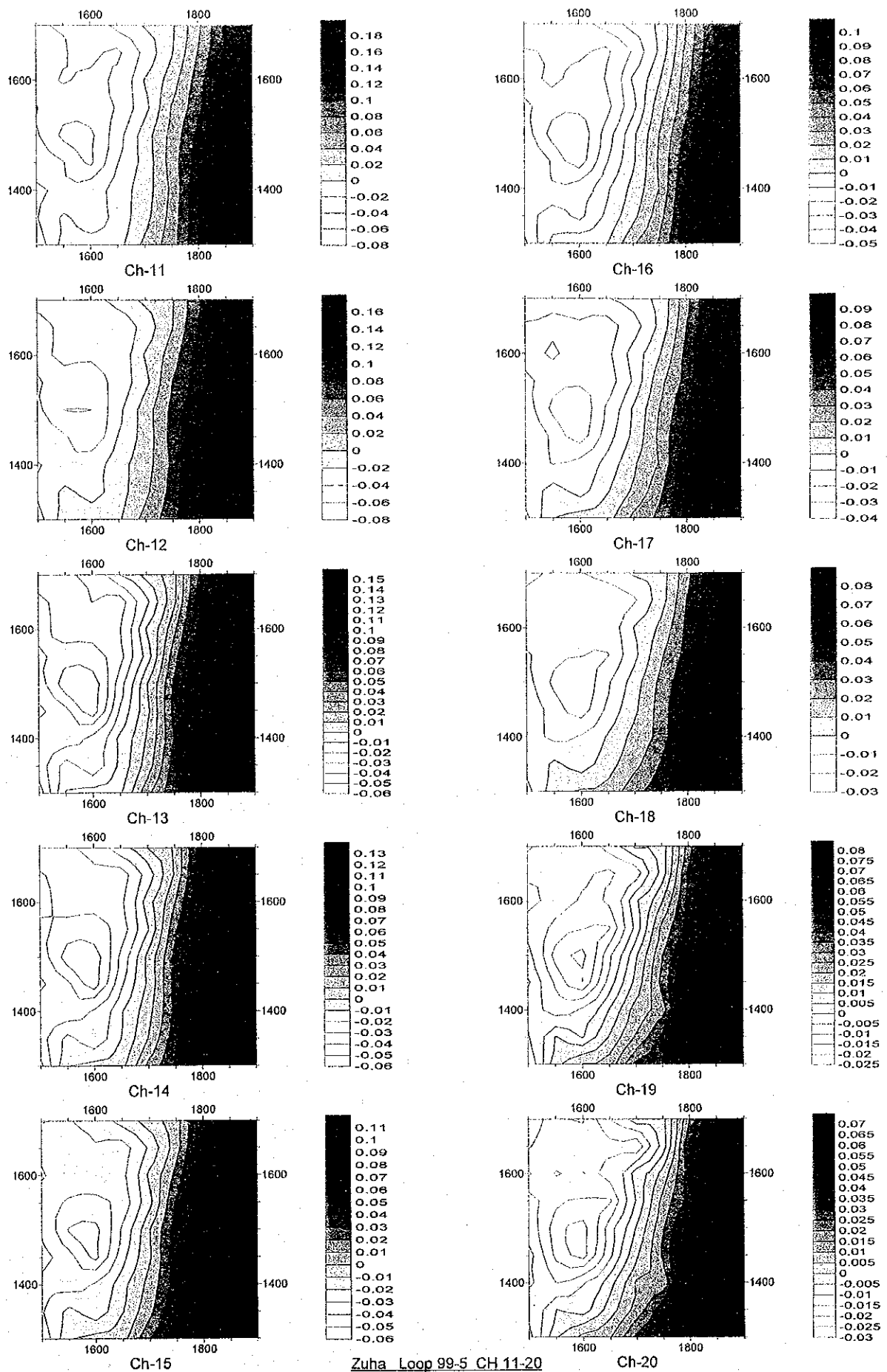
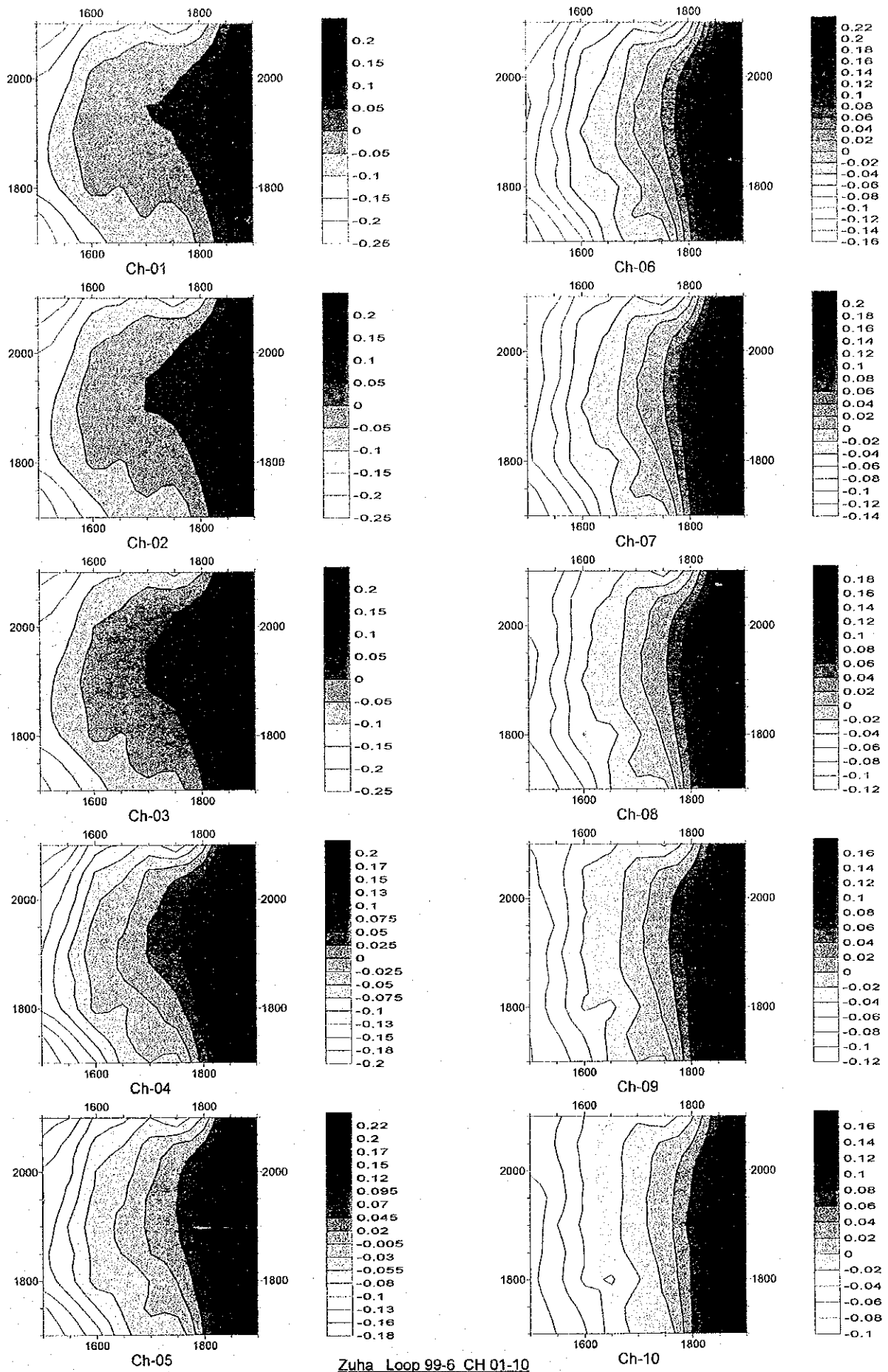


Fig. II -3-11(2) TEM response maps of Loop5 in Zuha area(Ch11-Ch20)





Zuha Loop 99-6 CH 01-10

Fig. II -3-12(1) TEM response maps of Loop6 in Zuha area(Ch1-Ch10)

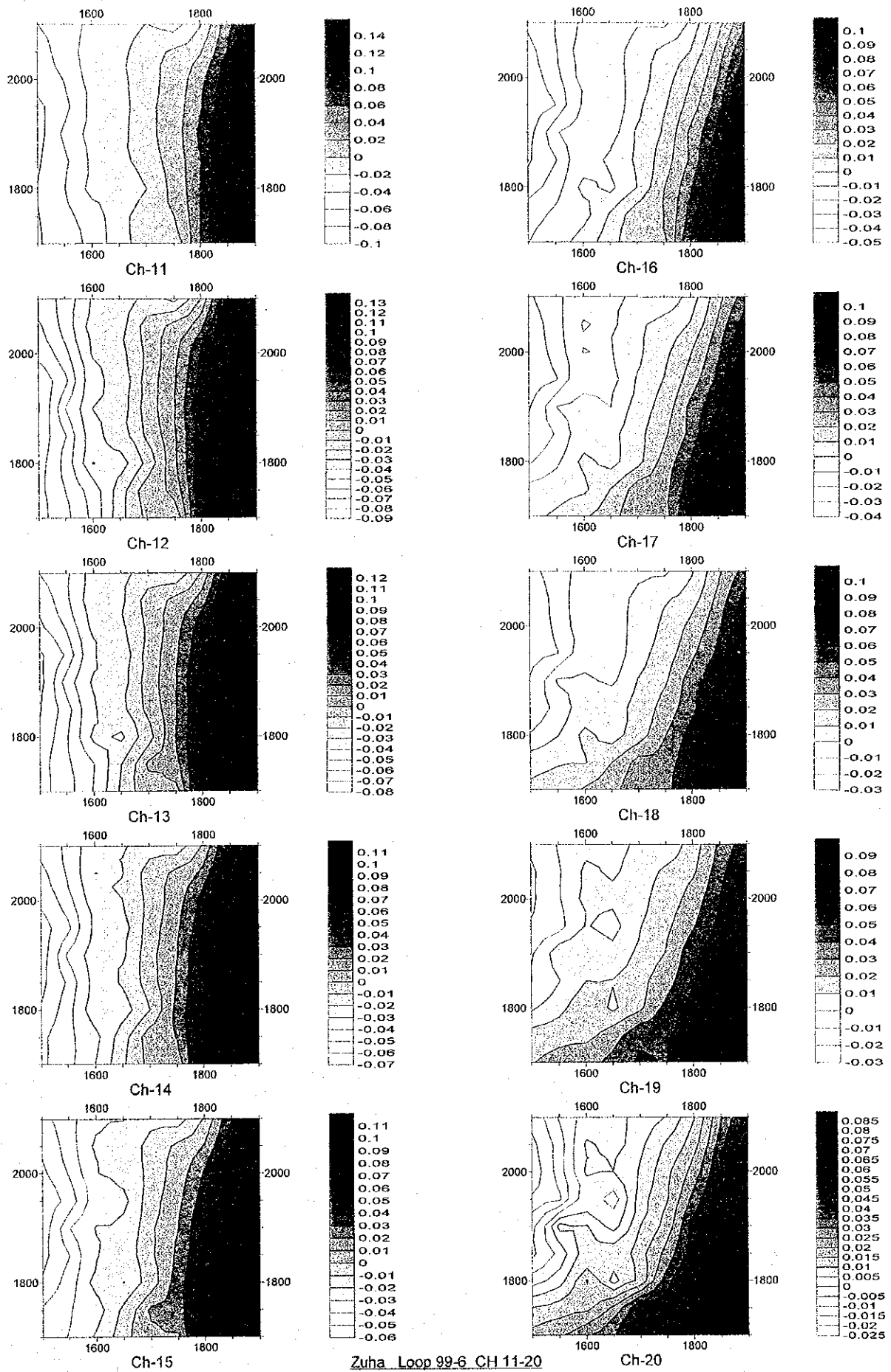
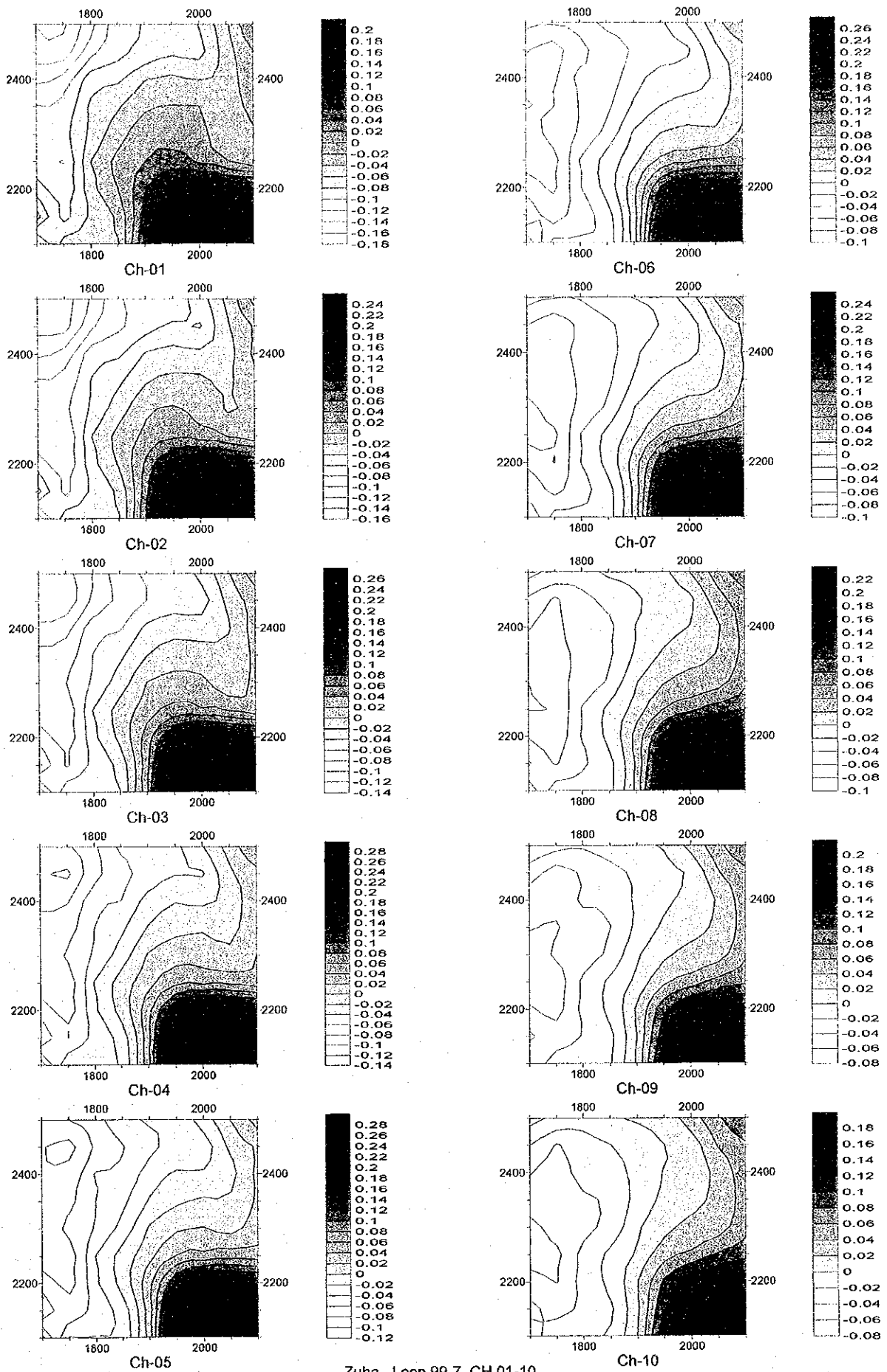


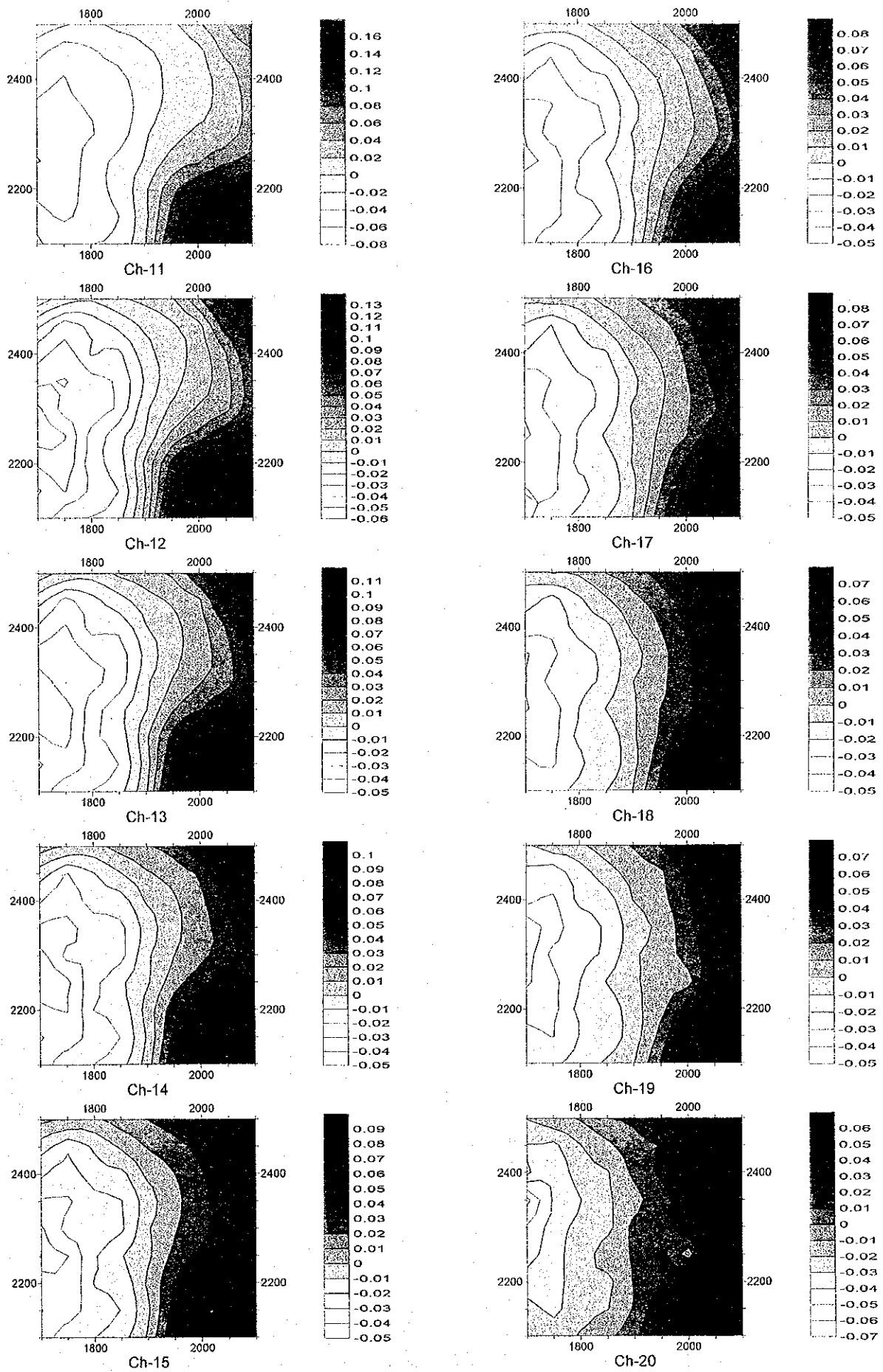
Fig. II -3-12(2) TEM response maps of Loop6 in Zuha area(Ch11-Ch20)





Zuha Loop 99-7 CH 01-10

Fig. II -3-13(1) TEM response maps of Loop7 in Zuha area(Ch1-Ch10)



Zuha Loop 99-7 CH 11-20

Fig. II -3-13(2) TEM response maps of Loop7 in Zuha area(Ch11-Ch20)

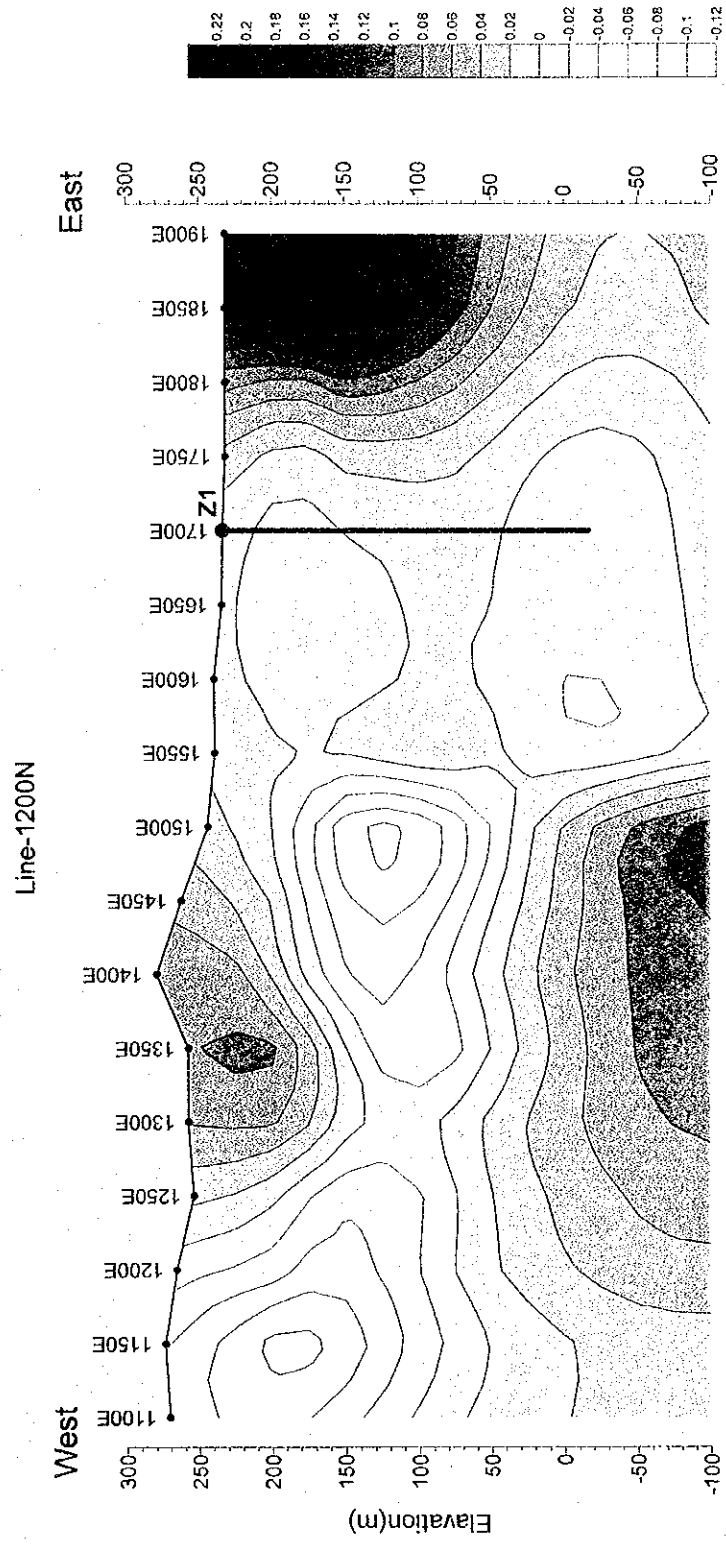


Fig-II-3-14 TEM response profile crossing drilling holes in Zuha area

