

#### **IV. SZCZEGÓLWE WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA**

##### **1. Informacje ogólne**

- 1) Przedmiotem zamówienia jest dostawa do wskazanych przez zamawiającego lokalizacji przełączników sieciowych (urządzeń do transmisji danych cyfrowych) i ich elementów,
- 2) Powyższe przełączniki i ich elementy zostaną wykorzystane do zbudowania przez zamawiającego infrastruktury do uruchomienia rdzenia sieci 5G dla krajowego laboratorium technologii 5G wraz z otoczeniem.
- 3) Klasyfikacja urządzenia jako przełącznik MPLS jest dokonywana na podstawie funkcji realizowanych przez urządzenie sieciowe i jest niezależna od klasyfikacji dokonywanej przez danego producenta sprzętu sieciowego. Zamawiający uzna, że występujące w literaturze (dokumentacji) technicznej nazwy router i przełącznik MPLS są tożsame, o ile jest to urządzenie sieciowe realizujące przełączanie pakietów na podstawie etykiet opisane w dokumentach IETF:
  - RFC 3031 „Multiprotocol Label Switching Architecture” oraz
  - RFC 3032 „MPLS Label Stack Encoding”.
- 4) W dalszej części niniejszego dokumentu, o ile nie zaznaczono inaczej, router i/lub przełącznik MPLS nazywany jest przełącznikiem. Użycie tego określenia nie wpływa na ograniczenie lub wyróżnienie innych funkcji realizowanych przez urządzenia będące przedmiotem zamówienia, przynależnych do urządzeń określonego typu (np. przełączania pakietów IP wykonywanego przez routery lub przełączania ramek Ethernet przez przełączniki Ethernet).
- 5) Wszystkie wymagania i parametry, w tym techniczne, funkcjonalne i wydajnościowe zawarte w niniejszym dokumencie mają charakter obligatoryjny i Wykonawca zobowiązany jest do ich spełnienia w ramach oferowanego rozwiązania.
- 6) W przypadku określenia wymagań odnoszących się do standardów i dokumentów normatywnych, jako oczywiste dopuszczalne są rozwiązania oparte na nowszych wersjach standardów (dokumentów normatywnych) lub zastępujących (zgodnie z zasadami przyjętymi przez organ standaryzacyjny) podane w specyfikacji.
- 7) Przełączniki zostały podzielone na typy ze względu na występujące między nimi różnice funkcjonalne i wydajnościowe.
- 8) W przypadku wymienia wielu wymagań, konieczne jest spełnianie wszystkich z nich (np. umieszczenie wymagania „Urządzenie musi obsługiwać multicast IPv4 (IGMPv2/3, PIM SM, SSM, MSDP)” oznacza konieczność obsługi przez urządzenie wszystkich wymienionych protokołów).
- 9) W przypadku, gdy do realizacji określonej funkcjonalności lub osiągnięcia wymaganej wydajności konieczne jest dostarczenie lub wgranie do urządzenia licencji, Zamawiający wymaga, aby były to licencje bezterminowe (permanentne) oraz niezależne od wersji używanego na urządzeniu oprogramowania. Takie licencje muszą również działać po aktualizacji oprogramowania do najnowszej wersji do jakiej Zamawiający będzie uprawniony.
- 10) Zamawiający dopuszcza zastosowanie licencjonowania przepustowości sumarycznie wykorzystywanych interfejsów na poszczególnych urządzeniach. W takim wypadku dostarczone licencja lub licencje muszą:
  - obsłużyć minimalną przepustowość sumarycznie wykorzystywanych interfejsów określoną dla danego typu przełącznika w SWZ, a nadto

- pozwalać na zwiększenie w przyszłości (poprzez zakup kolejnych licencji) przepustowości sumarycznie wykorzystywanych interfejsów do wartości co najmniej równej wymaganej w SWZ przepustowości (wydajności przełączania) urządzenia.
  - a. **Przepustowość** interfejsu rozumiana jest jako szybkość przesyłania danych w **jednym** kierunku (np. 10Gb/s dla interfejsów 10GE, 100Gb/s dla interfejsów 100GE itd.). Nie dopuszcza się kalkulacji przepustowości poprzez sumowanie prędkości przesyłania danych w kierunku nadawczym i odbiorczym.
  - b. W ramach licencji tego typu zamawiający musi mieć możliwość swobodnego wyboru typu wykorzystywanych interfejsów bez konieczności modyfikacji udzielonej licencji (np. generowanie nowej licencji po uruchomieniu innego interfejsu lub zmiany prędkości jego pracy).
  - c. Licencje muszą być zainstalowane na danym urządzeniu (bez konieczności współpracy z zewnętrznym systemem licencyjnym).
  - d. Dostarczone licencje muszą umożliwiać pracę interfejsów o sumarycznej przepustowości określonej w SWZ, bez względu na to, czy interfejsy obsadzone w dacie dostawy modułami typu SFP/SFP+, QSFP lub QSFP-DD są w stanie przepustowość taką faktycznie wykorzystać.
  - e. Jeżeli w SWZ dla danego przełącznika **nie określono** wymaganej przepustowości sumarycznie wykorzystywanych interfejsów, a dla oferowanego urządzenia stosowany jest taki model licencyjny, wykonawca musi dostarczyć licencje, umożliwiające pracę **wszystkich interfejsów** danego przełącznika, przyjmując przepustowość, gdy działają one z maksymalną szybkością.
- 11) Wszystkie przełączniki muszą pochodzić od tego samego producenta.
  - 12) Wszystkie urządzenia oraz ich elementy i moduły (np. moduły optyczne) muszą być fabrycznie nowe (tj. nieużywane za wyjątkiem wykonania testów potrzebnych do sprawdzenia ich poprawnego działania).
  - 13) Nazwy modułów QSFP56-DD oraz QSFP-DD są stosowane zamiennie i odnoszą się do modułów 400GE.
  - 14) Nazwy modułów QSFP+ oraz QSFP są stosowane zamiennie i odnoszą się do modułów 40GE.
  - 15) Ze względu na różnice w oznaczaniu niektórych jednostek oraz wielkości pomiędzy językiem polskim a dokumentacją angielską przyjęto następujące nazewnictwo wraz z odpowiednikami:
    - a. Mp/s - miliony pakietów na sekundę - odpowiednik w dokumentacji angielskiej - Mpps
    - b. Gp/s - miliardy pakietów na sekundę - odpowiednik w dokumentacji angielskiej Bpps lub Gpps
    - c. Mb/s - miliony bitów na sekundę - odpowiednik w dokumentacji angielskiej - Mbps
    - d. Gb/s - miliardy bitów na sekundę - odpowiednik w dokumentacji angielskiej - Gbps
    - f. Tb/s - bilionów bitów na sekundę - odpowiednik w dokumentacji angielskiej - Tbps
  - 16) W celu wyjaśnienia i zachowania spójności poniżej wymienione zostały pozostałe terminy i skróty stosowane w specyfikacji:
    - a. RIB (ang. Routing Information Base) - tablica routingu wykorzystywana w warstwie sterującej urządzenia (ang. Control Plane) na potrzeby i przez protokoły routingu (np. BGP, OSPF itd.). Tablica (baza) routingu RIB to tabela danych przechowywana w routerze (lub przełączniku), która zawiera listę tras do określonych miejsc docelowych w sieci (prefiksów), a w niektórych przypadkach metryki (odległości) związane z tymi trasami. Tablica routingu zawiera informacje o topologii sieci. Budowa tablic routingu RIB jest elementem działania protokołów routingu.

- b. FIB (ang. Forwarding Information Base) - tablica routingu wykorzystywana w warstwie przełączającej urządzenia (ang. Data Plane) podczas operacji sprzętowego przełączania odpowiednio pakietów lub ramek Ethernet. Tablice FIB są zoptymalizowane pod kątem szybkiego wyszukiwania adresów docelowych i implementowane na elementach (np. procesory sieciowe) odpowiedzialnych za przełączanie pakietów przez routery i przełączniki.
- c. Wysokość urządzenia - oznaczana jako RU (ang. rack unit) lub U. Miara wysokości urządzeń na podstawie normy EIA-310 równa 1,75 cala (44.45 mm), powszechnie używana do określenia wielkości urządzeń i szaf teleinformatycznych.

## **2. Wymagania techniczne dla przełączników**

Przełączniki w zależności od obsługiwanych funkcji oraz wyposażenia zostały podzielone na typy. Wymagania wspólne muszą być spełniane przez wszystkie przełączniki. Urządzenia wykorzystane będą do zbudowania jednej lub wielu sieci wykorzystujących technologie IP oraz MPLS. Na dzień sporządzenia oferty żadne z oferowanych urządzeń nie może być przeznaczone do wycofania ze sprzedaży przez producenta (ang. end of sale) ani wsparcia technicznego (ang. end of life).

### **2.1 Wymagania wspólne**

#### **2.1.1 Zarządzanie i ogólna charakterystyka**

- 1) Przełączniki muszą być przystosowane do instalacji w standardowych 19” szafach teleinformatycznych (EIA-310). Przełączniki muszą posiadać wszystkie elementy potrzebne do zainstalowania w szafie.
- 2) Przełącznik musi obsługiwać przełączanie ramek o długości co najmniej 9216 oktetów/bajtów.
- 3) Urządzenie musi obsługiwać edycję konfiguracji implementowanej na urządzeniu bez natychmiastowego uruchamiania poszczególnych elementów podlegających edycji, cofanie zmian konfiguracyjnych do poprzedniej wersji. Ponadto urządzenie musi obsługiwać automatyczne przywrócenie poprzedniej wersji konfiguracji po zdefiniowanym czasie, w którym użytkownik nie potwierdzi powtórnie wprowadzonych zmian (np. w przypadku utraty łączności administracyjnej z urządzeniem w wyniku ostatniej wprowadzonej zmiany). Na urządzeniu musi być przechowywane co najmniej 10 ostatnich konfiguracji.
- 4) Urządzenie musi obsługiwać dostęp do interfejsu CLI za pomocą protokołu SSHv2 oraz obsługiwać transfer plików za pomocą protokołu SFTP (wymagana jest obsługa funkcji serwera).
- 5) Urządzenie musi być wyposażone w port konsolowy do dołączenia konsoli RS-232 z gniazdem RJ45.
- 6) Urządzenie musi obsługiwać protokół NETCONF z wykorzystaniem komunikacji za pośrednictwem protokołu SSH.
- 7) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm ochrony swojej warstwy kontrolnej przed atakami typu DoS (DDoS).
- 8) Wszystkie moduły optyczne wskazane poniżej w sekcji „Wymagania Szczegółowe” muszą być dostarczone przez Wykonawcę wraz z przełącznikami.
- 9) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie niepożądanego ruchu definiowanego przez administratora związanego z działaniem protokołów sygnalizacyjnych (np. protokoły routingu) i procesów zarządzania urządzeniem (np. protokoły SNMP, dostęp SSH) kierowanego do modułu sterującego (ang. control plane).

**UWAGA:** Jeżeli zaaplikowanie działającego globalnie filtra dla ruchu kierowanego do modułu zarządzania (np. na wewnętrznym interfejsie typu loopback) nie jest możliwe, urządzenie musi obsługiwać

mechanizm automatycznej implementacji takiego filtra na pozostałych interfejsach, na których jest to konieczne, aby zapewnić filtrowanie ruchu kierowanego do modułu zarządzającego.

### **2.1.2 Funkcjonalność**

- 1) Urządzenie musi obsługiwać agregację interfejsów fizycznych z wykorzystaniem protokołu LACP (IEEE 802.3ad).
- 2) Urządzenie musi obsługiwać identyfikatory VLAN o znaczeniu lokalnym dla portu fizycznego (ang. local vlan significance). Oznacza to m.in. iż ten sam identyfikator VLAN może być użyty na dowolnej liczbie pozostałych portów fizycznych niezależnie.
- 3) Urządzenie musi obsługiwać znakowanie ramek Ethernet zgodnie z 802.1Q w pełnym zakresie VLANów (1-4094).
- 4) Urządzenie musi obsługiwać możliwość podziału domeny rozgłoszeniowej na wiele odizolowanych domen rozgłoszeniowych (Private VLAN).
- 5) Urządzenie musi obsługiwać oznaczanie pakietów dwoma znacznikami 802.1Q (VLAN) na interfejsie.
- 6) Urządzenie musi obsługiwać ograniczenia dla ruchu typu broadcast, multicast i unknown unicast. Musi obsługiwać możliwość odrzucania ruchu przekraczającego wyznaczone progi wielkości ruchu.
- 7) Urządzenie musi obsługiwać możliwość wyłączenia funkcjonalności uczenia się adresów MAC dostępnych poprzez dany interfejs (ang. MAC learning).
- 8) Urządzenie musi obsługiwać możliwość ograniczania ilości interfejsów przypisanych do danej instancji przełączania.
- 9) Urządzenie musi obsługiwać możliwość jednoczesnej konfiguracji na tym samym interfejsie fizycznym usług typu E-LINE (znakowanych zgodnie z IEEE 802.1Q) realizowanych w technologii MPLS oraz przełączania warstwy trzeciej OSI wykorzystujących IPv4 oraz IPv6. Rozróżnianie usług na interfejsie fizycznym musi być realizowane z wykorzystaniem znaczników VLAN ID (IEEE 802.1Q).
- 10) Urządzenie musi obsługiwać możliwość skonfigurowania portu w trybie przełącznika pozwalając jednocześnie na przenoszenie wskazanej listy wielu VLANów, wraz z określeniem VLAN, który nie będzie wymagał oznaczania tagiem 802.1Q (native VLAN).
- 11) Urządzenie musi obsługiwać możliwość skonfigurowania interfejsów warstwy 3 (L3) OSI przypisanych do danego VLANu i pozwalających na zapewnienie funkcjonalności bramy domyślnej dla urządzeń w danym VLANie tzw. Integrated Routing and Bridging (IRB).
- 12) Urządzenie musi obsługiwać protokół Spanning Tree i Rapid Spanning Tree, zgodnie z IEEE 802.1D-2004, oraz protokół Multiple Spanning Tree zgodnie z IEEE 802.1Q-2003.
- 13) Urządzenie musi pozwalać na konfigurację zachowania w sytuacji, gdy pakiety STP BPDU nie są odbierane na danym interfejsie.
- 14) Urządzenie musi obsługiwać możliwość określenia zachowania interfejsu w przypadku otrzymania pakietów STP BPDU (tzw. BPDU protection).
- 15) Urządzenie musi obsługiwać protokół ERPS, opisanego w ramach ITU-T G.8032, zarówno dla wersji v1, jak i v2.
- 16) Urządzenie musi obsługiwać protokół LLDP (IEEE 802.1ab, Link Layer Discovery Protocol)
- 17) Urządzenie musi umożliwiać określenie listy lub zakresu VLANów obsługiwanych na danym interfejsie logicznym.

- 18) Urządzenie musi obsługiwać manipulację znacznikiem VLAN w ramach otrzymanych na interfejsie logicznym. Dostępne muszą być co najmniej następujące akcje: zdjęcie znacznika VLAN ID (pop), dodanie znacznika VLAN ID (push), zamiana znacznika VLAN ID (swap).
- 19) Urządzenie musi obsługiwać podwójne znaczniki VLAN ID (IEEE 802.1q) dla interfejsów warstwy trzeciej OSI (ang. double tagging).
- 20) Urządzenie musi obsługiwać protokół VRRP zgodnie z RFC 3768, Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP).
- 21) Urządzenie musi obsługiwać protokół BGP oraz następujące jego funkcje
  - a. RFC 1745, BGP4/IDRP for IP—OSPF Interaction
  - b. RFC 1772, Application of the Border Gateway Protocol in the Internet
  - c. RFC 1997, BGP Communities Attribute
  - d. RFC 2283, Multiprotocol Extensions for BGP-4
  - e. RFC 2385, Protection of BGP Sessions via the TCP MD5 Signature Option
  - f. RFC 2439, BGP Route Flap Damping
  - g. RFC 2545, Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing
  - h. RFC 2796, BGP Route Reflection – An Alternative to Full Mesh IBGP
  - i. RFC 2858, Multiprotocol Extensions for BGP-4
  - j. RFC 2918, Route Refresh Capability for BGP-4
  - k. RFC 3065, Autonomous System Confederations for BGP
  - l. RFC 3107, Carrying Label Information in BGP-4
  - m. RFC 3345, Border Gateway Protocol (BGP) Persistent Route Oscillation Condition
  - n. RFC 3392, Capabilities Advertisement with BGP-4
  - o. RFC 4271, A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)
  - p. RFC 4273, Definitions of Managed Objects for BGP-4
  - q. RFC 4360, BGP Extended Communities Attribute
  - r. RFC 4364, BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
  - s. RFC 4456, BGP Route Reflection: An Alternative to Full Mesh Internal BGP (IBGP)
  - t. RFC 4486, Subcodes for BGP Cease Notification Message
  - u. RFC 4659, BGP-MPLS IP Virtual Private Network (VPN) Extension for IPv6 VPN
  - v. RFC 4632, Classless Inter-domain Routing (CIDR): The Internet Address Assignment and Aggregation Plan
  - w. RFC 4684, Constrained Route Distribution for Border Gateway Protocol/MultiProtocol Label Switching (BGP/MPLS) Internet Protocol (IP) Virtual Private Networks (VPNs)
  - x. RFC 4724, Graceful Restart Mechanism for BGP
  - y. RFC 4760, Multiprotocol Extensions for BGP-4
  - z. RFC 4781, Graceful Restart Mechanism for BGP with MPLS
  - aa. RFC 4798, Connecting IPv6 Islands over IPv4 MPLS Using IPv6 Provider Edge Routers (6PE) z wyjątkiem opcji 4b
  - bb. RFC 4893, BGP Support for Four-octet AS Number Space
  - cc. RFC 5004, Avoid BGP Best Path Transitions from One External to Another
  - dd. RFC 5065, Autonomous System Confederations for BGP
  - ee. RFC 5082, The Generalized TTL Security Mechanism (GTSM)

- ff. RFC 5396, Textual Representation of Autonomous System (AS) Numbers
- gg. RFC 5492, Capabilities Advertisement with BGP-4
- hh. RFC 5512, The BGP Encapsulation Subsequent Address Family Identifier (SAFI) and the BGP Tunnel Encapsulation Attribute
- ii. RFC 5549, Advertising IPv4 Network Layer Reachability Information with an IPv6 Next Hop
- jj. RFC 5575, Dissemination of flow specification rules
- kk. RFC 5668, 4-Octet AS Specific BGP Extended Community
- ll. RFC 6286, Autonomous-System-Wide Unique BGP Identifier for BGP-4- fully compliant
- mm. RFC 6368, Internal BGP as the Provider/Customer Edge Protocol for BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
- nn. RFC 6810, The Resource Public Key Infrastructure (RPKI) to Router Protocol
- oo. RFC 6811, BGP Prefix Origin Validation
- pp. RFC 6996, Autonomous System (AS) Reservation for Private Use
- qq. RFC 7300, Reservation of Last Autonomous System (AS) Numbers
- rr. RFC 7611, BGP ACCEPT\_OWN Community Attribute
- ss. RFC 7752, North-Bound Distribution of Link-State and Traffic Engineering (TE) Information Using BGP
- tt. RFC 7854, BGP Monitoring Protocol (BMP)
- uu. RFC 7911, Advertisement of Multiple Paths in BGP
- vv. RFC 8212, Default External BGP (EBGP) Route Propagation Behavior without Policies
- ww. RFC 8326, Graceful BGP session Shutdown"
- 22) Urządzenie musi obsługiwać możliwość określenia maksymalnej liczby prefiksów, jaka może być otrzymana w ramach sesji BGP.
- 23) Urządzenie musi obsługiwać funkcjonalność BGP Additional Paths dla sesji eBGP.
- 24) Urządzenie musi obsługiwać przenoszenie przez sesję BGP dla protokołu IPv4 prefiksów protokołu IPv6 (ang. IPv4 transport for IPv4 and IPv6 routes).
- 25) Urządzenie musi obsługiwać zestawienie sesji BGP protokołu IPv6.
- 26) Urządzenie musi obsługiwać sesje BGP typu labeled unicast (RFC 3107, Carrying Label Information in BGP-4)
- 27) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm BGP MTU Discovery.
- 28) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm BGP Multipath, czy możliwość balansowania (rozkładania) pakietów IPv4 oraz IPv6 na różne (równoległe) trasy do prefiksu docelowego otrzymane poprzez sesje BGP.
- 29) Urządzenie musi obsługiwać możliwość priorytetyzacji określonych prefiksów wysyłanych w ramach sesji BGP.
- 30) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm Route Reflection protokołu BGP (RFC4456).
- 31) Urządzenie musi obsługiwać możliwość zerwania sesji BGP w przypadku gdy określony przez administratora limit dla prefiksów otrzymywanych zostanie przekroczony.
- 32) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm BGP Graceful Shutdown (RFC8326).
- 33) Urządzenie musi obsługiwać protokół IS-IS oraz następujące jego funkcje opisane w poniższych standardach
- a. International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) 8473, Information technology — Protocol for providing the connectionless-mode network service

- b. ISO 9542, End System to Intermediate System Routing Exchange Protocol for Use in Conjunction with the Protocol for the Provision of the Connectionless-mode Network Service
- c. ISO/IEC 10589, Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Intermediate System to Intermediate System intra-domain routing information exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the connectionless-mode network service (ISO 8473)
- d. RFC 1195, Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments
- e. RFC 3719, Recommendations for Interoperable Networks using Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)
- f. RFC 3847, Restart Signaling for Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)
- g. RFC 5120, M-ISIS: Multi Topology (MT) Routing in Intermediate System to Intermediate Systems (ISISs)
- h. RFC 5130, A Policy Control Mechanism in IS-IS Using Administrative Tags
- i. RFC 5286, Basic Specification for IP Fast Reroute: Loop-Free Alternates
- j. RFC 5301, Dynamic Hostname Exchange Mechanism for IS-IS
- k. RFC 5302, Domain-Wide Prefix Distribution with Two-Level IS-IS
- l. RFC 5303, Three-Way Handshake for IS-IS Point-to-Point Adjacencies
- m. RFC 5304, IS-IS Cryptographic Authentication
- n. RFC 5305, IS-IS Extensions for Traffic Engineering
- o. RFC 5306, Restart Signaling for IS-IS
- p. RFC 5307, IS-IS Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)
- q. RFC 5308, Routing IPv6 with IS-IS
- r. RFC 5310, IS-IS Generic Cryptographic Authentication
- s. RFC 5880, Bidirectional Forwarding Detection (BFD)
- t. RFC 6232, Purge Originator Identification TLV for IS-IS
- 34) Urządzenie musi obsługiwać przenoszenie informacji o prefiksach protokołu IPv4 w ramach działania protokołu IS-IS.
- 35) Urządzenie musi obsługiwać przenoszenie informacji o prefiksach protokołu IPv6 w ramach działania protokołu IS-IS.
- 36) Urządzenie musi obsługiwać możliwość skonfigurowania różnych topologii IS-IS dla protokołów IPv4 i IPv6.
- 37) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm LFA (Loop Free Alternate) w ramach protokołu IS-IS.
- 38) Urządzenie musi obsługiwać możliwość wykorzystania ścieżek MPLS LSP jako bramy (ang. next-hop) dla prefiksów obsługiwanych w ramach protokołów IS-IS.
- 39) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm autentykacji sesji IS-IS przy pomocy MD5.
- 40) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm autentykacji sesji IS-IS przy pomocy klucza statycznego.
- 41) Urządzenie musi obsługiwać protokoły OSPFv2, OSPFv3 oraz następujące funkcje opisane w poniższych standardach
  - a. RFC 1583, OSPF Version 2
  - b. RFC 1765, OSPF Database Overflow
  - c. RFC 1793, Extending OSPF to Support Demand Circuits
  - d. RFC 1850, OSPF Version 2 Management Information Base

- e. RFC 2154, OSPF with Digital Signatures
- f. RFC 2328, OSPF Version 2
- g. RFC 2370, The OSPF Opaque LSA Option
- h. RFC 3101, The OSPF Not-So-Stubby Area (NSSA) Option
- i. RFC 3623, Graceful OSPF Restart
- j. RFC 3630, Traffic Engineering (TE) Extensions to OSPF Version 2
- k. RFC 4136, OSPF Refresh and Flooding Reduction in Stable Topologies
- l. RFC 4203, OSPF Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)
- m. RFC 4552, Authentication/Confidentiality for OSPFv3
- n. RFC 4576, Using a Link State Advertisement (LSA) Options Bit to Prevent Looping in BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
- o. RFC 4577, OSPF as the Provider/Customer Edge Protocol for BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
- p. RFC 4811, OSPF Out-of-Band Link State Database (LSDB) Resynchronization
- q. RFC 4812, OSPF Restart Signaling
- r. RFC 4813, OSPF Link-Local Signaling
- s. RFC 4915, Multi-Topology (MT) Routing in OSPF
- t. RFC 5185, OSPF Multi-Area Adjacency
- u. RFC 5187, OSPFv3 Graceful Restart
- v. RFC 5250, The OSPF Opaque LSA Option
- w. RFC 5286, Basic Specification for IP Fast Reroute: Loop-Free Alternates
- x. RFC 5340, OSPF for IPv6 (RFC 2740 is obsoleted by RFC 5340)
- y. RFC 5838, Support of Address Families in OSPFv3
- z. Internet draft draft-ietf-ospf-af-alt-10.txt, Support of address families in OSPFv3
- aa. Internet draft draft-katz-ward-bfd-02.txt, Bidirectional Forwarding Detection
- bb. RFC 8665, OSPF Extensions for Segment Routing
- cc. Internet draft draft-ietf-lsr-flex-algo-07.txt, IGP Flexible Algorithm
- dd. RFC 3137, OSPF Stub Router Advertisement
- ee. RFC 3509, Alternative Implementations of OSPF Area Border Routers
- ff. RFC 5309, Point-to-Point Operation over LAN in Link State Routing Protocols
- gg. RFC 8920, OSPF Application-Specific Link Attributes
- hh. RFC 8920, OSPFv2 Prefix/Link Attribute Advertisement
- 42) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm autentykacji sesji OSPF przy pomocy klucza statycznego.
- 43) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm autentykacji sesji OSPF przy pomocy MD5.
- 44) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm ochrony bazy danych OSPF i OSPFv3 poprzez ograniczenie liczby LSA generowanych w ramach pojedynczej instancji OSPF.
- 45) Urządzenie musi obsługiwać konfigurację filtrów LSA typu 3 otrzymywanych i wysyłanych w ramach OSPF i OSPFv3.
- 46) Urządzenie musi obsługiwać konfigurację różnych topologii w ramach protokołu OSPF (Multi-Topology Routing), czyli różne topologie dla różnych klas ruchu przenoszonych przez urządzenie.
- 47) Urządzenie musi obsługiwać możliwość wykorzystania ścieżek MPLS LSP jako bramy (ang. next-hop) dla prefiksów obsługiwanych w ramach protokołów OSPF.



- 48) Urządzenie musi obsługiwać mechanizmy balansowania (rozdzielania) pakietów na różne łącza w oparciu o nagłówek warstwy trzeciej.
- 49) Urządzenie musi obsługiwać mechanizmy balansowania (rozdzielania) pakietów na różne łącza w oparciu o nagłówek warstwy czwartej.
- 50) Urządzenie musi obsługiwać mechanizmy balansowania (rozdzielania) pakietów na różne łącza w oparciu o etykietę MPLS.
- 51) Urządzenie musi obsługiwać mechanizmy balansowania (rozdzielania) pakietów MPLS w oparciu o zawartość nagłówek warstwy trzeciej i czwartej tychże pakietów.
- 52) Urządzenie musi obsługiwać wirtualne sieci L3VPN dla protokołów IPv4 i IPv6, bazujące na technologii MPLS.
- 53) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm VRRP w ramach instancji sieci wirtualnych L3VPN bazujących na technologii MPLS.
- 54) Urządzenie musi obsługiwać sieci L3VPN realizujące następujące funkcjonalności:
  - a. RFC 2283, Multiprotocol Extensions for BGP-4
  - b. RFC 2685, Virtual Private Networks Identifier
  - c. RFC 2858, Multiprotocol Extensions for BGP-4
  - d. RFC 4364, BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
  - e. RFC 4379, Detecting Multi-Protocol Label Switched (MPLS) Data Plane Failures
  - f. RFC 4576, Using a Link State Advertisement (LSA) Options Bit to Prevent Looping in BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
  - g. RFC 4577, OSPF as the Provider/Customer Edge Protocol for BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)
  - h. RFC 4659, BGP-MPLS IP Virtual Private Network (VPN) Extension for IPv6 VPN
  - i. RFC 4684, Constrained Route Distribution for Border Gateway Protocol/MultiProtocol Label Switching (BGP/MPLS) Internet Protocol (IP) Virtual Private Networks (VPNs)"
- 55) Urządzenie musi obsługiwać protokoły BGP, IS-IS, OSPF oraz OSPFv3 działające w ramach (wewnątrz) wirtualnych sieci L3VPN
- 56) Urządzenie musi obsługiwać wariant Inter-AS L3VPN Option B (opisaney w ramach RFC 4364, BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs) dla sieci L3VPN wykorzystujących technologię MPLS.
- 57) Urządzenie musi obsługiwać wariant Inter-AS L3VPN Option C (opisany w ramach RFC 4364, BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs) dla sieci L3VPN wykorzystujących technologię MPLS.
- 58) Urządzenie musi obsługiwać wirtualne sieci VPLS oraz następujące ich funkcjonalności:
  - a. RFC 4761, Virtual Private LAN Service (VPLS) Using BGP for Auto-Discovery and Signaling
  - b. RFC 4762, Virtual Private LAN Service (VPLS) Using Label Distribution Protocol (LDP) Signaling
  - c. FEC128
  - d. BGP Discovery FEC129
- 59) Urządzenie musi obsługiwać wirtualne sieci punkt-punkt VPWS/PWE i ich następujące funkcje:
  - a. RFC 4447, Pseudowire Setup and Maintenance Using the Label Distribution Protocol (LDP)
  - b. RFC 4448, Encapsulation Methods for Transport of Ethernet over MPLS Networks
  - c. RFC 6074, Provisioning, Auto-Discovery, and Signaling in Layer 2 Virtual Private Networks (L2VPNs)
  - d. RFC 6391, Flow-Aware Transport of Pseudowires over an MPLS Packet Switched Network
  - e. RFC 6790, The Use of Entropy Labels in MPLS Forwarding

- 60) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy LDP z wykorzystaniem control word.
- 61) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy LDP bez wykorzystania control word.
- 62) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE), których oba końce znajdują się na tym samym urządzeniu.
- 63) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE), w ramach których wykonywana jest manipulacja/przepisywanie wartości VID (VLAN)
- 64) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy BGP.
- 65) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy BGP z wykorzystaniem control word.
- 66) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy BGP bez wykorzystania control word.
- 67) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy LDP.
- 68) Urządzenie musi obsługiwać automatyczne wykrywanie routerów PE będące drugim końcem połączenia VPWS przy pomocy FEC 129 również dla połączeń sygnalizowanych przy pomocy LDP.
- 69) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy LDP z równoczesnym wparciem dla modyfikacji wartości pola VID (VLAN) (akcje pop/swap/push).
- 70) Urządzenie musi obsługiwać połączenia punkt-punkt (VPWS/PWE) sygnalizowane przy pomocy LDP na łączach zagregowanych (ang. LAG).
- 71) Urządzenie musi obsługiwać zestawianie połączeń typu PWE na ścieżkach LSP sygnalizowanych przy pomocy mechanizmów Segment Routing.
- 72) Urządzenie musi obsługiwać zestawianie połączeń typu L3VPN na ścieżkach LSP sygnalizowanych przy pomocy mechanizmów Segment Routing.
- 73) Urządzenie musi obsługiwać zestawianie połączeń typu EVPN ELAN na ścieżkach LSP sygnalizowanych przy pomocy mechanizmów Segment Routing.
- 74) Urządzenie musi obsługiwać zestawianie połączeń typu EVPN VPWS (virtual private wire service) na ścieżkach LSP sygnalizowanych przy pomocy mechanizmów Segment Routing.
- 75) Urządzenie musi obsługiwać tryb pracy jako router typu P/PE/LSR i obsługiwać następujące funkcje:
  - a. sygnalizację ścieżek LSP z wykorzystaniem protokołu LDP zgodnie z RFC 3212, Constraint-Based LSP Setup using LDP
  - b. LDP Downstream on Demand mode opisany w RFC 5036, LDP Specification
  - c. sygnalizację ścieżek LSP z wykorzystaniem protokołu RSVP
  - d. Traffic Engineering RFC 3209, RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels
  - e. Fast Reroute RFC 4090, Fast Reroute Extensions to RSVP-TE for LSP Tunnels
- 76) Urządzenie musi obsługiwać mechanizmy dostępnych w ramach MPLS, takich jak:
  - a. statystyki ruchu w ramach poszczególnych ścieżek LSP
  - b. LSP ping
  - c. BFD dla poszczególnych ścieżek LSP
  - d. możliwość tunelowania pakietów wykorzystujących LDP LSP w ramach RSVP LSP
- 77) Urządzenie musi obsługiwać protokół PCEP (Path Computation Element Protocol), opisanego w ramach RFC 5440, Path Computation Element (PCE) Communication Protocol (PCEP)—Stateful PCE

- 78) Urządzenie musi obsługiwać protokół LDP (Label Distribution Protocol).
- 79) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm autentykacji protokołu LDP z wykorzystaniem haseł i kluczy MD5.
- 80) Urządzenie musi obsługiwać możliwość określenia czasu o jaki będzie opóźnione wycofywanie etykiet LDP podczas konwergencji IGP.
- 81) Urządzenie musi obsługiwać funkcję wskazania prefiksów rozgłaszanych w ramach LDP.
- 82) Urządzenie musi obsługiwać rozgłaszanie etykiety 0 do routera LSR kończącego ścieżkę LSP (egress).
- 83) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm Graceful Restart dla protokołu LDP.
- 84) Urządzenie musi obsługiwać synchronizację stanu protokołu LDP z protokołami IGP (przynajmniej OSPF i IS-IS).
- 85) Urządzenie musi obsługiwać wskazanie prefiksów przyjmowanych w ramach LDP.
- 86) Urządzenie musi obsługiwać sesje transportowych LDP zestawianych na łączach wykorzystujących IPv6.
- 87) Urządzenie musi obsługiwać ograniczenie zestawiania sąsiedztwa LDP tylko z sąsiadami wskazanymi w konfiguracji.
- 88) Urządzenie musi obsługiwać wykorzystania przez protokół LDP metryk wykorzystywanych przez protokół IGP.
- 89) Urządzenie musi obsługiwać tunelowanie pakietów wykorzystujących LDP LSP w ramach RSVP LSP (LDP over RSVP).
- 90) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm 6PE - RFC 4798, Connecting IPv6 Islands over IPv4 MPLS Using IPv6 Provider Edge Routers (6PE).
- 91) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm 6VPE - RFC 4659, BGP-MPLS IP Virtual Private Network (VPN) Extension for IPv6 VPN.
- 92) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm explicit-null label w ścieżkach LSP (Ultimate Hop Popping).
- 93) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm tunelowania pakietów ICMP (TTL Exceeded) w ścieżkach LSP.
- 94) Urządzenie musi obsługiwać możliwość wyłączenia modyfikacji pola TTL pakietów w przypadku transport MPLS.
- 95) Urządzenie musi obsługiwać przełączanie MPLS na interfejsach tagowanych IEE 802.1Q (VLAN).
- 96) Urządzenie musi obsługiwać przełączanie MPLS na interfejsach bez tagowania IEEE 802.1Q (VLAN).
- 97) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm sprawdzenia komunikacji w ramach ścieżki LSP przy pomocy komendy traceroute. W wyniku działania mechanizmu zwracane (prezentowane) muszą być etykiety wykorzystywane w ramach ścieżki LSP.
- 98) Urządzenie musi obsługiwać protokół RSVP-TE oraz jego następujące funkcje
  - a. RFC 2205, Resource ReSerVation Protocol (RSVP)—Version 1 Functional Specification
  - b. RFC 2210, The Use of RSVP with IETF Integrated Services
  - c. RFC 2211, Specification of the Controlled-Load Network Element Service
  - d. RFC 2212, Specification of Guaranteed Quality of Service
  - e. RFC 2215, General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements
  - f. RFC 2745, RSVP Diagnostic Messages
  - g. RFC 2747, RSVP Cryptographic Authentication (updated by RFC 3097)
  - h. RFC 2961, RSVP Refresh Overhead Reduction Extensions

- i. RFC 3097, RSVP Cryptographic Authentication—Updated Message Type Value
- j. RFC 3209, RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels
- k. RFC 3473, Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) Extensions (section 9)
- l. RFC 3477, Signalling Unnumbered Links in Resource ReSerVation Protocol - Traffic Engineering (RSVP-TE)
- m. RFC 4090, Fast Reroute Extensions to RSVP-TE for LSP Tunnels
- n. RFC 4203, OSPF Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)
- o. RFC 4558, Node-ID Based Resource Reservation Protocol (RSVP) Hello: A Clarification Statement
- p. RFC 4561, Definition of a Record Route Object (RRO) Node-Id Sub-Object
- q. RFC 4875, Extensions to RSVP-TE for Point-to-Multipoint TE LSPs
- r. RFC 5420, Encoding of Attributes for MPLS LSP Establishment Using Resource Reservation Protocol Traffic Engineering (RSVP-TE)
- s. RFC 7570, Label Switched Path (LSP) Attribute in the Explicit Route Object (ERO)
- t. RFC 8370, Techniques to Improve the Scalability of RSVP-TE Deployments
- u. RFC 2209, Resource ReSerVation Protocol (RSVP)—Version 1 Message Processing Rules
- v. RFC 2216, Network Element Service Specification Template
- w. RFC 4125, Maximum Allocation Bandwidth Constraints Model for Diffserv-aware MPLS Traffic Engineering
- x. RFC 4127, Russian Dolls Bandwidth Constraints Model for Diffserv-aware MPLS Traffic Engineering
- y. RFC 8577, Signaling RSVP-TE Tunnels on a Shared MPLS Forwarding Plane
- 99) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm przypisywania interfejsom tranzytowym atrybutów pozwalających na ich włączenie/wyłączenie przy wyznaczaniu ścieżki LSP.
- 100) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm autentykacji urządzeń z którymi zestawiane jest sąsiedztwo RSVP.
- 101) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm Graceful Restart dla protokołu RSVP.
- 102) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm wskazania ścieżki LSP do określonych adresów docelowych.
- 103) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm zestawienia zapasowych ścieżek LSP przed przełączeniem na nie ruchu (ang. Make before break) bez zbędnych opóźnień.
- 104) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm sygnalizacji wartości MTU w ramach protokołu RSVP.
- 105) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm RSVP Refresh Reduction, zgodnie z RFC 2961, RSVP Refresh Overhead Reduction Extensions.
- 106) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm LSP Self-Ping zgodnie z RFC 7746, Label Switched Path (LSP) Self-Ping.
- 107) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję informacji o etykietach MPLS Segment Routing z wykorzystaniem protokołu IS-IS.
- 108) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję informacji o etykietach MPLS Segment Routing z wykorzystaniem protokołu OSPF.
- 109) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję informacji o Adjacency SID (Segment Routing) w ramach protokołu ISIS.
- 110) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję informacji o Adjacency SID (Segment Routing) w ramach protokołu OSPF.

- 111) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję informacji o Node i Link SID w ramach protokołu IS-IS.
- 112) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję etykiet Segment Routing pomiędzy różnymi obszarami (area) protokołu OSPF.
- 113) Urządzenie musi obsługiwać dystrybucję informacji o Node i Link SID w ramach protokołu OSPF.
- 114) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów wysyłanych i odbieranych na interfejsach warstwy trzeciej z protokołem IPv4.
- 115) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów wysyłanych i odbieranych na interfejsach warstwy trzeciej z protokołem IPv6.
- 116) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów wysyłanych i odbieranych na interfejsach warstwy drugiej dla przełączania w warstwie drugiej (przełącznik/bridge).
- 117) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów wysyłanych i odbieranych na interfejsach warstwy drugiej dla usług VPLS i PWE.
- 118) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów wysyłanych i odbieranych na interfejsach warstwy drugiej dla usług EVPN.
- 119) Urządzenie musi obsługiwać zliczanie filtrowanych pakietów dla poszczególnych reguł filtrowania.
- 120) Urządzenie musi obsługiwać logowanie filtrowanych pakietów w zakresie podstawowych parametrów, takich jak adresy źródłowe i docelowe, protokół, porty źródłowe i docelowe.
- 121) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm ograniczania przepustowości ruchu odbieranego na interfejs logicznym (np. znakowanym VLAN/802.1q) w trybach 'Single Rate Three Color Marker' i 'Two Rate Three Color Marker'.
- 122) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm ograniczania przepustowości ruchu wysyłanego na interfejsie logicznym (np. znakowanym VLAN/802.1q) w trybach 'Single Rate Three Color Marker' i 'Two Rate Three Color Marker'.
- 123) Urządzenie musi obsługiwać wykonanie dla filtrowanych pakietów akcji polegającej na przekierowaniu tych pakietów do wskazanej instancji logicznej typu router wirtualny lub VRF.
- 124) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów na interfejsach typu IRB (ang. Integrated Routing and Bridging).
- 125) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów na podstawie wartości pola DSCP oraz kolejki do jakiej pakiety zostały zaklasyfikowane.
- 126) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów na podstawie ich adresów źródłowych (IPv4 i IPv6), docelowych (IPv4 i IPv6), protokołu, portów źródłowych i docelowych oraz wartości pola DSCP.
- 127) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów pofragmentowanych.
- 128) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów na podstawie zakresów portów źródłowych i docelowych.
- 129) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów na podstawie wartości flag protokołu TCP.
- 130) Urządzenie musi obsługiwać filtrowanie pakietów na podstawie wartości pola TTL.
- 131) Urządzenie musi obsługiwać klasyfikowanie ruchu do kolejek zarządzania ruchem w następujących konfiguracjach
  - a. na podstawie pól 802.1p (wewnętrzny/zewnętrzny VLAN tag) oraz DSCP dla interfejsów pracujących w trybie bridge (przełączanie L2 OSI)
  - b. na podstawie pól 802.1p (wewnętrzny/zewnętrzny VLAN tag) oraz DSCP dla interfejsów przełączających pakiety w warstwie 3 OSI (routing)

- c. na podstawie pól 802.1p (wewnętrzny/zewnętrzny VLAN tag) , DSCP oraz bitu EXP dla interfejsów będących zakończeniami usług VPLS, EVPN oraz typu pseudowire
- 132) Urządzenie musi obsługiwać przepisywanie (zmianę wartości) znaczników 802.1p, DSCP oraz EXP
- 133) Urządzenie musi obsługiwać klasyfikowanie pakietów na podstawie filtrów (ang. filter, access-list) dla wszystkich rodzajów ruchu, jakie mogą być odebrane na interfejsach (warstwy 3 OSI, usług typu pseudowire, VPLS, EVPN).
- 134) Urządzenie musi obsługiwać następujące mechanizmy kolejki pakietów:
- Strict
  - WFQ
  - DWRR
  - WRED
- 135) Urządzenie musi obsługiwać kolejki pakietów multicast.
- 136) Urządzenie musi obsługiwać określanie w jaki sposób będą odrzucane pakiety nie mieszczące się w buforach interfejsów (ang. tail drop profiles).
- 137) Urządzenie musi obsługiwać funkcję zmiany wartości pól ToS/DSCP (IPv4) i Traffic Class (IPv6) pakietów.
- 138) Urządzenie musi obsługiwać funkcję dodania lub zamiany wartości pola MPLS EXP pakietów.
- 139) Urządzenie musi obsługiwać konfigurację rozmiaru bufora używanego do kolejki pakietów oraz kształtowania pasma.
- 140) Urządzenie musi obsługiwać kolejki pakietów w ramach interfejsu fizycznego.
- 141) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm kształtowania pasma (ang. shaping) w ramach interfejsu fizycznego.
- 142) Urządzenie musi obsługiwać konfigurację dokładnej wartości przepustowości kształtowania pasma (ang. exact rate).
- 143) Urządzenie musi obsługiwać skonfigurowanie kolejki o bezwzględnym priorytecie (ang. strict priority).
- 144) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm klasyfikacji pakietów do odpowiednich kolejek na podstawie bitu EXP na interfejsach fizycznych i logicznych.
- 145) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm zmiany wartości bitu EXP pakietów na interfejsach fizycznych i logicznych.
- 146) Urządzenie musi obsługiwać kolejki pakietów multicast wraz z ich replikacją na interfejsach wyjściowych (ang. egress replication).
- 147) Urządzenie musi zapewniać możliwość statycznej konfiguracji wpisów w tablicy ARP.
- 148) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm okresowego wysyłania do zdalnego serwera (kolektora) podstawowych informacji telemerycznych dotyczących działania samego urządzenia. Raportowanie musi obejmować liczniki dotyczące działania:
- filtrów zainstalowanych na interfejsach,
  - kolejek na interfejsach,
  - mechanizmów związanych z kontrolą wielkości ruchu (ang. policer).
- 149) Urządzenie musi obsługiwać wirtualne sieci EVPN zgodnie z następującymi standardami:
- RFCs and Internet drafts that define standards for EVPNs:
  - RFC 4364, BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)

- c. RFC 4761, Virtual Private LAN Service (VPLS) Using BGP for Auto-Discovery and Signaling
  - d. RFC 7209, Requirements for Ethernet VPN (EVPN)
  - e. RFC 7432, BGP MPLS-Based Ethernet VPN
  - f. RFC 7623, Provider Backbone Bridging Combined with Ethernet VPN (PBB-EVPN)
  - g. RFC 8214, Virtual Private Wire Service Support in Ethernet VPN
  - h. RFC 8317, Ethernet-Tree (E-Tree) Support in Ethernet VPN (EVPN) and Provider Backbone Bridging EVPN (PBB-EVPN)
  - i. RFC 8365, A Network Virtualization Overlay Solution Using Ethernet VPN (EVPN)
  - j. RFC 8667, IS-IS Extensions for Segment Routing
  - k. RFC 9047, Propagation of ARP/ND Flags in an Ethernet Virtual Private Network (EVPN)
  - l. RFC 9135, Integrated Routing and Bridging in Ethernet VPN (EVPN)
  - m. RFC 9136, IP Prefix Advertisement in Ethernet VPN (EVPN)
- 150) Urządzenie musi obsługiwać sieci EVPN typu E-LAN
- 151) Urządzenie musi obsługiwać sieci EVPN typu E-LINE (VPWS) zgodnie z RFC 8214, Virtual Private Wire Service Support in Ethernet VPN
- 152) Urządzenie musi obsługiwać sieci EVPN wykorzystując dla przenoszonych ramek transport MPLS.
- 153) Urządzenie musi obsługiwać protokoły IGMPv1, IGMPv2, IGMPv3, MLD
- 154) Urządzenie musi obsługiwać protokoły PIM w następujących trybach:
- a. PIM-DM
  - b. PIM-SM dla protokołu IPv4
  - c. PIM-SM dla protokołu IPv6
  - d. PIM-SSM
- 155) Urządzenie musi obsługiwać protokoły PTP w następujących trybach:
- a. PTP G.8275.1.
  - b. PTP G.8275.2.
- 156) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm BFD oraz następujące jego funkcje:
- a. RFC 5880, Bidirectional Forwarding Detection
  - b. RFC 5881, Bidirectional Forwarding Detection (BFD) for IPv4 and IPv6
  - c. RFC 5882, Generic Application of Bidirectional Forwarding Detection (BFD)
  - d. RFC 5883, Bidirectional Forwarding Detection (BFD)
  - e. RFC 5884, Bidirectional Forwarding Detection (BFD) for MPLS Label Switched Paths (LSPs)
  - f. RFC 5885, Bidirectional Forwarding Detection (BFD) for the Pseudowire Virtual Circuit Connectivity Verification (VCCV)
- 157) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm IEEE 802.1ag Ethernet OAM connectivity fault management (CFM) co najmniej w następujących przypadkach:
- a. w ramach VPLS w zakresie Up i Down maintenance endpoints (MEP).
  - b. w ramach EVPN w zakresie Up i Down maintenance endpoints (MEP).
  - c. w ramach PWE (pseudowire) w zakresie Up i Down maintenance endpoints (MEP).
- 158) Urządzenie musi obsługiwać mechanizm typu sFlow, NetFlow lub jFlow, (próbki i wysyłania do kolektora informacji o przetwarzanym ruchu sieciowym)

## 2.2 Wymagania szczegółowe

### 2.2.1 Przełącznik typu P1

- 1) Przełącznik musi być wyposażony co najmniej w następującą liczbę i typy interfejsów:
  - a. **31** interfejsy 100GE do obsadzenia modułami QSFP28 i QSFP+ umożliwiającymi pracę w następujących trybach:
    - i. 100GE po obsadzeniu modułem QSFP28
    - ii. 40GE po obsadzeniu modułem QSFP+
  - b. **4** interfejsy 400GE do obsadzenia modułami QSFP-DD umożliwiającymi pracę w następujących trybach:
    - i. 400GE po obsadzeniu modułami QSFP-DD
    - ii. 4x100GE po obsadzeniu modułami QSFP-DD
    - iii. 2x100GE po obsadzeniu modułami QSFP-DD
- 2) W zależności od wyposażenia w moduły interfejsów przełączniki typu P1 podzielone zostały na następujące podkategorie
  - a. Przełącznik kategorii P1-A musi być wyposażony w co najmniej
    - i. **2** moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. **2** moduły QSFP (lub QSFP+) dla pracy w trybie 4x10GBASE-LR wraz z patchcordem typu breakout (jednomodowy o długości co najmniej 3m, z jednej strony zakończony złączem MPO lub MTP, do podłączenia z modułem QSFP, a z drugiej strony zakończony 4 parami złączy LC/PC lub LC/UPC)
    - iii. **10** kabli DAC (ang. Direct Attach Copper) typu QSFP28 o długości co najmniej 3M pracujące w trybie 100GE
  - b. Przełącznik kategorii P1-B musi być wyposażony w co najmniej
    - i. **2** moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. **2** moduły QSFP (lub QSFP+) dla pracy w trybie 4x10GBASE-LR wraz z patchcordem typu breakout (jednomodowy o długości co najmniej 3m, z jednej strony zakończony złączem MPO lub MTP, do podłączenia z modułem QSFP, a z drugiej strony zakończony 4 parami złączy LC/PC lub LC/UPC)
    - iii. **8** kabli DAC (ang. Direct Attach Copper) typu QSFP28 o długości co najmniej 3M pracujące w trybie 100GE
- 3) W przypadku stosowania modelu licencjonowania przepustowości sumarycznie wykorzystywanych interfejsów, przełącznik musi być wyposażony w licencje umożliwiające jednoczesną pracę interfejsom o sumarycznej przepustowości co najmniej **1200** Gb/s
- 4) Niezależnie od wymogu określonego w punkcie 3) powyżej przepustowość urządzenia nie może być mniejsza niż **4,5** Tb/s oraz 2 Gp/s (miliardy pakietów na sekundę)
- 5) Przełącznik musi być wyposażony w co najmniej dwa zasilacze przystosowane do zasilania napięciem 230V AC. Przełącznik musi pracować poprawnie z jednym zasilaczem. Przełącznik musi obsługiwać funkcję wymiany pojedynczego zasilacza przy zachowaniu ciągłości pracy całego urządzenia (ang. hot swap)
- 6) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 14 000 000 prefiksów IPv4 w tablicy RIB
- 7) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 6 000 000 prefiksów IPv6 w tablicy RIB
- 8) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2 000 000 prefiksów IPv4 w tablicy FIB
- 9) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 1 000 000 prefiksów IPv6 w tablicy FIB
- 10) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać jednocześnie co najmniej:



- a. 1 200 000 prefiksów IPv4 w tablicy FIB oraz
- b. 500 000 prefiksów IPv6 w tablicy FIB oraz
- c. 200 000 adresów MAC
- 11) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 128 000 grup multicast dla protokołu IPv4
- 12) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 32 000 grup multicast dla protokołu IPv6
- 13) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 50 000 etykiet MPLS w tablicy FIB
- 14) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 32 grupy zagregowanych interfejsów (ang. LAG)
- 15) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 40 interfejsów fizycznych w pojedynczej grupie interfejsów zagregowanych (LAG)
- 16) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2000 nawiązanych sesji BGP
- 17) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2000 instancji EVPN
- 18) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 32 instancje L3VPN (VRF)
- 19) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 14 000 instancji typu pseudowire (E-LINE w oparciu o enkapsulację MPLS)
- 20) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 1000 połączeń lokalnych warstwy 2 OSI (ang. local cross connect)
- 21) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 8 instancji wirtualnych sieci typu NG-MVPN (multicast)

### 2.2.2 Przełącznik typu P2

- 1) Przełącznik musi być wyposażony co najmniej w następującą liczbę i typy interfejsów:
  - a. **47** interfejsów do obsadzenia modułami SFP+ i SFP56, pracujących w następujących trybach:
    - i. 10GE - po obsadzeniu modułami typu SFP+,
    - ii. 50GE - po obsadzeniu modułami typu SFP56,
  - b. **6** interfejsów 400GE do obsadzenia modułami QSFP-DD i QSFP28 umożliwiającymi pracę w następujących trybach
    - i. 400GE po obsadzeniu modułami QSFP-DD
    - ii. 4x100GE po obsadzeniu modułami QSFP-DD
    - iii. 2x100GE po obsadzeniu modułami QSFP-DD
    - iv. 100GE po obsadzeniu modułami QSFP28
    - v. 4x25GE po obsadzeniu modułami QSFP28
    - vi. 2x50GE po obsadzeniu modułami QSFP28
- 2) W zależności od wyposażenia w moduły interfejsów przełączniki typu P2 podzielone zostały na następujące podkategorie
  - a. Przełącznik kategorii P2-A musi być wyposażony w co najmniej
    - i. **2** moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. **2** moduły SFP+ 10GBASE-LR
    - iii. **4** kabli DAC (ang. Direct Attach Copper) typu QSFP28 o długości co najmniej 3M pracujące w trybie 100GE
  - b. Przełącznik kategorii P2-B musi być wyposażony w co najmniej
    - i. **2** moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. **2** moduły SFP+ 10GBASE-LR
    - iii. **6** kabli DAC (ang. Direct Attach Copper) typu QSFP28 o długości co najmniej 3M pracujące w trybie 100GE

- 3) W przypadku stosowania modelu licencjonowania przepustowości sumarycznie wykorzystywanych interfejsów, przełącznik musi być wyposażony w licencje umożliwiające jednoczesną pracę interfejsom o sumarycznej przepustowości co najmniej **800 Gb/s**
- 4) Niezależnie od wymogu określonego w punkcie 3) powyżej przepustowość urządzenia nie może być mniejsza niż **4,5 Tb/s** oraz **2 Gp/s** (miliardy pakietów na sekundę)
- 5) Przełącznik musi być wyposażony w co najmniej dwa zasilacze przystosowane do zasilania napięciem 230V AC. Przełącznik musi poprawnie pracować z jednym zasilaczem. Przełącznik musi obsługiwać funkcję wymiany pojedynczego zasilacza przy zachowaniu ciągłości pracy całego urządzenia (ang. hot swap)
- 6) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 14 000 000 prefiksów IPv4 w tablicy RIB
- 7) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 6 000 000 prefiksów IPv6 w tablicy RIB
- 8) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2 000 000 prefiksów IPv4 w tablicy FIB
- 9) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 1 000 000 prefiksów IPv6 w tablicy FIB
- 10) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać jednocześnie co najmniej:
  - a. 1 200 000 prefiksów IPv4 w tablicy FIB oraz
  - b. 500 000 prefiksów IPv6 w tablicy FIB oraz
  - c. 200 000 adresów MAC
- 11) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 128 000 grup multicast dla protokołu IPv4
- 12) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 32 000 grup multicast dla protokołu IPv6
- 13) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 50 000 etykiet MPLS w tablicy FIB
- 14) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 32 grupy zagregowanych interfejsów (ang. LAG)
- 15) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 40 interfejsów fizycznych w pojedynczej grupie interfejsów zagregowanych (LAG)
- 16) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2000 nawiązanych sesji BGP
- 17) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2000 instancji EVPN
- 18) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 5000 instancji L3VPN (VRF)
- 19) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 14 000 instancji typu pseudowire (E-LINE w oparciu o enkapsulację MPLS)
- 20) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 1500 połączeń lokalnych warstwy 2 OSI (ang. local cross connect)
- 21) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2000 instancji wirtualnych sieci typu NG-MVPN (multicast)

### 2.2.3 Przełącznik typu P3

- 1) Przełącznik musi być wyposażony w co najmniej w następującą liczbę i typy interfejsów:
  - a. **23** interfejsy pracujące w następujących trybach w zależności od zainstalowanego modułu optycznego:
    - i. 10GE po zainstalowaniu modułu typu SFP+
    - ii. 25GE po zainstalowaniu modułu typu SFP28
    - iii. 1GE po zainstalowaniu modułu typu SFP
  - b. **4** interfejsy 100GE do obsadzenia modułami QSFP28 oraz QSFP+ umożliwiające pracę w następujących trybach:
    - i. 100GE po obsadzeniu modułem typu QSFP28
    - ii. 40GE po obsadzeniu modułem typu QSFP+

- 2) W zależności od wyposażenia w moduły interfejsów przełączniki typu P3 podzielone zostały na następujące podkategorie
  - a. Przełącznik kategorii P3-A musi być wyposażony w co najmniej
    - i. 2 moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. 2 moduły SFP+ 10GBASE-LR
  - b. Przełącznik kategorii P3-B musi być wyposażony w co najmniej
    - i. 2 moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. 2 moduły SFP+ 10GBASE-LR
  - iii. 2 kable DAC (ang. Direct Attach Copper) typu QSFP28 o długości co najmniej 3M pracujące w trybie 100GE
  - c. Przełącznik kategorii P3-C musi być wyposażony w co najmniej
    - i. 2 moduły QSFP28 100GBASE-LR4
    - ii. 2 moduły SFP+ 10GBASE-LR
    - iii. 2 kable DAC (ang. Direct Attach Copper) typu QSFP28 o długości co najmniej 3M pracujące w trybie 100GE
- 2) W przypadku stosowania modelu licencjonowania przepustowości sumarycznie wykorzystywanych interfejsów, przełączniki muszą być wyposażony w licencje umożliwiające jednoczesną pracę interfejsom o sumarycznej przepustowości co najmniej **400 Gb/s**, natomiast przełącznik kategorii P3-B musi być wyposażony w licencje umożliwiające jednoczesną pracę interfejsom o sumarycznej przepustowości co najmniej **800 Gb/s**.
- 3) Niezależnie od wymogu określonego w punkcie 3) powyżej przepustowość urządzenia nie może być mniejsza niż **360 Gb/s** oraz **300 Mp/s** (milionów pakietów na sekundę)
- 4) Przełącznik musi być wyposażony w co najmniej dwa zasilacze przystosowane do zasilania napięciem 230V AC. Przełącznik musi poprawnie pracować poprawnie z jednym zasilaczem. Przełącznik musi obsługiwać funkcję wymiany pojedynczego zasilacza przy zachowaniu ciągłości pracy całego urządzenia (ang. hot swap).
- 5) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 256 000 prefiksów IPv4 w tablicy RIB
- 6) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 64 000 prefiksów IPv6 w tablicy RIB
- 7) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać jednocześnie co najmniej:
  - a. 256 000 prefiksów IPv4 w tablicy FIB oraz
  - b. 64 000 prefiksów IPv6 w tablicy FIB oraz
  - c. 256 000 adresów MAC
- 8) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 8 000 grup multicast dla protokołu IPv4
- 9) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 2 000 grup multicast dla protokołu IPv6
- 10) Przełącznik musi poprawnie obsługiwać co najmniej 10 000 etykiet MPLS w tablicy FIB
- 11) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 14 grup zagregowanych interfejsów (ang. LAG)
- 12) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 16 interfejsów fizycznych w pojedynczej grupie interfejsów zagregowanych (LAG)
- 13) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 1000 nawiązanych sesji BGP
- 14) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 2000 instancji EVPN
- 15) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 32 instancje L3VPN (VRF)

- 16) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 8 000 instancji typu pseudowire (E-LINE w oparciu o enkapsulację MPLS)
- 17) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 1000 połączeń lokalnych warstwy 2 OSI (ang. local cross connect)
- 18) Przełącznik musi obsługiwać co najmniej 8 instancji wirtualnych sieci typu NG-MVPN (multicast)

### 3. Warunki gwarancji

- 1) Wszystkie urządzenia jak również moduły muszą być objęte gwarancją do dnia 31.12.2028.
- 2) Obsługa wszelkich zgłoszeń serwisowych musi odbywać się w języku polskim.
- 3) Wykonawca zobowiązany jest zapewnić możliwość zgłaszania wad/awarii w trybie 24h na dobę 365 dni w roku. Zamawiający wprowadza następujące kategorie zgłoszeń:
  - a. Zgłoszenie Krytyczne – wada/awaria przełącznika lub jego elementów powodująca brak możliwości świadczenia usług zaimplementowanych na urządzeniu.
  - b. Zgłoszenie Poważne – wada/awaria przełącznika lub jego elementów powodująca ograniczenie możliwości świadczenia usług zaimplementowanych na urządzeniu (np. zmniejszenie dostępnej przepustowości lub niepełna funkcjonalność) lub ograniczenie niezawodności działania urządzenia.
  - c. Zgłoszenie Podstawowe – pozostałe wady/awarie.
- 4) Maksymalny czas reakcji wykonawcy na zgłoszenie wady/awarii nie może przekraczać 1 godziny od momentu zgłoszenia.
- 5) Czas skutecznej naprawy urządzeń objętych gwarancją i ich elementów:
  - a. Dla zgłoszeń Krytycznych - 4, 6, 8, 10 albo 12 godzin od zgłoszenia wady/awarii przez zamawiającego (należy zaoferować jeden z wymienionych wariantów). Zaoferowany czas skutecznej naprawy Zgłoszenia Krytycznego będzie podlegał ocenie jako kryterium oceny ofert.
  - b. Dla zgłoszeń Poważnych - następny dzień roboczy od zgłoszenia wady/awarii przez zamawiającego.
  - c. Dla zgłoszeń Podstawowych - 7 dni roboczych od zgłoszenia wady/awarii przez zamawiającego.
- 6) Wady/awarie będą usuwane przez wykonawcę w miejscu instalacji urządzeń.
- 7) Jeżeli naprawa będzie polegała na dostarczeniu elementu zamiennego, to jego wymiana za element należący do podmiotu odbierającego może nastąpić tylko w takim terminie, na który wyrazi zgodę podmiot odbierający. Dostawa elementu zamiennego za uszkodzony/zniszczony nastąpi w ramach wynagrodzenia wykonawcy określonego w jego ofercie.
- 8) Gwarancja obejmuje również wykonanie przez wykonawcę wszelkich czynności związanych z transportem i ubezpieczeniem elementów zamiennych na czas transportu i instalacji.
- 9) W okresie gwarancji wykonawca w ramach otrzymanego wynagrodzenia udostępni podmiotowi odbierającemu możliwość wielokrotnego uaktualniania całego oprogramowania sterującego urządzeń objętych gwarancją do najnowszych wersji oferowanych przez producenta tych urządzeń (włączając tzw. firmware), a także dostęp do usług wsparcia technicznego producenta tych urządzeń. W przypadku, gdy dostęp taki wymaga podania nazwy użytkownika, hasła lub numeru seryjnego wykonawca dostarczy podmiotowi odbierającemu te informacje w ciągu 7 dni kalendarzowych od daty zawarcia umowy. Nie jest wymagana możliwość otwierania zgłoszeń serwisowych w serwisie producenta bezpośrednio przez podmiot odbierający, jeżeli producent wymaga w tym celu posiadania wydawanych przez producenta certyfikatów kwalifikacyjnych.
- 10) Podmiot odbierający ma prawo do dodawania do urządzeń objętych gwarancją nowych komponentów takich jak karty z interfejsami sieciowymi lub modułów QSFP, QSFP28, QSFP-DD, SFP+

oraz SFP (pochodzących od dowolnych producentów) oraz wymiany zainstalowanych komponentów (modularnych) samodzielnie bez utraty gwarancji wynikających z usługi wsparcia technicznego.

- 11) Podmioty odbierające mogą udostępnić wykonawcy na jego prośbę zdalny dostęp do urządzeń i systemów zarządzania w celach diagnostycznych. Jednak nie są do tego zobowiązane i każdą tego typu prośbę będą rozpatrywać indywidualnie mając na uwadze bezpieczeństwo sieci i charakter prac diagnostycznych.
- 12) Podmioty odbierające wymagają umożliwienia zgłaszania problemów za pośrednictwem podanych przez wykonawcę telefonów alarmowych (serwisowych) i adresów poczty elektronicznej, a historia korespondencji musi być dostępna w systemie Zgłoszeń Problemowych (ang. Trouble Ticket System) udostępnionym przez wykonawcę.

#### **4. Adresy dostaw do podmiotów odbierających**

Zamawiający wymaga, aby Wykonawca dostarczył oraz zainstalował komponenty w ramach danego zadania w następujących lokalizacjach:

- 1) Zadanie nr 1 – PW – Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, Budynek Sal Technologicznych (BST) przy ul. Jana Pawła II 10 Poznań
- 2) Zadanie nr 2 – PCSS – Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, Budynek Sal Technologicznych (BST) ul. Jana Pawła II 10 Poznań
- 3) Zadanie nr 3 – AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, ul. Czarnowiejska 74
- 4) Zadanie nr 4 – PG – Politechnika Gdańska, 80-233 Gdańsk, ul. G. Narutowicza 11/12, budynek WETI B – budynek nr 42 na mapie <https://campus.pg.edu.pl>, wjazd od strony ul. R. Traugutta przy skrzyżowaniu z ul. Siedlicką 5)
- 5) Zadanie nr 5 – PWr – Politechnika Wrocławska, Budynek C3, ul. Z. Janiszewskiego 11/17, 50-372 Wrocław oraz Budynek C6, ul. C.K. Norwida 4/6, 50-373 Wrocław
- 6) Zadanie nr 6 – IŁ – Instytut Łączności Państwowy Instytut Badawczy  
lokalizacja A – ul. Swojczycka 38, 51-501 Wrocław  
lokalizacja B – ul. Jaškowa Dolina 15, 80-252 Gdańsk