

Stacja metra „Pl. Wilsona” jako przykład budowy podziemnej wykonywanej z uwzględnieniem nowoczesnej technologii betonu

Jak budowano „Pl. Wilsona”

Łukasz Ledziński, Jan Pudysz, Rafał Gaca
Hydrobudowa-6 SA

1. Wstęp

Stacja metra nie jest zwykłym obiektem budowlanym. Nie jest także zwykłym budynkiem infrastruktury komunalnej. W szerokim zakresie sfery budowlanej stanowi połączenie sztuki projektowej i sztuki wykonawczej najwyższych lotów. Projekty architektoniczny i konstrukcyjny wraz z technologią wykonania łączą się w jedno, tworząc nową jakość. Architekt, projektant i wykonawca nie mogą pozwolić sobie na błąd lub zaniedbanie, gdyż oprócz efektów wizualnych zagrożone może być ludzkie życie. Muszą zatem wnieść się na wyżyny swoich umiejętności. Architekt – stworzyć dzieło na miarę swojej wizji i talentu, które oprócz wtopienia się w otaczającą przestrzeń będzie oddziaływało na użytkownika być może na poziomie najprostszyc

Hydrobudowa-6 została finalistą w XV edycji prestiżowego konkursu „Cemex Building Award”. Jest to światowy konkurs promujący najlepsze realizacje, w których głównym materiałem architektonicznym jest beton. Do ścisłego finału zakwalifikowano 300 realizacji z ponad 24 krajów. Hydrobudowa-6 została wyróżniona za realizację obiektu „Stacja Metra A18 - Plac Wilsona”, jedyną realizację z Polski w kategorii Obiekt Użyteczności Publicznej. Wrecznie nagród odbyło się w Monterrey w Meksyku 3 listopada 2006. Jest to kolejna nagroda przyznana za realizację tego wyjątkowego obiektu.

lub najbardziej skomplikowanych emocji. Projektant – za pomocą najbardziej nawet wyrafinowanych teorii z zakresu pracy konstrukcji i funkcjonowania instalacji zapisać wizję architektoniczną w postaci szeregu cyfr, wzorów, wykresów, tak aby nabrała kształtu gotowego do urzeczywistnienia. Wykonawca wreszcie – „ubrać” koncepcję architektoniczno-budowlaną w płaszczyznę rzeczywistości i trwałych materiałów: betonu, stali, szkła.

Stacja metra stanowi swego rodzaju pomnik ku czci zwycięstwa budowniczych nad siłami i potęgą natury. Nie zmieniamy otaczającej nas przestrzeni w tak radykalny sposób jak w momencie, w którym wykonywalibyśmy budowlę naziemną. Walczymy natomiast z dwoma najbardziej nieobliczalnymi ośrodkami – gruntem i wodą. Jak utrzymać napierający i plastyczny grunt? Jak poprowadzić budowę, aby maksymalnie ograniczyć wpływ wody? Jak budować, by w jak najmniejszym stopniu ingerować w otaczające budowlę środowisko i ograniczyć jej wpływ na przyległą infrastrukturę? Na te i inne pytania odpowiada historia budowy stacji metra A18 „Pl. Wilsona”.

2. „Pl. Wilsona” w układzie istniejącej I linii metra w Warszawie

Generalnym wykonawcą robót konstrukcyjnych, wykończeniowych i instalacyjnych na stacji metra A18 „Pl. Wilsona” była firma Hydrobudowa-6 SA. Jest jednym z głównych budowniczych metra warszawskiego, dzięki czemu posiada największe doświadczenie w wykonywaniu tego typu budowy w Polsce. Jako wykonawca wiodący zbudowała następujące stacje: A5 „Ursynów” i A6 „Służew” oraz tunele szlakowe B5 i B7. Natomiast jako generalny wykonawca zbudowała stacje: A7 „Wilanowska” wraz z torami odstawkowymi, A10 „Pole Mokotowskie”,

A13 „Centrum” wraz z torami odstawkowymi (rys.1), A14 „Świętokrzyska” i A18 „Pl. Wilsona” wraz z torami odstawkowymi. Hydrobudowa-6 SA była również częściowym wykonawcą stacji A9 „Raławicka”.

Funkcję generalnego projektanta stacji metra A18 „Pl. Wilsona” na zlecenie Hydrobudowy-6 S.A. pełniło biuro AMC – Andrzej M. Chodzyński Sp. z o.o., natomiast projektanta branżowego – Biuro Projektów „Metroprojekt” Sp. z o.o.

Stacja A18 „Pl. Wilsona” jest usytuowana w centrum dzielnicy Żoliborz pod ul. Słowackiego, równoległe do jej osi. Przylega ona południową głowicą do Placu Wilsona, gdzie skręca lekkim łukiem na południe do osi ulicy Mickiewicza. Plac Wilsona stanowi niezwykle ważny węzeł komunikacyjny, w którym krzyżuje się wiele linii autobusowych i tramwajowych, łączących północne dzielnice z centrum i południem Warszawy. Plac jest również węzłem przesiadkowym dla mieszkańców pobliskich okolic stolicy – Łomianek, Izabelina i Lasek.

Pojawienie się stacji metra na Żoliborzu w znaczący sposób zmieniło życie mieszkańców północnej, północno-zachodniej Warszawy i jej pobliskich okolic. Stworzyło możliwość podróżowania w sposób niezaprzecalnie bezpieczny i komfortowy. Podróżowania bez konieczności uczestniczenia w codziennej walce o zaistnienie i miejsce na warszawskich ulicach, podróżowania w sposób szybki i niezawodny.

Stacja A18 pełni w ramach I linii metra rolę stacji odcinkowej. Ze względu na fakt, iż była projektowana jako stacja końcowa i taką też rolę odgrywa dziś, zbudowana została wraz z torami manewrowo-odstawkowymi. Zapewniają one możliwość dokonywania zmiany czoła pociągów pasażerskich. Liczbę, usytuowanie oraz wyposażenie eksploatacyjne pomieszczeń na stacji, przeznaczonych dla urządzeń oraz personelu, zaprojektowano według pełnego programu technologicznego stacji odcinkowej, uwzględniając usytuowanie w niej podstacji trakcyjno-energetycznej. Stacja stanowi obecnie bazę służb eksploatacyjnych dla odcinka A15 – A18.



Rys. 1. Stacja A13 „Centrum”

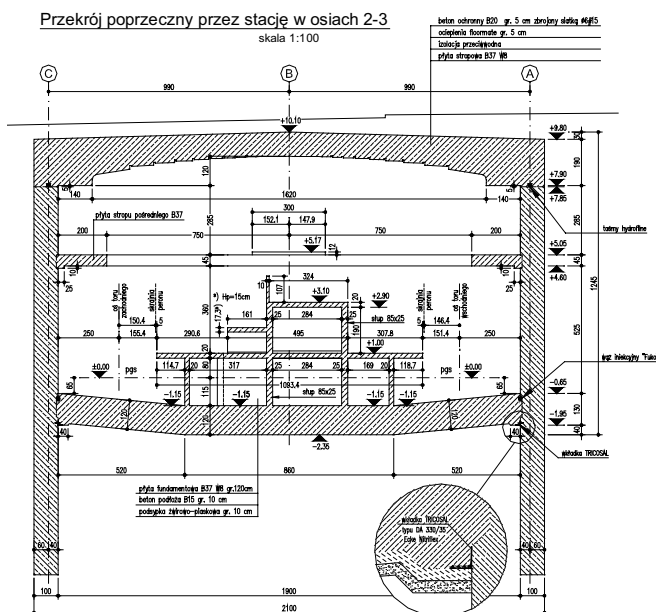
3. Konstrukcja stacji i torów odstawczych

Konstrukcja stacji i torów odstawczych stanowi żelbetowa, zamknięta rama o sztywnych węzłach połączenia strop zewnętrzny – ściany szczelinowe i połączeniach przegubowych na stykach rozpięającego stropu pośredniego ze ścianami szczelinowymi oraz płyty fundamentowej z tymi ścianami. Wykaz elementów konstrukcyjnych stacji zawiera tabela 1.

Lp	Element	Wymiary podstawowe, charakterystyka	Parametry betonu PN-B-03264:2002	Parametry betonu PN-EN 206-1
1	Ściany szczelinowe	grubość w części pld. = 100 cm; grubość podstawowa = 80 cm; zagłębienie pod płytą denną = 4,5–6,0 m; pełna dylatacja w osi 20	B30, W8, kontraktorowy	C25/30
2	Strop zewnętrzny	grubość podstawowa = 70/90 cm; 4 dylatacje w osiach 3, 11, 16 i 20	B37, W8	C30/37
3	„Kopuła”	strop zewnętrzny jednoprzęsłowy, w osiach 2–3; długość ÷ 42,5 m, szerokość = 19,0 m; grubość = 90/220 cm	B37, W8	C30/37
4	Strop pośredni	grubość = 35–45 cm; 4 dylatacje w osiach 6,5, 11, 16 i 20	B37	C30/37
5	Płyta peronowa	grubość = 20 cm	B37	C30/37
6	Płyta denną	grubość części środkowej = 100–120 cm; grubość części bocznych = 70–120 cm; pełna dylatacja w osi 20	B37, W8	C30/37
7	Słupy eliptyczne	Średnica Ø 80, sztuk 7; wysokość = 5,85 m	B37	C30/37
8	Słupy	średnica Ø 80, 60x60 cm i 40x60 cm; wysokość = 3,6–9,8 m	B37	C30/37

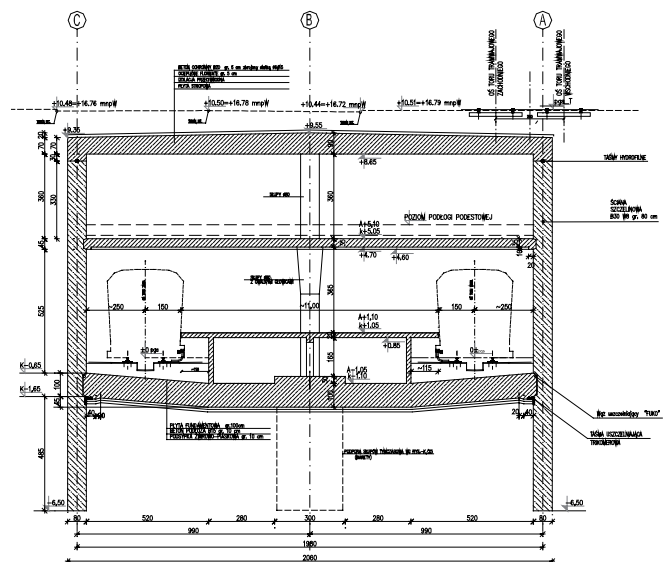
Tab. 1. Wykaz elementów konstrukcyjnych stacji metra A18 „Pl. Wilsona”

W części południowej stacji występuje układ jednonawowy zwieńczony „kopułą” stropu zewnętrznego, opartą na ścianach szczelinowych grubości 100 cm i trzech słupach Ø 80 (rys. 2). Strop pośredni antresoli występuje w tej części budowli w postaci wspornikowego obrzeża, okalającego otwór w kształcie elipsy.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny przez „kopułę” stropu zewnętrznego

Przekrój poprzeczny przez stację w osiach 3-10



Rys. 3. Przekrój poprzeczny przez stację w części środkowej

Lp	Element	Wymiary podstawowe, charakterystyka	Parametry betonu PN-B-03264:2002	Parametry betonu PN-EN 206-1
1	Ściany szczelinowe	grubość = 80 cm; zagłębienie pod płytą denną = 4,5–6,0 m; pełna dylatacja w osiach 20, 37a i 53	B30, W8, kontraktorowy	C25/30
2	Strop zewnętrzny	grubość podstawowa = 70/90 cm; 4 dylatacje w osiach 20, 28b, 37a i 53	B37, W8	C30/37
3	Strop pośredni	grubość = 40–45 cm; 4 dylatacje w osiach 20, 28b, 37a i 53	B37	C30/37
4	Płyta peronowa	grubość = 15 cm	B37	C30/37
5	Płyta denną	grubość części środkowej = 90–130 cm; grubość części bocznych = 70–90 cm; 4 dylatacje w osiach 20, 28b, 37a i 53	B37, W8	C30/37
6	Słupy	wymiary: 60x80 cm, 40x120 cm i 50x80 cm; wysokość = 3,5–11,0 m	B37	C30/37

Tab. 2. Wykaz elementów konstrukcyjnych dla torów odstawczych na stacji metra A18 „Pl. Wilsona”

Rozwiązania projektowe stacji i torów odstawczych są wynikiem kompromisu między zapewnieniem wymaganej nośności i maksymalnego bezpieczeństwa konstrukcji a optymalizacją kosztów jej wytworzenia. Dzięki doświadczeniu i zaangażowaniu projektantów oraz generalnego wykonawcy powstał obiekt inżynieryjny będący konglomeratem wizji, wiedzy, doświadczenia, nowoczesnych technologii materiałowych oraz modelowego zarządzania zasobami finansowymi.

Pomimo klasycznego układu konstrukcyjnego, stacja ma wiele niezwykle interesujących elementów nośnych: „kopułę” stropu zewnętrznego, strop pośredni falisty, słupy kielichowe, ściany szczelinowe o grubości 100 cm. Pierwsze trzy, oprócz swojej znaczącej roli w pracy całego układu statycznego budowli, spełniają także funkcje niekonwencjonalnych elementów wystroju architektonicznego stacji.

Na szczególną uwagę zasługuje „kopuła” stropu zewnętrznego. Stanowi ona konstrukcję na wskroś nowoczesną, niebanalną i niezwykle rzadko wykorzystywaną w budowlach podziemnych

Podstawowe parametry stacji A18 wraz z torami odstawczymi:

- całkowita kubatura budowli: 74 388 m³
- całkowita powierzchnia: 16 965 m²
- długość stacji: $l_{st} = 158$ m
- szerokość stacji w osiach: $b_{sto} = 19,8$ m
- szerokość stacji w świetle: $b_{sis} = 19,0$ m
- wysokość w świetle poziomu antresoli: $h_{sta} = 3,6$ m/4,1 m
- wysokość w świetle poziomu peronu pasażerskiego: $h_{stp} = 3,7$ m
- wysokość podperonia: $h_{stpp} = 1,95$ m
- długość torów odstawczych: $l_{to} = 268$ m
- szerokość torów odstawczych w osiach: $b_{toos} = 18,8$ m
- szerokość torów odstawczych w świetle: $b_{toos} = 18,0$ m
- wysokość w świetle poziomu antresoli: $h_{toa} = 3,5$ m/5,0 m
- wysokość w świetle poziomu peronu technologicznego: $h_{top} = 4,35$ m/6,0 m

w ogóle. „Kopułę” zaprojektowano jako płytę sztywno kotwioną, wzdłuż większego wymiaru, w ścianach szczelinowych grubości 100 cm i podpartą na krótszych bokach na jednym bądź dwóch słupach. Zaprojektowano ją na obciążenia stałe i użytkowe, w tym obciążenia taborem samochodowym klasy A, z uwzględnieniem obciążenia pojazdem specjalnym STANAG 2021 – klasa 150.

Znacząca rozpiętość, nietypowy kształt elementu oraz bardzo duże obciążenia wymagały od projektanta wykorzystania na równi dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej. Biorąc pod uwagę powyższe aspekty, również rozwiązania materiałowe musiały spełniać odpowiednie założenia. Do wykonania „kopuły” użyto materiałów przedstawionych w tabeli 3.

BETON

KLASA:	B37, W8	ILOŚĆ	1420 m ³
--------	---------	-------	---------------------

STAL

KLASA	AIIIIN RB500W	ILOŚĆ	152219 kg
-------	------------------	-------	-----------

Zbrojenie dolne

W prześle			W utwierdzeniu		
Pręty	Rozstaw	Kierunek	Pręty	Rozstaw	Kierunek
Ø 25	10,5 cm	krótszy bok	Ø 25	10,5 cm	krótszy bok
			Ø 16	10,5 cm	krótszy bok
Ø 20	10 i 20cm	dłuższy bok	Ø 20	20 cm	dłuższy bok

Zbrojenie górne

W prześle			W utwierdzeniu		
Pręty	Rozstaw	Kierunek	Pręty	Rozstaw	Kierunek
Ø 22	21,0 cm	krótszy bok	Ø 22	21,0 cm	krótszy bok
			Ø 25	21,0 cm	krótszy bok
Ø 20	20 cm	dłuższy bok	Ø 20	20 cm	dłuższy bok

Zbrojenie na ścinanie

W prześle			W utwierdzeniu		
Pręty	Rozstaw	Kierunek	Pręty	Rozstaw	Kierunek
Ø 10	30 cm		Ø 14	20 cm	
Ø 14	20 cm				

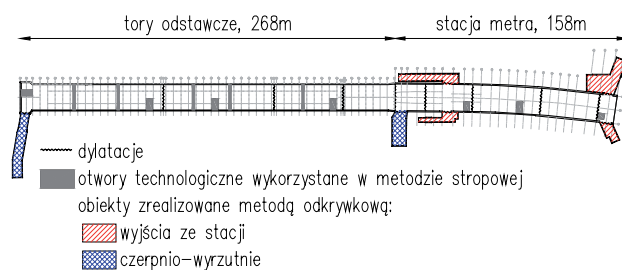
Tab. 3. Materiały użyte do budowy „kopuły” na stacji A18 „Pl. Wilsona”

4. Technologia budowy – metoda stropowa

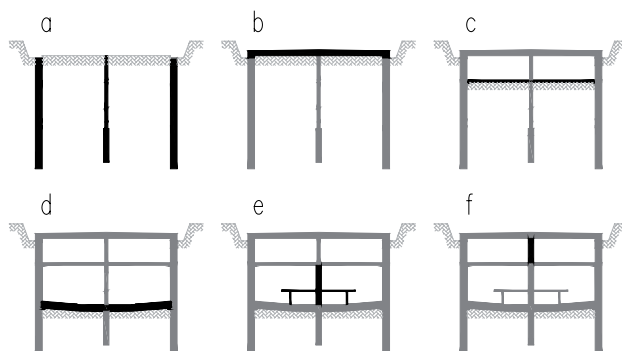
Zasadniczą część konstrukcji stacji A18 „Plac Wilsona” i torów odstawczych zrealizowano metodą stropową. Metodą od-

krywkową w palościance berlińskiej wykonano jedynie cztery wyjścia ze stacji i dwa czerpnio-wyrzutnie, zlokalizowane poza tzw. korpusem (rys. 4).

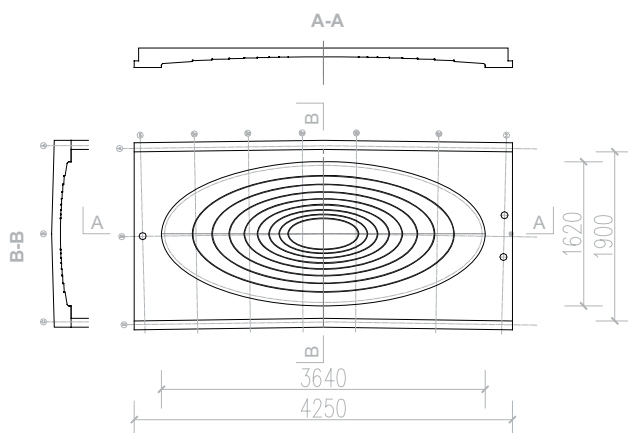
Poszczególne etapy robót konstrukcyjnych w metodzie stropowej przedstawia schemat (rys. 5). W pierwszej kolejności zrealizowano wykop wstępny o głębokości 1–3 m oraz ściany szczelinowe, baryty i pale z tymczasowymi słupami stalowymi (rys. 5a). Następnie na szalunku z chudego betonu i sklejki układanym na gruncie, wykonano stropy zewnętrzne (rys. 5b), pozostawiając otwory do betonowania słupów docelowych oraz tymczasowe otwory technologiczne konieczne do wentylacji, wydobywania urobku oraz transportu materiałów i urządzeń – stali, betonu, cegieł, zapraw, okładzin kamiennych, schodów ruchomych itd. Po osiągnięciu przez beton zakładanej wytrzymałości, został wybrany grunt spod stropów zewnętrznych. Ponownie wykonano szalunek z chudego betonu i sklejki, a na nim – stropy pośrednie, również z otworami technologicznymi (rys. 5c). Następnie po podkopaniu stropu pośredniego zabetonowano płyty denne (rys. 5d). W kolejnych etapach zbudowano ściany i słupy docelowe na poziomach „-2” i „-1” oraz peron (rys. 5e, f). Roboty konstrukcyjne zakończyły się wycięciem i wydobyciem spod stropu tymczasowych słupów stalowych i zabetonowaniem otworów technologicznych.



Rys. 4. Rzut stacji i torów odstawczych



Rys. 5. Etapy robót w metodzie stropowej



Rys. 6. „Kopuła” – rzut i przekroje

Z technologicznego punktu widzenia zastosowanie metody stropowej było słuszne i w porównaniu z metodą odkrywkową przyniosło wiele korzyści. Przede wszystkim można było uniknąć konieczności rozpierania lub kotwienia ścian szelinyowych w fazie głębienia wykopu, ponieważ funkcje rygli rozpierających pełniły stropy zewnętrzne i stropy pośrednie. Rozporami stalowymi zostały wzmocnione nieliczne „nietypowe” miejsca, jak np. aula południowa pod „kopułą”. Kolejną zaletą metody było istotne zmniejszenie kosztów szalunku stropów – szczególnie w przypadku stropów zewnętrznych o grubości 70–90 cm, a w miejscu wspomnianej „kopuły” dochodzącej do 220 cm. Dodatkową korzyścią było ograniczenie ilości wody opadowej w wykopie oraz uniezależnienie harmonogramu robót od warunków atmosferycznych, tym bardziej że rozpoczęcie budowy z winy zamawiającego przesunęło się z czerwca na październik i 18-miesięczny cykl budowy znalazł się w bardzo niekorzystnym układzie kalendarzowym: zima – lato – zima. Niezwykle ważnym zagadnieniem było również maksymalne ograniczenie wpływu budowy na otaczającą ją teren. Bliskość budynków, często zastany przez Hydrobudowę-6 bardzo zły ich stan techniczny spowodowały, iż metoda stropowa pozostała jedyną alternatywą.

Mimo swoich zalet, metoda stropowa ma także pewne wady. W stosunku do metody odkrywkowej zdecydowanie trudniejsze stały się roboty ziemne, co wynikało z konieczności transportu urobku ziemnego do otworów wydobywczych przy jednoczesnym ograniczeniu manewrowości sprzętu poruszającego się pod stropem pomiędzy podporami tymczasowymi. Decyzja o wyborze metody stropowej, podjęta na etapie przedprojektowym i ofertowym, wymagała zatrudnienia profesjonalnego wykonawcy robót ziemnych, dysponującego nie tylko odpowiednim sprzętem, ale przede wszystkim doświadczonymi operatorami. Drugą podstawową wadą metody, w kalkulowanej w wartość oferty, były zwiększone nakłady na robociznę, związane z ręczną pracą bez pomocy dźwigów oraz transportem materiałów wyłącznie przez otwory technologiczne.

Opisaną powyżej metodą stropową wykonano kilka nietypowych, żelbetonowych elementów konstrukcyjnych, nadających indywidualny charakter stacji metra „Plac Wilsona”, m.in.: wspomniany wcześniej strop nad aulą południową – „kopuła”,

strop nad peronem – „fala”, słupy kielichowe. Ciekawe są również rozwiązania dotyczące izolacji przeciwwodnej budowli. Technologię wykonania i trudności realizacyjne omówiono poniżej.

4.1. „Kopuła”

Jak już wspomniano, roboczym skrótem „kopuła” nazwano strop zewnętrzny w osiach 2–3 o długości 42,5 m i rozpiętości (szerokości) 19,0 m. Grubość przekrycia jest zmienna – od 90 cm (w środku rozpiętości) do 220 cm (na krańcach – w miejscu podparcia). W spodniej części stropu zostało uformowane rozległe elipsoidalne wgłębienie ze współosiowymi eliptycznymi rowkami akustycznymi (rys. 6). Dzięki temu, iż strop pośredni zaprojektowano i wykonano jako wąską wspornikową antresolę z dużym eliptycznym prześwitem, „kopułę” można oglądać w pełnej krasie z poziomu peronu. Dodając do tego specjalnie dobrane oświetlenie, uzyskano imponujący efekt, łączący w sobie monumentalizm surowego betonu z delikatnością i zwiewnością proporcji i kształtu przestronnej auli.

Szalunek tego nietypowego stropu wykonano sposobem szkutniczym. Na podłożu wyrównanym do rzędnej spodu stropu zostały ustawione poprzeczne drewniane wręgi. Tak powstały szkielet wypełniono gruntem, a warstwę wierzchnią – chudym betonem. Powierzchnia była precyzyjnie zatarta, a następnie pokryta preparatem antyadhezyjnym, gwarantującym odspojenie podczas podkopywania betonowego „negatywu” od zasadniczego betonu konstrukcyjnego. Skuteczność działania zastosowanego preparatu sprawdzono wcześniej na elipsoidalnych betonowych modelach w skali ok. 1:20.

Podstawowym utrudnieniem w tym zadaniu były niekorzystne warunki atmosferyczne. Jak już wspomniano, rozpoczęcie budowy opóźniło się o cztery miesiące, tym samym termin wykonania „kopuły” z korzystnych miesięcy wrzesień – październik przesunął się na styczeń – luty. Odsłanianie podłoża z konieczności było natychmiast przykrywane ochronną warstwą chudego betonu. W fazie profilowania i wygładzania powierzchni oraz nakładania środka antyadhezyjnego konieczne stało się okrywanie szalunku namiotem („cieplakiem”) i dogrzewanie nagrzewnicami. Efekt końcowy po malowaniu i woskowaniu prezentuje zdjęcie (rys. 7).

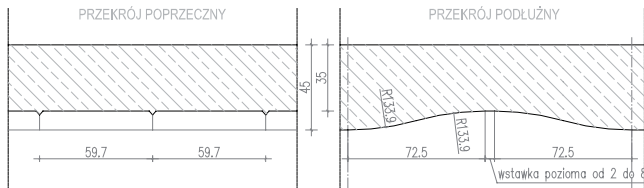


Rys. 7. „Kopuła” – efekt końcowy

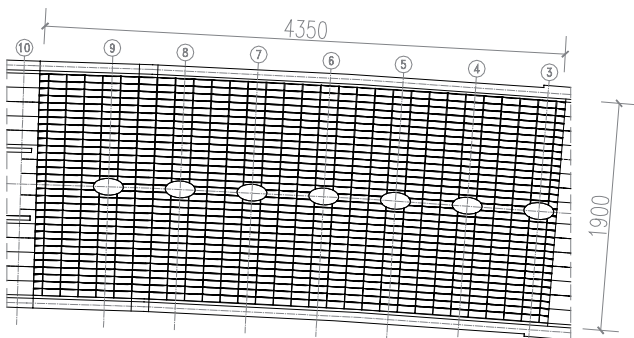
4.2. „Fala”

„Fala” nazwano strop pośredni w środkowej części stacji, zaprojektowany na tym odcinku w łuku poziomym, wykonany również metodą stropową. Dolna powierzchnia tego stropu została opisana dwoma okręgami o promieniu 133,9 cm, dając kształt fali o długości 145 cm i amplitudzie 10 cm. W szczytach „fale” zostały rozdzielone krótkimi poziomymi wstawkami o zmiennej szerokości 2–8 cm, ułatwiającymi uzyskanie łuku w planie. Dodatkowo co 60 cm tak ukształtowaną powierzchnię urozmaicały wypukłe akustyczne bony o trójkątnym przekroju poprzecznym (rys. 8). Wstawki poprzeczne i bony podłużne podzieliły powierzchnię stropu na równomierną siatkę o module 60 x 145 cm (rys. 9). Tak jak w przypadku „kopuły”, projekt zakładał wykonanie stropu w betonie architektonicznym, bez możliwości reprofilacji i napraw ewentualnych ubytków i uszkodzeń.

Rozważano różne warianty wykonania tego zadania, m.in. szalunki drewniane, stalowe i z tworzyw sztucznych. Ostatecznie, m.in. ze względu na wymagania architektoniczne, zastosowano szalunki drewniane w formie „skrzynek” o wymiarach w rzucie 60 x 145 cm, pokrytych wygiętą w falę sklejką. Moduły szalunkowe (łącznie 900 sztuk) ułożone były na drewnianym ruszcie zatopionym w chudym betonie. Po uzupełnieniu poziomych wstawek paskami sklejką całość została przeszlifowana w celu wyrównania ewentualnych nierówności na stykach.



Rys. 8. „Fala” – przekroje



Rys. 9. „Fala” – układ modułów szalunkowych w planie

Problemy technologiczne w tym zadaniu wiązały się z „wypukłością” wspomnianych podłużnych boni akustycznych. Biorąc pod uwagę specyfikę betonu – materiału, z którego wyrobiony miał być strop, a więc i bony – bardzo mały, trójkątny przekrój boni (podstawa 3,6 cm, wysokość 2 cm) stwarzał wysokie ryzyko nieprawidłowego wypełnienia mieszanką betonową w fazie betonowania oraz uszkodzenia (utrącenia) w fazie podkopywania i rozszalowania. Niestety, z trudnych do zrozumienia powodów architekt nie zgodził się na zmianę kształtu boni z wypukłego na wklęsły. Problem wypełnienia rozwiązano, stosując mieszankę betonową o specjalnie dobranej recepturze na kruszywie # 0–8 mm, a straty w trakcie podkopywania zminimalizowano poprzez w miarę możliwości delikatne odrywanie skrzynek szalunkowych, prowadzone pod stałym nadzorem.

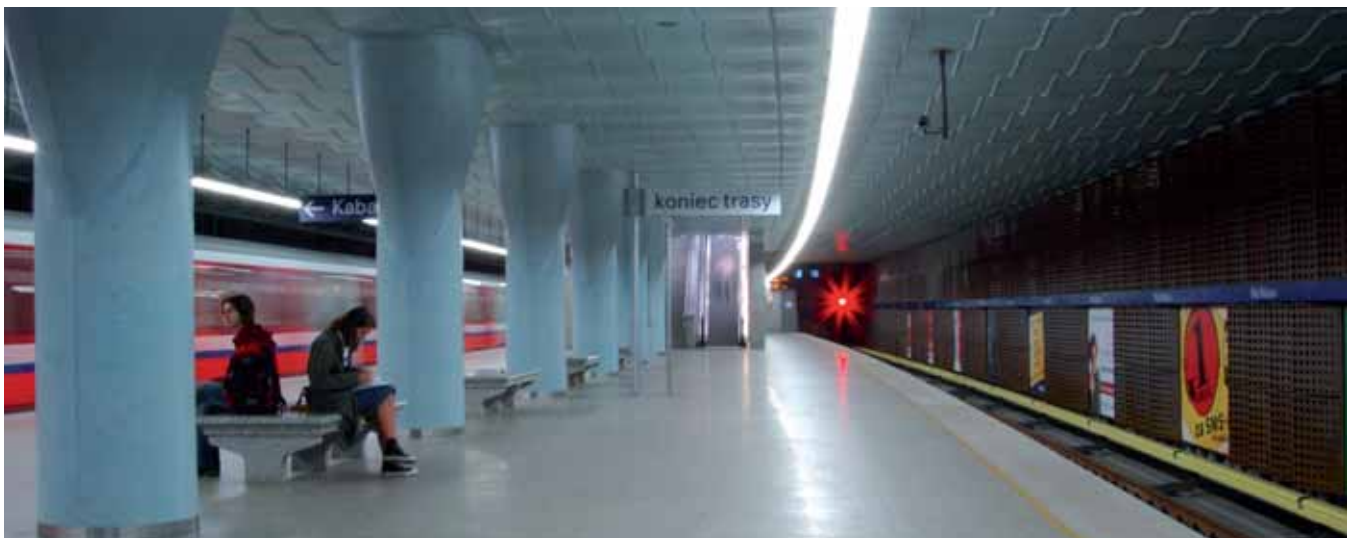
4.3. Słupy kielichowe

Zadanie obejmowało wykonanie siedmiu słupów z głowicami o charakterystycznym kształcie kielicha, zaprojektowanych na poziomie peronu jako estetyczne dopełnienie pofalowanej powierzchni stropu. Geometrię słupów zdefiniowały trzy przenikające się powierzchnie: trzon – walec o średnicy 80 cm, głowica – stożek eliptyczny o podstawie 140 x 250 cm i wysokości 295 cm oraz dolna powierzchnia stropu „fali”. Również w tym przypadku architekt założył wykonanie w betonie architektonicznym – należało uzyskać gładką i równą powierzchnię betonu bez ubytków, raków i innych uszkodzeń.

Do wykonania słupów zaprojektowano i zamówiono stalowy szalunek, składający się z zasadniczej formy nieco niższej od samego słupa oraz dolnej wstawki zamykającej. Forma i wstawka były oczywiście dwuczęściowe, skręcane śrubami wzdłuż podłużnej osi słupa.

Zasadnicze problemy w tym przedsięwzięciu wynikały nie tyle z nietypowego kształtu, ile z przyjętej metody stropowej i związanej z nią konieczności szalowania słupa pod już zabetonowanym pofalowanym stropem. Sprawą kluczową było precyzyjne dopasowanie górnej części formy słupa do kształtu stropu – pofalowanego i poprzecinanego podłużnymi boniami. Istotne było także umożliwienie manewrowania formą w fazie szalowania i rozszalowania. Problem rozwiązano wspomnianą wyżej wstawką zamykającą. Szalowanie polegało więc na przystawieniu i skręceniu śrubami zasadniczej formy, uniesieniu do góry aż do oparcia o pofalowany strop, a następnie domknięciu szalunku dolną wstawką zamykającą. Do betonowania użyto betonu samozagęszczalnego (SCC), co w połączeniu ze szczelnym szalunkiem stalowym umożliwiło uzyskanie odpowiednio gładkiej powierzchni. Rezultaty widoczne są na zdjęciu (rys. 10).

Ciekawostką pozostaje fakt, że pierwotny projekt architektoniczny zakładał słupy kielichowe w trochę innej wersji.



Rys. 10. Widok peronu – widoczne „fala” stropu pośredniego i słupy kielichowe

Różnica tkwiła w kształcie głowicy, która została zdefiniowana jako powierzchnia prostokreślna, powstała na bazie elipsy w przekroju górnym i okręgu w przekroju dolnym. Ten pozornie drobny szczegół bardzo komplikował wykonawstwo, ponieważ powierzchnia boczna bryły słupa nie dałaby się rozwinąć na płaszczyznę, a w konsekwencji nie byłoby możliwe wykonanie szalunku stalowego dającego estetyczny odcisk. Argumentacja wykonawcy przekonała architekta – kształt słupa uległ zmianie.

4.4. Izolacje – stacja i tory odstawcze

Absolutnym novum w tego typu budowlach podziemnych w Polsce było podejście do zagadnień ochrony przeciwwodnej konstrukcji. Bogate doświadczenia wykonawcze kadry technicznej Hydrobudowy-6 SA oraz bogate doświadczenie projektowe i otwartość na nowe pomysły oraz technologie pracowników B.P. „Metroprojekt”, pozwoliły zaprojektować i wykonać stację A18 z uwzględnieniem nowoczesnej technologii betonu i nowych trendów w rozwoju materiałów izolacyjnych. Zrezygnowano z izolacji ciężkiej i zastosowano następujące rozwiązania, będące zabezpieczeniem przeciwwodnym budowli:

- szczelną strukturę betonu kontraktorowego ścian szczelinowych, zapewniającą izolacyjność od strony ośrodka gruntowego za ścianami;
- biorąc pod uwagę doświadczenia z innych budów metrowskich Hydrobudowa-6 zaproponowała całkowitą rezygnację z izolacji powłokowej płyty dennej. Ochronę przeciwwodną zapewnia dostateczna szczelność betonu;
- zastosowano dodatkowe zabezpieczenia przerw roboczych wkładkami pęczniącymi typu WATERSTOP oraz jako doszczelnienie – wężykami FUCO (zamki połączeń ścian szczelinowych z płytą denną);
- w przerwach dylatacyjnych ułożono po obwodzie wkładki dylatacyjne typu TRICOMER;
- strop zewnętrzny monolitycznie powiązany ze ścianami (jest zmiennej grubości – górna powierzchnia w spadku poprzecznym) na całej długości został zabezpieczony dodatkowo izolacją powłokową; przyjęte rozwiązania przeciwwodne konstrukcji są wynikiem niskiego poziomu wód gruntowych i wysokiej jakości wykonania.

5. Zakończenie

Stacja Metra A18 „Pl. Wilsona” jest klasycznym przykładem budowli podziemnej w infrastrukturze komunalnej, wykonywanej z uwzględnieniem nowoczesnej technologii betonu, w ciągu I linii metra w Warszawie. Mimo typowego układu technologicznego i konstrukcyjnego, jest też budowlą na wskroś nietypową i niezwykle interesującą. Wykonując „kopułę” stropu zewnętrznego, „falę” stropu pośredniego, słupy kielichowe, ściany szczelinowe, izolacje przeciwwodne czy wreszcie całą konstrukcję, Hydrobudowa-6 udowodniła, iż nie obawia się licznych wyzwań, jakie stawia przed wykonawcami nowoczesna technologia betonu oraz budownictwo podziemne i użytkowe.

W artykule wykorzystano materiały promocyjne Hydrobudowy-6 SA, Metra Warszawskiego Sp. z o.o. oraz B.P. „Metroprojekt”. Zdjęcia autorstwa Joanny Kryckiej, Wojciecha Szmilewskiego i Bartłomieja Telca.

Literatura:

1. Nowak A.: *Technologia pracy stacji*, „Projekt Architektoniczno-Budowlany” 2003, z. 2.
2. Dawidowski S.: *Dokumentacja Hydrogeologiczna wraz z projektem odwodnienia budowlanego oraz prognozą oddziaływania na środowisko i obiekty budowlane dla stacji A18*, Warszawa 2003.
3. Misiurek F.: *Rozwiązania projektowe Stacji „Pl. Wilsona” I linii metra w Warszawie*, Warszawa 2005.
4. Domurad J., Misiurek F.: *Konstrukcja i metody budowy*, „Projekt Architektoniczno-Budowlany” 2003, z. 3.

16-18 MAJA 2007, KIELCE



AUTOSTRADA-POLSKA

XIII Międzynarodowe Targi Budownictwa Drogowego

www.autostrada-polska.pl



MASZBUD

IX Międzynarodowe Targi Maszyn Budowlanych i Pojazdów Specjalistycznych

www.maszbud.com



TRAFFIC-EXPO

III Międzynarodowe Targi Infrastruktury

www.traffic-expo.pl

**TARGI POD HONOROWYM PATRONATEM
MINISTRA TRANSPORTU**



Współpraca:



Instytut Badawczy Dróg i Mostów
www.ibdim.edu.pl

Patronat medialny:

Polskie drogi

forum
budowlane

POŚREDNIK
budowlany



Organizator:



Szczegółowe informacje Dyrektor Projektu - Bogusława Grzechowska
tel. 041 365 12 10; grzechowska.b@targikielce.pl
ul. Zakładowa 1, 25-672 Kielce
www.targikielce.pl