

OPIS POTRZEB I WYMAGAŃ DLA PROJEKTOWANIA TUNELI

10.07.2023r.

2.1.24 Tunele

2.1.24.1. Podstawy do projektowania – Ustawy, Rozporządzenia, Instrukcji, Wytyczne.

Dla tuneli należy przyjąć III kategorię geotechniczną zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. 2012 r., poz. 463 z późn.zm.) oraz PN-EN 1997-1 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne.

Tunele muszą być zaprojektowane zgodnie z wymaganiami Polskiego prawa, w szczególności ustaw, rozporządzeń oraz norm zharmonizowanych (PN-EN), w ich aktualnym brzmieniu oraz wytycznymi, w szczególności:

- [1] Ustawą o Drogach Publicznych z dnia 21 marca 1985 wraz z późniejszymi zmianami. Tekst jednolity (Dz. U. z 2023r. poz. 645,760);
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych z dnia 24.06.2022r. (Dz.U. z 2022r. poz. 1518);
- [3] Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie warunków technicznych , jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022r. poz. 1225);
- [4] Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2023r. poz. 822);
- [5] Wytycznymi rekomendowanymi przez Ministra właściwego do spraw transportu, które dotyczą drogowych obiektów inżynierskich - WR-M-41 wersja 01 obowiązująca od dnia 02.03.2021r. - „Wytyczne projektowania zabezpieczeń przeciwpożarowych drogowych obiektów inżynierskich.”;
- [6] Wytycznymi rekomendowanymi przez Ministra właściwego do spraw transportu, które dotyczą drogowych obiektów inżynierskich - WR-M-42 „Wytyczne projektowania wentylacji drogowych tuneli”;
- [7] Ustawą z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze. Tekst jednolity Dz.U. z 2023r. poz. 633;
- [8] Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia + WWiORB-y;
- [9] DYREKTYWA 2004/54/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań bezpieczeństwa dla tuneli w transeuropejskiej sieci drogowej;
- [10] Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 14 października 2008r w sprawie dokumentacji bezpieczeństwa tunelu (Dz.U. 2008 nr 193 poz. 1192);
- [11] Ustawą z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych (Dz.U. z 2022 poz.2147);

[12] Wytycznymi dotyczącymi wyposażenia i eksploatacji tuneli drogowych – RABT, wydanie 2006 r. „RABT 2006 (Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln)”;

[13] Dokumentami uzupełniającymi uznanymi jako standardy techniczne w obszarze Unii Europejskiej.

[14] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych.

[15] PN-B-02857:2017-04 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Przeciwpożarowe zbiorniki wodne. Wymagania ogólne.

2.1.24.1.1 Podstawowe pojęcia

Tunel Drogowy - obiekt budowlany składający się z:

- podziemnych naw i korytarzy tunelu którymi prowadzone są jezdnie autostrady/ drogi ekspresowej,
- niezbędnych budynków i budowli (zbiorników, czerpni, wyrzutni, budynków technicznych),
- infrastruktury towarzyszącej (sieci i przyłączy),
- zatoki postojowej przed wjazdem do tunelu dla każdej ze stron do kontroli pojazdów (na dojeździe do tunelu z obydwu jego stron, na odcinkach drogi poza konstrukcjami oporowymi i przed przejazdem awaryjnym zatokę dla pojazdów ciężarowych, umożliwiającą kontrolę pojazdu oraz ewentualny jego postój),

bez których nie jest możliwe właściwe i bezpieczne funkcjonowanie obiektu, zgodnie z jego przeznaczeniem.

Dla prac związanych z drażeniem tunelu z zastosowaniem techniki górniczej do obowiązków Wykonawcy należy sporządzenie i uzyskanie zatwierdzenia planu ruchu zakładu górniczego zgodnie z zapisami ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2023 r. poz. 633). Koszty związane ze sporządzeniem i zatwierdzeniem planu ruchu zakładu górniczego oraz koszty sporządzenia instrukcji, dokumentacji itp. jak również koszty związane z wypełnieniem zaleceń wynikających z opracowanego planu ruchu zakładu górniczego ponosi Wykonawca. W przypadku potrzeby Wykonawca w uzgodnieniu z Zamawiającym zawrze umowę o ustanowieniu użytkownika górniczego dla prac polegających na wykonaniu drażenia tunelu drogowego i poniesie koszty z nią związane.

O ile w poszczególnych punktach PFU nie przewidziano inaczej, przyjmuje się, że w bezpośredniej przestrzeni tunelu drogowego można stosować wyłącznie stal nierdzewną austenityczną, przynajmniej gatunku 1.4404 (AISI 316L; X6CrNiMoTi17-12-2) dla konstrukcji stalowych i elementów wyposażenia oraz dla bezpośredniej strefy bezpiecznej tunelu ewakuacyjnego.

Poszczególne systemy należy wykonać zgodnie z informacjami technicznymi zawartymi w PFU oraz odpowiednich branżowych Warunkach Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WWiORB).

2.1.24.2. Orientacyjne dane geometryczne tunelu, naw głównych i łączników oraz orientacyjne wartości graniczne.

Długość tunelu jest uwarunkowana wartościami granicznymi oraz ograniczeniami terenowymi.

Przejścia poprzeczne i przejazdy ewakuacyjne należy dostosować do wymienionych poniżej skrajni.

Skrajnia	W przypadku przejazdu pojazdu ratownictwa medycznego (tzw. karetki)	W przypadku uwzględnia tylko ruchu pieszego
Poziomą	≥ 5,00m	≥ 2,40m
Pionową	≥ 4,50m	≥ 3,0m

Przejścia poprzeczne między nawami tunelu należy rozmieścić w rozstawie większym lub równym 250 m z uwzględnieniem maksymalnych odległości wskazanych w [2].

Rozmieszczenie przejść poprzecznych wynikać będzie z analiz, obliczeń i symulacji jakie wykonana Wykonawca i musi zapewniać bezpieczną ewakuację użytkowników tunelu oraz sprawną akcję służb ratowniczych.

Zastosowanie rozstawu innego niż ww. będzie wiązać się z konieczności uzyskania przez Wykonawcę Robót stosownego odstępstwa. Wykonawca powyższe powinien skalkulować w ofercie.

Dla powyższych obliczeń zaleca się przyjąć:

- maksymalny czas ewakuacji, czyli czas dotarcia do strefy bezpiecznej –wg wytycznych rzeczoznawcy p-poż, DBT oraz opinii niezależnego eksperta w uzgodnieniu z Zamawiającym,
- maksymalny rozstaw wyjść – więcej lub równo 250 m,
- średnia prędkość czasu ewakuacji dla pieszego 0.9m/s

Wykonawca jednoznacznie określi i zdefiniuje na etapie Projektu Budowlanego uwzględniając wymogi PFU:

- Skrajnie Użytkową – dla użytkowników drogi.
- Skrajnie Serwisową i Ewakuacyjną – dostęp do skrajni technicznej oraz dla ewakuacji użytkowników.
- Skrajnia Techniczną – dla urządzeń i ich służb serwisowych.

2.1.24.3. Uwarunkowania terenowe i lokalizacyjne dla tuneli lokalizowanych pod ciekami wodnymi.

Wjazdy do tunelu – portale – zlokalizowane muszą być poza zasięgiem wód powodziowych oraz efektów spiętrzenia zatorami lodowymi. Należy w analizie szczegółowej uwzględnić m.in. wody powierzchniowe innych cieków z terenów przybrzeżnych. Ze względu na wysoką klasę konsekwencji zniszczenia CCS, portale należy projektować z uwzględnieniem wody powodziowej 500-letniej.

Ze względu na statystycznie możliwe sytuacje związane z przerwaniem wałów rzeki, tunel musi posiadać własny dedykowany system zabezpieczeń, nie zależny od administratorów czy zarządców wód powierzchniowych.

Budynki techniczne, powinny być dostosowane do tego samego potencjalnego poziomu wód powierzchniowych, co oznacza odpowiedni poziom posadowienia budynku oraz zapewnienie szczelności w duktach kablowych łączących budynki techniczne z podziemną częścią tunelu.

Minimalne wymagane przewyższenie dna rzeki nad tunelem $> 1 \times D$ (D- średnica zewnętrzna tunelu).

2.1.24.4. Uwarunkowania geotechniczne i hydrogeologiczne.

Wykonawca sporządzi własne analizy geotechniczne i hydrogeologiczne dla budowy tunelu na podstawie wybranej technologii.

W trakcie drążenia tunelu metodą górniczą Wykonawca zobowiązany jest w miarę postępu robót wyprzedzająco wykonywać wiercenia rdzeniowane z czoła przodka dla każdej nawy z pełnym dokumentowaniem uzyskiwanych rdzeni. Rdzenie powinny zostać opisane, sfotografowane i zabezpieczone w znormalizowanych czystych skrzynkach i przechowywane przez okres co najmniej drążenia tunelu. Po uzgodnieniu z Inżynierem Kontraktu sposobu i formy przekazywania opracowywanej dokumentacji, Wykonawca zobowiązany jest na bieżąco przekazywać przedmiotową dokumentację do Inżyniera Kontraktu.

Na etapie opracowywania dokumentacji projektowej dla tunelu wykonywanego metodą tarczową w skałach Wykonawca zobowiązany jest wyprzedzająco wykonywać wiercenia rdzeniowane skośne pod kątem min 20° w rejonach stref zaburzonych tektonicznie (strefy o charakterze uskoku). Rdzenie powinny zostać opisane, sfotografowane i zabezpieczone w znormalizowanych czystych skrzynkach i przechowywane przez okres co najmniej drążenia tunelu. Po uzgodnieniu z Inżynierem Kontraktu sposobu i formy przekazywania opracowywanej dokumentacji, Wykonawca zobowiązany jest na bieżąco przekazywać przedmiotową dokumentację do Inżyniera Kontraktu.

W ramach analiz hydrogeologicznych Wykonawca przeprowadzi analizy modelowe (numeryczne) przepływu wód podziemnych w rejonie projektowanego tunelu oraz podda ocenie możliwe zmiany w warunkach hydrogeologicznych, jakie mogą nastąpić w wyniku jego realizacji. W ramach prowadzonych analiz Wykonawca oceni wpływ budowy tuneli na istniejące ujęcia wód podziemnych i powierzchniowych. Zakres do przeprowadzenia należnych analiz modelowych, zostanie na etapie projektowym uzgodniony z Zamawiającym i Inżynierem Kontraktu.

Monitoring geotechniczny.

Wykonawca zobowiązany jest przez cały okres realizacji Robót prowadzić monitoring geotechniczny:

- na powierzchni terenu,
- pod powierzchnią terenu,

przy czym Wykonawca zobowiązany jest do rozpoczęcia monitoringu przed rozpoczęciem drążenia tunelu, w czasie i po zakończeniu drążenia tunelu.

W ramach prowadzonego monitoringu geotechnicznego Wykonawca powinien wykonać m.in.

- pomiary deformacji powierzchni terenu,
- pomiary deformacji konstrukcji oporowych,
- pomiary obciążeń przekazywanych na konstrukcje oporowe,
- pomiary deformacji obiektów budowlanych znajdujących się w zasięgu strefy wpływu drażenia tunelu,
- pomiary deformacji masywu skalnego,
- pomiar drgań parasejsmicznych.

W zależności od przyjętej metody drażenia oraz w zależności od warunków lokalnych Wykonawca dokonuje doboru rodzaju urządzeń pomiarowych, ich ilość, lokalizacji oraz częstotliwości pomiarów. Wykonawca sporządza przy udziale ekspertów z zakresu monitoringu tunelowego program monitoringu geotechnicznego.

Przy sporządzaniu programu monitoringu geotechnicznego Wykonawca nie powinien ograniczać się do metod geotechnicznych, winien również stosować metody teledetekcyjne i geodezyjne.

Wykonawca sporządza geotechniczny plan zarządzania bezpieczeństwem.

Celem tego planu jest:

- zapewnienie bezpiecznej i ekonomicznej konstrukcji naw głównych tunelu, przejść awaryjnych oraz tymczasowych skarp w rejonie wykopów na portalach,
- specyfikacje dotyczące zastosowania metody monitoringu podczas budowy (warunki wstępne, procedury i procesy) w celu weryfikacji odpowiedniego zachowania nominalnego,
- wyjaśnienie zakresu odpowiedzialności i procedur w celu uniknięcia niedopuszczalnych odkształceń i problemów ze statecznością.

Wymagania prawne dot. monitoringu tuneli wskazano w następujących normach:

- PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7- Projektowanie geotechniczne -- Część 1: Zasady ogólne,
- PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7- Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego,
- PN-EN ISO 18674-5:2020-03- PN-EN ISO 18674-5:2020-03,
- PN-EN ISO 18674-4:2020-12- Rozpoznanie i badania geotechniczne - Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych - Część 4: Pomiar ciśnienia wody w porach: Piezometry,
- PN-EN ISO 18674-3:2018-02- Rozpoznanie i badania geotechniczne - Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych - Część 3: Pomiar przemieszczeń w przekrojach pomiarowych: Inklinometry,
- PN-EN ISO 18674-3:2018-02/A1:2020-09 Rozpoznanie i badania geotechniczne - Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych - Część 3: Pomiar przemieszczeń w przekrojach pomiarowych: Inklinometry,
- PN-EN ISO 18674-2:2017-01- Rozpoznanie i badania geotechniczne - Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych - Część 2: Pomiar przemieszczeń wzdłuż linii pomiarowych: Ekstensometry,
- PN-EN ISO 18674-1:2015-07- Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych -- Część 1: Zasady ogólne,
- ISO 18674 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych (10 części).

Monitoring hydrogeologiczny.

Monitoring hydrogeologiczny powinien być prowadzony przed rozpoczęciem Robót, w trakcie realizacji oraz po zakończeniu realizacji Robót. W ramach prowadzonego monitoringu hydrogeologicznego Wykonawca powinien wykonywać pomiary zmiany zwierciadła wody gruntowej, poprzez system piezometrów: otwartych i zamkniętych – czujniki ciśnienia porowego.

Do obowiązków Wykonawcy należy wykonanie szczegółowej analizy wpływu budowy tunelu na poziom wód gruntowych, wraz z analizą ryzyka powstania „efektu tamy” oraz minimalizacją jego skutków w granicach Decyzji Środowiskowej oraz obowiązujących przepisów wykładni prawa w tym zakresie.

Jeżeli w wyniku rozwiązań zaprojektowanych i zrealizowanych przez Wykonawcę nastąpi zmiana warunków hydrogeologicznych bezpośrednio wpływająca na warunki życia mieszkańców (przykładowo zanik wody w ujęciach/studniach, zmiana chemizmu wody skutkująca koniecznością jej uzdatniania, podniesienie się zwierciadła wody /podtopienia/) oraz powodująca konieczność ponoszenia dodatkowych kosztów przez użytkowników ujęć/studni lub właścicieli nieruchomości, to Wykonawca będzie zobowiązany do:

- zapewniania wody mieszkańcom (użytkownikom ujęć/studni);
- zapewniania wykonania wszelkich niezbędnych ekspertyz dotyczących przyczyn i skutków zaistnienia ww. zdarzeń;
- poniesienia wszelkich kosztów związanych z wyceną zaistniałych szkód;
- usunięcia zaistniałych szkód, a jeżeli usunięcie zaistniałych szkód nie będzie możliwe – do wypłaty odszkodowań za te szkody.

2.1.24.5. Monitoring osiadań terenu i budowli, odcinek testowy.

Monitoring osiadań terenu i budowli stanowi element monitoringu geotechnicznego prowadzonego przez Wykonawcy przed rozpoczęciem drążenia tunelu, w czasie i po zakończeniu drążenia tunelu.

Wykonawca opracuje projekt monitoringu dla powierzchni terenu oraz istniejących obiektów budowlanych dla obszaru oddziaływania tunelu i określenie niecki deformacji. Instalacja monitorująca musi być wykonana i monitorowana min. 3 miesiące przed rozpoczęciem drążenia tunelu.

Wykonawca zobowiązany jest do prowadzenia na całym ciągu tunelu monitoringu ciągłego w czasie rzeczywistym ewentualnych deformacji powierzchni terenu, w okresie realizacji prac budowlanych oraz w okresie Przeglądów i Rozliczenia Kontraktu.

Monitoring obejmuje również obszar komór technologicznych, startowej i demontażowej.

System musi być automatyczny, rejestrujący 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu.

W trybie ciągłym należy porównywać prognozę osiadania terenu oraz przemieszczeń budowli z ich wielkościami pomierzonymi oraz tempem postępu robót.

Dla systemu Monitoringu musi zostać stworzone lub zastosowane dedykowane oprogramowanie prezentujące w sposób precyzyjny dane aktualne i historyczne.

System lub raporty oparte na danych z systemu muszą prezentować wyniki pomiarów w korelacji z postępem robót drążeniowych.

Wykonawca zdefiniuje i opracuje na podstawie szczepowego monitoringu na odcinku testowym Program Kalibracji robót tunelowych, który określi powiązanie parametrów technicznych pracy maszyn drążących z deformacją tunelu

Na początkowym odcinku testowym długości minimum 10 średnic tunelu Wykonawca przeprowadzi szczegółową analizę wpływu robót tunelowych na teren nad tunel, w zależności od:

- prędkości,
- ciśnienie iniekcji,
- czasu wiązania,
- i innych parametrów które mogą wpływać na zasięg i wielkość osiadania.

2.1.24.6. Projekty zabezpieczenia budowli i infrastruktury wrażliwej.

Na podstawie prognoz i danych z monitoringu, raportów prac tunelowych Wykonawca opracuje projekty zabezpieczenia istniejącej infrastruktury i obiektów zagospodarowania terenu z rozbiciem według typu obiektu w szczególności:

- wszystkie budynki i budowle,
- linie kolejowe,
- sieci technologiczne i przesyłowe,
- sieci uzbrojenia terenu.

Ostateczny zakres będzie podlegać uzgodnieniu z Inżynierem i Zamawiającym.

Projekty należy zaopiniować u gestorów sieci i oraz powiadomić właścicieli obiektów o sposobie zabezpieczenia.

Jeżeli w wyniku rozwiązań zaprojektowanych i zrealizowanych przez Wykonawcę nastąpi zmiana użytkowania dotychczas funkcjonujących w rejonie tunelu budowli lub infrastruktury wrażliwej warunków, bezpośrednio wpływając na warunki życia mieszkańców oraz powodująca konieczność ponoszenia dodatkowych kosztów przez użytkowników budowli lub właścicieli nieruchomości, to Wykonawca będzie zobowiązany do:

- zapewnienia wykonania wszelkich niezbędnych ekspertyz dotyczących przyczyn i skutków zaistnienia ww. zdarzeń;
- poniesienia wszelkich kosztów związanych z wyceną zaistniałych szkód;
- usunięcia zaistniałych szkód, a jeżeli usunięcie zaistniałych szkód nie będzie możliwe – do wypłaty odszkodowań za te szkody.

2.1.24.7. Jeżeli zajdzie taka konieczność ze względu na charakter obiektu/sieci/instalacji, monitoring należy uzupełnić o pomiar drgań. Monitoring konstrukcji tunelu.

Wykonawca opracuje projekt i wykona instalacje monitoringu konstrukcji tunelu, w wybranych przekrojach poprzecznych, dla etapu eksploatacji, oraz stworzy platformę

aktualizowaną automatycznie do której zapewni dostęp Zmawiającemu oraz Inżynierowi Kontraktu.

Monitoring ma obejmować:

- pomiar i kontrolę geometrii – min. 6 pkt w przekroju,
- naprężenia w konstrukcji –min. 4 pkt w przekroju,
- odkształceń betonu konstrukcji - w miejscach pomiaru naprężenia.

Dla każdej z naw tunelu należy wybrać minimum 5 przekrojów reprezentatywnych:

- najniżej położony,
- przekrój w miejscu przejazdu awaryjnego,
- przekrój w miejscu wyjścia ewakuacyjnego,
- inne wrażliwe.

2.1.24.8. Powiązania z układem drogowym oraz klasa tunelu.

Ze względu na bezpieczeństwo ruchu na długości tunelu oraz dojazdach po 500 m z każdej strony wprowadza się:

- Zakaz wyprzedzania dla pojazdów ciężarowych,
- Minimalny odstęp między pojazdami w tunelach o dł. przekraczającej 500 m, zgodnie z Prawem o ruchu drogowym art. 19 ust. 4 pkt. 1 wynosi 50 m dla samochodów o dopuszczalnej masie całkowitej nieprzekraczającej 3,5 t lub autobusu, natomiast zgodnie z zapisem ust. 4 pkt. 2 80 m dla pozostałych pojazdów.

Dla tunelu drogowego zgodnie z obowiązującą umową europejska [...] ADR dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzona w Genewie 30 września 1957 r. została ratyfikowana przez Polskę w 1975 r. dla tuneli położonych w transeuropejskiej sieci drogowej przyjęto Kategorią A

Sytuacja normalna - klasyfikacja tunelu			
Okres	Specyfika	Zalecenie	Kategoria
6:00-22:00	Natężony ruch pojazdów osobowych	-	A
22:00-6:00	Ograniczony ruch pojazdów osobowych	-	A

Zamawiający wymaga zaprojektowania oraz wykonania wszystkich elementów i wyposażenia tunelu na **MOC** pożaru nie mniejszą niż **100 MW** oraz **ilości gazów pożarowych do 200 m³/s.**

- Nie ograniczając się do niżej wymienionych, tunele muszą być wyposażone w szczególności w poniższe instalacje i systemy:
 - Instalacje elektryczne zasilania urządzeń tunelowych;
 - Oświetlenie w tym system oświetlenia podstawowego oraz system awaryjnego oświetlenia zapasowego i ewakuacyjnego;

- System sterowania tuneli (zawierający system przesyłania danych);
- System wykrywania i sygnalizacji pożarowej;
- System sterowania ruchem w tunelu zawierający wyposażenie techniczno-komunikacyjne;
- System wentylacji wraz system pomiaru CO, NO i widoczności;
- System punktów alarmowych (nisz sygnalizacyjnych) wyposażonych w telefony alarmowe i gaśnice;
- System komunikacji radiowej służb ratowniczych;
- System powiadamiania publicznego zawierający urządzenia nagłaśniające;
- System monitoringu CCTV wraz z videodetekcją;
- System sieci hydrantowej;
- System kanalizacji separacyjnej dla odwodnienia jezdni zapobiegający rozprzestrzenianiu się ognia;
- Automatyczny system gaszenia pożaru dedykowany do stosowania w tunelach;
- Interfejsy API wraz z dokumentacją do przekazywania danych o alarmach zdarzeń, urządzeniach, ich stanie pracy oraz zbieranych danych w czasie rzeczywistym (kilka sekund opóźnienia) i zarchiwizowanych danych;
- Interfejsy API wraz z dokumentacją umożliwiające wysyłanie żądań i udzielanie odpowiedzi od/dla zewnętrznych systemów chcących skorzystać z urządzeń zarządzania ruchem w tunelu;
- Wykonawca przeprowadzi konsultacje i negocjacje z operatorami sieci komórkowych, w celu wykonania instalacji propagacji sygnału GSM w tunelu oraz umożliwi montaż oraz uruchomienie systemu z wybranymi przez Zamawiającego operatorami;
- System zasilania podstawowego i awaryjnego;
- System przesyłu danych;
- System eCall
- System monitoringu, sterowania i zarządzania tj. system umożliwiający Zarządzanie Bezpieczeństwem i Ruchem w tunelu;
- Urządzenia pierwszej pomocy;
- Kompletny System odcinkowego pomiaru prędkości w tunelu wraz z odpowiednim oznakowaniem i możliwością użytkowania przez ITD. Należy uzyskać uzgodnienie ITD jako przyszłego zarządcy systemu;
- System kontroli wysokości pojazdów wjeżdżających do tunelu;
- Inne systemy wynikające z opracowanej przez Wykonawcę Dokumentacji Bezpieczeństwa Tunelu lub wskazane jako niezbędne do wykonania w opinii niezależnego eksperta w celu osiągnięcia kategorii ADR a Wykonawca wykona w ramach Zaakceptowanej Kwoty Kontraktowej i Czasu na Ukończenie.

Listę ww. systemów należy traktować jako minimalną, ale otwartą. W przypadku zmian prawa, przepisów szczegółowych, warunków i uzgodnień, należy wykonać wszystkie wymagane elementy, mając na względzie Warunki Kontraktu.

Elementy z przeprowadzonej analizy ryzyka wynikające m.in. z Dokumentacji Bezpieczeństwa Tunelu oraz wyników podłoża należą do zobowiązań Wykonawcy. Należy je uwzględnić w Cenie Oferty i odpowiednio listę uzupełnić, (np. o system monitoringu geotechnicznego i/lub sejsmicznego).

2.1.24.9. Definicje uzupełniające.

Na potrzeby realizacji tunelu wprowadza się nazwy i definicje uzupełniające.

W celu właściwej oceny liczby użytkowników wprowadza się definicje „**Szczytowego ruchu samochodowego**”.

Wzorem dyrektywy „Bezpieczeństwo w tunelach kolejowych” wprowadza się definicję „**Obszar bezpieczny tunelu**” (Dz.U. L 356 z 12.12.2014 s. 394).

Szczytowy ruch samochodowy – prognozowany ruch samochodowy określający liczbę użytkowników tunelu z uwzględnieniem:

- Godzin szczytu ruchu samochodowego,
- Okresy wymiany turnusów wakacyjnych charakteryzujące się zwiększoną liczbą zwiększoną liczbą autobusów w ogólnej liczbie pojazdów.

Szczytowy ruch samochodowy jest podstawą do wyznaczenia czasu ewakuacji.

Obszar bezpieczny tunelu – umożliwia ewakuację wszystkich użytkowników tunelu. Wielkość i lokalizacja obszaru musi umożliwiać ewakuację wszystkich osób w tunelu i ich bezpieczne wyprowadzenie do strefy ratownictwa, koncentracji i udzielania pierwszej pomocy.

Rozwiązania techniczne muszą:

- Umożliwiać przemieszczanie się w obszarze bezpiecznym i jej opuszczenia na powierzchnię bez konieczności powrotu do przestrzeni objętej pożarem.
- Zabezpieczać dostęp pojazdów ratownictwa medycznego, poprzez zapewnienia wymaganej skrajni.
- Układ i wyposażenie obszaru bezpiecznego muszą uniemożliwiać przenikanie dymu ze strefy pożaru, poprzez zapewnienia stałego nadciśnienia w przestrzeni przejścia ewakuacyjnego.
- Umożliwiać ewakuację osób we własnym zakresie.
- Posiadać właściwe oznakowanie i nagłośnienie ewakuacyjne.
- Uwzględnić należy w scenariuszach awaryjnych wystąpienie dwóch zdarzeń jednocześnie w tunelu, wymagających ewakuacji.

Strefa Bezpieczna - przez strefę bezpieczną należy rozumieć równoważnie z Obszarem bezpiecznym

Strefa ewakuacji i koncentracji – obszar, który umożliwia zbiórkę wszystkich ewakuowanych użytkowników tunelu, poza przestrzenią podziemną tunelu. Wielkość powierzchni musi umożliwiać zebranie wszystkich ewakuowanych osób w tunelu oraz udzielenie pomocy medycznej. Wielkość obszaru określa się w oparciu o liczbę osób w tunelu dla szczytowego ruchu samochodowego.

Rozwiązania techniczne muszą:

- Zagwarantować obszar o odpowiedniej wielkości który może być podzielony na 2 podobszary:
 - ❖ Ratowniczy – dla służb medycznych i kierownictwa akcji,
 - ❖ Koncentracji – jako miejsce zbiórki dla osób ewakuowanych z tunelu.
- Powierzchnia terenu powinna być równa, o nachyleniu terenu nie większym niż 5%.
- Dopuszczalna jest nawierzchnia trawiasta lub umocniona płytami ażurowymi o wskaźniku ażurowości > 45%, (brak możliwości gromadzenia się wody).
- Posiadać możliwość dojazdu z terenu przyległego lub drogi głównej.
- Strefa nie powinna być oddalona od wyjścia z tunelu dalej niż 150 m. Lokalizację strefy ewakuacji koncentracji należy uzgodnić z IK, Zamawiającym i Służbami ratowniczymi

- Strefa powinna być oznakowana odpowiednimi znakami.

Redundancja systemów i układów – rozwiązania techniczne na poziomie podstawowym których funkcjonowanie jest krytyczne w zakresie bezpieczeństwa użytkowników.

W celu zagwarantowania stałego poziomu bezpieczeństwa w tunelu konieczne jest zapewnienie odpowiedniego zdublowania lub nad wymiarowanie krytycznych układów i systemów tunelu.

Rozróżnia się redundancje układów i systemów.

- **Redundancja układu** – zapewnienie zdublowanego układu zasilania w medium typu prąd i woda dla wszystkich systemów technicznych, (np. obwodowe – 2-źródłowe zasilanie w wodę czy energią elektryczną).
- **Redundancja systemu** – zagwarantowanie wymaganej wydajności czy funkcjonalności konkretnego systemu w przypadku awarii jednego z komponentów (np. redundancja wentylacji = wentylator zapasowy w każdej centrali wentylacyjnej).

Układ / System	Redundancja
Zasilanie w energię elektryczną	Układu – pełna i gwarantowana moc
Wentylacja	Systemu – sprawność i wydajność Układu - zasilanie
Systemy gaszenia pożaru	Systemu
Zasilania w wodę	Układu - zasilanie
Oświetlenia	Układu – zasilanie
Oświetlenie awaryjne	Układu - zasilanie
Oświetlenie ewakuacyjne	Układu - zasilanie
Monitoring	System – zachodzenie się stref monitoringu urządzeń Układu - zasilanie

2.1.24.10. Analiza Ryzyka, Dokumentacja Bezpieczeństwa Tunelu

Na potrzeby zagwarantowania wymaganej odporności, trwałości i bezpieczeństwa Wykonawca sporządzi Analizę Ryzyka, która obejmować będzie również:

- wykaz możliwych scenariuszy zdarzeń i wypadków,
- analizę konsekwencji zdarzeń,
- ocenę odporności konstrukcji na zdarzenia i wypadki,
- ocenę trwałość obiektu z uwzględnieniem powyższych wymagań,
- analizę działania tunelu dla ruchu jedno i dwukierunkowego,

Wykonawca wykona ocenę zagrożeń zawierających prognozę ruchu wraz analizą ryzyka wypadków, w tym również w odniesieniu do przewozu materiałów niebezpiecznych w oparciu o przyjętą przez Zamawiającego metodologię.

Na każdym etapie realizacji zadania należy sporządzić Dokumentację Bezpieczeństwa Tunelu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 14 października 2008r. w sprawie dokumentacji bezpieczeństwa tunelu (Dz.U. nr 193 poz. 1192) [10].

Analiza Ryzyka jest podstawą opracowania Dokumentacji Bezpieczeństwa Tunelu.

W szczególności należy przedłożyć DBT wraz z Projektem Budowlanym, a dla każdej zmiany rozwiązań projektowych, należy wykonać aktualizację DBT, na każdym z etapów realizacji inwestycji.

DBT wraz PDR muszą zostać uzgodnione przez właściwy Sztab Zarządzania Kryzysowego i przedstawicieli Służb Ratowniczych.

DBT musi zawierać opinię niezależnego eksperta.

DBT musi uzyskać pozytywną opinię Urzędnika Zabezpieczenia Tunelu przed przekazaniem do Wojewody.

2.1.24.11. Trwałość tunelu jako obiektu inżynierskiego.

Zgodnie w wymogami [2] należy zapewnić wymaganą trwałość obiektu dla okresu użytkowania 150 lat, zgodnie z [2], §106 ust. 1 pkt 1. Dotyczy to wszystkich elementów konstrukcyjnych tunelu.

Niedopuszczalne jest bezpośrednie oddziaływanie na konstrukcję zasadniczą tunelu, w szczególności:

- substancji i gazów agresywnych w tym gazów pochodzących ze spalin,
- wysokich temperatur,
- ognia,
- agresywnych gazów w stosunku do stali i betonu.

W/w czynniki należy traktować jako oddziaływanie właściwe, charakterystyczne dla specyficznego wewnętrznego środowiska jakie występuje w tunelu.

Materiały użyte do budowy tunelu oraz poszczególne rozwiązania techniczne muszą zostać dobrane zgodnie z zasadami opisanymi w szczególności w [4].

Ponadto zgodnie z PN-EN 1990:2004 Reguły ogólne należy przyjąć do oceny niezawodności:

- klasę konsekwencji zniszczenia CC3,
- klasa niezawodności RC3 i współczynnik $\beta \geq 5,2$ dla okresu odniesienia 1 rok,
- klasa niezawodności RC3 i współczynnik $\beta \geq 4,3$ dla okresu odniesienia 50 lat.

2.1.24.12. Próby Poligonowe, Normowe i Modelowe

W celu potwierdzenia właściwości materiałów lub skuteczności rozwiązań projektowych Zamawiający wymaga potwierdzenia zgodności stosowanych materiałów i rozwiązań projektowych z wymaganiami PFU.

Próba Normowa – w przypadku wątpliwości i braku jednoznacznego potwierdzenia parametrów Zamawiający może wymagać wykonania przez Wykonawcę badań na zgodność z normą deklarowanych z Karcie Produktu parametrów lub cech przez certyfikowaną jednostkę badawczą, dla materiałów, systemów lub ich części zgłoszonych do akceptacji. Ponieważ badania zgodności z normą dla materiałów nie jest równoznaczne ze spełnieniem

wymagań dla stosowania danego materiału lub elementu w tunelu Zamawiający może wprowadzić obowiązek wykonania Prób Poligonowych.

Próba Poligonowa – badanie wykonane na pełnowymiarowej sekcji, części lub elemencie, odwzorowującym odcinek tunelu.

Próby poligonowe służą ustaleniu i potwierdzeniu przyjętych rozwiązań technicznych, potwierdzających np:

- wymagana wytrzymałość,
- odporność ogniową,
- dostępność i łatwość obsługi,
- wymaganych parametrów użytkowych – np. akustycznych, rozpoznania mowy.

Próba modelowa – badanie wykonywane na modelu tunelu, mające na celu sprawdzenie skuteczności funkcjonowania systemów, na proporcjonalnie pomniejszonym modelu całego obiektu.

Próby modelowe dotyczą w szczególności systemu wentylacji i oddymiania.

2.1.24.13. Materiały.

a) Wymagania ogólne:

Stosowane mogą być materiały spełniające wymagania norm zharmonizowanych PN-EN.

W przypadku braku norm zharmonizowanych PN-EN dopuszcza się stosowanie innych norm z obszaru EU dla instalacji, wyrobów, stosowanych na terenie obszaru EU, gdy są to materiały dedykowane do zastosowań w tunelach lub obiektach o wysokim zagrożeniu pożarowym.

b) Wymagania szczegółowe:

Beton

Poniżej wymieniono wymagania minimalne dla betonu:

- nawierzchnia klasy min. C35/45; klasy ekspozycji XF4, XM2,
- konstrukcja nośna tunelu (tubingów) min. C50/60, klasy ekspozycji: XC4, XS2, XD3, XF4,
- konstrukcja pomocnicza min. C35/45; klasy ekspozycji XC4, XD3, XF4. (XM1).

Obudowa tunelu, konstrukcje wewnętrzne wykonywane na miejscu, obudowa wyjść ewakuacyjnych, przejść poprzecznych, przejazdów awaryjnych, ściany szczelinowe powinny zostać zaprojektowane dla klasy ekspozycji wg normy PN-EN 206.

Niezależnie od powyższych wytycznych Wykonawca jest odpowiedzialny za przeprowadzenie badań chemicznych na wodach gruntowych i w gruncie, które będą miały kontakt z tunelem, w celu zbadania zawartości chlorków, siarczanów, kwasowości i innych niepożądanych właściwości, jakie powinny zostać rozpatrzone i które mogą prowadzić do zwiększonej klasy ekspozycji.

Stal

Należy stosować stale grupy AIIIIN.

Gatunków BSt500 B500B RB500W lub pokrewne. Stosowane gatunki stali muszą posiadać odpowiednie świadectwa zgodności normą.

Zbrojenie rozproszone

Stosowanie zbrojenia rozproszonego dla elementów konstrukcyjnych jest możliwe po wskazaniu:

- normy zharmonizowanej (PN-EN) właściwej do projektowania konstrukcji żelbetowych o wymaganym okresie trwałości lub innej normy z Europejskiego Obszaru Gospodarczego,
- lub wskazaniu innych metod, projektowania i wykonania elementów konstrukcyjnych, pracujących na zginanie, zginanie ze ściskaniem, ściskanie z małym i dużym mimośrodem, potwierdzonych naukowo lub innych Norm, pod warunkiem ich dopuszczenia do stosowania przez Zamawiającego,
- wykazaniu wymaganej dla elementów konstrukcyjnych tunelu trwałości.

2.1.24.14. Wymagania podstawowe dla budynków technicznych i Centrów Zarządzania Tunelem.

a) Wymagania ogólne:

Każdy tunel musi być wyposażony w min. dwa budynki techniczne o wymaganych parametrach:

- Dach powinien być oddzielony stropem od pomieszczeń technicznych.
- Obrys dachu powinien wystawać minimum 1.10 m poza lico ścian.
- Budynki muszą mieć estetyczny wygląd.
- Minimalna odporność ogniowa wszystkich przegród pomieszczeń technicznych: E120.
- Posiadać oświetlenie wewnętrzne.
- Minimalna szerokość przejść technicznych między urządzeniami lub wokół transformatorów to 1,40m.
- Drzwi wejściowe o konstrukcji stalowej, niezależne do każdego pomieszczenia muszą mieć szerokość w świetle nie mniejszą niż 0.90m.
- Drzwi serwisowe dla urządzeń muszą mieć szerokość dostosowaną do wymiarów transportowych urządzenia.
- Wokół budynku musi prowadzić chodnik/opaska o szerokości minimum 0.90 m.

b) Wymagania szczegółowe:

W budynku technicznym należy zaprojektować i wykonać co najmniej pomieszczenia oraz wyposażenie przedstawione w poniższej tabeli. Ostateczną ilość pomieszczeń, powierzchnię i wyposażenie należy dostosować w sposób zapewniający pełną funkcjonalność BT (Budynków Technicznych), tunelu oraz zapewniania łączności z CZT i rezerwowym CZT. Należy zaznaczyć, że powierzchnie podane w poniższych tabelach, są wymaganiami minimalnymi, które w przypadku konieczności spełnienia wszystkich wymagań PFU i zapewnienia funkcjonalności BT oraz zapewnienia łączności z CZT, należy rozbudować i doposażyć.

Budynek techniczny musi się składać z minimum:

L.p.	Nazwa / Przeznaczenie pomieszczenia	Wymiar minimalny
1	Komora transformatora - 2 sztuki.*	14 m ² (każda)
2	Rozdzielnia SN*	20 m ²
3	Rozdzielnia NN* - Rozdzielnica główna niskiego napięcia	24 m ²
4	Rozdzielnia nN - Szafy sterownicze oświetlenia	22 m ²
5	Rozdzielnia nN - Szafy sterownicze wentylacji	22 m ²
6	Rozdzielnia nN - Szafy sterownicze systemów pożarowych, nagłośnienia, video, radio	22 m ²
7	Rozdzielnia UPS*	16 m ²
8	Sterownia*	14 m ²
9	Magazyn*	14 m ²
10	Pomieszczenie urządzeń pomiarowych*	14 m ²
11	Kanał lub korytarz kablowy	Szer. 1,20 m
12	Agregat	45 m ²
13	Centrala wentylacyjna	22 m ²
14	Pomiar SN	23 m ²
15	Serwerownia	22 m ²
16	Pom. Serwisowe z miejscem dla Kierującego akcją ratowniczo-gaśniczą z ramienia Straży pożarnej.	17 m ²

*- dobór ilości komór lub pomieszczeń oraz powierzchnie dostosować do wielkości urządzeń z zachowaniem wymagań bezpieczeństwa użytkowania, dostępu i warunków pracy.

Budynek Techniczny może być zintegrowany z innym pomieszczeniami technicznymi, pod warunkiem wydzielenia go przegrodami p.poż minimum EI240.

Budynek wraz z wyposażeniem musi gwarantować pełną funkcjonalność w przypadku pracy tunelu w trybie awaryjnym lub serwisowo/remontowym.

- Teren wokół musi być ogrodzony z bramą zamykaną.
- Oświetlenie terenu i budynku może być stosowane jako elewacyjne lub wolnostojące.
- Monitoring terenu i pomieszczeń powinien być połączony z CZT.
- Parking przed budynkiem musi posiadać minimum 4 miejsca postojowe dla pojazdów osobowych o długości 5,0 m oraz 2 miejsca postojowe dla pojazdów o długości do 18m i masie do 20 t.

- Parking musi zapewniać możliwość swobodnego nawracania i przemieszczania pojazdów.
- Droga wewnętrzna musi spełniać wymogi dróg pożarowych.
- Na przyległym terenie lub przy elewacji budynku zlokalizować należy stacje podstawowego sprzętu gaśniczego wyposażoną w:
 - 2 koce gaśnicze,
 - 2 gaśnice proszkowe 6 kg,
 - bosak,
 - drabinę,
 - podstawową instrukcję użytkowania.
- W pomieszczeniu magazynu należy w miejscu dostępnym umieścić apteczkę pierwszej pomocy.
- Na każdych drzwiach budynku, musi zostać umieszczone oznaczenie przeznaczenia pomieszczenia oraz oznaczenie lokalizacji apteczki.

W jednym z budynku zlokalizowanych przy tunelu, należy dodatkowo wydzielić część techniczno-socjalną rezerwowego Centrum Zarządzania Tunelem (**R-CZT**). Wymaga się, aby R-CZT był oddzielony od pomieszczeń technicznych przegrodą o odporności ogniowej min E160, a od korytarzy kablowych drzwiami o odporności E120 (z okienkiem kontrolnym).

Część R-CZT musi się składać z minimum:

L.p.	Nazwa / Przeznaczenie pomieszczenia	Wymiar minimalny
1	Pokój operacyjny – zaprojektowany na stały pobyt wszystkich osób pracujących w głównym CZT.	8 m ² / na osobę + komunikacja +powierzchnia techniczna urządzeń
2	Wnęka kuchenna – z wyposażeniem	6 m ²
3	Szatnia (szafki odzieżowe indywidualne)	4 m ²
4	Magazynek – niezależny od magazynu BT	3 m ²
5	Toaleta – minimum 2 kabiny + umywalka	1,5 m ² – każda kabina
6	Wiatrołap	2 m ²

Wyposażenie techniczne musi umożliwiać prace zmianową, całoroczną.

R-CZT musi być wyposażone w sposób umożliwiający pełnienie wszystkich funkcji zastępczych wobec CZT.

Ogrzewanie pomieszczeń należy wykonać jako elektryczne, należy wykorzystać odzysk energii z pomieszczeń technicznych (rekuperacje) poprzez system wentylacyjny.

Klimatyzowane muszą być pomieszczenia socjalne oraz te pomieszczenia techniczne, których funkcjonowanie zależy od temperatury wewnętrznej.

2.1.24.15. Metody wykonania tuneli.

a) Wymagania ogólne:

Dopuszczalne są metody wykonania tunelu zgodnie z wymogami wskazanymi w Decyzji o Środowiskowych Uwarunkowaniach:

- w otwartym wykopie z zapewnieniem stateczności ścian wykopu poprzez zastosowanie skarp o odpowiednim nachyleniu; zastosowanie zabezpieczenia pionowych ścian: ścianka berlińska, ścianka szczelinowa, ścianka szczelna lub inna, w razie potrzeby odpowiednio rozparta lub zakotwiona w gruncie;
- podstropowa;
- górniczą;
- Drażeniu cało-przekrojowym maszyną TBM/EPB , w dostosowaniu do warunków gruntowych;

Dopuszcza się wykorzystanie:

- mikro-tunelowania,
- metody przycisku

Wyklucza się metody wymagające ograniczeń w ruchu.

Dobór technologii robót ziemnych należy do Wykonawcy. Wybrana technologia musi jednak gwarantować uzyskanie wymaganych parametrów użytkowych docelowego tunelu.

Dopuszcza się zastosowanie maszyny TBM z elementów odbudowanych fabrycznie (remanufactured) zgodnie z raportem Międzynarodowej Organizacji Tunelowej ITA (International Tunnelling Association) - ITAtech REPORT N5-V2/ march 2019 "ITAtech Guidlines on Rebuilds of machinery for mechanized Tunnel excavation"

Wykonawca udostępni Zamawiającemu możliwość ciągłego monitorowania parametrów i postępu prac związanych z drążeniem tunelu w czasie rzeczywistym poprzez aplikację mobilną i stronę internetową wraz z danymi statystycznymi z postępu prac.

Wybór metody drążenia uzależniony jest od warunków geologicznych i hydrogeologicznych, od lokalizacji w tym zagłębienia oraz sposobu użytkowania terenu nad tunelem.

Jeżeli przyjęta przez Wykonawcę technologia wykonania będzie wymagała określenia dodatkowych specjalistycznych parametrów podłoża lub jeżeli Wykonawca uzna za konieczne uszczegółowienie wyników badań przekazanych przez Zamawiającego, to Wykonawca przeprowadzi dodatkowe rozpoznanie w wymaganym dla wybranej technologii zakresie w ramach Ceny Kontraktowej.

W przypadku realizacji tunelu z zastosowaniem technologii ścian szczelinowych należy uwzględnić uszczelnienie tych ścian przy łączeniu poszczególnych sekcji bez potrzeby ich uszczelniania po odstąpieniu. Wykonawca powinien przewidzieć wszystkie niezbędne czynniki i materiały oraz rozwiązania technologiczne wynikające z przyjętej technologii wznoszenia obiektu (w tym konstrukcje zabezpieczające i stabilizujące wykopy, obiekty i infrastrukturę, pozwalające na utrzymanie wykopu i placu budowy w stanie suchym zgodnie z warunkami wynikającymi z decyzji DŚU) umożliwiające jego rektyfikację

i eksploatację w całym okresie budowy, uszczelnienie dna wykopu, system drenujący i odpompowujący wody – wraz z pozyskaniem koniecznych pozwoleń i decyzji. Wykonawca zobowiązany jest posiadać prawo dysponowania terenem, na którym lokalizuje konstrukcje zabezpieczające.

2.1.24.16. Konstrukcja obudowy tunelu.

a) Warunki ogólne:

Rodzaj i konstrukcja obudowy tunelu należy zaprojektować i wykonać zgodnie z:

- przeznaczeniem tunelu;
- metodą drążenia;
- warunkami górniczo-geologicznymi;
- warunkami hydrogeologicznymi;
- wymaganą trwałością obiektu.

Konstrukcja we współpracy z otaczającym gruntem musi zapewnić m.in.:

- przeniesienie obciążeń (parcia) gruntu i naziomu,
- obciążeń naziomu (w tym śniegiem i taborem samochodowym z dróg),
- oraz innych obciążeń i przemieszczających się obiektów,
- szczelność w stosunku do wód gruntowych,
- bezpieczeństwo pożarowe.

b) Warunki szczegółowe:

Zgodnie z zapisami [6] , Punkt 4.7 Kryteria efektywności (Performance Criteria), należy zaprojektować konstrukcję zgodnie z wymaganiami Tab.6 .

Dla elementów konstrukcyjnych (ścian, stropów) przestrzeni tunelu narażonych na bezpośrednie oddziaływanie pożaru o mocy podanej powyżej w pkt. 2.1.24.2 należy stosować dedykowane materiały ochrony pożarowej.

Maksymalna dopuszczalna temperatura wg [6]:

- na powierzchni zbrojenia 250°C,
- na powierzchni zabezpieczonego przeciwpożarowo betonu elementu konstrukcyjnego 380°C,
- w odległości 1-nej średnicy zbrojenia dla betonu bez zabezpieczenia elementu konstrukcyjnego 380°C, przy ograniczeniu głębokości spalingu do 35 mm na 95% powierzchni.

Poprawność rozwiązania technicznego potwierdza się **próbą poligonową.**

Jako ochroną bierną powierzchni konstrukcyjnej betonu należy stosować materiały o potwierdzonych parametrach i zastosowaniach w konstrukcjach tunelowych lub obiektach przemysłowych. W przypadku wątpliwości Zamawiający może zażądać wykonania próby normowej.

Ograniczenie wystąpienia zjawiska i głębokości spalingu dotyczy elementów konstrukcji nośnej, a nie okładzin i tynków (zapraw).

2.1.24.17. Nawierzchnia jezdni w tunelu.

a) Wymagania ogólne:

Konstrukcję nawierzchni jezdni w tunelu należy wykonać jako nawierzchnię **sztywną**. Konstrukcja nawierzchni drogi w tunelu powinna zostać przyjęta w oparciu o dane dotyczące warunków środowiskowych i gruntowo-wodnych oraz istniejącej i prognozowanej kategorii natężenia ruchu (KR), na podstawie obowiązujących w GDDKiA KTKNPIP i KTKNS.

b) Wymagania szczegółowe:

- i. W przypadku posadowienia konstrukcji nawierzchni w tunelu na gruncie, konstrukcję zarówno dolnych, jak i górnych warstw nawierzchni należy wykonać zgodnie z KTKNPIP lub KTKNS, w zależności od rodzaju nawierzchni oraz od kategorii ruchu.
- ii. W przypadku posadowienia konstrukcji nawierzchni w tunelu na płycie dennej, należy zastosować układ warstw konstrukcyjnych jak poniżej: (w zależności od kategorii ruchu):

NAWIERZCHNIA SZTYWNA

- warstwa betonu cementowego C 35/45 **grubości cm** (zgodnie z KTKNS, przyjęta w zależności od kategorii ruchu),
- warstwa poślizgowa z betonu asfaltowego lub asfaltu lanego **grubości min 4cm**,
- hydroizolacja: powłoka z żywic syntetycznych lub polimeroasfaltów,
- płyta podjezdna **grubości min. 40 cm** (wynikająca z obliczeń konstrukcji obiektu)

Grubości poszczególnych warstw nawierzchni każdorazowo należy zaprojektować z wytycznymi Zamawiającego w dostosowaniu do kategorii ruchu na drodze. Grubości te nie powinny być jednak mniejsze niż określone w niniejszym PFU, KTKNS. Wykonawca dla przyjętych rozwiązań uzyska akceptację Laboratorium Zamawiającego.

2.1.24.18. Nawierzchnia ciągów ewakuacyjnych w tunelu.

Nawierzchnię ciągów ewakuacyjnych należy zaprojektować i wykonać z materiałów niepalnych antypoślizgowych.

Nachylenie poprzeczne powierzchni ciągów ewakuacyjnych w tunelu może być zmniejszone do 0,5%. (konieczne uzyskanie zgody Zamawiającego na odstępstwo).

2.1.24.19. Schematy statyczne obiektów tunelowych.

- 1) Wymaga się, aby modele obliczeniowe odpowiadały rzeczywistej pracy konstrukcji z uwzględnieniem faz pracy i etapów budowy.
- 2) Dla obiektów wykonywanych metodą stropową dopuszcza się stosowanie rozpór tymczasowych i traconych.

3) Obliczenia mają uwzględniać stany użytkowe i awaryjne, Tryb I, II, IIIa i IIIb.

2.1.24.20. Parametry przekrojów ruchowych w tunelach.

W tunelu należy rozmieścić elementy drogi, tj. jezdnie o określonej liczbie pasów ruchu, pas awaryjny, drogi ewakuacyjne. Tunel powinien zostać zaprojektowany z uwzględnieniem parametrów, jak na odcinkach ciągu głównego, przed i za tunelem, uwzględniając wszelkie urządzenia wyposażenia tunelu oraz BRD, w szczególności w zakresie przekroju i profilu.

Skrajnia pionowa drogowa (minimum)	6,0 m
Skrajnia techniczna(minimum)	6,0 m
Skrajnia pionowa dróg ewakuacyjnych/Chodników	2,25 m
Vdp w tunelu	Jak dla ciągu głównego przed i za tunelem

a) Wymagania ogólne:

- wymaga się stosowanie naw tunelu o możliwie symetrycznej szerokości, o ile elementy drogi na to pozwalają,
- skrajnie pionowe powinny być zgodne z wymaganiami PFU dla dróg i obiektów inżynierskich,
- lico ściany tunelu - wewnętrzne - od strony pasa dzielącego dróg dwujezdniowych należy lokalizować w odległości nie mniejszej 1,25m od skrajni pionowej, od krawędzi skrajni w środku pasa dzielącego, o ile nie spowoduje to ograniczenia widoczności,
- lico ściany tunelu – zewnętrzne - nie powinny znajdować się bliżej niż 1,0m od skrajni pionowej dla jedni bez pasa awaryjnego lub 0,75m dla jezdni z pasem awaryjnym, o ile nie spowoduje to ograniczenia widoczności,
- obiekty należy zaprojektować dla docelowego przekroju drogi,
- każdy tunel musi posiadać obustronne ciągi ewakuacyjne,
- pełne otwarcie drzwi ewakuacyjnych nie może zmniejszać minimalnej szerokość przejścia ewakuacyjnego,
- urządzenia zapewniające dostęp do tuneli technicznych, kolektorów, kanałów wentylacyjnych i innych przestrzeni i pomieszczeń technicznych w celach utrzymaniowych muszą spełniać wymogi przepisów BHP,
- na etapie projektowania oraz realizacji należy uwzględnić dopuszczalne odchyłki wykonania elementów zgodnie z PN-EN. Niedokładności i odchyłki nie mogą zmieniać, podanych powyżej, minimalnych wymiarów, skrajni i szerokości przejść ewakuacyjnych,
- Maksymalne pochylenie niwelety w tunelu nie może być większe niż 3%.

Nie dopuszcza się zmniejszenia parametrów drogi w tunelu w stosunku do parametrów przekroju drogi na dojazdach. Określając światło obiektów dla danej szerokości jezdni należy przeprowadzić analizę widoczności jak dla warunków nocnych.

2.1.24.21. Nośność i trwałość obiektów.

Zamawiający wymaga, aby elementy tuneli drogowych po których odbywa się ruch (np. pomosty jezdni) zaprojektowano zgodnie z wymogami jak dla obiektów inżynierskich dla drogi klasy S na:

- a) obciążenie ruchome na obciążenie pojazdami specjalnymi wg [2]
- b) obciążenia tłumem pieszych o intensywności 5 kN/m^2 przy projektowaniu konstrukcji nośnej chodników, schodów oraz ich podpór jako wartość charakterystyczną.;

Elementy portali usytuowane nad jezdnią główną, pod którymi skrajnia pionowa będzie mniejsza niż $5,00 \text{ m}$, powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem obciążenia pochodzącego od uderzenia bocznego w części nad skrajnią pionową siłą poziomą o wielkości 500 kN w układzie wyjątkowym, przyłożoną w najbardziej niekorzystnym miejscu.

Jeżeli skrajnia pionowa będzie większa lub równa $6,00 \text{ m}$ wartość siły poziomej równa jest 0 kN .

Dla skrajni pionowej w zakresie $5\text{-}6 \text{ m}$ - wartość siły poziomej należy interpolować liniowo.

Elementy stropów głównych tuneli, stropów kawern nad tunelem zaprojektować należy na dodatkowe obciążenia pionowe – ruchome – o intensywności nie mniejsze niż 5 kPa , stanowiące obciążenia użytkowe związane z naprawami, serwisem oraz możliwością zamiany przeznaczenia.

Pomost jezdni w tunelu należy zaprojektować z uwzględnieniem możliwości wprowadzenia długotrwałego ruchu dwukierunkowego.

2.1.24.22. Elementy konstrukcji tunelu.

a) Wymagania ogólne:

Konstrukcję tuneli należy projektować i wykonywać z materiałów trwałych, odpornych na korozję i niepalnych jak: beton, żelbet. Konstrukcje tuneli lub ich elementy należy projektować jako:

- żelbetowe, kablobetonowe, strunobetonowe,
- inne - za zgodą Zamawiającego – spełniające wymagane warunki odporności ogniowej, szczelności i trwałości.

Obudowa wstępna, beton wyrównawczy, dla metod górniczych nie stanowi części konstrukcji tunelu tylko jest elementem technologii wykonania prac.

Rozwiązania konstrukcji muszą uwzględniać następujące minimalne wymagania dla zastosowanych podstawowych materiałów zgodnie z pkt 2.1.16.2 PFU.

W przypadku prefabrykowanych segmentów betonowych dla tunelu drążonego maszyną TBM minimalne wymagania dla zastosowanych podstawowych materiałów:

- klasa wytrzymałości betonu na ściskanie: C50/60, klasy ekspozycji: XC4, XS2, XD3, XF4,
- stal zbrojeniowa o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ oraz w klasie ciągliwości C. Dopuszcza się zastosowanie włókien stalowych zastępujących konwencjonalne stalowe pręty zbrojeniowe obudowy tunelu, jeżeli zostanie to należycie uzasadnione przez Wykonawcę. W przypadku gdy użyto włókien stalowych

jako zbrojenia prefabrykowanych segmentów powinny one odpowiadać normie PN-EN 14889-1. Rodzaj włókien stalowych (gładkie, haczykowane, wiosłkowe, faliste, o nagniatanej powierzchni), wytrzymałość na rozciąganie, długość i średnica oraz ich zawartość procentowa w matrycy betonowej musi zostać określona przez Wykonawcę na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń,

- włókna polipropylenowe powinny odpowiadać normie PN-EN 14889-2. Rodzaj włókien polipropylenowych, wytrzymałość na rozciąganie, długość i średnica, moduł sprężystości, temperatura topnienia oraz ich zawartość procentowa w matrycy betonowej musi zostać określona przez Wykonawcę na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń.

W oparciu o przeprowadzone obliczenia, badania i analizy Wykonawca musi przedstawić klasę fibrobetonu jak też minimalną wartość wytrzymałości resztkowej na zginanie wg. PN-EN 14651.

b) Wymagania szczegółowe:

Minimalne grubości elementów konstrukcji akceptowana przez Zamawiającego wynosi:

- 40 cm dla płyt pomostów jezdni tuneli drogowych,
- 80 cm dla elementów docelowych wykonywanych w technologii ścian szczelinowych,
- 50 cm dla obudowy zasadniczej tunelu wykonywanego metodą górniczą,
- 30 cm dla płyt i stropów głównych nad jezdnią tunelu i stropów pomocniczych
- 40 cm dla płyt i stropów w kanałach i tunelach pomocniczych
- 50 cm dla elementów prefabrykowanych konstrukcji nośnej tunelu

2.1.24.23. Konstrukcja nośna i wyposażenie tunelu - odporność na przeciekanie.

Wszystkie elementy konstrukcyjne i wyposażenia muszą zapewniać wymaganą odporność ogniową zgodnie z wcześniej wymienionymi, przepisami.

Izolacja i ochrona przeciwwodna

a) Wymagania ogólne:

Należy stosować kompletne, spójne, nowoczesne i dedykowane do tuneli lub obiektów podziemnych systemy zabezpieczenia przeciw przeciekom oraz negatywnym skutkom oddziaływania wysokiego poziomu wód gruntowych, certyfikowane i objęte gwarancją jako całość.

Izolacja powinna mieć deklarowaną trwałość przez producenta nie mniejszej niż wymagana trwałość konstrukcji tunelu.

Przy doborze systemu izolacji należy wziąć pod uwagę:

- zakładaną metodę drążenia tunelu,
- przewidywane warunki gruntowo – wodne,
- zakładany przekrój tunelu.

Izolacje należy dobierać z uwzględnieniem rzeczywistego ciśnienia słupa wody wynikającego z dokumentacji geologicznej i hydrogeologicznej przyjmując do obliczeń i doboru systemów zwiększenie obliczeniowej wysokości słupa +2,0 m.

Dla tunelu wykonywanego metodą górnictw należy przewidzieć systemy izolacji ciśnieniowej, na całej długości tunelu.

Zamawiający dopuszcza zastosowanie systemów izolacji drenażowych pod warunkiem wykonania analiz wpływu na poziom wód gruntowych.

Nie dopuszcza się żadnych trwałych zmian w poziomie wód gruntowych.

Nie dopuszcza się stosowania izolacji bitumicznych.

Zamawiający dopuszcza systemy stosowane w Europie pod warunkiem, iż posiadają wymagane polskim prawem Certyfikaty.

b) Wymagania szczegółowe:

Dla odcinków tunelu wykonywanego metodami górnictwymi oraz elementów płytkich tunelu odkrytych na etapie budowy powierzchni posiadających kontakt z gruntem, należy stosować membrany z nowoczesnych tworzyw sztucznych o parametrach nie gorszych niż:

- V (piątej) klasy palności według szwajcarskiej normy SIA 183/2:1976.
- Grubości nie mniejszej niż 2mm.
- Zgrzewanych w sposób trwały w miejscach łączy.
- Wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie ≥ 75 % PN-EN 12224, 350 MJ/m²; PN-EN ISO 527-3/5/1
- Wytrzymałość na rozdieranie podłużnie ≥ 42 kN/m PN-ISO 34 metoda B; V=50 mm/min.
- Wytrzymałości na rozdieranie poprzecznie: ≥ 42 kN/m PN-ISO 34 metoda B; V=50 mm/min.
- Odpornych na działanie wód i cieczy kwaśnych agresywnych do betonu.
- Odpornych na działanie wody o temperaturze minimum 55°C.

Izolacje należy dzielić na sekcje podłużne i poprzeczne, w dostosowaniu do projektu technologicznego budowy.

Dla poszczególnych elementów tunelu należy zapewnić odpowiednią izolację:

- tuneli głównych,
- konstrukcji przejść poprzecznych,
- połączenia tuneli poprzecznych z obudową tuneli głównych.

Elementy metalowe wyposażenia tunelu wykonywać ze stali nierdzewnej, aluminium lub stali kwasowej. Wyklucza się zabezpieczenie przez ocynkowanie.

2.1.24.24. Konstrukcja nośna i wyposażenie tunelu - odporność pożarowa.

Wszystkie elementy konstrukcyjne i wyposażenia muszą zapewniać wymaganą odporność ogniową zgodnie z wcześniej wymienionymi, przepisami.

a) Wymagania ogólne:

Należy stosować kompletne, spójne, nowoczesne i dedykowane do tuneli lub obiektów przemysłowych systemy zabezpieczenia przeciw oddziaływaniu ognia i wysokiej temperatury.

Skuteczność systemu podlega weryfikacji poprzez próbę poligonową.

Wymagania szczegółowe:

Stosowany materiał ochronny musi spełniać wymogi łatwej aplikacji i naprawy w przypadku uszkodzeń mechanicznych lub wymiany na skutek pożaru. Zastosowany materiał musi być materiałem dostępnym w obrocie, możliwym do pozyskania i wykonania naprawy powierzchni do 100m² w ciągu 7 dni.

Musi zapewniać klasę odporności ogniowej konstrukcji EI120.

Zastosowany materiał musi posiadać referencyjną listę realizacji z obiektów tunelowych lub przemysłowych na terenie UE, możliwą do weryfikacji.

W przypadku stosowania materiałów odpadowych, po produkcyjnych, wymagane jest określenie i potwierdzenie prawa do zastosowania odpadu jako materiału produkcyjnego, zgodnie z wymaganiami krajowymi.

2.1.24.25. Powłoki ochronne.

a) Wymagania ogólne:

Zabezpieczenie antykorozyjne powierzchni należy przyjmować jak dla drogowych obiektów inżynierskich z uwzględnieniem podwyższonego poziomu oddziaływania tlenków azotu i siarki, w dopuszczalnym stężeniu maksymalnym. Należy stosować powłoki jasne - odbijające światło - poprawiające skuteczność oświetlenia drogowego.

Faktura powierzchni betonu musi być równa, bez wystających fragmentów, uskoków, odprysków, raków. Dopuszczalna jest lekka faktura powierzchni <2mm, poprawiająca tłumienie dźwięków odbitych, nie pogarszająca warunków pracy wentylacji

b) Wymagania szczegółowe:

Na ścianach bocznych tunelu na całej długości każdego łuku poziomego należy wykonać pas refleksyjny przy użyciu farby odbijającej światło – nie matowej. Pas o szerokości 60 cm, na wysokości dolnych świateł zatrzymania (STOP), ma odbijać światła hamujących pojazdów. Wymagany współczynnik odbicia światła nie powinien być mniejszy od 60.

2.1.24.26. Dylatacje.

a) Wymagania ogólne:

Dopuszcza się stosowanie dylatacje pełnych i pozornych, pomiędzy elementami monolitycznymi konstrukcji tunelu. Muszą być wykonane w sposób gwarantujący szczelność połączeń i przerw.

Dla obudowy zasadniczej wykonywanej z prefabrykowanych tubingów, szczelin montażowych o szerokości projektowej do 3mm nie traktuje się jako dylatacji.

b) Wymagania szczegółowe:

Na odcinkach wykonywanych metodami górnictwymi, rozmieszczenie dylatacji musi być skorelowane z systemem izolacji przeciwwodnej.

Szerokość szczeliny montażowej przy obudowie pierścieniowej z tubingów nie może przekroczyć 2 mm, po zespoleniu.

2.1.24.27. Roboty ziemne w przestrzeni tunelu.

Zgodnie z załączonymi WWiORB dot. robót ziemnych i wzmocnień podłoża gruntowego.

2.1.24.28. Konstrukcje oporowe i portale.

Portale czołowe należy zaprojektować jako betonowe lub żelbetowe o fakturze elewacji wpasowanej w otoczenie. Rozwiązania techniczne muszą chronić powierzchnie czołowe portali przed zaciekaniem i tworzeniem się trwałych śladów od przecieków i zacieków.

Projektując konstrukcje oporowe w technologii nasypów zbrojonych należy uwzględnić wyżej wymienione wymagania dla obiektów inżynierskich, oraz:

- nasypy zbrojone i konstrukcje oporowe z gruntu zbrojonego wystające co najmniej 0,75 m nad przylegający teren, których odchylenie od pionu jest mniejsze od 45° muszą być osłonięte elewacją z elementów polimerobetonowych, kamiennych, żelbetowych, betonowych lub siatkobetonowych. W takim przypadku elewacja musi być jednakowa na całej długości i wysokości omawianej konstrukcji;
- elementy elewacyjne, które obciążone są parciem gruntu, należy traktować jak elementy konstrukcyjne i jako takie muszą spełniać wymagania Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych z dnia 24.06.2022r. (Dz.U. z 2022r. poz. 1518).;
- wierzch elewacji z elementów prefabrykowanych należy zwieńczyć monolitycznym ocepem spełniającym wymagania stawiane kapom chodnikowym, w przypadku osłonięcia konstrukcji oporowej barierą drogową należy zastosować rozwiązanie zapewniające niezbędną przestrzeń wynikającą z przyjętych parametrów barier, szerokości pracującej, parametru intruzji.

2.1.24.29. Wyposażenie techniczne tuneli – wymagania ogólne.

W ramach wyposażenia tuneli Wykonawca zaprojektuje i wykona w szczególności następujące systemy techniczne, bezpieczeństwa i sterowania tunelami:

- Instalacje elektryczne zasilania urządzeń tunelowych;
- Oświetlenie w tym system oświetlenia podstawowego oraz system awaryjnego oświetlenia zapasowego i ewakuacyjnego;
- System sterowania tuneli (zawierający system przesyłu danych);
- System wykrywania i sygnalizacji pożarowej;
- System sterowania ruchem w tunelu zawierający wyposażenie techniczno-komunikacyjne;
- System wentylacji wraz system pomiaru CO, NO i widoczności;
- System punktów alarmowych wyposażonych w telefony alarmowe i gaśnice;
- System komunikacji radiowej służb ratowniczych;
- System powiadamiania publicznego zawierający urządzenia nagłaśniające;
- System monitoringu CCTV wraz z videodetekcją;
- System sieci hydrantowej - wodnej;

- Automatyczny wodny system ochrony konstrukcji przez wysokimi temperaturami (zraszacze, mgła), zasilany z sieci niezależnej od sieci p.poż. wraz z odrębnymi zbiornikami; nie będący instalacją p.poż.
- Infrastrukturę dla operatorów sieci GSM w postaci przygotowania punktów zasilania oraz miejsca pod stację bazowe, niezbędnych tras i przepustów kablowych. Wykonawca przeprowadzi konsultacje i negocjacje z operatorami sieci komórkowych, w celu wykonania instalacji propagacji sygnału GSM w tunelu oraz umożliwi montaż oraz uruchomienie systemu z wybranymi przez Zamawiającego operatorami sieci;
- Infrastrukturę dla operatorów sieci GPS w postaci przygotowania punktów zasilania oraz miejsca pod stację bazowe, niezbędnych tras i przepustów kablowych;
- instalacje propagacji systemu FM w tunelu;
- System kontroli wysokości pojazdów,
- Interfejsy API wraz z dokumentacją do przekazywania danych o alarmach zdarzeń, urządzeniach, ich stanie pracy oraz zbieranych danych w czasie rzeczywistym (kilka sekund opóźnienia) i zarchiwizowanych danych;
- Interfejsy API wraz z dokumentacją umożliwiające wysyłanie żądań i udzielanie odpowiedzi od/dla zewnętrznych systemów chcących skorzystać z urządzeń zarządzania ruchem w tunelu;
- Kompletny System odcinkowego pomiaru prędkości w tunelu wraz z odpowiednim oznakowaniem i możliwością użytkowania przez ITD. Należy uzyskać uzgodnienie ITD jako przyszłego zarządcy systemu;
- Inne systemy wynikające z opracowanej przez Wykonawcę Dokumentacji Bezpieczeństwa Tunelu lub wskazane jako niezbędne do wykonania w opinii niezależnego eksperta w celu osiągnięcia odpowiedniej kategorii ADR, a Wykonawca wykona je w ramach Zaakceptowanej Kwoty Kontraktowej i Czasu na Ukończenie.
- System łączności radiowo - kablowej pomiędzy budynkami technicznymi a całym tunelem, w tym minimum 10 szt. Urządzeń mobilnych do komunikacji obsługi tunelu (krótkofalówki)

Wykonawca dostarczy następujące części zamienne wyposażenia tunelu:

- Oprawy oświetlenia podstawowego i wjazdowego (po dwie z każdego typu)
- Oprawy oświetlenia ewakuacyjnego (po jednej z każdego typu)
- Urządzenie do pomiaru luminancji 1 sztuka.
- Ręczne ostrzegacze pożarowe 2 sztuki
- Optyczny detektor dymu 4 sztuki
- Aparaty telefoniczne w tunelu 1 sztuka
- Kamera video wewnątrz tunelu 1 sztuka
- Drabiny 4 i 6m po dwie sztuki
- Reflektory przenośne 4 sztuki
- Zestaw mierników elektrycznych uniwersalnych 2 sztuki
- Gaśnice 6 sztuk

Wykonawca ma obowiązek podczas realizacji kontraktu wykonać:

- symulację funkcjonowania zastosowanych systemów i instalacji w środowisku testowym,
- plan działań ratowniczych, uzgodnić ze wszystkimi służbami ratowniczymi i pomocniczymi: straż pożarna, policja, ratownictwo medyczne, lotnicze pogotowie

ratunkowe, sztab zarządzania kryzysowego, aktualizowany przed złożeniem wniosku o ZRID oraz przed złożeniem wniosku o PnU

- Dokumentację Bezpieczeństwa Tunelu, uwzględniającą szczegółowe rozwiązania techniczne oraz ocenę zagrożeń w oparciu o prognozę ruchu wraz z analizą ryzyka wypadków, w tym również w odniesieniu do przewozu materiałów niebezpiecznych.

O ile w poszczególnych punktach PFU nie przewidziano inaczej, przyjmuje się, że w bezpośredniej przestrzeni tunelu drogowego można stosować wyłącznie stal nierdzewną austenityczną, przynajmniej gatunku 1.4404 (AISI 316L; X6CrNiMoTi17-12-2) dla konstrukcji stalowych i elementów wyposażenia oraz dla bezpośredniej przestrzeni tunelu ewakuacyjnego.

Wszystkie systemy techniczne muszą zostać zrealizowane, zintegrowane oraz zgłoszone jako gotowe do rozpoczęcia testów współdziałania (SAT), zgodnie z Kamieniem Milowym wskazanym w Warunkach Kontraktu.

Wykonanie symulacji funkcjonowania ma zweryfikować poprawność przyjętych parametrów i rozwiązań z obszaru kontroli bezpieczeństwa. Wykonawca przedstawi ponadto Zamawiającemu do zaopiniowania schematy zainstalowanych systemów. Wykonawca dostarczy Zamawiającemu dokumentację technologiczno-wykonawczą wszystkich systemów, w skład której wchodzi co najmniej (dokumenty w języku polskim):

- Karta katalogowa każdego produktu,
- Wykaz rzeczowy zastosowanych urządzeń,
- Instrukcja instalacji i konfiguracji,
- Instrukcja obsługi aplikacji,
- Deklaracja zgodności dla zastosowanych materiałów i wyrobów,
- Projekt budowlany, informatyczny i wykonawczy całego komponentu wdrożeniowego,
- Projekt budowlany i wykonawczy zasilania systemów,
- Projekt budowlany i wykonawczy systemów łączności,
- Dokumentacja techniczno-teleinformatyczna (opis protokołów komunikacji, wykaz wszystkich funkcji i operacji, które ma realizować system),
- Deklaracja zgodności spełnienia wymagań zgodnie z SWZ w zakresie rodzaju zbieranych danych i jakości dostarczenia do Zamawiającego, Ponadto Wykonawca dokona przeszkolenia pracowników Zamawiającego w zakresie obsługi oprogramowania oraz eksploatacji urządzeń.

Wykonawca przez **6 miesięcy** po oddaniu obiektu do eksploatacji zobowiązany jest do zarządzania obiektem wspólnie z Zamawiającym w zakresie i na zasadach wskazanych w Warunkach Kontraktu.

W tym czasie Wykonawca dostosuje sposób działania systemu do warunków ruchowych i zakończy szkolenia Personelu Zamawiającego.

2.1.24.30 Instalacje elektryczne zasilania urządzeń tunelowych.

Określenie wymagań technicznych dla instalacji zasilania urządzeń tunelowych powinno zostać poprzedzone szczegółową analizą wielkości zapotrzebowanej mocy przyłączeniowej dla zasilania podstawowego oraz wymaganego poziomu bezpieczeństwa zasilania obiektu tunelowego, tj. określenia wielkości mocy dla zasilania rezerwowego. Dane te będą podstawą do złożenia wniosku do OSD – Operatora Systemu Dystrybucyjnego, o określenie Warunków

Przyłączenia obiektu tunelowego do sieci dystrybucyjnej danego OSD. Warunki przyłączenia określone przez OSD będą podstawą do rozpoczęcia prac projektowych.

Biorąc pod uwagę charakter obiektu tunelowego, a tym stawiane bardzo wysokie wymagania w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa przede wszystkim użytkowników ruchu drogowego, jak i bezpieczeństwa zainstalowanych urządzeń należy podstawowo przyjąć moc rezerwowego zasilania na poziomie 100% mocy podstawowego zasilania. Odstępstwem od tej reguły może być zasilanie innych obiektów (małych), np. nie wyposażonych w instalacje wentylacyjno-oddymiające, ppoż., itp.

Do każdego budynku technicznego tunelu (również zlokalizowane w tunelu) należy doprowadzić zasilanie SN na potrzeby urządzeń tunelowych w sposób określony w warunkach przyłączenia przez OSD, tak aby zasilanie podstawowe oraz rezerwowe zostało poprowadzone z dwóch niezależnych źródeł zasilania (np. z różnych głównych punktów zasilania – GPZ lub przy mniejszej mocy przyłączeniowej z różnych pętli średniego napięcia SN, zasilanych z niezależnych GPZ (stacji 110kV/SN). Dodatkowo każdy z budynków technicznych zewnętrznych musi posiadać również niezależne zasilanie w postaci agregatu prądotwórczego o mocy wystarczającej do zasilenia wszystkich odbiorów dla całego tunelu z danego budynku technicznego na okres minimum 8 godzin. Agregat musi mieć możliwość uzupełniania paliwa bez przerywania pracy.

W przypadku gdy agregat prądotwórczy zlokalizowany będzie na zewnątrz budynku obsługi wymagane jest aby posiadał odpowiednią obudowę dźwiękochłonną odporną na wpływy atmosferyczne np. kontener. Obudowa ta powinna zapewniać odpowiednie warunki pracy dla agregatu jak i powodować ograniczenie emisji hałasu do poziomu 65 dB.

Kontener dźwiękochłonny powinien być wykonany ze stali cynkowanej, malowanej lakierem piecowym i powinien być odporny na warunki atmosferyczne. Powinien posiadać dwoje drzwi wyposażonych w specjalne zamki uniemożliwiające dostęp do agregatu osobom niepowołanym. Kontener powinien być wyposażony w automatycznie sterowane żaluzje. Cały kontener powinien być posadowiony na płycie żelbetowej zgodnie z zaleceniami dostawcy agregatu. W obudowie powinny być zainstalowane tłumiki drgań pomiędzy silnikiem, prądnicą i konstrukcją ramy. Jeżeli w czasie montażu agregatu zainstalowane zostaną dodatkowe tłumiki drgań pomiędzy konstrukcją kontenera a fundamentem dopuszcza się odstępianie od dylatowania fundamentu pod kontenerem.

W każdym z budynków technicznych należy umiejscowić stację transformatorową. Każda ze stacji transformatorowych będzie składać się z następujących elementów:

- dwusekcyjnej połączonej sprzęgłem rozdzielnicy średniego napięcia SN z układem automatyki samoczynnego załączenia rezerwy (SZR),
- co najmniej dwóch transformatorów SN/nN w wykonaniu suchym żywicznym, każdy zasilany z oddzielnej sekcji rozdzielnicy SN,
- rozdzielnicy głównej niskiego napięcia o budowie dwu sekcyjnej z wyłącznikami mocy na dopływach i w polu sprzęgła oraz układem SZR,
- każdy z zabudowanych transformatorów w danym budynku musi mieć możliwość przejęcia całości zasilania urządzeń z danego budynku technicznego.

W pomieszczeniach w/w budynków należy zlokalizować poszczególne rozdzielnice zasilające urządzenia wyposażenia technicznego tunelu drogowego .

- Dla zasilania oświetlenia wjazdowego (progowego i przejściowego), wyjazdowego, orientacyjnego.
- Dla zasilania instalacji bezpieczeństwa, w tym, oświetlenia strefy wewnętrznej pełniące rolę oświetlenia antypanicznego, oświetlenia ewakuacyjnego oraz przejazdowego, oświetlenia kierunkowego i dróg ewakuacyjnych należy zaprojektować i wykonać wydzielone sieci zasilania gwarantowanego.
- Dla zasilania wentylatorów świeżego powietrza oraz wentylatorów oddymiających, wentylatorów różnicy ciśnień, klap dymowych wraz z niezbędnymi dokumentami i certyfikatami.
- Instalacja zasilania oświetlenia awaryjnego ma być wykonana zgodnie z PN-EN 1838 :2013-11, PN-HD 60364-5-56:2019-01 oraz PN-EN 50172:2005.
- Zasilane oświetlenia awaryjnego, sterowania ruchem oraz urządzeń niskoprądowych należy wykonać z centralnych baterii UPS o czasie działania 1,5 godziny, pracującej w sieci bezpiecznej IT, kablami o klasie PH 90 a w przypadku zastosowania zespołu kablowego o klasie E90. UPS-y należy zlokalizować w budynkach technicznych tunelu oraz pomieszczeniach technicznych tunelu. W przypadku zasilania z UPS, urządzenia muszą gwarantować bezprzerwowe przełączenie zasilania na zasilanie z baterii akumulatorów.
- Urządzenie UPS oraz baterie akumulatorów muszą być ciągle monitorowane i nadzorowane. Każda nieprawidłowość ma być natychmiast sygnalizowana w systemie sterowania. System ma zapewnić pełną obsługę ładowania i kontrolę stanu naładowania akumulatorów, jak dla zasilania oświetlenia bezpieczeństwa i ewakuacyjnego.
- Diagnostyka baterii ma gwarantować niezawodność całego systemu.
- UPS-y muszą być wykonane zgodnie z normą PN-EN 62040-1:2009/A1:2013
- Wszystkie urządzenia na drodze dostawy energii do oprawy oświetleniowej (kable i przewody) zarówno poprzez swoją konstrukcję jak i montaż zapewniać mają wymaganą odporność na oddziaływanie ognia minimum przez 90 minut.
- UPS-y należy zasilać z rozdzielnic napięcia gwarantowanego.
- Z w/w rozdzielnic należy zasilać urządzenia wymagające podtrzymania energii zabudowane we wszystkich budynkach technicznych, które są niezbędne dla funkcjonowania całego tunelu tj. urządzenia sterownicze, serwerowe, sygnalizacyjne i alarmowe oraz instalacje sygnalizacji świetlnej zabudowane poza tunelem.
- Odrębne zasilanie (poprzez własne podtrzymanie bateryjne) należy przewidzieć i wykonać dla systemów sygnalizacji pożarowej oraz systemów powiadamiania publicznego. Pojemność baterii akumulatorów musi umożliwić utrzymanie instalacji w stanie pracy przez co najmniej 72godziny, przy czym pojemność ta musi być wystarczająca do zapewnienia alarmowania jeszcze co najmniej przez 30min.
- Każda szafa elektryczna i sterownicza powinna zawierać minimum 25% rezerwy na przyszłą rozbudowę lecz nie mniej niż 1 szt. każdego z elementów.

W części jezdnej tunelu oraz korytarzu ewakuacyjnym należy zabudować rozdzielnice niszowe. Przedmiotowe rozdzielnice mają pełnić funkcję zasilania urządzeń zabudowanych w poszczególnych rejonach tunelu.

Urządzenia bezpieczeństwa takie jak oświetlenie awaryjne, oświetlenie ewakuacyjne, urządzenia oddymiające, systemy p.poż, systemy nagłośnienia, hydrofony, pompownie

p.poż ect. należy zasilić kablami niepalnymi klasy PH90/E90. W razie konieczności prowadzenia kabli w trasach kablowych całość musi tworzyć zespół kablowy E90. Szczegółowe wytyczne powinien zawierać operat pożarowy wykonany na etapie założeń do Projektu Budowlanego uzgodnionego z rzeczoznawcą ds. p.poż

W stanach awaryjnych szczególnie w czasie pożaru dowodzący akcją ratowniczą musi mieć możliwość wyłączenia zasilania bezprzerwowego przez wyłączenie odpowiedniego głównego wyłącznika prądu UPS-ów.

W obszarze tunelu przewiduje się zabudowę tras kablowych. Rozróżnić można trasy kablowe z funkcją podtrzymania działania na wypadek pożaru E90 (wg normy DIN 4102-12) oraz trasy kablowe dla systemów nie będących systemami bezpieczeństwa. W tunelu drogowym oraz w tunelach ewakuacyjnych trasy kablowe muszą zostać wykonane ze stali nierdzewnej 1.4404 (AISI 316L), . W budynkach technicznych trasy kablowe dopuszcza się wykonanie ze stali ocynkowanej ogniowo.

2.1.24.31 Oświetlenie.

Ściany tunelu do wysokości 3 m powinny posiadać jasną konstrukcję nie dających refleksów. Oświetlenie tuneli drogowych należy wykonać zgodnie z wytycznymi CIE 88 :2004. Całość oświetlenia tunelu należy wykonać w oparciu o oprawy oświetleniowe wykonane w technologii LED (dalej: oprawy typu LED). Oprawy muszą być wykonane ze stali nierdzewnej 1.4404 (AISI 316L) o stopniu ochrony co najmniej IP65 (dotyczy to również wszystkich elementów montażowych). Jedynym dopuszczonym elementem ze stopów aluminium (co najmniej gatunku AlMg3, LM6) jest radiator. Sterowanie oraz nadzór każdej z opraw odbywać się będzie z wykorzystaniem sieci sterowniczej np. protokołu DALI. Stopień ochrony obudowy opraw powinien wynosić minimum IP65. W tunelach należy wykonać następujące instalacje oświetleniowe:

- oświetlenie strefy dojazdowej,
- oświetlenie strefy progowej,
- oświetlenie strefy przejściowej,
- oświetlenie strefy wewnętrznej,
- oświetlenie wyjazdowej,
- oświetlenie strefy odjazdowej, oświetlenie nocne,
- awaryjne oświetlenie strefy otwartej (antypaniczne):,
- awaryjne oświetlenie ewakuacyjne, każdej z naw głównej i stref bezpiecznych,
- oświetlenie nisz alarmowo-sygnalizacyjnych,
- oświetlenie nisz elektrotechnicznych,
- oświetlenie przejść i przejazdów między komorami tunelu,
- oświetlenie kanałów technicznych i korytarzy,
- oświetlenie obrysowe przejść ewakuacyjnych,
- oświetlenie orientacyjne.

Ponieważ każda z powyższych wymienionych instalacji oświetleniowych pełni ściśle określoną funkcję w tunelu należy spełnić poniższe wymagania.

Ogólne:

- Luminancję L_{20} można zmierzyć miernikiem luminancji o kącie przestony równym 20° .
- W przypadku tunelu projektowanego, luminancję w strefie progowej L_{20} wyznacza się na podstawie składowych teoretycznych pochodzących z danych projektowych dla udziału zajętości pola widzenia tunelu.
- Oszacowanie procentowego udziału składników zajętości pola widzenia przez poszczególne składowe wzoru L_{20} wyznacza się na podstawie fotografii wjazdu do tunelu wykonanej z punktu odniesienia (L_z). Wówczas rysuje się stożek o kącie rozwarcia 20° , którego wierzchołek znajduje się w punkcie SD, a środek podstawy (której wielkość wynika z odległości SD i rozwartości 20°) umieszcza się na wysokości $1/4$ wjazdu do tunelu.
- Luminancję L_{20} wylicza się ze wzoru:

$$L_{20} = \gamma \cdot L_c + \rho \cdot L_r + \varepsilon \cdot L_e + \tau \cdot L_{th} \quad ($$

gdzie:

L_c – luminancja nieba [$cd \cdot m^{-2}$],

γ – wskaźnik zajętości nieba w 20° polu widzenia [%],

L_r – luminancja drogi [$cd \cdot m^{-2}$],

ρ – wskaźnik zajętości drogi w 20° polu widzenia [%],

L_e – luminancja otoczenia [$cd \cdot m^{-2}$],

ε – wskaźnik zajętości otoczenia w 20° polu widzenia [%],

L_{th} – luminancja strefy progowej [$cd \cdot m^{-2}$],

τ – wskaźnik zajętości strefy progowej w 20° polu widzenia [%],

oraz $\gamma + \rho + \varepsilon + \tau = 1$

Jeżeli pomiar w warunkach rzeczywistych nie jest możliwy, dopuszcza się przyjęcie wartości poszczególnych składowych luminancji w obszarach zgodnie z tabelą: Przykładowe wartości luminancji w otoczeniu portalu tunelu.

Kierunek jazdy	L_c (niebo) kcd/m^2	L_r (droga) kcd/m^2	L_e (otoczenie) kcd/m^2			
			skały	budynki	śnieg	polany
N	8	3	3	8	15(V) 15(H)	2
E-W	12	4	2	6	10(V) 15(H)	2
S	16	5	1	4	5(V) 15(H)	2

gdzie:

(V) – tereny górzyste ze stromymi stokami widzianymi przez kierowców

(H) – tereny nizinne, bardziej płaskie, wiejskie

- W celu umożliwienia prawidłowej detekcji przeszkód, należy oświetlić ściany i sufit tunelu, które stanowią tło obserwacji, zapewniają właściwą adaptację i prowadzenie wzrokowe oraz zapewnić wymagany poziom równomierności rozkładu luminancji na

powierzchni drogi i ścian tunelu (dla każdego stopnia redukcji poziomu oświetlenia tunelu.

- Średnia luminancja [L_{sr}] ścian tunelu, minimum do wysokości 2m, musi stanowić co najmniej 60% średniej luminancji drogi w danej lokalizacji.
- Równomierność całkowita U_0 dla nawierzchni i ścian wynosiła co najmniej 0,40.
- Równomierność wzdłużna U_L , mierzona w osi każdego pasa ruchu, wynosiła co najmniej 0,60.
- Wymagane wartości równomierności muszą być zachowane dla wszystkich stopni redukcji poziomu oświetlenia.
- Należy zminimalizować efekt olśnienia od opraw oświetleniowych z uwagi na pogorszenie procesu widzenia (olśnienie przeszkadzające)

Dla obliczenia poziomu f_{TI} stosuje się, zależne od poziomu luminancji drogi, następujące zależności:

$$f_{TI} = 65 (L_v/L_r^{0,8}) \text{ dla } L_r \leq 5 \text{ cd/m}^2$$

$$f_{TI} = 95 (L_v/L_r^{1,05}) \text{ dla } L_r > 5 \text{ cd/m}^2$$

gdzie:

L_r – średnia luminancja powierzchni drogi,

L_v – luminancja zamglenia.

W oświetleniu tuneli wymaga się, żeby przyrost progowy f_{TI} nie przekraczał 15% dla strefy progowej, przejściowej i wewnętrznej, zarówno w porze dziennej jak i w nocy, natomiast dla strefy wyjazdowej – nie ma ograniczeń.

- Należy zminimalizować efekt migotania światła w zakresie częstotliwości od 2,5 do 15,0 Hz. Dlatego należy stosować duże oprawy z niskim gradientem zmian rozsyłu strumienia świetlnego (np. liniowe oprawy LED), które zwykle powodują niewielki dyskomfort.

Oświetlenie strefy dojazdowej:

Bezpośrednio przed portalem tunelu znajduje się odcinek drogi nazywany strefą dojazdową do tunelu, jej długość musi odpowiadać minimum odległości widoczności na zatrzymanie „SD”. Jest to odległość z jakiej kierowca musi być w stanie bezpiecznie zatrzymać pojazd przed portalem tunelu. Oświetlenie dojazdowe pozwoli również na wstępną adaptację wzroku kierowcy w warunkach nocnych, jeszcze przed wjazdem do tunelu, oświetlenie dojazdowe powinno zapewnić łagodne przejście z luminancji oświetlenia drogowego do luminancji panującej w tunelu.

Luminancję adaptacyjną w strefie dojazdowej określa luminancja strefy progowej i olśnienie spowodowane jasnością otoczenia tunelu.

Luminancja zamglenia (luminancja równoważna zamglenia) [L_v] w strefie dojazdowej stanowi podstawę do określenia luminancji w tunelu, zależy od:

- odległości widoczności na zatrzymanie,
- przyjętego kierunku patrzenia,
- wielkości otworu tunelu,
- strony świata lokalizacji strefy dojazdowej i olśnienia wskutek niekorzystnego położenia słońca ,
- zabudowy w polu 16° wokół kierunku patrzenia oraz zdolności odbijania światła
- rodzaju tunelu (np. tunel krótki , długi),
- kąta widzenia pod którym strefa progowa zostaje dostrzeżona z odległości widoczności na zatrzymanie.

Luminację zamglenia L_v należy definiować jako różnicę między luminancją adaptacyjną a luminancją jezdni. Wynika ona z oceny luminancji otoczenia przeprowadzonej w oparciu o zasady olśnienia fizjologicznego, opisujące powstawanie światła rozproszanego w ludzkim oku.

Luminancja w strefie dojazdowej wyznaczanej wg metody L_{20} (zwana jako: L_{20}) wpływa w sposób istotny na projekt instalacji oświetleniowej. Należy przeprowadzić prace budowlano-konstrukcyjne umożliwiające utrzymanie luminancji w strefie dojazdowej na możliwie niskim poziomie, w sposób, który skutkuje zmniejszeniem kosztów eksploatacji, jak również kosztów inwestycji. Nawierzchnia jezdni w strefie dojazdowej musi być ciemna. Również fasady wlotów tunelowych i mury oporowe mają być wykonane w ciemnych barwach. Należy zbadać możliwości zmniejszenia udziału widzianego nieba w polu L_{20} .

Luminancja na początku strefy dojazdowej L_{20} to średnia luminancja w okrągłym polu widzenia, którego środek stanowi środkowy punkt wlotu do tunelu położony nie wyżej niż 2,50 m nad poziomem jezdni i które przed wlotem do tunelu pod kątem 20° pojawia się na wysokości wzroku zbliżającego się kierowcy z odległości równej widoczności na zatrzymanie.

Jako wartość obliczeniową dla warunków widoczności w strefie dojazdowej należy przyjąć luminancję w dzień (L_{20}) w strefie dojazdowej.

Oświetlenie strefy progowej:

- Oświetlenie strefy progowej ma zapewnić odpowiednie warunki świetlne na początku tunelu, tak aby ludzkie oko szybko adaptowało się do warunków panujących w tunelu. Oko ludzkie musi zaadaptować się do zmiany warunków przy wjeździe do ciemnego tunelu w stosunku do warunków na zewnątrz.

- Długość strefy progowej jest równa co najmniej odległości widoczności na zatrzymanie SD. Wartość maksymalną luminancji w strefie progowej tunelu L_{th} wyznacza się na podstawie prędkości o większej wartości spośród prędkości dopuszczalnej V_{dop} i prędkości do projektowania V_{dp} (tabela) oraz luminancji strefy dojazdowej do tunelu (metodą L_{20}), zgodnie ze wzorem.

$L_{th} = k \cdot L_{20}$, gdzie:

L_{th} – luminancja w strefie progowej tunelu [$cd \cdot m^{-2}$],

k – współczynnik zależny od prędkości, który przyjmuje się zgodnie z tabelą poniżej,

L_{20} – luminancja [$cd \cdot m^{-2}$].

- Wartości współczynnika k dla różnych prędkości poruszania się pojazdów.

Prędkość V [km/h]	Współczynnik $k=L_{th}/L_{20}$
≤ 60	0,05
61-120	0,06
≥ 120	0,10

- Na końcu strefy progowej poziom luminacji może być obniżony, lecz wyłącznie liniowo do 40% początkowej wartości L_{th} .
- Należy umieścić oprawy w górnej części tunelu w minimum dwóch rzędach wzdłuż osi podłużnej w tunelu.
- Każdą oprawę należy wyposażyć w moduł adresowy, którego zadaniem będzie nadzorowanie pracy danej oprawy.
- Dodatkowo w oprawach należy umieścić moduły do regulacji natężenia oświetlenia (w zakresie od 0-100%), które będzie zmienne w zależności od warunków panujących na zewnątrz tunelu.
- Wszystkie oprawy strefy progowej należy zasilać z szaf zlokalizowanych w budynkach technicznych.
- Dla opraw oświetlenia strefy progowej należy stosować kable typu NHXH-FE 180/E90.
- Sterowanie oprawami odbywać się musi na podstawie pomiaru luminancji zewnętrznej. Miernik pomiaru luminacji należy umiejscowić przed tunelem w strefie dostępu i ukierunkować zgodnie z regułą L_{20} .
Miernik zewnętrznego pomiaru luminancji powinien mieć zakres minimalny 0-6000 cd/m^2 . Wspomagająco należy zbudować również kamerę luminancji wewnętrznej o zakresie 0-500 cd/m^2
- Pomiar kontrolny poziomu natężenia strefy progowej należy prowadzić na podstawie pomiaru wewnętrznego luminancji.

Oświetlenie strefy przejściowej:

Oświetlenie w strefie przejściowej L_{tr} projektuje się w taki sposób, aby zapewnić łagodne przejście poziomu luminancji pomiędzy końcem strefy progowej, a strefą wewnętrzną tunelu, celem zapewnienia odpowiedniego czasu na adaptację wzroku kierowców.

- Luminancja jezdni w strefie przejściowej L_{tr} musi być w każdym miejscu strefy większa lub równa wartości $L_{tr} \geq L_{th} * (1,9 + t)^{-1,4}$ gdzie:

L_{tr} – luminancja w strefie przejściowej [$cd \cdot m^{-2}$],
 L_{th} – luminancja w strefie progowej tunelu [$cd \cdot m^{-2}$],
 t – czas adaptacji [s].

- Koniec strefy przejściowej zostaje osiągnięty w miejscu, gdzie luminancja jezdni jest mniejsza lub równa 2-krotnej wartości luminancji jezdni w strefie wewnętrznej tunelu.
- Można zastosować stopniową redukcję poziomu luminancji, ale wtedy pomiędzy kolejnymi, niższymi stopniami, nie należy przekraczać proporcji 3:1. Luminancja ostatniego stopnia nie powinna więcej niż dwukrotnie przekraczać poziomu luminancji strefy wewnętrznej tunelu.
- wszystkie oprawy strefy przejściowej należy zasilać z szaf zlokalizowanych w budynkach technicznych.
- Dla opraw oświetlenia strefy przejściowej należy stosować kable typu NHXH-FE 180/E90

Oświetlenie strefy wewnętrznej:

- Poziom średniej luminancji drogi (w tunelu) w strefie wewnętrznej jest funkcją odległości na zatrzymanie SD oraz natężenia ruchu
- Oświetlenie strefy wewnętrznej należy zaprojektować i docelowo wykonać na podstawie przyjętej widoczności na zatrzymanie w tunelu SD, lecz nie mniejszej niż 100m oraz natężenia ruchu lub wykonanej prognozy natężenia ruchu.

Wewnętrzna strefa w bardzo długich tunelach dzieli się na dwie podstrefy:

- pierwsza podstrefa, o długości odpowiadającej czasowi przejazdu równemu 30 sekund, powinna być oświetlona na poziomie odpowiadającym „długim tunelom”,
- druga podstrefa, odpowiadająca pozostałej części długości, powinna być oświetlona na poziomie odpowiadającym „bardzo długim tunelom”.

Wymagane poziomy luminancji dla stref wewnętrznych tuneli „długich” i „bardzo długich” zestawiono w tabeli.

Poziom luminancji [cd/m^2] w strefie wewnętrznej tunelu

Odległość na zatrzymanie SD [m]	Tunele długie (>125m)		Tunele bardzo długie (>30s jazdy z dopuszczalną prędkością)	
	Natężenie ruchu [liczba pojazdów/godz./pas ruchu]			
	Niskie	Wysokie	Niskie	Wysokie
160m	6	10	2,5	4,5

60m	3	6	1	2
-----	----------	----------	----------	----------

Dla odległości zatrzymania SD leżących pomiędzy wartościami w tabeli oraz dla średniego natężenia ruchu (pomiędzy niskim i wysokim) należy wymagane poziomy luminancji interpolować liniowo.

Natężenie ruchu, odpowiadające opisowi z tabeli powyżej, może być określone na podstawie klasyfikacji natężenia Rychu, przedstawionej w tabeli poniżej.

Klasyfikacja natężenia ruchu

Natężenie ruchu	Ruch jednokierunkowy	Ruch dwukierunkowy
	Liczba pojazdów/godz./pas ruchu	
Wysokie	> 1500	> 400
Niskie	< 500	< 100

Podane natężenie ruchu odpowiada godzinom szczytu komunikacyjnego.

- Oświetlenie przejazdowe ma zapewnić minimalne wartości natężenia powierzchni na jezdni, oświetlając wszelkie przeszkody znajdujące się w tunelu drogowym.
- Oświetlenie przejazdowe (wewnętrzne) zamontować należy rzędowo wzdłuż każdej z naw w górnej części tunelu
- Oprawy oświetlenia przejazdowego zasilac należy z szaf rozdzielczych zlokalizowanych w niszach elektrotechnicznych.
- Ze względu na długość tunelu zaleca się zmianę koloru lub intensywności oświetlenia w celu zmniejszenia zmęczenia kierowców
- W przypadku opraw punktowych, należy unikać rytmiczności rozstawy na całym odcinku
- Kable zasilające prowadzić należy z nisz elektrotechnicznych w przepustach kablowych.

Oświetlenie strefy wyjazdowej:

Strefa wyjazdowa rozciąga się od końca strefy wewnętrznej aż do wyjazdu z tunelu. Zaczyna się ona w miejscu skąd jasne światło na zewnątrz tunelu zaczyna wpływać na zdolność widzenia, względnie luminancję adaptacyjną.

Oświetlenie musi być zapewnione na tym samym poziomie, jak w strefie wewnętrznej. W sytuacji, gdy możliwe jest wystąpienie dodatkowych zagrożeń w pobliżu wyjazdu z tunelu, należy w porze dziennej, na długości odpowiadającej odległości na zatrzymanie „SD”, zastosować liniowo rosnący poziom luminancji: od poziomu odpowiadającego strefie

wewnętrznej, do poziomu pięciokrotnie wyższego, zapewnionego na długości odpowiadającej odległości widoczności na zatrzymanie SD do punktu położonego w odległości 20 m od portalu wyjazdowego.

Oświetlenie nocne i oświetlenie strefy odjazdowej:

Jeśli tunel jest fragmentem oświetlonej drogi, to jakość oświetlenia w tunelu powinna być co najmniej równa jakości oświetlenia drogi dojazdowej co do poziomu, równomierności i ograniczenia olśnienia. Ponadto równomierności oświetlenia w tunelu w porze nocnej powinny spełniać te same wymagania, co w dzień.

Jeśli tunel stanowi część nieoświetlonej drogi, to poziom średniej luminancji nie może być niższy niż $L_{sr} \geq 1 \text{ cd/m}^2$. Całkowita równomierność powinna być równa co najmniej $U_0 \geq 0,40$, a równomierność wzdłużna $U_L \geq 0,60$. Dodatkowo, należy oświetlić również strefę odjazdową od tunelu:

- jeśli poziom oświetlenia w tunelu w nocy jest wyższy niż 1 cd/m^2 ,
- jeśli warunki pogodowe na wjeździe i wyjeździe z tunelu mogą być różne.

Strefa odjazdowa odpowiada odcinkowi drogi, leżącemu bezpośrednio za portalem wyjazdowym. Należy ją oświetlić na długości odpowiadającej dwukrotnej odległości na zatrzymanie „SD”, ale nie dłuższej niż 200m, na poziomie nie niższym niż 1/3 poziomu luminancji wewnątrz tunelu.

Dopuszcza się wykorzystanie oświetlenia przejazdowego (strefy wewnętrznej) jako oświetlenia nocnego.

2.1.24.31.1 Oświetlenie ewakuacyjne

Wymagana jest minimum następująca lokalizacja rozmieszczenia opraw ewakuacyjnych:

- w pobliżu drzwi wyjściowych przeznaczonych do ewakuacji,
- w pobliżu schodów, tak aby każdy stopień otrzymał bezpośrednie oświetlenie,
- w pobliżu każdego miejsca zmiany poziomu podłoża,
- nad znakami oświetlanymi zewnątrz wskazującymi drogę ucieczki do wyjścia, kierunek ewakuacji i inne znaki bezpieczeństwa konieczne do oświetlenia podczas działania oświetlenia awaryjnego,
- przy każdej zmianie kierunku ewakuacji,
- przy skrzyżowaniu korytarzy,
- w pobliżu każdego końcowego wyjścia i na zewnątrz budynku do miejsca bezpiecznego,
- w pobliżu każdego punktu medycznego i apteczki, tak aby wartość pionowego natężenia oświetlenia 5 lx była na tym elemencie,
- w pobliżu każdego punktu instalacji sprzętu przeciwpożarowego i alarmowego, tak aby wartość pionowego natężenia oświetlenia 5 lx była na tym elemencie,
- w pobliżu sprzętu dla ewakuacji osób niepełnosprawnych,

- w pobliżu bezpiecznych miejsc dla osób niepełnosprawnych i punktów alarmowych.

Oświetlenie strefy otwartej (antypaniczne):

Oświetlenie strefy otwartej to część awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego stosowana w celu uniknięcia paniki oraz umożliwienia dotarcia do wyznaczonych dróg ewakuacyjnych.

Dopuszcza się zastosowanie oświetlenia strefy wewnętrznej oraz nocnego jako awaryjnego oświetlenia antypanicznego:

- instalację zasilania opraw awaryjnego oświetlenia antypanicznego należy wykonać w odporności ogniowej E90 – czyli całość stanowiąca zespół kablowy (koryta, mocowania, przegrody, kable i przewody) muszą spełniać wymogi przepisów o podtrzymaniu funkcji elektrycznych w czasie pożaru zgodnie z normą DIN 4102-12:1998-11,
- Zasilanie opraw awaryjnego oświetlenia antypanicznego należy doprowadzić z układu bezprzerwowego pozwalającego na ciągłą pracę co najmniej przez 1,5h.
- Należy zastosować środki ochrony przeciwporażeniowej, które nie powodują samoczynnego wyłączenia w przypadku pierwszego uszkodzenia (układ IT),
- Należy zastosować urządzenia do kontroli stanu izolacji kabli zasilających sygnalizujących dźwiękowo lub optycznie pierwsze uszkodzenie,
- Spełnione musi być podstawowe wymaganie, aby na powierzchni jezdni w strefie otwartej wartość natężenia oświetlenia poziomego powinna być nie mniejsze niż 0,5 lx na poziomie podłogi, na niezajętym polu czynnym strefy otwartej, z wyłączeniem z tej strefy obwodowego pasa o szerokości 0,5 m. Stosunek minimalnej do maksymalnej wartości natężenie oświetlenia nie powinien być mniejszy niż 1:40. Ośnienie przeszkadzające powinno być utrzymywane na niskim poziomie poprzez ograniczenie światłości opraw w obrębie pola widzenia widzenia (rys. 1. i rys.1.), a minimalna wartość wskaźnika oddawania barw Ra źródła światła powinna wynosić 40. Oświetlenie strefy otwartej powinno osiągnąć 50% wymaganej wartości natężenia oświetlenia w ciągu 5 s, oraz 100% wymaganej wartości natężenia oświetlenia w ciągu 60 s.
- Awaryjne oświetlenie antypaniczne należy również zastosować w tunelu ewakuacyjnym.

Oświetlenie dróg ewakuacyjnych:

- Awaryjne oświetlenie ewakuacyjne zapewnić musi natężenia oświetlenia o wartości minimum 1lx dla dróg ewakuacyjnych np. podczas pożaru. W przypadku dróg ewakuacyjnych o szerokości do 2 m, natężenie oświetlenia poziomego na podłodze wzdłuż środkowej linii drogi ewakuacyjnej powinno być nie mniejsze niż 1 lx. Centralny pas drogi, obejmujący nie mniej niż połowę szerokości drogi, powinien być oświetlony min 0,5 lx (średnie natężenie oświetlenia pasa drogi). Szersze drogi ewakuacyjne mogą być traktowane jako kilka dróg o szerokości 2 m lub mogą być wyposażone w oświetlenie, jak w strefach otwartych (antypaniczne). Stosunek minimalnej do maksymalnej wartości natężenie oświetlenia wzdłuż środkowej linii drogi ewakuacyjnej nie powinien być mniejszy niż 1:40.

Oliśnienie przeszkadzające powinno być utrzymywane na niskim poziomie poprzez ograniczenie światłości opraw awaryjnych w obrębie pola widzenia

- Należy zachować zasadę, że stosunek maksymalnego natężenia oświetlenia ewakuacyjnego w pracy bateryjnej Emax na drodze ewakuacyjnej do minimalnego natężenia tego oświetlenia Emin spełniał wymagania wzoru $E_{max}/E_{min} \leq 40$.
- Oświetlenie ewakuacyjne musi spełniać swoje funkcje przez co najmniej 60 min od momentu powstania zagrożenia dla uczestników tunelu przy zasilaniu z zasilacza napięcia bezprzerwowego UPS.
- instalację zasilania opraw ewakuacyjnego należy wykonać w odporności ogniowej E90 – czyli całość stanowiąca zespół kablowy (koryta, mocowania, przegrody, kable i przewody) muszą spełniać wymogi przepisów o podtrzymaniu funkcji elektrycznych w czasie pożaru zgodnie z normą DIN 4102-12:1998-11.
- Szafy zasilające – sterujące powinny być dostarczone z niezbędnymi badaniami dopuszczającymi przez CNBOP

Centrala Sterująco-Zasilająca w systemach ewakuacyjnych:

Na potrzeby realizacji funkcji sterowania oraz zasilania oświetlenia ewakuacyjnego, należy stosować dedykowane centrale sterująco-zasilające w systemach ewakuacyjnych. Sterowanie i monitorowanie opraw oświetleniowych, powinno być realizowane, za pomocą protokołu komunikacji cyfrowej, natomiast zasilanie opraw, powinno być realizowane poprzez separacyjny transformator bezpieczeństwa z sieci TNS na sieć IT. Dla zasilania central, należy do nich doprowadzić napięcie gwarantowane, lub centrale wyposażać w układy SZR.

Centrale Sterująco-Zasilające, powinny posiadać Krajową Ocenę Techniczną, Krajowy Certyfikat Stałości Właściwości Użytkowych (do KOT), oraz Świadectwo Dopuszczenia CNBOP na punkt 12.1 (Centrale Sterującej) Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 roku (Dz. U. nr 85. Poz. 553).

Zasilane mają być następujące obwody awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego:

- awaryjne oprawy ewakuacyjne z piktogramami (o wymiarach nie mniejszych niż 300x300 mm) zlokalizowane na ścianach tunelu w odległościach 25-metrowych wskazujące dystans do kolejnego przejścia ewakuacyjnego między komorami tunelu. Piktogram ma być podświetlany światłem ciągłym LED, oprawa pracująca w trybie „na jasno”. Natomiast w przypadku pożaru lub ewakuacji zostaną zapalone dodatkowe źródła LED umieszczone w dolnej części oprawy. Zasilanie do opraw należy doprowadzić „od dołu” na wysokość nie większą niż 1,5m, Oprawy powyższe należy zabudować wzdłuż chodnika ewakuacyjnego zlokalizowanego na ścianie wewnętrznej tuneli. Dla opraw zlokalizowanych po zewnętrznej stronie tuneli można zrezygnować z dodatkowego źródła umieszczonego w dolnej części oprawy,
- awaryjne oprawy ewakuacyjne z piktogramami zlokalizowane po obu stronach tunelu w miejscu przejść ewakuacyjnych na wysokości ok 2,7 m, wskazujące przejście do drugiej komory tunelu. Piktogram ma być podświetlany światłem ciągłym i pracować w trybie „na jasno”. W przypadku ewakuacji załączane mają zostać dodatkowe źródła światła zlokalizowane pod oprawą, aby zwrócić uwagę osób opuszczających tunel i ułatwić orientację na drodze ewakuacji,

- awaryjne oprawy ewakuacyjne z piktogramami zlokalizowane przy punktach alarmowo-sygnalizacyjnych i przejściach ewakuacyjnych, wskazujące miejsce telefonu alarmowego. Piktogram ma być podświetlany światłem ciągłym, a oprawa pracować w trybie „na jasno”. W przypadku ewakuacji zapalane ma być dodatkowe źródło światła zlokalizowane pod oprawą, umieszczone w tym miejscu aby wskazać osobom ewakuującym się miejsce wzywania pomocy. Zasilanie do opraw należy prowadzić w przepustach kablowych pod chodnikiem, a następnie w ścianie tunelu. W przypadku gdy oprawa znajduje się na wysokości niszy elektrotechnicznej, zasilanie do oprawy należy zrealizować bezpośrednio z szafy górnymi przepustami.

Powyższe awaryjne oświetlenie ewakuacyjne należy również zastosować w tunelu ewakuacyjnym. Zastosowane oprawy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego muszą posiadać niezbędne świadectwa dopuszczenia oraz certyfikaty CNBOP

Oprawy wspomagające oświetlenie ewakuacyjne, podświetlające obrys drzwi ewakuacyjnych do drugiej nawy tunelu:

Naokoło każdych drzwi prowadzących do przejścia pomiędzy komorami tunelu, należy umieścić modułowe oprawy wykonane w technologii LED, które oświetlać będą obrys drzwi i widoczne będą z przestrzeni jezdnej tunelu. Oprawy będą świecić światłem ciągłym.

Obudowa oprawy (obrys drzwi) musi być wykonana ze stali nierdzewnej (nie malowanej) - gatunek 1.4571 (ANSI 316Ti). Stopień ochrony obudowy musi wynosić co najmniej IP65. Modułowe oprawy LED należy umieścić naokoło drzwi do przejścia między komorami. Konstrukcja oprawy musi zapewniać, że oświetlenie to będzie widoczne z przestrzeni jezdnej w tunelu.

Oświetlenie orientacyjne:

- Oświetlenie orientacyjne należy wykonać w postaci obustronnie świecących światłem białym, modułów LED, zasilanych z zasilacza (sterownika),
- Moduły oświetleniowe LED należy zamontować w chodnikach zarówno po prawej i lewej stronie dla każdej jezdni. Odstęp pomiędzy modułami oświetleniowymi LED nie może być większy niż 25m. Pojedyncze odstępy kombinacji lamp ewakuacyjnych i modułów orientacyjnych LED wynosić powinny 12,5 m.,
- Ze względu na możliwość różnych trybów pracy tunelu zarówno przednia i tylna strona modułów LED załączana ma być niezależnie.
- Wszystkie znaki i napisy powinny być oświetlone w celu zapewnienia ich widoczności i czytelności poprzez oświetlenie zewnętrzne lub wewnętrzne. Luminancja każdej części barwnej znaku bezpieczeństwa powinna wynosić co najmniej 2 cd/m². Stosunek maksymalnej do minimalnej luminancji w obrębie barwy białej lub barwy bezpieczeństwa nie powinien być większy niż 10:1. Należy unikać występowania dużych różnic luminancji w punktach sąsiadujących. Minimalny czas oświetlania znaków bezpieczeństwa powinien wynosić 1,5 h. Znaki bezpieczeństwa powinny być oświetlone w czasie 5 s do co najmniej 50% wymaganej luminancji, a w czasie 60 s do 100% wymaganej luminancji. Maksymalna odległość widzenia znaku określa się z zależności: $I = z \cdot x \cdot h$
gdzie:

I – odległość widzenia,
h – wysokość znaku,

z – współczynnik odległości (z to stała: 100 dla znaków oświetlonych zewnątrz; 200 dla znaków oświetlonych wewnątrz).

Oświetlenie nisz i kanałów technologicznych:

- Nisze hydrantowe, nisze alarmowo-sygnalizacyjne oraz wnęki ze sprzętem przeciwpożarowym, muszą posiadać oświetlenie w celu zapewnienia ich lepszej lokalizacji podczas pożaru (np. dużego zadymienia w tunelu),
- Oświetlenie zastosowane w kanałach technologicznych ma zapewnić minimalny wymagany komfort pracy w przypadku montażu, konserwacji lub przeprowadzania badań i pomiarów,
- Sterownik oświetlenia orientacyjnego powinien umożliwiać transmisję danych do sterownika nadrzędnego tunelu. Powinien również zmianę trybu pracy z polecenia systemu nadrzędnego tunelu.
- Eksploatacyjne natężenia oświetlenia na płaszczyźnie odniesienia powinno być takie, jak wymagane jest do oświetlenia ewakuacyjnego dla stref wysokiego ryzyka

W przejściach między komorami tunelu, niezbędne oświetlenie ma zapewnić bezpieczną ewakuację ludzi w którejkolwiek z komór.

W pomieszczeniach technicznych, ze sprzętem zasilającym sterującym warunki oświetleniowe, muszą być zgodne z obowiązującymi polskimi przepisami i normami.

W pozostałym zakresie należy zastosować rozwiązania spełniające minimum wymagania określone w:

PN-EN 1838:2013-11 Zastosowania oświetlenia -- Oświetlenie awaryjne

PN-EN 50172:2005 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego

PN-HD 60364-5-56:2019-01 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Instalacje bezpieczeństwa

2.1.24.32. System sterowania tunelem, Centrum Zarządzania Tunelem CZT.

Należy zaprojektować oraz wykonać system pozwalający na sterowanie i nadzorowanie pracy oraz stanów wszystkich urządzeń i systemów zainstalowanych w tunelu.

- Podstawowymi elementami wchodzącymi w skład systemu mają być m. in. redundantne sterowniki do zarządzania. Stanowiąc mają jądro systemu. Do redundantnych sterowników podłączone muszą być moduły rozproszone, urządzenia oraz stacje operatorskie systemu wizualizacji.
- Należy zastosować układ co najmniej 4 fizycznych serwerów współpracujących ze sobą tak by oprogramowanie było zainstalowane na co najmniej 2 z nich w sposób równomierny pomiędzy nimi.
- Sterowniki należy rozmieścić w każdym z budynków technicznych.
- W przypadku zalania lub innej awarii powodującej uszkodzenie sterownika lub serwera w którymś z pomieszczeń technicznych, drugi sterownik lub serwer musi przejąć funkcję uszkodzonego. Urządzenia sterujące systemem w postaci serwera komunikacyjnego z budynkami technicznymi, stacjami klienckimi oraz ścianą wizyjnej należy wykonać w Centrum Zarządzania Tunelem.

- Zarządzanie procesem eksploatacji tuneli realizowany musi być przez stacje obsługi w Centrum Zarządzania Tunelem. Ponadto należy zainstalować stacje operatorskie w R-CZT, by w przypadku awarii lub zdarzeń losowych w głównym CZT można było kontynuować nadzór i eksploatację tuneli. System posiadać musi otwartą budowę i umożliwiać komunikację z innymi systemami.
- Wszystkie protokoły komunikacyjne muszą być otwarte, a ich specyfikacja udostępniona Zamawiającemu.
- Dopuszcza się możliwość zlokalizowania serwerów dla danych tuneli w serwerowni w budynku CZT z zachowaniem wymagań określonych w niniejszym PFU.
- Stanowisko obsługi tuneli znajdować się ma w Centrum Zarządzania Tunelem ponadto należy wykonać stanowisko rezerwowe dla min. 2 operatorów w R-CZT.
- Ponadto w razie potrzeby obsługa techniczna powinna mieć możliwość nadzorowania pracy tunelu za pomocą stanowiska PC przenośnego.
- W wyniku działania systemu obsługa techniczna ma posiadać bieżące dane o stanie pracy urządzeń i ruchu pojazdów w tunelach a w przypadku awarii natychmiastową informację o uszkodzonym elemencie.
- Archiwizacja danych pomiarowych umożliwiać ma analizę działania systemów i optymalizację ich pracy. System raportowania i wydruków zapewniać ma dokumentowanie zaistniałych sytuacji.
- System monitorowania pozwalać ma na ciągły nadzór nad pracą urządzeń.
- W każdym z tuneli należy zabudować dwie niezależne pętle światłowodu do transmisji danych z układów sterujących umieszczonych w niszach sygnalizacyjnych i sterowni.
- Dla sieci Ethernet należy zastosować synchronizację czasu np. poprzez serwer czasu NTP.

Wielostanowiskowy system wizualizacji, musi gwarantować konieczność bezawaryjnej pracy w oparciu o zachowanie pełnych zasad redundancji. Wbudowana redundancja musi zagwarantować nieprzerwany ruch bez negatywnych skutków w przypadku awarii i związanej z tym utraty danych.

- Redundancję w tunelu należy zrealizować w oparciu o duplikację sprzętu i oprogramowania.
- Oprócz redundantnych serwerów należy zainstalować w pomieszczeniach technicznych sterowniki programowalne w wersji redundantnej na poziomie procesora, zasilaczy oraz modułów komunikacyjnych.

Wykonanie docelowego oprogramowania sterowników powinno być poprzedzone opracowaniem algorytmów sterowania dla poszczególnych urządzeń.

System automatyki pracujący w tunelu należy zrealizować w oparciu o produkty o najwyższej jakości, mające następujące własności:

- rozwiązanie modułowe, nie wymagające wentylacji, o mocnej zwartej konstrukcji,
- możliwość elastycznej rozbudowy,
- redundancja na wszystkich poziomach sterowania procesem,
- rozległe możliwości komunikacji,
- integralne diagnostyczne funkcje systemu,
- proste połączenie centralnych lub rozproszonych wejść/wyjść.

W normalnych okolicznościach system automatyki pracować ma w trybie automatycznym. Sterowniki mają automatycznie przetwarzać i wykonywać algorytmy sterowania.

W trybie automatycznym należy pozostawić możliwość przełączenia poszczególnych urządzeń wykonawczych (silników, zasuw itd.) albo całych obszarów na tryb manualny. Urządzenia muszą mieć możliwość włączania poprzez system wizualizacji. W systemie należy przewidzieć możliwość blokady załączania lub wyłączania w trybie ręcznym urządzeń, gdy niespełnione są pozwolenia na wykonanie takiej operacji.

Do sterowników programowalnych należy podpiąć moduły rozproszone do których będą podłączone sygnały z czujników:

- CO,
- NO,
- pomiary widoczności
- prędkości i kierunku powietrza
- pomiar luminancji
- innych wartości analogowych.

System przy pomiarach wartości zmętnienia dla każdego z urządzeń pomiarowych oddzielnie dla danej nawy wykonywać ma analizę wartości średniej w zadanych interwałach czasowych. Z minimum sześciu wartości pomiaru wybiera się najwyższą wartość dla danej nawy, jako wejściową wartość sterowania.

Dodatkowo kontroli podlegają wartości pomiarów zmętnienia z czasowym wyrównaniem w czasie 10 sekund poprzez sterowanie wentylacją pod kątem przekroczenia konfigurowanej wartości absolutnej.

Przy przekroczeniu wywoływany ma być wysoce priorytetowy alarm dla systemu zarządzania, który sygnalizuje ewentualny pożar tłący.

System sterowania ma wykonywać algorytmy pracy wentylacji dla:

- wentylacji bytowej,
- wentylacji planowej,
- wentylacji czasowej „trybu remont”.

Dla realizacji algorytmów sterowania wentylacją pożarową należy zastosować dedykowane centrale zasilająco-sterujące dla wentylatorów pożarowych współpracujące z układami pomiaru prędkości powietrza w tunelu, oraz posiadające odpowiednie świadectwa dopuszczenia oraz certyfikaty CNBOP. Sterowniki zastosowane w centralach muszą być dostarczone w wersji redundantnej co najmniej na poziomie CPU.

W budynkach technicznych znajdować się mają rozdzielnice niskiego napięcia nN oraz średniego napięcia SN. Każda z rozdzielnic musi zostać objęta nadzorem przez system sterowania.

- System musi nadzorować użycie gaśnic.
- System musi rejestrować alarmy, w przypadku wyjęcia gaśnic z nisz.
- Sygnały z gaśnic muszą być podpięte do modułów rozproszonych.
- Każde z drzwi znajdujące się w tunelach powinny zostać objęte nadzorem systemu sterowania.

W wyniku działania systemu obsługa techniczna ma posiadać dane o stanie pracy urządzeń i ruchu pojazdów w tunelu a w przypadku awarii natychmiastową informację o uszkodzonym elemencie. Archiwizacja danych pomiarowych umożliwić ma analizę działania systemów i optymalizację ich pracy. System raportowania i wydruków zapewniać

ma dokumentowanie zaistniałych sytuacji. System monitorowania pozwalać ma na ciągły nadzór nad pracą urządzeń i szybką reakcję obsługi w przypadku uszkodzeń oraz zapewniać podniesienie bezpieczeństwa osób przejeżdżających przez tunel.

System wizualizacji będący częścią oprogramowania głównego, w którym zawarty jest również system automatyki ma być przeznaczony do wizualizacji, archiwizowania i sterowania procesami zachodzącymi w tunelu. System ten powinien być częścią całkowicie zintegrowanej automatyki i stanowić narzędzie do pełnej integracji sterowników obiektowych.

Dane procesowe i archiwalne należy składować w jednej relacyjnej bazie danych odczytywanej przez interfejs.

System wizualizacji (SCADA) składać się ma nie tylko z wizualizacji poszczególnych obszarów, ale spełniać ma również m.in. funkcje podane w poniższych zakresach:

- Wizualizacja topologii tunelu i monitorowanych dróg dojazdowych, widok „z lotu ptaka”, z uwzględnieniem każdego poziomu (maski wizualizacji).
- Monitoring stanów wszystkich urządzeń podpiętych do systemu sterowania.
- Sterowanie wybranymi przez operatora urządzeniami (sterowanie ręczne) lub sterowanie grupami urządzeń (uruchamianie zdefiniowanych planów ruchu drogowego).
- System alarmów – sygnalizacja o awariach, zdarzeniach nietypowych. Zapis wszystkich alarmów do bazy danych historycznych.
- Odczyt pomiarów i wyświetlanie historycznych danych pomiarowych w formie wykresów.
- Generowanie raportów (szczegóły dot. raportów zostaną ustalone z inwestorem na etapie realizacji inwestycji).
- Diagnostyka systemu zasilania.
- Diagnostyka urządzeń wchodzących w skład systemu (serwery, sterowniki PLC, przełączniki Ethernet).
- Diagnostyka komunikacji (sieć Ethernetu, transmisja szeregową (RS485)).
- Maski znaków drogowych i sygnalizatorów w tunelu.
- Maski znaków drogowych i sygnalizatorów poza tunelem (wschód i zachód osobno).
- Maski oświetlenia w tunelu.
- Maski oświetlenia ewakuacyjnego w tunelu.
- Maski systemu pożarowego.
- Maski systemu nagłośnienia.
- Maski systemu monitoringu.
- Maski systemu wentylacji.
- Maski zasilania.
- Maski diagnostyki urządzeń.

W przypadku zastosowania głównego systemu SCADA, który nie posiada odpowiednich dokumentów dopuszczających do stosowania jako SIUP (Systemy Integracji Urządzeń Pożarowych), wówczas oprócz głównego systemu SCADA należy zainstalować oprogramowanie wizualizacyjno-sterujące urządzeniami pożarowymi (centrale wentylacji pożarowej, oświetlenia ewakuacyjnego, systemem nagłośnienia etc.)

Wizualizacja systemu SCADA , oprócz prezentacji na monitorach stacji operatorskich, musi być możliwa dodatkowo na ścianie wizyjnej. Należy zastosować profesjonalny system ściany wizyjnej tylnoprojekcyjnej w technologii DLP w oparciu o diody laserowe lub LED. Należy zastosować układ modułów 4x3 o minimalnej przekątnej modułu 50". Dodatkowe minimalne wymagania dla modułów

- żywotność diod 100 000 godzin
- rozdzielczość pojedynczego modułu 1600x1200 pikseli
- zapewniona redundancja zasilania

Wymagania dla systemu sterowania ścianą wizyjną

- System obsługuje ścianę graficzną, jakby była ona jego wirtualnym monitorem.
- działać jako zarządzany mikser sygnałów z urządzeń zewnętrznych: terminali komputerowych (VGA, DVI, HDMI), video (HDMI) lub strumieni IP (dekodowanie programowe), które są podłączone bezpośrednio do niego. Każde ze źródeł można wyświetlić w dowolnym miejscu ścian graficznych lub monitora i przeskalowywać je bez ograniczeń.
- wyświetlenie nieograniczonej liczby okien aplikacji uruchomionych na komputerze sterującym,
- praca w systemie Windows 10 lub nowszym,
- 4 wejścia HDMI,
- obsługiwać co najmniej 144 strumienie IP dekodowane lokalnie H.264 HD@30Hz,

Należy zaprojektować system rezerwowy wizualizacji SCADA i zarządzania wszystkimi systemami dla rezerwowego Centrum Zarządzania Tunelem, zlokalizowanego w budynku technicznym, przy tunelu.

Rezerwowy system może być oparty na bazie komputerów przenośnych (laptopów, notebooków), jednak musi być uzupełniony przez Wykonawcę o pełnowymiarowy system wizualizacji składający się z monitorów w technologii IPS w układzie 4x3 o minimalnej przekątnej modułu 46".

W trakcie sytuacji awaryjnych, gdy rezerwowe Centrum Zarządzania Tunelami przejmie funkcje podstawowego Centrum Zarządzania Tunelami, musi być zachowana pełna rejestracja i backup danych.

CZT i CZR może być zrealizowane w jednym budynku w obszarze projektowanego obwodu, jako odrębne kondygnacje tego budynku. Dopuszcza się modyfikację powierzchni wykazanych poniżej pomieszczeń dla CZT oraz dla CZR , w uzgodnieniu z Zamawiającym w przedziale +/- 20 % , przy czym łączna całkowita powierzchnia każdej z kondygnacji może zostać zmodyfikowana w zakresie +/- 5%.

Rodzaj i wielkość wymaganych pomieszczeń CZT.

Budynek CZT/CZR -parter CZT	
Pomieszczenie	powierzchnia [m²]
Sala operacyjna – stały pobyt 4 osób.	100
pom. Techniczne	5
Pomieszczenie serwisanta	11
Pomieszczenie serwisanta	11
Pomieszczenie socjalne + aneks kuchenny	15

Pomieszczenie UPS CZT	8
Pomieszczenie Biblioteki Taśm i Urządzeń Backupu CZT	15
Serwerownia CZT	20
WC/prysznic	8
WC męski/damski	4
Pomieszczenie kierownika	11
Komunikacja	20
Klatka schodowa	8
Agregat	13
Szatnia	8
Sala konferencyjna	45
Magazyn	15
Rozdzielnia	20
Pomieszczenie do regeneracji dla pracowników sali operacyjnej	20

2.1.24.33. System wykrywania i sygnalizacji pożarowej.

System wykrywania i sygnalizacji pożaru wykonać w oparciu o adresowalny, zdecentralizowany system (centrale z możliwością pracy w sieci) , który obejmuje swym dozorem również pomieszczenia w budynkach technicznych i część drogową tuneli w zakresie nisz techniczno-sygnalizacyjnych.

- W obszarze bezpośredniej przestrzeni jazdy jak i techniczno-ewakuacyjnym zabudować system liniowej detekcji pożaru. Centrala sygnalizacji alarmu pożaru, zbudowana w technice mikroprocesorowej, z redundancją procesora i zasilacza, wyposażona w panel operatora oraz drukarkę zdarzeń, odbierać i przetwarzać ma informacje pochodzące od detektorów pożaru zainstalowanych w nadzorowanych pomieszczeniach.
- Centralka systemu SAP oraz liniowa czujka ciepła wyposażona powinna być w systemowy zasilacz i wbudowaną baterię akumulatorów bezobsługowych zapewniającą 72 godziny pracy w stanie dozoru (min. 30 minut alarmowania) przy zaniku podstawowego napięcia zasilającego.
- Źródłem zasilania awaryjnego powinny być akumulatory hermetyczne.
- Centralę należy wyposażyć w moduł transmisyjny alarmów do systemu monitoringu pożarowego i możliwość rozbudowy o kolejne pętle dozoru. Centrale SAP należy przewidzieć dla każdego obiektu tunelowego osobno i należy zlokalizować w wydzielonych pożarowo pomieszczeniach w wyznaczonych budynkach technicznych (Slave) oraz centralę Master w pomieszczeniu dyspozytorskim OUD.
- Zaprojektowany system liniowej czujki ciepła ma obejmować swym dozorem tunele drogowe spełniając podstawową zasadę, iż każda z komór (tuba tunelu) musi zabezpieczać pracę urządzeniami z obu końców pojedynczego nawy tunelu tzw. pracę redundantną, przy czym redundancja musi być sprzętowa. Zaprojektowany system liniowy winien zapewniać dokładny pomiar temperatury zarówno przy jej wzroście (wykrycie pożaru) jak i jej spadku (wykrycie potencjalnego oblodzenia) przesyłając wszelkie informacje do Centrum Zarządzania Tunelem.

- Zaprojektowany system liniowej czujki ciepła ma obejmować swym dozorem również tunele ewakuacyjne wraz z częścią techniczno-serwisową
- Wyłączenie lub uszkodzenie jednej jednostki ma być przejęte przez drugą bliźniaczą jednostkę w ramach ochrony danej nawy.
- Urządzenia mają realizować komunikację w ramach redundancji przez specjalnie wydzielone połączenie światłowodowe w ramach systemu komunikacji tunelu np. dedykowany ring światłowodowy. Muszą też zapewniać możliwość włączenia do wizualizacji z możliwością odczytu temperatur wewnątrz tunelu z wykorzystaniem połączenia Ethernetowego.
- Ze względu na znaczną długość tunelu stany alarmu pożarowego i sygnały ewakuacyjne powinny być sygnalizowane dodatkowo poprzez optyczne, ściennie sygnalizatory pożarowe rozmieszczone na obu ścianach tunelu na wysokości dostrzegalnej przez kierowców w samochodach.

Dla ochrony obiektu (komory tunelu) należy zaprojektować i wykonać minimum 2 niezależne układy liniowych czujek ciepła (dla każdej z komór) w klasie A1N zgodnie z PN EN 54-22 z uwzględnieniem zasięgów detekcji czujki i ograniczeń maksymalnej powierzchni dozoru zgodnie z aktualną wersją PKN-CEN/TS54-14. Centrala sygnalizacji pożarowej powinna lokalizować miejsca alarmu pożarowego z liniowej czujki ciepła w postaci komunikowania alarmu strefy dozoru z dokładnością nie mniejszą niż 25 m długości tunelu dla tunelu do 1000m oraz nie mniejszą niż 50m dla tuneli powyżej 1000 m. Z poziomu centrali sygnalizacji pożarowej powinna być możliwość indywidualnego blokowania i testowania poszczególnych stref dozoru liniowej czujki ciepła. W celu nadzorowania rozwoju pożaru i oceny wartości temperatury pożaru w tunelu przez jednostki ratowniczo gaśnicze PSP – liniowa czujka ciepła powinna umożliwiać działanie w trakcie alarmu pożarowego z zachowaniem klasy min. PH90 dla kabla sensorycznego.

Kabel detekcyjny musi zostać umieszczony w tunelach w optymalny sposób, aby zapewnić wykrycie pożaru zgodnie z promieniem działania dla liniowej czujki ciepła.

Do automatycznego wykrywania pożaru w budynkach, niszach etc. służyć mają optyczne czujki dymu. Rodzaj czujek należy dobrać w zależności od spodziewanego sposobu rozwoju pożaru i możliwych zjawisk powodujących alarmy symulacyjne.

Do ręcznego wywoływania alarmu pożarowego służyć mają ręczne ostrzegacze pożaru umieszczone w szczególności obok nisz techniczno-sygnalizacyjnych, przejść poprzecznych, na portalach, w budynkach technicznych oraz obok dyspozytora w OUD odporne na bezpośrednie oddziaływanie strumienia wody poprzez stopień ochrony IP65 oraz elementy mechaniczne zabezpieczające przed przypadkowym wyzwoleniem alarmu.

Linie dozoru pracować mają w systemie pętlowym tzn. w stanach awaryjnych mogą być zasilane niezależnie z obu końców.

Za stan awaryjny uważa się wystąpienie zwarcia lub przerwę w okablowaniu. Izolatory zwarcę, zawarte w elementach liniowych pozwalają na wyłączenie z nadzorowania tylko tych odcinków linii, w których wystąpiło zwanie.

System sygnalizacji alarmu pożarowego musi realizować następujące funkcje:

- Podawać sygnały sterujące do sterowania automatyką tunelu,
- Podawać sygnały sterujące do strefowego sterowania nagłośnieniem ewakuacyjnym,

- inicjować sterowanie wentylacją pożarową (realizację sterowania wentylatorami wykonuje dedykowanej szafy zasilająco-sterującej posiadającej odpowiednie dokumenty dopuszczające do stosowania)
- sterować wyłącznikiem prądu
- bezpośrednio monitorować urządzenia zabezpieczenia przeciwpożarowego.

Centrala pożarowa przekazywać ma sygnały pożarowe (alarm pożarowy II stopnia) do najbliższej jednostki Państwowej Straży Pożarnej oraz bezpośrednio do Komendy Państwowej Straży Pożarnej według zatwierdzonego Planu Działań Ratowniczych.

Wybór rodzaju systemu transmisji alarmów powinien zależeć od wymaganego poziomu niezawodności oraz od ilości informacji, które powinny być przesłane z Centrali sygnalizacji pożarowej do alarmowego centrum odbiorczego PSP.

Wysoką niezawodność transmisji uzyskać należy poprzez zastosowanie dwóch dróg transmisji - radiowej i telefonicznej, które gwarantują małe czasy opóźnienia w przesyłaniu alarmów.

Na potrzeby realizacji funkcji sterowania oraz zasilania systemem wentylacji pożarowej, należy stosować dedykowane centrale sterująco-zasilające w systemach kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, współpracujące z układami pomiarowymi prędkości przepływu powietrza, jako elementem wchodzącym w skład centrali. Moduły kontrolno-sterujące, zastosowane w centralach, muszą pracować w funkcji redundantnej co najmniej na poziomie głównego modułu zarządzającego (CPU).

Centrale Sterująco-Zasilające, powinny posiadać Krajową Ocenę Techniczną, Krajowy Certyfikat Stałości Właściwości Użytkowych (do KOT), Certyfikat Stałości Właściwości Użytkowych do normy PN-EN 12101-10 (dla funkcji zasilającej), Świadectwo Dopuszczenia CNBOP na punkt 12.1 (Centrale Sterującej) oraz na punkt 12.2 (Zasilacze Urządzeń Pożarowych) Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 roku (Dz. U. nr 85. Poz. 553).

2.1.24.34. System sterowania ruchem.

System sterowania ruchem jest składową nadrzędnego Systemu Sterowania Tunelami CZT i R-CZT. Podstawowe funkcje jakie ma spełnić wymagany System Sterowania Ruchem to:

- wykonany i zainstalowany w dyspozytorni głównej system monitorowania, kontroli i reagowania na warunki ruchu w tunelach i drogach dojazdowych, oparty o system wideo detekcji pokrywający swoim działaniem całą długość tunelu, odcinki wjazdowe i wyjazdowe oraz wyposażony dodatkowo w zestaw pętli indukcyjnych wbudowanych w każdy pas ruchu w kluczowych punktach;
- wykonany tak, aby zapewnić możliwość wykrywania i reagowania, m. in. na:
 - zatrzymane pojazdy bądź poruszające się „pod prąd”, tj. przeciwnie do kierunku jazdy pojazdów;
 - na pożar lub zadymienie ewentualnie mgłę w tunelu;
 - wykonany tak, aby była możliwość automatycznego przekierowania ruchu z dojazdu do tunelu na zewnętrzny układ drogowy;
 - wykonany i zaprojektowany tak, aby ściśle współpracował i był częścią całego systemu zarządzania i nadzorowania pracą tunelu oraz realizował algorytmy przesyłane z nadrzędnego Systemu Sterowania Tunelem;

- przystosowanie do przesyłu wszystkich informacji zebranych w tunelu za pomocą światłowodowej sieci Ethernetowej na stanowisko operatora nadzorującego pracę urządzeń sterowania tunelem.

Funkcjonalność systemu ma zostać zapewniona poprzez:

- kontrolę i sterowanie ruchem drogowym;
- pomiar parametrów charakteryzujących ruch (natężenie, prędkość, gęstość, zajętość pasów ruchu) na poszczególnych pasach ruchu w tunelu w obu kierunkach;
- możliwość określenia liczby pojazdów pozostających w tunelu w przypadku zamknięcia i przekazanie tej informacji do dyspozytorni lub innej wskazanej jednostki;
- całodobowe, zdalne monitorowanie i kontrolę ruchu przez operatora systemu;
- możliwość uruchamiania odpowiednich algorytmów sterowania modułami wykonawczymi przez pracownika SZT w zależności od sytuacji ruchowych oraz innych (np. przekroczenie dopuszczalnych stężeń CO_x, pojawieniem się pieszego w tunelu, otwarciu drzwi niszy ratunkowej lub przejścia ewakuacyjnego, zmętnienia powietrza itp.);
- zdalne monitorowanie i kontrolę ruchu w SZT np. przez służby serwisowe lub służby ratownictwa przebywające w SZT podczas akcji ratunkowej;
- wycofanie lub działanie w sytuacji zagrożenia personelu tymczasowo przebywającego w pomieszczeniu kontrolnym tunelu w budynku SZT oraz służb serwisowych pracujących w tunelu;
- powiadamianie o stanie ruchu i wywołanych alarmach Zarządcę Ruchu oraz w wypadkach koniecznych Służby Ratunkowe (Straż, Pogotowie, Policję);
- przekazywanie lub umożliwienie podglądu obrazu z kamer wchodzącym w system video detekcji nie tylko przez pracowników nadzorujących ruch z pomieszczenia SZT ale również po uzgodnieniach międzybranżowych do wskazanych służb Ratunkowych (Straży, Pogotowia), Policji.

Elementy kluczowe systemu sterowania ruchem które należy uwzględnić i wykonać to:

- stacje drogowe zabudowane przed każdym z portali tuneli zawierające jednostki komunikacyjno-sterujące;
- sterownik sygnalizacji świetlnej zamykającej wjazd do tuneli i spełniający warunki określone w szczegółowych warunkach technicznych dla sygnałów drogowych i warunki umieszczania ich na drogach – Zał. do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach z dnia 3 lipca 2003 r. (Dz.U. Nr 220, poz. 2181), tj. z dnia 9 września 2019 r. (Dz.U. z 2019 r. poz. 2311).
- sygnalizatory sygnalizacji świetlnej i zapory drogowe współpracujące ze sterownikiem sygnalizacji świetlnej rozmieszczone na portalach oraz w tunelu nie rzadziej niż 1000 m;
- pętle indukcyjne zabudowane na wlotach i wylotach tuneli oraz przy każdym sygnalizatorze świetlnym dzielącym tunel na sekcje. Na wlotach i wylotach tunelu pętle indukcyjne będą obsługiwane przez specjalne detektory umożliwiające kategoryzację pojazdów 8+1. Detektory te będą podpięte do modułów rozproszonych systemu;
- system Identyfikacji pojazdów oparty na kamerach ANPRu mieszczące na portalach wlotowych i wylotowych tunelu. Kamery ANPR na wlocie do tuneli powinny również umożliwiać rozpoznanie pojazdów przewożących materiały niebezpieczne wg

klasyfikacji ADR oraz przesłanie informacji o wykryciu pojazdu do Systemu Zarządzania Ruchem, Kamera ANPR musi posiadać podświetlenie o dużej mocy w zakresie promieniowania podczerwonego oraz być zintegrowana z komputerem służącym do odczytu tablic rejestracyjnych przy prędkości w zakresie 0-200km/h.

- znaki zmiennej treści w postaci sygnalizatorów z sygnałami dla pasów ruchu S4/7 umożliwiające ruch dwukierunkowy w jednej nawie rozmieszczone co 250m w tunelu. W tunelu drogowym znaki powinny zostać wykonane ze stali 1.4571
- znaki zmiennej treści pozwalające wyświetlać zmienne oznakowanie B-33, B-25, B26 rozmieszczone na obszarze tunelu co 500m W tunelu drogowym znaki powinny zostać wykonane ze stali 1.4571;
- znaki zmiennej treści S4/7, Bxxx, Axx zabudowane w bezpośrednim sąsiedztwie tunelu służące tylko do sterowania ruchem w tunelu (po co najmniej jednym komplecie na wlocie i wylocie tunelu) W tunelu drogowym znaki powinny zostać wykonane ze stali 1.4404;
- tablice zmiennej treści jako tablice swobodnie programowalne zabudowane w bezpośrednim sąsiedztwie tunelu służące tylko do sterowania ruchem w tunelu (po jednym komplecie na wlocie i wylocie tunelu);
- znaki zmiennej treści wykonane jako tablice swobodnie programowalne zabudowane zgodnie z Koncepcją Systemu Zarządzania Ruchem.

Należy zastosować znaki (dotyczy wszystkich typów) o następujących parametrach fotometrycznych:

- barwa, klasa: C2;
- luminacja dla znaków poza tunelem, klasa: L3(*);
- luminacja dla znaków zastosowanych w tunelu, klasa: L3(T);
- współczynnik luminacji, klasa: R3;
- kąt dystrybucji wiązki świetlnej: szerokość wiązki nie może być węższa niż klasy B4

Należy zastosować znaki o następujących parametrach wg normy PN-EN 12966-1:2005+A1:2009:

- zakres temperaturowy pracy dla znaków VMS klasy: T2 i T3;
- stopień ochrony IP zapewniony przez obudowę klas: poza tunelem minimum P2, w tunelu P3;
- obudowa znaków zgodnie z PN-EN 60529:2003, powinna spełniać stopień ochrony min. IP54, natomiast osłona przednia matrycy min. IP65.

2.1.24.35. System wentylacji wraz z instalacją pomiarową.

Należy zaprojektować i wykonać w tunelu poniższy system wentylacji wraz z instalacją pomiarową.

a) Wymagania ogólne:

W tunelu należy zaprojektować i wykonać **system wentylacji mechanicznej** zgodny z Rozporządzeniem Ministra infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022r. r. „w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych” (Dz.U. 2022 poz. 1518), PFU, WWiORB-ami oraz obowiązującymi przepisami.

Należy wykonać prawidłową wentylację, która będzie stanowić podstawę bezpiecznej eksploatacji tunelu oraz zapewniać w szczególności:

- Wymianę powietrza w stopniu powodującym obniżenie szkodliwych koncentracji zanieczyszczeń gazowych, pyłowych oraz dymów w powietrzu do poziomu dopuszczonego przez odpowiednie przepisy lub inne wymagania (np. medyczne).
- Dobrą widoczność.
- Korzystne warunki klimatyczne między innymi poprzez regulację prędkości i temperatury powietrza.
- Możliwość sprawnej ewakuacji użytkowników w przypadkach wystąpienia pożaru.
- Sprawne prowadzenie działań ratowniczo – gaśniczych.

Wentylację należy projektować ze szczególnym uwzględnieniem przyjętej i obowiązującej w tunelu: mocy pożaru wynoszącej 100MW, ilości dymu i gazów pożarowych minimum 200 m³/s, kategorii ADR „A”.

Wentylację bytową należy projektować z uwzględnieniem wszystkich stanów użytkowania: płynny ruch pojazdów w tunelu, spowolniony ruch pojazdów w tunelu, zator w tunelu.

Wentylacja tunelu drogowego musi być ustalona na podstawie wartości progowych stężeń tlenku węgla (CO) i ditlenku azotu (NO₂) w powietrzu w tunelu oraz widoczności określonych w Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735 z późn. zm.).

Należy przeanalizować i uwzględnić w projekcie, obliczeniach metodami numerycznymi i symulacjach możliwość skutecznej pracy przyjętego systemu wentylacyjnego i utrzymania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa w tunelu, przy ruchu dwukierunkowym, w sytuacji okresowego zamknięcia jednej z naw tunelu, z uwzględnieniem możliwości jego wprowadzenia w zależności od okoliczności w każdej z naw. Możliwość wprowadzenia tymczasowego ruchu dwukierunkowego w jednej nawie tunelu, należy poprzedzić przeprowadzeniem analizy ryzyka i oceny zagrożeń, symulacjami komputerowymi (analizami numerycznymi) potwierdzającymi skuteczność systemu wentylacji przy takim ruchu, uzgodnieniem procedur postępowania, strategii bezpiecznej ewakuacji, scenariuszy pożarowych i ograniczeń oraz uzgodnieniem projektu czasowej organizacji ruchu w sytuacjach awaryjnych tymczasowego ruchu dwukierunkowego w jednej nawie tunelu. Powyższe działania należy podsumować i przedstawić stosowne wnioski.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022r. r. „w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych” (Dz.U. 2022 poz. 1518) - załącznik nr 3 pkt 104, dopuszcza się stosowanie wentylatorów o klasie odporności ogniowej nie gorszej niż F₄₀₀120.

W przypadku pożaru, wentylatory na pozycji najbliższej od pożaru mają zostać unieruchomione. Pozostałe wentylatory muszą być w stanie wytworzyć wymaganą prędkość przepływu gazów z zachowaniem wszystkich funkcji wentylacji oddymiającej

i bytowej oraz utrzymaniem odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa podczas ewakuacji i prowadzonej akcji ratowniczo-gaśniczej.

Kierunek działania wentylacji pożarowej w rurze objętej pożarem, ma być zgodny z kierunkiem jazdy samochodów. Wyjątkiem może być sytuacja, gdy ognisko pożaru będzie usytuowane w bezpośrednim sąsiedztwie portalu wjazdowego. Para wentylatorów znajdująca się w bezpośrednim obszarze pożaru ma być wyłączona. Wówczas dopuszcza się oddymianie przeciwnie do kierunku jazdy samochodów. W rurze, będącej rurą ewakuacyjną, aby przeciwdziałać zassaniu gazów pożarowych na wysokości portali, kierunek powietrza musi być zgodny z kierunkiem oddymiania w rurze objętej pożarem.

Należy przestrzegać zasady by zgodnie z [2] załącznik nr 3 pkt 102 prędkość powietrza w tunelu nie przekroczyła 10 m/s. Prędkość oddymiania wyższa niż 10 m/s w praktyce uniemożliwi skuteczną ewakuację ludzi ze względu na opór powietrza. Mając na uwadze powyższe warunki brzegowe, konieczne jest zastosowanie regulatora PID na wstępnym etapie algorytmu oddymiania.

Dla wywołania nadciśnienia w nawie nie objętej pożarem, a zatem brakiem możliwości dostania się dymu do nawy ewakuacyjnej, ale również dla celów przewietrzania wyjść awaryjnych i przejazdu awaryjnego należy zastosować dedykowany system różnicy ciśnień. System ma wybrać miejsce poboru (nawę ewakuacyjną) powietrza w zależności od informacji uzyskanej z systemu SAP. Systemy te mają monitorować wartość różnicy ciśnienia pomiędzy przedsionkiem, a nawą i właściwie dobierać ilość powietrza tłoczoną do przedsionka (przestrzeni przejścia ewakuacyjnego między nawami), z założeniem, że:

- przy zamkniętych drzwiach do przedsionka, różnica ciśnienia pomiędzy przedsionkiem, a nawą objętą pożarem wynosiła około 50 Pa (± 10 Pa);
- przy otwartych jednych drzwiach wejściowych do przedsionka, prędkość powietrza na tych drzwiach nie była niższa niż 1 m/s;
- siła potrzebna do otwarcia drzwi do przedsionka nie przekraczała 100 N.

System różnic ciśnień należy zlokalizować w miejscu przejścia poprzecznego między nawami tunelu (przedsionku), pomiędzy drzwiami przeciwpożarowymi, które zamykają i zabezpieczają osobno każdą z naw.

Rozwiązania zawarte w projekcie, wykonywane obliczenia i symulacje należy przyjmować i wykonywać z założeniem, że do tunelu dopuszczony jest całodobowy wjazd pojazdów transportujących materiały niebezpieczne (kategoria ADR tunelu A) mogących wywołać pożar o mocy 100MW.

Wykonawca wykona obliczenia i symulacje oraz sporządzi i opracuje podsumowanie oraz analizę wyników, w szczególności:

- obliczeń numerycznych i symulacji czasów ewakuacji osób z tunelu, przy czym średnia prędkość czasu ewakuacji dla pieszego max. 0.9m/s,

- parametrów krytycznych środowiska podczas ewakuacji osób z tunelu oraz prowadzonej akcji ratowniczo gaśniczej,
- obliczeń numerycznych, symulacji oraz oceny skuteczności funkcjonowania systemów wentylacji pożarowej oraz bytowej w tunelu.

Praca wentylatorów strumieniowych w czasie normalnej eksploatacji ma zapewnić odpowiednią jakość powietrza w tunelu dla jego użytkowników. Do oceny skuteczności działania systemów wentylacji bytowej należy przeprowadzić obliczenia numeryczne, symulacje komputerowe emisji zanieczyszczeń w postaci CO, NOx oraz sadzy

Ocena skuteczności funkcjonowania rozwiązań projektowych w warunkach pożaru – symulacje komputerowe jakie powinien wykonać Wykonawca:

1. W celu oceny skuteczności funkcjonowania zaprojektowanego systemu wentylacji tunelu w warunkach pożaru, lub jeśli tego wymaga analiza ryzyka, należy wykonać komputerowe symulacje rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w tunelu w warunkach pożaru, przy użyciu metody CFD.
2. Komputerowa analiza rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w tunelu powinna być wykonana w odniesieniu do największej całkowitej mocy pożaru projektowego, przy założeniu najbardziej niekorzystnych lokalizacji źródła pożaru w tunelu - należy przeprowadzić symulacje co najmniej w 3 lokalizacjach nawy lewej oraz 3 lokalizacjach nawy prawej tunelu.
3. W symulacjach komputerowych rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w tunelu powinno zostać uwzględnione najbliższe otoczenie portali tunelu.
4. Symulacje komputerowe rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w tunelu powinny uwzględniać oddziaływanie wiatru na portal lub portale, z kierunku najbardziej niekorzystnego. Oddziaływanie wiatru może być określone na podstawie danych meteorologicznych dla danego obszaru. Należy przeprowadzić kompletne obliczenia z uwzględnieniem różnicy i prędkości wiatrów, uwarunkowań wynikających z lokalizacji oraz ukształtowania terenu, możliwej różnicy ciśnień na wlotach.
5. Oprogramowanie komputerowe wykorzystane do symulacji rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w tunelu powinno odpowiadać najnowszej wiedzy technicznej i być uznane jako wiarygodne do komputerowego modelowania zjawisk związanych z przepływem gazów i rozwojem pożaru.
6. Do wykonania symulacji komputerowych należy wykonać trójwymiarowy model analizowanych przestrzeni. Model powinien zostać podzielony na elementy siatki obliczeniowej, o rozmiarze odpowiednim do przyjętej całkowitej mocy pożaru projektowego, charakterystycznych parametrów modelowanych urządzeń wentylacyjnych i geometrii tunelu.

7. Wyniki komputerowych symulacji rozprzestrzeniania się wraz z wnioskami oraz oceną skuteczności funkcjonowania zaprojektowanego systemu wentylacji tunelu powinny być przedstawione w formie dokumentacji, zawierającej co najmniej:

- a) dane identyfikujące autorów dokumentacji,
- b) nazwę, adres oraz charakterystykę tunelu,
- c) opis analizowanego systemu wentylacji tunelu,
- d) opis modelu numerycznego analizowanej przestrzeni, zastosowanej siatki obliczeniowej wraz z podaniem wykorzystanego oprogramowania,
- e) modele matematyczne przyjęte do opisu zjawisk fizycznych,
- f) przyjęte warunki brzegowe i początkowe,
- g) czas analizy,
- h) kryteria oceny,
- i) podpisy autorów.

Należy przyjąć następujące graniczne, krytyczne parametry środowiska w tunelu:

- a) Temperatura powietrza, która na wysokości 1,8 m nie powinna przekraczać 60 °C, a na wysokości 2,5 m nie powinna przekraczać 200 °C,
- b) Zasięg widoczności, który nie powinien być mniejszy niż 10 m, na wysokości 1,8 m,
- c) Stężenie tlenu, które na wysokości 1,8 m nie powinno być mniejsze niż 15% (dla warunków normalnych 21%),
- d) Gęstość strumienia promieniowania cieplnego, które na wysokości 1,8 m nie powinna przekraczać 2,5 kW/m² przez czas dłuższy niż 30 s.

Szczegółowy zakres, zawartość i wyniki obliczeń i symulacji należy uzgodnić z Inżynierem Kontraktu i Zamawiającym. Zamawiający zastrzega możliwość powołania niezależnego zespołu ekspertów do oceny obliczeń i symulacji zaprojektowanego systemu wentylacji, który będzie zgłaszał uwagi w imieniu Zamawiającego.

Symulacja CFD ma pozwolić na ostateczne dobranie odpowiedniej klasy temperaturowej wentylatorów oddymiających zgodnie z PN-EN 12101-3.

Należy przeprowadzić symulacje i ocenę skuteczności oddymiania oraz wentylacji bytowej w sytuacji wyłączenia z działania jednej pary wentylatorów.

2.1.24.36. Urządzenia pierwszej pomocy.

Tunel drogowy zostanie wyposażony w nisze sygnalizacyjne co ok 150m. Każda z nisz sygnalizacyjnych musi pełnić funkcję punktu komunikacyjnego, z którego będzie można wezwać pomoc lub podjąć działania gaśnicze w sytuacji wystąpienia zagrożenia w tunelu.

Należy wykonać System telefonii alarmowej który przeznaczony jest do zgłaszania sytuacji awaryjnych, takich jak: awarie, wypadki, pożary. Ma on być systemem zamkniętym, wykorzystywanym tylko i wyłącznie na potrzeby tunelu. System musi umożliwiać wykonanie

połączenia między osobą znajdującą się w niszy tunelu a dyspozytorem znajdującym się w siedzibie CZT lub w rezerwowym CZT. W wyjątkowych sytuacjach system umożliwi też zestawienie połączenia z innym numerem telefonu na terenie tunelu. System ten nie należy do systemu bezpieczeństwa pożarowego.

Do modułów telefonów alarmowych w tunelach wykorzystać należy wandaloodporne wyposażone z obudowy ze stali nierdzewnej, zapewniające odpowiedni poziom zabezpieczenia przed zabrudzeniami IP65 i uszkodzeniem mechanicznym IK07, z ich wykończeniem w kolorze pomarańczowym z białym napisem SOS.

Nad stacją należy umieścić instrukcję obsługi wykonaną w postaci piktogramów.

Urządzenia powinny posiadać wbudowany system redukcji szumów co pozwala na eliminację hałasu występującego w tle w tunelu i wyraźny odbiór przekazu alarmowego. Ze względu na ewentualną konieczność późniejszej analizy zaistniałych zdarzeń alarmowych, rozmowy prowadzone pomiędzy interkomami alarmowymi a stacją operatorską muszą podlegać rejestracji (rejestracja do 4 rozmów jednocześnie).

Telefony alarmowe muszą mieć funkcje nadzoru poprawności działania centrali, monitoring ciągłości połączeń pomiędzy terminalami a centralą a także funkcję umożliwiającą testowanie poprawności działania układów mikrofonu i głośnika terminali SOS. System musi umożliwiać nagranie dowolnego komunikatu, który zostanie automatycznie odtworzony w stacji interkomowej, której użyto do połączenia z centrum dozoru.

Centrale systemu alarmowego powinny zostać skonfigurowane do pracy w układzie redundantnym.

Dodatkową funkcją serwera rozmów musi być umożliwienie łączności obsługi tunelowej. W każdej niszy technicznej należy wyprowadzić końcówkę łącza abonenckiego do którego będzie możliwe podpięcie przenośnego telefonu internetowego, będącego na wyposażeniu obsługi tunelu.

2.1.24.37. System komunikacji radiowej służb ratowniczych i porządkowych.

Należy zaprojektować i wykonać poniższy system komunikacji radiowej służb ratowniczych i porządkowych.

Należy zapewnić komunikację i łączność w tunelu w zakresie:

- Komunikacji radiowej dla jednostek Państwowej Straży Pożarnej, Policji, Państwowego Ratownictwa Medycznego oraz personelu obsługi tuneli, na częstotliwościach, pisemnie uzgodnionych z powyższymi instytucjami i personelem tuneli.
- łączności CZT ze służbami ratowniczymi i obsługą w tunelu;
- Funkcjonowania systemu eCall w obrębie tunelu.

Tunel ma być wyposażony w sprzęt radiowo-przebiegający umożliwiający funkcjonowanie systemu komunikacji radiowej według wymagań opisanych poniżej.

System ten musi obsługiwać następujące instytucje:

- Policja.
- Straż pożarna.
- Państwowe ratownictwo medyczne.
- Personel obsługi tunelu.
- Wybrane stacje radiowe UKF FM z funkcją nadawania komunikatów ostrzegawczych „break-in”.

Policja - należy zapewnić retransmisję:

- dwóch kanałów cyfrowych DMR w pasmie dla sieci powiatowych policji;
- wszystkich nośnych w pasmie UHF dla stacji bazowych TETRA pokrywających użytecznym zasięgiem drogi przynajmniej na odcinkach dolotowych minimum 1 km przed i za tunelem. Przez użyteczny zasięg rozumie się, że na odcinkach dolotowych można swobodnie prowadzić korespondencję w systemie TETRA z radiotelefonu pojazdowego lub na zewnątrz pojazdu z radiotelefonu ręcznego.

Państwowa Straż Pożarna - należy zapewnić retransmisję:

- dwu simpleksowych kanałów radiowych VHF mieszczących się w paśmie częstotliwości uzgodnionych z PSP pracujących z modulacją 11K0F3E i odstępem międzykanałowym 12,5 kHz dla sieci powiatowych PSP.
- 1 kanału duosimpleksowy sieci retransmisyjnej uruchamianego na urządzeniu mobilnym PSP o częstotliwości uzgodnionych z PSP, szerokość kanału 12,5 kHz, który może być wykorzystywany z modulacją analogową 11K0F3E lub cyfrową DMR;
- wszystkich nośnych w pasmie UHF dla stacji bazowych TETRA pokrywających użytecznym zasięgiem drogę przynajmniej na odcinkach dolotowych minimum 1 km przed i za tunelem. Przez użyteczny zasięg rozumie się, że na odcinkach dolotowych można swobodnie prowadzić korespondencję w systemie TETRA z radiotelefonu

Zasięg fal radiowych ma być zapewniony do stacji bazowych zlokalizowanych uzgodnionych PSP.

- W pasmie UHF system TETRA.

Ponadto w tunelu należy zapewnić lokalny repeater analogowo-cyfrowy (DMR) w paśmie VHF podłączony do instalacji antenowej wewnętrznej oraz zewnętrznej na masztach północnym i południowym przy tunelu, który w warunkach prowadzenia akcji ratowniczej zapewni łączność w tunelu oraz w jego otoczeniu (przynajmniej na odcinkach dolotowych 0,5 km przed i za tunelem) dla radiotelefonów ręcznych i pojazdowych. Przydział częstotliwości repeatera należy uzyskać poprzez KW PSP z KG PSP. Repeater powinien być wyposażony w zdalne manipulatory połączone z repeaterem łączem IP. Jeden manipulator powinien być zainstalowany na stanowisku strażaka w budynku technicznym przy portalu północnym, a drugi w budynku technicznym przy portalu południowym. Repeater normalnie będzie wyłączony. Jego włączenie z manipulatora możliwe będzie przez upoważnionego funkcjonariusza PSP kierującego akcją ratowniczą w tunelu lub obsługę tunelu po wydaniu dyspozycji przez PSP. Każdy z manipulatorów po włączeniu musi umożliwiać nadawanie i odbiór korespondencji głosowej oraz nagrywanie połączeń. W przypadku wybudowania przez PSP sieci stacji bazowych sterowanych po IP z dyspozytorni powiatowych, należy zintegrować lokalne repeatery PSP i manipulatory z tą siecią;

Pogotowie ratunkowe - należy zapewnić retransmisję:

- jednego lub dwu kanałów simpleksowych lub dupleksowych o częstotliwościach analogowych lub cyfrowych - DMR w pasmie VHF dla sieci Pogotowia Ratunkowego, pokrywających zasięgiem drogę na odcinkach dolotowych do tunelu;
- kanału ogólnokrajowego simpleksowego 169.000 MHz do łączności z Lotniczym Pogotowiem Ratunkowym w relacji do miejsca wyznaczonego na lądowisko

śmigłowca w odległości do 1 km od wlotu do tunelu.

Listę częstotliwości i lokalizacje stacji bazowych należy docelowo uzgodnić z Pogotowiem Ratunkowym.

Łączność personelu obsługi - należy zapewnić:

- w każdym tunelu lokalny repeater cyfrowy (DMR) w paśmie UHF podłączony do instalacji antenowej wewnętrznej oraz zewnętrznej na masztach północnym i południowym przy tunelu, który zapewni łączność w tunelu oraz w jego otoczeniu (przynajmniej na odcinkach dolotowych 0,5 km przed i za tunelem) dla radiotelefonów ręcznych i pojazdowych. Przydział częstotliwości dla repeatera należy uzyskać z UKE. Należy dążyć do maksymalizowania zasięgu repeaterów, tak aby w miarę możliwości pokryć jak największą powierzchnię drogi. Ostateczny zasięg repeaterów uzależniony będzie od uzyskanego z UKE przydziału częstotliwości z parametrami maksymalnej mocy promieniowanej i wysokości zawieszenia anten zewnętrznych. Każdy repeater musi być połączony łączem IP z manipulatorem w centralnej dyspozytorni tunelu. Manipulator musi umożliwiać nadawanie i odbiór korespondencji głosowej oraz nagrywanie połączeń. Repeatery i manipulator muszą być przygotowane do integracji, tak aby wszystkie repeatory połączone siecią IP pracowały jako system wielostrefowy z automatycznym przekazywaniem połączeń pomiędzy tunelami i manipulatorami;
- 3 radiotelefony stacjonarne (po jednym dla północnego i południowego budynku technicznego w tunelu i jeden dla centralnej dyspozytorni) z zewnętrzną instalacją antenową;
- 3 radiotelefony pojazdowe z anteną i zestawem instalacyjnym do pojazdu;
- 10 radiotelefonów ręcznych z zapasowym akumulatorem i ładowarką.

Wymagania dla retransmisji UKF

Należy zapewnić:

- w tunelu retransmisję nośnych publicznych stacji radiowych UKF FM, uzgodnionych z Zarządcą drogi, pokrywających skutecznym zasięgiem drogę minimum na odcinkach dolotowych 1 km przed za tunelem. Przez skuteczny zasięg rozumie się możliwość odbioru stacji radiowej bez zakłóceń, trzasków i szumów;
- możliwość nadawania komunikatów ostrzegawczych na minimum 10 częstotliwościach publicznych stacji radiowych UKF FM. Komunikaty powinny być przekazywane ręcznie lub automatycznie z centralnej dyspozytorni. W momencie nadawania komunikatu sygnał stacji radiowej powinien być zastępowany treścią komunikatu z równoległym przekazaniem po RDS tekstowego komunikatu identyfikatora tunelu.

System eCall

W zaprojektowanym tunelu, na całej długości dwóch naw, zapewnione zostanie funkcjonowanie systemu e-Call. Wykonana zostanie instalacja wzmacniająca sygnał GSM w paśmie niezbędnym do funkcjonowania systemu. Uzgodnienia z operatorem sieci GSM oraz szczegółowe rozwiązanie techniczne będą opracowane w dalszych stadiach projektowania.

Dla funkcjonowania opisanej wyżej łączności, ze względu na ukształtowanie terenu w otoczeniu tunelu należy przewidzieć dwa maszty antenowe zewnętrzne: jeden przy

budynku technicznym przy portalu północnym i jeden przy budynku technicznym przy portalu południowym. Wysokość masztów należy dobrać tak, aby zapewnić właściwe poziomy sygnałów do i z stacji bazowych w terenie po stronie północnej i południowej oraz zapewnić niezbędne zasięgi lokalnych stacji bazowych lub repeaterów zainstalowanych w tunelu, które powinny zapewnić pokrycie łącznością drogi przynajmniej na 0,5 km dojazdu północnego i południowego.

System retransmisyjny powinien składać się ze stacji master zainstalowanej po stronie północnej w budynku technicznym i połączonej po światłowodach jednomodułowych ze stacją slave zainstalowaną po stronie południowej. Obie stacje współpracują ze wzmacniaczami czołowymi odbierającymi i nadającymi sygnały poprzez zewnętrzne anteny donorowe na masztach odpowiednio: master – północnym i slave – południowym.

Wzmacniacze czołowe powinny być w wykonaniu kanałowym dla poszczególnych retransmitowanych częstotliwości (dedykowany wzmacniacz dla każdej nośnej), wykonane w technologii cyfrowej z programowanymi cyfrowymi filtrami o stałym opóźnieniu grupowym dopasowanym do wymagań technologii DMR i TETRA i możliwością programowej zmiany częstotliwości w zakresie minimum od 64 MHz do 1 GHz oraz z możliwością ustawiania trybu automatycznego wzmocnienia (AGC), które w kierunku uplink (z tunelu) pozwala na regulację wzmocnienia oddzielnie dla każdej szczeliny TDMA przy retransmisji sygnału TETRA. Sygnały z master i slave retransmitowane będą do tunelu za pomocą kabli promieniujących zainstalowanych nad jezdnią w nawie wschodniej i zachodniej. Dodatkowo należy od kabli promieniujących doprowadzić odgałęzienia do ośmiu poprzecznych przejść ewakuacyjnych między nawami. Średnicę kabli promieniujących w nawach oraz w przejściach poprzecznych należy dobrać na podstawie bilansu sygnału.

Zamontowany sprzęt musi umożliwić zapewnienie uśrednionego na odcinku 30 m poziomu sygnału zmierzonego na wysokości 1,5 m na środku każdej z naw poszczególnych tuneli o wartości nie gorszej niż:

- 95 dBm dla kanałów UHF;
- 95 dBm dla kanałów VHF;
- 86 dBm dla częstotliwości FM.

W warunkach normalnych kable promieniujące w tunelu będą zasilane jednocześnie z dwu kierunków od strony master i od slave. W warunkach awaryjnych należy zapewnić możliwość zasilania całego tunelu z jednej strony, bez istotnego pogorszenia jakości korespondencji w najdalszych miejscach.

Ciągłość głównych kabli radiowych w tunelu należy automatycznie monitorować poprzez odpowiednie moduły. Pogorszenie parametrów lub uszkodzenie kabla powinno powodować sygnał alarmu. Także wszystkie kluczowe elementy aktywne należy monitorować, a sygnały alarmowe wystawiać na stykach alarmowych lub poprzez SMTP raportować do centralnej aplikacji zarządzania tunelem. Przy dalszych pracach projektowych należy dokonać uzgodnień wymogów wg aktualnych uwarunkowań podmiotów jw.

Ostateczne warunki dotyczące systemu komunikacji radiowej służb ratowniczych i porządkowych, należy pisemnie uzgodnić z wszystkimi podmiotami.

2.1.24.38. System powiadamiania publicznego – urządzenia nagłaśniające.

System spełniający wymagania DSO musi być oparty na elementach certyfikowanych dla systemu DSO, i musi spełniać wymogi w zakresie parametru zrozumiałości mowy. Jako system nagłośnienia należy przyjąć zastosowanie zaawansowanego technologicznie systemu cyfrowego o topologii rozproszonej, bazujący na niezależnych wobec siebie kontrolerach sterujących, z których każdy posiada własną niezależną pamięć i obwody - dający pełną swobodę w konfiguracji funkcjonalności, prostotę obsługi oraz wysoki poziom odporności na ewentualne uszkodzenia.

System ma pracować w formie systemu rozproszonego (nawet w obrębie jednej szafy systemu), dając mniejszą usterkowość systemu, z uwagi na brak wpływu elementów ulegających awarii na pozostałe elementy systemu. Całość transmisji w systemie powinna mieć postać cyfrową (poza transmisją sygnału do głośników), zaś poszczególne urządzenia systemu powinny mieć możliwość pracy w oddalonych od siebie pomieszczeniach. Połączenia z centralą systemu nagłośnienia oraz jej elementami peryferyjnymi powinny być realizowane w postaci sieci opartej o przełączniki sieciowe, co umożliwi przesyłanie sygnałów audio oraz sygnałów sterujących na duże odległości, bez strat w jakości sygnału.

System posiadać musi odrębną, niezależną pamięć każdego z kontrolerów obsługujących rozproszone części systemu, gdyż zapewni to większe bezpieczeństwo nawet w przypadku poważnej awarii systemu. Uszkodzenie kontrolera nie powinno powodować również eliminacji więcej niż czterech głośników zainstalowanych w rurze tunelu. Linie głośnikowe muszą być tak zaprojektowane, że w razie awarii kontrolera systemowego, wyłączeniu nie powinny ulec sąsiadujące ze sobą głośniki zamontowane w rurze tunelu.

Całością transmisji w systemie powinny zarządzać niezależne kontrolery systemowe o równorzędnym priorytecie, pełniące rolę interfejsów wejściowo-wyjściowych systemu, wyposażone w procesor DSP oraz stosowne konwertery cyfrowe i własną pamięć.

Poszczególne szafy teletechniczne systemu, muszą być wyposażone zarówno we wzmacniacze mocy oraz w niezależne kontrolery systemu wraz z sekcją wejść i wyjść sygnału. Sygnał pomiędzy szafami musi być przesyłany na dużych odległościach przez medium światłowodowe odporne na zakłócenia elektromagnetyczne, bądź kable telekomunikacyjne na małe odległości (nieprzekraczające 300m).

W fazie projektowej należy wykonać niezbędną symulację akustyczną. Symulacje akustyczne powinny zostać przeprowadzone przy użyciu geometrycznych metod prognozowania rozkładu dźwięku, zgodnie z najlepszą wiedzą z zakresu akustyki dotyczącej prognozowania akustycznego oraz parametrów akustycznych.

System powinien posiadać możliwość ustawienia opóźnień w transmisji dźwięku pomiędzy poszczególnymi kanałami wzmacniacza z dokładnością do jednej milisekundy w zakresie pozwalającym na ustawienie odpowiednich opóźnień dla ostatniego głośnika.

W systemie urządzenia sterujące (kontrolery) oraz wykonawcze (wzmacniacze) zasilic należy z dwóch niezależnych źródeł zasilania, dodatkowo awaria jednego źródła zasilania nie powinna mieć wpływ na drugie źródło zasilania oraz nie powinna powodować braku możliwości pracy systemu.

Z uwagi na zmiany temperatury w tunelu (wynikających z dobowych czy rocznych zmian temperatury otoczenia, a także zmian, jakie mogą wprowadzić samochody czy urządzenia infrastrukturalne tunelu) system posiadać powinien impedancyjny pomiar ciągłości linii głośnikowej z możliwością nadzoru i dopasowania do naturalnych zmian zachodzących w linii głośnikowej wywołanych naturalnymi czynnikami panującymi w tunelu. Ma to na celu możliwie jak najdokładniejszą kontrolę nad ciągłością linii głośnikowych i głośnikami oraz ich ewentualnych uszkodzeń, przy jednoczesnym wyeliminowaniu fałszywych alarmów, mogących wpływać na bezpieczeństwo w tunelu.

System należy wyposażyć w tzw. mikrofon strażaka zabudowany w podstawowym i rezerwowym Centrum Zarządzania Tunelem oraz na portalach tunelu w widocznym miejscu.

Zgodnie z normą **PN-EN 54-1** (Systemy Sygnalizacji pożarowej – Wprowadzenie) system nagłośnienia wydający komunikaty głosowe i działający w przypadku pożaru jest integralną częścią Systemu Sygnalizacji Pożaru (a dokładniej centrali systemu ppoż.) oraz musi spełniać wymagania norm:

- a) **PN-EN 54-16** (Systemy sygnalizacji pożarowej - Centrale dźwiękowych systemów ostrzegawczych) oraz
- b) **PN-EN 54-24** (Systemy sygnalizacji pożarowej – Dźwiękowe systemy ostrzegawcze - Głośniki).

W tunelu drogowym oraz ewakuacyjnym należy zapewnić :

- Średnią zrozumiałość mowy o wartości $\geq 0,4$ STIPa dla mowy męskiej z odchyleniem standardowym nie większym niż 0,040, w obecności znormalizowanego hałasu ulicznego o poziomie 80dB oraz zapewnić zrozumiałość mowy o wartości $\geq 0,35$ oraz $\geq 0,40$ STIPa dla mowy męskiej odpowiednio na 95% oraz 90% powierzchni tunelu.
- Średnią zrozumiałość mowy w na poziomie $\geq 0,405$ STIPa dla mowy męskiej z odchyleniem standardowym nie większym niż 0,040 w obecności znormalizowanego hałasu ulicznego o wartości 95dB oraz zapewnić zrozumiałość mowy o wartości $\geq 0,35$ oraz $\geq 0,40$ STIPa dla mowy męskiej odpowiednio na 95% oraz 65% powierzchni tunelu.

Przykładowe komunikaty:

„Proszę natychmiast opuścić pojazdy i udać się kierunku przejścia ewakuacyjnego oznaczonego światłem w kolorze”

„Ze względu na utrudnienia ruchu proszę o wyłączenie silników oraz pozostanie w samochodzie ”

„Ruch zostanie wznowiony w ciągu”

lub podobnych opracowanych w ramach instrukcji bezpieczeństwa tunelu.

Wykonawca opracuje i zatwierdzi ekspertyzę potwierdzającą uzyskanie wymaganej skuteczności systemu DSO.

2.1.24.39. System monitoringu CCTV oraz videodetekcji.

System monitoringu należy wykonać w technologii IP wraz z wymaganą infrastrukturą komunikacyjną co oznacza, że większość komponentów systemu telewizji dozorowej takie jak kamery, rejestratory, stacje robocze i konsole operatorskie i inne pracować powinny w oparciu o sygnały cyfrowe przesyłane za pośrednictwem sieci TCP/IP.

- Tunele drogowe oraz ewakuacyjne wyposażać należy w kamery CCTV szybkoobrotowe stacjonarne oraz kamery AID. Kamery obrotowe muszą być rozlokowane w strategicznych miejscach (okolice przejść poprzecznych, wyjść ewakuacyjnych, okolice nisz sygnalizacyjnych, portale, sygnalizatorów drogowych w tunelu etc). W celu zapewnienia transmisji obrazów z kamer oraz danych z systemu detekcji ruchu zaprojektować należy rozległą sieć strukturalną wraz z urządzeniami aktywnymi. W przypadku pojawienia się informacji o otwarciu jakichkolwiek drzwi przejść, nisz, klap, kamery obrotowe powinny ustawić się w tzw. presece na obserwacji danego zagrożonego miejsca
- Kamery stacjonarne CCTV należy przewidzieć w miejscach kluczowych takich jak teren zewnętrzny i wewnętrzny budynków technicznych, zapory drogowe, korytarze ewakuacyjne etc.
- CZT oraz rezerwowe CZT należy wyposażać w stacje nadzoru i monitoringu wraz z manipulatorami do sterowania kamerami.
- Dobre wersje urządzeń umożliwiając muszą rejestrację obrazu z kamer monitoringu z rozdzielczością 1920x1080 przy 25kl/s przez okres 31 dni nieprzerwanie. Obraz z kamer videodetekcji ruchu ma zostać zachowany na serwerach 2 minuty przed i po wykrytym zdarzeniu.
- Zapewnić możliwość wyświetlania obrazów „na żywo” oraz odtwarzania danych archiwalnych (wideo) w ramach uprawnień posiadanych przez danego operatora. Zapewniona ma zostać możliwość synchronicznego jednoczesnego odtwarzania nagranych wcześniej obrazu z wielu kamer.
- W każdym momencie system umożliwiać ma przekazanie obrazu z tunelu do innych jednostek ratowniczych czy zarządzających. Wykonawca dokona w tym zakresie uzgodnień międzybranżowych z Państwową Strażą Pożarną oraz Policją
- Struktura systemu sieci opierać się powinna na wykorzystaniu transmisji dwustrumieniowej w trybie Unicast i Multicast. Strumień danych w trybie Unicast będzie wykorzystywany przez urządzenie rejestrujące, a strumień w trybie Multicast do jednoczesnej obserwacji obrazu z kamer przez wielu operatorów. Dodatkowo system zapewniać musi automatyczną możliwość zmniejszenia rozdzielczości obrazu podczas wysyłania strumienia do wyświetlania obrazów w podziałach.
- Do systemu muszą mieć dostęp dwie grupy użytkowników: administrator oraz operator systemu. Administrator ma mieć możliwość administracji i zarządzania systemem, tj. konfiguracji urządzeń, użytkowników i ustawień systemu. Jako narzędzie administracyjne wykorzystana ma być dedykowana stacja robocza wraz z oprogramowaniem administracyjnym.
- Operatorzy korzystając mają wyłącznie z dedykowanych stanowisk operatorskich, a ich uprawnienia ograniczone są do bieżącego nadzoru obrazu.

Kamery obrotowe:

Obrotowe kamery tunelowe spełniać powinny najwyższe wymagania środowiskowe i zapewniać najlepszej jakości obrazu z tunelu i jego okolic oraz:

- Kamery powinny być wyposażone w zmiennoogniskowe obiektywy umożliwiające wykonanie co najmniej 32-krotnego zbliżenia. Cały zespół optyczny umieszczony ma być na zmechanizowanej konstrukcji pozwalającej na płynne kierowanie go na wybrany przez operatora punkt. Matryce co najmniej 2Mpix muszą zapewnić obraz bardzo dobrej jakości z zachowaniem parametrów czułości co w trudnych warunkach optycznych pozwoli zachować szczegółowość obrazu.
- Kamery powinny być zamknięte w obudowie ze stali nierdzewnej z gatunku co najmniej 1.4404 (316L) z przezroczystą kopułą zakrywającą część optyczną.
- Kamery za pomocą kodowania H.264 muszą przesyłać obrazy poprzez TCP-IP/UDP obraz do jednostek sterująco-rejestrujących.
- Dla kamer obrotowych wykonać pulpity sterownicze zabudowane w CZT i rezerwowym CZT. Kamery obrotowe muszą być rozmieszczone w kluczowych miejscach tj portale tunelu, okolice punktów alarmowych oraz okolice przejść ewakuacyjnych.
- W celu zapewnienia komunikacji pomiędzy kamerami, a innymi punktami systemu monitoringu należy wykonać i wykorzystywać sieć strukturalną, która składa się z aktywnych przełączników przemysłowych, konwerterów światłowodowych oraz modułów światłowodowych. Sieć zostanie zaprojektowana i wykonana w oparciu o topologię pierścienia (RING). Wykorzystanie topologii pierścienia pozwoli uniknąć zerwania sygnału w przypadku uszkodzenia przewodu. Dopuszcza się wykorzystanie ringu światłowodowego wspólnie z infrastrukturą sieciową wykonaną na potrzeby systemu sterowania. Zastosowanie kabli niepalnych do transmisji i zasilania uczyni transmisję odporną na wysokie temperatury podczas pożaru.
- Dla potrzeb poszczególnych podsystemów należy wyodrębnić sieci wirtualne VLAN z zapewnieniem właściwej separacji sieci i podziału pasma w oparciu o mechanizmy QoS.
- Sekcja rejestrowania powinna być tak zaprojektowana aby wykorzystać dostępne funkcje awaryjne. W przypadku awarii serwera, macierzy lub przełącznika do którego jest podłączony, system natychmiast ma rozpocząć procedurę przechwytywania strumieni i zacząć ich zapis na drugim, sprawnym serwerze rejestracji (failover).

Kamera CCTV stałopozycyjne:

- Kamery wyposażone będą w stałogniskowe obiektywy. Matryce 2Mpix zapewnią obraz bardzo dobrej jakości z zachowaniem parametrów czułości co w trudnych warunkach optycznych pozwoli zachować szczegółowość obrazu. Wymagana rozdzielczość 1080p. Kamery zastosowane na obszarze tuneli, zamknięte będą w nierdzewnej metalowej obudowie ze stali 1.4404

Kamery systemu videodetekcji AID:

W skład instalacji wideo wchodzi również dualne kamery w tunelu realizujące funkcje AID (Automatic Incident Detection). Podstawowe parametry zastosowanych kamer to

- część termowizyjna o rozdzielczość 640*512 punktów
- część wizyjna kamery HD o rozdzielczości 1920*1080 punktów
- całość zamknięta w jednej obudowie ze stali nierdzewnej 1.4404 (poza tunelem aluminium).
- obudowa powinna być szczelna IP65, zakres temperaturowy -40st C do +50 st C.
- obiektyw kamery powinien umożliwiać precyzyjne dostrojenie pola widzenia kamery dla obszaru detekcji.

Algorytm wideo detekcji AID ma pozwalać na wykrywanie w tunelu drogowym co najmniej zdarzeń:

- zatrzymany pojazd,
- uszkodzony pojazd,
- kierowca jadący pod prąd,
- pojazdy jadące powoli,
- detekcję rodzaju przepływu ruchu (normalny, gęsty, powolny, przerywany, ślamazarny),
- pieszy w tunelu,
- zagubiony ładunek.

Ponadto w paśmie podczerwonym (termowizyjnym) należy dodatkowo zapewnić:

- realizację szybkiego wykrycia źródła pożarowego,
- działanie systemu przy ograniczonej widoczności (np. obecność mgły).

Kamery wideo detekcji powinny być rozmieszczone tak by żaden punkt w tunelu drogowym nie pozostawał bez nadzoru.

Ponadto w wybranych punktach tunelu ewakuacyjnego (portale, okolice wyjść ewakuacyjnych) należy przewidzieć dualne kamery AID wykrywające pieszego w tunelu. W Systemie Zarządzania Tunelami należy zachować możliwość podglądu obrazu z kamer jak również automatycznie pokazywanie obraz z kamery w przypadku wystąpienia zdarzenia.

Aplikacja AID poprzez bazę danych MySQL i sieć Ethernet ma przekazywać informację o wykryciu zdarzenia przez kamery do dyspozytora obiektu poprzez wygenerowanie odpowiedniego komunikatu na wizualizacji oraz wyświetleniu przez program zarządzający na plan główny kamery sygnalizującej stan alarmowy. Należy podkreślić że system videodetekcji nie będzie posiadał bezpośredniego i automatycznego oddziaływania na poszczególne podsystemy wyposażenia tunelu. Jego głównym zadaniem jest błyskawiczne informowanie operatora o potencjalnie niebezpiecznym zdarzeniu.

Operator powinien na podstawie przekazywanego obrazu określić stopień zagrożenia i podjąć odpowiednie działania poprzez uruchomienie właściwej procedury zdarzeń.

2.1.24.40. Przejścia i przejazdy poprzeczne, obszar bezpieczny.

Należy zaprojektować i wykonać wyjścia awaryjne mające formę przejść poprzecznych pomiędzy nawami tunelu, które są rozmieszczone w odległościach nieprzekraczających 250 m. Parametry przejść poprzecznych muszą umożliwiać ich wykorzystanie przez służby ratownicze, dlatego ich szerokość musi wynosić nie mniej niż 1,4 m, a wysokość nie mniej niż 2,2 m. Wyjścia te muszą być zamykane drzwiami przeciwpożarowymi o klasie odporności ogniowej EI 120/S 60 zgodnie z normą PN-EN 13501-1: 2008 dotyczącą klasyfikacji ogniowej wyrobów budowlanych na podstawie odporności ogniowej lub równoważnym rozwiązaniem lub równoważnym rozwiązaniem. Dopuszcza się podział na drzwi dwuskrzydłowe ze skrzydłem czynnym oraz biernym. Drzwi muszą mieć możliwość otwierania się w kierunku ewakuacji.

W tunelach dwunawowych, jeżeli nawy znajdują się na tym samym lub zbliżonym poziomie, co 1 500 metrów należy zapewnić przejazdy poprzeczne odpowiednie dla korzystania przez służby ratunkowe. Przejazd musi mieć szerokość nie mniejszą niż 5,0 m oraz wysokość nie mniejszą niż 4,5 m. Ostateczne wymiary przejazdu należy uzgodnić z KWSP. Brama do niego prowadzącą musi posiadać klasę odporności ogniowej EI 120/S 60 zgodnie z normą

PN-EN 13501-1: 2008 dotyczącą klasyfikacji ogniowej wyrobów budowlanych. Przejazd awaryjny należy zabezpieczyć pożarowo poprzez liniową czujkę ciepła, redundantnie, jako odgałęzienie kabla sensorycznego z tunelu. Przejazd awaryjny ma zapewnić sprawną przejezdność pojazdów ratowniczo-gaśniczych.

Do wyjść awaryjnych i przejazdu awaryjnego muszą prowadzić obustronne drogi ewakuacyjne, każda o szerokości 1,20 m i wysokości 2,25 m, oddzielone od pasa ruchu krawężnikiem. Drogi ewakuacyjne muszą być zlokalizowane po obydwu stronach każdej jezdni, na całej długości tunelu.

Wyjścia awaryjne, przejazd awaryjny oraz prowadzące do nich drogi ewakuacyjne muszą być oznakowane odpowiednio, zgodnie z wymaganiami dla systemu oświetlenia awaryjnego i ewakuacyjnego. (PN-EN ISO 7010:2012, PN-N-01256-5:1998)

W wyjściach awaryjnych oraz przejeździe awaryjnym należy zaprojektować i wykonać wentylatory, których zadaniem jest wytwarzanie nadciśnienia powietrza względem nawy objętej pożarem. Dla wywołania nadciśnienia w nawie nieobjętej pożarem, a zatem brakiem możliwości dostania się dymu do nawy ewakuacyjnej, ale również dla celów przewietrzania wyjść awaryjnych i przejazdu awaryjnego należy zastosować dedykowany system różnicy ciśnień. System ma wybrać miejsce poboru (nawę ewakuacyjną) powietrza w zależności od informacji uzyskanej z systemu SAP. Systemy te mają monitorować wartość różnicy ciśnienia pomiędzy przedsionkiem, a nawą i właściwie dobierać ilość powietrza tłoczoną do przedsionka (przestrzeni przejścia ewakuacyjnego między nawami), z założeniem, że:

- przy zamkniętych drzwiach do przedsionka, różnica ciśnienia pomiędzy przedsionkiem, a nawą objętą pożarem wynosiła około 50 Pa (± 10 Pa);
- przy otwartych jednych drzwiach wejściowych do przedsionka, prędkość powietrza na tych drzwiach nie była niższa niż 1 m/s;
- siła potrzebna do otwarcia drzwi do przedsionka nie przekraczała 100 N.

System różnic ciśnień należy zlokalizować w miejscu przejścia poprzecznego między nawami tunelu (przedsionku), pomiędzy drzwiami przeciwpożarowymi, które zamykają i zabezpieczają osobno każdą z naw.

Wyjścia awaryjne oraz przejazd awaryjny należy wyposażyć w głośniki systemu powiadamiania publicznego.

Wyjścia awaryjne i przejazd awaryjny należy wyposażyć w nawierzchnię betonową.

W przypadku przejazdu awaryjnego nawierzchnia musi być dostosowana do obciążenia pojazdów ciężkich.

Wyjścia awaryjne powinny mieć formę przejść poprzecznych pomiędzy nawami tunelu lub do innych dróg ewakuacji według § 322b. Warunków technicznych, prowadzącymi do **stref bezpiecznych** – punktu zbiórki ewakuacyjnej.

Należy zaprojektować instrukcję bezpieczeństwa pożarowego, zawierającą m.in. zagadnienia dotyczące ewakuacji, tj.:

- 1) warunki i organizację ewakuacji ludzi oraz praktyczne sposoby ich sprawdzania;
- 2) plany obiektów, obejmujące także ich usytuowanie oraz terenu przyległego, z uwzględnieniem graficznych danych dotyczących w szczególności m.in. warunków ewakuacji, ze wskazaniem kierunków i wyjść ewakuacyjnych.

Należy z każdego miejsca w obiekcie, zapewnić odpowiednie warunki ewakuacji,

umożliwiający szybkie i bezpieczne opuszczanie strefy zagrożonej lub objętej pożarem, dostosowane do liczby i stanu sprawności osób przebywających w obiekcie oraz jego funkcji, konstrukcji i wymiarów, a także zastosowanie technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, polegających na:

- 1) zapewnieniu dostatecznej liczby, wysokości i szerokości wyjść ewakuacyjnych,
- 2) zachowaniu dopuszczalnej długości, wysokości i szerokości przejść oraz dojść ewakuacyjnych.

Przy określaniu liczby miejsc zbiórki do ewakuacji należy kierować się liczbą osób w obiekcie oraz warunkami ewakuacji. W zależności od tych czynników, miejsc wyznaczonych i odpowiednio oznakowanych może być więcej niż jedno. Należy organizacyjnie ustalić, do którego miejsca, kto się udaje, aby w czasie ewakuacji można było sprawdzić czy obiekt opuścili wszyscy pracownicy (użytkownicy). Informacje co do liczby miejsc zbiórki i podziału organizacyjnego muszą być zawarte w instrukcji.

Należy założyć, że punkty zbiórki ewakuacyjnej będą zlokalizowane przy obydwu portalach tunelu. Ich szczegółową lokalizację oraz zasady oznakowania należy wskazać ww. instrukcji. Założyć w niej należy że punkt zbiorczy powinien umożliwiać bezpieczne zlokalizowanie wszystkich osób, zakładając najniekorzystniejszy wariant, w którym wszystkie osoby będą się ewakuować do jednego miejsca w tunelu. Przy ustalaniu miejsca zbiórki ewakuacyjnej należy wziąć pod uwagę bezpieczeństwo osób znajdujących się w miejscu zbiórki, podczas prowadzonej akcji ratowniczo-gaśniczej oraz dostępność dla osób niepełnosprawnych.

Należy zaprojektować i wykonać w ciągu drogi głównej przed i za tunelem place manewrowe. Place te służyć mają służbom ratowniczym w razie sytuacji zagrożenia w tunelu, umożliwić zawrócenie przed wjazdem do tunelu, postój pojazdów służby technicznej obsługi tunelu, centrum kontroli jak również muszą spełniać warunki do lądowania śmigłowców Lotniczego Pogotowia Ratunkowego

PDR uwzględniający realizację ewakuacji we wszystkich scenariuszach powinien być uzgodniony przez właściwe służby ratownicze.

Oznakowanie drzwi ewakuacyjnych:

W celu poprawy orientacji w warunkach pożarowych należy zaprojektować i wykonać oświetlenie przejść poprzecznych i przejazdu poprzecznego między nawami za pomocą opraw oznakowania drzwi ewakuacyjnych. Oprawy te muszą posiadać możliwość montażu na ścianie tunelu, listwowe o przekroju trójkątnym, z modułami LED w kolorze zielonym. Oznakowanie ma mieć na celu dodatkowe ułatwienie lokalizacji drzwi ewakuacyjnych.

2.1.24.41. Nisze sygnalizacyjne (alarmowe).

Tunel należy wyposażyć w punkty alarmowe rozmieszczone w odległościach nieprzekraczających 150 m, zlokalizowane w niszach ściany tunelu w metodzie górniczej. W metodzie drążenia TBM, punkty alarmowe można wykonać w postaci skrzynek na ścianach bocznych tunelu, w sposób, który nie będzie utrudniał ewakuacji oraz przy portalach wjazdowych i wyjazdowych. Punkty alarmowe mają pełnić funkcję komunikacyjne i ratownicze, musi być możliwość wezwania z nich pomocy i podjęcia działań gaśniczych w sytuacji wystąpienia zagrożenia w tunelu. Wszystkie nisze w których zlokalizowane są punkty alarmowe mają być zamykane w sposób ograniczający wpływ środowiska

zewnątrznego na zainstalowane w nich elementy systemu. Na drzwiach każdego z punktów alarmowych musi być umieszczona informacja o treści: „Brak ochrony przed pożarem, w tym pomieszczeniu. Należy podążać za znakami kierującymi do wyjść ewakuacyjnych.”, a każde z drzwi ma posiadać duże przeszklenie pozwalające ocenić z zewnątrz sytuację wewnątrz punktu alarmowego, a wymiary przejścia w świetle nie powinny być mniejsze na szerokość 0,9 m i wysokość 2 m.

W każdym z punktów alarmowych należy zainstalować:

a) Telefon alarmowy SOS.

System telefonii alarmowej:

System telefonii alarmowej ma być przeznaczony do zgłaszania sytuacji awaryjnych: takich jak awarie, wypadki, pożary. Musi być systemem zamkniętym, wykorzystywanym tylko i wyłącznie na potrzeby tunelu. Należy zapewnić możliwość wykonania połączenia między osobą znajdującą się w niszy tunelu a dyspozytorem znajdującym się w siedzibie CZT lub w rezerwowym centrum dyspozytorskim. Należy zapewnić możliwość zestawienia połączenia z innym numerem telefonu na terenie tunelu.

Jako moduły telefonów alarmowych mają zostać wykorzystane urządzenia wandaloodporne, wyposażone w obudowy ze stali nierdzewnej, zapewniające odpowiedni poziom zabezpieczenia przed zabrudzeniami IP65 i uszkodzeniem mechanicznym IK07. Mają być wykończone w kolorze pomarańczowym z białym napisem SOS.

Nad stacją należy umieścić instrukcję obsługi wykonaną w postaci piktogramów. W taki sposób, żeby miejsce ulokowania telefonów alarmowych było dobrze widoczne i nie pozostawiało wątpliwości co do sposobu ich wykorzystania. Urządzenia należy wyposażyć w wbudowany system redukcji szumów pozwalający na eliminację hałasu występującego w tle w tunelu i wyraźny odbiór przekazu alarmowego. Do połączenia modułu należy użyć kabel ekranowany STP kat.5e.

Rozmowy prowadzone pomiędzy interkomami alarmowymi, a stacją operatorską mają podlegać rejestracji (przewiduje się rejestrację do 4 rozmów jednocześnie). Telefony alarmowe należy wyposażyć w funkcje nadzoru poprawności działania centrali, monitoring ciągłości połączeń pomiędzy terminalami, a centralą a także funkcję umożliwiającą testowanie poprawności działania układów mikrofonu i głośnika terminali SOS. System ma mieć możliwość nagrania dowolnego komunikatu oraz automatycznego odtworzenia

w stacji interkomowej, której użyto do połączenia z centrum dozoru. Centrale systemu alarmowego należy skonfigurować do pracy w układzie redundantnym. Dodatkową funkcją serwera rozmów ma być umożliwienie łączności obsługi tunelowej. W każdej niszy technicznej należy wyprowadzić końcówkę łącza abonenckiego, do którego będzie możliwe podpięcie przenośnego telefonu interkomowego, będącego na wyposażeniu obsługi tunelu. Należy przewidzieć minimum 4 przenośne telefony interkomowe.

b) Zestaw ratunkowy składający się z dwóch gaśnic proszkowych GP-6 ABC o wadze 6 kg każda oraz koca gaśniczego z włókna szklanego.

Zestaw ratunkowy:

Gaśnice i koc gaśniczy należy umieścić w stacji pomocy czyli wydzielonej małej niszy (szafka gaśnic). Otwarcie drzwi szafki gaśnic i/lub podjęcie gaśnicy musi zostać zasygnalizowane poprzez sterownik PLC w systemie wizualizacji SCADA.

Miejsca gdzie umiejscowione będą gaśnice muszą zostać oznakowane zgodnie z normą PN-EN ISO 7010:2012 Znaki ochrony przeciwpożarowej.

c) Oświetlenie awaryjne, w tym oprawa świecąca z piktogramem informacyjnym przedstawiającym telefon oraz napis SOS.

d) Ręczny ostrzegacz pożarowy.

2.1.24.42. System sieci hydrantowej oraz Stale urządzenia gaśnicze (SUG)

a) Wymagania ogólne:

- Drogi pożarowe muszą być wyposażone w stały dostęp do zaopatrzenia w wodę do celów ratowniczo-gaśniczych.
- Minimalne ciśnienie w sieci 0,2 MPa.
- Sieć należy zaprojektować według Rozporządzenia [14] jako obwodową, zasilaną obustronnie z każdego końca tunelu.
- Średnica nominalna przewodów wodociągowych nie może być mniejsza niż DN100.
- Minimalna wydajność źródła zasilania to 2x10 dm³/s przy pracy minimum 2 hydrantów jednocześnie.
- Źródło zasilania poza zasilaniem z sieci wodociągowych i studni o wydajności j.w. musi być uzupełnione o układ zbiorników z każdej strony tunelu o pojemności gwarantującej w każdej chwili zasilanie sieci hydrantowej na czas 2 godzin, z uwzględnieniem redundantności całego systemu
- Zbiorniki podziemne (kryte), których konstrukcja całkowicie mieści się poniżej terenu, a przykrycie może być konstrukcją nośną, umożliwiającą odbywanie się po nim normalnego ruchu kołowego i pieszego. Dopuszcza się pompownie i zbiorniki o konstrukcji nadziemnej spełniające wymagania normy [15].
- Głębokość maksymalna zbiornika powinna być taka, aby odległość pionowa mierzona od osi nasady pompy pożarniczej po stronie ssawnej do dna zbiornika lub studzienki ssawnej w miejscu czerpania wody nie przekraczała 6 m.
- Zaleca się sytuowanie zbiorników podziemnych pod trawnikami lub placami. Jeżeli zbiornik kryty jest podziemny usytuowany pod placem, na którym jest przewidziany duży ruch pojazdów, należy zapewnić odpowiednie miejsce na stanowisko czerpania wody i swobodny dojazd.

b) Wymagania szczegółowe:

- Należy stosować układ minimum 2 zbiorników z każdej strony tunelu, umożliwiający prace serwisowe, konserwacje i wymianę wody w jednym zbiorniku z całego układu zasilania p.poż.
- Przy każdym przeciwpożarowym zbiorniku wodnym należy przewidzieć i wykonać stanowisko czerpania wody ułatwiające pobór wody ze zbiornika pompami pożarniczymi. Stanowisko czerpania wody powinno mieć wymiary co najmniej 20 x 20 m. Stanowisko czerpania wody powinno się znajdować w odległości nie większej niż 3 m od punktu poboru wody ze zbiornika.

- Zarówno odległość stanowiska czerpania wody jak i punktu poboru wody ze zbiornika lub studzienki ssawnej, od najbliższego chronionego obiektu nie powinna być mniejsza niż 25 m.
- Każde stanowisko czerpania wody powinno być wyposażone w minimum dwa przewody ssawne o średnicy uzgodnionej z KWSP. Przy zbiornikach należy przewidzieć co najmniej dwa stanowiska czerpania wody (każde wyposażone w minimum dwa przewody ssawne).
- Gdy stanowisko czerpania wody ma być usytuowane w pobliżu istniejącej wody – w miejscu tym należy przewidzieć poszerzenie tej drogi w taki sposób, aby uzyskać niezbędną powierzchnię na urządzenie stanowiska czerpania wody.
- Przy stanowisku czerpania wody powinna być ustawiona tablica informacyjna wg PN.
- Nawierzchnia stanowiska powinna być utwardzona i mieć spadek umożliwiający odwodnienie. Nawierzchnia powinna wytrzymywać obciążenie równe co najmniej 100 kN przypadające na jedną oś samochodu pożarniczego. Stanowisko powinno mieć oświetlenie elektryczne, a w przypadku braku sieci energetycznej słupek do zawieszenia źródła światła.
- Punkt zasilania w medium gaśnicze należy wyposażyć w nawierzchnie o wytrzymałości na obciążenie równe co najmniej 100 kN przypadające na jedną oś samochodu pożarniczego.
- Tunele o długości powyżej 400m powinny być wyposażone w Stałe urządzenia gaśnicze (SUG) według punktu 8.2 Wytycznych [6] a) – rozdzielniach energii elektrycznej, pomieszczeniach UPS, oraz pomieszczenia ze sprzętem uznanym za niezbędne dla bezpieczeństwa tunelu.
- Tunel o długości większej niż 500m należy wyposażyć w hydranty zewnętrzne . Na ścianach tunelu w pobliżu portali tunelu i w rozstawie nie większym niż 150m należy zaprojektować wnęki hydrantowe zaopatrzone w hydrant co najmniej DN 80 oraz w zawór odcinający. Zarówno wnęka jak i zawór musi być umieszczony w sposób umożliwiający podłączenie i rozwinięcie linii gaśniczej węży pożarniczych.
- Sieci wodociągowe zaprojektowane na cele pożarowe, w projektowanym tunelu drogowym, należy wykonać z rur wodociagowych – stalowych lub żeliwnych, w celu zabezpieczenia ich na wypadek działania ognia.
- Należy zaprojektować i wykonać sieć wodociagową oraz hydranty zabezpieczone przed zamarzaniem z uwzględnieniem panujących warunków atmosferycznych. Należy zapewnić możliwość funkcjonowania wszystkich hydrantów przez cały rok bez względu na warunki pogodowe.
- Projektując sieć wodociagową jako instalację mokrą/suchą należy zapewnić, że wymagania dotyczące parametrów infrastruktury gaśniczej wymienione powyżej, są spełnione najpóźniej po 5 minutach od zgłoszenia alarmu, nawet w najbardziej odległych miejscach sieci wodociagowej do celów przeciwpożarowych. Sieć wodociagową zasilającą hydranty ppoż. nadziemne w tunelu, należy zaprojektować jako obwodową.
- Instalacja hydrantowa musi być zasilana obustronnie z sieci wodociagowych z zastosowaniem dwóch niezależnych punktów przyłączenia zapewniających ciągłość dostawy wody do tunelu.
- Konieczność zastosowania stałego urządzenia gaśniczego w tunelu powinna wynikać z Dokumentacji Bezpieczeństwa Tunelu wykonywanej na etapie Koncepcji Programowej. Ostateczne wymagania dotyczące parametrów infrastruktury gaśniczej w tunelu należy pisemnie uzgodnić z KWSP.
- Jeżeli zostanie uznane za konieczne zastosowanie stałego urządzenia gaśniczego (zrascaczowego, pianowego czy mgły wodnej) dla jezdni, należy je zaprojektować jako system niezależny od pozostałych. Instalacja powinna być podzielona w każdej

nawie tunelu na sekcje o długości dobranej indywidualnie dla zapewnienia pełnego pokrycia tunelu środkiem gaśniczym i szerokości równej pełnej szerokości nawy.

- Urządzenie powinno posiadać własne źródło środka gaśniczego czy zapas wody, własne pompy, zasilanie, rurociągi rozprowadzające i armaturę sterującą. Urządzenie w szczególności nie może czerpać wody zarezerwowanej dla systemu hydrantowego czy przeznaczonego na potrzeby pomp pożarniczych. Należy zaprojektować urządzenie w taki sposób by elementy sterowania były odpowiednio oznaczone i dostępne dla odpowiednich służb w jak najkrótszym czasie. Urządzenie musi spełniać wymagania przepisów zarówno krajowych jak i podanych w warunkach dopuszczenia do wbudowania oraz UDT, czy inne wymagane odpowiednimi przepisami.

2.1.24.43. System kanalizacji jezdni w tunelach.

Podstawową wymaganą cechą systemu jest zapobieganie rozprzestrzenianiu się cieczy i płynów będących źródłem lub nośnikiem ognia oraz natychmiastowy odbiór i separacja powyższych.

a) Wymagania ogólne:

System kanalizacji drogowej zgodnie z zaliczany jest do składników bezpieczeństwa pożarowego.

Musi on się cechować wysoką klasą niezawodności oraz odporności na ogień, wysoką temperaturę oraz mieć odporność chemiczną wymaganą jak dla odwodnienia dróg.

Należy stosować odwodnienie liniowe zamknięte z zachowaniem wymaganych spadków jak dla dróg. Woda i inne substancje płynne z jezdni odprowadzić należy do biegnących w osi odwodnienia rozmieszczonych co 50m studzienek syfonowych, a następnie do studzienek kolektora odwodnienia w kierunku spadku podłużnego niwelety. Na długości nisz hydrantowych, przejść ewakuacyjnych i przejazdów, szczelina musi być odcinkowo zamknięta.

Elementy odwodnienia zlokalizowane w jezdni wraz ze studzienką syfonową muszą mieć klasę odporności ogniowej minimum EI 120.

System odwodnienia powinien mieć zdolność samo-gaszenia płynnych substancji.

Ciągi kanalizacyjne kolektora zbiorczego takie jak, połączenia, złączki należy wykonywać z żeliwa sferoidalnego lub kamionki zgodne z PN-EN.

Średnice kolektora należy wyliczyć z uwzględnieniem napływu wody w trakcie akcji gaśniczej. Nie może jednak być ona mniejsza niż to DN300.

Ciecze z kanalizacji tunelu powinny trafiać do układu składającego się ze zbiornika retencyjnego o pojemności nie mniejszego niż 100 m³, wyposażonego w separator lamelowy i piaskownik oraz układ odcinający i zamykający w trakcie akcji gaśniczej. W sytuacji awaryjnej - gaszenia pożaru - musi zadziałać obejście (bypass) separatora i piaskownika.

Przy obliczaniu wydajności sieci i pompowni oraz pojemności zbiornika należy uwzględnić napływ wody z akcji gaśniczej.

b) Wymagania szczegółowe:

Jeżeli to będzie konieczne ze względu na ukształtowanie niwelety tunelu, należy zaprojektować i wykonać w tunelu przepompownie – zbiorniki pośrednie - wyposażone w zdublowany system pompowania ścieków z kanalizacji. Zalecany rozstaw zbiorników pośrednich nie powinien być większy niż 1000m. Układy muszą posiadać niezależne układy sterowania i zasilania, ale mogą korzystać z jednego zbiornika zbiorczego (rzapi). System musi mieć możliwość odpompowywania ścieków w kierunku obu końców tunelu. Dopuszcza się wypompowanie pionowe przez dedykowane studnie pośrednie.

W przypadku braku możliwości grawitacyjnego odwodnienia tunelu kanalizacją szczelną należy zastosować kanalizację ciśnieniową. Wówczas w tunelu należy zainstalować dwie przepompownie (każda wyposażona w system pomp zapewniający ciągłą pracę w sytuacjach awaryjnych) awaryjne. Zadaniem tych przepompowni ma być:

- odprowadzenie wód deszczowych w przypadkach awarii jednej z przepompowni ścieków z odcinków zjazdowych do tunelu;
- odprowadzenie ścieków z rozlewów i wycieków awaryjnych i innych zdarzeń losowych;
- odprowadzenie ścieków powstałych po gaszeniu pożaru, odprowadzenie ścieków powstałych w czasie sprzątania i mycia tunelu, napływających wód deszczowych lub penetrującej wody gruntowej.

Obliczenia przepustowości ścieków i kolektorów należy wykonywać metodą Manninga z dopuszczalnym maksymalnym 80% napełnieniem przekroju zarówno otwartego jak zamkniętego.

W zależności od nachylenia niwelety należy przeanalizować i uwzględnić w projekcie kanalizacji prędkość spływu i zabezpieczyć konstrukcje przed jej destrukcyjnym oddziaływaniem.

Odwodnienie liniowe należy wyprowadzić minimum 10 m, przed portale tunelu.

Rurociągi kanalizacji powinny być wykonane z wyrobów klasy reakcji na ogień minimum A1 według PN-EN 13501. Pompownie, studnie, separatory i osadniki muszą być dostosowane do przewidywanych zagrożeń mechanicznych, chemicznych, wybuchowych i pożarowych.