

Tadeusz KRYNICKI, Radosław MIESZKOWSKI

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa

Zastosowanie wybranych metod geofizycznych do oceny niejednorodności strefy przypowierzchniowej w rejonie KWB „Bełchatów”

Streszczenie

W pracy zajęto się problemem oceny stopnia niejednorodności osadów występujących metodami strefie aeracji metodami geofizycznymi. Znajomość budowy geologicznej tej strefy jest bardzo istotna z punktu widzenia geologii inżynierskiej, hydrogeologii i ochrony środowiska. W pracy omówiono zastosowanie metod geofizycznych, (m.in.: metody elektrooporowej, georadarowej, sejsmicznej) do rozpoznania budowy geologicznej gruntów występujących w strefie przypowierzchniowej. W pracy przedstawiono dwa przykłady zastosowania metody profilowania prędkości do oceny budowy geologicznej strefy aeracji z rejonu KWK „Bełchatów”.

1. Wstęp

Znajomość budowy strefy aeracji ma istotne znaczenie w badaniach hydrogeologicznych, geologii inżynierskiej, ochronie środowiska, a także dla przeprowadzenia poprawnej interpretacji danych metody sejsmicznej.

Badania geofizyczne z reguły mają szerszy zakres zadań niż tylko rozpoznanie strefy aeracji. Prawdopodobnie jest to przyczyną powierzchownego traktowania strefy aeracji w dokumentacjach geofizycznych. Natomiast liczba danych, zwłaszcza uzyskiwanych podczas prac prowadzonych od dziesięcioleci metodą sejsmiczną jest wysoka. Dane te są tylko częściowo wykorzystywane, np. w metodzie sejsmicznej służą do obliczania poprawek statycznych.

Nie opracowuje się map lub szkiców miąższości stref aeracji, prędkości przebiegu fal w strefie aeracji i w jej podłożu, będącym najczęściej strefą saturacji, nie wykazuje się rejonów o złożonej budowie strefy. Takie mapy mogłyby stanowić istotne uzupełnienie danych wykorzystywanych przy sporządzaniu szczegółowych map geologicznych, hydrogeologicznych i innych.

Wydaje się zatem celowym dokonanie syntetycznej oceny efektywności wybranych metod geofizycznych w badaniach strefy aeracji. W związku z szerokim stosowaniem w prospekcji geofizycznej na obszarze naszego kraju sondowań elektrooporowych, sejsmiki, a ostatnio coraz częściej metody georadarowej można uważać za wskazane przeprowadzenie analizy uzyskiwanych tymi metodami wyników charakteryzujących strefę aeracji.

2. Geologiczne i fizyczne podstawy zastosowania metod geofizycznych w badaniach strefy aeracji

Strefę aeracji tworzą osady występujące od powierzchni terenu do stale istniejącego pierwszego poziomu wodonośnego. W strefie aeracji pory i pustki wypełnia powietrze lub częściowo woda tworząc wznios kapilarny. Miąższość strefy aeracji zmienia się w szerokim przedziale i może wynosić od kilkunastu centymetrów do 100 i więcej metrów. Z reguły jest ona większa na wysoczyznach, wydmach i najniższa w podmokłych dolinach rzek, na torfowiskach, bagnach i terenach nizinnych. Niekiedy, zwłaszcza na Niziu Polskim, w osadach czwartorzędowych może występować podwójna strefa aeracji. W takim przypadku woda gruntowa stanowiąca pierwszy poziom wodonośny zalega na glinach lub iłach, poniżej których zalegają piaski, w górnej części suche.

Jeżeli strefa aeracji ma miąższość 20–30 i więcej metrów, to na podstawie danych sejsmicznych w jej części przyspągowej wyróżnia się strefę przejściową. Charakteryzuje się ona prędkościami większymi od tych mierzonych w strefie aeracji, ale mniejszymi od używanych w strefie saturacji. Powstanie strefy przejściowej można tłumaczyć wzrostem ciśnienia statycznego i zapewne większą zawartością wody w osadach piaszczysto-ilastych, które to parametry wpływają na wartości prędkości przebiegu fal sprężystych.

Podstawą zastosowania metod geofizycznych w badaniach strefy aeracji, a zwłaszcza określenia głębokości stropu pierwszego poziomu wodonośnego, jest wyraźne zróżnicowanie właściwości fizycznych osadów suchych i nasyconych wodą. Na dokładność wyznaczania w osadach piaszczysto-ilastych miąższości strefy aeracji i niektórych jej parametrów metodami geofizyki naziemnej rzutuje szereg czynników, a do ważniejszych zaliczyć można:

- rodzaj osadów budujących strefę aeracji i strefę saturacji,
- zmienność miąższości warstw w strefie aeracji,
- wznios kapilarny,
- głębokość występowania zwierciadła wód gruntowych,
- mineralizację wód gruntowych, a także ich temperaturę,
- ukształtowanie powierzchni terenu.

Dokładność i szczegółowość rozpoznania strefy aeracji zależy od zastosowanej metody geofizycznej, metodyki prac terenowych i interpretacyjnych, a także ilości wykonanych pomiarów. W związku z szerokim stosowaniem w prospekcji geofizycznej na obszarze naszego kraju sondowań elektrooporowych, sejsmiki, a ostatnio również metody georadarowej, rozważmy ograniczenia i możliwości tych metod w rozpoznaniu strefy aeracji.

Efektywność metod geofizycznych w dużej mierze zależy od zróżnicowania wartości parametrów fizycznych osadów suchych, tworzących strefę aeracji i osadów zawodnionych stanowiących strefę saturacji. Wartości oporów elektrycznych (ρ), stałej dielektrycznej (ϵ) i prędkości przebiegu fal sprężystych (V_p), przedstawiają tabele 2.1 i 2.2. Dane tabel wskazują, że wartości wymienionych parametrów fizycznych różnią się istotnie, co sprzyja zastosowaniu sondowań elektrooporowych, metody georadarowej i sejsmiki w badaniach strefy aeracji. Rozpiętość w wartościach parametrów nie stanowi ograniczeń w stosowaniu metod geofizycznych. Ważnym czynnikiem rzutującym na dokładność określania głębokości zwierciadła wód gruntowych za pomocą sondowań elektrooporowych jest wznios kapilarny. W nawiązaniu do publikacji (Kwiatkowski, 1993) wielkość wzniosu kapilarnego może wynosić 2–3 cm w żwirach i piaskach grubych i osiągnąć nawet 12 m w iłach.

Tabela 2.1.

Elektryczne właściwości osadów (Czerniak 1987 i Vogelsang 1995 – uzupełnione)

Table 2.1.

Electrical properties of soils (Czerniak 1987 and Vogelsang 1995 – with opinion of author)

Rodzaj osadów	Strefa aeracji		Strefa saturacji	
	Opór elekt. [Ωm]	Stała dielektryczna [-]	Opór elekt. [Ωm]	Stała dielektryczna ε [-]
Piaski różne, w tym z domieszką żwirów	200–1000	3–5		
Piaski różne z domieszką glin piaszczystych i glin	100–250	4–8		
Piaski słabo gliniaste i gliny piaszczyste	30–80	6–15		
Gliny, argility, aleurolity	10–20	5–35		
Gliny, ily	8–20	3–6		
Wapienie, dolomity słabo szczelinowate	200–800	7–12		
Wapienie, dolomity szczelinowate	150–400	8–15		
Piaskowce szczelinowate	100–700	4–7		
Współczesne osady jeziorne i błotne	30–80	12–15		
Wody powierzchniowe			0,1–300	80–81
Wody deszczowe			30–1000	80–81
Wody zmineralizowane, w tym morskie			0,1–5	80–81
Powietrze	Bardzo wysoki	1		
Ropa naftowa	wysoki	2,1		
Zmarzlina				4–5

Tabela 2.2.

Wartości prędkości Vp w ośrodku gruntowo-wodnym (wg Lachowicki i in. 1989 – uzupełnione)

Table 2.2.

Value of velocity Vp in soils (wg Lachowicki i in. 1989 – with opinion of author)

Ośrodek	Prędkości Vp (m/s)	
	Ośrodek suchy	Ośrodek zawodniony
Gleba zwietrzała	100–300	–
Piaski, żwir	200–800	1500–2000
Piaski słabo gliniaste	250–600	1450–1800
Gliny piaszczyste	300–700	1500–1900
Gliny (także te w podłożu)	300–1600	1800–2500
Otoczaki	400–800	2000–2700
Ily	600–1500	1700–2500
Lessy	600–1200	–
Piaskowce słabo zwięzłe	800–2500	1800–4000
Kreda	1500–2300	1800–3500
Wapienie, dolomity zbite	1000–4500	2000–5000
Margle	100–3000	1700–3000
Woda	–	1430–1590
Lód	–	3100–3600
Powietrze	300–350	–

Dająca się zauważyć rozpiętość w wartościach parametrów fizycznych warstw litologicznych spowodowana jest takimi czynnikami jak głębokość, rodzaj porowatości, temperatura itp.

Woda kapilarna wpływa na zmianę oporu elektrycznego osadów i tym samym zmniejsza wyrazistość granicy między strefą aeracji i saturacji. W takim przypadku wyznaczenie owej granicy jest mniej dokładne a tym samym i głębokości zwierciadła wód gruntowych. Błąd w określaniu miąższości strefy aeracji na podstawie sondowań elektrooporowych z reguły nie przekracza $\pm 10\%$, ale jest on mniejszy, gdy od powierzchni terenu w przekroju dominują osady przepuszczalne tj. piaski i żwiry. Wraz ze wzrostem w przekroju udziału osadów słabo przepuszczalnych i o zmiennej miąższości, efektywność sondowań elektrooporowych i metody georadarowej obniża się do tego stopnia, że ich stosowanie w badaniach strefy aeracji staje się bezcelowe.

Wyniki sondowań elektrooporowych nie mogą być wykorzystane do określania miąższości strefy aeracji również wtedy, gdy mineralizacja wód gruntowych gwałtownie się zmienia. Niekiedy, pomimo występowania trudnych warunków geologicznych, można uzyskać dane o głębokości zwierciadła wód gruntowych stosując sondowania elektrooporowe, ale w innym wariantcie metodycznym tzw. układów azymutalnych. Wyraźna zmiana kierunku osi elipsy anizotropii wskazuje na występowanie lustra wody na głębokości odpowiedniej do odległości $AB/2$ (Lachowicki i in. 1989). Przy znacznym udziale w przekroju glin, dane sondowań elektrooporowych nie zapewniają zakładanej dokładności określenia miąższości strefy aeracji. Jednak często cel może być osiągnięty poprzez zastosowanie metody polaryzacji wzbudzonej. Wynika to stąd, że strefa aeracji charakteryzuje się bardzo niskimi wartościami współczynnika polaryzacji, a począwszy od stropu wzniosu kapilarnego, wartości te istotnie wzrastają (Galini 1989).

Ustalenie głębokości zwierciadła wód gruntowych w wapieniach, dolomitach, piaskowcach i innych skałach litych jest trudniejsze niż w osadach piaszczystych. Najkorzystniejsze warunki sprzyjające zastosowaniu sondowań elektrooporowych występują wówczas, gdy skały masywne mają wysoką szczelinowatość. Na podstawie uzyskiwanych krzywych oporów elektrycznych wyróżnia się następujące relacje oporów:

$$\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 < \rho_4 \quad (2.1)$$

gdzie:

ρ_1 – opór nadkładu czyli mało miąższych osadów luźnych,

ρ_2 – opór suchych skał szczelinowatych ($\rho_2 = 1000 - 3000$ i więcej Ωm),

ρ_3 – opór skał szczelinowatych zawodnionych (ρ_3 – najczęściej wynosi $100 - 300 \Omega m$),

ρ_4 – opór mało spękanego masywu skalnego ($\rho_2 \geq \rho_4$).

Na podstawie danych sondowań elektrooporowych można określić wielkość infiltracji w strefie aeracji, ale tylko wówczas, gdy w przekroju przeważają osady piaszczyste. Obecnie, wskutek stosowania metody tomografii geoelektrycznej dokładność i szczegółowość rozpoznania budowy osadów czwartorzędowych, w tym i strefy aeracji wzrasta. Metoda tomografii geoelektrycznej i sondowań elektrooporowych mają podobne ograniczenia powodowane warunkami geologicznymi.

Wartości stałej dielektrycznej osadów suchych i zawodnionych różnią się (tabela 2.1), co niewątpliwie sprzyja zastosowaniu metody georadarowej w określaniu głębokości

występowania zwierciadła wód gruntowych. Tym niemniej, istotnym ograniczeniem stosowania jej jest niewielki zasięg głębokościowy. W przypadku, gdy przekrój od powierzchni terenu do poziomu wód gruntowych wykształcony jest w postaci piasków, żwirów, czyli osadów o wysokich wartościach oporów elektrycznych, zasięg głębokościowy metody może wynosić kilkanaście, a nawet 20–25 m. Obecność w przekroju glin lub ilów o miąższości 1–2 m przekreśla celowość stosowania metody georadarowej do oceny miąższości strefy aeracji. Jeżeli strefę aeracji budują warstwy piasków różniące się uziarnieniem, to jest możliwe wyznaczenie miąższości tych warstw (Czerniak 1987). Metodę georadarową można stosować także do określania głębokości zwierciadła wód w skałach litych np. wapieniach, dolomitach, pod warunkiem, że są one silnie spękane, a zwierciadło wody tworzy w miarę ciągłą powierzchnię. Zasięg głębokościowy metody w skałach masywnych jest niewielki, na ogół kilkanaście metrów, chociaż niekiedy może wynosić kilkadziesiąt metrów (Vogelsang (1995).

Niezależnie od celu badań sejsmicznych, które najczęściej znajdują zastosowanie w geologii strukturalnej, czas rejestracji fal sprowadzany jest do poziomu odniesienia poprzez wprowadzenie poprawek statycznych. Dokładność obliczonych poprawek w dużej mierze zależy od stopnia znajomości prędkości przebiegu fal sejsmicznych w osadach przypowierzchniowych, samą górną część, których stanowi strefa aeracji. Nadmienmy, że w literaturze geofizycznej w odniesieniu do sejsmiki strefę aeracji nazywa się **strefą małych prędkości (SMP)**.

Wielkość miąższości strefy aeracji wyznaczona na podstawie danych geologicznych i miąższości strefy małych prędkości uzyskiwanych podczas pomiarów geofizycznych są porównawalne, a często takie same (Galín 1989, Kozyrew 2003, Krynicki 1995, Lachowicki 1989). Przemawia to za celowością wykorzystywania danych sejsmicznych w badaniach strefy aeracji. W związku z tym, że miąższość strefy małych prędkości i miąższość strefy aeracji najczęściej są podobne lub identyczne, w dalszej części artykułu używać będziemy terminu strefa aeracji, niezależnie od metody lub techniki jej określania. Uzasadnieniem przyjęcia takiej nazwy dla strefy małych prędkości są również wyniki niżej omówione.

Do rozpoznania strefy aeracji stosuje się różne warianty metodyki pomiarów sejsmicznych. Niezależnie od wybranego wariantu metodyki podstawowym celem pomiarów jest określenie miąższości strefy aeracji oraz uzyskanie danych o prędkościach przebiegu fal sprężystych w osadach przypowierzchniowych. Na podstawie wartości prędkości wyznacza się głębokość do zwierciadła wód gruntowych, a także dokonuje się jakościowej oceny porowatości osadów budujących strefę aeracji, a pośrednio wielkości współczynników filtracji (Galín 1989, Mielkownik i in. 1982). Z kolei prędkości fal sprężystych rozprzestrzeniających się w przystropowej części strefy saturacji wskazują na stopień konsolidacji lub zagęszczenia osadów oraz w jakiejś mierze ich litologię. Dane o prędkościach fal sprężystych mogą być przydatne w badaniach szczelinowatości masywów skalnych.

W badaniach strefy aeracji najczęściej stosuje się profilowanie prędkości. Pomiar prędkości przebiegu fal w ośrodku skalnym wykonuje się w ten sposób, że geofony umieszcza się w otworze, wzdłuż jego osi, w odległości 1–1,5 m, a punkt wzbudzenia fal znajduje się na powierzchni w pobliżu otworu. Geofony służą do rejestracji czasu przebiegu fali na odcinku od punktu wzbudzenia do miejsca rejestracji fal. Znając długość drogi i czas przebiegu fali można obliczyć prędkość, z jaką fala rozprzestrzenia się w ośrodku gruntowym. Profilowanie prędkości pozwala na uzyskiwanie danych z dużą dokładnością. Odnotujmy, że na terytorium naszego kraju wykonano kilkaset tysięcy profilowań prędkości, przede wszystkim mających na celu określenie miąższości strefy aeracji i jej własności sprężystych. Dane pomiarów prędkości

są częściowo zawarte w dokumentacjach wynikowych, ale większość przechowywana jest w archiwach przedsiębiorstw wykonujących badania sejsmiczne.

Na podstawie danych profilowań prędkości można opracować w zależności od siatki pomiarów następujące mapy lub szkice:

- miąższości strefy aeracji,
- hydroizohips (morfologii) zwierciadła wód gruntowych,
- rozkładu prędkości w strefie aeracji i w jej podłożu.

Obecnie można wykonywać badania sejsmiczne charakteryzujące się wysoką rozdzielczością obrazu falowego. Badania także umożliwiają rejestracje fal odbitych od zwierciadła wód gruntowych występujących już na głębokości kilkunastu metrów. Zasięg głębokościowy metody refleksyjnej stosowanej do rozpoznania budowy osadów przypowierzchniowych, w tym i określenia miąższości strefy aeracji zależy od warunków geologicznych i metodyki pomiarów, ale zawsze przewyższa głębokość zwierciadła wód gruntowych. Pomimo nagromadzenia dużej liczby danych geofizycznych, zwłaszcza sejsmicznych, charakteryzujących budowę strefy aeracji, są one niedoceniane. Prawdopodobnie przyczyną tego może być brak szerzej dostępnej informacji o przydatności geofizyki w badaniach budowy osadów przypowierzchniowych. Dlatego, nawet skrótowe omówienie wyników geofizycznych może przyczynić się do częstszego ich wykorzystywania przy opracowaniu map hydrogeologicznych, sozologicznych, czy też dokumentacji geologiczno-inżynierskich i in.

W badaniach geologiczno-inżynierskich na czoło pod względem znaczenia wysuwają się takie parametry fizyczne jak prędkość przebiegu fal podłużnych i poprzecznych, oporność elektryczna, współczynnik polaryzacji oraz promieniotwórczość naturalna.

Znając powyższe parametry można drogą obliczeń, sporządzenia wykresów, zestawień określić wartości innych parametrów np. gęstość skał, porowatość, wilgotność, przepuszczalność itp. Jednak sprężyste parametry skał, które obejmują prędkość przebiegu fal podłużnych i poprzecznych oraz współczynniki pochłaniania fal sprężystych zawierają najwięcej informacji o budowie geologicznej i stanie fizycznym ośrodka wodno-gruntowego będącego najczęściej przedmiotem badań geologiczno-inżynierskich.

3. Czynniki wpływające na wartość parametrów sprężystych skał

Podstawowe czynniki rzutujące na wartości prędkości przebiegu fal sejsmicznych to: porowatość, właściwości sprężyste szkieletu skały, rodzaj medium wypełniającego pory, wiek skał, ciśnienie i temperatura.

W związku z tym, że czynniki te, w stopniu wystarczającym są omówione w bogatej literaturze, w tym i polskiej (Fajklewicz 1972) pomimo, iż głównie odnoszących się do fal wykorzystywanych w geologii strukturalnej, ich opis zostanie pominięty.

Niemniej, na prędkości rozchodzenia się fal podłużnych w osadach przypowierzchniowych bardzo silnie wpływa stan nasycenia wodą, co potwierdzają dane z Tabeli 2.1 i 2.2.

Na podstawie wartości prędkości rozchodzenia się fal podłużnych V_p można wnioskować o zmianach porowatości, szczelinowatości i jednocześnie o zawartości swobodnej wody w warstwie. Wielkość V_p w większości przypadków nie reaguje na zmiany mineralizacji wód podziemnych.

Wyraźna zależność prędkości fal podłużnych od stopnia nasycenia skał wodą jest wykorzystywana w badaniach strefy aeracji i ukształtowania zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego. Na podstawie prędkości fal podłużnych w strefie aeracji można dawać jakościową ocenę warunków infiltracyjnych. Przyjmuje się tu założenie, że w rejonie występowania mniejszych prędkości w strefie aeracji znajdują się osady o większej porowatości.

Dane o prędkościach fal podłużnych i poprzecznych umożliwiają określenie stopnia konsolidacji (zagęszczenia) ośrodka. W publikacji (Lachowicki i in. 1989) podano, że w piaskach osadzonych po ustąpieniu wody uzyskano następujące wartości V_p i V_s :

Zmiana V_p i V_s w gruntach w czasie po ustąpieniu wody (Lachowicki i in. 1989) Tabela 3.1.
 The change of V_p i V_s in sils in the time after dehydration (Lachowicki i in. 1989) Table 3.1.

Po okresie	Prędkość podłużna V_p [m/s]	Prędkość poprzeczna V_s [m/s]
2 miesięcy	250	140
5 lat	320	190
25 lat	700	430

4. Wyniki badań geofizycznych uzyskane w rejonie KWB „Bełchatów”

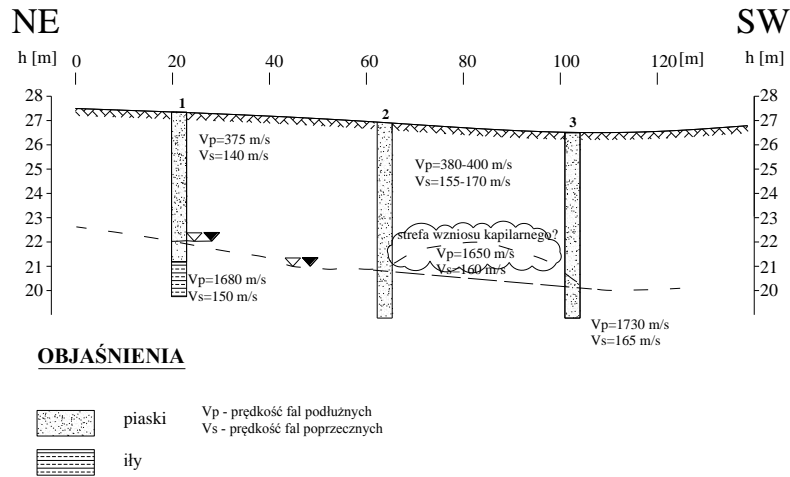
W niniejszym rozdziale, w oparciu o profilowanie sejsmiczne, omówiono dwa przykłady, w których scharakteryzowano niejednorodność strefy aeracji.

4.1. Przykład 1.

Omówiony przykład pochodzi z obszarów położonych na północny wschód od KWB „Bełchatów”. Celem badań było określenie warunków oraz parametrów geologiczno-inżynierskich w strefie przypowierzchniowej na potrzeby budownictwa terenów przyległych do kopalni.

Wstępne rozpoznanie na podstawie wierceń budowy geologicznej wytypowanego do badań obszaru wskazywało, iż do głębokości ok. 6–7 m występują piaski, natomiast poniżej osady spójne (głównie ropy). Swobodne zwierciadło wód gruntowych występowało na głębokości ok. 5 m.

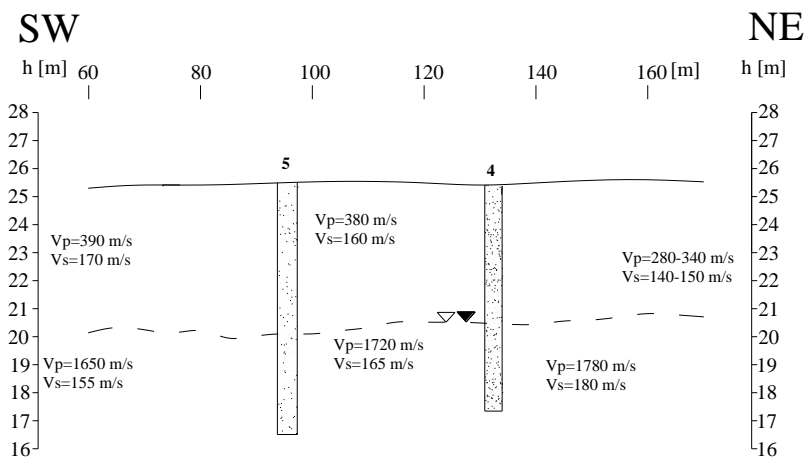
W świetle wyników profilowania prędkości, miąższość strefy aeracji w badanych profilach ma zbliżone wartości do informacji uzyskanych z wierceń. Linia wyznaczająca spąg strefy aeracji biegnie prawie równoległe do morfologii terenu (rys. 4.1 i 4.2). Stwierdzono obniżanie się zwierciadła wód gruntowych w kierunku południowo zachodnim. Zakres zmian prędkości fali podłużnej i poprzecznej w strefie aeracji wskazuje na jej znaczną niejednorodność. Zmiana prędkości fali podłużnej wyniosła tam 280–400 m/s (tj. zmiana prędkości ok. 30%), natomiast prędkość fali poprzecznej od 140 do 170 m/s (tj. zmiana o ok. 20%).



Rys. 4.1. Wyniki badań profilowania prędkości (PBG Warszawa 1995)
 Fig. 4.1 The results of velocity log (PBG Warsaw 1995)

Nieco inaczej wygląda rozkład prędkości granicznej. Tu rozpiętość prędkości fali podłużnej wahała się w zakresie od 1650 do 1780 m/s (zmiana o ok. 8%), natomiast fali poprzecznej od 150 do 180 m/s (zmiana o ok. 17 %).

Na rysunku 4.1 na długości 60 metra zaobserwowano nagłe spływanie występowania zwierciadła wód gruntowych. Jest to być może spowodowane lokalną zmianą frakcji uziarnienia na drobniejszą i tym samym występowaniem w tym miejscu podsiąku kapilarnego.

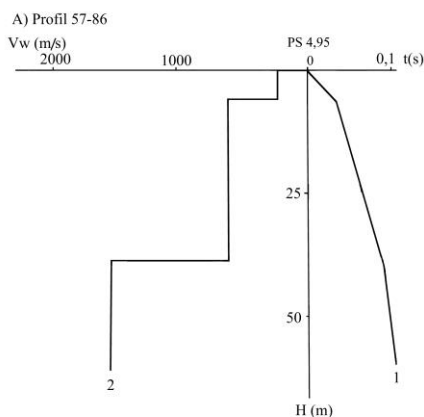


Rys. 4.2. Wyniki badań profilowania prędkości (objaśnienia jak w rys. 4.1; PBG Warszawa 1995)
 Fig. 4.2. The results of velocity log (explanation as Fig. 4.1; PBG Warszawa 1995)

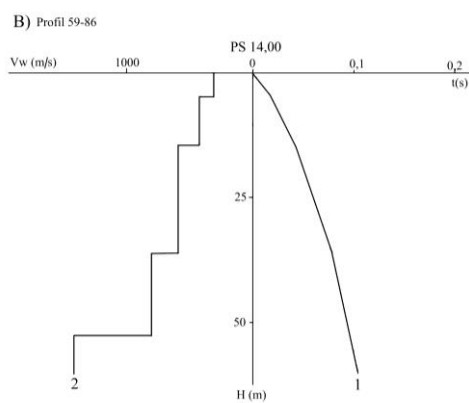
4.2. Przykład 2.

W przykładzie tym omówiono krótko wyniki profilowań prędkości. Pomiary wykonano na obszarze kopalni w obrębie leja depresji.

Badania procesu powstawania i wielkości leja depresji podczas odwadniania górotworu opierają się na podobnych założeniach do tych przyjmowanych przy pomiarach strefy aeracji. Osady znajdujące się w obrębie leja, jako odwodnione, będą charakteryzować się mniejszymi wartościami prędkości w porównaniu z osadami zawodnionymi. Jako przykład zastosowania profilowania prędkości do potwierdzenia odwodnienia górotworu mogą posłużyć rysunki 4.3 i 4.4. Przedstawiają one wyniki pomiarów z zastosowaniem profilowania prędkości w dwóch otworach odwierconych w obrębie leja depresji w złożu węgla brunatnych w Bełchatowie. W obydwu otworach, mimo znacznej ich głębokości, prędkości warstwowe obliczone na podstawie hodografów pionowych są niewielkie. Jedynie uzyskana w otworze wykonanym w punkcie 4,95 wartość 1600 m/s występująca od głębokości 38 m, jest bliska tym, jakie charakteryzują osady zawodnione.



Rys. 4.3. Wyniki profilowań prędkości uzyskane w obrębie leja depresji (1. hodograf pionowy, 2. prędkość warstwowa)
Fig. 4.3. The results of velocity log in mine depression cone (1. hodograph, 2. layer velocity) (PBG Warszawa 1995)



Rys. 4.4. Wyniki profilowań prędkości uzyskane w obrębie leja depresji (1. hodograf pionowy, 2. prędkość warstwowa)
Fig. 4.4. The results of velocity log in mine depression cone (1. hodograph, 2. layer velocity) (PBG Warszawa 1995)

5. Podsumowanie

W badaniach strefy aeracji można stosować sondowania elektrooporowe, metodę georadarową i różne warianty metodyki pomiarów w sejsmice. Każda z wymienionych metod charakteryzuje się różnymi możliwościami w zakresie dokładności, rozdzielczości, a także zasięgu głębokościowego. Za najbardziej uniwersalną należy uznać metodę sejsmiczną. Na podkreślenie szczególnie zasługuje możliwość rejestracji sprężystych fal odbitych na granicach występujących już na głębokości 10 m i więcej.

W archiwach zgromadzono ogromną liczbę danych profilowań prędkości, które powinny być wykorzystane w badaniach strefy aeracji. Wcześniej, należy je przenieść na bardziej trwałe nośniki informacji, co ułatwiłoby również korzystanie z nich.

Wskazaniem jest także rozpocząć prace studialne nad parametrami sprężystymi, gęstościami i innymi własnościami fizycznymi osadów czwartorzędowych oraz paleo-neogeńskich. Ich wyniki, obrazujące także związki między parametrami fizycznymi mogłyby być szeroko wykorzystywane w różnych działach geologii i gałęziach gospodarki.

Literatura

- [1] Czerniak G.J. 1987: Elektromagnitnyje metody w gidrogeologii i inżyniernej geologii, Niedra.
- [2] Fajklewicz Z. (red.) 1972: Zarys geofizyki stosowanej, Wydawnictwa Geologiczne.
- [3] Galin D.L. 1989: Interpretacja danych inżyniernej geofizyki, Niedra
- [4] Kozyrev V.S., Zhukov A.P., Korotkov J.P., Zhukov A.A., Shneerson M.B. 2003: Compensation for near-surface heterogeneities in seismic prospecting, Niedra.
- [5] Krynicki T. 1995: Making use of the low velocity zone (LVZ) in hydrogology and engineering geology. Geol. Quart., 39, no. 4, 513–526.
- [6] Kwiatkowski G. J. 1993: Metod soprotiwlenija zaziemlenija w inżyniernej geofizikie, Niedra.
- [7] Lachowicki F. M., Chmielewskiej W.K., Jaszczenko Z. G. 1989: Inżyniernej Geofizyka, Niedra.
- [8] Mielkanowicki J.M, Rjapołowa W.A., Chordikajnen M.A. 1982: Metodika geofiziczeskich issledowanii pri poiskach i razwiedkie miestorożdienii presnych wod, Niedra.
- [9] Vogelsang D. 1995: Environmental geophysics, Springer-Verlag.

Applying selected geophysical methods for examination of nonhomogeneous undersurface zone in the KWB Belchatow region

In this paper is discussed the examination of a degree of settlements nonhomogeneous of aeration zone with geophysical methods. Knowledge of geological structure of the zone is very essential for the engineering geology, hydrogeology and environmental studies point of view. It is describe applying of geophysical methods (e.g. resistivity, GPR, seismic and velocity log) for determination of geological structure of soils found in undersurface zone. There are two examples presented of applying velocity log for examination of geological structure of aeration zone from KWB Belchatow.

Przekazano: 10 kwietnia 2006 r.