

*Finansujący projekt robót geologicznych: Zespół Szkół w Tułowicach  
ul. Zamkowa 15  
49-130 Tułowice*

*Wykonawca projektu : Przedsiębiorstwo Usługowo-Handlowe "Geoida" s.c.  
M. Hlubek, T. Gajda, 44-353 Olza ul. Bogumińska 30a  
tel. (32) 4511015, kom. 501681407, gajdatl@poczta.onet.pl*

## **Projekt robót geologicznych**

**związany z wykonaniem instalacji grzewczej  
wykorzystującej ciepło Ziemi do ogrzewania obiektów Zespołu Szkół  
przy ulicy Zamkowej 15 w Tułowicach**

*Miejscowość: Tułowice  
Gmina: Tułowice  
Powiat: Opolski  
Województwo: opolskie  
Zlewnia: III-go rzędu rzeki Odry*

*Autor: Tadeusz Gajda  
nr upr. geol. MOŚZNiL II-1142, IV-0369*

**Egz. nr 4**

**Czerwiec 2012r.**

| <b>Nr</b> | <b>SPIS TREŚCI</b>  | <b>Strona</b> |
|-----------|---|---------------|
| 1         | Wstęp   | 4             |
| 2         | Lokalizacja zamierzonych robót geologicznych  | 5             |
| 3         | Opis zagospodarowania terenu z uwzględnieniem obiektów i terenów chronionych  | 6             |
| 4         | Omówienie wyników przeprowadzonych wcześniej robót geologicznych wraz z wykazem wykorzystanych materiałów archiwalnych  | 7             |
| 5         | Opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w rejonie zamierzonych robót geologicznych wraz z profilami geologicznymi projektowanych wyrobisk                                | 8             |
| 6         | Opis i uzasadnienie liczby, lokalizacji oraz długości projektowanych otworów  | 11            |
| 7         | Przewidywana konstrukcja otworów wiertniczych   | 12            |
| 8         | Opis zamykania horyzontów wodonośnych   | 12            |
| 9         | Sposób i termin likwidacji otworów nie spełniających wymagań technologicznych oraz rekultywacja gruntów   | 13            |
| 10        | Opis stosowanej metody wykorzystującej ciepło ziemi do ogrzewania obiektów oraz określenie zakresu obserwacji i pomiarów geologicznych  | 14            |
| 11        | Wyszczególnienie zakresu niezbędnych robót geodezyjnych   | 16            |
| 12        | Określenie harmonogramu projektowanych robót geologicznych, w tym terminów rozpoczęcia i zakończenia oraz rodzaju dokumentacji geologicznej zawierającej podsumowanie wykonanych robót. | 16            |
| 13        | Przedsięwzięcia niezbędne dla wyeliminowania zagrożeń środowiska oraz określenie oddziaływania zamierzonych robót geologicznych na obszary chronione w tym obszary Natura 2000          | 17            |
| 14        | Opis przedsięwzięć technicznych, technologicznych i organizacyjnych mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa powszechnego, bezpieczeństwa pracy i ochrony środowiska                 | 19            |
| 15        | Podsumowania i wnioski  | 21            |
| 16        | Spis literatury   | 23            |

## Z a ł ą c z n i k i

1. Mapa topograficzna w skali 1: 50 000 z zaznaczonym miejscem zamierzonych robót geologicznych i usytuowania ich w stosunku do granic miejscowości będącej siedzibą gminy ( Gmina wiejska Tułowice) zał. nr 1
2. Mapa dokumentacyjna (sytuacyjno-wysokościowa ) w skali 1:1 000 z zaznaczonym terenem projektowanych robót geologicznych oraz rozmieszczeniem projektowanych otworów technologiczno-geologicznych zał. nr 2
3. Mapa Podziału Polski na rejony fizycznogeograficzne - J. Kondracki, A. Rychlik w skali 1: 1 000 000 zał. nr 3
4. Wycinek Mapy Geologiczno-Gospodarczej Polski w skali 1: 50 000 arkusz Niemodlin (872) z zaznaczoną lokalizacją miejsca projektowanych robót geologicznych wraz z objaśnieniami barw i symboli zał. nr 4
5. Wycinek Szczegółowej Geologicznej Mapy Polski w skali 1:50 000 arkusz Niemodlin (872) z zaznaczoną lokalizacją miejsca projektowanych robót geologicznych wraz z objaśnieniami barw i symboli zał. nr 5
6. Przekrój geologiczny w skali 1:2000/50 000 zał. nr 6
7. Położenie rejonu planowanej inwestycji na tle mapy Głównych Zbiorników Wód Podziemnych wymagających szczególnej ochrony w skali 1: 500 000 ( wg A. S. Kleczkowskiego red., AGH Kraków, 1990) z objaśnieniami zał. nr 7
8. Wycinek mapy topograficznej w skali 1: 50 000 z zaznaczonym miejscem zamierzonych robót geologicznych i usytuowania ich w stosunku do obszarów chronionych Natura 2000 zał. nr 8
9. Schemat konstrukcji otworu technologiczno-geologicznego pod zabudowę wymiennika gruntowego pomp ciepła zał. nr 9

## 1. Wstęp

Niniejszy projekt robót geologicznych opracowano na zlecenie Pana Wiesława Kapicy reprezentującego firmę K&K Technika Grzewcza i Sanitarna, realizującą projekt instalacji grzewczej wykorzystującej ciepło Ziemi do ogrzewania obiektów Zespołu Szkół przy ulicy Zamkowej 15 w Tułowicach ( zał. nr 1 i 2 ).

Niniejszy projekt robót geologicznych zawiera określenie niezbędnych przedsięwzięć oraz badań mających na celu zrealizowanie inwestycji budowlanej ( instalacja grzewcza wykorzystująca ciepło Ziemi ) bez negatywnych skutków na środowisko.

Projekt robót geologicznych opracowano stosownie do obowiązujących przepisów - Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót których wykonanie wymaga uzyskania koncesji ( Dz. U. Nr 288, poz. 1696 ) wydanego na podstawie art. 79 ust.3 ustawy z dnia 9 czerwca 2011r.- *Prawo geologiczne i górnicze* ( Dz. U. Nr 163, poz.981 ). Projekt robót geologicznych wykonywanych w celu wykorzystania ciepła Ziemi podlega zgłoszeniu właściwemu organowi administracji geologicznej (ze względu na lokalizację prac- Staroście Opolskiemu) zgodnie z art. 85 ust.2 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011r. *Prawo geologiczne i górnicze* ( Dz. U. Nr 163, poz.981 ). Do wykonania robót geologicznych można przystąpić, jeżeli w terminie 30 dni od dnia przedłożenia projektu robót geologicznych właściwy organ nie wniesie w drodze decyzji sprzeciwu. ( art. 85 ust. 3 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011r. *Prawo geologiczne i górnicze* ( Dz. U. Nr 163, poz.981 ).

Wykonawca robót geologicznych jest obowiązany zgłosić zamiar przystąpienia do ich wykonywania właściwemu organowi administracji geologicznej ( Starosta Opolski ) oraz ze względu na miejsce wykonywanych robót wójtowi gminy Tułowice ( art. 81. ust 1 punkt 1,2 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011r. *Prawo geologiczne i górnicze*). W związku z tym, iż w niniejszym Projekcie robót geologicznych nie planuje się otworów przekraczających głębokość 100m a teren robót znajduje się poza obszarem górniczym utworzonym w celu wykonywania działalności metodą robót podziemnych albo metodą otworów wiertniczych -

nie stosuje się przepisów dotyczących zakładu górniczego i jego ruchu oraz ratownictwa górniczego ( art.86 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011r. Prawo geologiczne i górnicze ).

Projekt robót geologicznych w 2 egzemplarzach przedkłada podmiot, który sfinansował jego wykonanie.

## **2. Lokalizacja zamierzonych robót geologicznych**

Pod względem administracyjnym teren projektowanych robót geologicznych znajduje się w miejscowości Tułowice przy ulicy Zamkowej 15 w obrębie działki oznaczonej numerem 624/2. Miejsce na którym przewiduje się budowę instalacji geotermicznej znajduje się w zachodniej części Tułowic, na terenie przyzamkowego parku w odległości około 200 m na zachód od skrzyżowania ulic Kościuszki i Pocztovej.

W skład obiektów Zespołu Szkół w Tułowicach dla których zaprojektowano instalację grzewczą wykorzystującą ciepło Ziemi do ich ogrzewania wchodzi:

- budynek internatu Zespołu Szkół – dawny zamek wzniesiony w 1616 roku, kilkakrotnie przebudowany, współczesny kształt pałacowy został mu nadany w 1879 ( oznaczony symbolem P1 – na mapie dokumentacyjnej – zał. nr 2 )
- dwa budynki szkolne w których mieści się Publiczne Technikum Leśne, Publiczne Uzupełniające Liceum Ogólnokształcące oraz Publiczne Liceum Ogólnokształcące ( P2 ),
- budynek krytej pływalni ( P3 )

Pod miejsce przyszłych wierceń dla budynku internatu wykorzystany zostanie teren pobliskiej bieżni do skoku w dal oraz miejsca w pobliżu boiska do koszykówki i siatkówki znajdujące się we wschodniej części działki przeznaczonej pod zagospodarowanie. Dla pozostałych obiektów miejsca wierceń zaprojektowano we wschodniej części parku, zwracając uwagę aby projektowane otwory znajdowały się w odległości minimum 3m od rosnących tutaj drzew.

Lokalizację terenu przyszłych robót przedstawiono na mapie topograficznej w skali 1: 50 000 ( zał. nr 1 ) oraz mapie dokumentacyjnej w skali 1: 1000 ( zał. nr 2 ).

Pod względem geograficznym teren projektowanych robót leży w środkowej części

mezoregionu Równina Niemodlińska ( 318.55 ) należącego do makroregionu Nizina Śląska ( 318.5 ) w podprovincji Nizina Środkowopolska ( 341 ) - wg podziału Polski na rejony fizycznogeograficzne - J. Kondracki, A. Rychlik – zał. nr 3 .

W ujęciu szczegółowym teren projektowanych robót położony jest na zachodnim tarasie nadzalewowym doliny rzecznej Ścinawy Niemodlińskiej. Powierzchnia terenu projektowanych robót jest prawie płaska, nieznacznie nachylona w kierunku wschodnim i północno-wschodnim. Rejon projektowanych robót geologicznych znajduje się całkowicie w zasięgu zlewni III-rzędu rzeki Odry.

Rejon projektowanych robót geologicznych nie znajduje się w obszarze zasobowym ujęcia Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) ani też w obrębie obszarów górniczych wyznaczonych w koncesjach na wydobywanie wód leczniczych współwystępujących z wodami podziemnymi oraz na wydobywanie torfów leczniczych ( zał. nr 5 ).

Projektowane roboty geologiczne nie będą wpływać negatywnie na jakość wód podziemnych.

### **3. Opis zagospodarowania terenu z uwzględnieniem obiektów i terenów chronionych**

Teren przeznaczony pod inwestycję obejmuje działkę o numerze 624/2 graniczącą od strony zachodniej i południowo-zachodniej z drogą gminną ( ulica Zamkowa ) i obszarem zabudowy jednorodzinnej, od strony południowej z zabudowaniami gospodarczymi i magazynowymi, od północnej – występuje obszar niezabudowany – łąki porośnięte pojedynczymi drzewami, zaś od strony wschodniej sąsiaduje z zabudowaniami należącymi do Nadleśnictwa Tułów a także pojedynczymi zabytkowymi obiektami takimi jak budynek starego młyna wodnego, „szpitalika” oraz zwartym kompleksem leśnym. Miejsca przewidywanych wierceń usytuowane zostały tak, aby w możliwie najmniejszym stopniu wpływać na stan zabytkowego drzewostanu w parku objętym ochroną konserwatorską. W

ujęciu morfologicznym teren projektowanych robót położony jest na zachodnim tarasie nadzalewowym doliny rzecznej Ścinawy Niemodlińskiej. Powierzchnia przyszłych robót jest prawie płaska z niewielkim nachyleniem w kierunku wschodnim i północno-wschodnim. Przez teren działki przebiegają ciągi kanalizacji sanitarnej, deszczowej oraz instalacja wodociągowa.

Rejon planowanej inwestycji leży w strefie obszaru ochronionego krajobrazu (zał. nr 4). W odległości około 1100m na północny-wschód od miejsca przewidywanych robót geologicznych znajduje się komunalne ujęcie wody podziemnej z utworów trzeciorzędowych. W odległości około 600m na północ od rejonu planowanych wierceń znajduje się wielokulturowe stanowisko archeologiczne, w którym znaleziono zabytki krzemienne z okresu paleolitu oraz fragmenty naczyń z wczesnośredniowieczna i średniowiecza. W odległości około 250m na wschód od miejsca planowanej inwestycji występuje jedno z pięciu enklaw obszarów chronionych siedlisk „Bory Niemodlińskie” (Kod obszaru: PLH16-01) w ramach sieci Natura 2000 (zał. nr 8). Obszar ten porastają lasy gospodarcze z fragmentami lasów naturalnych z dużą różnorodnością przyrodniczą. Szczególna wartość ma zespół torfowisk przejściowych i wysokich z charakterystycznymi zespołami roślinności i przedstawicielami fauny wodno-błotnej.

Rejon planowanych wierceń znajduje się poza granicami Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) wymagających szczególnej ochrony (zał. nr 7).

#### **4.Omówienie wyników przeprowadzonych wcześniej robót geologicznych wraz z wykazem wykorzystanych materiałów archiwalnych**

Przy opracowaniu niniejszego projektu wykorzystano następujące materiały:

- informacje uzyskane u Zleceniodawcy,
- informacje uzyskane w referacie ochrony środowiska Urzędu Gminy Tułowice
- dane z wizji terenu,
- Mapę obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1: 500 000, A. Kleczkowski, Kraków 1990r.

- objaśnienia do Szczegółowej Geologicznej Mapy Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Niemodlin
- Szczegółową Geologiczną Mapę Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Niemodlin
- Mapę Geologiczno-Gospodarczą Polski z objaśnieniami, arkusz Niemodlin
- Opracowania i informacje na temat gminy Tułowice zamieszczone w Internecie
- Pomiary I poziomu wodonośnego w studniach gospodarczych graniczących z obszarem badań

W najbliższym rejonie projektowanej inwestycji nie prowadzono wierceń o zasięgu planowanym w niniejszym opracowaniu. Rozpoznanie wglębnej budowy rejonu projektowanych robót geologicznych osiągnięto przez analizę wyżej wymienionych materiałów dokumentacyjnych. Przeanalizowano wszystkie archiwalne otwory badawcze wiercone w tym rejonie pod kątem rodzaju warstw litologicznych oraz warunków wodnych. Uzyskane informacje wykorzystano do opracowania konstrukcji otworu technologiczno-geologicznego oraz zaproponowania doboru odpowiednich narzędzi wiertniczych. W niniejszym opracowaniu zamieszczono wycinkowo dwa rodzaje map tematycznych: mapę geologiczno-gospodarczą ( zał. nr 4 ) oraz szczegółową mapę geologiczną ( zał. nr 5 ), na której przedstawiono lokalizację archiwalnych otworów badawczych i zaznaczono rejon projektowanych robót geologicznych na tle powierzchniowych wydzielen litologicznych. Dołączono również przekrój geologiczny obrazujący budowę wglębną w miejscu planowanej inwestycji ( zał. nr 6 ). Wszystkie dostępne informacje i dokumenty zostały wykorzystane do opracowania schematu konstrukcji otworu technologicznego-geologicznego ( zał. nr 9 ), na którym przedstawiono w sposób przybliżony założenia techniczno-organizacyjne.

## **5. Opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w rejonie zamierzonych robót geologicznych wraz z profilami geologicznymi projektowanych wyrobisk**

W budowie geologicznej badanego obszaru udział biorą utwory kredy górnej, trzeciorzędu oraz czwartorzędu.



Kreda górna wykształcona jest przeważnie w postaci ciemno-szarych margli ilastych, miejscami zawierające kilkumetrowe przewarstwienia piaskowców o spoiwie wapnistym lub ilastym. Odległość do warstw kredowych w miejscu projektowanych prac wynosi około 120-140m.

Osady trzeciorzędu reprezentują utwory miocenu - sarmatu. Jest to kompleks osadów ilasto-mułkowych zwanych warstwami „poznańskimi”( warstwy kędzierzyńskie ), w których występują naprzemianległe warstwy ilów, mułków i piasków. Bliżej spągu tej serii zalegają morskie ily zielone i niebieskie przewarstwione mułkami, zaś w stropie występują tzw. ily płomieniste o bardzo charakterystycznym zróżnicowanym zabarwieniu – jasnoszarym, zielonym, z czerwonymi smugami i plamami od utlenionych związków żelaza. W obrębie ilów zielonych występują czasami wkładki węgla brunatnego. W miejscu planowanych robót geologicznych odległość do stropu utworów trzeciorzędu wynosi około 2-4m.

Czwartorzęd tworzą osady plejstocenu oraz holocenu.

Plejstocen reprezentowany jest przez osady zlodowacenia środkowopolskiego oraz bałtyckiego ( północnopolskiego ). Dominują tu osady wodnolodowcowe reprezentowane przez piaski i żwiry o barwie szarej z wkładkami mułków o warstwowaniu równoległym przekątnym i rynnowym. Ich grubość w rejonie wierceń dochodzić może od około 4m w części zachodniej do 2m w części wschodniej rejonu planowanych wierceń.

Holocen reprezentują mułki i piaski występujące w bezpośrednim sąsiedztwie płynącej rzeki - Ścinawy Niemodlińskiej - poza zasięgiem terenu projektowanych robót geologicznych. Najmłodszymi osadami w rejonie planowanych robót są nasypowe utwory antropogeniczne będące śladami wcześniejszych prac niwelacyjnych, restauracyjnych i porządkowych. Na wycinku Szczegółowej Geologicznej Mapy Polski ( arkusz Niemodlin ) zaznaczono rejon projektowanych robót geologicznych na tle powierzchniowych wydzielen litologicznych (zał. nr 5 ), natomiast wglębną budowę w miejscu planowanej inwestycji obrazuje przekrój geologiczny w skali 1:2000/50 000 ( zał. nr 6 ).

Na obszarze projektowanych robót geologicznych występowanie wód podziemnych związane jest głównie z utworami piaszczystymi czwartorzędu i trzeciorzędu. Występujący tutaj kredowy poziom w typie szczelinowo-porowym ze względu na głębokość zalegania nie

posiada większego znaczenia.

Trzeciorzędowy poziom wodonośny związany jest z występowaniem piasków, które zalegają w obrębie kompleksu iłów poznańskich jako utworów miocenu-sarmatu. Tworzy je kilka warstw występujących na różnych poziomach. Warstwy występujące w stropowej części utworów trzeciorzędowych mają charakter rozległych soczew lub nieciągłych warstw. Warstwy wodonośne występujące na większych głębokościach mają bardziej ciągły charakter i mają duże znaczenie użytkowe. Ze względu na znaczną głębokość zalegania niższych poziomów wodonośnych i silne własności izolujące warstw nadległych, które ograniczają infiltrację zanieczyszczeń z powierzchni, posiadają dobrą jakość wody. Zwierciadło wody trzeciorzędowego poziomu wodonośnego ma zwykle charakter napięty lub nawet subartezyjski. Trzeciorzędowe piętro wodonośne zasilane jest przez opady atmosferyczne na wychodniach oraz w strefach kontaktów hydraulicznych z piętrzem czwartorzędowym. Strop trzeciorzędowych warstw wodonośnych w rejonie planowanych wierceń zalega na głębokości około 83m p.p.t. Spływ wód podziemnych z trzeciorzędowego poziomu wodonośnego następuje w kierunku północy i ku północnemu wschodowi. W Tułowicach istnieje komunalne ujęcie wody podziemnej korzystające z zasobów wodnych zawartych w utworach trzeciorzędowych o wydajności 120,8 m<sup>3</sup> /h.

W utworach czwartorzędowych występuje jeden poziom wodonośny i związany jest z występowaniem piasków wodnolodowcowych leżących na utworach ilastych trzeciorzędu ( seria poznańska ) lub osadów rzecznych w dolinie Ścinawy Niemodlińskiej. Ze względu na płytkie występowanie i niewielkie własności izolacyjne warstwy nadległej jakość tych wód pozostaje wrażliwa na działanie powierzchniowych zanieczyszczeń i nie jest wykorzystywana do celów konsumpcyjnych, lecz do celów socjalno-bytowych. Zwierciadło wody w utworach czwartorzędowych ma przeważnie charakter swobodny i stabilizuje się w rejonie miejsca przyszłych robót geologicznych na głębokości od 2,9m p.p.t ( studnia na posesji przy ulicy Zamkowej nr 2 ) do 1,8m p.p.t. ( ul. Zamkowa nr 3 ).

Teren projektowanych robót znajduje się poza granicami Głównych Zbiorników Wód Podziemnych wymagających szczególnej ochrony ( zał. nr 7 ).

Przypuszczalny profil geologiczny w miejscu projektowanych prac przedstawiono na

schemacie konstrukcji otworu wiertniczego ( zał. nr 9 ).

## **6. Opis i uzasadnienie liczby, lokalizacji oraz długości projektowanych otworów**

Zabytkowy charakter drzewostanu występujący w obrębie działki i z tym związana ograniczona powierzchnia terenu przeznaczona do wykorzystania pod pionowy kolektor ciepła zmusza wykonawcę do wiercenia stosunkowo długich otworów, aby umożliwić przejście odpowiedniej wielkości ciepła od ośrodka skalnego poprzez zwiększenie długości drogi medium grzewczego. Z powyższych względów planuje się wykonanie 86 otworów o długości nie przekraczającej głębokości 100m. Projektowane otwory nie będą przebijać granicy trzeciorzęd-kreda ze względu na większą odległość to tych utworów co wynika z przeprowadzonej analizy materiałów archiwalnych. Przeprowadzenie wierceń w zaproponowanym wymiarze nie spowoduje konieczności stosowania droższych narzędzi wiertniczych przeznaczonych do skał litych. Projektowane wiercenia skoncentrowane będą całkowicie w obrębie utworów nieskalistych trzeciorzędu i czwartorzędu.

Wybór miejsca wiercenia zostanie ustalony uwzględniając minimalną stratę ciepła medium grzewczego w rurociągach doprowadzających oraz usytuowanie względem pompy ciepła. Dopuszcza się niewielką zmianę lokalizacji otworów w obrębie działki ze względów technologicznych, przyczyn losowych oraz porastających drzew.

Pomiędzy poszczególnymi otworami zostanie zachowana niezbędna odległość około 8-10m po to, aby nie spowodować negatywnego oddziaływania schłodzonej cieczy na warunki temperaturowe otoczenia skalnego. W celu ograniczenia liczby przewodów transportujących czynnik grzewczy do budynków zaprojektowano pięć studni zbiorczych (S1–S5) z których studnia nr S3 łączyć będzie 18 pionowych sond gruntowych za pomocą rozdzielaczy, a pozostałe cztery (S1,S2,S4,S5) po 17 sond gruntowych. W związku z powyższym energia doprowadzana do budynków transportowana będzie 2 przewodami - zbiorczym zasilającym i powrotnym. Każda pompa ciepła będzie zasilana z oddzielnego dolnego źródła. Z uwagi na

niewielkie zagłębienie i dużą liczbę przebiegających obok siebie poziomych przewodów zbiorczych dolnego źródła nie uwzględniono poboru ciepła z przewodów poziomych. Precyzyjne wyliczenia parametrów całej instalacji grzewczej zawiera projekt techniczny.

## **7. Przewidywana konstrukcja otworów wiertniczych**

Na rysunku przedstawiono schematyczną konstrukcję otworu technologiczno-geologicznego ( zł. nr 9 ), którego założenia oparto na analizie dostępnych materiałów archiwalnych. Biorąc pod uwagę istniejące warunki naturalne, przewidywany koszt wierceń, bezpieczeństwo oraz ochronę środowiska opracowano schemat konstrukcji otworu technologicznego uwzględniający 100m długość całkowitą otworu w którym występują utwory czwartorzędu ( 4m ) oraz trzeciorzędu ( 96m ). Założono występowanie dwóch poziomów wodonośnych- czwartorzędowy o swobodnym lustrze wody na głębokości 2,5m p.p.t oraz trzeciorzędowy występujący na głębokości 83m p.p.t, którego napięte lustro wody przewiduje się ustabilizować na głębokości około 10m pod powierzchnią terenu.

## **8. Opis zamykania horyzontów wodonośnych**

W przelocie głębokości 0,0 – 5,0 m p.p.t. wiercenie zostanie przeprowadzone metodą obrotową w wiertniczych rurach osłonowych (konduktor)  $\phi$  245mm. Konduktor zostanie odizolowany mleczkiem iłowym umieszczonym w odcinku od powierzchni do głębokości 5,0m w przestrzeni roboczej pomiędzy ścianą otworu a rurą roboczą celem zabezpieczenia przed niekontrolowanym wypływem płuczki w czasie wiercenia oraz izolacją I poziomu wód gruntowych. Po zapuszczeniu przewodów i wypełnieniu otworu gęstą płuczka iłową rury osłonowe zostały wyciągnięte.

Do głębokości końcowej ( 100m ) wiercenie zostanie prowadzone bez rur osłonowych świdrem trójpiórowym skrawającym typu BM 149 mm na tzw. „prawy obieg” z zastosowaniem płuczki polimerowo-bentonitowej o odpowiedniej gęstości zapewniającej

izolację niższego horyzontu wodonośnego oraz stabilność ścian otworu w czasie wiercenia.

Po zapuszczeniu węży ciśnieniowych otwory wypełnione będą gęstą zawiesiną ilową charakteryzującą się dobrym przewodnictwem cieplnym - mieszaniną bentonitu (np. TERMOROTAS 1000-12000kg/m<sup>3</sup>), która uniemożliwia migrację wód między warstwami i poziomami wodonośnymi tworząc szczelną izolację.

Ze względu na koszty wykonania instalacji geotermicznej nie przewiduje się trwałego rurowania otworów ( otwory „bose” ).

## **9. Sposób likwidacji otworów nie spełniających wymagań technologicznych oraz rekultywacja gruntów**

Nie przewiduje się likwidacji wykonanych otworów geotermicznych spełniających zakładaną funkcję. Otwory wiertnicze, które z różnych względów naturalnych i technicznych ( skrzywienie przewodu, pozostawienie narzędzia w otworze, urwanie przewodu, napotkanie w trakcie wierceń trudnościeralne głązy narzutowe) nie spełniają warunków koniecznych do wykorzystania eksploatacyjnego zostaną zlikwidowane. Zasadnicza część profilu zlikwidowana zostanie przez wypełnienie urobkiem z zachowaniem sekwencji przewiercanych warstw oraz żwirem, natomiast ostatnie 5 m profilu zostanie zacementowane. Ze względu na ochronę wód podziemnych oraz wysoki koszt nie przewiduje się cementacji otworów na całej długości. Przed rozpoczęciem wierceń zostanie zdjęta wierzchnia warstwa gruntu i zdeponowana na pryzmie. Roboty związane z wierceniem otworów technologiczno-geologicznych nie spowodują wytwarzania odpadów. Powstałe zwierciny zostaną użyte do niwelacji terenu wokół otworów, którego powierzchnia zostanie przykryta warstwą uprzednio usuniętego humusu.

## **10. Opis stosowanej metody wykorzystującej ciepło ziemi do ogrzewania obiektów oraz określenie zakresu obserwacji i pomiarów geologicznych**

Na podstawie licznych badań geofizycznych ustalono, że w Polsce skały do głębokości około 20 m od powierzchni ziemi podlegają okresowym, dobowym i rocznym zmianom temperatury. Przyjmuje się, że na głębokości 20m panuje temperatura równa średniej rocznej temperaturze powierzchni ziemi. Poniżej tej głębokości następuje stały wzrost temperatury zgodnie z gradientem geotermicznym. Dla obszaru wykonywanych prac przyjmuje się wzrost temperatury skał o 3°C na każde 100 m głębokości (wg S. Plewy, 1966). Dla szerokości geograficznej Niemodlina temperatura średnia roczna wynosi około 8°C (na podstawie mapy geotermicznej wg S. Plewy - 1966). Taką temperaturę przewiduje się zastać na głębokości około 20 m. Na głębokości 100m wynosić będzie około 10,5°C. Jej wielkość zależna jest od wielu czynników. Są to rodzaj skał, ich gęstość, wilgotność i uwarstwienie. Po przerwaniu cyrkulacji płuczki wiertniczej przyjmuje ona temperaturę otaczającego środowiska skalnego. Czas ustalenia się równowagi termicznej przyjmuje się po upływie około 10 dni. Prędkość przyjmowania temperatury przez płuczkę nie jest jednakowa, zależy ona od przewodności temperaturowej skał. Grunt wilgotny, ilasty jest korzystniejszy niż kamienisty lub suchy piasek, stąd do wypełnienia otworu stosuje się gęstą płuczkę ilową. Naturalne warunki gruntowe w miejscu projektowanych otworów wydają się z tego względu korzystne, gdyż około 70% skał w profilu pionowym stanowić będą różnego rodzaju utwory ilaste.

Do ogrzewania obiektów Zespołu Szkół w Tułowicach wykorzystane zostanie ciepło Ziemi, które zawarte jest w górotworze skalnym. W tym celu na dno otworu rurami polietylenowymi klasy PE 100 SDR11 o wymiarach 40 mmx 3,7mm zatłaczane zostanie medium grzewcze, które pobiera ciepło od górotworu i powraca na powierzchnię, gdzie na parowniku w pompie ciepłej oddaje ciepło wykorzystywane następnie do celów grzewczych. Ciepło odebrane z gruntu za pośrednictwem roztworu glikolu, którego obieg jest wymuszony pompą obiegową dolnego źródła, zostanie przetransportowane przez pompy ciepła na wyższy poziom temperatury do tzw. górnego źródła ciepła. W konstrukcjach pomp ciepła wykorzystuje się dwa zjawiska fizyczne:

- temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia,
- podczas odparowywania cieczy ciepło jest pobierane, a podczas skraplania pary ta sama ilość jest oddawana.

W pompach ciepła doprowadza się do parowania cieczy przy niskiej temperaturze co powoduje pobieranie poprzez specjalne wymienniki ciepła z otoczenia (z ogrzanego przez górotwór medium). Sprężanie pary powoduje wzrost jej temperatury, następnie parę rozpręża się wywołując jej skraplanie i oddawanie ciepła do instalacji c.o i c.w.u.

Górnym źródłem ciepła dla budynku będą pompy ciepła typu glikol – woda (szczegóły techniczne instalacji grzewczej zostały przedstawione w projekcie technicznym).

Dolnym źródłem dla pomp ciepła będzie gruntowy kolektor pionowy. W związku z tym zakłada się wykonanie otworów technologicznych o łącznej długości 8600m, w których zostanie umieszczona rura polietylenowa w konfiguracji „U” (zał. nr 9). Poszczególne odwierty będą połączone izolowanymi odcinkami poziomymi rurociągu umieszczonymi około 1,5m m poniżej powierzchni terenu (poniżej poziomu zamrzania gruntu) a końce rur doprowadzone będą do pięciu studni zbiorczych (S1- S5) z których każda łączyć będzie odpowiednio po 18 i 17 pionowych sond gruntowych za pomocą rozdzielaczy. W związku z powyższym energia doprowadzana do budynku transportowana będzie 2 przewodami zbiorczymi - zasilającym i powrotnym. Całość kolektora pionowego po przeprowadzeniu próby szczelności zostanie wypełniona 30% roztworem wodnym glikolu propylenowego z dodatkami antykorozyjnymi – neutralnego dla środowiska naturalnego i ulegającego biodegradacji, charakteryzującym się obniżoną temperaturą krzepnięcia lub 60% roztworem alkoholu etylenowego.

Do zadań nadzoru geologicznego w trakcie wierceń technologiczno-geologicznych przy realizacji omawianej inwestycji należy opis profilu geologicznego wraz z charakterystyką przewiercanych warstw wodonośnych i ich sposobem izolacji, odnotowanie faktycznej ilości, głębokości i średnic otworów oraz pomiar temperatury na dnie. Nadzór techniczny w trakcie robót powinien dokumentować ilość substancji wypełniającej kolektor, długość kolektora, rodzaj pompy ciepła, obliczonej mocy instalacji w kW, wyniki wykonanych prób ciśnieniowych układu oraz sposób kontroli pracy systemu.

Wyniki przeprowadzonych obserwacji oraz badań powinny zostać przedstawione w Dokumentacji prac geologicznych w celu wykorzystania ciepła Ziemi ( Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innej dokumentacji geologicznych Dz. U. Nr 282 poz. 1656 ).

## **11. Wyszczególnienie zakresu niezbędnych robót geodezyjnych**

W związku z przewidywanym wykonaniem dokumentacji powykonawczej ( Dokumentację prac geologicznych w celu wykorzystania ciepła Ziemi - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innej dokumentacji geologicznych Dz. U. Nr 282 poz. 1656 ) zawierającej przedstawienie wyników robót planuje się dokonać niezbędnych pomiarów geodezyjnych. Wszystkie otwory wykorzystane do celów grzewczych powinny zostać dowiązane do lokalnego układu wysokościowego i nadane im odpowiednie współrzędne. Zestawienie wyników powinno zostać przedstawione w postaci operatu pomiarowego oraz mapy dokumentacyjnej. Ze względu na to, iż pionowe i poziome odcinki kolektora gruntowego stanowią istotne elementy uzbrojenia podziemnego, ich usytuowanie oraz przebieg należy w sposób trwały oznaczyć na mapach geodezyjnych.

Prace geodezyjne należy wykonać pod nadzorem uprawnionego geodety.

## **12. Określenie harmonogramu projektowanych robót geologicznych, w tym terminów rozpoczęcia i zakończenia oraz rodzaju dokumentacji geologicznej zawierającej podsumowanie wykonanych robót**

Odwiercenie 86 otworów technologicznych o łącznej długości 8600m trwać będzie do około 6 miesięcy. Termin rozpoczęcia prac planuje się nie wcześniej niż po upływie 1 miesiąca od dnia złożenia projektu robót geologicznych, jeżeli organ administracji geologicznej nie wniesie sprzeciwu. Na opracowanie dokumentacji geologicznej przewiduje



się około 1 miesiąca po zakończeniu prac terenowych. Dokumentację prac geologicznych w celu wykorzystania ciepła Ziemi (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innej dokumentacji geologicznych Dz. U. Nr 282 poz. 1656 ) w 3 egzemplarzach przekaze Staroście Strzeleckiemu podmiot finansujący prace geologiczne.

### **13. Przedsięwzięcia niezbędne dla wyeliminowania zagrożeń środowiska oraz określenie oddziaływania zamierzonych robót geologicznych na obszary chronione w tym obszary Natura**

Pompy ciepła są wykorzystywane ( w zależności od rodzaju wersji ) jako instalacje grzewcze, chłodnicze, klimatyzacyjne. Podstawowym urządzeniem w tej instalacji jest pompa ciepła, działająca na zasadzie lodówki. Wykorzystuje ona energię cieplną zgromadzoną w środowisku naturalnym, energię w pełni odnawialną. Jej użytkowanie jest proekologiczne, w pełni zgodne z polityką energetyczną przyjętą w Unii Europejskiej, propagującą uzyskiwanie energii odnawialnej. Nie wymaga ona żadnego paliwa ani instalacji kominowej, nie emituje do środowiska naturalnego odpadów czy to w postaci gazów, pyłów czy też szkodliwych cieczy. Jest ona w pełni zautomatyzowana, bezpieczna i cicha. Nowoczesna i niezawodna automatyka, w jaką jest system wyposażony, umożliwi optymalną produkcję energii z uwzględnieniem zmian pogodowych. Wyposażenie obiektów Zespołu Szkół w Tułowicach w nowoczesny, ekologiczny systemem ogrzewania przyczyni się w zdecydowany sposób do poprawy ochrony tak cennego zespołu przyrodniczego najbliższej okolicy.

Podczas prac wiertniczych należy podjąć niezbędne środki zapobiegające infiltracji do gruntu paliwa i innych substancji ropopochodnych. Zestaw wiertniczy należy sprawdzić pod względem szczelności poszczególnych podzespołów. Stwierdzone usterki należy usunąć.

Wszelkie wycieki należy na bieżąco neutralizować, grunt objęty skażeniem wyciekami należy wymienić. Na terenie objętym pracami zabrania się mycia pojazdów mechanicznych, porzucania wszelkich odpadów. Teren projektowanych robót należy ograniczyć do niezbędnej powierzchni wymaganej dla bezpiecznego ich prowadzenia. Przed rozpoczęciem robót

wiertniczych należy z całego terenu przewidzianego na usytuowanie kolektora gruntowego zdjąć wierzchnią warstwę ziemi i złożyć ją w przyłomie poza placem. Ziemia ta zostanie wykorzystana na przywrócenie poprzedniego stanu terenu po zakończeniu prac.

Wiercenia technologiczno-geologiczne można prowadzić wiertnicą hydrauliczną metodą mechaniczno-obrotową z płuczką w obiegu zamkniętym, z prawym krążeniem. Płuczka przepływać będzie przewodem wiertniczym na dół otworu i stamtąd poprzez przestrzeń pierścieniową między ścianą otworu a przewodem wynosić będzie zwierciny na powierzchnię. Wypływająca płuczka kierowana będzie poprzez koryto z przegrodami do dołu płuczkowego. Osadzone zwierciny zostaną wykorzystane do likwidacji dołu płuczkowego. Aby nie następował ubytek wody powodujący poniesienie poziomu wód gruntowych, dół płuczkowy wyłożony zostanie materiałem wodoszczelnym. Warstwa gleby pod dół płuczkowy zostanie zdjęta i wykorzystana następnie na przekrycie powierzchni po jego likwidacji.

W trakcie robót wiertniczych należy przestrzegać przepisy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi ( Dz.U. Nr 109, poz. 961).

W odległości około 250m na wschód od miejsca planowanej inwestycji występuje jedno z pięciu enklaw obszarów chronionych siedlisk „Bory Niemodlińskie” ( Kod obszaru: PLH16-01 ) wchodzących w skład sieci Natura 2000 ( zał. nr 8). Przedmiotem ochrony tego fragmentu „Borów Niemodlińskich” są zbiorowiska torfowiskowe, łąkowe i grądowe. W odniesieniu do tego typu obszarów istotną ochrony jest zachowanie w stanie nienaruszonym stosunków wodnych w środowisku gruntowym utworów czwartorzędowych. W związku z powyższym projektowane wiercenia prowadzone będą w rurach osłonowych izolujących mleczkiem iłowym odcinek od powierzchni do głębokości występowania stropu iłów trzeciorzędowych ( około 5m ). W ten sposób przestrzeń robocza pomiędzy ścianą otworu a rurą osłonową będzie zabezpieczona przed niekontrolowaną ucieczką płuczki w czasie wiercenia oraz będzie skutecznie izolować I czwartorzędowy poziom wód gruntowych. Wiercenia będą prowadzone wyłącznie przy użyciu płuczki iłowej o obojętnym wpływie na środowisko gruntowo-wodne w zamkniętym obiegu. Projektowane roboty geologiczne ze

względu na oddalenie i znikomy wpływ planowanych czynności przy realizacji inwestycji pozostają bez wpływu na pozostałe części obszarów chronionych „Bory Niemodlińskie”.

W obrębie Gminy Tułowice występują 3 Główne Zbiorniki Wód Podziemnych ( GZWP) wymagających szczególnej ochrony ( zał. nr 7 ). Są to :

335 - Zbiornik Krapkowice – Strzelce Opolskie – w obrębie osadów triasu dolnego,

337 - Dolina kopalna Lasy Niemodlińskie – w obrębie utworów czwartorzędu,

338 – Subzbiornik Paczków – Niemodlin – w obrębie utworów trzeciorzędu.

Z pośród wymienionych największe znaczenie dla mieszkańców Gminy Tułowice posiada trzeciorzędowy GZWP ( 338 ). Rejon projektowanych robót geologicznych znajduje się w odległości około 300 na południe od jego północno-wschodniej granicy ( zał. nr 7 ).

#### **14. Opis przedsięwzięć technicznych, technologicznych i organizacyjnych mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa powszechnego, bezpieczeństwa pracy i ochrony środowiska**

Projektowane przedsięwzięcie polegające na wierceniu otworów technologiczno-geologicznych nie stwarzają zasadniczych zagrożeń dla zdrowia i życia ludzkiego. Wokół terenu wykonywania robót geologicznych należy wyznaczyć strefę zakazu przebywania osób postronnych, aby nie spowodować przypadkowego kontaktu ludzi z elementami będącymi w ruchu.

Do zagrożeń mogących wystąpić w czasie prowadzenia robót geologicznych należy zagrożenie pożarowe. Źródłem zagrożenia pożarowego mogą być czynniki egzotermiczne, które stanowią materiały łatwopalne tj. oleje, paliwa, smary stosowane w używanym sprzęcie. W urządzeniach zainstalowane będą gaśnice śniegowe i proszkowe oraz koce azbestowe, legalizowane co pół roku przez uprawnioną osobę. Urządzenie wiertnicze wyposażone jest w instrukcje p. pożarowe. Obsługa urządzenia wiertniczego zostanie przeszkolona w zakresie bezpieczeństwa pożarowego.

Wykonawca robót geologicznych zatrudni pracowników mających aktualne badania

lekarskie i posiadających odpowiednie uprawnienia zawodowe. Pracownicy zostaną powiadomieni o planowanym zakresie, sposobie i terminie wykonania robót geologicznych. Pracownicy podejmą prace po przeszkoleniu przez osobę uprawnioną. W czasie wykonywania prac będą stosować się do zasad bhp oraz do poleceń osób uprawnionych do dozoru pracami geologicznymi. W terenie będzie ustawiony barakowóz do zapewnienia bieżących potrzeb socjalno-bytowych pracowników.

W trakcie robót geologicznych nie przewiduje się wydobywania i zagospodarowania kopaliny.

Prace terenowe wykonywane będą wyłącznie w ciągu dnia.

#### **A . Ochrona powierzchni**

Podczas prac wiertniczych zostaną podjęte niezbędne środki zapobiegające infiltracji do gruntu paliwa i innych substancji ropopochodnych. Zestaw wiertniczy zostanie sprawdzony pod względem szczelności poszczególnych podzespołów. Stwierdzone usterki zostaną usunięte. Ewentualne wycieki na bieżąco będą neutralizowane, grunt objęty skażonymi wyciekami zostanie wymieniony.

Przedsiębiorca realizujący przedmiotową inwestycję zobowiązany jest przestrzegać treść przepisów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. Nr 109, poz. 961).

#### **B. Ochrona wód powierzchniowych**

Technologia głębinienia otworów technologiczno-geologicznych z użyciem płuczki ilowej nie spowoduje powstania skażeń wód powierzchniowych. Odcinki przypowierzchniowe otworu będą izolowane mleczeniem ilowym oraz za pomocą rury roboczej.

#### **C. Ochrona wód podziemnych**

W otworze nie będą prowadzone żadne badania, które naruszyłyby stosunki wodne omawianego terenu lub spowodowałyby skażenie wód gruntowych.

#### **D. Ochrony powietrza. Nie dotyczy.**

#### **E. Ochrona przed hałasem i wibracjami**

Zwiększone oddziaływanie hałasu odczuwalne będzie jedynie w okresie głębiania otworu ze względu na wykorzystanie specjalistycznego sprzętu.

#### **F. Ochrona przed odpadami**

Działalność związana z wykonywaniem otworów technologicznych nie spowoduje wytwarzania odpadów. Powstałe zwierciny w trakcie wykonywania otworów zostaną użyte do niwelacji terenu wokół otworu a następnie przykryte warstwą humusu.

### **15. Podsumowania i wnioski**

1. Projekt robót geologicznych opracowano na zlecenie Pana Wiesława Kapicy reprezentującego firmę K&K Technika Grzewcza i Sanitarna , realizującą projekt instalacji grzewczej wykorzystującej ciepło Ziemi do ogrzewania obiektów Zespołu Szkół w Tułowicach przy ulicy Zamkowej 15.

2. Projekt robót geologicznych wykonany przez Przedsiębiorstwo Usługowo-Handlowe "Geoida" s.c. M. Hlubek, T. Gajda z Olzy zawiera opis budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych oraz przedsięwzięć i badań mających na celu prawidłowe zrealizowanie inwestycji budowlanej ( instalacja grzewcza wykorzystująca ciepło Ziemi ) bez negatywnych skutków na środowisko.

3. Przejęcie ciepła od górotworu planuje się poprzez wykonanie 86 otworów o długości nie przekraczającej 100 metrów skoncentrowanych całkowicie w obrębie utworów nieskalistych czwartorzędu i trzeciorzędu.

4. Schematyczną konstrukcję otworu wiertniczego dostosowano do przypuszczalnego profilu litologicznego warstw, którego założenia oparto na dostępnych opracowaniach geologicznych, analizie materiałów archiwalnych oraz doświadczeniach i badaniach własnych.

5. Otwory technologiczno-geologiczne, które z różnych względów naturalnych i technicznych nie spełniły warunków koniecznych do wykorzystywania badawczego przewiduje się zlikwidować przez wypełnienie urobkiem z zachowaniem sekwencji

przewierconych warstw a ostatnie przypowierzchniowe 5 m profilu przez cementację.

6. Dokumentację prac geologicznych w celu wykorzystania ciepła Ziemi ( Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innej dokumentacji geologicznych Dz. U. Nr 282 poz. 1656 ) w 3 egzemplarzach przekazuje Staroście Strzeleckiemu podmiot finansujący prace geologiczne.

7. Upoważnia się dozór geologiczny do bieżącego korygowania zakresu projektowanych robót w zależności od napotkanych warunków gruntowo-wodnych.

8. Projekt robót geologicznych zatwierdza się na okres 12 miesięcy.

9. Projekt robót geologicznych zostaje przekazany w dwóch egzemplarzach przez podmiot finansujący jego wykonanie w Starostwie Powiatowym w Opolu celem dokonania zgłoszenia.

## 16. Spis literatury

- Ustawa z dnia 18 lipca 2001r. - **Prawo wodne** ( Dz. U. Nr 115 poz. 1229 z późn. zm. )
- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011r.- **Prawo geologiczne i górnicze** ( Dz. U. Nr 163, poz.981).
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011r. **w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót których wykonanie wymaga uzyskania koncesji** ( Dz. U. Nr 288, poz. 1696 )
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. **w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi**
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011r. **w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innych dokumentacji geologicznych** ( Dz. U. Nr 282 poz. 1656 ).
- Hydrogeologia Ogólna – Zdzisław Puzdro- Wydawnictwa geologiczne , Warszawa 1977
- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski- arkusz Niemodlin (872) z objaśnieniami**  
opracowanie PIG Warszawa – 2001r.
- Mapa Geologiczno-Gospodarcza Polski arkusz Niemodlin (872) z objaśnieniami** -  
opracowanie PIG Warszawa – 1998r.
- Praca zbiorowa pod redakcją Z. Fajkiewicza “Zarys geofizyki stosowanej”**