

ZASTOSOWANIE POWIERZCHNIOWYCH BADAŃ GEOELEKTRYCZNYCH NA GÓRZE WŻAR

CELEM przeprowadzonych badań geoelektrycznych na górze Wżar było określenie obszarów występowania andezytów nadających się do eksploatacji.

Budowa geologiczna góry Wżar jest bardzo skomplikowana. Wiadomo, że występują tu andezyty różnych odmian i różnego wieku oraz brekcja wulkaniczna i skały osadowe (6, 7, 9). Wśród andezytów można wyróżnić następujące odmiany (6):

- 1) magnetytowy czarny, bardzo zwiezły (występujący na południowym zboczu góry),
- 2) augitowo-amfibolowy (eksploatowane dajki),
- 3) magnetytowo-amfibolowy (szczytowa partia góry),
- 4) skaleniuwo-amfibolowy.

Występujące utwory w poszczególnych miejscach mają różny stopień zwietrzenia i różną szczelinowatość. Występowanie różnych skał na stosunkowo małej powierzchni, ich wzajemne przeplatanie się oraz nieregularne formy utrudniają dokładne określenie budowy geologicznej góry Wżar. Nawet znaczna ilość naturalnych i sztucznych odsłoneń nie wystarcza do dokładnego rozpoznania. Andezyt może występować w postaci żył o rozciągłości równoleżnikowej (8) lub w formie bloków (6).

Na podstawie badań magnetycznych (8) określono dyslokacje o kierunkach NW-SE. Na wschodniej ścianie kamieniołomu Lisi Łom widoczna jest strefa uskokowa (1). Wybór odpowiedniej metodyki pomiarów podyktowany był celem badań i budową geologiczną góry Wżar.

Bardzo skomplikowana budowa geologiczna, występowanie różnych utworów na małej powierzchni, jak i sam cel prac wykluczały stosowanie metody pionowych sondowań elektrycznych. Obserwacje zmian oporności pozornej w poziomie umożliwiają profilowania elektrooporowe.

Pomiary wykonano na jedenastu głównych profilach odległych od siebie co 20 m. Na E i W od głównych profili oraz między nimi wykonano pomiary układem $A_215 M 5 N 15 A_3$. Krok pomiarów równy był odległości między elektrodami M i N, wynosił 5 m. Profile prowadzono według azymutu magnetycznego 0° i dowiązано do szczegółów topograficznych. W obrębie dajki (eksploatowanej kamieniołomem Snoska) profile miały kierunek EW.

Bardzo złożone warunki geologiczne wymagały prowadzenia prac, w centralnej części góry Wżar następującymi układami pomiarowymi:

N	B (∞)	A_1	A_2	M	N	A_3	A_4	B (∞)	S
A_130	M 5	N 30	A_4	układy symetryczne					
A_215	M 5	N 15	A_3	czteroelektrodowe					
A_115	A_215	M 5	N	układ dipolowy dwustronny					
M 5	N 15	A_315	A_4						
$B\infty$	A_130	M 5	N	układy trójelektrodowe					
$B\infty$	A_215	M 5	N	dwustronne					
M 5	N 15	$A_3\infty$	B						
M 5	N 30	$A_4\infty$	B						

Kierunki profili były prostopadłe do rozciągłości utworów, co pozwoliło na uzyskanie maksymalnych anomalii. Badany rejon obejmował 16 ha, na którym wykonano 12 km bieżących profiliowań. Zasięg głębokościowy stosowanych układów pomiarowych waha się w granicach 5—15 m. Wyniki pomiarów wykonanych różnymi układami na tym samym profilu pozwalają określić jakościowo różnice w głębokości do stropu skały litej.

Mierzona oporność pozorna w badanym rejonie jest funkcją takich czynników, jak: budowa petrograficzna i skład mineralny, spistość, stopień zwietrzenia, grubość nadkładu, parametry układu pomiarowego, rozmiary badanych utworów i morfologia terenu.

Skały magmowe charakteryzują się wysokimi wartościami oporności właściwej. Zwiększenie miąższości nadkładu niskoopornościowego wywołuje zmniejszenie oporności pozornej. Zmiany te mają znaczenie szczególnie wówczas, gdy są amplitudami swymi zbliżone do zasięgu głębokościowego danego układu pomiarowego. Przy zmianach miąższości nadkładu (znacznie mniejszych niż głębokość śledzenia) wpływ tych zmian na oporność pozorną jest stosunkowo nieznaczny.

Wpływ zmiany wielkości układu pomiarowego na wartość oporności pozornej zależy od rozmiarów badanego ciała i głębokości zalegania. Gdy badane ciało ma znaczne rozmiary i niewielką głębokość do stropu, to jest on nieznaczny. W przypadku ciał

o małych rozmiarach wpływ ten zależy głównie od zmian wielkości odległości między elektrodami pomiarowymi M i N. Zwiększenie wymiarów układu pomiarowego powoduje zmniejszenie anomalii. Zmniejszanie się miąższości utworów o różnych opornościach do równej lub mniejszej od odległości między M i N powoduje zaniżenie oporności pozornej. Utwory znacznie cieńsze niż rozstaw MN są często niemożliwe do wydzielenia.

Wpływ morfologii powierzchni obszaru badanego na wielkość oporności pozornej zależy od kąta spadku terenu, kąta między profilem a linią grzbietu (czy doliny) i od rodzaju układu pomiarowego. Należy więc omówić wpływ grzbietu, gdyż tylko on miał wpływ na omawiane wyniki prac. Gdy pomiary są wykonane na zboczu na pewnej odległości od grzbietu (skrajna elektroda od strony grzbietu znajduje się na odległości od niego większej, niż 0,5 odległości między skrajnymi elektrodami), to morfologia nie ma już wpływu na oporność pozorną. Największy wpływ obserwuje się, gdy układ pomiarowy przechodzi przez grzbiet.

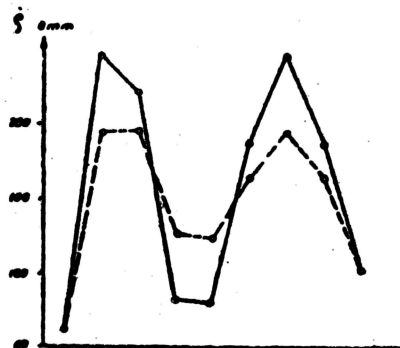
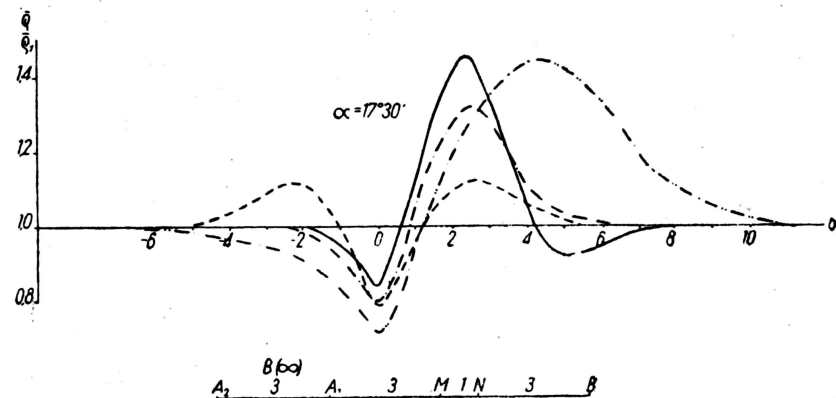
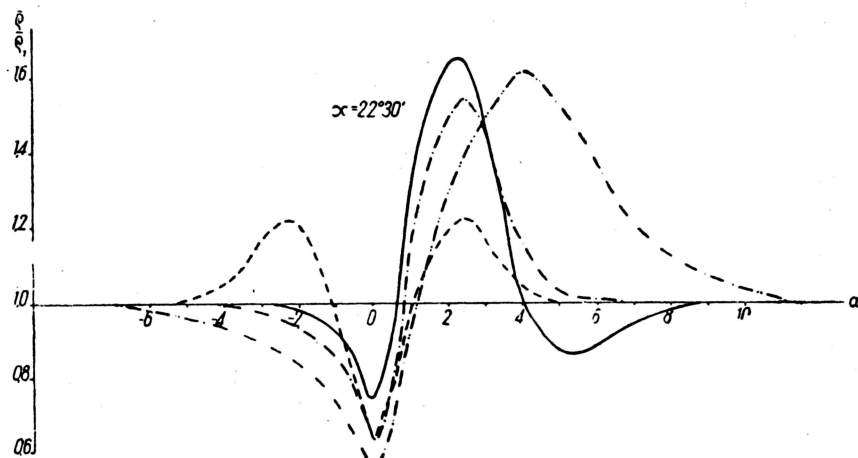
Na ryc. 1, a, b przedstawione są przykładowo eksperymentalne krzywe ρ zdjęte nad grzbietem za pomocą układów odpowiadających układowi stosowanemu w terenie. Porównując krzywe dla tych samych układów widzimy, że ze zwiększeniem się kąta spadku terenu wzrasta amplituda anomalii. I tak, dla układu symetrycznego przy $\alpha = 22^\circ 30'$ wynosi ona 58%, zaś przy $\alpha = 17^\circ 30'$ tylko 32%. Przy kątach mniejszych amplituda jeszcze bardziej maleje. Dla układów trójelektrodowych i dipolowego obserwuje się też powyższą zależność, z tym że amplitudy są większe, a kształt krzywych inny.

Ryc. 1, c przedstawia krzywą (linia ciągła) otrzymaną układem symetrycznym $A_2 15 M 5 N 15 A_3$, przy kącie spadku terenu $\alpha = 22^\circ$. Ponieważ jednak przy

samym szczycie kąt ten jest znacznie większy, to wprowadzone poprawki (krzywa przerywana na ryc. 1, c) są jeszcze za małe. Widać jednak wyraźnie, że w ten sposób można wyeliminować wpływ morfologii. Przy kącie zawartym między profilem a osią grzbietu różnym od 90° anomalie krzywych ρ maleją i przybierają bardziej skomplikowany charakter. Na Wzárze jednak kąt ten bardzo mało odbiegał od 90° . Największy kąt spadku terenu jest na dajce (kamieniołom Snoska) i wynosi maksymalnie 23° .

Wpływ morfologii na krzywe oporności pozornej ma znaczenie tylko dla kilku profili, i to na małym ich odcinku. Znając wielkość wpływu morfologii terenu na wartość pomierzonych oporności pozornych wyeliminowano go przy interpretacji geologicznej badań geoelektrycznych na górze Wzár.

Krzywe mają przebieg „ząbkowany” (ryc. 2). Wywołane to jest ekranowaniem przy poszczególnych elektrodach, niejednorodnościami powierzchniowymi i błędem pomiarów. Na przykładzie krzywych (ryc. 2) widzimy wydzielenie się poszczególnych utworów. Na krzywych IX i IX a (ryc. 2a) w ich lewej części odpowiednio do pikietów 7 i 9, rejestruje się najniższa oporność pozorną rzędu 40–50 omm. Na profilach X i Xa sięga ona do pikietów 10 i 12, z tym że w części północnej rejestrują się utwory o wyższej oporności. W strefie tej na powierzchni występuje andezyt bardzo zwietrzały. W kierunku południowym obserwujemy skokowy wzrost oporności, wydzielający obszar do pikietów 23 (IX i IXa) i 24 (X i Xa). W strefie tej na pikietach 20–22 obserwujemy znaczne zaniżenie oporności pozornej. Wywołane ono jest wpływem morfologii powierzchni terenu. Należy zaznaczyć, że tam znajduje się grzbiet góry. Zmienny wpływ na kształt krzywych ρ wywołany jest zmiennym wykształceniem samego grzbietu. Jest on w jednym miejscu lekko zaokrąglony,



Ryc. 1a, b. Wpływ morfologii terenu (grzbiet) na kształt krzywych

Ryc. 1c.

a w innym bardzo ostry. Nachylenie zboczy waha się od 16–22°.

Profile XII, XIIa i XIII przedstawiają inny wycinek terenu. Widzimy na nich strefę o wysokich opornościach pozornych zawartą między pikietami —12, —11 do 2. W strefie tej zaznacza się obniżenie oporności, szczególnie wyraźnie na pikiecie 9–10 (XIIa) wywołane wtrąceniem utworów o niższej oporności. Na pikietach —12, do —15 rejestruje się znaczne obniżenie oporności.

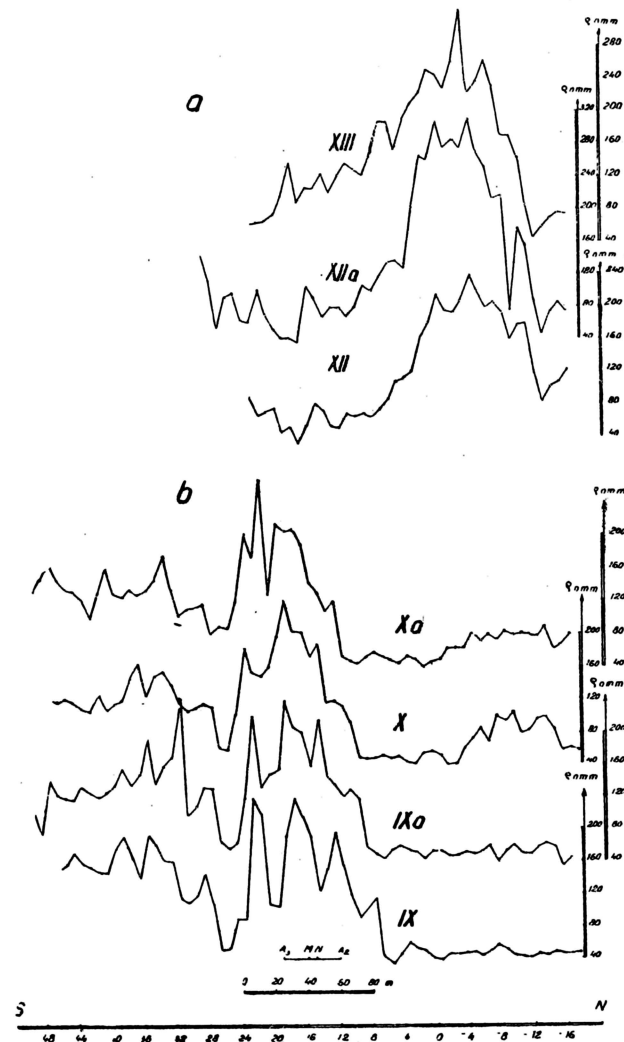
Między pikietami 2 i 16 obserwujemy stopniowy wzrost oporności pozornej z profilu na profil (od XII do XIIa). Wywołane to może być wpływem skał wyższej opornościowych i ostrym kątem ich zapadania lub zmianami w skale przyległej.

Profil w części południowej charakteryzuje się niskimi opornościami będącymi przedłużeniem w kierunku SSW podobnej strefy z profilu IX, IXa, X i Xa.

Na podstawie wyników pomiarów układem A₃ 15 M 5 N 15 A₂ sporządzono mapę izoom (ryc. 3). Przy jej sporządzaniu kierowano się nie tylko wartościami oporności na poszczególnych punktach, ale i ciągłością anomalii na sąsiednich profilach.

Zależnie od zmian wielkości oporności pozornej (40–700 omm) można wydzielić następujące strefy: a) do 90 omm, b) od 90 do 1500 omm, c) od 150 do 250 omm, d) powyżej 250 omm.

Strefy te wydziela się wyraźnie, jednak w pewnych miejscach przejścia z jednej do drugiej są płynne. Może to być spowodowane ciągłą zmianą petrograficzną tej samej skały, różnym stopniem zwietrzenia lub też kątem zapadania utworów różnym od 90°.



Ryc. 2. Krzywe oporności pozornej pomierzone układem A₃ 15 M 5 N 15 A₂.

Na podstawie dotychczasowych prac geologicznych wymienionym wyżej strefom opornościowym można przypisać konkretne utwory geologiczne. Przedziałowi „a” odpowiada brekcja wulkaniczna, skały osadowe i gruba (tzn. ponad 10–15 m) warstwa zwietrzliny. Przedziałowi „b” najprawdopodobniej odpowiada skaleniowy andezyt amfibolowy, a może pewne skały osadowe. Przedziałowi „c” najprawdopodobniej odpowiadają: andezyt augitowo-amfibolowy i magnetytowo-amfibolowy. Przedziałowi „d” należy przypisać andezyt magnetytowy (bazaltowy). Ścisłe jednak rozgraniczenie poszczególnych typów andezytów jest trudne szczególnie typy andezytów zawarte w przedziale „c” mogą wkraczać w przedział „d” Wiadomo jednak, iż andezyt typu bazaltowego nie zejdzie do niższej grupy oporności.

Różnice w opornościach tego samego typu andezytu mogą być spowodowane omówionymi wyżej przyczynami, a zwłaszcza stopniem zwietrzenia. Istnieje prawdopodobieństwo, że w strefie „a” może się znajdować andezyt skaleniowo-amfibolowy, ale w postaci bardzo zwietrzałej.

Mapę geologiczną (ryc. 4) opracowano na podstawie mapy izoom (ryc. 3) i zestawienia profili. Na opracowanej mapie są powydzielone obszary zgodnie z omówionymi wyżej strefami opornościowymi. Najniższymi opornościami wyróżniają się strefy 1–9. W strefach tych najprawdopodobniej występują utwory osadowe, brekcja wulkaniczna lub gruba warstwa zwietrzliny. Strefa 1 wydziela się bardzo ostro i wyróżnia się opornościami poniżej 75 omm, a nawet poniżej 50 omm. Granica SE tej strefy wydziela się wyraźnie. Świadczy to o kontakcie wybitnie różnych utworów pod względem opornościowym. Granica NWW w części południowej jest również wyraźna, natomiast w części północnej kontrast opornościowy jest znacznie mniejszy. Świadczy to o kontakcie tu ze sobą innych utworów. W części SW rozdziela ona dąki eksploatowane kamieniołomami Snoska i I. i si Łom.

Strefa 2 ma bardzo wyraźną północną granicę, natomiast jej granica południowa jest mniej ostra. Dalej obszar ten posiada kierunek NE przenikając przez szczyt góry (strefa 3). Jest ona w tym miejscu bardzo wąska i stąd mniej wyraźna.

Dalsza część tego obszaru (strefa 4) ma granice mniej wyraźne. Spowodowane jest to prawdopodobnie przeplataniem się różnych utworów geologicznych. Wniosek ten potwierdza otwór geologiczny nr 3, który przebija andezyt, łupki i brekcję wulkaniczną. Między strefą 4 a 5 znajdują się prawdopodobnie inne utwory niż w tych strefach. Możliwe jednak, że strefy te łączą się wąskim pasem ze sobą.

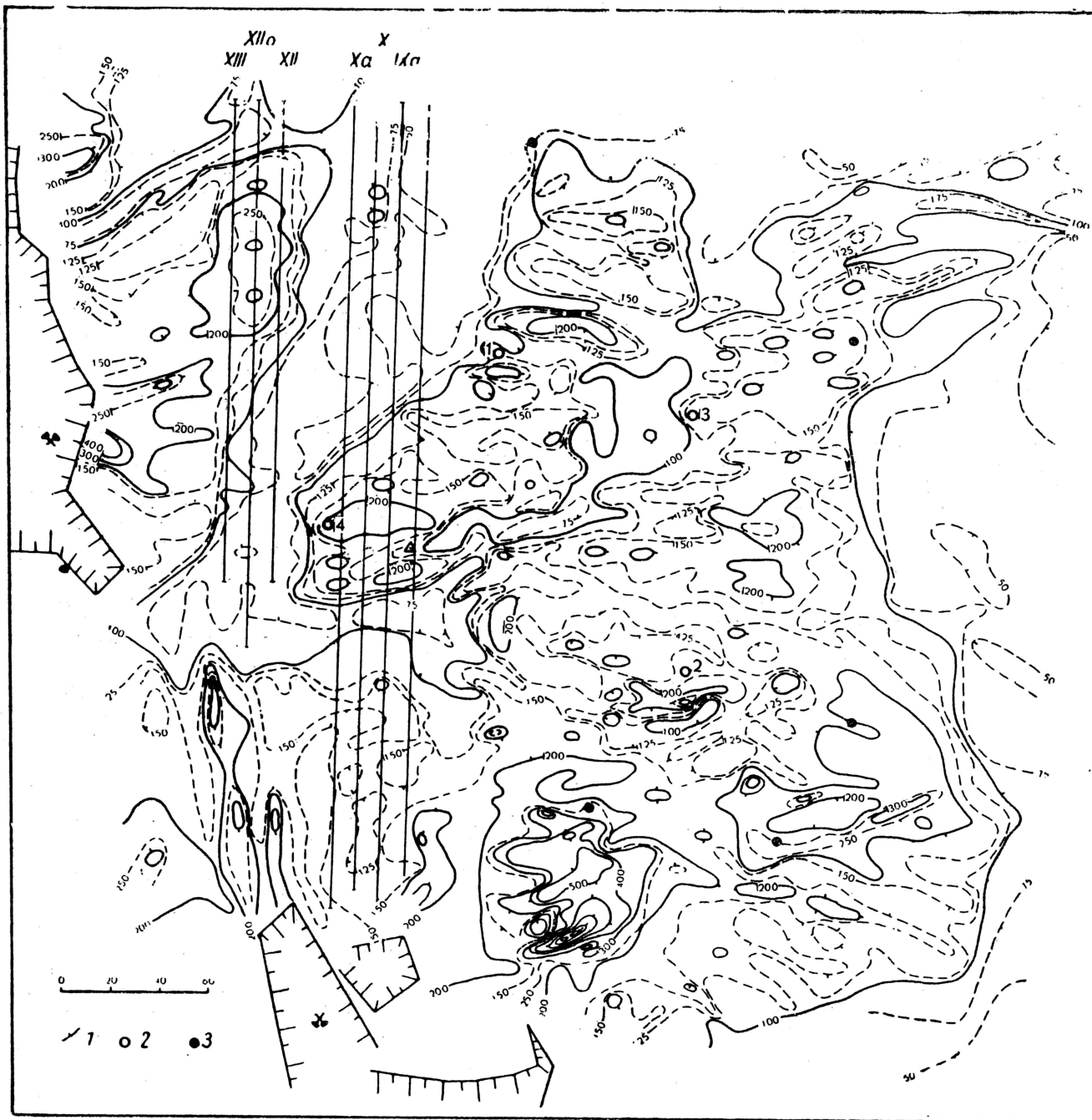
Granice strefy 7 i 8 mają stosunkowo łagodne przejście od wyższych oporności do niższych. Strefie tej można przypisać utwory osadowe.

Drugą grupą obszarów, charakteryzującą się zbliżonymi opornościami, są strefy 14–39 (ryc. 4). Obszary te oddzielają się wyraźnie od poprzednich. Najprawdopodobniej odpowiada im: andezyt skaleniowo-amfibolowy lub bardzo zbite skały osadowe.

Bardzo złożony charakter mają strefy 17–20. Pewny jest upad rzędu 30° ku N utworów tworzących strefę 17. Strefy te tworzą pewien obszar, w którym zaznaczają się równoleżnikowo pasy o wyższej oporności (strefy 44–47). Może to być skutek intruzji innego andezytu. Istnieje również prawdopodobieństwo, że stosunkowo nieduże obniżenia oporności (strefy 17–20) spowodowane są znacznie grubszą warstwą zwietrzliny lub też istnieniem wkładek osadowych.

To co powiedziano powyżej o strefach 17–20 odnosi się także do stref 22–27, jednak obszar stref 22–27 i 49–50 wydaje się, być zbudowany z tych samych utworów, z mniejszą możliwością wkładek innych utworów.

Rozległa strefa 37 stanowi stosunkowo jednolity blok. Na podstawie danych geologicznych najprawdopodobniej tworzą go utwory osadowe. Strefę 38 podobną do strefy 37 tworzą prawdopodobnie też utwory osadowe. Przebieg południowej części tej strefy nie jest pewny.



Ryc. 3. Mapa izoom.

1 — izoomy z zaznaczonym kierunkiem obniżania wartości, 2 — otwory geologiczne, 3 — punkty geodezyjne.

Do grupy oporności „c” należą strefy 40—62. Tworzą je z pewnością andezyty (odmiana augitowo-amfibolowa i amfibolowo-magnetytowa). Bardzo interesująca jest strefa 52. Wydziela się ona znacznie wyraźniej niż pozostałe i na pewnym odcinku rozdwaia, tworząc zamkniętą część o znacznie niższej oporności. Utwory tworzące tę strefę mają wyraźny kierunek upadu ku N. Strefa 61 jest przedłużeniem dajki eksploatowanej kamieniołomem Snoska. Wydziela się ona bardzo wyraźnie.

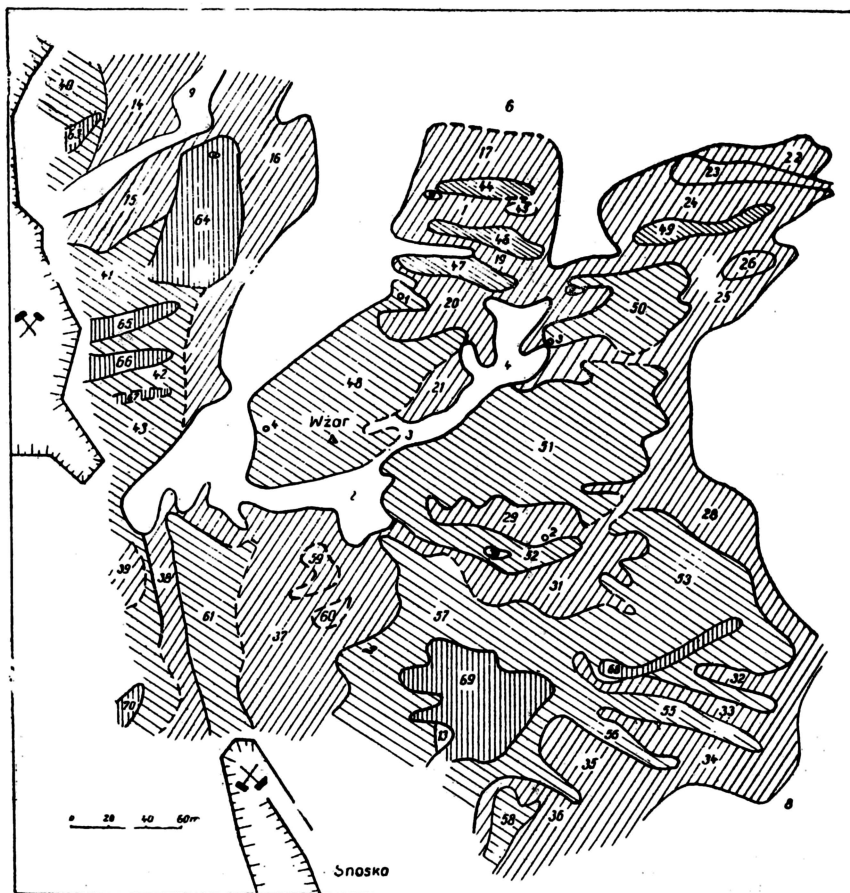
Według podanych wyżej przedziałów oporności pozostałe strefy należą do grupy „d”. Bardzo wyraźnie zaznacza się strefa 64. Tworzy ona jednolity blok. Granice jej jednak od W są mniej ostre — możliwe, że jest to spowodowane przeobrażeniami kontaktowymi, albo zmianami w obrębie tej samej skały. Bardzo ciekawa jest strefa 68 zaznaczająca się w postaci wąskiego pasa o dużych wartościach oporności. Wydziela się ona bardzo wyraźnie. Strefa

69 całkowicie wielkością anomalii odbiega od pozostałego obszaru. Obserwujemy tu wartości oporności pozornej w granicach do 700 omm, gdy na pozostałym obszarze maksymalnie osiągała 400 omm. Na podstawie odkrywek można stwierdzić, iż strefie tej odpowiada andezyt magnetytowy (bazaltowy). Utwory tej strefy mają upad ku N. Strefom 63—70 trudno przypisać identyczne utwory. Najprawdopodobniej jest to ten sam typ skały, lecz z drobnymi różnicami w składzie czy budowie. Najbardziej zbliżone pod względem wartości oporności są strefy 64 i 69. Można więc sądzić, że i w strefie 64 jest andezyt typu bazaltowego.

WNIOSKI

Wyniki badań geoelektrycznych na górze Wzar pozwalają określić kilka obszarów najkorzystniejszych do eksploatacji.

1. W szczytowej partii znajduje się kilka większych bloków andezytu. Są one porozdzielane utworami o niższej oporności, prawdopodobnie brekcją lub skałami osadowymi.
2. Wydzielające się bloki nie są jednorodne. Niejednorodność ich może być wywołana obecnością cienkich wkładek innych skał lub zmiennością składu i budowy danej skały. Możliwe jest również, iż lokalne obniżenia oporności są spowodowane „kieszeniami” w skale litej, wypełnionymi utworami osadowymi lub brekcją. Wydzielające się w omawianych blokach różnice opornościowe mają głównie kierunek równoleżnikowy.
3. Utwory zaliczone do grupy „d” wykazują bieg NNE. Kierunek ten zaznacza się również w bloku andezytu magnetytowego (strefa 69). Prawdopodobnie są to utwory młodsze od otaczających je skał.
4. Należy przyjąć, że dyslokacje łączą się z głównymi strefami o obniżonej oporności. Mają więc kierunek NNE—SSW. Trzy tego rodzaju linie wydzielają się bardzo wyraźnie.
5. W kilku przypadkach stwierdzono upad warstw o wysokiej oporności na N.



Ryc. 4. Interpretacja geologiczna profilowań geoelektrycznych. Pole białe (a) — brekcje wulkaniczne, skały osadowe; kreski skośne w lewo (b) — andezyt skaleniowo-amfibolowy, magnetytowo-amfibolowy ewentualnie skały osadowe; kreski skośne w prawo (c) — andezyt magnetytowo-amfibolowy i augitowo-amfibolowy; kreski pionowe (d) — andezyt magnetytowy.

LITERATURA

1. Birkenmajer K. — Przewodnik geologiczny po Pienińskim Pasie Skałkowym. Warszawa 1958.
2. Блох I. M. — Электропрофилірованіе методом сопровітвеніј, Москва 1962.
3. Блох I. M. — Діполноје електропрофилірованіе. Москва 1957.
4. Дачнов В. N. — Электрическаја розвідка нефтяных і газowych нестороздженіј. Москва 1953.
5. Kozłowski S. — Własności techniczne andezytów pienińskich. „Prace Muzeum Ziemi”, zes. 1. Warszawa 1958.
6. Kozłowski S. — Forma geologiczna i cios andezytów Wzaru koło Czorsztyna. Spraw. z Pos. Komisji Oddziału PAN w Krakowie, 1960.
7. Małkowski S. — Andezyty okolic Pienin. Prace PIG, t. I. Warszawa 1921.
8. Małoszewski S. — Tektonika andezytów góry Wzar i okolic w świetle wyników badań magnetycznych. Spraw. z Pos. Komisji Oddziału PAN w Krakowie, 1960.
9. Morozewicz J. — O technicznej wartości andezytów Krościenka i Szczawnicy. Prace PIG, t. I. Warszawa 1921.
10. Wieszew A. W. — Wlijanie rieliefa na rezultaty rabót dipolnym osiewym profilіrowanіem. „Woprosy Geofizyki” (Uczennyje zapiski LGU) wyp. 12, 1960.