

**BADANIA DOŚWIADCZALNE METODĄ ELEKTROOPOROWĄ
DLA POTRZEB BUDOWNICTWA ENERGETYCZNEGO**

W EFEKCIE NAWIĄZANEJ WSPÓŁPRACY 3 instytucji: Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, Zakładu Geofizyki PAN i Przedsiębiorstwa Geologicznego Budownictwa Wodnego „Hydrogeo” wykonanym w sierpniu 1956 r. na obszarze projektowanego zbiornika wodnego na Nidzie koło Sobkowa terenowe badania elektrooporowe.

Opracowania kameralne wykonałem w okresie od 20.XII.1956 r. do 28.II.1957 r. na Wydziale Geologii UW i w Zakładzie Geofizyki PAN.

Badania miały na celu: 1) prześledzenie morfologii dna pradoliny Nidy; 2) określenie miąższości i zmienności litologicznej utworów aluwialnych wypełniających dolinę Nidy; 3) wykrycie stref zdyslokowanych; 4) określenie głębokości zwierciadła wody gruntowej poza pradoliną oraz w utworach wypełniających pradolinę.

Badania elektrooporowe wykonane zostały aparaturą MC-07 za pomocą sondowań typu Wennera. Rozstawy skrajne AB wynosiły 150 m przy 26 punktach pomiarowych w sondowaniu.

Sondowania te w ilości 12 zostały usytuowane wzdłuż osi projektowanej zapory (alternatywa I Sobków — Brzeźno), w przeciętnych odległościach 100 m przy rozstawach prostopadych do osi. Wzdłuż omawianej osi należałoby wykonać około 40 sondowań, aby uzyskać obraz stosunkowo dokładny. Wobec braku funduszy prace ograniczono do 12 sondowań.

Wyniki niektórych sondowań z poszczególnych punktów badawczych ujęte w zestawieniu graficznym (krzywe sondowań) na ryc. 1 pozwalają nam śledzić

przebieg zmienności oporu pozornego pod wycinkiem terenu objętym rozstawami AB.

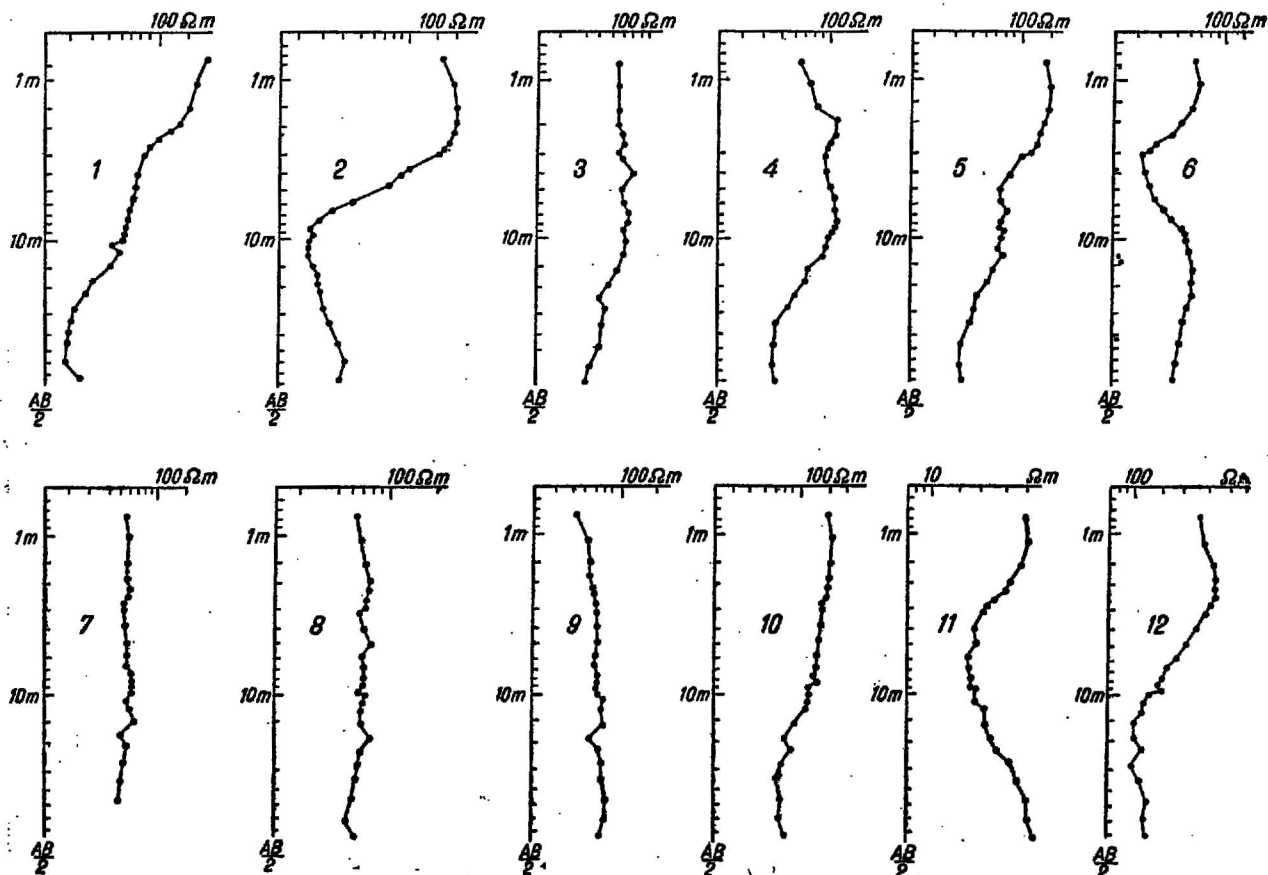
Wstępna analiza krzywych wskazuje na układ wielowarstwowy. Interpretacja sondowań została wykonana za pomocą krzywych teoretycznych. W tej analizie zwrócić uwagę na głębokość przebiegu krzywych, położenie maksimów i minimum krzywizn, ich punkty przecięcia, kąt nachylenia poszczególnych części krzywych sondowań i powtarzanie się tych kątów w sąsiednich krzywych. Podzieliłem również sondowania na dwa typy na podstawie wzrostu lub malenia wartości oporowych w głąb.

Nie posiadając krzywych teoretycznych dla problemów wielowarstwowych, zastosowałem interpretację układem dwuwarstwowym, gdyż jak wiadomo, zagadnienia te dają się rozwiązać stopniowo*. Jako przykład podaję sposób stopniowej interpretacji krzywych doświadczalnych wielowarstwowych układem dwuwarstwowym. Bliższe objaśnienie wykonania interpretacji powyższego typu zostanie omówione w specjalnym artykule.

Sposób ten podaje na ogół mniejszą dokładność w wyznaczaniu parametrów h i ρ niż użycie odpowiednich krzywych teoretycznych. Niemniej, jak wykazuje praktyka, jest on dostatecznie dokładny.

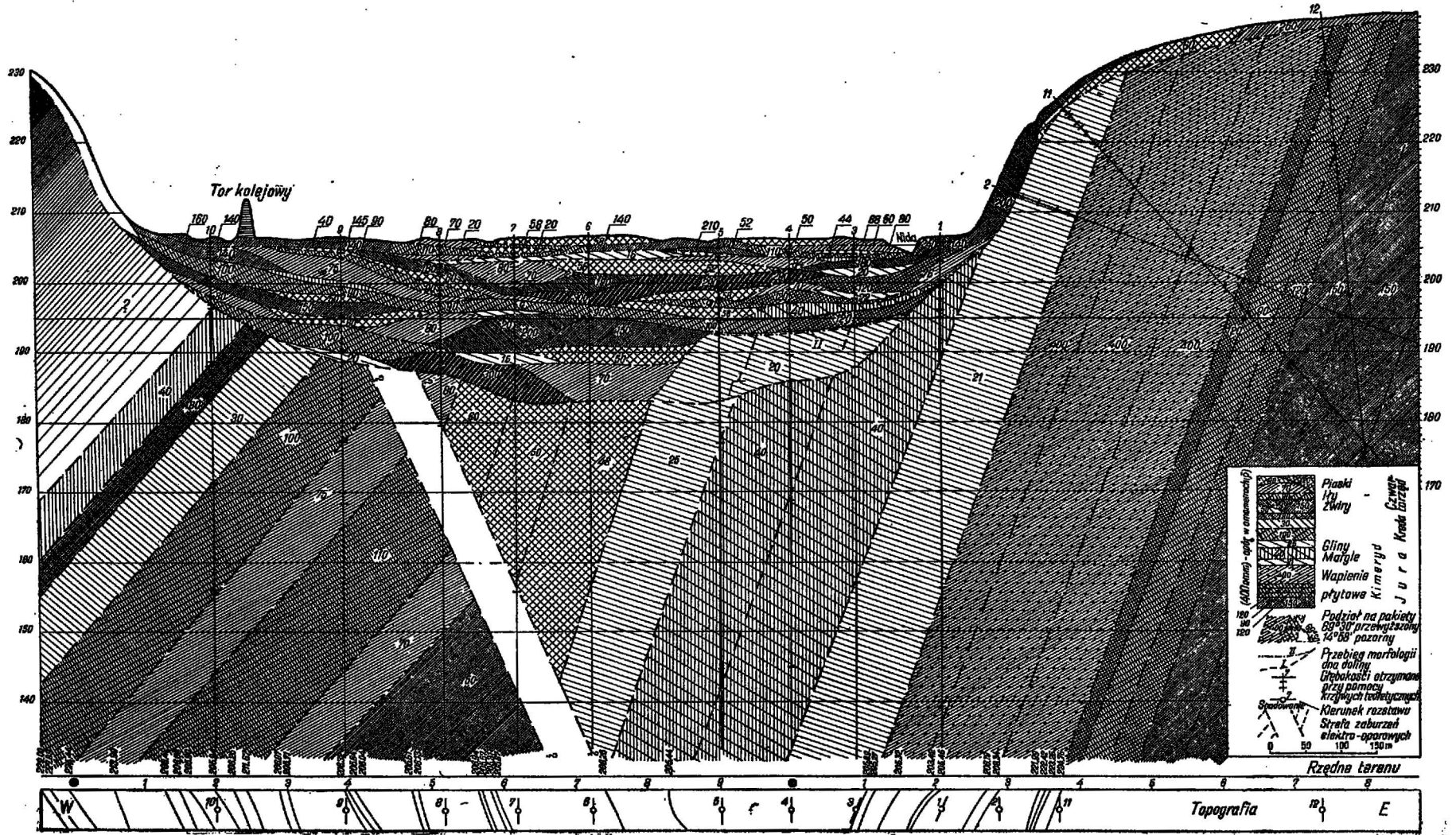
W wyniku interpretacji wyznaczone zostały miąższości (h) poszczególnych warstw elektrycznych oraz ich oporność (ρ). Są to dane obrazujące stronę fizycz-

* Zagadnienie to omówił Z. Maikowski w pracy pt. „Zastosowanie metody elektrycznooporowej w badaniach geofizycznych”, Warszawa 1951.



Ryc. 1. Zestawienie sondowań elektrooporowych przez dolinę Nidy. Alternatywa I Sobków—Brzeźno.

Ryc. 2. Badania elektrooporowe. Przekrój przez dolinę rzeki Nidy. Alternatywa I. Sobków — Brzeźno.



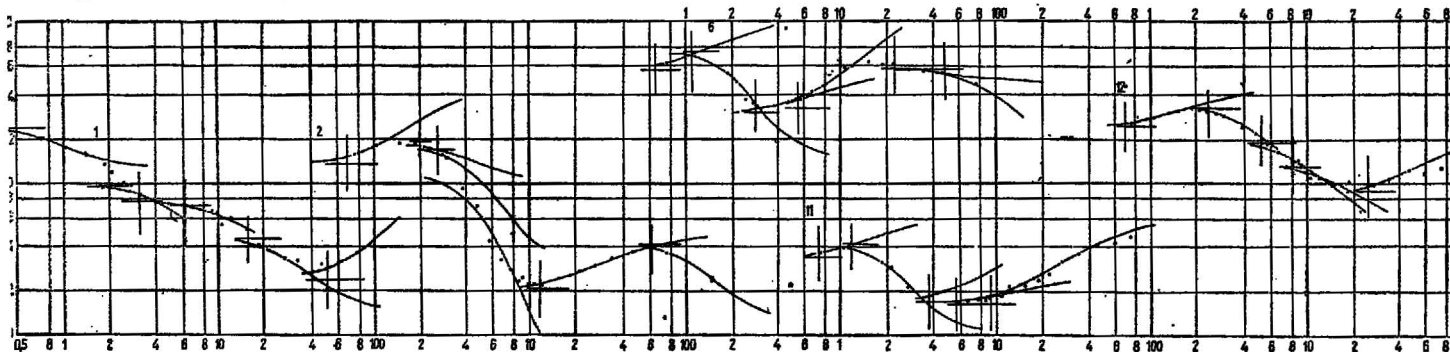
na rozkładu oporności na obszarze badań. W ten sposób uzyskane wartości oporności pozornej (ρ) poszczególnych warstw elektrycznych oraz ich miąższości (h) zostały zestawione w przekroju pionowym (ryc. 3).

PRZEWIDYWANE OPORY WŁAŚCIWE SKAŁ WYSTĘPUJĄCE W BADANYM OBSZARZE

Przekrojem geofizycznym objęto utwory jury górnej — kimeryd, utwory środkowe i górnokredowe oraz utwory czwartorzędowe — piaski, mułki (wg H. Świdzińskiego).

Utwory górnourajskie wykształcone w postaci wapieni skalistych, płytowych i rafowych, w których przeważa CaCO_3 , mają na ogół przewodnictwo małe (duży opór elektryczny). Natomiast wykształcone w postaci margli i wapieni marglistych mają duże przewodnictwo (opór elektryczny mały).

38 m. Warstwa ta, jak wskazują badania elektryczne, jest niejednorodna, lecz stanowi pakiet warstw o zbliżonych oporach. Następny jest pakiet o niższych oporach, wykazujący większe zróżnicowanie oporowe (120—30—120 om m). Miąższość tego pakietu wynosi 28 m. Przesuwając się w kierunku doliny rzeki, napotykamy pakiet warstw o wysokim oporze ok. 400 om m, którego miąższość wynosi 64 m. Pakiet ten charakteryzują stopniowo malejące opory, na co wskazują sondowania 11 i 2 (ryc. 1). Zmiana oporów pozwala mi w pierwszym przybliżeniu podzielić omawiany pakiet na trzy elementy, których nie oznaczam osobnymi wartościami oporowymi. Ogólnie biorąc, pakiet mógłby odpowiadać wapieniom płytowym. Następnym elementem, zdecydowanie wyróżniającym się od otoczenia, jest pas niskooporowy (ryc. 2 sondowania 11 i 2) o średnim oporze 21 om m. Tak jak i w poprzednio omawianych możemy w nim wydzielić szereg



Ryc. 3. Analiza typowych krzywych doświadczalnych sondowań za pomocą krzywych teoretycznych dwu-warstwowych. Sondowania wykonano w przedoleinie Nidy k. Sobkowa w. 1956 r.

Kreda środkowa i górna, wykształcona w postaci piaskowców, piasków i ilów w zależności od rodzaju lepsza, stopnia zailenia piasków i zapiaszczenia ilów, ma opór zmienny. Średnia oporność (ρ) wymienionych utworów kredowych jest wyższa od ilów glin wapieni marglistych (kimeryd), a niższa od wapieni skalistych płytowych i rafowych (astart).

Zupełnie odrębnym elementem oporowym powinny tu być utwory czwartorzędowe, wykształcone w piaskach różnoziarnistych i żwirach (o oporności 50—300 om m), soczewkach ilów i mułków (o oporności 16—40 om m).

GRAFICZNY OBRAZ INTERPRETACJI WYNIKÓW

Ryc. 2 stanowi rezultat geologicznej interpretacji zestawienia wyników sondowań elektryczno-oporowych. Przewidywane wartości oporów właściwych poszczególnych utworów (jura, kreda, czwartorzęd) oraz poziomu interpretacji danych sondowań elektrycznych pozwoli na odtworzenie najbardziej prawdopodobnego układu przestrzennego warstw geologicznych.

Rozgraniczenie utworów młodszych (czwartorzęd) od starych (jura, kreda) uwidacznia się na rycinie poprzez zdecydowanie inny przebieg warstw.

Sledząc rozkład oporów w podłożu czwartorzędu, możemy wydzielić pewne strefy oporowe o określonym kącie zapadania (ryc. 3). Ogólny bieg warstw odczytany z fotogramu wynosi 300° , kąt kierunkowy ciągu sondowań wynosi 270° , różnica więc równa się 30° . Kąt pozorny zapadania warstw elektryczno-oporowych wynosi ok. 15° , co w skali przekroju wynosi $69^\circ 30'$. Kąt rzeczywisty upadu warstw elektryczno-oporowych odczytany z nomogramu H. S. Palmiera wynosi 28° . Kąt upadu tychże warstw mierzony w odkrywkach waha się od 20° do 23° . Niewielka różnica w kącie upadu (5° — 8°) wynika z metodyki pomiarów. Upad w odkrywkach jest mierzony na niewielkiej przestrzeni kilku lub kilkunastu metrów, natomiast wyniki interpretacji badań elektryczno-oporowych w tym przypadku obejmują przestrzeń kilkudziesięciu metrów (zasieg badań ok. 80 m).

Po wschodniej stronie przekroju mamy warstwę o oporze ponad 150 om m, której miąższość wynosi

warstw zróżnicowanych oporowo. Miąższość tego pakietu wynosi 28 m. Omawiany pas niskooporowy ogranicza zespół warstw o wysokich oporach (90—400 om m), co odpowiada prawdopodobnie glinom i wapieniom marglistym.

Zespół pakietów dużej przewodności zaczynający się warstwą o oporności 21 om m stwierdzony jeszcze jest sondowaniem 7. Wśród tych pakietów wyróżniamy poza omówionymi warstwę o oporze 40 om m, której miąższość wynosi 60 m.

Ze strony zachodniej pakiet poprzedni styka się z warstwą niskooporową mającą 25 om m. Miąższość tej warstwy nie przekracza 28 m. Jest to warstwa jednorodna. W warstwach leżących dalej na zachód następuje zmiana sedimentacji, na co wskazuje wzrost oporów pakietu o miąższości 28 m, którego oporność dochodzi do 48 om m. Styka się on z pakietem o nieco wyższej oporności 50 om m, a ten z kolei przechodzi w pakiet o oporze 60 om m. Ze względu na niewielkie różnice w oporności uważam, że pakiety te mają zbliżone warunki sedimentacji, a miąższość ich oceniam łącznie na 25 m. Warstwa o oporności 60 om m zamyka ten duży pakiet warstewek średnio biorąc niskooporowych stwierdzony sondowaniami 11—2—3—4—5—6—7.

Rozkład oporności uzyskany sondowaniami 7 i 8 wskazuje na istnienie strefy kontaktu z warstwami o innych oporach, jak i na istnienie strefy zaburzonej. Na ryc. 3 między tymi sondowaniami wyznaczam strefę zaburzeń dwiema liniami przerywanymi. Sondowania dalsze 9 i 10 potwierdzają istnienie nowych warstw, wykazujących inny niż poprzednie upad. Pozwala to na wnioskowanie o odmiennej sedimentacji i składzie petrograficznym nowych utworów objętych sondowaniami. Zgadza się to ze stwierdzoną przez H. Świdzińskiego obecnością utworów kredowych. Interpretacja obrazująca przekrój podłoża doliny wskazuje, że seria ta zaczyna się warstwą o oporności 150 om m, której strop stwierdzony został sondowaniem 8 na głębokości 50 m. Na niej leży warstwa o niższej oporności 70 om m i miąższości 21 m. Zmianę oporów obserwowaną w następnym pakiecie, którego opór osiąga wartość 110 om m, należy przypisać zmianie litologicznej utworów. Miąższość tej warstwy wynosi 42 m. Po tej warstwie

mamy obniżenie oporności do 75 om m. Miąższość warstwy wynosi 22 m.

Następna jest warstwa o oporze 100 om m i miąższości 34 m. W stropie jej pojawia się warstwa o zdecydowanie niskim oporze 30 om m. Wielkość oporności pozwala wnioskować o dużej zawartości części ilastych w tej warstwie. Następnie obserwujemy duży wzrost oporów, które dochodzą do 180 om m. Warstwa ta ma stosunkowo niewielką miąższość dochodzącą do 10 m. W stropie warstwy wysokooporowej pojawia się warstwa niskooporowa 40 om m. Warstwa ta o miąższości 18 m zamyka obszar objęty badaniami geofizycznymi.

UTWORY CZWARTORZĘDOWE

Wyniki badań elektrooporowych pozwoliły na utworzenie przypuszczalnego dna pradoliny, które w tym przekroju dochodzi maksymalnie do 24 m głębokości.

Interpretacja geofizyczna pozwoliła na wydzielenie szeregu soczewek o bardzo niskim oporze od 15 do 22 om m, które stwierdzone zostały sondowaniami 3—4—5—6—7—8—9. Należy przypuszczać, że będą to soczewki ilaste.

Dużym, a przez to ciekawym elementem niskooporowym ($\varphi = 20$ om m) będzie soczewka wykryta sondowaniami 3—4—5, której miąższość średnia wynosi 7 m, a szerokość ok. 350 m. Można przypuszczać, że utwory wypełniające ją mogą być zastoiskowe. Nie jest również wykluczone, że element niskooporowy może być przedłużeniem warstw znajdujących się pod nim, co zmieniliby morfologię dna doliny.

Warstwy i soczewki o oporach od 80 do 150 najprawdopodobniej odpowiadają będą płaskom o niewielkim zaileniu. Rozłożone są one równomiernie w całym przekroju doliny. Należy przypuszczać, że soczewy i soczewki o oporach ponad 150 om m będą odpowiadały żwirom. Zlokalizowanie tych wysokooporowych utworów ma duże znaczenie dla zagadnień hydrogeologicznych, ponieważ mogą być one wykorzystane jako warstwy wodonośne o dużej wydajności. Jak widać, utwory wypełniające pradolinę Nidy miały bardzo niespokojną sedymentację i duże zmiany litologiczne.

Układ warstw geofizycznych nasuwa hipotezę o co

najmniej dwukrotnym zasypaniu i erodowaniu pradoliny. W okresie młodocianym rzeką wyżłobiła odtworzoną tu pradolinę. W następnej fazie, najprawdopodobniej w okresie pierwszego zlodowacenia nastąpiła akumulacja, która wypełniła pradolinę do pewnej rzędnej wysokości. Po ustąpieniu pierwszego zlodowacenia nastąpiła erozja, która zatrzymała się na obecnej rzędnej 194 m npm (ryc. 2 linia cienka, ciągła), stosunkowo jednorodna niedużej miąższości, bez większych zmian litologicznych, co geofizycznie charakteryzuje się oporami w granicach od 90 do 120 om. Powyżej tej warstwy osady „młodsze“ są bardzo zróżnicowane oporowo. Są to warstewki o niedużej miąższości i niewielkim rozprzestrzenieniu (ryc. 2).

Utwory te, jak to wskazują wartości oporów, składają się najprawdopodobniej w przewadze z piasków. Jest to zgodne z obserwacjami geologicznymi, z których wynika, że skład aluwów na całym obszarze doliny jest niejednorodny. Są to piaski przewarstwione drobnymi soczewkami ilów i żwirów. Przepuszczalność ich jest bardzo zmienna. W górnej części przekroju przeważają warstwy bardziej drobnoziarniste (ilaste) o znacznej przepuszczalności.

*

Analiza wyników badań elektrooporowych przeprowadzona na obszarze projektowanej zapory wodnej na Nidzie nasuwa następujące uwagi.

1. Przeprowadzone badania należy traktować jako wstępne i doświadczone.

2. Podana interpretacja wyników stanowi również pewien eksperyment, gdyż jest próbą wyciągnięcia maksymalnej ilości wniosków geofizycznych w nawiazaniu do materiałów geologicznych. Pełną wartość uzyska ta interpretacja dopiero po przeprowadzeniu od dwóch do trzech wierceń kontrolnych. Wiercenia te zlokalizowane być muszą w punktach wykonania sondowań. Profilowanie otworu i nadzór powinien wykonać geolog.

3. Dotychczasowy zakres przeprowadzonych prac nie daje możliwości określenia położenia zwierciadła wody gruntowej, poza pradolinę.