



**URUCHOMIENIE BIELAŃSKIEGO ODCINKA  
I LINII METRA WARSZAWSKIEGO,  
A ZMIANY POTENCJAŁU KONSTRUKCJI PODZIEMNEJ**

**START-UP OF THE BIELANY PART  
OF THE FIRST WARSAW SUBWAY LINE AND POTENTIAL  
CHANGES OF UNDERGROUND STRUCTURES**

Józef Dąbrowski

Instytut Elektrotechniki Warszawa - Międzylesie

Słowa kluczowe: monitoring, korozja, prądy błądzące  
Keywords: monitoring, corrosion, stray current

**Streszczenie**

Odcinek Bielański I linii metra warszawskiego jako jeden z niewielu został oddany do użytku jednocześnie z kilku stacjami pasażerskimi oraz uruchomionym monitoringiem prądów błądzących. Dodatkowo podczas budowy podziemnej konstrukcji metra koniecznym było przebudowanie końcowej pętli tramwajowej. Wzajemny układ torowisk tramwajowych i metra oraz zmiany w kursowaniu tramwajów i ich wpływ na potencjał istniejącej i budowanej konstrukcji są przedmiotem tego artykułu.

**Abstract**

The Bielany part of the first Warsaw subway line as one of the few was put into use simultaneously with several passenger stations and running monitoring of stray currents. In addition, during the construction of the underground metro line it was necessary to rebuild the tram end terminal. Reciprocal arrangement of tram and underground railways and changes in trams schedule and their impact on potential of existing and not yet finished structures are the subject of this article.

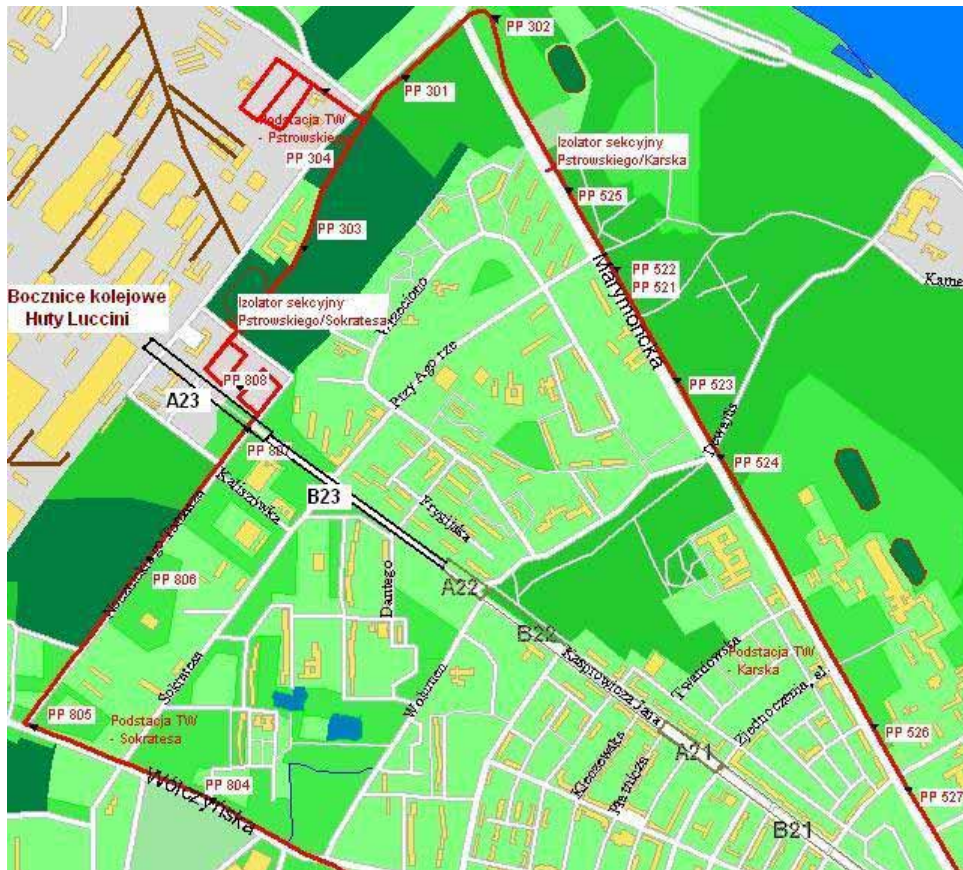
## 1. Wstęp

W kwietniu 2010 r. minęło 15 lat od rozpoczęcia eksploatacji I linii Warszawskiego Metra, czyli przewożenia pasażerów. W tym czasie linia ulegała rozbudowie, a w październiku tego roku minie dwa lata od oficjalnego zakończenia budowy. Cały eksploatowany odcinek składa się z 21 stacji pasażerskich (oznaczonych w tej pracy A01 do A23) na odcinku 23,1 km. W chwili przekazywania do użytku uruchamiano trzy stacje (A21, A22, A23) znajdujące się wzdłuż ulicy Kasprówicza. Rok 2008 charakteryzował się jeszcze tym, że w kwietniu oddano do użytku stację Słodowiec (A20) znajdującą się na wylocie ul. Kasprówicza, zaś miesiąc wcześniej stację Marymont (A19) udostępniono pasażerom bez konieczności przesiadania się na stacji Plac Wilsona (A18). Pociąg wahadłowy poruszający się po jednym (zachodnim) torze eksploatowany był przez ponad rok czasu. Budowie i uruchomieniu ostatniego odcinka towarzyszyły jak poprzednio niezbędne wyłączenia z ruchu. Ze względu na zjawiska związane z prądami błędzącymi omawiane będą zmiany w ruchu tramwajowym i ewentualnie kolejowym. Na początkowym odcinku metra na Ursynowie pomiędzy pierwszymi stacjami Kabaty (A01) a Wilanowska (A07) na którym nie występują krzyżujące się lub przebiegające równoległe linie tramwajowe oraz odcinku od Wilanowskiej (A07) do Stacji Politechnika (A11) gdzie występują tramwaje w chwili uruchamiania ruchu prowadzone były jedynie Rejestracje Prądów Błędzących [1], zaś po uruchomieniu stacji Centrum (A13) w 1999 roku nastąpiła przebudowa systemu rejestracji w system Monitoringu Prądów Błędzących MPB [2, 3]. Z chwilą uruchomienia systemu MPB na danej stacji – centrali pomiarowej (CP)– można prowadzić ciągłą obserwację tego odcinka w celu ustalenia tła – oddziaływania obcych źródeł prądów błędzących – przed uruchomieniem pociągów metra i już po uruchomieniu ruchu z pasażerami.

## 2. Otoczenie końcowego odcinka metra

Wzajemne usytuowanie torów tramwajowych i tuneli B23, B22 i B21 oraz odpowiadających im stacji A23, A22 i A21 na ul. Kasprówicza przedstawiono na rys.1. Z rysunku widać, że korpus stacji A23 oraz jej komory rozjazdów i torów odstawczych leżą w bezpośrednim sąsiedztwie rozległego i ruchliwego węzła komunikacyjnego, który w niedalekiej przyszłości zostanie jeszcze rozbudowany, aby umożliwić wygodne przesiadanie się pasażerów metra do kilku linii tramwajowych i autobusowych. Między ulicami Pstrowskiego, a obecnie ul. Zgrupowania AK „Kampinos” i ul. Nocznickiego, w odległości ok. 35 m od osi tunelu stacji A23, znajduje się obecnie wielotorowa pętla tramwajowa, umożliwiająca komunikację tramwajową między Hutą Lucchini i ulicami Wólczańska i Marymoncką, a także z przyszlą trasą tramwajową prowadzącą na prawy brzeg Wisły poprzez projektowany w tym rejonie nowy most Północny, który obecnie jest już w budowie. Nie ma jeszcze danych co do lokalizacji ewentualnych nowych tramwajowych podstacji trakcyjnych i nowych punktów powrotnych w tym rejonie, ale w tym opracowaniu nie są one istotne.

Na rysunku 1 podano aktualny rozkład punktów powrotnych i podział obszarów zasilania podstacji tramwajowych „Pstrowskiego” i „Sokratesa”. Podstacja „Pstrowskiego” znajduje się na terenie zajezdni Żoliborz przy dawnej ul. Pstrowskiego. Istnienie zajezdni tramwajowej z jej rozgałęzionym systemem torów w niewielkiej odległości od tunelu stacji metra A23 zwiększa możliwości wymiany prądów błędzących między torami tramwajowymi i ziemią oraz tunelami metra. Przyłączenie kabli powrotnych podstacji Żoliborz oznaczone jest na rysunku 1 jako PP300 – PP305, zaś kable powrotne podstacji TW „Sokratesa” mają cyfrowe oznaczenie PP8xx.



Rys. 1. Plan sytuacyjny bielańskiego odcinka I linii metra ostatnich trzech stacji i torowisk tramwajowych

Z rysunku 1 wynika, że cała pętla tramwajowa jest zasilana z podstacji TW „Sokratesa”, a połączone z tą podstacją punkty powrotne PP807 i PP808 znajdują się w niewielkiej odległości 50 – 90 m od tuneli stacji A23. Tory tramwajowe na ul. Nocznickiego krzyżują się z trasą tunelu stacji A23. W takiej sytuacji należy liczyć się z wpływem prądów błędnych z tuneli A23 w rejonie tych punktów powrotnych. Natomiast przepływ prądów z ziemi do tuneli metra może występować na odcinkach tuneli B23, A22 i B22 a nawet i B21, mimo ich znacznej odległości od torów tramwajowych. Jest oczywiste, że w czasie rozruchu pociągów tramwajowych na pętlach przy Hucie Lucchini kierunek przepływu prądów między ziemią i tunelami metra będzie zwykle odwrotny [4]. Nie ulega jednak wątpliwości, że w każdym przypadku istnieć będzie niebezpieczeństwo silnego oddziaływania tramwajowych prądów błędnych na tunele stacji A23, co wynika z jej niekorzystnego usytuowania względem torów tramwajowych. Aby to niebezpieczeństwo ograniczyć należy – oprócz środków biernej ochrony w postaci dylatacji z izolacją elektryczną, czyli sekcjonowania tunelu i stacji – podjąć działania dodatkowe:

1. zwiększyć odporność na przenikanie wilgoci do żelbetowych płyt dennych tuneli B23 i A23 przez zastosowanie zawiesziny XYPEX do pokrycia powierzchni zewnętrznych tych płyt, co przewidywano w projektach innych tuneli,
2. zastosować podczas przebudowy pętli i torów tramwajowych przy ul. Nocznickiego takich konstrukcji torów, które zapewnią małe wartości jednostkowej konduktancji przejścia między szynami i ziemią, zgodne z wymaganiami normy [5];

Tory tramwajowe najbliższe tuneli B22 i A22 znajdują się na ul. Marymonckiej i są zasilane z podstacji trakcyjnej „Karska”. Wzajemne usytuowanie tych torów i tuneli metra przedstawiono także na rys.1. Odległość między południowym krańcem tunelu B22 i torami wynosi ok. 600 m, a północny kraniec stacji A22 jest odległy od torów o ok. 900 m. Są to odległości duże, np. w porównaniu z usytuowaniem tuneli metra względem szyn tramwajowych na odcinku między wcześniejszymi stacjami np. A21, gdzie północny kraniec stacji odległy jest od torów ok. 450 m, a południowy ok. 300, zaś krańce stacji A20 są odległe odpowiednio o ok. 200 i 90 m od torów na ul. Marymonckiej – patrz rys. 2, a zwłaszcza na odcinkach położonych jeszcze dalej na południe. Odległość torów tramwajowych na ul. Marymonckiej od krańców stacji A19 nie przekracza 40 m, zaś zaraz za południowym krańcem tej stacji rozgałęziające się tory tramwajowe krzyżują się z tunelem B19 w ciągu ulicy Popiełuszki i te bezpośrednio łączą się z torami tramwajowymi na ul. Broniewskiego, a następnie ul. Wólczyńskiej. Drugie odgałęzienie w ul. Słowackiego znajduje się bezpośrednio nad konstrukcją stacji A18. – patrz rys. 3. Na rys. 3 pokazano, że w okolicach stacji A19 występują na tramwajowej sieci zasilającej trzy obszary zasilania z podstacji TW Karska, Rydygiera i Włociańska.



Rys. 2. Szkic sytuacyjny południowego (początkowego) fragmentu bielańskiego odcinka I linii metra i torów tramwajowych na ul. Marymonckiej



Rys. 3. Szkic sytuacyjny I linii metra na styku Żoliborza i Bielany oraz torów tramwajowych z zaznaczeniem obszarów ich zasilania

Konfiguracja układu sieci tramwajowej oznacza, że istnieje znaczne prawdopodobieństwo występowania tramwajowych prądów błądzących być może o małych gęstościach, które będą dopływać do konstrukcji tuneli B22 i B21 oraz stacji A22, A21 i A20. Usytuowanie punktów powrotnych PP521, PP522, PP523, PP524 i PP525 oraz PP526 i PP527, a także zmienna i znaczna odległość tuneli od torów na ul. Marymonckiej uniemożliwia prognozowanie lokalizacji ustalonych stref upływu prądów błądzących z konstrukcji tuneli od B22 do A20.

Najbardziej prawdopodobne jest przemieszczanie się tych stref wzdłuż tuneli w funkcji czasu, zwłaszcza, że nie można także wykluczyć słabego oddziaływania prądów odgałęzionych z torów na ul. Wólczyńskiej i Broniewskiego, które są dalej ułożone od podziemnej konstrukcji metra, ale zasilane są w dużej mierze z jednej podstacji TW Sokratesa oraz z TW Rydygiera – ul. Broniewskiego.

### 3. Zrealizowana konstrukcja tuneli i stacji metra na bielańskim odcinku

Na odcinku Bielańskim konstrukcje tuneli jak i stacje wykonane są w żelbecie metodą odkrywkową z zabezpieczeniem wykopu ścianą szczelinową. W jednym korpusie poprowadzono oba tory oddzielone jedynie słupami wsporczymi podtrzymującymi dach. Stacje na tym odcinku są z peronami bocznymi, zatem przed stacjami nie występuje zwiększenie rozstawu osi torów [6]. Zrealizowane na tym odcinku dylatacje z przekładką izolacyjną mającą zwiększyć rezystancję wzdłużną konstrukcji tuneli B22 i B21 okazały się mało skuteczne, najprawdopodobniej z powodu zwarć pomiędzy zwodami magistral uziemiających na obu ścianach tunelu a zbrojeniem pod układane szyny w technologii EBS. Dylatacje na stacji A23 zostały wykonane prawidłowo, ale ponowne pomiary przed uruchomieniem stacji do ruchu wykazały, że zostały one wszystkie zwarte wbudowanym wewnętrznym wyposażeniem sta-

cji. Podobne zjawisko wystąpiło już na wcześniejszych stacjach, gdzie znajdują się komory rozjazdów. Oddzielenie elektryczne korpusów stacji A21 i A22 od przylegających tuneli także okazało się mniej skuteczne od wcześniej zrealizowanych np. na ursynowskim odcinku metra. Z tego też powodu utracona została możliwość skutecznej biernej ochrony konstrukcji przed oddziaływaniem prądów błędzących.

#### **4. MPB na bielańskim odcinku**

Idea struktury systemu MPB została zachowana z poprzednich odcinków i opisana jest w pracach [2, 3]. Centrale pomiarowe CP zostały rozmieszczone na stacjach z podstacjami trakcyjnymi zasilającymi pociągi metra, czyli na A20, A22 i A23 i przyjęto taką samą ich numerację. CP20 obejmuje obszar od głowicy północnej stacji A19 do głowicy południowego krańca tunelu B21. Podobnie CP22 obejmuje głowicę północną część tunelu B21 i całą stację A21 oraz tunel B22 i całą stację A22 wraz z początkiem tunelu B23. Centrala CP23 zawiera obszar tunelu B23 i całą stację A23 wraz z komorą rozjazdów i torami odstawczymi. W systemie MPB mierzone są wielkości ST – napięcie pomiędzy szynami metra a tunelem (magistralą uziemiającą), TC – potencjał tunelu względem elektrody cynkowej, T spadek napięcia na korpusie konstrukcji odcinka odwzorowujący prąd w tunelu, IP – prąd podstacji oraz STrT – napięcie pomiędzy szynami tramwajowymi a konstrukcją tunelu. W przyjętych oznaczeniach skrót wielkości mierzonej poprzedzony jest oznaczeniem miejsca i tak 1A20 to pierwsza szafka pomiarowa znajdująca się w głowicy południowej stacji A20, narastanie pierwszej cyfry oznaczania to przemieszczanie szafki pomiarowej w kierunku północnym. Wielkości mierzone w tunelu oznaczone są literą B. W przypadku pomiarów potencjałów oraz spadków napięć na konstrukcji występują po oznaczeniach literowych TC lub T cyfry, które podobnie do pierwszych cyfr w oznacznikach charakteryzują kolejność w kierunku od południa na północ tej wielkości na danym obszarze. Ponieważ prawdopodobnym jest oddziaływanie tramwajowych prądów błędzących zarówno od strony wschodniej (ul. Marymoncka) jak i od strony zachodniej (ul. Wólczyńska) elektrody cynkowe rozmieszczono po obu stronach (ścianach) tunelu. W systemie MPB rozróżnia je przedostania mała literka przy oznaczeniu: w – elektroda zainstalowana na wschodniej ścianie, zaś z – odpowiednio na zachodniej ścianie. Elektrody zainstalowane zostały na wysokości do 2 m nad główkę szyn jezdnych metra. Oznacza to że są na głębokości powyżej 5 m nad poziomem gruntu. Na odcinku bielańskim są tylko dwa połączenia pomiarowe z szynami tramwajowymi. Dotyczą one obszarów zasilania podstacji TW Włociańska (B20STrT) oraz TW Sokratesa (A23STrT) Na stacjach A20, A22 i A23 mierzone są prądy powrotne podstacji trakcyjnych metra. Uruchamianie poszczególnych szafek pomiarowych na szlakach i stacjach oraz CP na odcinku następowało sukcesywnie w miarę postępu robót. Niestety, ale dopisanie każdej struktury konfiguracyjnej kolejnej CP lub jej zmiana w zapisie rejestrowanym na serwerze w Centralnej Dyspozytorni na STP Kabaty skutkuje brakiem ciągłości wizualizacji programem ANPRB. Powyższa niedogodność uniemożliwia pokazania na jednym rysunku zmian wybranej wielkości z istniejącego odcinka przy rozbudowie o kolejne CP.

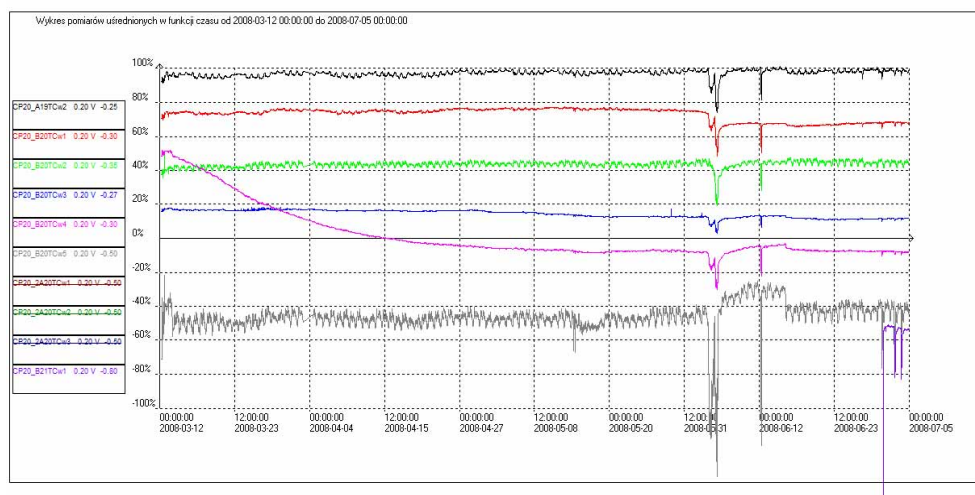
#### **5. Kursowanie tramwajów**

Ze względu na prace związane z budową stacji A23 oraz przebudową pętli tramwajowej w okresie od 02 czerwca 2008 r. nie kursowały tramwaje po torowiskach na ul. Wólczyńskiej i Nocznickiego, a do zajezdni Żoliborz dojazd był od strony ul. Marymonckiej. Po tych torach

w ciągu dnia regularnie kursowały dwie linie. W dniu 10 października przywrócono ruch na pętli tramwajowej Huta (przemianowanej przy tej okazji na pętle Metro Młociny), ale tramwaje jeszcze na pętli nie miały postoju końcowego, tylko na zajezdni. Dopiero od 27. października następuje pełne uruchomienie działania pętli z postojem pojazdów na przystanku końcowym trzech linii i jednej przejazdowej. Wprowadzono także trzy warianty kursów w dni robocze w godzinach porannego szczytu dla linii kursującej po ul. Marymonckiej. Z dniem 09 listopada 2008 r zawieszono kursowanie jednej linii jeżdżącej ul. Marymoncką. W okresie do 19. kwietnia 2009 r nie stwierdzono wprowadzenia zmian [7, 8] w ilości kursujących do pętli Metro Młociny linii tramwajowych. Należy w tym miejscu nadmienić, że prace montażowe związane z łączeniem szyn (spajanie termitowe) na przebudowywanej pętli został zakończone na miesiąc przed uruchomieniem ruchu w dniu 4.09.2008r. Tego dnia uzyskano metaliczną ciągłość sieci powrotnej i domknięcie oczka szynowego nad wyposażoną konstrukcją ostatniego tunelu B23 i stacji A23 metra.

## 6. Zmiany potencjałów konstrukcji metra na odcinku bielańskim

Poniżej korzystając z wizualizacji wyników jaką umożliwia oprogramowanie ANPRB z danych zarejestrowanych przez system MPB pokazano poniżej wartości średnie 30 minutowe potencjałów konstrukcji w różnych miejscach i przedziałach czasu. Na wszystkich dalszych wykresach przyjęto tą samą skalę dla każdego potencjału: 100% = 300 mV. Rysunek 4 dotyczy okresu uruchamiania stacji A20, przy pracującym już na tej stacji systemie MPB. Pewne usterki powodują, że wyniki potencjałów na samej stacji w tym okresie są nie miarodajne, stąd ich wykreślenie. Na rys. 4 kolejność opisu w tabeli odpowiada kolejności przebiegów na końcu ich wykresu tj. w dniu 05.07.2008r



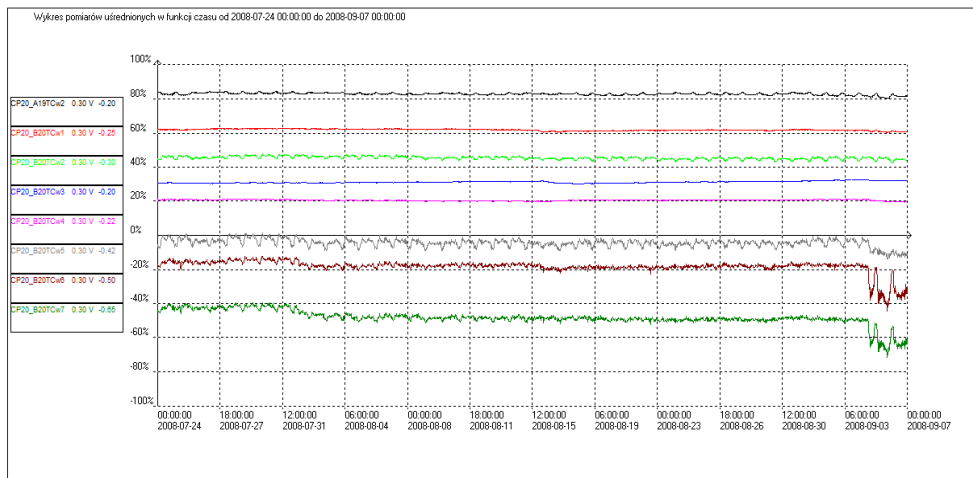
Rys. 4. Przebiegi wartości uśrednionych 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na wschodniej ścianie stacji A19, tunelu B20 w okresie uruchamiania stacji Marymont (A19) dla pasażerów oraz stacji A20 Słodowiec

Na początku czerwca wystąpiło zwarcie w tunelu B20 z powodu uszkodzenia przewodu pomiarowego napięcia ST w szafce B20. Efektem tego są poważne zmiany potencjału, największe w pobliżu miejsca zwarcia – B20TCw5. Po wartościach średnich widać, że kilkudniowe zwarcie powoduje trwalsze zmiany i dłuższy powrót do potencjału początkowego. W dniu 12.06.2008 wykonano próbę ok. 45 minutowego zwarcia na zaciskach UCKNR-a na stacji A20 w celu weryfikacji kryteriów sygnalizacji zwarć przez system MPB. Czas trwania zwarcia znacznie krótszy, ale zmiana wartości potencjałów zbliżona.

Ze względu na małe wartości prądów tramwajowych na początku lipca wykonano trzykrotnie ok. trzygodzinne zwarcia szyny jezdnych metra z konstrukcją tunelem w tunelu B23 na budowanej części w celu sprawdzenia skuteczności izolacji przerw dylatacyjnych na tym odcinku. Skutkiem tych dalekich zwarć są widoczne zmiany średnich 30 minutowych wartości potencjałów praktycznie do korpusu stacji A19

W tunelu zachodnim w tym czasie co pokazano na rys. 4 potencjał B20TC4z ulegał znacznie mniejszym zmianom niż widoczny B20TC4w. Przebiegi pozostałych potencjałów tunelu zachodniego są zbliżone do swoich odpowiedników widocznych na rys. 4. W pierwszych dniach lipca do 3A20 z CP20 dołączono wielkości z budowanego tunelu B21 i dzięki temu widoczny stał się potencjał B21TCw.

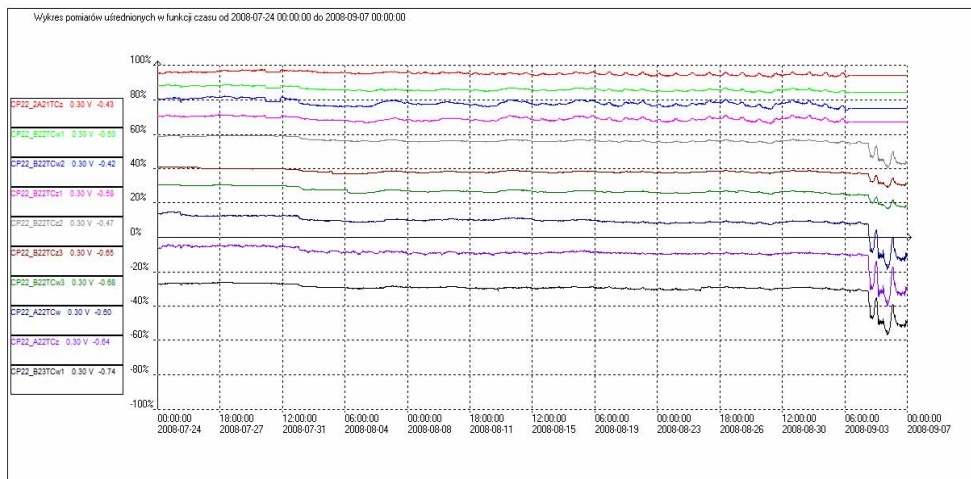
W dniu 6.07.2008 r na serwerze w CD zmieniono konfigurację uwzględniając kolejną CP. W okresie do 24.07 sprawdzano prawidłowość połączeń i pracy systemu. Od 24 lipca można uznać uzyskiwane wyniki za prawidłowe. Stąd na rysunkach 5 a oraz b przedstawiono wakacyjny okres czasu tj. od 24.07 do 07.09. Rys. 5a przedstawia wyniki z CP20, które z wcześniejszego okresu pokazano na rys. 4, zaś rys. 5b prezentuje wyniki zarejestrowane w CP22. Dostępność szafek pomiarowych w tunelach sprzyja ich przypadkowym wyłączeniom z zasilania, co jest widoczne na czterech górnych przebiegach poczynając od 2A21TCz w końcowym fragmencie rejestracji – linie proste na przebiegu.



Rys. 5a. Przebiegi wartości średnich 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na wschodniej ścianie stacji A19, tunelu B20 w okresie wakacji letnich przed uruchamianiem ostatniego odcinka I linii metra czyli stacji A21, A22 i A23



W dniu 4.09.2008r nastąpiło ostatnie wspawanie szyn tramwajowych na pętli Metro Młociny łączące obszary zasilania podstacji TW Sokratesa i TW Pstrowskiego, co spowodowało widoczne zmiany potencjału, które dotyczą tylko elektrod w północnej części tunelu B20. (od B20TCw7 do B20TCw5). W pozostałej części elektrod nie widać tak zdecydowanego oddziaływania – wymiany prądu.



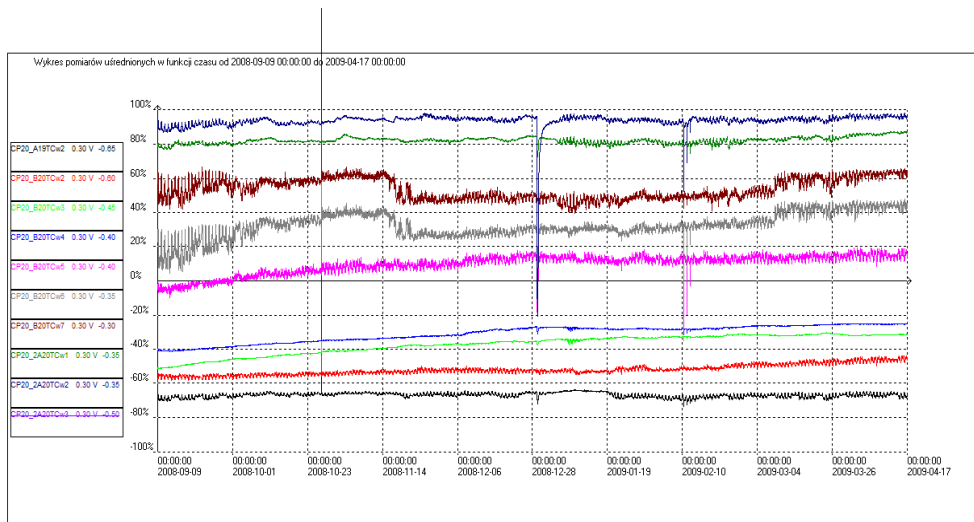
Rys. 5b. Przebiegi wartości uśrednionych 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na wschodniej i zachodniej ścianie stacji A21 i A22 oraz w tunelu B22 w okresie wakacji letnich przed uruchamianiem ostatniego odcinka I linii metra czyli stacji A21, A22 i A23

Zmiany potencjału spowodowane połączeniem szyn tramwajowych w dniu 04.09.2008r widoczne są na potencjałach z szafki 2A22, zaś w szafce 1A22 w dniu 03.09 padło zasilanie, co nie oznacza, że brak jest tam oddziaływania prądów tramwajowych.

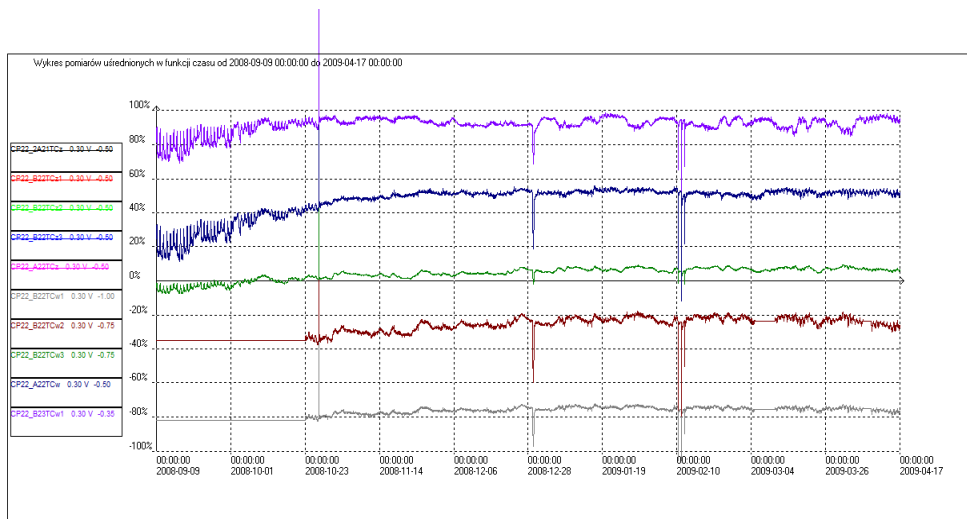
Zarówno na rys. 5a jak i na 5b są słabo widoczne dobowe zmiany potencjału charakterystyczne w miastach z komunikacją tramwajową. Spowodowane jest to wakacyjnym rozkładem jazdy – zmniejszoną liczbą kursującego taboru, dodatkowo po torach tramwajowych od ul. Broniewskiego do pętli Huta tramwaje w ogóle nie kursują. Pokazane przebiegi potencjałów potwierdzają zarejestrowane przenośnym sprzętem pomiarowym niewielkie zmiany podczas badań niezbędnych przy typowaniu do pracy w MPB zainstalowanych elektrod na odcinku tunelu B23 i stacji A23 przy uruchamianiu CP tego odcinka.

Rysunki 6 od a do d poświęcone są przedziałowi czasu od uruchomienia w serwerze na CD konfiguracji obejmującej ostatnią CP aż do połowy maja 2009 r. W tym okresie następuje oficjalne zakończenie budowy i uruchomienie jazdy pociągów metra z pasażerami. Ponieważ konduktancja przejścia szyn metra względem zbrojenia konstrukcji tunelu jest mała – zbliżona do wartości uzyskiwanych na wcześniejszych odcinkach w tunelach i stacjach, to na potencjałach nie rejestruje się wpływu uruchomienia jazdy pociągów. Widoczne są jednak zmiany spowodowane ruchem tramwajów. W godzinach nocnych, gdy ustaje ruch tramwajowy, a na torach kolejowych w okolicach Dworca Gdańskiego przejeżdża ciężki skład towarowy ciągnięty lokomotywą elektryczną, to oddziaływanie tego prądu trakcyjnego, chociaż słabe,

widoczne jest nawet na potencjałach stacji A23, jednakże wtedy gdy nie są prowadzone prace elektryczne na pobliskiej zajezdni Zoliborz.



Rys. 6a. Przebiegi wartości uśrednionych 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na wschodniej ścianie stacji A19, tunelu B20 i stacji A20 w okresie uruchamiania ostatniego odcinka I linii metra czyli stacji A21, A22 i A23.

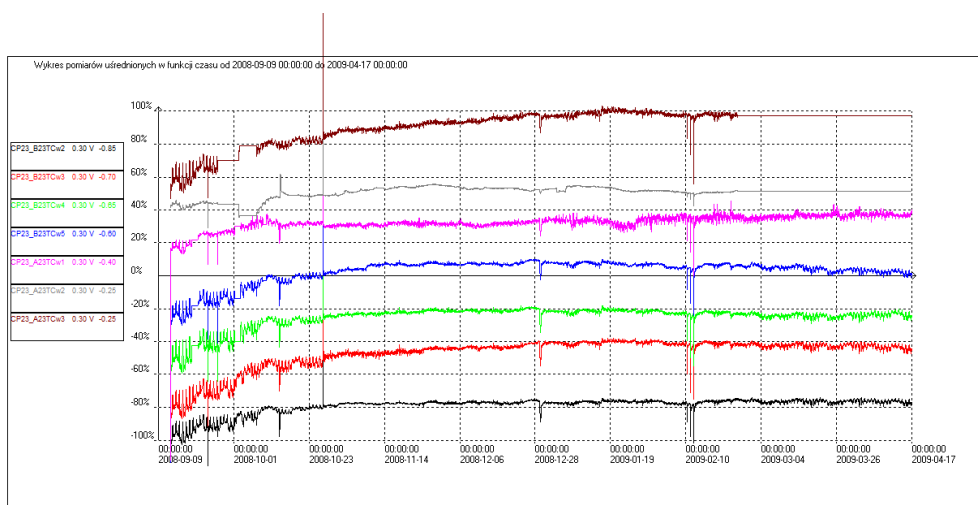


Rys. 6b. Przebiegi wartości uśrednionych 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na wschodniej ścianie tunelu B22, stacji A22 i południowym fragmencie tunelu B23 w okresie uruchamiania ostatniego odcinka I linii metra czyli stacji A21, A22 i A23

Wielkości B22TCw1 i B22TCw2 z szafki pomiarowej 1A22 w okresie od 09.09 do 23.10 są stałe ponieważ do szafki nie dochodziło napięcie zasilania od dnia 03.09, podobnie jak w ciągu kilku dni po 04. marca 2009 r.

Wyraźnie widoczne narastanie wartości potencjału tunelu B20, B22 i B23 oraz stacji A20, A21 i A22 będących w obszarze oddziaływania torów tramwajowych zasilanych z podstacji TW Karska po połączeniu szyn tramwajowych na pętli Metro Młociny, a następnie uruchomieniu ruchu pasażerskiego. W dniu 29.12.2008 r wystąpiło zwarcie szyny tunelu na izolacji uszkodzonej zwrotnicy metra na stacji A20 w torze zachodnim (kierunek do Kabat). W okresie 10 – 12 luty 2009 prowadzono w godzinach porannego szczytu próby zwarcia na zaciskach UCKNR na stacjach A21, A22 i A23 związane z weryfikacją wartości granicznych sygnalizacji zwarć sieci powrotnej tunelu z jego konstrukcją.

Na rys. 6c i 6d również widoczne jest narastanie potencjału, chociaż ze względu na proces uruchomienia CP nie uchwycono momentu przed wstawianiem szyn tramwajowych obu obszarów zasilania.



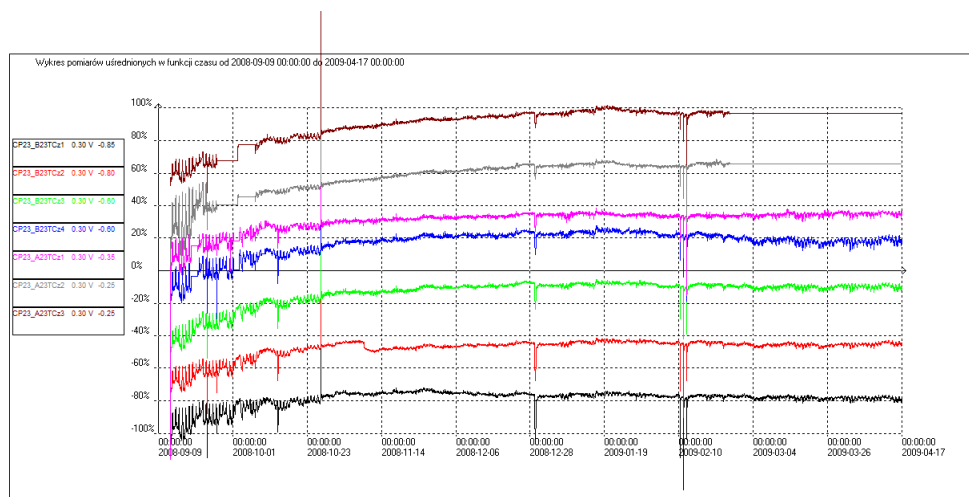
Rys. 6c Przebiegi wartości uśrednionych 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na wschodniej ścianie tunelu B23, stacji A23 w okresie uruchamiania ostatniego odcinka I linii metra czyli stacji A21, A22 i A23.

Z rysunków 6a, b, c oraz d wynika, że po zakończeniu budowy i uruchomieniu ruchu zelektryfikowanego prądem stałym transportu szynowego, wystąpiła największa i to niekorzystna, bo w kierunku elektrododatnim zmiana potencjału konstrukcji tunelu na odcinku bielańskim nad stacją A23. Na ten wynik nie ma wpływu dalsza rozbudowa tunelu jak bywało w poprzednich przypadkach.

Podobnie jak poprzednio nieznanym jest termin zakończenia odwadniania okolic budowy tuneli metra. Trudno jednoznacznie powiedzieć, czy wody gruntowe mają wpływ na zmiany potencjału, ale porównując zmienność dobową potencjałów w okresie zimowym tj. grudzień, styczeń i luty z okresem wiosennym marzec, kwiecień do połowy maja na większości poka-

zanych na rys. 6 potencjałów występują większe wahania wiosną, gdy ziemia nie jest już zmarznięta.

Po raz pierwszy przy budowie nowego kolejnego odcinka metra uniknięto przypadków zwarć szyny metra – tunel metra na jego budowie. Zostało to spowodowane tym, że szyny jezdne metra na części budowanej wspawno do części eksploatowanej w ostatnim momencie przed uruchomieniem jazdy pociągów po nowym odcinku.



Rys. 6d Przebiegi wartości uśrednionych 30 minutowych potencjałów elektrod rozmieszczonych na zachodniej ścianie tunelu B23, stacji A23 w okresie uruchamiania ostatniego odcinka I linii metra czyli stacji A21, A22 i A23

## 6. Podsumowanie

Uzyskane wyniki rejestracji potwierdziły przewidywania zawarte w opracowaniu [4]. Niestety, ale podobne zagrożenia jakim poddana jest konstrukcja stacji metra A23 występują na podziemnej metalowej infrastrukturze, która znajduje się pomiędzy torami tramwajowymi, na pętli Metro Młociny, a korpusem tej stacji metra.

## Literatura

- [1] Dziuba W., Dąbrowski J.: *System rejestracji prądów błędzących w tunelach Warszawskiego Metra*, IV Krajowa konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, Jurata 1996.
- [2] Dąbrowski J., Jasiński S., Magdalińska A.: *System monitorowania prądów błędzących w Warszawskim Metrze – sprzęt i oprogramowanie*, VI Krajowa konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, Jurata 2000.
- [3] Dąbrowski J., Dziuba W.: *Kontrola prądów błędzących w tunelach Warszawskiego Metra*, MET'2003 Nowoczesna Trakcja Elektryczna w Zintegrowanej Europie XXI w., Pułtusk 2003.
- [4] Dziuba W., Dąbrowski J.: Ekspertyza pt. *Ochrona tuneli metra szlaku B23 i stacji A23 „MŁOCINY” przed oddziaływaniem obcych prądów błędzących*, Metroprojekt, maj 2005.

- [5] PN-EN 50122-2. *Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Część2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędnych wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego.* Luty 2002.
- [6] <http://www.metro.waw.pl>.
- [7] <http://www.transbus.com>.
- [8] <http://www.ztm.waw.pl>.