

## BADANIA GEOLOGICZNE POD KĄTEM BUDOWY METRA W WARSZAWIE W LATACH 1950–1954

UKD 550.8:551.782.2/.79:625.421:624.191.1(438.11)''1950/1954'':[550.822(084.28)

Sprawa budowy metra i związanych z nią badań geologicznych w Warszawie ma już kilkudziesięcioletnią historię. O ile w latach 1927–1929 opracowanie materiałów wiertniczych i opiekę naukową powierzono Zakładowi Geologii i Paleontologii Uniwersytetu Warszawskiego, to w drugim etapie i w pracach po 1946 r. uczestniczą geolodzy Państwowego Instytutu Geologicznego. W wymienionym w tytule artykule okresie badań, gdy budowa metra w Warszawie uznana została za jedno z priorytetowych zadań państwowych, zaangażowano geologów i techników geologów do współpracy z „Metroprojektem”. Okres badań 1950–1954 stanowi poważny i twórczy rozdział działalności instytutu i dotychczas nie został z punktu widzenia prac geologicznych podsumowany. Częściowym wypełnieniem tej luki jest niniejszy artykuł uwzględniający posiadany materiał archiwalny z okresu uczestnictwa autora w 5-letnich badaniach metra<sup>1</sup>.

Pierwsze wiercenia dla projektów metra w Warszawie podjęto w latach 1927–1929 na trasie od Muranowa do pl. Unii i z Woli na Pragę. Wykonano wtedy na przewidzianej trasie w odstępach 200-metrowych 89 otworów do głębokości ok. 30 m i 10 głębszych otworów studialnych. Ze względu na trudności finansowe związane z ogólnopolskim kryzysem w latach 1930–1933 nie przystąpiono do robót budowlanych. Wyniki przeprowadzonych wierceń podsumowano w publikacjach: J. Lewińskiego (8) oraz J. Lewińskiego i S.Z. Różyckiego (9), a jednocześnie wykorzystano je w ogłoszonej w 1936 r. przez Z. Sujkowskiego i S.Z. Różyckiego syntezie pt. „Geologia Warszawy”, zawierającej zespół map w skali 1:10 000 i kilka tablic przekrojów (18).

<sup>1</sup> Pismem z dnia 15 lipca 1949 r. – Minister Górnictwa i Energetyki mianował dr E. Rühlego rzeczoznawcą z ramienia MGIE do opiniowania projektu SKM. W rok później decyzją dyrektora PIG – J. Czarnockiego został on dokooptowany do zespołu PIG prowadzącego w ramach „Metroprojektu” badania geologiczne. W końcowym etapie projektowania „Metra”, zgodnie z życzeniem przewodniczącego Rady Technicznej „Metrobudowy” mgr inż. S. Zelenta, autor artykułu wraz z doc. mgr inż. H. Stomatellą opracował w listopadzie 1953 r. koreferat oceniający całość prac nad projektem technicznym I etapu „Metra” w Warszawie.

Projekty budowy metra w Warszawie podjęto ponownie w 1938 r., organizując Biuro Studiów Kolei Podziemnej i wykonano drugą serię otworów badawczych. Ponieważ interpretacja wyników wierceń z lat 1927–1929 nasuwała wiele dyskusyjnych ocen, przede wszystkim na temat geotechnicznej przydatności „iłów plioceńskich”, w nowym projekcie badań zaplanowano otwory w odstępach 100 m i do 50 m głębokości. Dla uniknięcia wątpliwości co do wartości budowlanej osadów plioceńskich, wykonanie studiów laboratoryjnych zlecono Drogowemu Instytutowi Budowlanemu. Wybuch działań wojennych 1939 r. przerwał prace, jednak wyniki wierceń zostały opublikowane przez H. Stomatellę w „Kronice Warszawy” (14).

Badania w 1938 r. przyniosły wiele nowych danych z zakresu oceny geotechnicznej i hydrogeologicznej. W pierwszym rzędzie potwierdziły się duże deniwelacje powierzchni osadów plioceńskich o różnej genezie. Coraz dokładniej rozpoznano budowę utworów czwartorzędowych. Jedną z ważnych ocen opartych na dokładnych obserwacjach profilu sedymentacyjnego osadów pliocenu (nazywanych ilami poznańskimi lub pstrymi), było stwierdzenie licznych nawodnionych warstw i soczewek pyłów piaszczystych i piasków. W ten sposób jak twierdzi H. Stomatello „podważona została hipoteza o wysokich zalecach budowlanych ilów plioceńskich”, występujących na dużych odcinkach projektowanej trasy metra w śródmieściu Warszawy, a którą jeden z autorów „Geologii Warszawy” a równocześnie znawca budowy geologicznej Londynu, utożsamiał z doskonałymi cechami dla budownictwa kolei podziemnej „London clay”.

Po przerwie wojennej w 1948 r. myśl budowy metra szybko odżyła. Zorganizowano w Warszawie „Biuro Budowy Szybkiej Kolei Podziemnej” i podjęto studia projektowe dla trasy biegnącej wzdłuż ulicy Marszałkowskiej, która po powstaniu leżała w gruzach. Fakt ten umożliwiał wykonanie płytkiego tunelu. Koncepcja ta ze względu na bezpieczeństwo obronnego nie została zaakceptowana. Podsumowując w 1948 r. aktualizację warunków na trasie N–S, przy wykorzystaniu istniejących materiałów dokumentacyjnych, opracowano ogólną jej charakterystykę z uwzględnieniem elementów geotechnicznych i hydro-



# BUDOWA METRA W WARSZAWIE

## Doniosłe postanowienie Prezydium Rządu

Prezydium Rządu powzięło w dniu 14 grudnia 1950 r. uchwałę, mającą niezmiernie doniosłe znaczenie dla DALSZEGO ROZWOJU BUDOWANEJ WYSIŁKIEM CAŁEGO NARODU STOLICY.

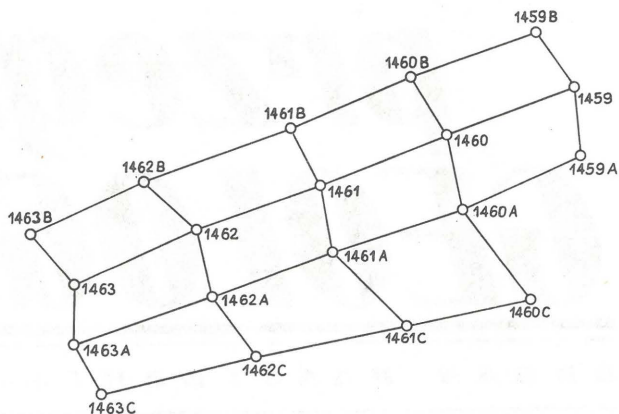
Rząd postanowił przystąpić niezwłocznie do budowy w Warszawie i Warszawskim Zespole Miejskim sieci komunikacyjnej typu metra. METRO WARSZAWSKIE ROZWIĄZE CAŁKOWICIE TRUDNOŚCI KOMUNIKACYJNE ROZWIJAJĄCEJ SIĘ STOLICY I WARSZAWSKIEGO ZESPOŁU MIEJSKIEGO.

dowa") pod kierunkiem nowo utworzonego Ministerstwa Budownictwa Przemysłowego. Przedsiębiorstwa państwowe „Metroprojekt” i „Metrobudowa” działać będą przy pomocy kadry specjalistów najwyższej kwalifikacji i zapatrzone będą w najnowocześniejszą maszynę, urządzenia i sprzęt.

Na budowę Metra Warszawskiego złożą się wysiłki wielu galezi przemysłu (budowy maszyny, elektrotech-

Ryc. 1. Informacja w „Życiu Warszawy” z 15 grudnia 1950 r. o budowie metra w Warszawie.

Fig. 1. Information about construction of the Warsaw underground published in Życie Warszawy newspaper on 15 December, 1950.



Ryc. 2. Lokalizacja wierceń badawczych na odcinku Próżna — Targowa (Plac Weteranów).

Fig. 2. Location of exploratory drillings in the Próżna — Targowa Street section (Plac Weteranów square).

geologicznych. Opinia ta trafnie określała warunki geologiczne, istniejące w Warszawie. Celowe będzie jej przypomnienie:

„ — budowa SKM na projektowanej trasie jest możliwa i technicznie wykonalna. Na niektórych jednak odcinkach trudności techniczne, wynikające z budowy geologicznej, będą znaczne;

— wybór trasy nie jest problemem zasadniczym pod względem geologicznym, gdyż skomplikowane podłoże Warszawy na każdej trasie stwarza podobne trudności. Wybór trasy powinien być dyktowany przede wszystkim względami komunikacyjnymi i urbanistycznymi;

— budowa powinna odbywać się o ile możności wykopem, unikając zbytniego zagłębiania się poniżej poziomu wód gruntowych oraz unikając ilów poznańskich na znaczniejszych głębokościach, gdyż mogą tam wystąpić trudne do opanowania strefy ilów plastycznych”.

W 1948 r. postulowano, że najlepsza jest trasa zagłębiona 12–16 m i budowana wykopem, natomiast największe trudności przewidywano na głębokości ok. 30 m. Zasadniczy zwrot w historii prac projektowych metra w Warszawie nastąpił w końcu 1950 r., gdy zapadła decyzja o budowie głębokiej.

### ORGANIZACJA BADAŃ GEOLOGICZNYCH METRA W LATACH 1950–1954

Data historyczną dla badań geologicznych omawianego etapu jest 14 grudnia 1950 r., kiedy to Prezydium Rządu R.P. powzięło uchwałę włączenia metra do inwestycji planu 6-letniego i 2 następnych planów gospodarczych. Minister komunikacji powołał Zarząd Budowy Metra i podporządkował mu dwa przedsiębiorstwa: Biuro Projektowania Metro — „Metroprojekt” oraz Przedsiębiorstwo Budowy Metro — „Metrobudowa”. Sprawy metra były systematycznie konsultowane ze specjalistami radzieckimi, a w dniu 20 grudnia 1951 r. została zawarta z rządem ZSRR umowa o dalszej pomocy technicznej dla metra warszawskiego (5).

Warto przy tej okazji zacytować wypowiedź dyrektora Zarządu Budowy Metra mgr inż. M. Krajewskiego (5): „Stoi przed nami wiele jeszcze zadań, trudnych i niecodziennych, nad rozwiązaniem których trzeba się będzie dobrze wysilić. Trzeba się będzie nie jeden raz zastanowić, zanim się raz postanowi. Rzykanctwo w budowie Metra to niebezpieczny wróg”.

Podjęta uchwałą rządu z dnia 14 grudnia 1950 r. decyzja budowy głębokiej metra w Warszawie pociągała konieczność przeprowadzenia szczegółowych badań dla ustalenia budowy geologicznej na głębokości 50 m, a

miejskami do 60 m. Nowa koncepcja spowodowała nie tylko potrzebę wykonania głębszych otworów, ale jednocześnie zmodyfikowała w szczegółach przebieg niektórych odcinków, gdyż prowadzenie tras w głębokim tunelu pozwalało na najtrafniejsze dostosowanie linii metra do potrzeb urbanistycznych. Sprawą o dużym znaczeniu było odpowiednie zaplanowanie siatki wierceń na trasach, stacjach, szybach i chodnikach szybowych. Przyjęto następujące ustalenia:

1. Na trasach zgodnie z biegiem tuneli, tj. między dwiema tubami wiercenia rozmieszczone były w odstępach 50 m, od nich zaś w dwu kierunkach 2 otwory boczne, w odległości 25 m. W tym ujęciu otrzymano materiał wiertniczy dla sporządzania 3 podłużnych przekrojów (całej trasy), na których wiercenia znajdują się co 50 m. Ponieważ tuby tunelu miały przebiegać średnio w odstępach około 10 m, więc każda z tub miała zaprojektowane z 2 stron przekroje geologiczne. Głębokość otworów ustalono na około 50 m z wahaniami ok. 10 m w zależności od głębokości główki szyny (ryc. 2).

2. Na stacjach siatkę otworów projektowano zagęścić do odstępów około 25 m między wierceniami. Na podstawie tak zaprojektowanych otworów można byłoby wykonać nie tylko przekroje podłużne i poprzeczne stacji, lecz również w miarę potrzeb o innym ukierunkowaniu (ryc. 3).

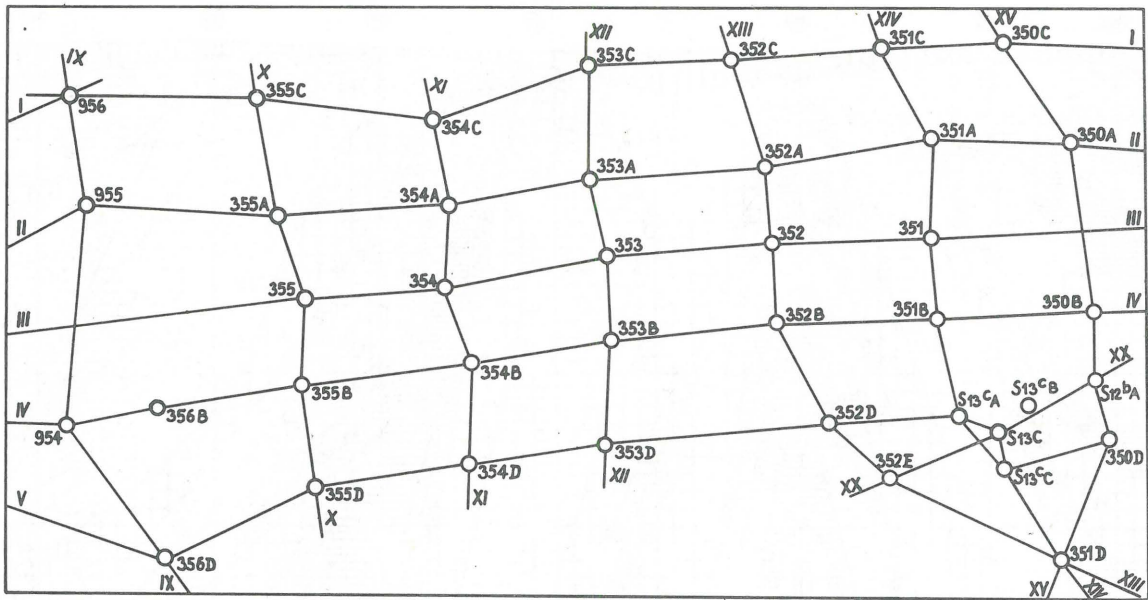
3. Przy szybach wiercenia wykonywano na wierzchołkach trójkąta, w który wpisany był obwód szybu. Trzy więc wiercenia rozmieszczane były w odstępach ok. 15 m; w wyjątkowo trudnych miejscach czwarty otwór w osi szybu. Rozmieszczenie otworów umożliwiało zestawienie trzech przekrojów w pobliżu ścian szybu i ewentualnie 3 poprzecznych. Głębokość wierceń sięgała 15 m poniżej dna podszybia.

4. Na chodnikach szybowych wiercenia wykonano w odstępach 50 m, lokalizując je na przemian po prawej lub lewej stronie chodnika. Głębokość wierceń 15 m poniżej główki szyny.

Przeprowadzenie badań powierzono zespołowi geologów Instytutu Geologicznego, który w ramach „Metroprojektu” tworzył pracownię „Geo”, na czele której stał doc. dr F. Rutkowski i mgr W. Rudkiewicz<sup>2</sup>. Prace prowadzono w 3 grupach specjalistycznych. Grupą pierwszą

<sup>2</sup> Stopnie naukowe geologów biorących udział w zespole podano z aktualnością 1950 r.





Ryc. 3. Lokalizacja wierceń badawczych na stacji metra „Dworzec Gdański”. Literą S oznaczono wiercenia szybowe.

Fig. 3. Location of exploratory drillings in area of the designed Dworzec Gdański station. S – shaft drillings.

prowadzącą badania litologiczno-genetyczno-stratygraficzne (podstawowe) kierował dr E. Rühle, we współdziałaniu z mgr J. Łyczewską i mgr D. Adamiec, a w końcowym okresie w pracach jej uczestniczył mgr L. Koter. Grupą geologiczno-inżynierską (geotechniczną) kierował mgr K. Guzik, a uczestniczyli w tym zespole: mgr O. Guzikowa, mgr L. Watycha, inż. J. Rytlewski oraz około 30 techników nadzoru wierceń z inż. Z. Kapeckim i J. Szewczykiem na czele, których obarczono odpowiedzialnością za pobór próbek skał i wód, wykonywanie obserwacji, właściwą likwidację otworów itd. Trzecią grupą – hydrogeologiczną kierował dr J. Gołąb wraz z asystentką mgr I. Bobrowską. Do wykonywania prac kreślarskich i innych czynności pomocniczych zatrudniono, podobnie jak geologów na zleceniach lub półetatowo „Metroprojektu”, kilku jeszcze pracowników pomocniczych. W ramach „Metroprojektu” oprócz pracowni „Geo”, zorganizowano zespół wiertniczy wyposażony w kilkadziesiąt ręcznych aparatów wiertniczych o zasięgu 70–80 m, a także stworzono specjalistyczne laboratorium gruntoznawcze, dość bogato wyposażone w aparaturę.

Szeroki zakres badań prowadzonych przez dziesiątki pracowników w różnych dziedzinach geologii, geotechniki, hydrogeologii wraz z przepisami regulującymi prace wiertnicze i pomiarowe, z pobieraniem i przechowywaniem próbek itd. wymagał ustalenia podstawowych przepisów i normatywów, których brak było w instruktażu służby geologicznej. Po kilku prowizorycznych instrukcjach i przeprowadzonych dyskusjach powielono dla ogólnego stosowania „Instrukcję wierceń badawczych dla obiektów inżynierskich”. Opracował ją powołany przez P. P. „Metroprojekt” Komitet Redakcyjny w składzie: przewodniczący inż. Z. Bocheński, referenci: dr J. Gołąb, mgr O. Guzik, inż. Zd. Kowalewski, dr E. Rühle, inż. J. Rytlewski. Instrukcja ta została zatwierdzona do stosowania przez dyrekcję Państwowego Instytutu Geologicznego i „Metrobudowę” (3).

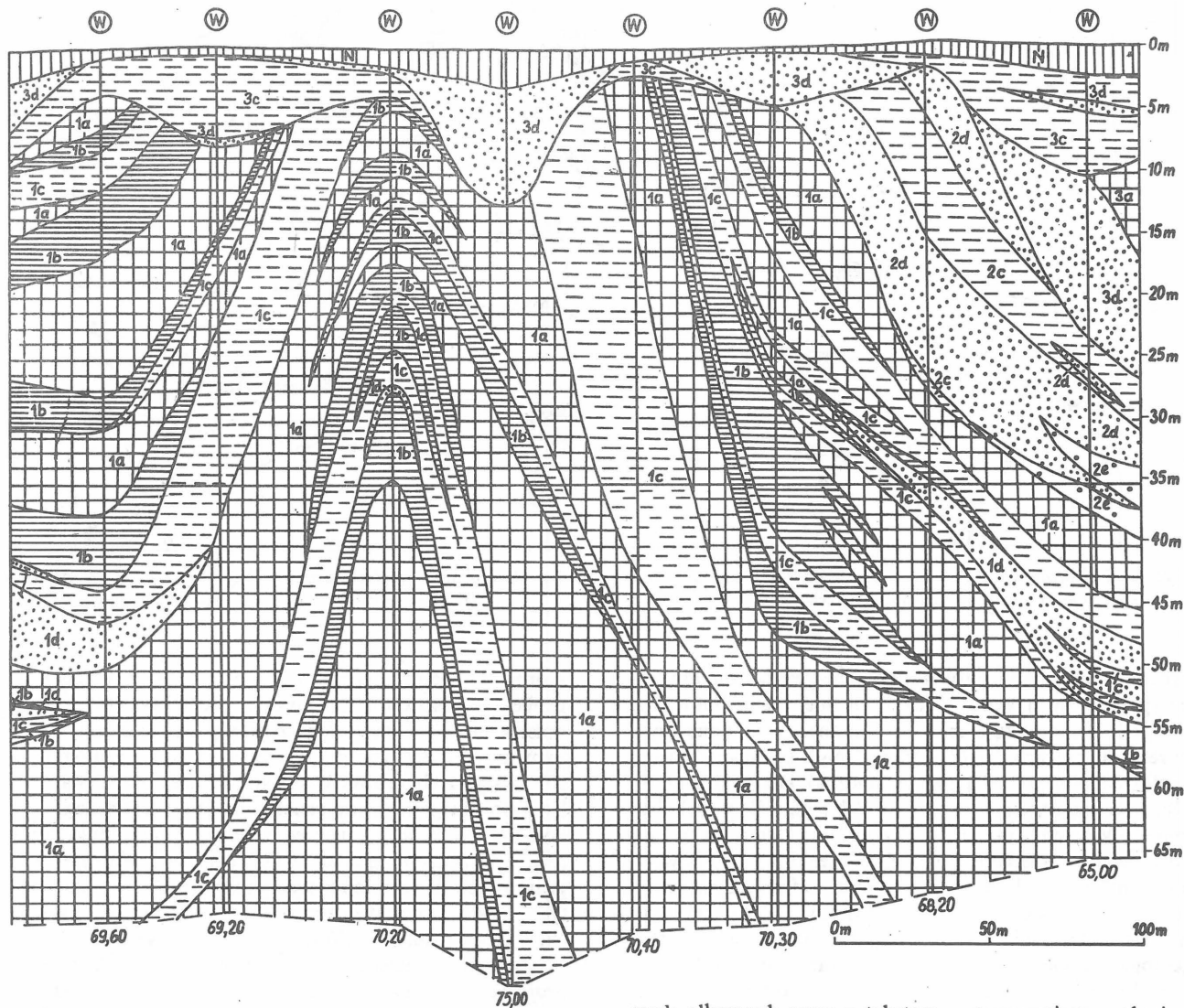
W omawianym okresie badań geologicznych dla potrzeb projektowania metra wykonano ok. 1700 otworów wiertniczych, o łącznej długości ok. 100 000 m. Średnio należy więc przyjąć, że 400 wierceń przypadało na 1 km<sup>2</sup> trasy metra. Pobrano ok. 200 000 próbek o strukturze naru-

szonej oraz 6000 próbek nienaruszonych, z czego 4000 próbek z osadów pliocenkich. Poza systematycznym opisem makroskopowym za pomocą lupy o 2 lub 3-krotnym powiększeniu – wykonanym przez 2 geologów w 90% wszystkich próbek o strukturze naruszonej dla ustalenia profilu litologiczno-genetyczno-stratygraficznego, wykonano ok. 30 000 oznaczeń z zakresu mechaniki gruntów. Sporządzono ponad 10 000 oznaczeń poziomu wód gruntowych i określono laboratoryjnie cechy chemiczne tych wód. Przeprowadzono kilkadziesiąt analiz składu chemicznego osadów (iłów, mułków, pyłów) pliocenkich.

Zgodnie z zaleceniami rzeczoznawców i koreferatu projektu wstępnego – zostały zestawione łącznie na jednym przekroju wszystkie elementy prac i badań, a więc budowa geologiczna (w której oznaczono stratygrafię, genezę i litologię), geotechniczna i hydrogeologiczna wraz ze wszystkimi wynikami i oznaczeniami badań laboratoryjnych. Umożliwiło to szybkie wyrobienie sobie ogólnego poglądu na budowę geologiczną. W ciągu 5 lat prac wiertniczych pobrane próbki były na bieżąco profilowane i analizowane, a następnie systematycznie zestawiane w formie map i przekrojów dla poszczególnych rejonów trasy oraz dla podjęcia budowy 17 szybów.

Końcowe wyniki badań, zestawione jako projekt techniczny I etapu budowy metra w Warszawie, składają się z około 300 przekrojów pionowych w skali 1:1000 przebiegających w 3 liniach wzdłuż trasy o ogólnej długości ok. 40 km. W rejonach projektowanych stacji wykonano dodatkowe przekroje podłużne w liczbie od 2 do 5 o łącznej długości ok. 14 km. Poza tym w skład dokumentacji wchodzi krótkie, ok. 50 m długości przekroje poprzeczne – w liczbie ok. 300, przecinające trasę co 50 m oraz kilkadziesiąt przekrojów ścian szybów. Opracowano je w skali poziomej 1:500 i pionowej 1:200. Dla ilustracji poziomego układu warstw wykonano około 60 planów w skali 1:500, dających przekroje (na różnych głębokościach, zalicznie od zagłębienia stacji lub trasy (w odstępach pionowych co 5 m. Jednym z ważnych elementów dokumentacyjnych była mapa całej trasy metra w skali 1:500 stropu pliocenu, zestawiona w poziomicach co 1 m.

Ostateczny projekt linii I etapu budowy metra przewidywał dwa odcinki: od pl. Komuny Paryskiej na pół-



Ryc. 4. Przekrój pionowy wzdłuż linii metra w okolicy stacji „Próżna”. W – miejsca wierceń. Skala pionowa w stosunku do poziomej – 4 × przewyższona.

Pliocen: 1<sup>a</sup> – ility zwięzłe, 1<sup>b</sup> – ility pylaste, 1<sup>c</sup> – mułki i piaski pylaste, 1<sup>d</sup> – piaski drobno- i średnioziarniste; preglacjał: 2<sup>a</sup> – ility zwięzłe, 2<sup>b</sup> – ility pylaste, 2<sup>c</sup> – mułki i piaski pylaste, 2<sup>d</sup> – piaski drobno- i średnioziarniste, 2<sup>e</sup> – piaski gruboziarniste i żwiry; czwartorzęd: 3<sup>a</sup> – gliny zwałowe, 3<sup>b</sup> – ility wstęgowe, 3<sup>c</sup> – mułki i piaski pylaste, 3<sup>d</sup> – piaski drobno- i średnioziarniste, 3<sup>e</sup> – piaski gruboziarniste i żwiry. N – nasypy.

Fig. 4. Vertical cross-section along the underground line in area of the designed Próżna station. W – drillings. Vertical exaggeration – × 4.

Pliocene: 1<sup>a</sup> – compact clays, 1<sup>b</sup> – silty clays, 1<sup>c</sup> – silty muds and sands, 1<sup>d</sup> – fine- and medium-grained sands; pre-Glacial: 2<sup>a</sup> – compact clays, 2<sup>b</sup> – silty clays, 2<sup>c</sup> – silty muds and sands, 2<sup>d</sup> – fine- and medium-grained sands, 2<sup>e</sup> – coarse-grained sands and gravels; Quaternary: 3<sup>a</sup> – varved clays, 3<sup>b</sup> – silty muds and sands, 3<sup>c</sup> – silty muds and sands, 3<sup>d</sup> – fine- and medium-grained sands, 3<sup>e</sup> – coarse-grained sands and gravels. N – embankments.

nocy, do pl. Unii Lubelskiej. Z linią tą na stacji „Próżna”, przy ul. Próżnej i pl. Dąbrowskiego projektowano odgałęzienie wschodnie w kierunku Pragi do ul. Targowej, z wylotem na Targówek i z boczną na Żerań. Ostateczna wersja dokumentacji tras metra opracowana została w pracowni geologiczno-inżynierskiej w „Metroprojekcie” w połowie 1953 r. Dokument ten zawarty w 18 obszer-

nych albumach wraz z tekstem – orzeczeniem geologicznym, geotechnicznym i hydrogeologicznym stanowi ostateczny wynik 5-letnich badań. Ponieważ projekt wstępny linii metra w Warszawie rozwiązywał wiele zagadnień dotąd w kraju nie znanych zwrócono się w 1953 r. o opinię do rzeczoznawców radzieckich, którzy opracowanie projektu w zasadzie ocenili pozytywnie.

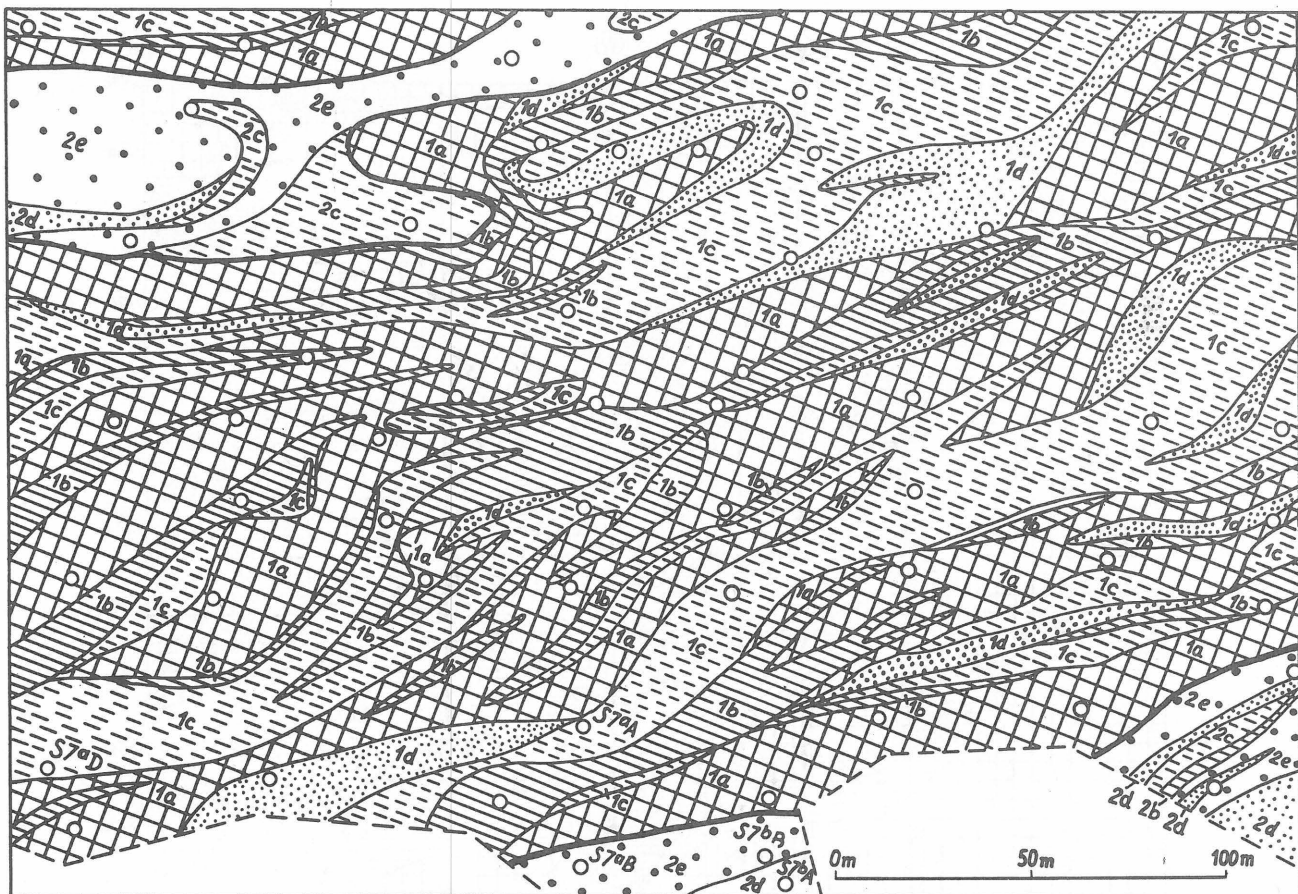
#### OCENA WYNIKÓW BADAŃ GEOLOGICZNYCH Z LAT 1950 – 1954

Obszerny zakres przeprowadzonych badań w pierwszej połowie lat 50-ych dał wiele nowych faktów, które w miarę coraz lepszego poznania litologii, genezy i stratygrafii przewierczanych utworów umożliwiły doskonalenie ogólnej interpretacji budowy geologicznej Warszawy. Największy postęp można zanotować w poznaniu profilu osadów pliocenu. Pogląd H. Stomatelli z 1938 r. i późniejsze na ten temat artykuły (14, 16) uzyskały dalsze argumenty dla trafnej ich charakterystyki litologicznej. Z kilkakrotnie uzgadnianych szacunków można przyjąć następujący udział poszczególnych frakcji w ogólnym profilu pliocenu:

ility zwięzłe	30%	piaski pylaste	15%
ility pylaste	25%	piaski drobnoziarniste	5%
mułki (pyły)	20%	piaski średnioziarniste	5%

W początku 1952 r. scharakteryzowano w następujących słowach osady pliocenu (12). „Wykazują one dużą





Ryc. 5. Przekrój poziomy na rzędnej „O” Wisły w okolicy stacji „Próżna” (objaśnienia znaków – ryc. 4).

Fig. 5. Horizontal cross-section at the level O of the Vistula River in vicinities of the Próżna station (explanations as given in Fig. 4).

zmienność w kierunku poziomym jak i pionowym. W wyniku dotychczasowych badań zarysowują się pewne rejon o przewadze frakcji ilastych (np. Śródmieście Warszawy) lub frakcji piaszczystych (np. Praga). Jeśli chodzi o zróżnicowanie w pionie, to na wykonanych kilkaset wierceń sięgających do 70 m w głąb pliocenu, ani jeden profil nie posiada jednolitego składu, a jest on miejscami bardzo zmienny. W pewnych profilach zmienność obserwuje się jako warstwy kilkumetrowe iłu związłego i iłu pylastego. W innych zmiana frakcji zachodzi często i to w warstewkach kilkumilimetrowej grubości. Zauważyć można pewną kolejność zmienności facjalnej. W dolnej części otworu występują kolejno warstwy iłu związłego, iłu pylasty, mułek, piasek pylasty i piasek drobny. W warstwach leżących powyżej następuje stopniowa zmiana grubości ziarn w podobnej kolejności, osiągając w stropie ił związły. Tego typu cykle sedimentacyjne w jednym otworze powtarzały się nieraz kilkakrotnie. Zmienność facjalna jest często regularna i w poszczególnych próbkach jednego profilu obserwuje się stopniowy wzrost lub zmniejszanie grubości ziarna, co wskazuje na częste lokalne zakłócenia cyklu sedimentacyjnego w wielkim zbiorniku słodkowodnym<sup>3</sup>.

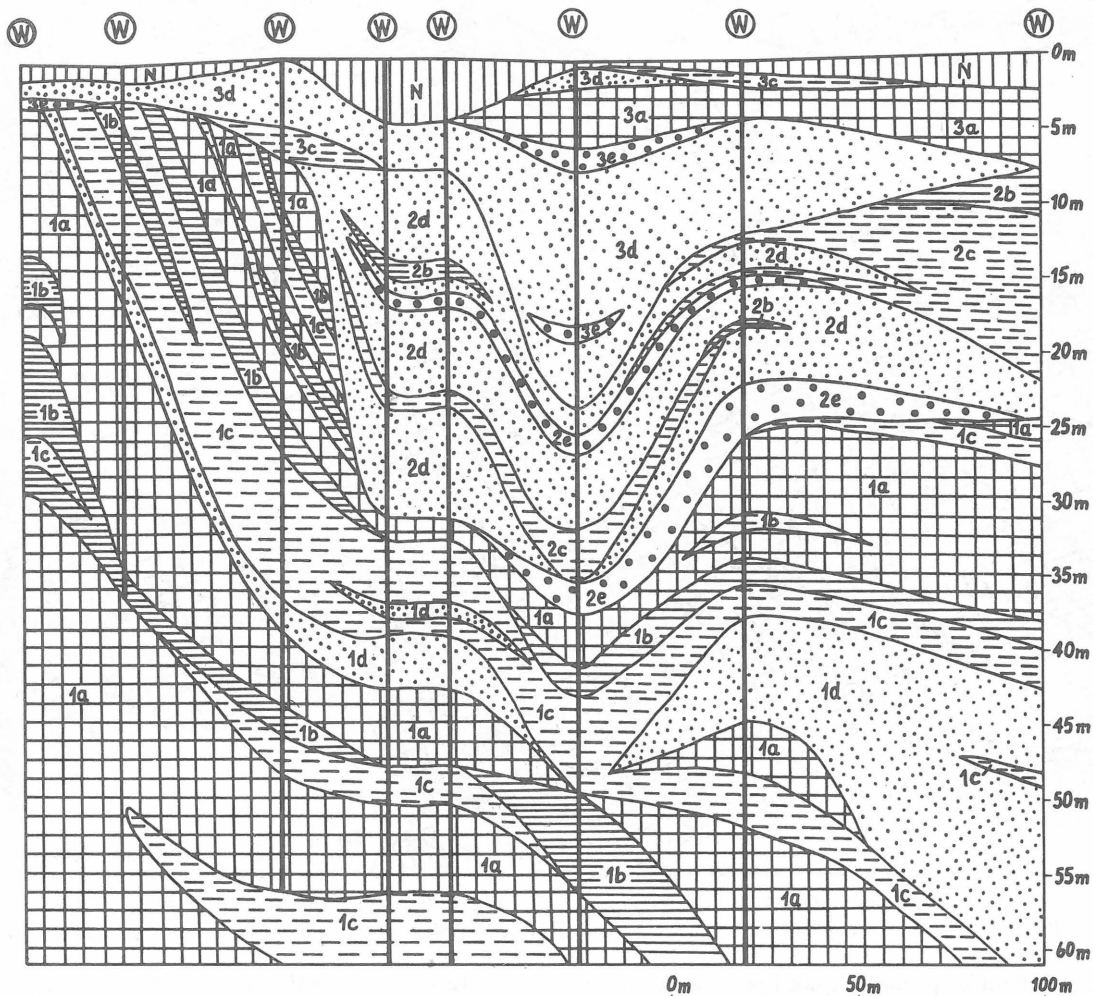
Zmiany sedimentacyjne osadów pliocenkich nie były przed 30 laty wiązane z głównymi przyczynami, jakimi są młode ruchy tektoniczne w strefie kontaktu dwu wielkich jednostek geotektonicznych, jakimi są zachodnie krańce platformy prekambryjskiej i kontakt jej z platformą paleozoiczną. Ogromny materiał dokumentacyjny pochodzący z badań geofizycznych i wierceń wykonanych w ostatnich dziesiątkach lat oraz publikacji na ten temat poważnie rozszerzyły nasze poglądy<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Powyższe zagadnienia zostaną przedstawione w innym artykule.

Osady plioceniczne w górnych warstwach wzniesienia Warszawy, ciągnącego się od północy krańców Żoliborza przy skrzyżowaniu ul. Włociańskiej z ul. Mickiewicza i dalej ku południowi wzdłuż ul. Nowotki i Marszałkowskiej do pl. Unii Lubelskiej, zostały zdyslokowane ruchami lądolodu. Przed 30 laty, podobnie jak obecnie, stały przed geologami nie tylko trudne i mało znane problemy sedimentacji pliocenu, lecz również komplikująca je glaci-tektonika.

Przykładów glaci-tektoniki w pracach metra znaleziono wiele. Trzeba jednak zaznaczyć, że skupiały się one głównie na osi wyniesienia osadów pliocenkich (o kierunku NWN na SES), mającego w Warszawie 8 km długości, a szerokość (ul. Krasińskiego i trasa W-Z) na poziomie Wisły („O”), niewiele przekracza 1 km, a na krańcach południowych (pl. Unii Lubelskiej) zwęża się do 0,75 km. Najbardziej klasyczne przykłady znajdujemy na stacji „Próżna” (ryc. 4–6).

W koreferacie E. Rühlego i H. Stomatelli (13) zakwestionowana została teza „dużej regularności” osadów pliocenu oraz możliwości prześledzenia i powiązania ich na terenie całej Warszawy. Pogląd taki reprezentowali niektórzy przedstawiciele zespołu geotechnicznego pracowni „Geo”. Jak wynika z licznych przykładów poziomy piaszczyste i pylaste (mułkowate) grubieją, to znów znacznie cienieją, składając się z kilku drobnych lub grubych warstw, które łączą się i wyklinowują często na przestrzeni dziesiątków metrów. Mimo dość licznych badań geotechnicznych osadów pliocenkich (1100 oznaczeń ścisłości gruntu) wykonanych po konsultacji projektu wstępnego w Moskwie, zwrócono stosunkowo małą uwagę na ich skład mineralny. Badania te mają bowiem dość duże znaczenie



Ryc. 6. Przekrój pionowy wzdłuż linii metra na wzniesieniu warszawskim w okolicy stacji „Próżna”, ilustrujący układ osadów „preglacialnych” (objaśnienia jak na ryc. 4).

Fig. 6. Vertical cross-section along the underground line through the Warsaw elevation in vicinities of the Próżna station, showing arrangement of „Periglacial” sediments (explanations as given in Fig. 4).

dla określenia prawdopodobieństwa pęcznienia iłów w powiązaniu z oznaczeniem ściśliwości.

Interpretacja genezy i ukształtowania powierzchni osadów pliocenских była na ówczesnym stanie wiedzy złożonym problemem, wynikającym z jednej strony z sugestii tektonicznych zawartych w publikacji J. Lewińskiego (7), jak i czynników egzogenicznych, wśród których dominującą rolę miało kilka etapów erozji czwartorzędowej, szczegółowo rozpoznanych w publikacjach regionalnych (J. Lewiński – 8; oraz inni autorzy).

Odnosnie do stratygrafii czwartorzędu w badaniach metra wyraźnie rozgraniczono w opisach, zgodnie z ówczesnymi poglądami, osady tzw. „preglacialne”, a ponad nimi osady środkowego i górnego plejstocenu. W opisie plejstocenu stosowano nomenklaturę stratygraficzną W. Szafera (1928), tj. cracovien, varsovien itd. oraz w nawiasach podano nazewnictwo międzynarodowe (mindel, riss itd.).

Jakkolwiek osady „preglacialne” z publikacji J. Lewińskiego (8) i innych autorów (9, 18) były dobrze znane, to jednak wykonanie na trasach metra około 200 dalszych otworów, w których zostały one przewiercone umożliwiło dokładniejsze ich rozpoznanie. Jako przykład może posłużyć ich opis w wymienionej „Instrukcji” (3), a mianowicie: „Osady preglacialne – różnią się charakterem sedymentologicznym od utworów pliocenских leżących w ich spągu i na tej podstawie geolodzy skłonni są całą tę serię zaliczać do czwartorzędu, widząc w nich osady

synchroniczne z najstarszym w Europie zlodowaceniem. Nie występują one na całym obszarze Warszawy, gdyż w wielu miejscach zostały one przez erozję i egzarację w późniejszych okresach czwartorzędu zniszczone. Maksymalna ich miąższość osiąga 30 m”.

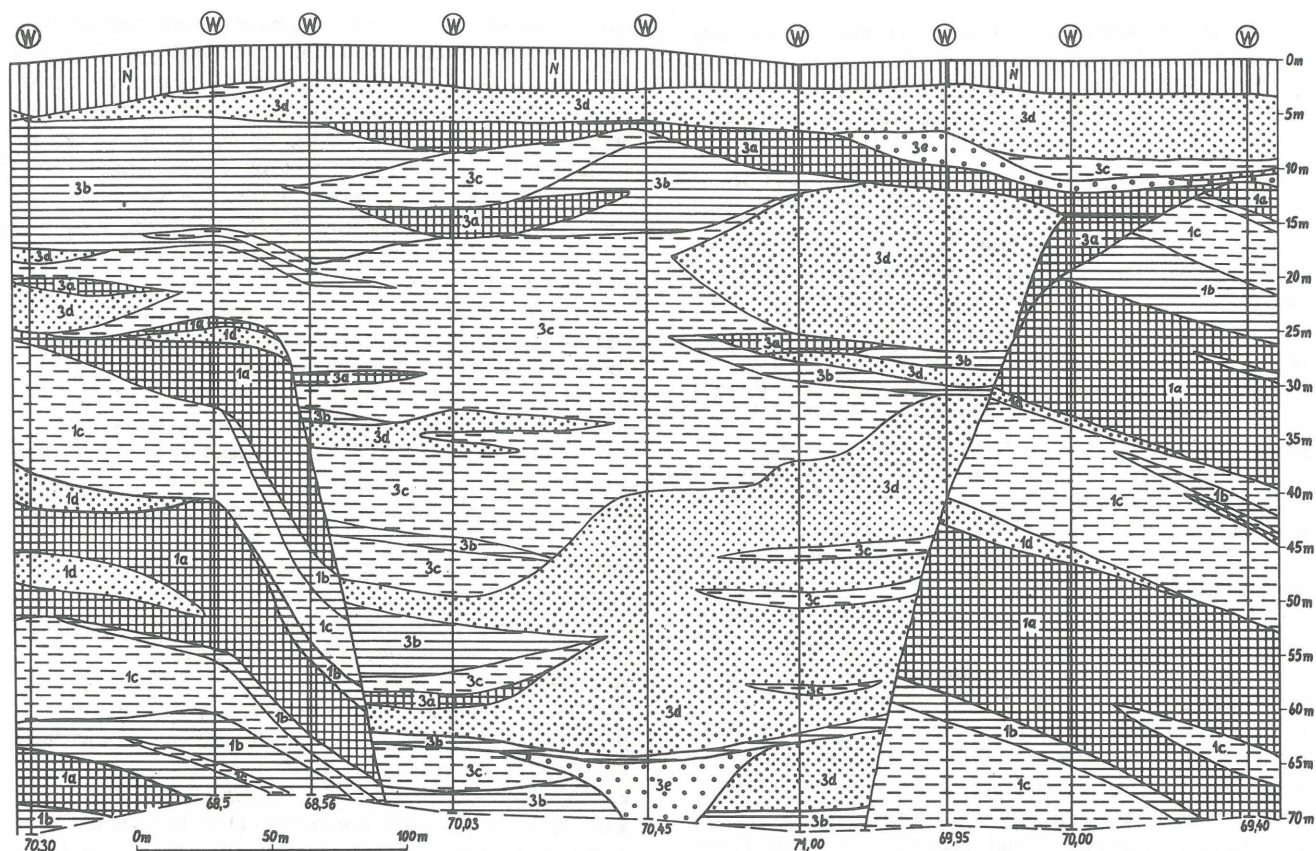
W badaniach metra zaobserwowano „dość regularnie zmieniające się warstwy, świadczące o określonej, stałej kolejności faz akumulacyjnych”. Licząc od dołu profilu występują następujące poziomy:

- a) żwiry kwarcowe z ułkami czarnych rogowców, krzemieni kredowych i kwarcytów – poziomu dolnego;
- b) piaski o przewadze ziarn kwarcowych i rogowcowych – poziomu dolnego;
- c) mułki z niewielką domieszką miki – poziomu dolnego;
- d) żwiry z mniejszą domieszką materiału grubego w porównaniu do poziomu a – poziomu środkowego;
- e) piaski kwarcowe drobne i średnie z rozproszonymi szczątkami roślinnymi, a nawet niewielkimi soczewkami torfu – poziomu środkowego;
- f) ropy mikowe – poziomu środkowego;
- g) piaski kwarcowe o przewadze ziarn średnich – poziomu górnego.

Należy dodać, że w dość wyczerpującym opisie litologicznym zaznacza się zawsze, że są one szare i popielate oraz prawie zawsze bezwapienne.

Jak już zaznaczono znajomość profilu „preglacialu” Warszawy była poprzednio dość dobra, to jednak ujęcie





Ryc. 7. Przekrój geologiczny przez osady czwartorzędowe na trasie metra na Placu Weteranów (objaśnienia jak na ryc. 4).

Fig. 7. Geological cross-section through Quaternary sediments along the underground line in the Plac Weteranów square area (explanations as given in Fig. 4).

profilu w 7 poziomach ilustrujących kolejne zmiany sedymentacyjne stanowiło pozytywny wynik badań w latach 1950–1954. Opracowana na podstawie badań makroskopowych „Karta otworu wiertniczego” stanowiła podstawowy dokument, na której, podobnie jak na przekrojach geologicznych, uwidoczniony był podział litologiczno-genetyczny i stratygraficzny według przyjętych prostych oznaczeń. Składały się one z 3 grup stratygraficznych: pliocen oznaczono cyfrą – 1, „preglacjał” – 2, czwartorzęd – 3. W każdej grupie wyróżniono od 4 do 5 jednostek litologicznych i genetycznych. Poza tym symbolem „N” oznaczono glebę i nasypy, „T” – torfy, „M” – mady i namuły.

Rolą zespołu geologicznego w Pracowni „Geo” Metroprojektu było opracowanie opisu geologicznego każdego wiercenia, a następnie zestawienie przekroju geologicznego, który stanowił podstawę dla dalszych studiów w zespole geotechnicznym i hydrogeologicznym. Prace więc zespołu geologicznego wyprzedzały zazwyczaj działania innych zespołów, którym przekazywano wyniki. Trzeba równocześnie zaznaczyć, że osnowa geodezyjno-topograficzna w różnych skalach, z lokalizacją – współrzędnymi otworów badawczych wykonywana przez P.P. Przedsiębiorstwo Geodezyjne, była na wysokim poziomie. W różnych projektach studiów zgłaszanych przez Pracownię „Geo” znajdują się programy rozszerzenia zakresu badań. Jednym z przykładów tego typu zamierzeń był projekt podjęcia prac paleontologiczno-stratygraficznych dla dokładniejszej charakterystyki trzeciorzędu i czwartorzędu. W pierwszym rzędzie przewidywano studia paleobotaniczne. Na przeszkodzie stanęły krótkie terminy wykonawcze i względy ściśle praktyczne ich zastosowania.

Drugim ważnym zamiarem nie zrealizowanym w 1952 r. był projekt wykonania kilku otworów aparatem mecha-

nicznym w celu przebicia osadów pliocenu na Pradze na pl. Weteranów. Chodziło o rozwiązanie, do chwili obecnej nie wyjaśnionej, genezy 60 m głębokości i 200 m szerokiej doliny wciętej w osady pliocenijskie z kierunku Grochowa, pod kościołem św. Floriana i dalej przez Ogród Zoologiczny, w kierunku Cytadeli (ryc. 7). Dolina ta o typowej formie erozyjnej jest jednym z głównych elementów ukształtowania powierzchni osadów pliocenijskich w Warszawie. Uwidoczniono to na mapie w skali 1:20 000, opracowanej przez M.D. Domołowską-Baraniecką i S. Gadowską (1). Kilkanaście otworów wykonanych na 2 trasach metra (na pl. Weteranów oraz w środkowym rejonie ZOO) wykazały na głębokości 50 m, w najniższych osadach czwartorzędowych, warstwę dużych głazów – zwartego bruku, którego ręcznym aparatem wiertniczym nie można było nigdzie przebić. W projekcie wykonania tych otworów przewidywano, oprócz zastosowania aparatu obrotowego, potrzebę torpedowania środkami wybuchowymi nagromadzenia głazów krystalicznych w dnie doliny. Mimo pozytywnego stanowiska dyrekcji „Metroprojektu” nie podjęto realizacji tego projektu w obawie o powstanie wstrząsów w czasie torpedowania i naruszenia murów okolicznych starych budynków, a w pierwszym rzędzie kościoła św. Floriana, z którym były kłopoty stabilizacyjne. Podjęto natomiast w tym rejonie badania hydrogeologiczne różnych poziomów wodnych w 8 otworach, organizując węzeł doświadczalny. Systematyczne obserwacje dr J. Gołąba z asystentami wykazały wyjątkową wydajność, potwierdzającą istnienie wielokilometrowej doliny prowadzącej w warstwach piaszczysto-żwirowych i głazowych duże ilości wody. Materiały z tych obserwacji nie zostały niestety opracowane.

Kończąc ocenę wyników badań geologicznych z lat 1950–1954, należy wspomnieć o poważnym osiągnięciu



naukowym, uwzględniającym w dużej mierze materiały związane z badaniami tras metra, tj. o wydaniu przez Instytut Geologiczny Atlasu geologicznego Warszawy (1964–1969), opracowanego przez 10-osobowy zespół autorów.

## PRZYDATNOŚĆ BADAŃ GEOLOGICZNYCH DLA BUDOWNICTWA METRA

Już w 1938 r. przy ustalaniu w szczegółach przebiegu tras metra w zespole projektantów brali udział geolodzy – doc. dr Z. Sujkowski i prof. dr T. Wojno. Zgodnie z ich życzeniem uznano za celowe, w zależności od miejscowych często skomplikowanych warunków geologicznych i przewidywanego zagłębienia tunelu metra (które wahało się od 20 do 50 m) wykonać dodatkowe wiercenia. Warto jeszcze dodać, że autor jednego z rozdziałów mgr inż. J. Kubalski (17 – str. 56) podał, że „Zebrany materiał geologiczny mógł wpłynąć na pewne zmiany w ostatecznym planie linii A i B. Dopiero po uwzględnieniu ewentualnych zmian można było przystąpić do prac nad szczegółowym projektem wykonawczym”.

W pierwszych latach omawianego okresu rola badań geologicznych, geotechnicznych i hydrogeologicznych sprowadzana była do scharakteryzowania warunków budowy w wyznaczonych i wybranych uprzednio miejscach. Była więc to rola bierna, inspirowana przez projektantów, którzy uważali, że niezależnie od warunków geologicznych w danym miejscu muszą być wykonane przewidziane „objekty”. W drugim okresie – od września 1951 r. przyjęto bardziej aktywny udział geologów w opiniowaniu tras i obiektów podziemnych metra. Polegał on nie tylko na drobnych korektach, lecz coraz częściej we współautorstwie przy ustaleniu lokalizacji szybów, stacji itd. W ten sposób wyniki badań geologicznych były ważnym elementem w ostatecznych decyzjach w projektowaniu metra.

Sprawa współpracy geologów z Pracowni „Geo” z licznymi zespołami projektantów „Metroprojektu” układała się na ogół pozytywnie, mimo że w wielu przypadkach zespoły „Geo” nie były w stanie dostarczyć szybko i w wystarczającym zakresie opinii geologicznych, geotechnicznych i hydrogeologicznych. Wynikało to z faktu, że prace badawcze prowadzone w latach 1948–1950 na trasach były częściowo nieaktualne na nowo wytyczonej trasie, a równocześnie zakres badań sięgnął głębiej aniżeli miało to miejsce poprzednio. Na dodatek z wyniku powtarzających się aktualizacji założeń urbanistycznych pierwsze orientacyjne trasy metra w 1952 r. ulegały wprowadzaniu niewielkim, ale kłopotliwym dla zespołu „Geo” modyfikacjom. Zaznaczyć bowiem trzeba, że nawet przesunięcie trasy o 50 m wymagało wykonania nowych wierceń i badań na zmienionym odcinku tunelu metra.

Decydujące dla zagadnień i dalszych losów metra były dyskusje prowadzone w końcowych miesiącach 1953 r. na radzie naukowo-technicznej „Metrobudowy” pod kierownictwem wiceprzewodniczącego m.st. Warszawy mgr inż. S. Zelenta. W dyskusji nad projektem technicznym I etapu wyrażono opinię, że brak jest kryteriów „jak dokładne winno być rozpoznanie budowy geologicznej, aby wykonawstwo budowy metra nie napotkało na niespodziewane trudności”.

Podstawą dyskusji była ostateczna wersja „Projektu technicznego”, którego głównym dokumentem były plany i przekroje geotechniczne wraz z tekstem. Koreferentami spraw geologicznych był E. Rühle i H. Stomatello (13). Członkowie rady wraz ze specjalistami „Metroprojektu” i „Metrobudowy” oraz liczni rzeczoznawcy z uczelni wyższych, eksperci radzieccy i z Przedsiębiorstwa Bu-

downictwa Górniczego z Gliwic bardzo wnikliwie analizowali elementy budowy geologicznej. Dyskusja dotyczyła przede wszystkim: stosowania metody tarczowej w różnych warunkach geotechnicznych skał; występowania o różnym ciśnieniu poziomów wód gruntowych itd. Sprawa łączyła się z zastosowaniem sprężonego powietrza i metodą kesonową. Duże emocje dyskusyjne wynikały również z tego, że koszt budowy metra głębokiego był 3- do 5-krotnie wyższy aniżeli w kalkulacjach przeprowadzonych dla tunelu płytkiego.

Projektanci metra dość wnikliwie zapoznawali się z opracowaniami geologicznymi. Świadczą o tym wypowiedzi w rozdziale o projektowaniu trasy linii I etapu i lokalizacja stacji (17 – T. Schuch, E. Sobolewski i in.). Podano m.in., że „względy geologiczne zaważyły na ostatecznej lokalizacji stacji pl. Dzierżyńskiego (Pn-1). Na ogół warunki geologiczne w tym rejonie są dobre, jedynie od strony zachodniej trafiają się nawodnione piaski. Dlatego stację przesunięto na wschód...”. Wśród wielu tego typu przykładów warto jeszcze podać, że stacja pl. Unii Lubelskiej (Pd-3) byłaby w pierwszym okresie stacją końcową, a „bardzo dobre warunki geologiczne w tym rejonie pozwoliły na stosunkowo płytkie położenie stacji” (17 – str. 104 i 107). Również geologiczne wyniki badań zdecydowały o wyborze optymalniejszego wariantu trasy w przejściu pod Wisłą, tj. z ul. Mariensztat w kierunku pl. Weteranów, a nie ze Starego Miasta przez Ogród Zoologiczny. Kilka wniosków dotyczących zmian w lokalizacji trasy postawili koreferenci (13). Przykładem może być propozycja podniesienia o ok. 20 m trasy linii metra między stacjami „Próżna” – „Plac Konstytucji”, w celu umieszczenia tunelu w warstwie odwodnionych piasków, zamiast w cienkiej warstwie ilów.

Właściwą ocenę prawidłowości opracowania dokumentacji tras i obiektów podziemnych metra dałyby niewątpliwie prace wykonawcze przy jego budowie. Sprawdzaniu takiego na większych odcinkach trasy nie było. Jedynie w kilku przypadkach, np. przy budowie szybu w Ogródku Saskim (nr 6) i na ul. Panieńskiej, konfrontacje przekrojów geologicznych litologiczno-genetyczno-stratygraficznych wykazały zgodność z rzeczywistością. Miarodajną ocenę dał J. Rossman (17, str. 234) pisząc „Przy drążeniu sztolni... wyszkoleni geotechnicy rysowali przekroje geotechniczne na podstawie obserwacji... Sprawdzono w ten sposób, czy dokumentacja geologiczna wykonana na podstawie wyników wierceń badawczych jest właściwa. Wiercenia bowiem dają obraz geologiczny tylko w jednym określonym profilu pionowym. Przebieg układu warstw gruntowych między profilami pionowymi był rysowany przez geologów, którzy musieli kierować się przy tym ogólnymi wiadomościami o genezie geologicznej środowiska... Należy jednak stwierdzić, że w miarę postępu robót sposoby interpretowania wyników wierceń badawczych doskonalą się i dokumentacja geologiczna dawała na ogół trafny obraz podłoża gruntowego”.

## UWAGI KOŃCOWE

Staraniem Rady Głównej Społecznego Funduszu Odbudowy Kraju i Stolicy oraz Prezydium Rady Narodowej w Warszawie, wydawnictwo „Arkady” opublikowało w 1962 r. pracę zbiorową pod redakcją mgr inż. J. Rossmana pt. Studia i projekty metra w Warszawie, 1928–1958.

<sup>4</sup> Powyższe przekroje stanowiące cenny materiał dla znajomości osadów plicieńskich nie zostały opracowane wskutek przerwania robót w październiku 1953 r.



Jest to dzieło 12 autorów uczestniczących w tym niepowtarzalnym przedsięwzięciu w Polsce. Stanowi ono testament naukowo-techniczny, w którym wybitni specjaliści – twórcy projektu swe cenne doświadczenia i wyciągnięte wnioski przekazali przyszłym budowniczym. Książka ta przedstawia – jak podaje we „Wstępie” komitet redakcyjny – „wysiłki wielu dziesiątków inżynierów, techników, robotników i pracowników różnych zawodów i specjalności, służyć powinny zarówno tym, którzy pracują nad nowoczesną komunikacją w naszych miastach, jak i pionierom nowej dziedziny polskiej inżynierii – specjalistom budownictwa podziemnego”. Dzieło to ma ogromne znaczenie, obecnie gdy po przeszło 30 latach podejmuje się po raz piąty w dziejach jednego tylko pokolenia sprawę budowy metra w Warszawie.

Obecna koncepcja różni się, jak wynika z licznych w ostatnich 2 latach oświadczeń w prasie i czasopismach, od założeń pierwszej połowy lat pięćdziesiątych. Jednakże doświadczenia dawne znaleźć się powinny u podstaw nowych rozwiązań. Niepokojący jest jedynie fakt pojawiania się w udzielanych wywiadach oświadczeń, nie potwierdzających czasem przekonania o wnikliwym korzystaniu z doświadczeń poprzedniego etapu (11). W dyskusjach nie zawsze widać zrozumienie, czym np. kierowali się w 1952 r. projektanci polscy i radzieccy podejmując dość nagłą decyzję „że najpierw budować się będzie linię na trasie Wschód–Zachód” (J. Podoski – 11) i w jakiej atmosferze geopolitycznej zapadły te ważkie dla Warszawy decyzje.

Gdy budowa metra głębokiego została ostatecznie przerwana z końcem 1953 r., postanowiono szukać innego rozwiązania, usprawniając komunikację miejską – zakup nowych wozów tramwajowych i autobusów, co na kilka lat złagodziło trudności komunikacyjne. Dyskutował na ten temat w Trybunie Ludu K. Małcużyński (10).

Warto też spojrzeć na sprawę użyteczności metra z innego punktu widzenia. Pisze o tym w swych wspomnieniach z Londynu S. Jankowski (4, str. 123), a także A. Wasilewski (20, str. 156). Nie tylko więc potrzeby komunikacyjno-urbanistyczne decydują o budowie metra w dalszych 6 miastach i projektach jeszcze w dalszych 6 miastach w ZSRR, o czym informował J.A. Zajączkowski (11).

Obecnie z perspektywy ponad 30 lat, gdy przypomina się różnego szczebla konferencje i narady z udziałem dyirekcji „Metroprojektu” magistrów-inżynierów M. Krajewskiego, T. Schucha, E. Sobolewskiego i innych, ogarnia podziw jak w piętrzących się stale trudnościach zdołali oni z taką energią i entuzjazmem podchodzić do spraw metra Warszawy, które było pasją ich działalności. Dla autora artykułu był to okres wielu cennych doświadczeń i intensywnej współpracy z zespołami inżynierskimi, oczekującymi stale od geologa rzeczowych i terminowych odpowiedzi wyrażonych w ogólnie zrozumiałych słowach.

#### LITERATURA

1. Atlas geologiczny Warszawy. Oprac. zespołowe w 3 częściach. 29 map w skali 1:10 000–1:50 000, 8 tablic z przekrojami, 25 tablic tekstu. Instytut Geologiczny. 1964–1969.
2. Bielicki W. – Jak wykonywać trwałą obudowę tuneli w ilach pliocenów typu warszawskiego. Inżynieria i Budownictwo, 1956 nr 5.
3. Instrukcja wierceń badawczych dla obiektów inżynierskich. Oprac. zespołowe „Metroprojektu” pod przew. Z. Bocheńskiego. Maszynopis powielany. 1952<sup>5</sup>.

4. Jankowski S. – „Agaton”. Z fałszywym ausweisem w prawdziwej Warszawie. PIW 1980.
5. Krajewski M. – Metro warszawskie. Problemy, 1952 nr 9.
6. Krajewski M., Podwiński S. – Metro warszawskie – wielka inwestycja w Planie 6-letnim. Gospodarka Planowa, 1951 nr 7.
7. Lewiński J. – Zaburzenia czwartorzędowe i „morfena dolinowa” w pradolinie Wisły pod Włocławkiem. Spraw. PIG, 1924, t. II, z. 3–4.
8. Lewiński J. – Preglacja i tzw. preglacjalna dolina Wisły pod Warszawą. Prz. Geogr. 1929, t. 9.
9. Lewiński J., Różycki S.Z. – Dwa profile geologiczne przez Warszawę. Spraw. z Pos. Tow. Nauk. Warsz. 1929 nr 22.
10. Małcużyński K. – Milczenie nie jest złotem. Trybuna Ludu nr 63, R. IX, 4 III 1956.
11. „Metro rusza” – Wywiad. Życie Gospodarcze, 7 II 1982 nr 3.
12. Rühle E. – Uwagi o metodach i zasadach stosowanych przy badaniach budowy geologicznej trasy metra. Zespół geologiczny. Maszynopis str. 11, 1952.
13. Rühle E., Stomatello H. – Koreferat projektu technicznego I etapu metra w Warszawie w odniesieniu do budowy geologicznej i jej opracowania. Maszynopis, str. 27, 1953.
14. Stomatello H. – Kolej podziemna Warszawy na tle warunków geologicznych. Kronika Warszawy, 1939 nr 1.
15. Stomatello H. – Wpływ warunków hydrologicznych na wybór metody budowy tuneli metra w Warszawie. Inżynieria i Budownictwo, 1953 nr 8.
16. Stomatello H., Rossmann J. – Ily pliocenówskie w Warszawie jako środowisko do wykonania robót tunelowych. Arch. Inż. Ładow., 1955 nr 1–2.
17. Studia i projekty metra w Warszawie, 1928–1958. Oprac. zespołowe pod red. J. Rossmanna. Wyd. „Arkady”, 1962.
18. Sujkowski Z., Różycki S.Z. – Geologia Warszawy. (Atlas wraz z tekstem objaśniającym). Zarz. Miejski w m.st. Warszawie, 1937.
19. Sworzeń J. – Warszawskie metro. Wiedza i Życie, 1952 nr 10.
20. Wasilewski A. – Dzieło całego życia. MON, 1976.

<sup>5</sup> Wymienioną „Instrukcję” jak i inne dokumenty dotyczące współpracy z „Metroprojektem” przekazał autor do Archiwum Muzeum Ziemi PAN w 1983 r.

#### SUMMARY

The idea of construction of quick underground railway (subsequently called as metro) in Warsaw is over 50 years old. The urgent need of construction of the underground is not questioned by anyone but this task is very costly and realization was repeatedly stopped due to some technical difficulties. Participation of geologists in both designing and construction works is of special importance because of complex geological conditions in the Warsaw area.

The paper presents organization and methods of surveys along the designed underground lines and stations, carried out by teams of lithostratigraphers, hydrogeologists and engineering geologists of the Geological Institute in the years 1950–1954. The complex hydrogeological and construction conditions made it necessary to carry out

detailed surveys, involving 1700 drillings down to the depths 50—60 m. There have been gathered about 200,000 samples with disturbed structure and 6,000 samples with undisturbed structure, subsequently subjected to various laboratory analyses. The results of these analyses were plotted on cross-sections running along the designed underground lines (40 km long) and stations (14 km long). Moreover, there were compiled 60 maps (in the scale 1:500), illustrating geological structure at various levels at which earth works were designed. The studies made possible detailed analysis of Pliocene and Quaternary strata in large parts of Warsaw.

### РЕЗЮМЕ

Концепция строения скорой городской железной дороги, названной потом метро, в Варшаве возникла уже свыше 50 лет тому назад. Необходимости постройки метро никто не подвергает сомнению, но реализация этой постройки очень дорого стоит, а технические затруднения уже несколько раз задер-

живали начало её реализации. Участие геологов в проектировании, а потом осуществлении постройки метро особенно важное из-за сложности геологического строения Варшавы. В статье рассматриваются организация и методы исследований на проектированных трассах и станциях метро в 1950—1954 г., выполняемых коллективами литостратиграфов, гидрогеологов и инженерных геологов из Геологического Института. Трудные гидрогеологические и строительные условия требовали подробных исследований. В их ходе было пробуренных 1700 буровых скважин до глубины 50 и 60 м. Отобрано около 200 000 образцов с нарушенной структурой и 6000 образцов с ненарушенной структурой. Эти образцы были подвергнуты разным лабораторным исследованиям, которых результаты составлены в разрезах общей длиной в 40 км на трассах и 14 км на станциях. Кроме того было составленных 60 карт в масштабе 1:500, изображающих геологическое строение на разных уровнях проектированных работ. В результате проведенных исследований подробно разведаны отложения плиоцена и четвертичного периода больших районов Варшавы.