

MIKROMAGNETYKA JAKO POMOCNICZA METODA BADAŃ UTWORÓW GEOLOGICZNIE NAJMŁODSZYCH

DAŻENIE do coraz doskonalszego poznania przyczyn i skutków zjawisk geologicznych, jakie zachodzą na powierzchni ziemi, łączy się nie tylko z rozwojem różnych metod kartograficzno-geologicznych, ale także i z rozwojem fizycznych metod pomocniczych. Przykładem takiej metody pomocniczej są badania mikromagnetyczne najmłodszych skał osadowych.

Dotychczas stosowane u nas badania magnetyczne opierały się na regionalnym poznaniu budowy geologicznej jakiegoś obszaru. Wykonano szereg prac bardziej szczegółowych, ale dotyczyły one utworów geologicznych starszych, które z reguły wykazują większą pobudliwość magnetyczną.

Według R. Lauterbacha (3) określenie „mikromagnetyka” należy rozumieć jako całość uśłowań zmierzających do ustalenia i wykorzystania szczegółów pola magnetycznego, jego magnetycznych anomalii elementarnych za pomocą normalnego wyposażenia terenowego.

Kształtując to pojęcie, wzorowano się na pojęciu mikroklimatyki w przeciwieństwie do klimatyki.

Do lokalnych badań magnetycznych wystarczy także zagęszczenie pomiarów, jakie jest potrzebne do wyznaczania granic lokalnych anomalii. Natomiast w mikromagnetyce należy zanotować wszystkie dające się uchwycić anomalie elementarne występujące na danym obszarze.

Według określenia W. P. Jenny'ego (2) mikromagnetyka w przeciwieństwie do zwykłej magnetyki mierzy i interpretuje „słabe anomalie” ok. 2,5 gamma.

Wiadomo, że przy pomiarach odsłoniętych skał magnetycznych czynnych występują na małej przestrzeni duże zmiany wartości, które przy rosnącej miąższości nadkładu stopniowo się wyrównują. Bardzo gęste i dokładne sieci punktowe pomiarów wykazują, że zmienne wartości małoprzestrzenne łączą się nad „magnetycznymi” jak i „niemagnetycznymi” skalami krystalicznymi lub osadowymi w magnetyczną „drobną teksturę”. Wielkość mikroanomalii waha

się w granicach od 2 do 40 gamma. Wraz ze wzrastającą miąższością nadkładu trudno jest tę „drobną teksturę” uchwycić.

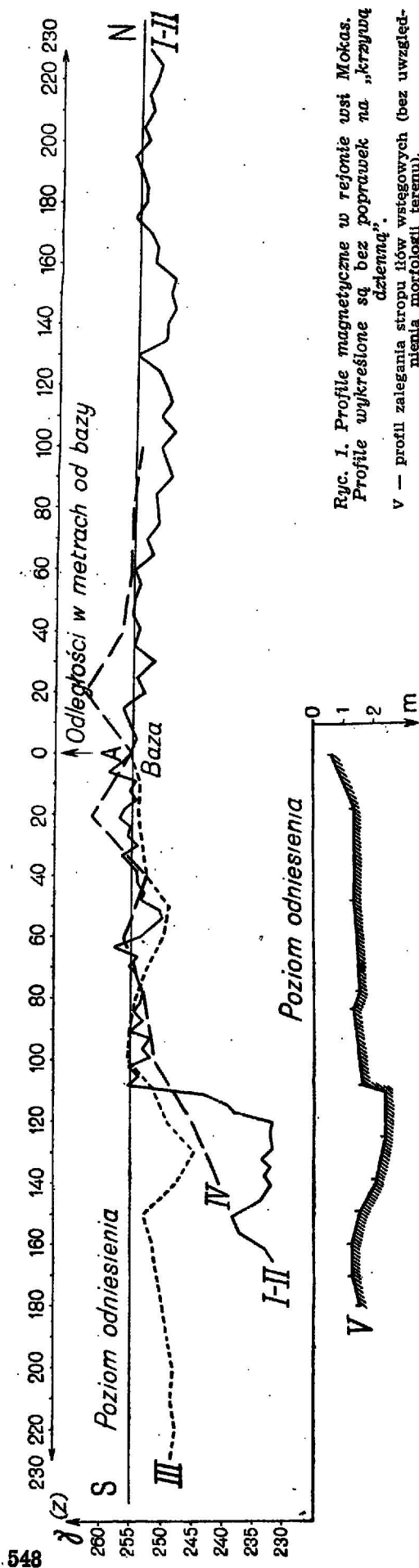
Wymagana duża dokładność pomiarów utrudnia wykonywanie zdjęć większych obszarów. Wielkość powierzchni badanej powinna się wahać zależnie od warunków między 10×10 a 50×50 metrów.

Dla geologicznego i petrograficznego wykorzystania pomiarów wychytujemy przede wszystkim maksymalną amplitudę anomalii oraz maksymalny gradient, jaki jest związany z badaną skałą. Także stopień kierunkowości lub rozproszonej bezkierunkowości dostarcza sporo przesłanek dla określenia utworów zaburzających. W ostatnim przypadku występuje jeszcze zróżnicowanie w zależności od tego, czy osie dipoli są zorientowane czy też nie.

Przy wykorzystywaniu pomiarów mikromagnetycznych posługujemy się między innymi analizą statystyczną małych mapek izoanomalii. Analiza ta ma na celu ustalenie kierunku osadzania utworów pochodzących z transportu rzeczno- lub eolicznego.

Właściwości magnetyczne młodych osadów klastycznych o średnim lub małym wymiarze ziarna mogą być wytłumaczone tylko w ten sposób, że cząstki magnetyczne ustawiały się w czasie sedymentacji zgodnie z polem magnetycznym, przez co w osadzie rezydualnym powstało namagnesowanie. Dowodem tego jest następujące doświadczenie wykonane przez Johnsona i innych, jak o tym pisze Lauterbach (5): ility plejstoceńskie zostały dobrze wyszlaimowane i poddane na nowo osadzeniu w zróżnicowanym polu magnetycznym wywołanym sztucznie. Pozioma powierzchnia namagnesowania zgodziła się z liniami pola.

Pobudliwość branych tu pod uwagę osadów jest w ogóle mała. Największą wartość wykazują ility glacialne, które mają pobudliwość od 4 do $800 \cdot 10^{-6}$ CGS. Dla glin zwałowych można jako średnią wartość przyjąć $10 \cdot 10^{-6}$ CGS. Dla wielkości pobudliwości tych osadów szczególne znaczenie ma procent zawartości



Ryc. 1. Profile magnetyczne w rejonie wsi Mokas. Profile wykreślone są bez poprawek na „krzywą detenną”.
V — profil zalegania stropu łów wstęgowych (bez uwzględnienia morfologii terenu).

w nich limonitu. Należy stwierdzić, że ilaste i gliniaste osady wykazują większą pobudliwość niż piaski i żwiry, te ostatnie przede wszystkim przy przeważającej zawartości kwarcu. (Pobudliwość kwarcu $1,2 \cdot 10^{-6}$ CGS).

Opierając się na pracach z dziedziny badań mikromagnetycznych opublikowanych w języku niemieckim przez Roberta Lauterbacha (4, 5), przystąpiono do wykonania kilku zagadnień z mikromagnetyki w odniesieniu do najmłodszych utworów geologicznych.

Badania te zostały wykonane w ramach ponadplanowych prac w Zakładzie Geofizyki IG i można je podzielić na dwie części. W pierwszej chodziło o stwierdzenie różnicy pobudliwości magnetycznej między łami a piaskami leżącymi w nadkładzie na tych łach. W drugiej części chodziło o określenie na podstawie izoanomalii kierunku osadzania utworów piaszczystych pochodzących z transportu wodnego lub eolicznego.

Wybór tych zagadnień miał na celu potwierdzenie niektórych doświadczeń przeprowadzonych przez R. Lauterbacha oraz określenie możliwości wykorzystania tej metody u nas do badań najmłodszych utworów geologicznych.

Stwierdzenie różnicy pobudliwości między dwiema różnymi skałami osadowymi na podstawie pomiarów mikromagnetycznych zależy od wielu czynników, niemniej przy spełnieniu pewnych warunków można otrzymać pozytywne rezultaty:

- 1) przede wszystkim trzeba dokonać geologicznie słusznego wyboru terenu;
- 2) interesujący zespół skał nie powinien mieć stropu poniżej 10 metrów;
- 3) musi istnieć pewność, że pokrywa zwietrzelinowa lub nadkład innych skał nie wywołuje ze swej strony specjalnych mikroanomalii;
- 4) gęstość punktów pomiarowych zależy od prawdopodobnej głębokości zalegania badanego pakietu warstw (np. przy głęb. 5 m można przyjąć tę samą wielkość rozstawu punktów pomiarowych);
- 5) należy dążyć do wysokiej dokładności pomiaru.

Jak już poprzednio zaznaczyłem, pierwsza część badań polegała na stwierdzeniu różnicy pobudliwości magnetycznej między łami wstęgowymi, których strop leży nierównomiernie, a piaskami leżącymi w nadkładzie.

Ryc. 1 przedstawia wszystkie profile magnetyczne wykonane w rejonie wsi Mokas koło Zelazowej Woli dotyczące badań łów wstęgowych. Rozstaw punktów pomiarowych dla poszczególnych profili był różny. Dwa profile oznaczone nr I—II i nr IV pokrywają się ze sobą, natomiast profil nr III jest równoległy do nich i przebiega w odległości 30 metrów na W. Profil nr III miał inną bazę niż pozostałe. Przy wykreślaniu profili wszystkie wartości punktów odniesiono do jednej wspólnej bazy. Profil nr IV wykonany był jako profil orientacyjny, dlatego odległości między punktami wynoszą 20 metrów.

Pierwsze dwa punkty pomiarowe profilu nr IV zarówno po północnej, jak i po południowej stronie od bazy zaznaczają się amplitudą wartości ok. 7 gamma, następnie przez pewien czas wartości utrzymują się mniej więcej na równym poziomie z tendencją spadkową i gdzieś ok. 80 m na S od bazy zaznacza się wyraźne minimum.

Następny profil, oznaczony nr I—II, wykonany był w ciągu dwóch dni przy różnym rozstawie punktów pomiarowych. Początkowo wykonano profil o rozstawie punktów co 3 metry, idąc na S od bazy. W tym przypadku krzywa nie jest tak płynna, ale to się wiąże z zagęszczeniem pomiarów. Między 45 a 60 metrem długości profilu zaznacza się pierwsze minimum o amplitudzie 5 gamma, następnie wartości są wyrównane i na 108 metrze rozpoczyna się gwałtowny spadek wartości o ok. 23 gamma. Część północna profilu nr I—II wykonana dodatkowo wykazuje dość wyraźne między 60 a 175 metrem „rynnę” minimum o amplitudzie 5 gamma.

Analizując następny profil, nr III, przebiegający równoległy do profilu nr I—II widzimy, że pomimo

rozstawu punktów pomiarowych co 10 metrów. minima krzywej pokrywają się z krzywą profilu równoległego, jakkolwiek wykazują trochę mniejsze wartości.

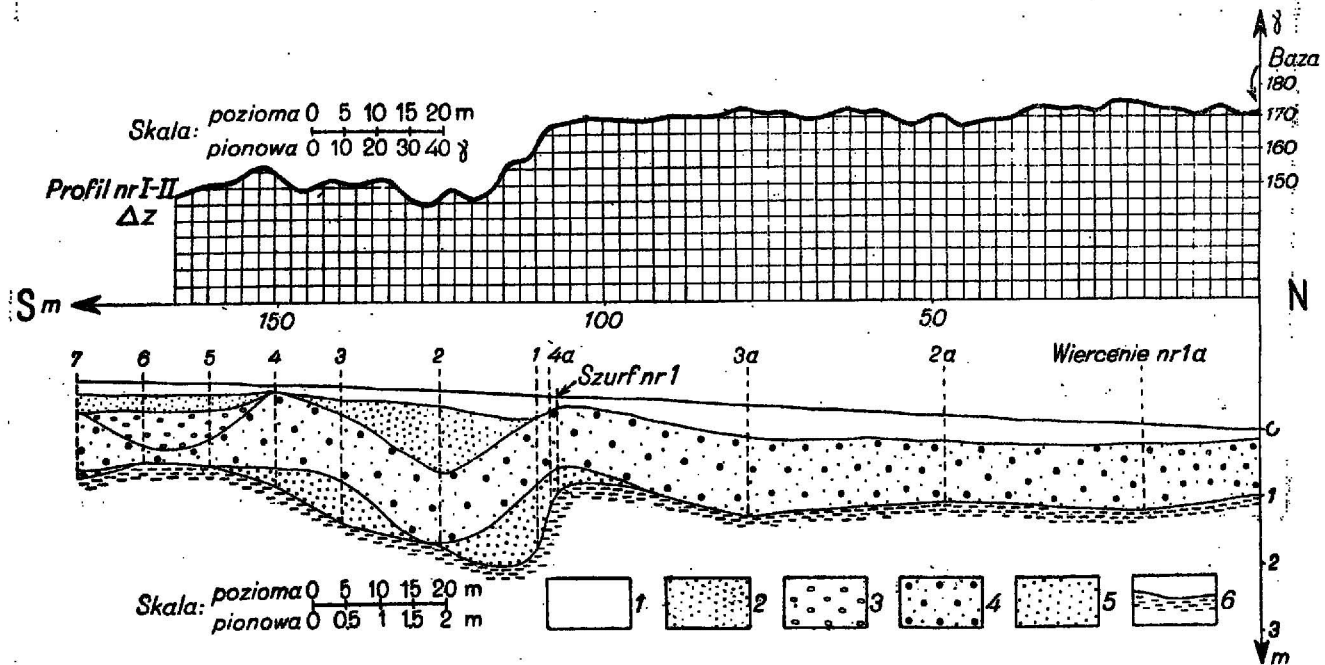
Porównując zestaw wszystkich profili w odniesieniu do jednej wspólnej bazy widzimy, że w kilku miejscach krzywe pokrywają się.

Chcąc określić przyczynę amplitudy profilu nr I-II na 108 metrze, wykonano jako pracę uzupełniającą profil geologiczny.

podobnych prac na innym terenie potwierdzi realną wartość tej metody.

Znacznie ciekawsze wyniki otrzymano przy opracowaniu drugiego zagadnienia. Chodziło o określenie za pomocą zdjęcia mikromagnetycznego kierunku osadzania utworów piaszczystych podchodzących z transportu wodnego. Ryc. 3 przedstawia mikropasma zlokalizowane na plaży w korycie Wisły (zdjęcie poniżej przedstawia sytuację mikropasma na mapie).

Na zdjęciu mikromagnetycznym widać wyraźnie, że izoliny układają się wzdłuż pewnego określonego



Ryc. 2. Porównanie profilu mikromagnetycznego z profilem geologicznym. Profil mikromagnetyczny zredukowany jest na „krzywą dzienną” świderską.

1 — gleba piaszczysta, 2 — piasek jasnoszary, 3 — piasek żwirkowy z wkładkami żwiru drobnego 4 — piasek brunatny i brązowy lekko ilasty, 5 — piasek pylasty jasnoszary, 6 — ility wstęgowe

Ryc. 2 przedstawia profil geologiczny wykonany ręcznym świdrem. Powyżej profilu geologicznego wykreślono dla porównania profil mikromagnetyczny (profil zredukowany jest na „krzywą” obserwatorium geofizycznego w Świdrze).

Obserwując profil geologiczny wyraźnie widać, że strop ility wstęgowego nie leży poziomo wzdłuż całego profilu. Przyczyną zaburzenia mogą być zjawiska glaciektoniczne lub też erozyjna działalność wód płynących ze wschodu na zachód. Utwory piaszczyste znajdujące się w nadkładzie też wykazują pewne zaburzenia.

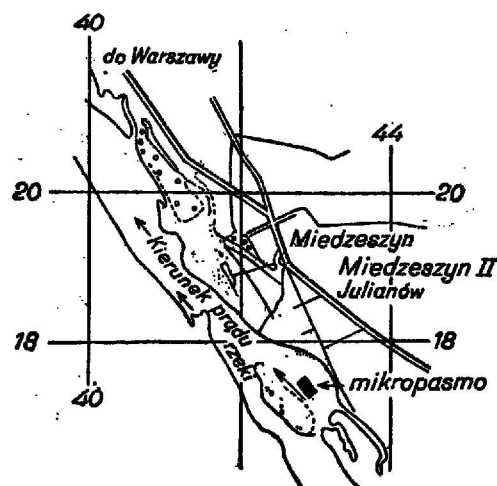
Można stwierdzić, że ility wstęgowe i leżące nad nimi piaski pylaste jasnoszare oraz piaski brunatne należą do serii zastolskowej osadów i wykazują podobnie jak ility zaburzenia glaciektoniczne. Natomiast wyżej leżące piaski ze żwirkiem prawdopodobnie są pochodzenia rzecznoego.

Profil mikromagnetyczny wykreślony powyżej profilu geologicznego wykazuje w miejscu zaburzeń geologicznych spadek wartości. Trudno w tej chwili określić jednoznacznie na podstawie skąpych badań tego typu, co jest przyczyną anomalii. Możliwości w tym przypadku mogą być dwie:

— krzywa profilu mikromagnetycznego może się wiązać z ukształtowaniem zalegania stropu ility wstęgowych,

— na kształt krzywej mogą mieć wpływ osady znajdujące się w nadkładzie na ility.

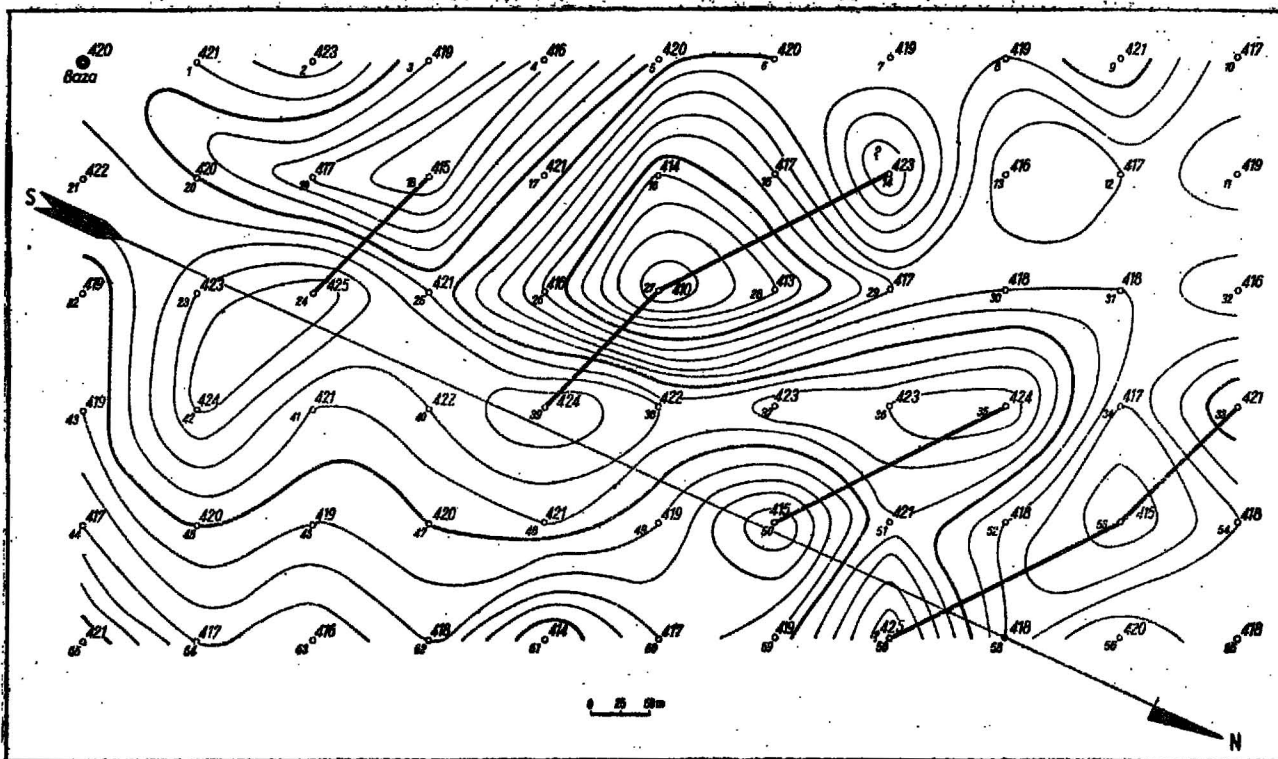
ility wśród skał osadowych mają największą podatliwość magnetyczną. Porównyując przebieg krzywych z profilem geologicznym dochodzi się do wniosku, że kształt krzywych odwzorowuje strop zalegania ility wstęgowych. Wykonanie w przyszłości kilku



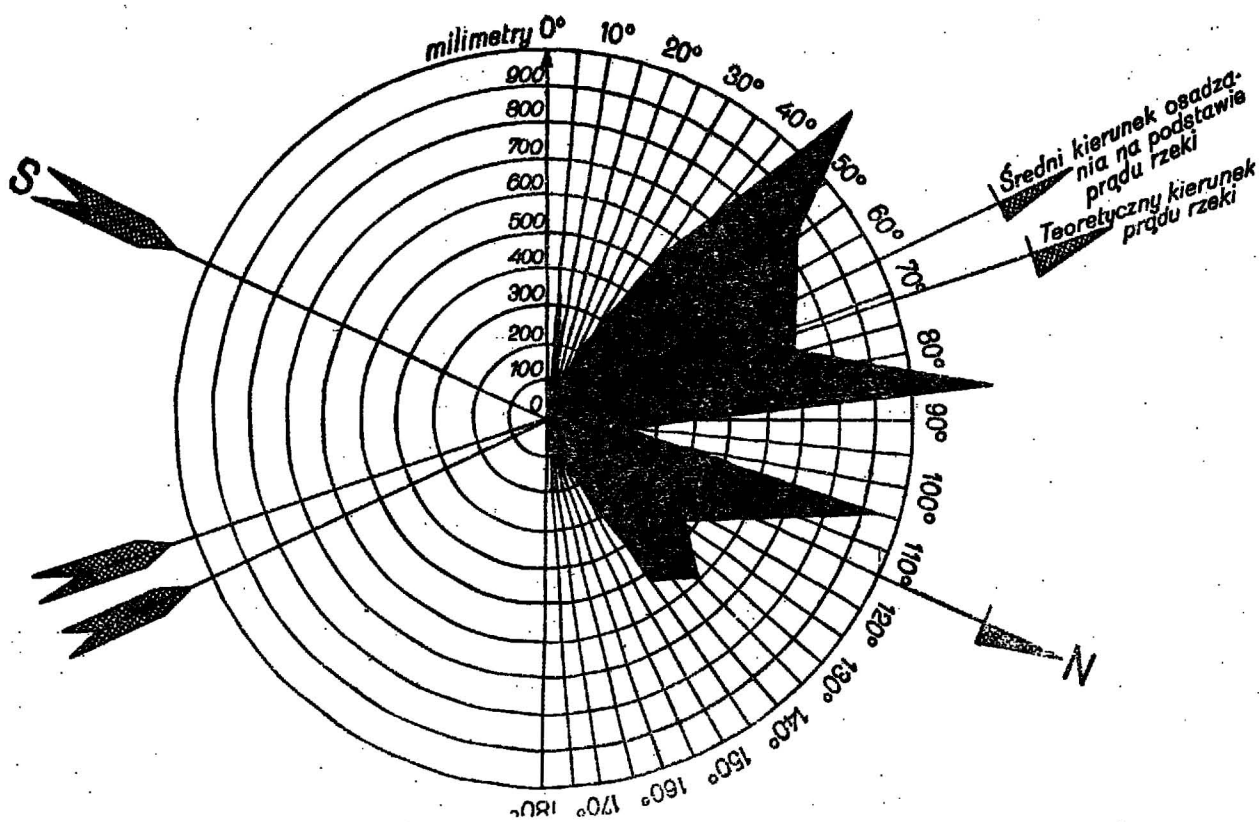
Ryc. 3. Sytuacja mikropasma na mapie.

kierunku. Ciekawe jest też to, że osie dipoli wykazują zgodny kierunek.

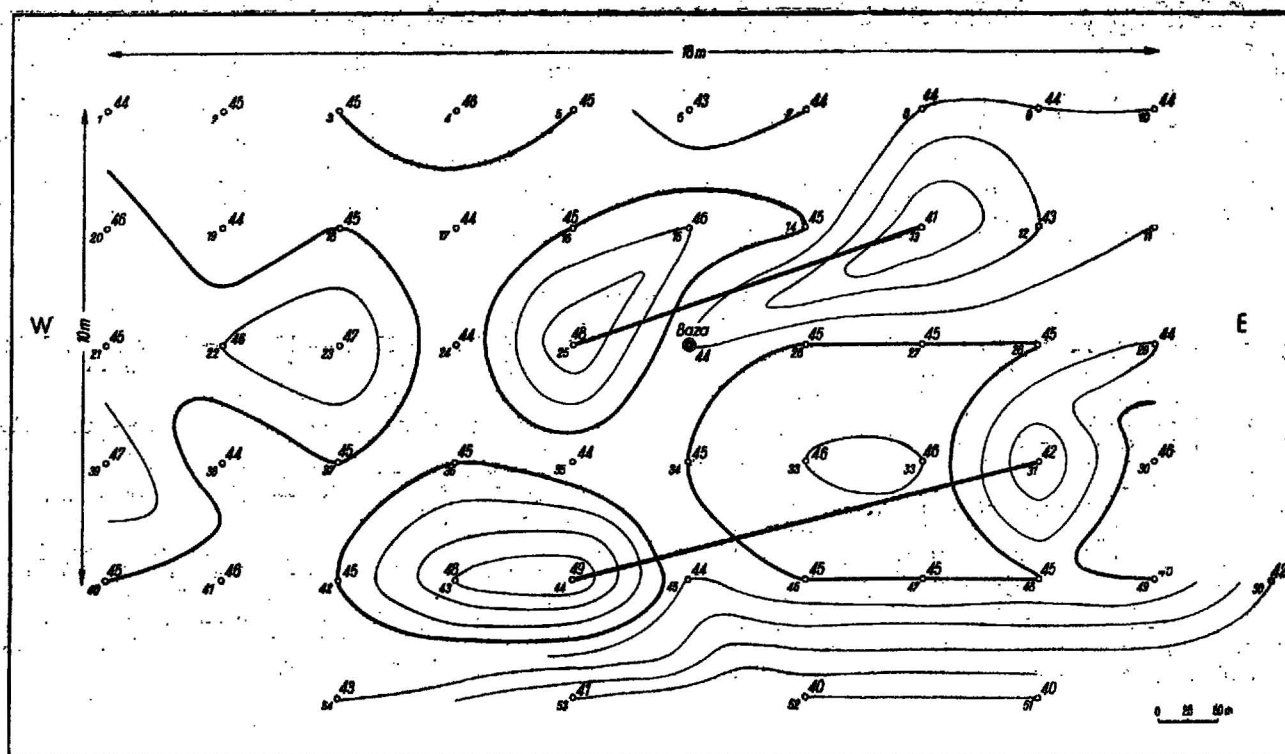
Dla uzyskania dominującego kierunku wynikającego z ułożenia izoanomalii na zdjęciu, wykonano graficzny wykres zwany „różą kierunków”. Technika wykonywania „róży kierunków” jest podobna do dość często stosowanego w geologii graficznego sposobu określania głównych kierunków spękań skały. Ryc. 4 przedstawia „różę kierunków” izoanomalii zdjęcia mikromagnetycznego wykonanego w korycie Wisły koło Miedzeszyna.



Ryc. 3a. Zdjęcie magnetyczne w korycie Wisły
 — izolinie co 5 gama (Z), — izolinie
 co 1 gama, — dipole, 420 — wartości punktów,
 63 — numery punktów.



Ryc. 4. Róża kierunków.



Ryc. 5. Zdjęcie mikromagnetyczne w okol. Mokas. Kierunek dominujący E i EEN.
1 — numer punktu, 44 — wartość punktu, izoanomalie wykreślone są co 1 gamma (Z), ——— dipole.

Zdumiewa fakt, że kierunek biegu prądu rzeki, a tym samym osadzania utworów piaszczystych, odpowiada średniemu dominującemu kierunkowi wykresu „różny kierunków”. Odchylenia w granicach 10 do 15 stopni przy określaniu głównego kierunku osadzania są zawsze dopuszczalne.

Pomiary w tym przypadku zostały wykonane na plaży w okresie letnim. W czasie zimy teren ten jest zalany przez wezbraną rzekę, więc materiał piaszczysty niesiony przez wodę jest ciągle świeżo osadzany na tym miejscu.

Należy stwierdzić, że nie przez przypadek kierunek prądu rzeki, a więc i kierunek osadzania piasku rzecznicznego, pokrywa się bardzo dobrze z kierunkiem wskazanym przez wykres „różny kierunków”. Zresztą podobne rezultaty otrzymał w pracach tego typu R. Lauterbach.

Ostatnim zagadnieniem badań mikromagnetycznych było określenie na podstawie zdjęcia mikropasma kierunku osadzania piasków leżących w nadkładzie na poprzednio już zbitych łach wstęgowych (rejon wsi Mokas k. Żelazowej Woli). Piaski te zaliczono do osadów serii zastolskiej i są one zaznaczone na profilu geologicznym jako piaski brunatnobrązowe,

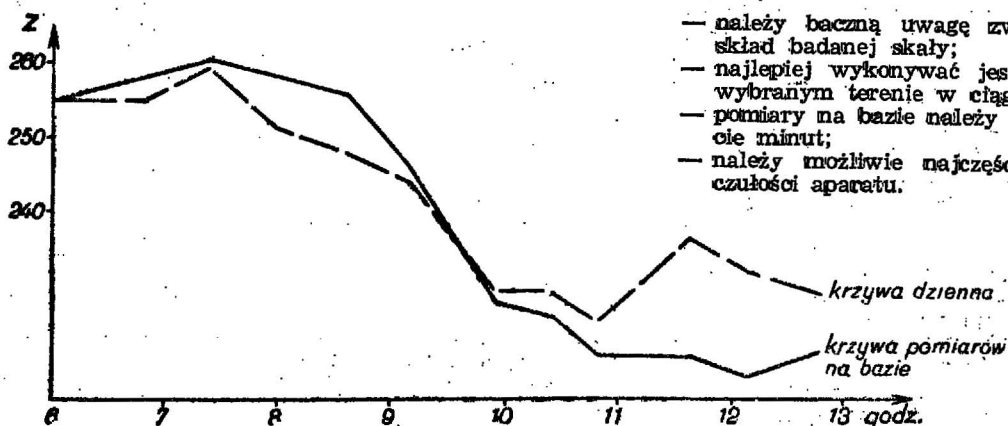
lekko ilaste. Ciekawe jest, że nie otrzymano tak dużego gradientu jak na poprzednim mikropasma. Wartości oscylują w granicach 2–3 gamma. Wykreślone izoanomalie przyjmują kształt bardziej cylindryczny o kierunkach E–W (ryc. 5). Gdyby piasek ten był związany z osadami rzeczniczymi, kierunek jego powinien być E–W lekko skracający na N. Pomiary w tym przypadku wykonane były na łacie małej dolinki i miąższość osadów piaszczystych nie przekraczała 1 m. Co do pewności wyniku trzeba mieć jednak zastrzeżenia chociażby ze względu na możliwość występowania limonitu w podmokłym podłożu.

Sumując wyniki tych kilku przykładów badań mikromagnetycznych należy przyznać, że istnieje związek między budową geologiczną najmłodszych osadów a ich obrazem mikromagnetycznym i że badania tego typu mogą dostarczyć w przyszłości sporo cennych uzupełnień do badań geologicznych nad tymi skałami.

Tak precyzyjna praca wymaga jednak doskonałej aparatury oraz szybkiego wykonywania pomiarów. Używana tu do pomiarów waga magnetyczna typu „Fanselau” zdała dobrze egzamin.

Podczas wykonywania tych prac nasunęły się następujące wnioski:

- należy bacznie uwagę zwrócić na petrograficzny skład badanej skały;
- najlepiej wykonywać jest wszystkie pomiary na wybranym terenie w ciągu jednego dnia pracy;
- pomiary na bazie należy wykonywać co kilkanaście minut;
- należy możliwie najczęściej wykonywać pomiar czułości aparatu.



Ryc. 6. Krzywa pomiarów na bazie w porównaniu z krzywą dzienną swiderską

Ryc. 6. przedstawia wykres dwóch krzywych, z których jedna jest krzywą pomiarów na bazie profilu nr I—II, a druga „krzywą dzienną” Świdra. Na podstawie ich zgodności można przypuszczać, że przy małych różnicach wartości anomalii w przypadku nie zaburzonych dni, biorąc pod uwagę wyniki pomiarów na bazie „można redukcję wartości na „krzywą dzienną” pomijając.

Należy podkreślić, że dokładność i pewność wyników znacznie wzrosło, jeżeli zastosuje się do badań dwa instrumenty tego samego typu. Jeden do po-

miarów własnej „krzywej dziennej” na bazie, drugi do pomiarów badanego terenu. Wszelkie krótkotrwałe zmiany natężenia pola magnetycznego jest bardzo trudno wychwycić w czasie wykonywania pomiarów jednym i tym samym instrumentem, co przy tak małych różnicach wartości ma istotne znaczenie.

Jestem przekonany, że dalsze prace mikromagnetyczne Zakładu Geofizyki w Instytucie Geologicznym po uzupełnieniu wyposażenia aparaturowego oraz doświadczenia przy tego typu pracy na pewno dadzą spodziewane wyniki.

LITERATURA

1. Bareja H. — Mikromagnetyka — jako jedna z metod pomocniczych badań geologicznych utworów trzecio- i czwartorzędowych. Praca dyplomowa. Archiwum IG 1958 r.
2. Jenny W. P. — Structural correlation of micro-magnetics and reflection surveys. „World Oil” 1952, marzec.
3. Kliewe H., Lauterbach R. — Oberflächenform und Mikromagnetik auf Usedom — eine methodische Studie zur Geomorphologie. „Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl — Marx — Universität Leipzig” 5. Jahrgang 1955/56. Mathematisch — Naturwissenschaftliche Reihe. Heft 4.
4. Lauterbach R. — Mikromagnetik — ein Hilfsmittel geologischer Erkundung. „Wissenschaftliche

Zeitschrift der Karl — Marx — Universität Leipzig” 3. Jahrgang 1953/54. Mathematisch — Naturwissenschaftliche Reihe. Heft 3.

5. Lauterbach R. — Quartärgeologie und Mikromagnetik. „Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl — Marx — Universität Leipzig” 3. Jahrgang 1953/54. Mathematisch — Naturwissenschaftliche Reihe. Heft 3.
6. Wendler R. — Geologische und petrographische Deutung der Ergebnisse mikromagnetischer Messungen über Sedimentgesteinen. „Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl — Marx — Universität Leipzig” 5. Jahrgang 1955/56. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe. Heft 4.