



PRACOWNIA PLANOWANIA I PROJEKTOWANIA
SYSTEMÓW TRANSPORTU
ul. Juliusza Lea 114, 30-133 Kraków,
altrans@altrans.krakow.pl



ARG PROJEKTOWANIE INWESTYCYJNE
ANDRZEJ I RENATA GARPIEL SPÓŁKA JAWNA
ul. K. Herwina Piątka 16, 31-234 Kraków
biuro@arg.krakow.pl



MP-MOSTY SP. Z O.O.
ul. Stoczniovców 3, 30-709 Kraków
biuro@mpmosty.pl

Zamawiający: **Biuro Infrastruktury Miasta**
Urząd Miasta Krakowa
31 - 949 Kraków, os. Zgody 2

Temat: **WSTĘPNE STUDIUM WYKONALNOŚCI**
PREMETRA W KRAKOWIE

TOM V - KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ
KONSTRUKCYJNYCH TRAS PREMETRA

Kraków, czerwiec 2009 r.



PRACOWNIA PLANOWANIA I PROJEKTOWANIA
SYSTEMÓW TRANSPORTU
ul. Juliusza Lea 114, 30-133 Kraków,
altrans@altrans.krakow.pl



ARG PROJEKTOWANIE INWESTYCYJNE
ANDRZEJ I RENATA GARPIEL SPÓŁKA JAWNA
ul. K. Herwina Piątka 16, 31-234 Kraków
biuro@arg.krakow.pl



MP-MOSTY SP. Z O.O.
ul. Stoczniewców 3, 30-709 Kraków
biuro@mpmosty.pl

SPIS TOMÓW

TOM I – CELE, ZADANIA, WNIOSKI

TOM II – WARIANTOWA KONCEPCJA SYSTEMU TRANSPORTU ZBIOROWEGO
- ALTRANS

TOM III – WARIANTOWA KONCEPCJA TRAS PREMETERA - ARG

TOM IV – WSTĘPNA OPINIA GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKA - GEOPROJEKT

**TOM V – KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH TRAS PREMETERA
– MP MOSTY**

TOM VI – ANALIZA ODDZIAŁYWANIA PROPONOWANYCH ROZWIĄZAŃ NA
ŚRODOWISKO - EKO IMPACT

TOM VII – ANALIZA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ I FINANSOWEJ - IMS

SPIS ZAWARTOŚCI

I.	OPIS TECHNICZNY	6
1.	WSTĘP	6
1.1.	Przedmiot opracowania	6
1.2.	Materiały wyjściowe.....	6
1.3.	Podstawowe przepisy i normatywy.....	6
1.4.	Opis elementów konstrukcyjnych związanych z realizacją premetra w Krakowie.	7
2.	PODSTAWOWE DANE WYJŚCIOWE.....	8
2.1.	Opis stanu istniejącego.....	8
2.2.	Opis stanu projektowanego.....	8
2.2.1.	Ogólny opis rozwiązania komunikacyjnego	8
2.2.2.	Ogólny opis rozwiązania konstrukcyjnego	9
3.	WARUNKI GEOTECHNICZNE	9
3.1.	Założenia wyjściowe.....	9
3.2.	Położenie i rzeźba terenu	10
3.3.	Budowa geologiczna.....	11
3.4.	Warunki hydrogeologiczne	11
3.5.	Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych dla trasy SW-NE (Skotniki - Mistrzejowice).....	12
3.6.	Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych dla trasy NW-SE (Tonie - Wieliczka).....	13
3.7.	Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych dla trasy W-E (Mydlniki - Kombinat HTS)	14
3.8.	Wstępna ocena warunków geologiczno - inżynierskich	15
4.	TECHNOLOGIE WYKONANIA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH PREMETRA.....	16
4.1.	Ogólny opis przewidywanych do realizacji obiektów.	16
4.2.	Rodzaj zastosowanych materiałów	16
4.3.	Opis skrajni taboru.....	17
4.4.	Obciążenia	17
4.5.	Opis technologii wykonania tuneli.	17
4.5.1.	Tunel realizowany w otwartym wykopie lub metodą podstropową.	17
4.5.2.	Tunel realizowany metodami górnictwymi.	18
4.5.3.	Konstrukcje żelbetowe stacji premetra - metoda górnictwa	19
4.5.4.	Konstrukcje żelbetowe stacji premetra – metoda odkrywkowa	19
4.5.5.	Mury oporowe na dojazdach do tunelu	20
4.5.6.	Śluzy przejściowe pomiędzy sekcjami tunelu realizowanymi metodą w wykopie i metodą górnictwą.	20
4.5.7.	Ciągi komunikacyjno - wentylacyjne	20
4.5.8.	Prefabrykowane segmenty tunelu zatapianego pod dnem Wisły	21
4.5.9.	Lokalne wzmocnienie górotworu.....	21
4.6.	Geometria tunelu w planie i profilu	21

4.7. Wyposażenie tunelu i przystanków.....	22
4.7.1. Torowisko linii premetra	22
4.7.2. Elementy wibroakustyczne.....	22
4.7.3. Dylatacje.....	23
4.7.4. Odwodnienie tunelu	23
4.7.5. Systemy bezpieczeństwa.....	23
4.7.6. Oświetlenie w tunelu	23
5. BEZPIECZEŃSTWO I EWAKUACJA.....	24
5.1. Przedmiot analizy	24
5.2. Podstawa opracowania.....	24
5.3. Cel opracowania	24
5.4. Zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pożarowego tunelu.....	24
5.5. Zagrożenia w tunelach	25
5.5.1. Zagrożenia pożarowe.....	25
5.5.2. Wypadki na torowisku w tunelu.....	25
5.6. Odległości od obiektów sąsiednich.	25
5.7. Oddzielenie przeciwpożarowe tunelu	26
5.8. Wydzielenia pożarowe pomieszczeń w tunelu	26
5.9. Pomieszczenia wydzielone pożarowo.....	27
5.10. Zaopatrzenie wodne do gaszenia pożaru przez ekipy ratownicze.	27
5.11. Zaopatrzenie wodne do wewnętrznego gaszenia pożaru.	27
5.12. Warunki ewakuacji	29
5.12.1. Dane ogólne	29
5.12.2. Tabor	29
5.13. Przewidywana liczba osób w poszczególnych odcinkach tunelu.....	29
5.14. Wymagane ilości wyjść ewakuacyjnych z tunelu.	29
5.15. Wymagania ogólne dla dróg ewakuacyjnych.....	29
5.16. Wymagania dla dróg ewakuacyjnych w tunelu	30
5.16.1. Wymagania dla klatek schodowych	30
5.16.2. Wymagania dla przejść ewakuacyjnych między komorami	31
5.17. Ewakuacja pasażerów w tunelu w czasie pożaru	31
5.18. Ewakuacja pasażerów w tunelu w czasie wypadku	31
5.19. Kurtyny pożarowe	31
5.20. Ewakuacja w rejonie składu	31
5.21. Zabezpieczenie przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych	32
5.22. Oznakowanie ewakuacyjne, pożarnicze, informacyjne	32
5.23. Wymagania dla instalacji użytkowych technicznych	33
5.23.1. Zasilanie w energię elektryczną.....	33
5.23.2. Oświetlenie bezpieczeństwa, ewakuacyjne i przeszkodowe	34

5.23.3. Dźwiękowy system ostrzegawczy	35
5.24. Urządzenia przeciwpożarowe.....	36
5.24.1. System sygnalizacji pożarowej	36
5.24.2. Gaśnice przenośne lub przewożne	37
5.24.3. Sprzęt ratowniczy, gaśniczy, środki łączności i środki gaśnicze	38
6. SYSTEM STEROWANIA RUCHEM POCIĄGÓW	38
6.1. Ogólne założenia działania systemu sterowania ruchem składów w tunelach	38
6.2. Kierowanie systemem sterowania ruchu w premetrze	39
6.3. Szczegółowe rozwiązania systemu sterowania ruchem składów premetra	39
7. INNE ZAGROŻENIA W TUNELACH PREMETRA.....	40
7.1. Pojawienie się niezidentyfikowanego gazu w tunelu	40
7.2. Eksplozja w tunelu premetra.....	40
7.3. Katastrofa budowlana w tunelu premetra.....	41
7.4. Awaria systemu łączności w tunelu premetra	41
8. PRZYKŁADY ZREALIZOWANYCH TUNELI	41
II. RYSUNKI.....	43

- Rys. nr V.1. Profile podłużne – Wariant A
- Rys. nr V.2. Profile podłużne – Wariant B
- Rys. nr V.3. Profile podłużne – Wariant C
- Rys. nr V.4. Profile podłużne – Wariant D
- Rys. nr V.5. Metoda górnicza – stacja – Rzut
- Rys. nr V.6. Metoda górnicza – stacja – Przekroje
- Rys. nr V.7. Metoda odkrywkowa – stacja – rzut przystanku
- Rys. nr V.8. Metoda odkrywkowa – stacja – rzut antresoli
- Rys. nr V.9. Metoda odkrywkowa – stacja – przekroje cz. 1
- Rys. nr V.10. Metoda odkrywkowa – stacja – przekroje cz. 2

I. OPIS TECHNICZNY

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest WSTĘPNE STUDIUM WYKONALNOŚCI PREMETRA W KRAKOWIE w zakresie obiektów konstrukcyjnych, które wymagałyby realizacji w ramach budowy premetra w Krakowie.

Trasy projektowanego premetra zlokalizowano na terenie miasta Krakowa, województwo małopolskie.

Niniejszy opis techniczny dotyczy Tomu V Koncepcja rozwiązań konstrukcyjnych tras premetra i obejmuje analizę rozwiązań konstrukcyjnych, których realizacja jest niezbędna z punktu widzenia zaproponowanych tras metra uwzględniając warunki gruntowe oraz intensywność zabudowy istniejącej i planowanej w przyszłości (na podstawie dostępnych planów zagospodarowania przestrzennego poszczególnych rejonów miasta).

W przypadku tras linii premetra przechodzących pod korytem rzeki Wisły uwzględniono możliwość wystąpienia dodatkowych obciążeń wyjątkowych pochodzących od zatopionych barek.

Zakres i forma opracowania jest zgodna z wymaganiami określonymi przez Zamawiającego.

1.2. Materiały wyjściowe.

Niniejsze wstępne studium wykonalności premetra w Krakowie w zakresie rozwiązań konstrukcyjnych zostało opracowane w oparciu o:

- Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia,
- dokumentacja geologiczna opracowana przez Przedsiębiorstwo Usług Geologicznych „GEOBUD” Bronisław Pietruszka - Kraków, 30-052 Kraków, ul. J. Lea 53/73, czerwiec 2009r;
- dokumentacja geologiczna opracowana przez Przedsiębiorstwo Usług Geodezyjno – Geologicznych „GEOPROJEKT” Sp. z o.o. - Kraków, 31-115 Kraków, Pl. Sikorskiego 13, lipiec 2009r;

1.3. Podstawowe przepisy i normatywy.

- Ustawa „Prawo budowlane” (Dz. U. Nr 80 z dn. 27.03.03)
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 43 z dnia 14 maja 1999r.)
- Rozporządzenie nr 735 Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 63 z dnia 3 sierpnia 2000r.)
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 września 1998r w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. Nr 126 poz. 839 z dnia 24 września 1998r.)
- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (obwieszczenie Ministra

Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 22 lipca 2002 roku w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu: Dz. U. Nr 147, poz. 1229).

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 czerwca 2003 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 czerwca 2003 roku w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego oraz dróg pożarowych.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 czerwca 2003 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie zakresu, trybu, i zasad uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej
- Ustawa „Prawo wodne” (Dz. U. Nr 115, poz. 1229 z dn. 11.10.2001.)
- PN-85/S-10030 Obiekty mostowe. Obciążenia.
- PN-91/S-10042 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
- PN-81/B-03020 Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-83/B-03010 Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- PN-EN 1536 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone
- PN-EN 1538 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ściany szczelinowe
- PN-EN 12063 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne
- PN-EN 1537 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe.
- PN-EN 14199 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Mikropale.
- PN-82/S-10052 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
- PN-S-02204 Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
- PN-S-02205 Drogi samochodowe. Roboty ziemne.
- PN-B-02877-4. Ochrona przeciwpożarowa budynków. Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła. Zasady projektowania.
- PN-IEC 60364-4-482. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. (...) Ochrona przeciwpożarowa.
- PrPN-E-08350-14. Systemy sygnalizacji pożarowej. Projektowanie, zakładanie, odbiór, eksploatacja i konserwacja instalacji.
- PN-EN 60849 Dźwiękowe systemy ostrzegawcze
- Podstawowe zasady projektowania instalacji sygnalizacji pożarowej. CNBOP Warszawa 1994 rok.

Niniejsze opracowanie wykonane jest zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz wiedzą inżynierską.

1.4. Opis elementów konstrukcyjnych związanych z realizacją premetra w Krakowie.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wydzielono kilka rodzajów elementów konstrukcyjnych, których realizacja jest niezbędna dla funkcjonowania planowanego premetra. Do elementów tych zaliczają się:

- Tunel premetra o konstrukcji żelbetowej realizowany w otwartym wykopie lub metodą podstopową.

- Tunel premetra o konstrukcji żelbetowej realizowany metodą górniczą (np. metodą TBM).
- Konstrukcje żelbetowe stacji premetra realizowane w otwartym wykopie lub metodą podstropową lub mikrotunelowania.
- Konstrukcje żelbetowe stacji premetra realizowane metodą górniczą z jednoczesnym wzmocnieniem górotworu.
- Mury oporowe na sekcjach wjazdowych do tunelu realizowane w technologii ścian szczelinowych rozpartych w dnie.
- Śluzy przejściowe pomiędzy sekcjami tunelu realizowanego w wykopie otwartym i metodą górniczą.
- Ciągi komunikacyjno – wentylacyjne realizowane na przystankach premetra będące jednocześnie elementami systemu ewakuacji oraz wentylacji i oddymiania.
- Prefabrykowane segmenty żelbetowe tunelu dla wariantu płytkiego przejścia pod dnem rzeki Wisły.
- Lokalne wzmocnienia górotworu przy przejściach pod istniejącą zabudową (warunkowane głębokością piwnic lub fundamentów istniejących obiektów).

2. PODSTAWOWE DANE WYJŚCIOWE.

2.1. Opis stanu istniejącego.

W chwili obecnej nie występują w Krakowie żadne rozwiązania konstrukcyjne, poza liniami tramwajowymi szybkiego tramwaju, mające być elementami sieci premetra.

Wykonane zostały analizy określające potoki pasażerów dla różnych przebiegów linii projektowanego premetra, które stały się podstawą wyznaczenia analizowanych w dalszym etapie wariantów tras premetra oznaczonych 'A' do 'D'.

Pierwotnie planowano wykonanie stacji metra w miejscu obecnego przystanku 'Dworzec Główny' linii Krakowskiego Szybkiego Tramwaju. Płyta fundamentowa Krakowskiego Centrum Komunikacyjnego została geometrycznie doszosaowana do wagonów metra użytkowanych w Warszawie, poprzez wykształcenie różnicy poziomów torowiska i peronów. Na etapie stanu surowego konstrukcji zaprzestano dalszych prac związanych z realizacją obiektu na poziomie przyszłego metra.

W chwili obecnej, po zrealizowaniu przystanku linii KST, nie ma możliwości wykorzystania tego tunelu dla potrzeb premetra ze względu na brak możliwości kontynuacji konstrukcji tunelu. Ponadto tunel ten w rejonie węzła komunikacyjnego KCK byłby realizowany metodą w otwartym wykopie co niewątpliwie wpłynęłoby na znaczny wzrost kosztów ze względu na istniejące uzbrojenie podziemne terenu wokół dworca kolejowego i dworca RDA.

2.2. Opis stanu projektowanego.

2.2.1. Ogólny opis rozwiązania komunikacyjnego

W zakres planowanej inwestycji wchodzi analiza 4 wariantów przebiegu tras linii premetra

zapewniających optymalne warunki przejazdu z punktu widzenia przewidywanych potoków pasażerów. Warianty te opisano szczegółowo w tomie I opracowania.

W miejscach lokalizacji projektowanych stacji premetra przewidziano węzły przesiadkowe umożliwiające dalszą podróż komunikacją zbiorową lub też przesiadkę na inną linię premetra.

2.2.2. Ogólny opis rozwiązania konstrukcyjnego

2.2.2.1. Tunel realizowany w otwartym wykopie

Ze względu na warunki wodno – gruntowe oraz występującą zabudowę miejską ograniczono głębokość wykopów otwartych do 12,0 m ppt. Wykopy takie można realizować powszechnie dostępnym sprzętem przy jednoczesnym ograniczeniu odkształceń podłoża gruntowego na obszarze wokół realizowanego wykopu. Jest to szczególnie ważne w przypadku relatywnie gęstej zabudowy części śródmiejskiej Krakowa.

2.2.2.2. Tunel realizowany metodą górnictw

Dla tuneli realizowanych metodą górnictw przewidziano zastosowanie metody TBM z wykorzystaniem żelbetowych elementów prefabrykowanych jako okładziny tuneli.

W miejscach stacji podziemnych premetra zabezpieczenie górotworu będzie wykonywane dodatkowo poprzez zastosowanie kotew gruntowych lub iniekcji wzmacniających.

2.2.2.3. Tunel realizowany poprzez zatapianie

Dla tuneli premetra przebiegających pod korytem rzeki Wisły rozpatrzono alternatywnie wariant polegający na ułożeniu na dnie rzeki segmentów prefabrykowanych tunelu. Gotowe elementy byłyby spławiane w miejsce docelowe i tam zatapiane we wcześniej przygotowanym wykopie, a następnie zasypywane warstwą gruntu.

3. WARUNKI GEOTECHNICZNE

3.1. Założenia wyjściowe.

Rozpoznanie geologiczne podłoża gruntowego dla projektowanych linii premetra w Krakowie wykonano w obszarze wewnątrz II obwodnicy do głębokości 20,0 m ppt. Natomiast na pozostałym obszarze do głębokości 10,0 m.

Opinię sporządzono na podstawie:

- materiałów archiwalnych.
- mapy topograficznej w skali 1 : 25 000
- map topograficznych w skali 1 : 10 000
- mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusze Kraków i Niepołomice
- pracy zbiorowej "Kraków - środowisko geograficzne" PWN Warszawa, 1972 r.
- R. Gradziński "Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa" WG Warszawa, 1972 r.
- praca zbiorowa "Przewodnik LX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego Kraków 14 - 16

września 1989 r." AGH Kraków, 1989 r.

- materiały konferencyjne "Budowa geologiczna, warunki hydrogeologiczne i geotechniczne podłoża Krakowa", AGH Kraków, 1991 r.
- Kleczkowski, I. Myszkowski, T. Solecki, J. Stopa "Krakowskie artezyjskie źródła wód pitnych z wapieni jury", AGH Kraków, 1994 r.

3.2. Położenie i rzeźba terenu

Projektowane są maksymalnie trzy linie premetra, o orientacyjnym przebiegu SW-NE, NW-SE oraz W-E. Linia SW-NE przebiega od Skotnik przez Zakrzówek, osiedle Podwawelskie, przekracza Wisłę w rejonie hotelu Forum, biegnie przez Plac Wolnica, Cmentarz Żydowski, Rondo Kotlarskie, al. Pokoju, przekracza rzekę Białuchę, przebiega przez rejon wiaduktu PKP nad ul. Mogiłą i ul. Mogiłą, dalej przez rejon Muzeum Lotnictwa, przecina ul. Stella - Sawickiego i stary pas startowy lotniska, ul. Andersa, osiedle Strusia i Kalinowe, rejon szpitala im. L. Rydygiera dochodząc do ul. Mistrzejowickiej. Linia NW-SE przebiega z Toń, przekracza linię PKP, ul. Opolską, Azory, ul. Wybickiego i linię PKP, ul. Wrocławską, przecina al. Słowackiego w rejonie budynku Radia Kraków, ul. Dunajewskiego, zachodnią część Rynku Głównego i Kazimierza przekracza Wisłę w rejonie ul. Podgórskiej i Starowiśnej, przebiega ul. Na Zjeździe i następnie biegnie wzdłuż ul. Wielickiej do granic Krakowa. Natomiast linia W-E przebiega od Mydlnik (rejon przekroczenia rzeki Rudawy linią PKP) do rejonu ulic Armii Krajowej, - Odlewniczej, następnie wzdłuż ul. Reymonta, przekracza al. Mickiewicza przy budynku AGH, biegnie przez Pl. Szczepański i Pl. Św. Ducha, dalej ul. Lubicz, Mogiłą, przekracza rzekę Białuchę i dalej biegnie przez Park Lotników Polskich, obiekty AWF-u, przecina ul. Nowohucką, al. Jana Pawła II w rejonie Ronda Czyżyńskiego, osiedla Kolorowe, Handlowe, Centrum D, C, B i następnie al. Solidarności, dochodząc do Centrum Administracyjnego HTS.

Morfologicznie obszar Krakowa znajduje się na pograniczu dwóch wielkich jednostek geomorfologicznych - Wyżyny Śląsko - Krakowskiej i Pogórza Karpackiego, rozdzielonych wąską strefą zwaną Bramą Krakowską, która w kierunku wschodu przechodzi w Wyżynę Sandomierską. Na terenie Krakowa wyróżnić można następujące większe jednostki geomorfologiczne (od północy): Skłon Wyżyny Małopolskiej, Pradolinę Wisły, Zrąb Sowińca, Izolowane Zręby Bramy Krakowskiej oraz Wysoczyznę Krakowską.

Trasy premetra prawie w całości znajdują się w obrębie Pradoliny Wisły, tylko początek trasy SW-NE znajduje się w obrębie Wysoczyzny Krakowskiej (Pagór Kobierzyński), podobnie jak koniec trasy NW-SE (Pagór Łagiewnicki). Środkowa część trasy NW-SE przebiega w pobliżu Zrębu Krzemionek. Natomiast koniec trasy SW-NE znajduje się w obrębie Skłonu Wyżyny Krakowskiej (Dział Mistrzejowicki), a w części środkowej zahacza o izolowane Zręby Bramy Krakowskiej (Zrąb Twardowskiego).

Szeroka Pradolina Wisły, zwężająca się w rejonie Wawelu, ma wyraźnie sterasowane dno. Jest to terasa średnia, zachowana wzdłuż północnej krawędzi doliny, o wysokościach 212 - 225 m n.p.m., oraz terasa nadzalewowa (200 - 205 m n.p.m.) z licznymi starorzeczami w części wschodniej. Skłon Wyżyny Małopolskiej to szerokie garby zwane działami, rozdzielone dolinami rzecznyymi dopływów Wisły.

Izolowane Zręby Bramy Krakowskiej tworzy kilka małych zrębów wapiennych oddzielonych wąskimi rowami tektonicznymi, a Wysoczyzna Krakowska to niskie pagóry i garby.

3.3. Budowa geologiczna

Podłoże miasta Krakowa zbudowane jest z osadów jury, kredy, miocenu oraz osadów czwartorzędu. Osady jury to wapienie ławicowe lub skaliste jury górnej, w stropie często skrasowiałe. Budują one zręby tektoniczne zaznaczające się w rzeźbie terenu (Zrąb Sowińca, Izolowane Zręby Bramy Krakowskiej, Wzgórze Wawelskie) oraz zręby ukryte pod osadami czwartorzędownymi na głębokości 10 - 25 m, a stwierdzone wierceniami w różnych rejonach miasta (Tonie, Krowodrza, Kleparz, Stare Miasto). Zręby są spękane i pocięte uskokami. Spękania w stropie są niekiedy gęste, a strefy ich występowania osiągają grubość paru metrów. Większość spękań jest pionowa lub bardzo stroma. Strefy uskokowe mogą mieć dość dużą szerokość i będą to strefy osłabienia górotworu.

Osady kredowe - margle, występują lokalnie, głównie na wapieniach jurajskich i mają niedużą miąższość.

Osady miocenne to głównie margliste iły warstw skawińskich występujące prawie na całym terenie opracowania oraz iły i iłowce warstw wielickich zawierające nieciągłe wkładki i przewarstwienia gipsów w postaci konkrecji bulastych (bloków), gipsów włóknistych bądź drobnych, rozproszonych kryształów. Warstwy wielickie występują głównie w południowo - zachodniej części Krakowa oraz lokalnie we wschodniej, a w ich stropie tworzy się kras gipsowy. We wschodniej części Krakowa (Nowa Huta) występują iły z piaskami i wkładkami piaszczystymi warstw chodenickich, a w południowo - wschodniej osady piaszczyste (piaski bogucickie) warstw grabowieckich.

Czwartorzęd przykrywa osady starsze i jest wykształcony (w dolinach rzek) jako piaski i żwiry z madami, a na terasie niskiej lokalnie z torfami (teren od Ronda Mogińskiego do Czyżyn), piaski wodno - lodowcowe i lodowcowe oraz lessy występujące głównie w północno - wschodniej części Krakowa. Miąższość osadów czwartorzędowych jest zmienna i może dochodzić do ok. 30 m.

3.4. Warunki hydrogeologiczne

W obszarze Krakowa występują dwa zasadnicze poziomy wodonośne, poziom czwartorzędowy i poziom jurajski.

Poziom czwartorzędowy występuje w osadach piaszczysto - żwirowych. Woda gruntowa strefy saturacji (nasylenia) o zwierciadle ciągłym, przeważnie swobodnym, a lokalnie lekko naporowym występuje na głębokości zmiennej, od 1 - 2 do ok. 20 m, (rzędne od ok. 199 do ok. 227 m n.p.m.). Elementem drenującym jest tu Wisła oraz jej dopływy. W rejonie Wisły poziom wody gruntowej regulowany jest barierą studni odwadniających związaną ze spiętrzeniem Wisły stopniem wodnym na Dąbiu. Ma ona za zadanie

utrzymać poziom wód gruntowych na terenie pomiędzy barierą a Wisłą na rzędnej ca 199 m npm (średni poziom piętrzenia Wisły).

Poziom górnourajski występuje w spękanych, uszczelnionych i częściowo skrasowiakach wapieniach. Nie stanowią one jednolitego poziomu, tworzą oddzielne zbiorniki w poszczególnych zrębach i rowach tektonicznych, o zwierciadle wody na różnych głębokościach. Są to wody artezyjskie lub subartezyjskie, a wody o zwierciadłach swobodnych spotyka się w osadach jury występujących na powierzchni.

Osady mioceńskie są praktycznie bezwodne. Miejscami w przewarstwieniach piaszczystych będzie się pojawiać woda gruntowa w postaci wypływów o zmiennej intensywności (ul. Ujastek) lub w piaskach boguckich będzie występował ciągły poziom wodonośny. Natomiast w obrębie warstw wielkich, na głębokości do kilku metrów, głównie w krasie gipsowym, pojawia się woda gruntowa o charakterze nieciągłym.

3.5. Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych dla trasy SW-NE (Skotniki - Mistrzejowice)

Projektowana trasa nr 1 SW-NE premetra przebiega początkowo w obrębie Pagóra Kobierzyńskiego (o wysokościach ca 215 m npm), łagodnie nachylonego w kierunku północy, przechodzącego w płaski, podmokły Rów Skotnik o wysokości ca 210m npm. Dalej trasa zahacza o jurajski Zrąb Twardowskiego, bardzo nierówny, z licznymi starymi łomami i dużym, nieczynnym kamieniołomem oraz nasypami. Wysokości bezwzględne są tu w granicach 213 - 216 m npm. Dalej trasa przebiega terasą niską Wisły, rozciętą uregulowanym korytem Wisły, o wysokościach bezwzględnych w granicach 206 - 202 m npm. Na odcinku od Ronda Kotlarskiego do rzeki Białuchy to strefa podkrawędziowa terasy z niewidocznymi starorzeczami. Od rejonu Al. Jana Pawła II trasa wkracza wyraźnym progiem na terasę wyższą (Czyżyńską) o powierzchni płaskiej i wysokościach 212 - 220 m npm. Od ul. Andersa zaczyna się wyraźnym progiem Dział Mistrzejowicki, a jego szeroki, łagodny garb z kumulacją w rejonie Szpitala im. L. Rydygiera osiąga wysokość 233 m npm.

Starsze podłoże trasy budują głównie iły miocenu (warstw skawińskich) o stropie początkowo na głębokości 1,0 - 3,5 m (rzędne 207 - 213 m npm), a w rejonie Zrębu Twardowskiego wapienie jurajskie, przykryte ich wietrzeliną, o stropie na głębokości 6 - 10 m (rzędne 202 - 210m npm). Od rejonu os. Podwawelskiego strop iłów obniża się i lekko pofalowany przebiega na dłuższym odcinku na głębokości 10 - 13 m, tj. na rzędnych 189 - 193 m npm. Na terasie Czyżyńskiej strop iłów, bardziej nierówny, znajduje się na głębokości 20 - 32 m (rzędne 188 - 194 m npm), a w obrębie Działu Mistrzejowickiego rzędne stropu iłów wzrastają do 195 - 217 m npm (głębokość 10 - 25 m ppt).

W początkowym odcinku trasy (do os. Podwawelskiego) iły i wapienie przykryte są czwartorzędowymi

piaskami wodno - lodowcowymi i następnie rzecznyymi. Od os. Podwawelskiego osady rzeczne to piaski i żwiry przykryte grubą (4 - 8 m) warstwą mad i mad organicznych. Ich soczewki pojawiają się również obrębie piasków i żwirów na zmiennej głębokości. Na odcinku od Ronda Kotlarskiego do krawędzi terasy Czyżyńskiej (obiekty AWF-u) w stropie podłoża występują mady organiczne i torfy o łącznej miąższości 3,5 - 6,0 m. Na terasie Czyżyńskiej piaski i żwiry z soczewkami mad, mad organicznych i torfów przykryte są grubą (do ca 8 m) warstwą mad. Na Dziale Mistrzejowickim piaski przykryte są warstwą osadów lessowych o miąższości 8 - 9 m. Bezpośredni strop podłoża to przeważnie nasypy o zmiennym składzie i grubości, największej w rejonie Zrębu Twardowskiego (ca 6 m) oraz na Kazimierzu i Grzegórkach (1,5 - 5 m).

Woda gruntowa w piaszczystych osadach czwartorzędowych, o zwierciadle ciągłym, występuje na zmiennej głębokości. Początkowo 0,6 - 1,5 m, w dolinie Wisły 2 - 5 m (rzędne 197,5 - 202,5 mnpm), a na terasie Czyżyńskiej na głębokości 10 - 22 m (rzędne 201 - 202 m npm). W obrębie Działu Mistrzejowickiego woda gruntowa występuje na głębokości, 9 - 26 m ppt. - rzędne 205 - 217 m npm.

3.6. Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych dla trasy NW-SE (Tonie - Wieliczka)

Projektowana trasa nr 2 NW-SE premetra rozpoczyna się w obrębie szerokiego, płaskiego, pociętego siecią płytkich cieków Stożka Prądnika, o wysokościach bezwzględnych obniżających się w granicach 229 - 224 m npm, przechodząc następnie terenem nierównym, z nasypami drogowymi i kolejowymi, i obniżającym się do rejonu Wisły do rzędnej ca 203 m npm. Za Wisłą początkowo terasa niska, płaska, częściowo nadsypana nasypami (o wysokościach 202,5 - 206 m npm) i nierówny Zrąb Krzemionek o wysokości 208 - 211 m npm, z nieczynnymi kamieniołomami. Zrąb rozcięty jest płytką doliną. Za Zrębem znajduje się nierówna strefa przejściowa między Pagórem Łagiewnickim i doliną Wisły (rzędne 205 210 m npm), a od rejonu Prokocimia teren wznosi się do rzędnych 222 - 232 m npm wkraczając na płaską wierzchowinę i stoki Pagóra Łagiewnickiego, pocięte licznymi płytkimi dolinkami cieków, z których największa Malinówka ma rzędną ca 220 m npm.

Starsze podłoże trasy budują początkowo mioceńskie iły warstw skawińskich o stropie na głębokości 20 - 24 m (rzędne obniżają się od 205 do 186 m npm) z lokalnymi (rejon Toń i wiaduktu przy ul. Wrocławskiej) zrębami wapiennymi jury i marglistymi kredy (strop na rzędnych 206,5 i 196,5 m npm). W rejonie al. Słowackiego w obrębie iłów występują gipsy. W pobliżu Wisły strop iłów spłyca się do głębokości 11 - 15 m (rzędne 192 m npm). Wapienny Zrąb Krzemionek, gdzie strop skały znajduje się na głębokości 3 - 9 m (rzędne 195 - 206 m npm) rozcięty jest doliną wypełnioną płytko (ca 3 m - rzędna 205 m npm) iłami miocenu. Od zrębu, w obrębie strefy przejściowej, pofalowany strop iłów znajduje się

na głębokości 2 - 7 m (rzędne 199 - 208 m npm). W rejonie ul. Heltmana i fabryki Kabli w podłożu występują ility warstw wielkich z gipsami i gipsy, ze stwierdzonymi miejscami na głębokości 5 - 16 m pustkami o grubości ca 1,6 m. W obrębie Pagóra Łagiewnickiego ility znajdują się na bardzo zmiennej głębokości, od 1,5 do ponad 20 m (rzędne od ca 208 do 220 m npm). W części końcowej zamiast iłów warstw grabowieckich występują zagęszczone piaski bogucickie.

ility warstw skawińskich i wapienie jurajskie przykryte są na stożku Prądnika piaskami i żwirami, miejscami z grubą (6 - 7 m) warstwą mad w stropie. W dolinie Wisły piaski i żwiry przykryte są madami o miąższości 2 - 3 m, a w strefie przejściowej Pagóra do doliny Wisły na iłach zalegają osady deluwialne z cienką (do ca 2 m) warstwą piasków lodowcowych w stropie. Na Pagórze Łagiewnickim na iłach i piaskach bogucickich występują różnoziarniste piaski lodowcowe z soczewkami mad, a w dolinach cieków mady i mady organiczne o miąższości do ca 7 m. Grube warstwy nasypów występują w rejonie nasypów drogowych i linii PKP oraz w rejonie Starego Miasta (4 - 8 m), Placu Bohaterów Getta (7,5 m), Zrębu Krzemionek (2 - 4 m) i ul. Kamieńskiego (ca 4 m).

Woda gruntowa o zwierciadle ciągłym, występuje w piaszczystych osadach czwartorzędowych, na zmiennej głębokości. Początkowo w dolinie Wisły na głębokości 6,5 - 10 m (rzędne 210 - 220 m npm), następnie obniża się do rzędnych 198 - 205 m npm (głębokość 5 - 11 m). W rejonie ul. Heltmana woda w piaskach na głębokości 1 - 3 m (rzędne 204 - 209 m npm), a na Pagórze Łagiewnickim 1 - 7 m (rzędne 206 - 217m npm).

3.7. Charakterystyka warunków gruntowo-wodnych dla trasy W-E (Mydlniki - Kombinat HTS)

Projektowana trasa nr 3 W-E premetra przebiega w całości w obrębie doliny Wisły. Początkowo jest to terasa Rudawy o powierzchni lekko falistej i wysokościach bezwzględnych w granicach 205 - 212 m npm, obniżającej się w kierunku wschodu (do al. Mickiewicza) do rzędnej ca 203 m npm. Następnie teren wznosi się lekko do rzędnej ca 212 - 214 m npm (Plac Św. Ducha), aby dalej obniżać się, w rejonie Czyżyn do rzędnej ca 202 m npm. Na terasie Czyżyńskiej i następnie Pleszowskiej teren łagodnie wznosi się (rzędne 205 - 215 m npm) do rzędnej ca 220 m npm w części końcowej. Terasę Czyżyńska od Pleszowskiej rozdziela szeroka, płaska dolina Dłubni o rzędnej ca 205 m npm.

W starszym podłożu występują ility warstw skawińskich o stropie obniżającym się od rzędnej ca 202 do ca 190 m npm w rejonie ul. Reymonta. Na tym odcinku występują jurajskie zręby wapienne o stropie na głębokości 9 - 16 m (rejon Mydlnik, ul. Balickiej i ul. Armii Krajowej) i rzędnych 192 - 197 m npm. Dalej lekko pofalowany strop iłów przebiega na głębokości 12 - 24 m ppt, tj. na rzędnych 188 - 192 m npm. W rejonie Ronda Mogilskiego w obrębie iłów występują wkładki gipsów. Strop iłów obniża się w rejonie

Nowej Huty (os. Szklane Domy) do rzędnej 181 m npm, by w końcówce wzrosnąć do rzędnej 195 m npm. W części końcowej występują łąki z piaskami warstw chodenickich.

Łąki i wapienie przykryte są w przeważającej części piaskami i żwirami, miejscami z soczewkami mady i mad organicznych, a bardziej miększe (do ca 5,5 m) strefy mad, mad organicznych i torfów występują od rejonu ul. Mogińskiej do Czyżyn. Na terasie Czyżyńskiej na piaskach i żwirach zalegają mady o miąższości 2 - 4 m, w rejonie Dłubni miąższość mad wzrasta do ca 5 m. Grube (do ca 16 m) warstwy nasypów występują od Dłubni do końca trasy, oraz od ul. Reymonta do Ronda Mogińskiego (w rejonie Rynku Głównego miąższość nasypów osiąga ca 10m).

Woda gruntowa w piaszczystych osadach czwartorzędowych, o zwierciadle ciągłym, występuje na zmiennej głębokości, od ca 2 m do ca 12 m (w rejonie ul. Ujastek). Rzędne od 209 do 197,5 m npm.

3.8. Wstępna ocena warunków geologiczno - inżynierskich

1. Projektuje się trzy lub dwa odcinki trasy premetra w Krakowie (w zależności od wariantu). Będą one przebiegać na powierzchni oraz w wykopach i tunelach, na nieustalonej głębokości.
2. Przy przebiegu w obrębie osadów czwartorzędowych - spoistych (mady i mady organiczne oraz częściowo osady lessowe) warunki geologiczno - inżynierskie mogą być miejscami niezbyt korzystne - możliwość występowania gruntów słabonośnych poniżej poziomu posadowienia trasy, dotyczy to zwłaszcza rejonu od Ronda Kotlarskiego i Mogińskiego do Czyżyn oraz od ul. Kapelanka do ul. Konopnickiej. W osadach niespoistych - nawodnione piaski i żwiry - wystąpią duże dopływy wody, a w rejonie działania bariery studni odwadniających rozluźnienia gruntów niespoistych.
3. Przy przebiegu w obrębie ilastych osadów miocenu warstw skawińskich problemem będą stwierdzone spękania w obrębie łąk, mogące stanowić płaszczyzny poślizgu, a w obrębie warstw wielickich - gipsy, w stropie, których miejscami tworzy się tzw. kras gipsowy. Charakteryzuje się on występowaniem stref gruntów plastycznych i miękkoplastycznych oraz pustkami w gruncie z intensywnymi wypływami wody. Pustki te mogą być częściowo lub całkowicie wypełnione gruntami miękkoplastycznymi i półpłynnymi (rejon Skotnik oraz ul. Heltmana). Od ul. Heltmana do Fabryki Kabli, do roku 1939, prowadzona była eksploatacja gipsów metodami górniczymi. Stwierdzono tu w obrębie gipsów występowanie szczelin i pustek krasowych oraz pustek poeksploatacyjnych, jak również zasypanych szybików eksploatacyjnych. Problemem będzie również zawodnienie ilasto - pylasto - piaszczystych osadów miocenu warstw chodenickich w rejonie Nowej Huty. Należy również wspomnieć o wysokim (miejscami) wskaźniku pęcznienia łąk miocenu.

4. Przy przebiegu w obrębie zrębów wapieni jurajskich mogą wystąpić zarówno trudności z urabianiem, jak i kłopoty z dużym zawodnieniem masywu (woda szczelinowa), strefami krasowymi i strefami osłabienia górotworu (strefy uskokowe i zbrekcjowania skał).

4. TECHNOLOGIE WYKONANIA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH PREMETRA

4.1. Ogólny opis przewidywanych do realizacji obiektów.

Zestawienie obiektów, których realizacja będzie konieczna w ramach wykonania premetra w Krakowie określono w punkcie 1.6 niniejszego opracowania.

Dokładniej omówione zostaną sposoby wykonania podstawowych elementów konstrukcyjnych tj. tuneli, ciągów komunikacyjnych (klatek schodowych i szachtów wentylacyjnych).

Ponadto przedstawione zostaną propozycje rozwiązań konstrukcyjnych mające zabezpieczyć konstrukcję tunelu oraz jego otoczenie przed niekorzystnym wpływem drgań generowanych przez poruszający się tabor.

4.2. Rodzaj zastosowanych materiałów

Do wykonania elementów konstrukcyjnych premetra przewidziano zastosowanie następujących materiałów:

- beton konstrukcyjny

Element konstrukcyjny	Klasa betonu wg PN-91/S-10042	Klasa wytrzymałości wg PN-EN 206-1	Klasa ekspozycji wg PN-EN 206-1
konstrukcja tunelu głębokiego	B40	C30/37	XC1 + XA1
konstrukcja tunelu płytkiego i ściany żelbetowe murów oporowych	B40	C30/37	XC4 + XD3 + XF4
ściany filarów na przystankach	B50	C40/50	XC4 + XD3 + XF4
ściany szczelinowe tunelu i murów oporowych	B30	C25/30	XC4 + XD3 + XF4
konstrukcje żelbetowe przystanków	B30	C25/30	XC4 + XD3 + XF4
kapy chodnikowe, gzymsy	B37	C30/37	XC4 + XD3 + XF4
ławy fundamentowe	B30	C25/30	XA3 + XC4
pale	B30	C25/30	XA3

- stal zbrojeniowa klasy A-I (St3S-b) i A-IIIN (BSt500S)
- stal konstrukcyjna S255J2 i S355J2G3

- stal sprężająca o wytrzymałości charakterystycznej $R_{yk}=1860\text{MPa}$

4.3. Opis skrajni taboru.

Premetro łączy w sobie dwa środki transportu jednocześnie. Składy poruszające się po liniach premetra przystosowane są jednocześnie do ruchu po istniejących w mieście Krakowie torowiskach tramwajowych. Uwarunkowanie to narzuca ograniczenie skrajni taboru premetra do tradycyjnej skrajni tramwajowej.

Inne założenie skutkowałoby koniecznością modernizacji istniejących linii tramwajowych co w znacznym stopniu obniżyłoby wskaźniki ekonomiczne całego przedsięwzięcia z jednej strony, komplikując rozwiązania konstrukcyjne np. peronów na przystankach, które musiałyby przystosowane do taboru o zróżnicowanej skrajni.

W tunelach oraz na przystankach premetra przyjęto skrajnię taboru wg *PN-K-92009 Komunikacja miejska. Skrajnia budowli. Wymagania* dla toru o rozstawie 1435 mm. Skrajnia przyjęta w tunelach premetra jest obniżona (zbędna przestrzeń dla przewodu jezdnego) ze względu na fakt, że w tunelach pojazdy zasilane są z trzeciej szyny ulokowanej w torowisku premetra. Wymagania dla przyjętej skrajni spełnia praktycznie większość taboru, jaki mógłby się poruszać po liniach premetra.

4.4. Obciążenia

Obiekty analizowano pod kątem przenoszenia obciążeń ruchomych od pojazdów na klasę obciążenia 'A' oraz od taboru tramwajowego wg PN-85/S10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”.

4.5. Opis technologii wykonania tuneli.

4.5.1. Tunel realizowany w otwartym wykopie lub metodą podstropową.

Tunel realizowany w wykopie, do głębokości 12,0 m, zaprojektowano jako dwuprzęsłową ramę żelbetową zamkniętą o przekroju prostokątnym. Ściany boczne przewidziano w postaci ścian szczelinowych grubości 1,00 m, ścianę środkową zaprojektowano o grubości 0,60 m. Strop tunelu stanowi płyta żelbetowa o zmiennej grubości 0,50 m – 0,75 m zależnie od grubości nadkładu gruntu nad tunelem. W dnie tunelu przewidziano wykonanie płyty żelbetowej, grubości 0,60 m, stanowiącej rozporę. Długość baret wynosi maksymalnie 17,50 m. Ściany szczelinowe, po rozebraniu ścianek prowadzących i wyrównaniu terenu na poziomie projektowanego spodu płyty stropowej, należy stężyć żelbetową płytą stropową.

Górna część wykopu, dla tunelu na głębokości powyżej 3,0 m jest realizowana w obudowie typu berlińskiego lub w obudowie ze ścianek stalowych szczelnych. Wewnątrz pierwszej obudowy wykonana będzie docelowa konstrukcja ze ścian szczelinowych betonowych połączonych docelowo żelbetową płytą stropową. Połączenie ścian bocznych i płyty dennej dokonuje się za pomocą wnek wykonanych w ścianach szczelinowych, z użyciem elementów styropianowych montowanych do koszy zbrojeniowych sekcji ścian. Głębokość wnęki wynosi 10 cm. Wnęki są odkrywane po zabetonowaniu i odkopaniu ścian szczelinowych. Ich powierzchnia jest oczyszczana i uszorstniona, a zbrojenie ze ścian szczelinowych łączone jest ze zbrojeniem płyty dennej.

Miejsce połączenia ściany szczelinowej i płyt stropowej oraz dennej zabezpiecza się dodatkowo elementami uszczelniającymi w postaci taśm bentonitowych i węży iniekcyjnych układanych przed betonowaniem płyty dennej we wnęce.

W konstrukcji tunelu przewidziano przerwy dylatacyjne rozmieszczone co 30,00 m.

Mury oporowe na dojazdach do tunelu realizowanego w wykopie zaprojektowano jako ściany szczelinowe wspornikowe z rozparciem.

Tunel drążony będzie po wykonaniu płyty stropowej. Przyjęto technologię wykonania wykopu metodą podstropową. Pozwala to na maksymalne skrócenia okresu rozkopu na powierzchni terenu. Po wykonaniu konstrukcji nośnej tunelu i związaniu betonu wykonywana jest izolacja płyty stropowej. Następnie można wykonać zasypanie konstrukcji i odtworzenie pierwotnego terenu z przywrócenie wszystkich funkcji użytkowych jakie były przed rozpoczęciem robót. Proces drążenia tunelu może być w takim układzie realizowany w dowolnym okresie, niezależnie do warunków atmosferycznych i bez zakłóceń na powierzchni terenu nad tunelem. Do robót metodą podstropową wykorzystywane są specjalne ładowarki samojezdne o małej wysokości.

Przejścia pomiędzy komorami tunelu są zaprojektowane w ścianie środkowej. Drzwi ewakuacyjne nie kolidują ze skrajnią taboru poruszającego się w tunelu oraz dodatkowo posiadają zabezpieczenia elektroztrzymaczami.

4.5.2. Tunel realizowany metodami górnictwymi.

Konstrukcja tunelu zlokalizowana na głębokości >12,0 m ppt. została przewidziana jako element realizowany metodami górnictwymi. Tunel został w tej części zaprojektowany jako dwukomorowy. Każda z nitek tunelu posiada przekrój okrągły.

Założono, że tunel w głębszej części realizowany będzie w wykorzystaniem maszyn typu TBM (Tunnel Boring Machine) posiadających tarcze pełnoprzekrojowe. Urządzenia te posiadają tarcze urabiające o frezach dostosowanych do rodzaju gruntu w jakim tunel jest drążony. Proces drążenia tunelu jest całkowicie zmechanizowany. Urabianie, załadunek i transport urobku oraz dostawa prefabrykowanych elementów żelbetowych obudowy (tubingi) tunelu jest w pełni zmechanizowane. Sam proces montażu elementów obudowy tunelu wymaga już udziału i kontroli ze strony personelu.

Realizacja tunelu w systemie TBM będzie trwała w systemie całodobowym.

Współcześnie stosowane urządzenia posiadają możliwość prowadzenia rozpoznania stanu górotworu na czole maszyny z wyprzedzeniem do 20,0 m – 30,0 m co pozwala na podjęcie ewentualnych działań wyprzedzających w stosunku do partii podłoża gruntowego, które mogłyby sprawić trudności podczas drążenia w nich tunelu.

Wykorzystanie tarczy pozwala na skuteczne zapewnienie stateczności drążonego tunelu, podparcie przodka i praktyczne wyeliminowanie możliwości powstawania odkształceń na powierzchni terenu.

Obudowa tunelu jest wykonywana sukcesywnie wraz z postępem drążenia tunelu. Prefabrykaty żelbetowe nie przylegają dokładnie do otaczającego gruntu. Dlatego też bezpośrednio po ich ułożeniu następuje iniekcja pierwotna przestrzeni pomiędzy tubingiem, a po upływie pewnego czasu dodatkowa

wtórna iniekcja uszczelniająca.

Po wykonaniu ostatniego etapu iniekcji przestrzeni za obudową tunelu można przystępować do montażu konstrukcji torowiska wraz z wyposażeniem tunelu.

Styki pomiędzy tubingami posiadają specjalne sworznie montażowe oraz uszczelnienia.

Przejścia pomiędzy poszczególnymi komorami tunelu realizowane są tradycyjnymi metodami górniczymi z ewentualnym dodatkowym zabezpieczeniem górotworu kotwami gruntowymi stosowanymi w górnictwie. Tunele przejściowe są początkowo zabezpieczone warstwą torkretu na siatce zbrojeniowej, a następnie obetonowany przy użyciu szalunku przestawnego.

Drzwi ewakuacyjne zamontowane w tunelach przejściowych nie kolidują ze skrajnią taboru poruszającego się w tunelu oraz dodatkowo posiadają zabezpieczenia elektroztrzymaczami.

4.5.3. Konstrukcje żelbetowe stacji premetra - metoda górnicza

Konstrukcje żelbetowe stacji premetra wraz z niezbędnym zapleczem dla ich właściwego funkcjonowania realizowane są tradycyjnymi metodami górniczymi z ewentualnym dodatkowym zabezpieczeniem górotworu kotwami gruntowymi stosowanymi w górnictwie.

Do wykonania komory przystanku zastosowana będzie metoda belgijska. Wykonane tunele metodą TBM będą stanowiły element wyjściowy dla wykonania wykopu dla potrzeb przystanku. Roboty prowadzone będą zasadniczo począwszy od sztolni w sklepieniu przystanku, poprzez rozbudowę kaloty, wykonanie sklepienia, wykonanie ścian i spągu konstrukcji. Roboty muszą być prowadzone krótkimi odcinkami.

Jednocześnie wykonywane są elementy szybów, w których zlokalizowane zostaną ciągi komunikacyjne i wentylacyjne dla potrzeb obsługi przystanków i tunelu.

Tunel ten jest początkowo zabezpieczony warstwą torkretu na siatce zbrojeniowej, a następnie obetonowany przy użyciu szalunku przestawnego.

4.5.4. Konstrukcje żelbetowe stacji premetra – metoda odkrywkowa

Konstrukcje żelbetowe stacji premetra wykonywane metodami odkrywkowymi zaprojektowano jako konstrukcje monolityczne, żelbetowe.

Lokalnie występują poszerzenia dla umieszczenia w nich kubatur pomieszczeń technicznych oraz komunikacji. Płyte stropową założono jako dwuprzęsłową, wspartą na ścianach zewnętrznych oraz w środku na ryglu ramy podłużnej. W przestrzeni wewnętrznej zaprojektowano elementy komunikacyjne w postaci żelbetowych schodów, konstrukcji wsporczych schodów ruchomych, szybów windowych oraz przebiegającej poprzecznie żelbetowej kładki pieszej.

Realizację obiektów przyjęto w technologii ścian szczelinowych metodą podstropową.

Metoda podstropowa jest stosowana wszędzie tam gdzie warunki lokalne uniemożliwiają wykonywanie robót ziemnych w wykopie otwartym. Zabezpieczeniem wykopu są w tym wypadku ściany szczelinowe będące jednocześnie ścianami fundamentowymi, a ich rozparciem są stropy wykonywane na gruncie. Metoda ta jest często stosowana w warunkach miejskich, pozwala na bezpieczne wykonanie obiektu i

ograniczenie placu budowy do niezbędnego minimum.

4.5.5. Mury oporowe na dojazdach do tunelu

Wykop na dojazdach do tunelu zabezpieczony jest żelbetowymi ścianami oporowymi z rozporami. Ściany oporowe zaprojektowano jako ściany szczelinowe (rozparte dołem) lub jako ścianki stalowe szczelne (wspornikowe). Grubość ścian szczelinowych murów oporowych wynosi od 0,80 m do 1,00 m w zależności od wyężenia elementu. Długość ścian szczelinowych waha się od 5,0 m do 12,0 m. Rozpory żelbetowe rozmieszczone są co 4,00 m, w odległości 1,50m poniżej poziomu jezdni.

Poszczególne sekcje ścian oporowych są oddylatowane od siebie. Rozstaw dylatacji waha się od 12,0 m do 16,00 m.

Szczelność ściany szczelinowej zapewniona jest poprzez:

- wykonanie szczelnych połączeń pomiędzy sekcjami ścian szczelinowych poprzez stosowanie wkładek gumowych w stykach sekcji,
- wykształcenie zamka pomiędzy sekcjami ścian szczelinowych, utrudniającego penetrację wody,

4.5.6. Śluzy przejściowe pomiędzy sekcjami tunelu realizowanymi metodą w wykopie i metodą górniczą.

Zróznicowane metody realizacji tunelu w powiązaniu z występującymi warunkami wodno - gruntowymi wymagają wykształcenia specjalnych śluz stanowiących przejście pomiędzy częścią tunelu realizowaną metodą w wykopie otwartym oraz tunelu realizowanego metodą górniczą TBM.

Problem, który rozwiązują przewidywane w analizie śluzy jest przejście maszyną TBM z górotworu nawodnionego w suchy wykop.

Konstrukcja śluzy może być wykonana metodą ścian szczelinowych lub metoda iniekcji wysokociśnieniowej gruntu (jet grouting). Konstrukcja śluzy jest wykształcona w postaci przestrzeni ograniczonej ze wszystkich stron ścianami i uszczelniona od spodu.

Za jej pośrednictwem można wprowadzić i wyprowadzić urządzenie w suchy wykop wykonując odpowiednie zabiegi technologiczne.

4.5.7. Ciągi komunikacyjno - wentylacyjne

W przypadku przystanków zlokalizowanych płytko pod powierzchnią terenu istnieje możliwość zaprojektowania ciągów komunikacyjnych w postaci konstrukcji żelbetowych realizowanych w otwartym wykopie.

W przypadku głębiej zlokalizowanych przystanków premetra zachodzi konieczność wykonania ciągów komunikacyjnych zlokalizowanych w szachtach wykształconych za pomocą ścian szczelinowych lub kolumn gruntobetonowych wykształconych metodą jet grouting.

Wewnątrz zrealizowanego szachtu wykonywany jest wykop z równoczesnym rozparciem sztywnym wykopu. Po osiągnięciu poziomu docelowego przystanku premetra realizowane są stopniowo od dołu do góry żelbetowe elementy monolityczne stanowiące konstrukcję nośną klatek schodowych, szachtów wentylacyjno – oddymiających, szybów windowych i pochylni schodów ruchomych.

Rozmieszczenie szachtów wentylacyjnych odpowiada lokalizacji klatek schodowych stanowiących wejścia do przestrzeni stacji premetra. Szachty wentylacyjno – oddymiające są rozmieszczone poza obszarami o gęstej zabudowie ze względu na brak możliwości wyrzutu spalin w takich strefach.

Lokalizacja wyrzutni gazów musi być poprzedzona odpowiednimi symulacjami komputerowymi lub badaniami modelowymi, których wykonanie będzie niezbędne na dalszych etapach realizacji inwestycji.

4.5.8. Prefabrykowane segmenty tunelu zatapianego pod dnem Wisły

Dla wariantu przejścia tunelu pod dnem Wisły zaproponowano wykonanie segmentów prefabrykowanych o konstrukcji żelbetowej. Prefabrykaty posiadają konstrukcję w postaci żelbetowej ramy zamkniętej. Czoła segmentów są zamykane tymczasowymi grodziami stalowymi i dzięki posiadanej wyporności spławiane na docelowe miejsce wbudowania. Po ustabilizowaniu segmentów następuje ich stopniowe zatapianie. Po zatopieniu segmenty są ze sobą łączone poprzez uszczelki, a następnie całość konstrukcji jest zasypywana gruntem.

4.5.9. Lokalne wzmocnienie górotworu

W czasie drążenia tunelu metodą TBM nie można wykluczyć napotkania obszarów zawierających pustki w gruncie, kurzawki, partie gruntu o niskiej wytrzymałości. Obszary wymagające wzmocnienia mogą także dotyczyć stref z zabudową historyczną, obiektów o szczególnym znaczeniu dla funkcjonowania państwa a także szeroko pojętego bezpieczeństwa (składowiska odpadów, zakłady o niebezpiecznych dla środowiska procesach technologicznych itp.) substancje. Dzięki możliwościom sprzętowym maszyn TBM istnieje możliwość wyprzedzającego sondowania górotworu znajdującego się przed przodkiem maszyny. Pozwala to na podjęcie odpowiednich środków zapobiegawczych z wyprzedzeniem wystarczającym dla zapewnienia płynności procesu drążenia tunelu.

Wzmocnienie górotworu można będzie osiągnąć metodami iniekcji podłoża zaczynem cementowym lub za pomocą żelów albo metodą zamrażania.

W przypadku sekcji realizowanych metodą belgijską należy stosować wzmocnienie metodami iniekcji lub stosując odpowiednie kotwy gruntowe.

W przypadku konieczności przejścia linii premetra stosunkowo płytko pod powierzchnią terenu istniejącą zabudowę można zabezpieczyć stosując wzmocnienie posadowienia za pomocą mikropali przekazujących obciążenia na dolne warstwy podłoża.

4.6. Geometria tunelu w planie i profilu

Tunel w planie i profilu posiada parametry geometryczne zapewniające odpowiednie osiągi dla składów stosowanych w premetrze.

Konstrukcja tuneli jest dostosowana do niwelety i trasy projektowanych linii premetra.

Alternatywnie zaproponowane przejście pod korytem rzeki Wisły znacznie poprawia charakterystykę eksploatacyjną tunelu poprzez złagodzenie wielkości spadków torowiska.

4.7. Wyposażenie tunelu i przystanków.

4.7.1. Torowisko linii premetra

W konstrukcji tunelu zostanie zastosowano tor w systemie tzw. „Szyny pływającej” posiada następujący konstrukcję składającą mat wibroizolacyjnych z płyt gumowych np. firmy Getzner typu MFSTP2517v, o grubości 2,5 cm, na których wykonana jest płyta betonowa o grubości 35 cm. Płyta wykonana jest z dylatacjami. W związku z tym że warstwa wibroizolacyjna wykonana z mat Getzner jest zdolna przenieść odkształcenia podłoża, oraz przyjęta technologia z zastosowaniem “szyny pływającej” daje pseudo ciągłą konstrukcję, dylatowanie płyty dennej nie musi mieć odwzorowania w płycie torowej. W płycie betonowej wbudowane są koryta szynowe, wykonane z blachy o grub. 3 mm, o wymiarach: szerokość 220 mm, głębokość 195 mm. Koryta te połączone są ze zbrojeniem płyty. Boki płyt torowych z obu stron są obłożone matą wibroizolacyjną firmy Getzner typu jw., do wysokości 3 cm poniżej ich powierzchni.

Międzytorze oraz przestrzenie między płytami zbrojonymi a ścianami tunelu, wypełnione betonem niezbrojonym. Z uwagi na wymagania p.poż. w tunelu, najlepszym rozwiązaniem jest nawierzchnia betonowa nie pokryta żadnymi preparatami chemicznymi. Szyny tramwajowe Ri 60N wykonane ze stali

gatunku 900, o wytrzymałości $R_m \min = 880$ [Mpa], muszą posiadać atesty potwierdzające zgodność wykonania i parametrów, zgodnie normą PN-92/H-93440. Łączenie szyn przy pomocy spawania termitowego z zastosowaniem technologii SOWOS. Szyny tramwajowe Ri60N zamocowane są w korytach, jako tzw. “szyny pływające”, przez oblanie ich z boków, jak i przestrzeni pod stopą, masą chemoutwardzalną na bazie np. żywic poliuretanowych ICOSIT KC 340/45. Grubość podlewu pod stopkami szyn średnio 20[+5;-0] mm. Komory szynowe wypełnione prefabrykowanymi bloczkami betonowymi wklejonymi na kleju poliuretanowym ICOSIT KC 300 FK.

Dopuszczalne jest zastosowanie innych konstrukcji torowiska spełniającego wymagania dotyczące ograniczenia emisji drgań i hałasu i przystosowanego do prowadzenia ruchu taboru tramwajowego i premetra.

Torowisko linii premetra jest wyposażona ponadto w tzw. trzecią szynę, której zadaniem jest zasilanie jednostek napędowych składów premetra. Szyna zasilająca musi być dostosowana do przyjętego taboru oraz musi posiadać dodatkowe zabezpieczenia, chroniące przed przypadkowym porażeniem obsługi tunelu w trakcie prowadzenia czynności konserwacyjnych.

4.7.2. Elementy wibroakustyczne

Elementem generującym powstawanie drgań z konstrukcji tunelu i jego otoczeniu jest torowisko linii premetra. Negatywne oddziaływanie na konstrukcję tunelu w pierwszej kolejności (dylatacje, zachowanie szczelności obudowy) jest dalej propagowane poprzez otaczający grunt na istniejącą zabudowę.

Wpływy te są w znacznym stopniu niwelowane poprzez zastosowanie masywnej płyty betonowej, w której mocowana jest szyna. Płyta podtorza jest izolowana od konstrukcji tunelu matami

wibroakustycznymi o odpowiednio dobranych parametrach tłumiących co w połączeniu z masywną płytą jest korzystne z punktu widzenia wibroakustyki.

Alternatywnie można zastosować rozwiązanie w postaci płyt betonowych podtorza opartych na łożyskach elastomerowych.

4.7.3. Dylatacje

Na stykach sekcji tunelu stosowane są dylatacje w płycie stropowej i ścianach szczelinowych. Dylatacja płyty stropowej zaprojektowana jest z wkładek gumowych elastomerowych oraz taśm bentonitowych pęczniejących pod wpływem wilgoci. Taśmy elastomerowe prowadzone są w płycie stropowej i oczepie wieńczącym ściany szczelinowe. Dylatacja płyty stropowej powinna być dostosowana do przesuwów ± 10 mm. Płyta stropowa od spodu zabezpieczona jest ogniochronną masą elastyczną.

Styki ścian szczelinowych zabezpieczone są wkładkami gumowymi. Dodatkowo od strony lica ściany w tunelu wkleja się, w przygotowane i uszczelnione podłoże, uszczelkę elastomerową zdolną do przenoszenia odkształceń ± 10 mm, która dodatkowo zabezpieczana jest ogniochronną masą elastyczną.

Dylatacje ścian oporowych na dojazdach do tunelu zabezpiecza się elastomerowymi taśmami i wkładkami gumowymi zdolnymi do przenoszenia odkształceń ± 10 mm. Dodatkowo w przerwach montowane są pręty stalowe zabezpieczające mury oporowe przed różnym odkształceniem (wychyleniem) płaszczyzn ścian.

Dylatacje murów oporowych ze ścian szczelinowych na dojazdach do tunelu wykonuje się identycznie jak dylatacje sekcji ścian szczelinowych poprzez wklejenie w przygotowane i uszczelnione podłoże, uszczelki elastomerowej zdolnej do przenoszenia odkształceń ± 10 mm.

Tunel wykonany metodą TBM posiada obudowę z prefabrykowanych segmentów betonowych, które na stykach posiadają uszczelki zapewniające szczelność i odkształcalność obudowy w niewielkim zakresie. W części głębokiej tunelu warunki termiczne pozostają praktycznie stałe co wpływa korzystnie na zachowanie termiczne obudowy tunelu.

4.7.4. Odwodnienie tunelu

Odwodnienie tunelu realizowane jest systemem kanalizacji zaprojektowanej w tunelu. Woda z kanalizacji odprowadzana jest do pompowni, a następnie rurociągami ciśnieniowymi do kanalizacji drogowej.

4.7.5. Systemy bezpieczeństwa

Systemy bezpieczeństwa znajdujące się w tunelu premetra zostały szczegółowo opisane w pkt. 5 niniejszego opracowania.

4.7.6. Oświetlenie w tunelu

Oświetlenie znajdujące się w tunelu premetra zostało szczegółowo opisane w pkt. 5 niniejszego opracowania.

5. BEZPIECZEŃSTWO I EWAKUACJA.

5.1. Przedmiot analizy

Przedmiotem niniejszej analizy są warunki ewakuacji pasażerów znajdujących się na stacjach i w tunelach premetra. Zgodnie z art. 5.ust. 1 Prawa Budowlanego tunel, który jest obiektem budowlanym powinien, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, być budowany w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie wymagań podstawowych dotyczących:

- a) bezpieczeństwa konstrukcji,
- b) bezpieczeństwa pożarowego,
- c) bezpieczeństwa użytkowania.

Tunel i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane w sposób zapewniający w razie pożaru:

- 1. nośność konstrukcji przez założony czas wynikający z przepisów,
- 2. ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w tunelu,
- 3. możliwość ewakuacji ludzi,

a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

5.2. Podstawa opracowania

Analizę wykonano w oparciu o obowiązujące przepisy, zasady wiedzy technicznej, uwzględniając również dane zawarte w opracowaniach wykonanych dla potrzeb zabezpieczenia pożarowego tuneli już zrealizowanych.

5.3. Cel opracowania

Podstawowym celem niniejszego opracowania jest analiza warunków ewakuacji pasażerów znajdujących się w tunelach i na przystankach premetra.

W zależności od rozwoju sytuacji pożarowej w tunelu opracowano zasady ewakuacji pasażerów ściśle powiązane ze scenariuszem pracy systemu wentylacji i oddymiania w przypadku powstania zagrożenia pożarowego. Zasady ewakuacji obejmują także inne możliwe zdarzenia w tunelu związane z wypadkiem (np. wykolejeniem) lub zanikiem zasilania trakcji.

5.4. Zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pożarowego tunelu

Podczas projektowania tuneli należy uwzględnić następujące zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pożarowego:

- 1. Bezpieczeństwo konstrukcji.
- 2. Ewakuacji ludzi z tunelu na zewnątrz lub do stref bezpiecznych.
- 3. Wentylacji bytowej i pożarowej.
- 4. Doboru właściwych instalacji i wyposażenia technicznego tunelu.
- 5. Zapewnienia warunków do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej.

6. Zapewnienia odpowiednich warunków łączności.
7. Zapewnienia warunków do koordynacji działań na wypadek stanów awaryjnych i zagrożeń.

5.5. Zagrożenia w tunelach.

5.5.1. Zagrożenia pożarowe.

W przeciwieństwie do typowych pożarów powierzchniowych, należy stwierdzić na podstawie doświadczeń z pożarów w tunelach, że charakteryzują się one:

- a) długą i utrudnioną drogą dostępu do miejsca pożaru,
- b) ograniczonymi kierunkami dostępu do miejsca pożaru,
- c) koniecznością budowy bardzo wydłużonych odcinków bojowych podczas akcji gaśniczych,
- d) minimalną widocznością lub jej brakiem na znacznej długości,
- e) długim czasem przygotowania się do działań gaśniczych przybyłych na miejsce pożaru ekip straży pożarnych (rozwiniecie 100 m węży tłocznych w strefie zadymienia zajmuje około 10 minut),
- f) koniecznością precyzyjnego koordynowania działań poszczególnych służb włączonych do działań ratowniczych – długie tunele są wielkimi strukturami budowlanymi z bardzo złożonymi systemami wentylacji.

Obsługa sterowni systemów wentylacji musi posiadać szczegółowe informacje na temat lokalnej sytuacji na miejscu pożaru. Działania ratownicze w tunelach wymagają ścisłej współpracy wielu służb o różnych kompetencjach.

5.5.2. Wypadki na torowisku w tunelu.

Innym możliwym zdarzeniem w tunelu jest wypadek spowodowany np. wykolejeniem taboru, w efekcie czego możliwy jest rozwój pożaru. Możliwy jest także wypadek spowodowany potrąceniem osoby, która znalazła się na torowisku w efekcie samowolnego wtargnięcia do tunelu lub była w trakcie wykonywania czynności związanych z eksploatacją tunelu.

W takich wypadkach należy się liczyć z koniecznością wstrzymania ruchu składów w tunelu i potrzebą ewakuacji znajdujących się w tych składach pasażerów.

Nie można również wykluczyć sytuacji spowodowanej zanikiem zasilania w trakcji, a co za tym idzie konieczności ewakuacji wszystkich pasażerów znajdujących się w danej chwili w tunelu. Jest to specyficzny przypadek ewakuacji nie związany z prowadzeniem akcji ratowniczo – gaśniczej.

5.6. Odległości od obiektów sąsiednich.

Odległości od obiektów sąsiednich dotyczą wyjść ewakuacyjnych z tunelu na powierzchnię. Minimalna odległość wyjścia ewakuacyjnego z tunelu na powierzchnię od najbliższego budynku jest nie mniejsza niż 8 m.

5.7. Oddzielenie przeciwpożarowe tunelu

Tunele premetra stanowią oddzielną strefę pożarową od przestrzeni podziemnych i nadziemnych i innych budynków lub obiektów budowlanych. Zaprojektowane tunele powinny być oddzielone pożarowo ścianami i stropami o odporności ogniowej co najmniej REI 120, a znajdujące się w obudowie tuneli drzwi będą mieć odporność co najmniej EI 60 + C lub należy zastosować przedsionki przeciwpożarowe z drzwiami 2 x EI 30.

5.8. Wydzielenia pożarowe pomieszczeń w tunelu

Tunele premetra będą zawierać pomieszczenia spełniające funkcje użytkowe budynków użyteczności publicznej, a w szczególności stacje, punkty usługowe, handlowe i zgodnie z § 4 rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63, poz.735) pomieszczenia te powinny również spełniać warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie tzn. wymagania określone między innymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690).

Niżej wymienione pomieszczenia o charakterze użyteczności publicznej powinny spełniać wymienione wyżej wymagania:

1. przystanki premetra,
2. drogi ewakuacyjne prowadzące z tunelu na powierzchnię terenu (klatki schodowe, schody, pochylnie),
3. pomieszczenia gastronomiczne, pomieszczenia handlowe, usługowe i inne zlokalizowane w strefach tuneli premetra,
4. pomieszczenia operatorów przystanków (SOP),
5. inne pomieszczenia o charakterze użyteczności publicznej,

Wymagania dla pomieszczeń o charakterze użyteczności publicznej:

1. Konstrukcje nośne komory przystankowej, tunelu komunikacyjnego nad torami REI 240, materiały niepalne. Preferowane elementy żelbetowe monolityczne o wymiarach 60 cm, grubości otuliny zbrojenia 7 cm.
2. Strop REI 240, materiały niepalne. Preferowane elementy żelbetowe monolityczne o wymiarach 70-90 cm, grubości otuliny zbrojenia 7 cm.
3. Biegi i spoczniki klatek schodowych oraz ich konstrukcja nośna R 60. Preferowane konstrukcja żelbetowo-monolityczna o grubości 20 cm, grubości otuliny zbrojenia 3 cm.
4. Obudowa szybu windowego REI 60 + drzwi EI 30 + C + S. Zaprojektowano elementy żelbetowe monolityczne o wymiarach 20 cm, grubości otuliny zbrojenia 3 cm
5. Ściany działowe wewnętrzne pomieszczeń EI 30. Preferowane elementy z cegły ceramicznej o grubości 12 cm z obu stronnym tynkiem.
6. Ściany wewnętrzne pomieszczeń technicznych EI 60.

7. Kanały instalacyjne pod posadzką – żelbetowe monolityczne.
8. Tablice informacyjne, bannery, gabloty reklamowe itp.: materiały niepalne
9. Punkty świetlne: z materiałów niepalnych, oświetlenie rastrowe pod stropem.

5.9. Pomieszczenia wydzielone pożarowo

Zgodnie z § 212, ust. 8 i 9 warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, odrębne strefy pożarowe stanowią wydzielone pożarowo ewakuacyjne, klatki schodowe oraz pomieszczenia techniczne i magazynowe takie jak: rozdzielnia elektryczna, stacje transformatorowe, pomieszczenia maszynowni wentylacyjnych, kanały wentylacyjne.

5.10. Zaopatrzenie wodne do gaszenia pożaru przez ekipy ratownicze.

W tunelu należy przewidzieć odpowiednie zaopatrzenie w wodę do celów gaśniczych przeznaczone dla ekip ratowniczo-gaśniczych polegające na:

- zapewnieniu wody w ilości co najmniej $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ z możliwością jednoczesnego pobierania wody z dwóch sąsiednich hydrantów przez co najmniej 2 godz,
- umieszczeniu hydrantów nadziemnych 80 z nasadami 75 rozmieszczonych w każdej komorze tunelu w odległościach nie większych niż 100 m z lokalizacją między innymi: na przystankach premetra, przy przejściach ewakuacyjnych pomiędzy komorami tunelu, klatkach schodowych ewakuacyjnych, schodach oraz przy wjazdach do tunelu (po 2 hydranty nadziemne 80),
- umieszczeniu hydrantów na przystankach 4 szt (po 2 na każdym peronie – w pobliżu schodów),
- hydranty powinny umożliwiać ich odłączanie zasuwami od sieci wodociągowej, zasuwki powinny się znajdować w odległości co najmniej 1 m od hydrantu i powinny pozostawać w położeniu otwartym, hydranty będą we wnękach ścian tunelu,
- wydajność nominalna hydrantu przy ciśnieniu nominalnym 0,2 MPa mierzona na zaworze hydrantowym podczas poboru wody powinna wynosić $10 \text{ dm}^3/\text{min}$
- dla tunelu dwukomorowego będą wspólne hydranty dla obu komór z tym, że w każdej z komór tunelu będzie się znajdowała nasada tłoczna umożliwiająca korzystanie z hydrantu.
- sieć wodociagową przeciwpożarową powinna zostać wykonana jako zasilana dwustronnie z każdej strony tunelu.

Średnica nominalna (DN) przewodów wodociagowych wynosić co najmniej DN 160.

5.11. Zaopatrzenie wodne do wewnętrznego gaszenia pożaru.

Należy przewidzieć zaopatrzenie wodne do wewnętrznego gaszenia pożaru polegające na wyposażeniu obiektu i pomieszczeń w instalację wodociagową przeciwpożarową z następującymi rodzajami punktów poboru wody do celów przeciwpożarowych, z zasilaniem zapewnionym przez co najmniej 2 godziny:

- hydranty wewnętrzne z wężem półsztywnym, zwany dalej "hydrantami 25";
- hydranty wewnętrzne z wężem płasko składanym, zwany dalej "hydrantami 52";

Hydranty wewnętrzne spełniają wymagania Polskich Norm dotyczących tych urządzeń, będących

odpowiednikami norm europejskich (EN).

Hydranty 25 z węzem półsztywnym powinny się znajdować na peronach, w pasażach i przejściach przynależnych do tuneli premetra.

Hydranty 52 z węzem płasko składanym powinny się znajdować przy wejściu do pomieszczeń magazynowych lub technicznych o powierzchni przekraczającej 200 m² i gęstości obciążenia ogniowego przekraczającej 500 MJ/m², usytuowanych w strefie tunelu.

Zasięg hydrantów 25 i 52 w poziomie powinien obejmować całą powierzchnię chronionych pasaży, przejść w galeriach przynależnych do tunelu, peronów, pomieszczeń magazynowych i technicznych o powierzchni przekraczającej 200 m² i gęstości obciążenia ogniowego przekraczającej 500 MJ/m² z poniższym zastrzeżeniem i z uwzględnieniem:

- zasięgu hydrantów 25 wyposażonych w dwa odcinki węża i prądownicę dla prądów rozproszonych stożkowych, równej 33 m;
- zasięgu hydrantów 52, równej 30 m;

Hydranty powinny być wyposażone w monitoring (system) wykrywający użycie hydrantów zewnętrznych i wewnętrznych z sygnalizacją stanu ich użycia do SOP i centrali sygnalizacji pożarowej.

Przewidywany zasięg hydrantów wewnętrznych przeznaczonych do użycia przez wszystkich użytkowników tunelu należy ograniczyć aby w ich zasięgu nie znalazła się trakcja elektryczna.

Zawory odcinające hydrantów 25 i 52 powinny być umieszczone na wysokości 1,35±0,1 m od poziomu podłogi.

Zawory odcinające w hydrantach 52 będą posiadać nasady tłoczne skierowane do dołu, powinny być usytuowane wraz z pokręteł zaworu względem ścian lub obudowy w sposób umożliwiający łatwe przyłączanie węża tłoczego oraz otwieranie i zamykanie jego zaworu.

Minimalna zaprojektowana wydajność poboru wody mierzona na wylocie prądownicy powinna wynosić:

- dla hydrantu 25 - 1,0 dm³/s;
- dla hydrantu 52 - 2,5 dm³/s;

Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa powinna zapewniać możliwość jednoczesnego poboru wody w strefie jednego przystanku premetra z dwóch sąsiednich hydrantów wewnętrznych.

Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa jest zasilana z zewnętrznej sieci wodociągowej.

Średnice nominalne przewodów zasilających, w milimetrach, na których instaluje się hydranty wewnętrzne, wynoszą co najmniej:

- DN 25 - dla hydrantów 25;
- DN 50 - dla hydrantów 52;

W instalacji suchej czas pojawienia się wody na najbardziej niekorzystnie położonym hydrancie nie powinien przekroczyć 3 minut licząc od momentu uruchomienia hydrantu.

Przewiduje się doprowadzenie wody do przewodów zasilających instalacji wodociągowej przeciwpożarowej co najmniej z dwóch stron, w miejscach możliwie najbardziej oddalonych od siebie, ponieważ:

- liczba pionów w tunelu, zasilanych z jednego przewodu, jest większa niż trzy;
- na przewodach obwodowych zainstalowano więcej niż pięć hydrantów wewnętrznych.

Zaprojektowano możliwość odłączania zasuwami lub zaworami tych części przewodów zasilających instalację wodociagową przeciwpożarową, które znajdują się pomiędzy doprowadzeniami wyżej wymienionymi

5.12. Warunki ewakuacji

5.12.1. Dane ogólne

Na początku wjazdu do każdego odcinka tunelu należy zaprojektować sygnalizator umożliwiający sterowanie ruchem pociągów premetra.

5.12.2. Tabor

Do obsługi linii premetra w zastosowane będą wagony wykonane z materiałów niepalnych posiadające odpowiednie certyfikaty dopuszczające je do ruchu w tunelach.

5.13. Przewidywana liczba osób w poszczególnych odcinkach tunelu.

Z przeprowadzonej symulacji uwzględniającej wymagania ewakuacyjne wynika, że w każdym odcinku tunelu premetra może się znajdować co najwyżej jeden skład o pojemności 800 osób.

Do obliczenia parametrów ewakuacyjnych przyjęto 800 osób do ewakuacji z jednego odcinka tunelu, a w strefach przystanków wielkość ta jest powiększona o liczbę osób znajdujących się na peronach, holach, poczekalniach.

5.14. Wymagane ilości wyjść ewakuacyjnych z tunelu.

Wyjście do klatki schodowej należy traktować jak wyjście z komory tunelu do innej bezpiecznej strefy pożarowej, np. do drugiej komory tunelu lub do klatki ewakuacyjnej prowadzącej na zewnątrz terenu – wtedy przy zastosowaniu w tunelu automatycznych urządzeń oddymiających odległości między ewakuacyjnymi klatkami schodowymi powinna wynosić maksymalnie do 150 m.

Stosownie do ustaleń § 322 rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 roku tunel będzie dwukomorowy i będzie wyposażony w przejścia ewakuacyjne między komorami, zastępujące nisze ratunkowe, rozmieszczone w odstępach co 75 m.

5.15. Wymagania ogólne dla dróg ewakuacyjnych.

Drzwi stanowiące wyjście ewakuacyjne z tunelu powinny otwierać się na zewnątrz. Drzwi rozsuwane mogą stanowić wyjścia ewakuacyjne, a także być stosowane na drogach ewakuacyjnych, jeżeli są

przeznaczone nie tylko do celów ewakuacji, a ich konstrukcja zapewnia:

1. otwieranie automatyczne i ręczne bez możliwości ich blokowania,
2. samoczynne ich rozsuniecie i pozostanie w pozycji otwartej w razie pożaru lub awarii drzwi.

Zabrania się stosowania do celów ewakuacji drzwi obrotowych i podnoszonych.

Wyjścia z pomieszczeń na drogi ewakuacyjne powinny być zamykane drzwiami. Drzwi i bramy dwuskrzydłowe powinny być wyposażone w automatyczne regulatory kolejności zamykania skrzydeł, tzw RKZ.

Szerokość użytkową schodów stałych mierzy się między wewnętrznymi krawędziami poręczy, a w przypadku balustrady jednostronnej - między wykończoną powierzchnią ściany a wewnętrzną krawędzią poręczy tej balustrady.

Szerokości te nie mogą być ograniczane przez zainstalowane urządzenia oraz elementy budynku.

Na drogach ewakuacyjnych wykonywanie w podłodze podniesionej otworów do wentylacji lub ogrzewania jest zabronione.

Zgodnie z § 252 warunków technicznych schodów i pochylni ruchomych nie zalicza się do dróg ewakuacyjnych.

Zgodnie z § 238, ust 1 warunków technicznych pomieszczenie powinno mieć co najmniej dwa wyjścia ewakuacyjne oddalone od siebie o co najmniej 5 m w przypadkach, gdy:

1. jest przeznaczone do jednoczesnego przebywania w nim ponad 50 osób,
2. znajduje się w strefie pożarowej ZL, a jego powierzchnia przekracza 300 m²,

Zgodnie z § 239, ust 1 warunków technicznych łączną szerokość drzwi w świetle, stanowiących wyjścia ewakuacyjne z pomieszczenia, należy obliczać proporcjonalnie do liczby osób mogących przebywać w nim równocześnie, przyjmując co najmniej 0,6 m szerokości na 100 osób, przy czym najmniejsza szerokość drzwi w świetle ościeżnicy powinna wynosić 0,9 m, a w przypadku drzwi służących do ewakuacji do 3 osób - 0,8 m.

Wysokość drzwi na drogach ewakuacyjnych, powinna wynosić co najmniej 2 m.

5.16. Wymagania dla dróg ewakuacyjnych w tunelu

5.16.1. Wymagania dla klatek schodowych

Zgodnie z wcześniejszymi założeniami organizacji ruchu w każdym odcinku tunelu może się znajdować jeden skład o łącznej maksymalnej ilości przewożonych osób 800.

W przypadku powstania pożaru w części tunelu będzie możliwość ewakuacji ludzi tylko w jednym kierunku, tzn pod prąd świeżego powietrza (w drugim kierunku popłyną toksyczne dymy pożarowe, ponieważ zastosowana będzie wentylacja pożarowa wzdłużna). W związku z tym parametry ewakuacyjne klatek schodowych będą dostosowane do ewakuowania 800 osób.

Parametry ewakuacyjnych klatek schodowych:

- a) kierunek otwierania drzwi: do klatki schodowej,
- b) odporność ogniowa ścianki oddzielającej komorę tunelu od klatki schodowej: REI 120,
- c) odporność ogniowa drzwi w ścianie oddzielającej komorę tunelu od klatki schodowej: EI 60 + C + S,
- d) drzwi będą wyposażone w urządzenia antypaniczne.
- e) odporność ogniowa biegów i spoczników: R 60, z materiałów niepalnych.
- f) wysokość przejść – co najmniej 220 cm.
- g) należy zapewnić ewakuację niepełnosprawnym,

5.16.2. Wymagania dla przejść ewakuacyjnych między komorami

W projektowanym tunelu przewiduje się przejścia ewakuacyjne co 75 m. Przyjmuje się, że jednym przejściem ewakuacyjnym należy zapewnić ewakuację dla osób znajdujących się w jednym zestawie premetra (przewiduje się wentylację pożarową wzdłużną umożliwiającą ewakuację tylko pod prąd świeżego powietrza).

W projekcie uwzględniono poniższe ustalenia:

- a) odporność ogniowa ściany rozdzielającej komory tunelu: REI 240,
- b) odporność ogniowa drzwi przeciwpożarowych między komorami: EI 120 + C + S.
- c) należy przewidzieć drzwi o łącznej szerokości 250 cm - wahadłowe o szerokości co najmniej 110 cm lub drzwi dwuskrzydłowe o łącznej szerokości skrzydeł 180 cm a każdego skrzydła co najmniej 90 cm, przy czym każde skrzydło winno się otwierać do innej komory.
- d) należy zastosować urządzenia antypaniczne.
- e) należy zapewnić ewakuację niepełnosprawnym,

5.17. Ewakuacja pasażerów w tunelu w czasie pożaru

Ewakuacja pasażerów z tunelu oraz przystanków związana jest ściśle z przyjętym scenariuszem pracy systemu wentylacji i oddymiania i położeniem płonącego składu.

5.18. Ewakuacja pasażerów w tunelu w czasie wypadku

Ewakuacja pasażerów z tunelu oraz przystanków będzie się odbywała podobnie jak w przypadku zagrożenia pożarowego. Różnica polega tylko na tym, że w przypadku braku zagrożenia pożarowego, ewakuacja będzie się odbywała w kierunku najbliższej klatki ewakuacyjnej, portalu lub przystanku.

5.19. Kurtyny pożarowe

Dla oceny działania systemu wentylacji i oddymiania tunelu oraz przystanków konieczne będzie wykonanie badań modelowych lub symulacji komputerowych. W ich wyniku może się okazać, że dla zapewnienia warunków ewakuacji z przystanków konieczne będzie wykonanie kurtyn pożarowych, automatycznie opuszczanych, zlokalizowanych wzdłuż klatek schodowych.

5.20. Ewakuacja w rejonie składu

W zależności od położenia składu na torowisku (np. skład wykolejony) i źródła ognia możliwa jest początkowa ewakuacja pasażerów pomiędzy składem i ścianą tunelu lub wyjściami awaryjnymi z

pojazdu do wolnej przestrzeni w tunelu. Minimalna odległość pomiędzy składem i ścianą tunelu wynosi 0,75 m.

5.21. Zabezpieczenie przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych

W projekcie technicznym należy uwzględnić poniższe zalecenia:

W tunelu należy zastosować następującą ochronę przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych:

- a) automatyczne urządzenia oddymiające uruchamiane za pomocą systemu wykrywania dymu i ognia pozwalające na zwiększenie długości odstępów między niszami ratunkowymi, przejściami ewakuacyjnymi między komorami tuneli, ewakuacyjnymi klatkami schodowymi o 50 % ich wartości – stosownie do § 322, ust. 2 i 3 rozporządzenia,
- b) rozwiązania techniczno-budowlane zabezpieczające przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych w pasażach (krytych ciągach pieszych) – stosownie do § 247, ust. 2 rozporządzenia,
- c) urządzenia techniczne, zapobiegające rozprzestrzenianiu się dymu w korytarzach dłuższych niż 50 m, stanowiących drogi ewakuacyjne – stosownie do § 243, ust. 2 rozporządzenia,
- d) urządzenia zapobiegające zadymieniu (instalacja wentylacyjna nadciśnieniowa) klatek schodowych, nisz ewakuacyjnych, dźwigów ewakuacyjnych – stosownie do § 256, ust. 2 rozporządzenia, oraz § 322, ust. 1 rozporządzenia,
- e) rozwiązania techniczno-budowlane w kondygnacji podziemnej zapewniające usuwanie dymu z pomieszczeń przeznaczonych dla ponad 100 osób i z dróg ewakuacyjnych – stosownie do § 247, ust. 3 rozporządzenia,
- f) przedsionki przeciwpożarowe powinny być wentylowane co najmniej grawitacyjnie - stosownie do § 232, ust. 3 rozporządzenia lub poprzez ochronę przed zadymieniem poprzez nadciśnienie

5.22. Oznakowanie ewakuacyjne, pożarnicze, informacyjne

Zgodnie z § 244, ust. 3 rozporządzenia na drogach ewakuacyjnych miejsca, w których zastosowano pochylnie lub stopnie umożliwiające pokonanie różnicy poziomów, powinny być wyraźnie oznakowane.

Zgodnie z § 181, ust. 7 rozporządzenia podświetlane znaki wskazujące kierunki ewakuacji powinny być zgodne z Polskimi Normami dotyczącymi wymagań w tym zakresie.

Drogi ewakuacyjne powinny być oznakowane zgodnie z Polskimi Normami (Polska Norma PN-92/N-01256/02 „Znaki bezpieczeństwa. Ewakuacja.”), gdzie określony jest rodzaj i kształt znaków ewakuacyjnych.

Należy się kierować podstawowymi zasadami projektowania rozmieszczenia znaków ewakuacyjnych na drodze ewakuacyjnej:

- a) W każdym miejscu drogi ewakuacyjnej ma być widoczny co najmniej jeden znak ewakuacyjny.
- b) Lampy ewakuacyjne w obiektach należy umieszczać na takiej wysokości, aby nie były zasłonięte przez inne osoby, plansze reklamowe, czy elementy architektoniczne budynku.

- c) Znak ewakuacyjny musi być bezwzględnie widoczny na drodze ewakuacyjnej z określonej odległości widzenia, aby zapewnić odpowiedni kierunek ewakuacji.
- d) Lampy oznaczające wyjścia muszą się znajdować bezpośrednio nad wyjściami albo tuż obok nich, a lampy kierunkowe muszą znajdować się także w miejscach, w których drogi ewakuacyjne zmieniają kierunek.
- e) Oznakowanie dróg ewakuacyjnych będzie zgodne z PN.
- f) Rozmieszczenie tablic informacyjnych będzie realizowane w sposób zapewniający dostarczenie informacji niezbędnych do bezbłędnej identyfikacji drogi ewakuacyjnej.
- g) Wymagane wymiary danego znaku ewakuacyjnego powinny być uzależnione od odległości, z jakiej ten znak powinien być dostrzegany przez ewakuujących się ludzi. Polska Norma określa wysokość liter i szerokość znaku WYJŚCIE EWAKUACYJNE, zależnie od tej odległości.
- h) Podświetlone znaki ewakuacyjne powinny być stosowane tam gdzie pomieszczenia lub drogi ewakuacyjne nie są oświetlone światłem dziennym lub sztucznym przez długie okresy.

Przeciwpożarowe wyłączniki prądu powinny być one odpowiednio oznakowane zgodnie z PN [15].

Miejsca usytuowania hydrantów powinny być oznakowane znakami zgodnymi z PN dotyczącymi znaków bezpieczeństwa oraz podświetlane.

W tunelu wszystkie elementy i urządzenia związane z bezpieczeństwem powinny być oznakowane i podświetlane.

Szczegółowe zasady doboru znaków ewakuacyjnych i ich rozmieszczenie powinny być zawarte w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego.

Obiekt powinien być oznakowany między innymi następującymi znakami



5.23. Wymagania dla instalacji użytkowych technicznych

5.23.1. Zasilanie w energię elektryczną

Wewnątrz klatek ewakuacyjnych przewiduje się instalowanie oświetlenia. Instalacja będzie wykonana jako natynkowa.

Zgodnie z warunkami technicznymi tunele należy zasiląć co najmniej z dwóch niezależnych,

samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej, oraz wyposażać w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (bezpieczeństwa i ewakuacyjne). Doprowadzenie energii powinno być zapewnione dwoma niezależnymi kablami z dwóch różnych transformatorów. Przełączenie zasilania powinno następować automatycznie.

Zgodnie z § 321, ust 3 rozporządzenia zasilanie oświetlenia i sygnalizacji w energię elektryczną powinno być przeprowadzone z obu końców tunelu i rozdzielone na sekcje.

Zgodnie z § 187, ust. 3 warunków technicznych przewody i kable wraz z zamocowaniami stosowane w systemach zasilania i sterowania urządzeniami służącymi ochronie przeciwpożarowej powinny zapewniać ciągłość dostawy energii elektrycznej w warunkach pożaru przez wymagany czas działania urządzenia przeciwpożarowego, jednak nie mniejszy niż 90 minut.

Należy rozwiązać zagadnienie niezwłocznego wyłączenia energii elektrycznej w trakcji w przypadku pożaru lub konieczności podjęcia działań ratowniczych wewnątrz tunelu z innych przyczyn.

5.23.2. Oświetlenie bezpieczeństwa, ewakuacyjne i przeszkodowe

Należy zaprojektować oświetlenie ewakuacyjne w całym tunelu, ponieważ jest on oświetlany wyłącznie światłem sztucznym - wymagane zgodnie z § 181, ust 3 warunków technicznych.

Oświetlenie ewakuacyjne jest to rodzaj oświetlenia awaryjnego umożliwiające łatwe i pewne wyjście z budynku w czasie zaniku oświetlenia podstawowego.

Oświetlenie bezpieczeństwa, ewakuacyjne i przeszkodowe oraz podświetlane znaki wskazujące kierunki ewakuacji należy wykonać zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi wymagań w tym zakresie.

Projektowane oświetlenie ewakuacyjne powinno spełniać między innymi następujące podstawowe warunki:

- w żadnym punkcie powierzchni dróg ewakuacyjnych natężenie oświetlenia nie powinno być mniejsze niż 0,5 lx,
- oświetlenie ewakuacyjne powinno pojawiać się w czasie nie dłuższym niż 2 s po zaniku innych rodzajów oświetlenia elektrycznego,
- oświetlenie ewakuacyjne powinno działać przez co najmniej 2 godziny od zaniku oświetlenia podstawowego,
- wszystkie urządzenia, zarówno, przez swoją konstrukcję, jak i montaż, powinny zapewniać odporność na oddziaływanie ognia w odpowiednio długim czasie,
- należy projektować te środki ochrony przeciwporażeniowej, które nie powodują samoczynnego wyłączania w przypadku pierwszego uszkodzenia (układ IT).
- w układzie IT, w przypadku pierwszego uszkodzenia, powinny być stosowane urządzenia do stałej kontroli izolacji sygnalizujące dźwiękowo lub optycznie pierwsze uszkodzenia,
- urządzenia powinny być tak zainstalowane, aby ułatwić wykonywanie okresowych testów funkcjonalnych:

5.23.3. Dźwiękowy system ostrzegawczy

Dźwiękowy system ostrzegawczy – to system do rozgłaszania sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych dla potrzeb bezpieczeństwa osób przebywających w budynku, nadawanych automatycznie po otrzymaniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej, a także przez operatora.

Zgodnie z § 25, pkt 1 rozporządzenia stosowanie dźwiękowego systemu ostrzegawczego jest wymagane i tunele będą wyposażone w dźwiękowy system rozgłoszeniowy obejmujący swym działaniem przystanki premetra wraz z drogami ewakuacyjnymi. System ten powinien być zintegrowany z systemami rozgłoszeniowym obiektów, z którymi jest ewentualnie połączony poprzez wspólne ciągi komunikacyjne lub elementy konstrukcyjne.

W obiektach, w których zastosowano dźwiękowy system ostrzegawczy nie powinny być stosowane inne pożarowe urządzenia alarmowe akustyczne służące alarmowaniu użytkowników tego obiektu, poza służbami dozoru lub ochrony.

Wykrycie przez adresowalne czujki pożarowe lub zgłoszenie przez ROP i zweryfikowanie pożaru przez CSP lub ludzi obsługujących powinno spowodować przekazanie sygnałów i komunikatów alarmowych w zagrożonym odcinku przez DSO. Należy zastosować koincydencję sygnałów.

W zależności od przyjętej koncepcji ewakuacji należy stosować:

- Alarm strefowy – ogłaszany w objętym pożarem Odcinku
- Alarm ogólny - ogłoszony w całym tunelu.

System DSO powinien się składać z następujących podstawowych elementów;

- mikrofon pożarowy zlokalizowany przy pulpicie dla straży pożarnej w SOP,
- wejścia strefowe umożliwiające przyłączenie do CSP,
- systemy kontroli ciągłości obwodów głośnikowych,
- systemy kontroli prawidłowości działania,
- system zasilania podstawowego 220 V i zasilanie awaryjne akumulatorowe,
- pamięć sygnałów alarmowych,
- pamięć komend ewakuacyjnych,
- mikser, komutator, wzmacniacze strefowe,
- linie głośnikowe, głośniki,
- układy umożliwiające kompensację poziomu hałasu.

Wymagania funkcjonalne dla systemów dźwiękowych używanych w stanach zagrożenia należy przyjąć wg PN-EN 60849. Dźwiękowe systemy ostrzegawcze.

W momencie przyjęcia alarmu system powinien przerwać realizację funkcji nie związanych z

ostrzeganiem jeżeli pełni rolę systemu nagłośnienia , umożliwiającego np. nadawanie muzyki.

System powinien być zdolny do rozgłaszania w ciągu 10 s po pierwszym lub powtórным włączeniu zasilania oraz wciągu 3s od zaistnienia stanu zagrożenia [automatycznie po otrzymaniu sygnału z CSP lub przez operatora].

System ten powinien posiadać certyfikat zgodności.

5.24. Urządzenia przeciwpożarowe

Zgodnie z § 2, ust. 1, pkt 13 rozporządzenia przez urządzenia przeciwpożarowe rozumie się urządzenia (stałe lub półstałe, uruchamiane ręcznie lub samoczynnie) służące do wykrywania i zwalczania pożaru lub ograniczania jego skutków w tunelu.

W projektowanych tunelach zaleca się zastosowanie następujących urządzeń przeciwpożarowych:

- urządzenia wchodzące w skład systemu sygnalizacji pożarowej.
- instalacje oświetlenia ewakuacyjnego,
- Dźwiękowy system ostrzegawczy,
- hydranty „25” oraz „52”,
- przeciwpożarowe klapy odcinające,
- urządzenia oddymiające,
- drzwi przeciwpożarowe,

Zgodnie z § 7, ust 1 rozporządzenia urządzenia przeciwpożarowe w obiekcie powinny być wykonane zgodnie z projektem uzgodnionym pod względem ochrony przeciwpożarowej, a warunkiem dopuszczenia do ich użytkowania jest przeprowadzenie odpowiednich dla danego urządzenia prób i badań, potwierdzających prawidłowość ich działania.

5.24.1. System sygnalizacji pożarowej

Stosowanie systemu sygnalizacji pożarowej, obejmującego urządzenia sygnalizacyjno - alarmowe, służące do samoczynnego wykrywania i przekazywania informacji o pożarze, jest wymagane w tunelach objętych systemem oddymiania, w których system ten pełni funkcje sterujące. System sygnalizacji pożarowej jest wymagany w całych tunelach wraz z wszystkimi pomieszczeniami przynależnymi do tuneli.

Tunele należy wyposażyć w system sygnalizacji pożarowej umożliwiający wykrycie pożaru oraz jego umiejscowienie.

Proponuje się stosować następujące rodzaje czujek:

W przestrzeniach tuneli należy zastosować liniowy detektor temperatury pozwalający na wykrycie i lokalizację miejsca pożaru.

Czujki optyczne rozproszeniowe

Pomieszczenia ruchu elektrycznego, wentylatornie, przestrzenie międzystropowe i

międzypodłogowe, pomieszczenia techniczne, maszynownie dźwigów, schodów ruchomych oraz szyby

Czujki jonizacyjne dymu

korytarze, klatki schodowe, pomieszczenia eksploatacyjne, galerie techniczne pod i wzdłuż peronów

Czujki dymu liniowe na światło pochłonięte

stacje premetra

Ręczne ostrzegacze pożarowe

Klatki schodowe - wszystkie, wyjścia i drogi ewakuacyjne, korytarze, perony, hole, pasaże.

System ten powinien przekazywać informacje do SOP, centrum dyspozytorskiego - CKR oraz do Państwowej Straży Pożarnej (monitoring pożarowy).

System sygnalizacji pożarowej powinien sterować systemem oddymiania w przypadku pożaru, zamknięciem oddzielen przeciwpożarowych i wykonywać inne funkcje sterownicze związane z zapewnieniem bezpieczeństwa ludzi.

Stan pracy urządzeń sygnalizacji pożarowej powinien być odwzorowany na monitorach znajdujących się w SOP i CKR.

System sygnalizacji pożarowej powinien być wykonany zgodnie z PN „Systemy sygnalizacji pożarowej. Projektowanie, zakładanie, odbiór, eksploatacja i konserwacja instalacji”.

5.24.2. Gaśnice przenośne lub przewoźne

Tunele powinny być wyposażony w gaśnice przenośne spełniające wymagania Polskich Norm będących odpowiednikami norm europejskich (EN), dotyczących gaśnic, lub w gaśnice przewoźne w ilości i rodzaje wynikające z powierzchni pomieszczeń, ich funkcji i rodzaju znajdujących się w nich materiałów i urządzeń technicznych.

Rodzaj gaśnic powinien być dostosowany do gaszenia tych grup pożarów, określonych w Polskich Normach dotyczących podziału pożarów, które mogą wystąpić w obiekcie.

Zaleca się stosowanie gaśnic proszkowych.

Jedna jednostka masy środka gaśniczego 2 kg (lub 3 dm³) zawartego w gaśnicach powinna przypadać, z wyjątkiem przypadków określonych w przepisach szczególnych:

- na każde 100 m² powierzchni przystanków, holi, poczekalni,
- na każde 300 m² powierzchni pomieszczeń technicznych i magazynowych.

Gaśnice proszkowe 6 kg po 2 szt należy umieścić w ewakuacyjnych klatkach schodowych przy wejściach do komory tunelu.

Gaśnice powinny być rozmieszczone:

1. w miejscach łatwo dostępnych i widocznych, w szczególności:
 - a) przy wejściach do budynków,
 - b) na klatkach schodowych,

- c) na korytarzach,
 - d) przy wyjściach z pomieszczeń na zewnątrz;
2. w miejscach nie narażonych na uszkodzenia mechaniczne oraz działanie źródeł ciepła (piece, grzejniki);

Przy rozmieszczaniu gaśnic powinny być spełnione następujące warunki:

- a) odległość z każdego miejsca w obiekcie, w którym może przebywać człowiek do najbliższej gaśnicy, nie powinna być większa niż 30 m;
- b) do gaśnic powinien być zapewniony dostęp o szerokości co najmniej 1 m.

Szczegółowe zasady wyposażenia obiektu w sprzęt gaśniczy określone będą w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego.

5.24.3. Sprzęt ratowniczy, gaśniczy, środki łączności i środki gaśnicze

Koniecznym będzie wyposażenie straży pożarnej w sprzęt ratowniczy, gaśniczy i środki łączności, w tym dla ekip straży pożarnej oraz środki gaśnicze niezbędne do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w tunelu.

6. SYSTEM STEROWANIA RUCHEM POCIĄGÓW

6.1. Ogólne założenia działania systemu sterowania ruchem składów w tunelach

W tunelach linii premetra przyjmuje się częstotliwość przejazdów zestawów tramwajowych – co 4 min.

Na początku – wjeździe do każdego odcinka tunelu należy zainstalować sygnalizator umożliwiający sterowanie ruchem składów premetra.

Projektowany system sygnalizacji powinien zapobiegać zbliżeniu się do siebie dwóch składów – prowadzenie składów w tunelu „na widoczność” jest niedopuszczalne.

Sygnał zezwolenia na jazdę na sygnalizatorze powinien dopuszczać jazdę tylko do końca odcinka tj do następnego sygnalizatora.

Należy zaprojektować układ blokad zapewniający bezpieczeństwo trasy i brak na danym odcinku innych składów.

Przestrzeń tunelu powinna być monitorowana przez kamery telewizji przemysłowej.

Ze względów bezpieczeństwa w tunelach należy zaprojektować układ automatycznej lokalizacji składów z możliwością śledzenia ich ruchów.

Należy rozważyć zastosowanie układu monitorującego urządzenia pokładowe poruszających się składów pod względem zagrożeń pożarowych.

Ze względów bezpieczeństwa zestaw powinien mieć możliwość jazdy wstecznej aby w przypadku zagrożenia dla życia pasażerów na odcinku następnym mógł się wycofać do strefy bezpiecznej (na zewnątrz tunelu lub na przystanek).

Należy rozważyć w układzie docelowym wyposażenie składów premetra w system SHP.

6.2. Kierowanie systemem sterowania ruchu w premetrze

Sterowanie ruchem składów premetra w tunelach będzie nadzorowane całościowo przez Centrum Kierowania Ruchu w tunelu (CKR) oraz lokalnie poprzez Stanowiska Obsługi Przystanków (SOP) zlokalizowane na przystankach przesiadkowych w miejscach krzyżowania linii premetra między sobą.

System sterowania ruchem pociągów powinien umożliwiać sterowanie ruchem z CKR przy założeniu, że SOP-y są nieczynne.

Ze względów bezpieczeństwa serwery obsługujące system kierowania ruchem w tunelach premetra powinny być zlokalizowane w jednym z pomieszczeń SOP lub w CKR, jeżeli stanowisko CKR zlokalizowane będzie w rejonie jednej ze stacji premetra.

6.3. Szczegółowe rozwiązania systemu sterowania ruchem składów premetra

Sterowanie ruchem składów premetra w tunelach projektuje się z zastosowaniem specjalistycznych systemów np. ACS 2000 firmy Frauscher. W nawiązaniu do wytycznych techniczno- technologicznych w zakresie wymagań ochrony przeciwpożarowej trasy linii premetra będą podzielone na odcinki. Sterowanie ruchem odbywa się na zasadzie sprawdzania zajętości poszczególnych odcinków torów, na jednym odcinku może znajdować się tylko jeden skład. Sprawdzanie zajętości odcinków odbywa się poprzez system ACS 2000 firmy Frauscher, wykorzystując czujniki osi rozmieszczone na krańcach każdego odcinka. Proponowane urządzenia firmy Frauscher posiadają Certyfikaty NrU/2005/646; IPW-8150-IMC_BSI_RSR180-01-122006.

System zlicza liczbę osi wjeżdżających na odcinek i wyjeżdżających z niego, jeśli bilans osi jest równy zero to odcinek jest wolny, jeśli jest różny od zera to odcinek jest zajęty. W projektowanym rozwiązaniu zaproponowano czujniki koła RSR180-K przystosowane do komunikacji miejskiej. Na początku każdego z odcinków umieszczone są sygnalizatory zezwalające lub zabraniające wjazdu na odcinek. Sygnał zezwalający na jazdę jest wydawany tylko i wyłącznie gdy odcinek na który ma wjechać pojazd jest niezajęty.

Przyjęte w analizie rozwiązania wynikają z wymogów ochrony przeciwpożarowej tuneli premetra określające podział tuneli na strefy pożarowe, ilość pasażerów, których należy ewakuować z przestrzeni przystanków i tuneli oraz sposób reakcji systemu na zdarzenia pożarowe.

Dla określonych w w/w opracowaniu ilości ewakuowanych pasażerów zostały dobrane szerokości dróg ewakuacyjnych, dla których spełnione są wymagania norm i rozporządzeń. Na przystankach ilość ewakuowanych pasażerów jest powiększona o liczbę pasażerów oczekujących na peronach oraz znajdujących się w holach i pozostałych pomieszczeniach.

W sytuacji zagrożenia pożarowego, gdy jeden skład znajdowałby się na przystanku, a drugi oczekiwałby na wjazd na przystanek, stojąc tuż przed przystankiem, łączna liczba pasażerów, których należałoby ewakuować przekroczyłaby dopuszczalną liczbę ze względu na szerokości dróg ewakuacyjnych.

Lokalizacja sygnalizatorów została tak dobrana, aby znajdowały się one w pobliżu wyjść ewakuacyjnych. W związku z powyższym, ze względów bezpieczeństwa pożarowego w tunelach, nie jest dopuszczalna sytuacja, w której jeden skład znajduje się na przystanku, a następny oczekuje na wjazd. Warunek ten wpływa na minimalny odstęp czasu pomiędzy kolejnymi składami przy założeniu płynnego przejazdu przez tunele.

Zaproponowany system sterowania ruchem pod względem technicznym spełnia wymagania normy EN50126, zaś niezawodność poszczególnych elementów i utrzymanie ich sprawności zależy od producenta, wykonawcy oraz eksploatatora.

Opracowane rozwiązanie posiada elementy pozwalające na realizację dowolnego scenariusza ppoż. Realizowane jest to poprzez grupę przekaźników sterowanych ze stykami bezpotencjałowymi systemu ppoż. Zastosowane rozwiązanie pozwala jednocześnie wyświetlić światło czerwone na wszystkich sygnalizatorach lub dowolną ilość światel czerwonych na wybranych sygnalizatorach. Umożliwia to łatwą modyfikację scenariuszy ppoż. bez ingerencji w strukturę sygnalizacji.

Sterowanie ruchem składów w tunelach różni się znacząco od systemu sterowania ruchem tramwajowym w obszarze miejskim, dlatego maszyniści będący dopuszczeni do prowadzenia składów w tunelach muszą być odpowiednio przeszkoleni.

7. INNE ZAGROŻENIA W TUNELACH PREMETRA

7.1. Pojawienie się niezidentyfikowanego gazu w tunelu

Informacja o wystąpieniu zdarzenia polegającego na pojawieniu się w tunelu premetra niezidentyfikowanego gazu może być stwierdzona przez Dyspozytora CKR tunelu lub obsługę SOP na podstawie:

- prowadzonego monitoringu przystanków i przestrzeni tunelu za pomocą CCTV,
- informacji przekazanej przez innych pasażerów za pośrednictwem kolumn alarmowych SOS,
- informacji przekazanej przez Straż Miejską / Ochronę Tunelu pełniącą swoje obowiązki w przestrzeni przystanków,
- informacji przekazanej przez motorniczego,
- informacji przekazanej Dyspozytorowi CKR lub obsłudze SOP w inny sposób.

Jeżeli Dyspozytor CKR stwierdzi, że otrzymana informacja jest prawdziwa podejmowane są odpowiednie działania.

7.2. Eksplozja w tunelu premetra

Informacja o wystąpieniu zdarzenia polegającego na eksplozji w tunelu premetra może być stwierdzona przez Dyspozytora CKR lub obsługę SOP na podstawie:

- prowadzonego monitoringu przystanków i przestrzeni tunelu za pomocą CCTV,

- informacji przekazanej przez innych pasażerów tunelu za pośrednictwem kolumn alarmowych SOS,
- informacji przekazanej przez Straż Miejską / Ochronę Tunelu pełniącą swoje obowiązki w przestrzeni przystanków tunelu,
- informacji przekazanej przez motorniczego,
- informacji przekazanej Dyspozytorowi CKR lub obsłudze SOP w inny sposób.

Jeżeli Dyspozytor CKR stwierdzi, że otrzymana informacja jest prawdziwa podejmowane są odpowiednie działania.

7.3. Katastrofa budowlana w tunelu premetra

Informacja o wystąpieniu zdarzenia polegającego na powstaniu katastrofy budowlanej w tunelu premetra może być stwierdzona przez Dyspozytora CKR lub obsługę SOP na podstawie:

- prowadzonego monitoringu przystanków i przestrzeni tunelu za pomocą CCTV,
- informacji przekazanej przez innych pasażerów tunelu za pośrednictwem kolumn alarmowych SOS,
- informacji przekazanej przez Straż Miejską / Ochronę Tunelu pełniącą swoje obowiązki w przestrzeni przystanków tunelu,
- informacji przekazanej przez motorniczego,
- informacji przekazanej Dyspozytorowi CKR lub obsłudze SOP w inny sposób.

Jeżeli Dyspozytor CKR stwierdzi, że otrzymana informacja jest prawdziwa podejmowane są odpowiednie działania.

7.4. Awaria systemu łączności w tunelu premetra

Informacja o wystąpieniu zdarzenia polegającego na awarii systemu łączności tunelu premetra może być stwierdzona przez Dyspozytora CKR lub obsługę SOP na podstawie:

- prowadzonego monitoringu systemów łączności w tunelu,
- informacji przekazanej przez Straż Miejską / Ochronę Tunelu pełniącą swoje obowiązki w przestrzeni przystanków tunelu,
- informacji przekazanej przez motorniczego,
- informacji przekazanej Dyspozytorowi CKR lub obsłudze SOP w inny sposób.

Jeżeli Dyspozytor CKR stwierdzi, że otrzymana informacja jest prawdziwa podejmowane są odpowiednie działania.

8. PRZYKŁADY ZREALIZOWANYCH TUNELI

Opisane metody realizacji tunelu w otwartym wykopie oraz metodą TBM znajdują uznanie już od

długiego okresu czasu. Związane jest to przede wszystkim z tempem realizacji tuneli i stosunkowo dużą odpornością na zmienność warunków gruntowych i hydrologicznych w podłożu.

Najbliższym przykładem realizacji tunelu w ścianach szczelinowych jest metro w Warszawie.

Jako przykłady realizacji tunelu metodą TBM mogą posłużyć zrealizowane w ostatnim okresie inwestycje:

- City – Tunnel Lipsk,
- Wienerwald Tunnel,
- Tunnelkette Perschling,
- Koralm tunnel,
- Weser tunnel Niemcy,
- metro w Bangkoku,
- Eurotunnel pod kanałem La Manche,

Należy także zaznaczyć, że wspomniane nowe linie metra w Warszawie (II linia) będą realizowane przy wykorzystaniu metody TBM.

Jako przykłady realizacji tunelu metodą wykopu otwartego mogą posłużyć zrealizowane w ostatnim okresie inwestycje:

- metro w Monachium,
- metro w Berlinie,

Przykładem tuneli realizowanego m.in. poprzez zatapianie elementów jest przykładowo:

- tunel pod rzeką Łabą pomiędzy Kilonią i Hannoverem,
- tunel drogowy pod rzeką Świnia,

Opracował :
mgr inż. Robert Słota

Kraków, czerwiec 2009.

II. RYSUNKI

- Rys. nr V.1. Profile podłużne – Wariant A
- Rys. nr V.2. Profile podłużne – Wariant B
- Rys. nr V.3. Profile podłużne – Wariant C
- Rys. nr V.4. Profile podłużne – Wariant D
- Rys. nr V.5. Metoda górnicza – stacja – Rzut
- Rys. nr V.6. Metoda górnicza – stacja – Przekroje
- Rys. nr V.7. Metoda odkrywkowa – stacja – rzut przystanku
- Rys. nr V.8. Metoda odkrywkowa – stacja – rzut antresoli
- Rys. nr V.9. Metoda odkrywkowa – stacja – przekroje cz. 1
- Rys. nr V.10. Metoda odkrywkowa – stacja – przekroje cz. 2