

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE NA TRASIE I LINII METRA
W WARSZAWIE

UKD 556.3:624.193(438.111)

Trasę I linii metra zlokalizowano na wysoczyźnie, w niewielkiej odległości od górnej skarpy doliny Wisły. Procesy urbanizacyjne doprowadziły do zniwelowania naturalnych kulminacji i zasypania obniżeń wskutek czego dzisiejsza rzeźba terenu na szlaku jest stosunkowo mało rozwinięta – 20–30 m n „0” Wisły. Kulminacje (30–37 m n „0” Wisły) występują w części śródmiejskiej, od Pola Mokotowskiego po Muranów, natomiast dwa wyraźniejsze obniżenia (14–14,5 m n „0” Wisły) w Dolince Służewieckiej, z czynnym odpływem powierzchniowym oraz w zdrenowanym przegłębieniu na przecięciu z al. Armii Krajowej. Inne systemy pierwotnej, dość gęstej, zwłaszcza w pobliżu skarpy sieci hydrograficznej, podobnie jak liczne źródła zanikły lub zostały skanalizowane, np. potok przy stacji Wawrzyszew.

Warunki klimatyczne lewobrzeżnej Warszawy cechuje znaczna zmienność. Opady atmosferyczne wykazują lokalne odchylenia, sięgające w poszczególnych latach ponad 150 mm, a w półroczach nawet 90 mm. Średnia dla ostatniego dziesięciolecia (1975–1984) wynosi 560 mm, wzrastając w latach mokrych do 650–700 mm i tylko 440–460 mm w latach suchych. Zwarta zabudowa miejska oraz rozbudowany system kanalizacji ściekowo-burzowej kształtują anomalne, w stosunku do tła regionalnego, warunki klimatyczne i bilans wodny. Średnia temperatura powietrza wynosi bowiem aż 8°C, parowanie terenowe dochodzi do 450 mm, odpływ powierzchniowy jest również wyższy, natomiast infiltracja opadów atmosferycznych zapewne bardzo niska.

Zróżnicowana budowa geologiczna trasy metra oraz sąsiedztwo aktywnego systemu drenażowego doliny Wisły i wewnątrzwysoczyznowych obniżeń lustra wody w zasięgu oddziaływania ujęć wód podziemnych, odwodnień inżynierskich (trasy komunikacyjne) i naturalnych (Dolinka Służewiecka) kształtują złożony obraz warunków hydrogeologicznych. Ogólnie sprzyjają one budowie I linii metra, nie stwarzając poważniejszych problemów technicznych i środowiskowych.

UKŁAD HYDROSTRUKTURALNY

Pierwszy od powierzchni poziom wodonośny występuje głównie w utworach zlodowacenia środkowopolskiego, tworząc jedną, lokalnie dwie warstwy lub soczewki śródmorenowych i morenowych piasków drobno- i średnioziarnistych, przeważnie pylastych. Jest to poziom zróżnicowany i nieciągły. Brak go często w Śródmieściu oraz na odcinkach biegnących blisko skarpy (ul. Puławska, Żoliborz, Bielany) gdzie jest silnie zdrenowany i pojawia się tylko okresowo w czasie roztopów wiosennych i po silnych opadach. Lepiej wykształcony i częściej spotykany jest w rejonach bardziej oddalonych od skarpy, np. w Al. Niepodległości, na Polu Mokotowskim oraz na południe od Dolinki Służewieckiej. Miąższość utworów wodonośnych waha się od 0,5 do 3–4 m. Występują one bardzo płytko, od 1,5–2 m do 4–5 m, kształtując swobodne zwierciadło. Lokalnie, np. w północnej części stacji „Pole

Mokotowskie” poziom ten tworzy system dwuwarstwowy, którego dolna część na głębokości 10–12 m ma charakter naporowy.

Na wielu odcinkach trasy, m.in., na ul. Marszałkowskiej i na Polu Mokotowskim w obrębie glin zwałowych, rozdzielających poziom przypowierzchniowy od drugiego głębszego, występują zespoły soczewkowatych nieciągłych przewarstwień piasków drobnoziarnistych, pylastych, słabo naporowych. Zespoły te, mimo pewnej odrębności strukturalnej i hydrodynamicznej, umownie mogą być włączone do pierwszego poziomu, głównie ze względu na nieciągłość.

Również, na wielu odcinkach trasy, w obrębie płytkiego zalegania iłów plicieńskich (2–20 m ppt) brak jest utworów wodonośnych w czwartorzędzie lub tworzą one cienką, szczątkową warstwę przypowierzchniową (Muranów). Do pierwszego poziomu wodonośnego zakwalifikowano umownie wszystkie utwory wodonośne, występujące do głębokości kilkunastu metrów na odcinku od ul. Gen J. Zajączka do pl. Komuny Paryskiej i w rejonie Dworca Gdańskiego. Cechuje je miejscami dwuwarstwowość, szerszy zasięg oraz większa miąższość i pojemność. Odcinek żoliborski charakteryzuje się najwyższą, na trasie metra, wodonośnością pierwszego poziomu. Przepuszczalność utworów wodonośnych pierwszego poziomu, bardzo słabo zbadana, wynosi od 5 do 12 m/d, przeważnie 6–10 m/d. Drugi, głębszy poziom wodonośny stanowi główny system zaopatrzenia Warszawy i okolic. Reprezentują go zamiennie kompleksy piaszczyste interglacjału mazowieckiego (Qp^{2-3}) oraz zlodowacenia środkowopolskiego.

Pierwszy z tych kompleksów dominuje na południu, obejmując pasmo ursynowsko-natolińskie i część Służewa, do ul. Goszczyńskiego. Brak go lokalnie przy stacji A-6, w strefie kulminacji glin zlodowacenia południowopolskiego. Występuje on na głębokości kilkunastu metrów, a więc poniżej tuneli szlakowych. Wyjątek stanowi obniżenie służewieckie, gdzie łączy się z utworami wodonośnymi pierwszego poziomu. Kompleks wodonośny interglacjału mazowieckiego cechuje znaczna miąższość, od kilkunastu do 30 m oraz jednowarstwowy układ strukturalny.

Drugi kompleks wodonośny, w piaskach i żwirach śródglinowych i podglinowych zlodowacenia środkowopolskiego, występuje w środkowej i północnej części trasy. W Śródmieściu jest on dobrze rozwinięty wzdłuż ul. Marszałkowskiej, od ul. Nowogrodzkiej do Świętokrzyskiej, gdzie tworzy dwie warstwy wodonośne o łącznej miąższości 5–6 do 25 m. Rozdziela je kilkumetrowy pokład gliny zwałowej lub warstwa iłów pylastych. W rejonie ul. Wilczej i Hożej utwory piaszczyste łączą się w jeden system wodonośny. Strop utworów wodonośnych strefy śródmiejskiej zalega najczęściej w przedziale 8–20 m, a więc nieco płycej niż interglacjał mazowiecki.

Najlepiej jest wykształcony drugi poziom wodonośny na 2,5-kilometrowym odcinku marymoncko-bieląńskim, do rejonu stacji A-22. Strop utworów wodonośnych pojawia się na głębokości od kilku metrów w obniżeniu trasy Armii Krajowej do kilkunastu metrów na Bielanych. Spąg tego potężnego, ponad 40 m kompleksu wodonośnego jest słabo

rozpoznany, przypuszczalnie stanowi system jednowarstwowy. Od ul. Kruczej i Świętokrzyskiej, ukośnie do przebiegu I linii metra, pojawia się bezpośrednio pod nasypami kulminacja iłłów pstrych plicenu, towarzysząca tunelom z przerwami aż do huty (vide charakterystyka pierwszego poziomu wodonośnego). W tej części trasy drugi poziom wodonośny związany jest z kilkoma przegłębieniami podłoża czwartorzędu. Największe o długości około 500 m obejmuje odcinek od ul. Kredytowej do północnego skraju Ogrodu Saskiego. Miąższość utworów wodonośnych sięga w tej strukturze 30 m. Bardziej zróżnicowany charakter ma zespół utworów wodonośnych o miąższości kilku – kilkunastu metrów, pojawiający się na głębokości około 20 m, a zatem poniżej tuneli metra, od pl. Komuny Paryskiej do ul. Stołecznej.

Pozostałe przegłębienia, wypełnione utworami wodonośnymi drugiego poziomu, niekiedy o dużej miąższości, mają mniejszy zasięg – przeważnie kilkadziesiąt metrów (ul. Długa, ul. Stawki). Utwory wodonośne drugiego poziomu wodonośnego mają dobre parametry filtracyjne i pojemnościowe (K-10 – 35 m/d, T-100 – 1200 m²/d), pozwalające na uzyskiwanie wydajności studzien ponad 50–60 m³/h, przy depresji kilku – kilkunastu metrów. Wyższe wydajności jednostkowe cechują dolinę służewiecką, gdzie wydajność ponad 100 m³/h uzyskuje się przy depresji 2–3 m.

UKŁAD HYDRODYNAMICZNY

Pierwszy poziom wodonośny, mimo lokalnego przykrycia glinami i łałami piaszczystymi, jest alimentowany na całej powierzchni występowania. Zwierciadło, na ogół swobodne, nie tworzy jednolitej powierzchni, odwzorowując nieciągłość pierwszego poziomu, ukształtowanie terenu oraz odległość od skarpy doliny Wisły. Na kulminacjach Pola Mokotowskiego i Śródmieścia, oddalonych od skarpy, lustro wody kształtuje się na wysokości 30–36 m n „0” Wisły, spadając w obniżeniach doliny służewieckiej i trasy Armii Krajowej, a także w pobliżu skarpy do 14–18 m n „0” Wisły. Cechą charakterystyczną czwartorzędowych poziomów wodonośnych tej części miasta jest spadek ciśnień hydrostatycznych z głębokością, co sprawia, że kolejne głębsze warstwy wodonośne wykazują niższe położenie zwierciadła. Dotyczy to również przewarstwień wodonośnych w obrębie pierwszego poziomu wodonośnego, np. piętrowych soczewek piasków pylastych w glinach zwałowych Pola Mokotowskiego i śródmiejskiej części trasy. Różnice w położeniu zwierciadła górnych i dolnych warstw wodonośnych, obu poziomów, wynoszą od centymetrów do ponad 5 m. Im dalej od skarpy tym są one większe. Wyjątkowo tylko oba poziomy wykazują wspólne zwierciadło, łącząc się w jeden kompleks wodonośny (dolina służewiecka, lokalnie Pole Mokotowskie).

W obrębie pierwszego poziomu dominują przepływy pionowe. W okresie wegetacyjnym przeważa ewapotranspiracja, zwłaszcza na terenach o luźniejszej zabudowie, natomiast w pozostałej części roku przepływ do poziomu drugiego. Bardzo ograniczone znaczenie ma przepływ lateralny w kierunku skarpy, natomiast nieco większe do wewnątrz wysoczyznowych stref drenażu, obejmujących ujęcia wód podziemnych, tunel średnicowy, trasy komunikacyjne i magistrale kanalizacyjne.

Drugi poziom wodonośny zasilany jest z powierzchni głównie za pośrednictwem pierwszego poziomu. W kształtowaniu zwierciadła odgrywają rolę te same, główne, czynniki jak w przypadku pierwszego poziomu, a zatem skarpy doliny Wisły oraz obniżenia służewieckie i marymonckie. Mniejsze znaczenie mają drenujące wpływy tras

komunikacyjnych i sieci kanalizacyjnej. Pojawia się natomiast nowy, ważny czynnik – oddziaływanie ujęć wód podziemnych, które w Śródmieściu wywiera dominujący wpływ na kształtowanie układu hydrodynamicznego. Zasięg oddziaływania tych ujęć, zwłaszcza zespołu studzien zapobiegających system klimatyzacyjny Domów Towarowych „Centrum”, obejmuje znaczną część trasy metra – od ul. Świętokrzyskiej do Wspólnej. Cechą szczególną jest sezonowy układ hydrodynamiczny tego rejonu. Letni, od kwietnia do listopada z wartościami zwierciadła 25–20 m n „0” Wisły i zimowy, z nachyleniem ku wschodowi i położeniem 26–25 m n „0” Wisły. W części trasy metra nie zakłócającej eksploatacją zwierciadło drugiego poziomu stabilizuje się najwyżej na Polu Mokotowskim i w Ogrodzie Saskim (28–32 m n „0” Wisły), dość wysoko na pozostałych odcinkach śródmiejskich (25–28 m n „0” Wisły) i na Bielanych (11–15 m n „0” Wisły).

Dotychczasowe obserwacje stacjonarne, dotyczące głównie drugiego poziomu wykazały, że największe wahania sezonowe mają miejsce wokół śródmiejskich ujęć wód podziemnych. Przy eksploatacji rocznej rzędu 300–400 tys. m³ sięgają one nawet 4–5 m, a zatem kilkakrotnie więcej niż wynoszą naturalne amplitudy wahań „tła miejskiego”. W Śródmieściu te ostatnie nie przekraczają bowiem 3 m, a w dzielnicach peryferyjnych nawet 0,8–1,2 m i odpowiednio sezonowe 0,2–0,7 m. Minimalne stany pojawiają się w styczniu–lutym, rzadziej we wrześniu–listopadzie, wyjątkowo w czerwcu. Maksymalne położenie zwierciadła rejestrowane jest najczęściej w marcu–kwietniu, rzadziej lipcu–sierpniu lub styczniu.

UKŁAD HYDROCHEMICZNY

Wielowiekowy wpływ zanieczyszczający Warszawy, obejmujący pyły kominowe, odpady, ścieki przemysłowe i komunalne a także środki chemicznego oczyszczania zimowego ulic (NaCl, CaCl₂) doprowadziły do znacznych degradacji jakości wód poziomów czwartorzędowych. Jeszcze na początku naszego stulecia zmiany te miały charakter lokalny w zasięgu obiektów przemysłowych, głównie na Woli i Pradze. Obecnie na całym obszarze miasta wody podziemne w utworach czwartorzędowych wykazują znaczne pogorszenie jakości. Dotyczy to zwłaszcza pierwszego, przypowierzchniowego poziomu wodonośnego, występującego w bezpośrednim kontakcie z systemem kanalizacyjno-ściekowym. W całym mieście wody te charakteryzują się podwyższoną mineralizacją, dochodzącą nawet do 3250 mg/dm³. Przeważnie nie nadają się one do celów spożywczych, a z uwagi na lokalną agresywność mogą również stanowić zagrożenie dla konstrukcji budowlanych metra. Wody te zasilając pośrednio drugi, główny poziom wpływają na jego stopniową degradację.

Jakość wód drugiego poziomu jest tylko nieco lepsza od horyzontu przypowierzchniowego, zwłaszcza w Śródmieściu. Wykazują one niemal wszędzie podwyższoną mineralizację, od 800 mg/dm³ do 1000–1850 mg/dm³. Wysoka zawartość jonu chlorkowego – 180 mg/dm³ oraz jonu siarczanowego do 280 mg/dm³ jednoznacznie wskazują na zanieczyszczenia powierzchniowe. Znamienne są również przejawy zanieczyszczenia wód podziemnych w obniżeniu służewieckim, gdzie mineralizacja sięga 800–1000 mg/dm³, a jon siarczanowy osiąga 225 mg/dm³. Stan ten jest zapewne w jakiejś mierze wynikiem przekazywania zanieczyszczeń do strefy saturacji z wód potoku służewieckiego, odwadniającego znaczną część Mokotowa, w tym rejon lotniska Okęcie.

PROGNOZA ZMIAN WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH NA TRASIE METRA

Ze względu na zaawansowany postęp prac przy budowie metra, na odcinkach ursynowsko-mokotowskich, prognozę ograniczono do Śródmieścia i żoliborsko-bieleńskiego przebiegu szlaku. Schematy klasyfikacyjne, stanowiące punkt wyjścia dla oceny stopnia zagrożenia wodnego, rozwinięte w kolejnych opracowaniach Instytutu Geologicznego (1–6) ilustrują ryc. 1, 2. Z sześciu schematów – typów warunków hydrogeologicznych (ryc. 1), typ 3a i 4 gwarantują bezpieczne drążenie tuneli bez konieczności organizowania systemu drenażowego. Typy 1 i 2 wymagają niewielkiego, wyprzedzającego odwodnienia, zwłaszcza przy tarczowym systemie drążenia. Typ 2a kwalifikuje tę część szlaku do umiarkowanych prac drenażowych (obniżenie zwierciadła do 3–5 m), niezależnie od sposobu prac budowlanych. Ostatni schemat – nr 5 wyróżnia odcinki najsilniej zawodnione, w warunkach pełnego pograżenia tuneli metra w strefie saturacji. Z ryc. 2 wynika, że 25% trasy śródmiejskiej i bieleńskiej kwalifikuje się do zagrożonych dopływem wód podziemnych. Najbardziej zawodnione są odcinki ulic: Marszałkowskiej, Mickiewicza, Marymonckiej – Kasprówicza. Krótsze odcinki, również jednak wymagające obniżenia lustra wody do 5–6 m, występują w Ogródzie Saskim, przy Arsenale, przy Stawkach, na pl. Komuny Paryskiej oraz przy ul. Stołecznej.

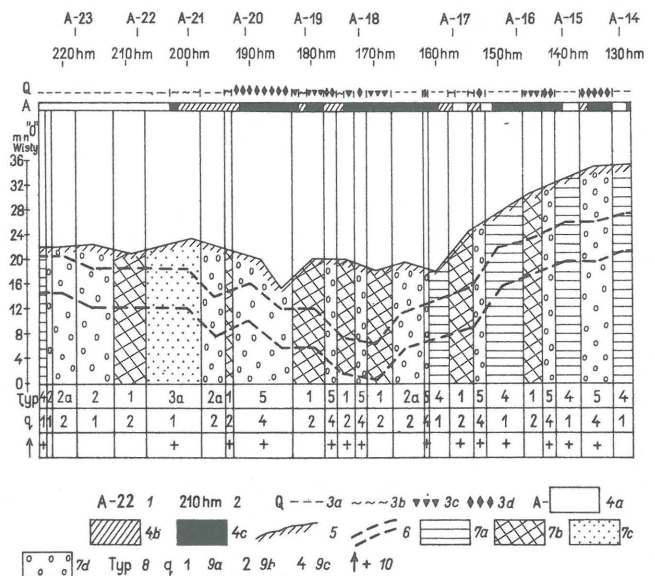
Przez analogię do odwadnianych już szlaków metra, m.in. na Polu Mokotowskim (6, 7), na odcinkach najbardziej zagrożonych oczekiwać można dopływów, wynoszących dla długości trasy około 100 m: 100–150 m³/d maksymalnie, 40–60 m³/d średnio i 10–20 m³/d w końcowej fazie (stacjonarnej) odwodnienia. Wyższych wartości można się spodziewać w obniżeniu trasy Armii Krajowej, natomiast niższych dopływów w rejonie pl. Defilad, gdzie w sezonie letnim system drenażowy będzie współdziałał z ujęciami Domów Towarowych „Centrum”.

Ogólnie śródmiejska i północna część trasy I linii metra wykazuje wyższe zawodnienie niż na południu. Zwarta zabudowa dzielnic śródmiejskich i żoliborskich, obecność

znaczących parków (Ogród Saski, Park Krasińskich, Park Żeromskiego, Park Kaskada) oraz tarczowy system drążenia tuneli wymagać będzie intensywniejszych prac odwodnieniowych. Budowa metra wywoła pewne zmiany warunków hydrogeologicznych (ryc. 2), polegające głównie na łączeniu tunelami obu poziomów wodonośnych i intensyfikacji przepływów między nimi. Oczekiwać można również niewielkiego podpiętrzenia wód podziemnych po zachodniej stronie szlaku, wywołanego blokadą odpływu podziemnego przez tunele i stacje metra. Zjawiska te przeważnie nie będą wymagały podejmowania specjalnych działań inżynierskich, np. instalacji dodatkowych systemów przepływowych. Wyjątek stanowi rejon pl. Inwalidów, gdzie miejscami tunele przesłaniają odpływ podziemny. Odcinek ten wymaga dodatkowych obserwacji i badań.

PROGRAM HYDROGEOLOGICZNYCH BADAŃ UZUPEŁNIAJĄCYCH

Dotychczasowy stan rozpoznania wód podziemnych w utworach czwartorzędowych na trasie I linii metra jest daleko niewystarczający. Utrudnia on wyznaczenie granic występowania utworów wodonośnych, określenia litologii i przepuszczalności utworów rozdzielających oba

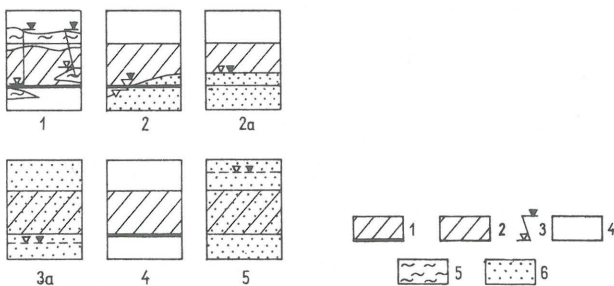


Ryc. 2. Prognoza zmian warunków hydrogeologicznych w śródmiejskiej i bieleńskiej części trasy

1 – numer stacji metra, 2 – hektometr, 3 – wielkość dopływu: a) bardzo mały, b) mały, c) średni, d) duży, 4 – infiltracja opadów: a) mała, b) średnia, c) duża, 5 – powierzchnia terenu, 6 – tunele metra, 7 – przepuszczalność, pojemność utworów: a) bardzo mały, poniżej 1 m/d, b) mała, 1–5 m/d, c) średnia, 1–15, d) duża, ponad 15, 8 – typ warunków hydrogeologicznych, 9 – zagrożenie dopływem podziemnym: a) bardzo małe, d) małe, c) średnie, d) duże, 10 – możliwość podpiętrzenia wód podziemnych obiektami metra

Fig. 2. Expected changes in hydrogeological conditions in the Śródmieście and Bielany parts of the underground line

1 – number of underground station, 2 – hectometer, 3 – magnitude of inflow: a) very low, b) low, c) medium, d) high; 4 – infiltration of precipitation water: a) low, b) medium, c) high; 5 – terrain surface, 6 – underground tunnels, 7 – permeability of soils and potential of storage: a) very low, below 1 m/d, b) low, 1–5 m/d, c) medium, 5–15 m/d, d) high, over 15 m/d; 8 – type of hydrogeological conditions, 9 – hazard of groundwater inflow: a) very low, b) low, c) medium, d) high, 10 – possibilities of damming by underground structures



Ryc. 1. Klasyfikacja warunków hydrogeologicznych (typ 1, 2, 2a, 3a, 4, 5)

1 – obiekty metra dogłębione, 2 – obiekty metra zawieszane, 3 – nawiercone i ustalone zwierciadło wody, 4 – utwory bardzo słabo przepuszczalne, 5 – słabo przepuszczalne, 6 – dobrze przepuszczalne

Fig. 1. Classification of hydrogeological conditions (types 1, 2, 2a, 3a, 4, 5)

1 – fully penetrating structures of underground, 2 – partly penetrating structures of underground, 3 – top of water-bearing sediments and piezometric surface, 4 – very poorly permeable sediments, 5 – poorly permeable sediments, 6 – highly permeable sediments

poziomy oraz ustalenia zasięgu oddziaływania systemów drenażowych metra; określenie zasięgów lejów depresyjnych wzdłuż szlaku metra dla działań ochronnych i pielęgnacyjnych w parkach miejskich. Dodatkowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych, zewidencjonowania głębokości posadowienia piwnic wymaga rejon pl. Inwalidów, gdzie istnieje największe zagrożenie podpiętrzenia wód podziemnych. Jako program minimum wymienić należy:

- 1) wykonanie 40–50 otworów o głębokości do 25–30 m, zlokalizowanych w 8–10 przekrojach poprzecznych. Część otworów skrajnych powinna być pozostawiona jako piezometry;
- 2) w parkach: Saskim, Krasińskiego, Żeromskiego i Kaskady piezometry muszą objąć cały obszar zieleni;
- 3) przynajmniej jeden ciąg piezometrów należy przewidzieć na pl. Defilad, dla określenia współdziałania systemów odwodnieniowych z ujęciami wód podziemnych;
- 4) w rejonie pl. Inwalidów piezometry powinny umożliwić dokładne ustalenie kierunku przepływu wód. Do obserwacji należałoby tu również włączyć źródła przy Cytadeli;
- 5) zawodnione odcinki trasy wymagają zlokalizowania hydrozespołów, które umożliwiają dokładniejsze rozpoznanie parametrów hydrogeologicznych. Są to odcinki ul. Marszałkowskiej od ul. Wspólnej do Al. Jerozolimskich, Ogród Saski, ul. Nowotki przy arsenał i na północ od ul. Stawki, ul. Mickiewicza od Gen. J. Zajączka do pl. Inwalidów, ul. Słowackiego w rejonie ul. Stołecznej, al. Armii Krajowej oraz stacja A-22 Wawrzyszew;
- 6) dwa odcinki najbardziej zagrożone dopływami, tj. ul. Marszałkowska i al. Armii Krajowej, a także rejon zagrożony podpiętrzeniem, wymagają zastosowania modelowania numerycznego.

LITERATURA

1. Mitreǵa J. — Prognoza zmian warunków hydrogeologicznych w toku budowy i eksploatacji metra (rękopis). Inst. Geol. 1984.
2. Paczyński B., Perek M., Zawadzka M. — Wstępna prognoza zmian warunków gruntowo-wodnych na odcinku B-11 trasy metra (Pole Mokotowskie). Ibidem 1984.
3. Paczyński B., Perek M., Zawadzka M. — Prognoza zmian warunków gruntowo-wodnych na trasie metra od Kabat do Wawelskiej. Ibidem 1984.
4. Paczyński B., Perek M. — Problemy geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne pierwszej linii metra w Warszawie na odcinku Kabaty — Trasa Łazienkowska. Kwart. Geol. 1986 nr 1.
5. Paczyński B., Perek M. — Warunki geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne na trasie pierwszej linii metra w Warszawie. Mat. Konf. „Metro a środowisko przyrodnicze”. Generalna Dyrekcja Bud. Metra, Warszawa 1986.
6. Paczyński B., Perek M., Zawadzka M. — Prognoza zmian warunków gruntowo-wodnych na trasie metra od ul. Wawelskiej do Młocin. Inst. Geol. 1986.
7. Wiśniewska I. — Odwodnienie szlaku B-11 I linii metra w Warszawie (rękopis). Ibidem 1986.

SUMMARY

Two major water-bearing layers are found in the Quaternary series along the first line of the Warsaw Underground under construction. The first of them is situated close to the terrain surface, usually 2–3 m thick and

discontinuous. Therefore, it may be regarded as of limited hazard for both construction works and operation of the underground. The other layer, deeper seated and from a few to over 40 m thick, is related to Masovian Interglacial sands and gravels in southern part of the line, Mid-Polish Glaciation sediments in Śródmieście and northern part. The layer is usually situated below the level of underground tunnels. Moreover, it is partly drained when situated in proximity of an escarpment which (similarly as the Służewiec and Marymont depressions) represents the major zone of underground outflow. Both layers (but especially the upper one) are characterized by an increased mineralization (over 3 g/dm³) and shows of strong pollution.

Mottled Pliocene clays occur at shallow depths or even directly beneath covers in large sections of the line, from Świętokrzyska Str. to the Warsaw steelworks. The hazard of groundwater inflow to the constructions appears the highest in sections passing along the Służewiec and Marymont depressions, Marszałkowska Str., Ogród Saski Park, and southern Żoliborz. In these areas dewatering works may require abstraction rates of 20–150 m³/d. 100 m and zone of influence of these works may be 150–200 m wide (in comparison with the width of less than 50 m in other sections of the line).

Changes in hydrogeological conditions due to construction works may be rather small. They will usually include intensification of groundwater flow from upper layer to the lower, local deterioration of water quality, and some damming against tunnel walls in the Plac Inwalidów Square (which may result in flooding cellars west of the underground line).

РЕЗЮМЕ

На трассе метро находятся два водоносных горизонта в четвертичных отложениях. Первый, приповерхностный, мощностью до 2–3 м имеет прерывистый характер и не составляет большей опасности для постройки и эксплуатации метро. Второй, более глубокий, мощностью с нескольких до более 40 м распространяется на юге, в песках и гравиях мазовецкого межледникового, а в центре и на севере города — в отложениях центральнопольского оледенения. Этот горизонт находится чаще всего ниже туннелей метро или он частично дренажирован вблизи откоса, который является, вместе со служевецким и марымонцким понижениями, главной зоной подземного стока. Оба водоносных горизонта, а особенно верхний, вызывают повышенную минерализацию, превышающую 3 г/дм³ и признаки сильного загрязнения.

На значительных отрезках трассы, от Свентокшиской улицы до Металлургического завода, пёстрые плиоценовые глины находятся мелко, иногда даже непосредственно под насыпями. Самыми опасными участками для притока подземных вод являются отрезки трассы в служевецком и марымонцком понижениях, Маршалковская улица, Саский Огород и близкий Жолибож. Они требуют осушения порядка 20–150 м³ в сутки на каждые 100 м длины. Дальность этих осушений может быть свыше 150–200 м. На меньше заводных участках эта дальность обычно не превышает 50 м.

Изменения гидрогеологических условий в ходе постройки метро будут небольшие. Они будут состоять в интенсификации притока вод во второй горизонт, местного ухудшения его качества и подпоре воды на стенах туннелей в районе Площади Инвалидов, что может вызвать затопление погребов с западной стороны трассы.