

## Szczegółowy opis przedmiotu zamówienia

### Przełącznik Typ 1 – VSP 7400-48Y-8C (1 szt.)

<b>Wymagania podstawowe</b>
1. Przełącznik posiadający:
◦ 48 portów 1G/10G/25G SFP28
◦ 8 portów 40G/100G QSFP28
2. Wysokość urządzenia 1RU
3. Dedykowany port do zarządzania przełącznikiem „poza pasmem”
4. Dedykowany port konsoli szeregowej RJ45
5. Nieblokująca architektura wyposażona w chipset o przepustowości min. 4 Tb/s
6. Prędkość przełączania pakietów min. 970 Mpp/s
7. Przełącznik musi być wyposażony w dwa zasilacze, które umożliwiają realizację redundancji zasilania z możliwością ich wymiany w czasie pracy przełącznika
8. Przełącznik musi być wyposażony w redundantny system wentylacji z chłodzeniem przód-tył
9. Przełącznik musi mieć możliwość pracy w trybie tradycyjnym, czyli przełączanym/routowanym, ale również z wykorzystaniem technologii Fabric (wirtualizacja usług warstwy drugiej i trzeciej wraz z obsługą multicast)
10. Tablica MAC adresów min. 160 tys. wpisów
11. Pamięć operacyjna: min. 8 GB pamięci DRAM
12. Pamięć flash/SSD: min. 128 GB pamięci Flash/SSD
13. Obsługa IEEE 802.1Q oraz min. 4 tys. aktywnych sieci VLAN
14. Wsparcie dla ramek Jumbo Frame 9600 bajtów
15. Wsparcie protokołów STP, RSTP oraz MSTP
16. Wsparcie dla min. 12 instancji MSTP – IEEE 802.1s
17. Wsparcie dla obsługi MLAG (Multi Chassis Link Aggregation) – możliwość dołączenia innych przełączników lub urządzeń z wykorzystaniem standardowego połączenia Link Aggregation IEEE 802.3ad do dwóch różnych przełączników obsługujących MLAG
18. Możliwość „wirtualizacji” połączenia kontrolnego dla MLAG w ramach rozwiązania Fabric
19. Obsługa min. 56 grup łączy typu Link Aggregation.
20. Obsługa Link Aggregation umożliwiająca zgrupowanie min. 8 portów w jednym łączy
21. Obsługa Link Aggregation wraz z obsługą LACP zgodna z IEEE 802.1AX
<b>Wymagania Layer 3</b>
22. Obsługa min. 32 tys. wpisów w tablicy ARP
23. Możliwość konfiguracji statycznych wpisów ARP
24. Obsługa protokołów routingu
◦ RIPv2 oraz RIPv6

◦ OSPFv2 oraz OSPFv3
◦ BGP oraz BGPv6
25. Obsługa min. 512 interfejsów IP dla IPv4 oraz IPv6
26. Sprzętowa tablica routingu o pojemności min. 15 tys. wpisów dla IPv4 oraz 7 tys. wpisów dla IPv6
27. Obsługa balansowania ruchu ECMP
28. Obsługa redundancji routingu VRRPv3 dla IPv4 oraz IPv6 – min. 500 instancji
29. Obsługa UDP Forwarding / Obsługa DHCP Relay dla IPv4 oraz IPv6
30. Wsparcie min. 24 instancji VRF
31. Możliwość uruchomienia protokołów dynamicznego routingu w ramach serwisu L3 uruchomionego w ramach Fabric
<b>Wsparcie Multicast</b>
32. Obsługa IGMPv1, IGMPv2 oraz IGMPv3
33. Obsługa IGMP Snooping
34. Obsługa min. 4000 interfejsów IGMP
35. Obsługa protokołu routing Multicast PIM oraz PIM-SSM
36. Wsparcie multicast w rozwiązaniu Fabric
<b>Bezpieczeństwo</b>
37. Obsługa DHCP snooping
38. Obsługa Dynamic ARP Inspection
39. Obsługa MAC Security
40. Obsługa IEEE 802.1x
<b>Wsparcie wirtualizacji - Fabric</b>
41. Wsparcie dla standardu IEEE 802.1aq / RFC 6329 Shortest Path Bridging
42. Wsparcie dla standardu IEEE 802.1ah Provider Backbone Bridging
43. Wsparcie dla standardu IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management
44. Wsparcie mechanizmu kontroli usług pomiędzy różnymi IS-IS Area – przepuszczania lub blokowanie wskazanych serwisów L2 i L3 pomiędzy różnymi obszarami sieci
45. Wsparcie mechanizmu kontroli usług pomiędzy różnymi IS-IS Area
46. Wbudowane mechanizmy automatycznej konfiguracji Fabric – tworzenie nowej konfiguracji jak i dodawanie kolejnych urządzeń do Fabric
47. Obsługa min. 100 tys. MAC w ramach szkieletu Fabric
48. Obsługa min. 500 urządzeń w ramach Fabric
49. Obsługa min. 4000 serwisów L2 w ramach Fabric
50. Obsługa multicast w ramach serwisów L2
51. Obsługa 802.1Qcj – Automatic Attachment to Provider Backbone Bridging
52. Wsparcie Remote Mirroring w ramach Fabric

53. Wsparcie mechanizmów rozszerzenia sieci Fabric na inne lokalizacje poprzez dostępną sieć IP
54. Obsługa VXLAN
<b>Wsparcie telemetrii</b>
55. Sprzętowo wspomagana obsługa IPFIX w z prędkością łącza (ang. line-rate)
56. Obsługa wykrywania aplikacji działających w sieci na warstwie 7 modelu OSI
57. Obsługa sFlow
<b>Zarządzania i inne</b>
58. Wsparcie zarządzania poprzez protokół SNMPv3
59. Obsługa SSHv2
60. Obsługa NTPv4
61. Zarządzanie poprzez przeglądarkę www i protokół HTTPS
62. Obsługa LLDP oraz LLDP-MED – IEEE 802.1AB
63. Obsługa RADIUS
64. Obsługa TACACS+
65. Obsługa SYSLOG
66. Możliwość uruchomienia na przełączniku dodatkowych maszyn wirtualnych – możliwość rozszerzenia poprzez licencję
67. Przełącznik musi umożliwiać realizację połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400
68. Przełącznik musi umożliwiać realizację połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks serii x670, x465, x460-G2, x440-G2
69. Przełącznik musi umożliwiać wymianę zasilaczy oraz wentylatorów z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400

## Przełącznik Typ 2 – x465-48T (4 szt.)

Wymagania podstawowe
1. Przełącznik posiadający 48 portów 10/100/1000BASE-T
2. Przełącznik musi posiadać slot rozszerzeń umożliwiający instalację dodatkowych modułów:
◦ Moduł 4 porty 10Gb SFP+
◦ Moduł 4 porty 10/25Gb SFP28
◦ Moduł 2 porty 40Gb QSFP+
3. Przełącznik musi zostać dostarczony z modułem 4 porty 10Gb SFP+
4. Wszystkie porty muszą być aktywne, jeśli wymagają dodatkowych licencji zgodnie z powyższymi wymaganiami co do prędkości i liczby portów
5. Wysokość urządzenia 1U
6. Przełącznik musi posiadać zainstalowane dwa zasilacze, które umożliwiają uzyskanie redundancji zasilania. Niedopuszczalna jest instalacja zasilaczy zewnętrznych. Zasilacze muszą wspierać możliwość wymiany w czasie działania przełącznika bez wpływu na jego pracę
7. Przełącznik musi posiadać wymienne w czasie pracy wentylatory.
8. Przełącznik musi zapewniać pobór powietrza z przodu i wyrzut powietrza z tyłu przełącznika – chłodzenie przód-tył
9. Nieblokująca architektura o wydajności przełączania min. 364 Gb/s
10. Szybkość przełączania min. 270 Milionów pakietów na sekundę
11. Możliwość łączenia przełączników w stos z wydajnością min. 160 Gb/s
12. Możliwość łączenia do 8 przełączników w stos
13. Tablica MAC adresów min. 272k
14. Pamięć operacyjna: min. 2 GB pamięci DRAM
15. Pamięć flash: min. 8 GB pamięci Flash
16. Obsługa sieci wirtualnych IEEE 802.1Q – min. 4094
17. Obsługa sieci wirtualnych protokołowych IEEE 802.1v
18. Obsługa funkcjonalności Private VLAN - blokowanie ruchu pomiędzy klientami z umożliwieniem łączności do wspólnych zasobów sieci
19. Wsparcie dla ramek Jumbo Frames (min. 9216 bajtów)
20. Obsługa Q-in-Q IEEE 802.1ad
21. Obsługa Quality of Service
◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach IEEE 802.1p
◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach DiffServ
◦ 8 kolejek priorytetów na każdym porcie wyjściowym
◦ Obsługa kolejek Strict Priority
◦ Obsługa kolejek Weighted Round Robin
◦ Obsługa WRED (Weighted Random Early Detection)

22. Obsługa Link Layer Discovery Protocol LLDP IEEE 802.1AB
23. Obsługa LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED)
24. Obsługa CDPv2 z obsługą Voice VLAN
25. Przełącznik wyposażony w modularny system operacyjny z ochroną pamięci, procesów oraz zasobów procesora
26. Możliwość instalacji min. dwóch wersji oprogramowania - firmware
27. Możliwość przechowywania min. kilkunastu wersji konfiguracji w plikach tekstowych w pamięci Flash
28. Możliwość monitorowania zajętości CPU oraz pamięci
29. Lokalna i zdalna możliwość monitoringu pakietów (Local and Remote Mirroring)
30. Obsługa Wirtualnych Routerów - możliwość uruchomienia oddzielnych procesów protokołu dynamicznego routingu z oddzielnymi tablicami. Możliwość użycia tych samych podsieci w różnych wirtualnych routerach.
31. Wbudowany dodatkowy port Gigabit Ethernet do zarządzania poza pasmem - out of band management.
32. Dedykowany port konsoli szeregowej RJ45
33. Wbudowany port USB pozwalający na łatwe przenoszenie konfiguracji oraz oprogramowania przełącznika
34. Obsługa Data Center Bridging
◦ DCBx Data Center Bridging Exchange Protocol
◦ Priority Flow Control (PFC)
◦ Enhanced Transmission Selection (ETS)
◦ VXLAN Tunneling End Point (VTEP)
<b>Obsługa Routingu IPv4</b>
35. Sprzętowa obsługa routingu IPv4 - forwarding
36. Pojemność tabeli routingu min. 256 tys. wpisów
37. Routing statyczny
38. Obsługa routingu dynamicznego IPv4
◦ RIP v1/v2
◦ OSPFv2 - możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ BGPv4 - możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ IS-IS - możliwość rozszerzenia przez licencje
39. Policy Based Routing dla IPv4
40. Obsługa DHCP/BootP Relay dla IPv4 z możliwością wysłania zapytań jednocześnie do min. 4 serwerów
<b>Obsługa Routingu IPv6</b>
41. Sprzętowa obsługa routingu IPv6 - forwarding
42. Pojemność tabeli routingu min. 128 tys. wpisów

43. Routing statyczny
44. Obsługa routingu dynamicznego dla IPv6
◦ RIPng
◦ OSPF v3 – możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ BGPv4 – możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ IS-IS – możliwość rozszerzenia przez licencje
45. Obsługa 6to4 (RFC 3056)
46. Obsługa MLDv1 (Multicast Listener Discovery version 1)
47. Obsługa MLDv2 (Multicast Listener Discovery version 2)
48. Policy Based Routing dla IPv6
49. Opcja IPv6 Router Advertisement dla DNS - RFC 6106
<b>Obsługa Multicastów</b>
50. Statyczne przyłączanie do grupy multicast
51. Filtrowanie IGMP
52. Obsługa PIM-SM – możliwość rozszerzenia przez licencje
53. Obsługa PIM-DM – możliwość rozszerzenia przez licencje
54. Obsługa PIM-SSM – możliwość rozszerzenia przez licencje
55. Obsługa PIM snooping
56. Obsługa Multicast VLAN Registration - MVR
57. Obsługa IGMP v1 - RFC 1112
58. Obsługa IGMP v2 - RFC 2236
59. Obsługa IGMP v3 - RFC 3376
60. Obsługa IGMP v1/v2/v3 snooping
61. Możliwość konfiguracji statycznych tras dla Routingu Multicastów
<b>Bezpieczeństwo</b>
62. Obsługa Network Login
◦ IEEE 802.1x
◦ Web-based Network Login
◦ MAC based Network Login
63. Obsługa wielu klientów Network Login na jednym porcie (Multiple supplicants) np. telefon, a za nim komputer
64. Obsługa logowania do sieci z wykorzystaniem IEEE 802.1x oraz MAC authentication na portach pracujących w trybie Link Aggregation
65. Przydział sieci VLAN, ACL/QoS podczas logowania do sieci IEEE 802.1x, MAC authentication
66. Obsługa Guest VLAN dla IEEE 802.1x
67. Możliwość przekierowania na Captive Portal podczas logowania do sieci

68. Obsługa wymuszenia autoryzacji w celu zmiany autoryzacji (VLAN, ACL, QoS) bez konieczności wyłączania i włączania portu – CoA RFC 5176
69. Obsługa TACACS+ (RFC 1492)
70. Obsługa RADIUS Authentication (RFC 2138)
71. Obsługa RADIUS Accounting (RFC 2139)
72. RADIUS per-command Authentication
73. Bezpieczeństwo MAC adresów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ograniczenie liczby MAC adresów na porcie</li> <li>◦ zatrzaśnięcie MAC adresu na porcie</li> <li>◦ możliwość wpisania statycznych MAC adresów na port/vlan</li> </ul>
74. Możliwość wyłączenia MAC learning
75. Zabezpieczenie przełącznika przed atakami DoS
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Networks Ingress Filtering RFC 2267</li> <li>◦ SYN Attack Protection</li> <li>◦ Zabezpieczenie CPU przełącznika poprzez ograniczenie ruchu do systemu zarządzania</li> </ul>
76. Dwukierunkowe (ingress oraz egress) listy kontroli dostępu ACL pracujące na warstwie 2, 3 i 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Adres MAC źródłowy i docelowy plus maska</li> <li>◦ Adres IP źródłowy i docelowy plus maska dla IPv4 oraz IPv6</li> <li>◦ Protokół - np. UDP, TCP, ICMP, IGMP, OSPF, PIM, IPv6 itd.</li> <li>◦ Numery portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Zakresy portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Identyfikator sieci VLAN - VLAN ID</li> <li>◦ Quality of Service IEEE 802.1p oraz DiffServ</li> <li>◦ Flagi TCP</li> <li>◦ Obsługa fragmentów</li> </ul>
77. Dwukierunkowe listy kontroli dostępu ACL realizowane w sprzęcie bez zmniejszania wydajności przełącznika
78. Możliwość konfiguracji min. 8k reguł na wejściu i 1k reguł na wyjściu
79. Możliwość zliczania pakietów lub bajtów trafiających do konkretnej ACL i w przypadku przekroczenia skonfigurowanych wartości podejmowania akcji np. blokowanie ruchu, przekierowanie do kolejki o niższym priorytecie, wysłanie trapu SNMP, wysłanie informacji do serwera Syslog lub wykonanie komend CLI
80. Obsługa bezpiecznego transferu plików SCP/SFTP
81. Obsługa DHCP Option 82
82. Obsługa IP Security – Trusted DHCP Server
83. Obsługa IP Security – DHCP Snooping and Guard
84. Obsługa IP Security - Gratuitous ARP Protection

85. Obsługa IP Security – DHCP Secured ARP/ARP Validation
86. Obsługa IP Security – IP Source guard
87. Ograniczanie przepustowości (rate limiting) na portach wyjściowych oraz ruchu wybranego poprzez ACL
88. Obsługa wykrywania periodycznego zaniku linku (Port-Flap). Musi istnieć możliwość zdefiniowania liczby zaniku linku w czasie określonego czasu oraz reakcji polegającej na wyłączeniu portu na stałe lub na wskazany czas. Zdarzenie musi być raportowane poprzez Trap SNMP i/lub Syslog.
<b>Bezpieczeństwo sieciowe</b>
89. Możliwość konfiguracji portu głównego i zapasowego
90. Obsługa redundancji routingu VRRP
91. Obsługa STP (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1D
92. Obsługa RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1w
93. Obsługa MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1s
94. Obsługa PVST+
95. Obsługa ERPS / G.8032
96. Obsługa Link Aggregation IEEE 802.3ad wraz z LACP - 128 grup po 8 portów.
97. Obsługa MLAG - połączenie link aggregation IEEE 802.3ad do dwóch niezależnych przełączników
98. Obsługa LACP w ramach MLAG
<b>Zarządzanie</b>
99. Obsługa synchronizacji czasu SNTP (Simple Network Time Protocol)
100. Obsługa synchronizacji czasu NTP
101. Zarządzanie przez SNMP v1/v2/v3
102. Zarządzanie przez przeglądarkę WWW – protokół http i https
103. Możliwość zarządzania przez protokół XML
104. Telnet Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
105. SSH2 Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
106. Ping dla IPv4 / IPv6
107. Traceroute dla IPv4 / IPv6
108. Obsługa SYSLOG z możliwością definiowania wielu serwerów
109. Sprzętowa obsługa sFlow
110. Obsługa RMON min. 4 grupy: Status, History, Alarms, Events (RFC 1757)
111. Obsługa RMON2 (RFC 2021)
112. Obsługa autentykacji poprzez certyfikaty X509v3 dla protokołów SSH, Syslog oraz RADIUS
<b>Inne</b>



113.	Współpraca z systemem kontroli dostępu oferowanym przez producenta przełączników.
114.	Wbudowany DHCP Serwer i klient z możliwością definicji opcji (np. opcje 43, 60, 78 itp.)
115.	Wsparcie standardu IEEE 802.1Qcj – Automatic Attachment to Provider Backbone Bridging
116.	Obsługa instalacji dodatkowych modułów 24 i 48 portowych 10/100/1000BASE-T z i bez PoE+ z wykorzystaniem standardu IEEE 802.1BR
117.	Obsługa instalacji dodatkowych modułów 8 portowych 10/100/1000BASE-T z i bez PoE+ z wykorzystaniem standardu IEEE 802.1BR
118.	Wsparcie do min 48 modułów pracujących w standardzie IEEE 802.1BR
119.	Możliwość rozszerzenia funkcjonalności o MPLS poprzez wymianę oprogramowania lub licencję. Wymagane wsparcie dla następujących funkcjonalności: MPLS/VPLS, MPLS/VPWS, LDP, RSVP-TE, Fast Reroute
120.	Obsługa skryptów CLI
121.	Obsługa funkcji TCL/Tk w skryptach CLI
122.	Obsługa skryptów Python
123.	Możliwość edycji skryptów i ACL bezpośrednio na urządzeniu (system operacyjny musi zawierać edytor plików tekstowych)
124.	Możliwość uruchamiania skryptów
	◦ Ręcznie
	◦ O określonym czasie lub co wskazany okres czasu
	◦ Na podstawie wpisów w logu systemowym
125.	Przełącznik musi umożliwiać wymianę zasilaczy oraz wentylatorów z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T.
126.	Przełącznik musi umożliwiać wymianę modułów rozszerzeń z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T i x465-48P
127.	Przełącznik musi umożliwiać stackowanie z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T i x465-48P
128.	Przełącznik musi umożliwiać realizowanie połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400

## Przełącznik Typ 3 – x465-48P (6 szt.)

Wymagania podstawowe
1. Przełącznik posiadający 48 portów 10/100/1000BASE-T z obsługą PoE+
2. Przełącznik musi posiadać slot rozszerzeń umożliwiający instalację dodatkowych modułów: <ul style="list-style-type: none"><li>◦ Moduł 4 porty 10Gb SFP+</li><li>◦ Moduł 4 porty 10/25Gb SFP28</li><li>◦ Moduł 2 porty 40Gb QSFP+</li></ul>
3. Przełącznik musi zostać dostarczony z modułem 4 porty 10Gb SFP
4. Wszystkie porty muszą być aktywne, jeśli wymagają dodatkowych licencji zgodnie z powyższymi wymaganiami co do prędkości i liczby portów
5. Wysokość urządzenia 1U
6. Przełącznik musi posiadać zainstalowane dwa zasilacze, które umożliwiają uzyskanie redundancji zasilania. Niedopuszczalna jest instalacja zasilaczy zewnętrznych. Zasilacze muszą wspierać możliwość wymiany w czasie działania przełącznika bez wpływu na jego pracę
7. Budżet mocy PoE z dwoma zasilaczami nie może być mniejszy niż 1440W, a z pojedynczym zasilaczem nie mniejszy niż 845W.
8. Przełącznik musi posiadać wymienne w czasie pracy wentylatory.
9. Przełącznik musi zapewniać pobór powietrza z przodu i wyrzut powietrza z tyłu przełącznika – chłodzenie przód-tył
10. Nieblokująca architektura o wydajności przełączania min. 364 Gb/s
11. Szybkość przełączania min. 270 Milionów pakietów na sekundę
12. Możliwość łączenia przełączników w stos z wydajnością min. 160 Gb/s
13. Możliwość łączenia do 8 przełączników w stos
14. Tablica MAC adresów min. 272k
15. Pamięć operacyjna: min. 2 GB pamięci DRAM
16. Pamięć flash: min. 8 GB pamięci Flash
17. Obsługa sieci wirtualnych IEEE 802.1Q – min. 4094
18. Obsługa sieci wirtualnych protokołowych IEEE 802.1v
19. Obsługa funkcjonalności Private VLAN - blokowanie ruchu pomiędzy klientami z umożliwieniem łączności do wspólnych zasobów sieci
20. Wsparcie dla ramek Jumbo Frames (min. 9216 bajtów)
21. Obsługa Q-in-Q IEEE 802.1ad
22. Obsługa Quality of Service <ul style="list-style-type: none"><li>◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach IEEE 802.1p</li><li>◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach DiffServ</li><li>◦ 8 kolejek priorytetów na każdym porcie wyjściowym</li><li>◦ Obsługa kolejek Strict Priority</li><li>◦ Obsługa kolejek Weighted Round Robin</li></ul>

◦ Obsługa WRED (Weighted Random Early Detection)
23. Obsługa Link Layer Discovery Protocol LLDP IEEE 802.1AB
24. Obsługa LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED)
25. Obsługa CDPv2 z obsługą Voice VLAN
26. Przełącznik wyposażony w modularny system operacyjny z ochroną pamięci, procesów oraz zasobów procesora
27. Możliwość instalacji min. dwóch wersji oprogramowania - firmware
28. Możliwość przechowywania min. kilkunastu wersji konfiguracji w plikach tekstowych w pamięci Flash
29. Możliwość monitorowania zajętości CPU oraz pamięci
30. Lokalna i zdalna możliwość monitoringu pakietów (Local and Remote Mirroring)
31. Obsługa Wirtualnych Routerów - możliwość uruchomienia oddzielnych procesów protokołu dynamicznego routingu z oddzielnymi tablicami. Możliwość użycia tych samych podsieci w różnych wirtualnych routerach.
32. Wbudowany dodatkowy port Gigabit Ethernet do zarządzania poza pasmem - out of band management.
33. Dedykowany port konsoli szeregowej RJ45
34. Wbudowany port USB pozwalający na łatwe przenoszenie konfiguracji oraz oprogramowania przełącznika
35. Obsługa Data Center Bridging
◦ DCBx Data Center Bridging Exchange Protocol
◦ Priority Flow Control (PFC)
◦ Enhanced Transmission Selection (ETS)
◦ VXLAN Tunneling End Point (VTEP)
<b>Obsługa Routingu IPv4</b>
36. Sprzętowa obsługa routingu IPv4 - forwarding
37. Pojemność tabeli routingu min. 256 tys. wpisów
38. Routing statyczny
39. Obsługa routingu dynamicznego IPv4
◦ RIP v1/v2
◦ OSPFv2 - możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ BGPv4 - możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ IS-IS - możliwość rozszerzenia przez licencje
40. Policy Based Routing dla IPv4
41. Obsługa DHCP/BootP Relay dla IPv4 z możliwością wysłania zapytań jednocześnie do min. 4 serwerów
<b>Obsługa Routingu IPv6</b>
42. Sprzętowa obsługa routingu IPv6 - forwarding
43. Pojemność tabeli routingu min. 128 tys. wpisów

44. Routing statyczny
45. Obsługa routingu dynamicznego dla IPv6
◦ RIPng
◦ OSPF v3 – możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ BGPv4 – możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ IS-IS – możliwość rozszerzenia przez licencje
46. Obsługa 6to4 (RFC 3056)
47. Obsługa MLDv1 (Multicast Listener Discovery version 1)
48. Obsługa MLDv2 (Multicast Listener Discovery version 2)
49. Policy Based Routing dla IPv6
50. Opcja IPv6 Router Advertisement dla DNS - RFC 6106
<b>Obsługa Multicastów</b>
51. Statyczne przyłączanie do grupy multicast
52. Filtrowanie IGMP
53. Obsługa PIM-SM – możliwość rozszerzenia przez licencje
54. Obsługa PIM-DM – możliwość rozszerzenia przez licencje
55. Obsługa PIM-SSM – możliwość rozszerzenia przez licencje
56. Obsługa PIM snooping
57. Obsługa Multicast VLAN Registration - MVR
58. Obsługa IGMP v1 - RFC 1112
59. Obsługa IGMP v2 - RFC 2236
60. Obsługa IGMP v3 - RFC 3376
61. Obsługa IGMP v1/v2/v3 snooping
62. Możliwość konfiguracji statycznych tras dla Routingu Multicastów
<b>Bezpieczeństwo</b>
63. Obsługa Network Login
◦ IEEE 802.1x
◦ Web-based Network Login
◦ MAC based Network Login
64. Obsługa wielu klientów Network Login na jednym porcie (Multiple supplicants)
65. Obsługa logowania do sieci z wykorzystaniem IEEE 802.1x oraz MAC authentication na portach pracujących w trybie Link Aggregation
66. Przydział sieci VLAN, ACL/QoS podczas logowania do sieci IEEE 802.1x, MAC authentication
67. Obsługa Guest VLAN dla IEEE 802.1x
68. Możliwość przekierowania na Captive Portal podczas logowania do sieci
69. Obsługa wymuszenia autoryzacji w celu zmiany autoryzacji (VLAN, ACL, QoS) bez konieczności wyłączania i włączania portu – CoA RFC 5176

70. Obsługa TACACS+ (RFC 1492)
71. Obsługa RADIUS Authentication (RFC 2138)
72. Obsługa RADIUS Accounting (RFC 2139)
73. RADIUS per-command Authentication
74. Bezpieczeństwo MAC adresów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ograniczenie liczby MAC adresów na porcie</li> <li>◦ zatrzaśnięcie MAC adresu na porcie</li> <li>◦ możliwość wpisania statycznych MAC adresów na port/vlan</li> </ul>
75. Możliwość wyłączenia MAC learning
76. Zabezpieczenie przełącznika przed atakami DoS
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Networks Ingress Filtering RFC 2267</li> <li>◦ SYN Attack Protection</li> <li>◦ Zabezpieczenie CPU przełącznika poprzez ograniczenie ruchu do systemu zarządzania</li> </ul>
77. Dwukierunkowe (ingress oraz egress) listy kontroli dostępu ACL pracujące na warstwie 2, 3 i 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Adres MAC źródłowy i docelowy plus maska</li> <li>◦ Adres IP źródłowy i docelowy plus maska dla IPv4 oraz IPv6</li> <li>◦ Protokół - np. UDP, TCP, ICMP, IGMP, OSPF, PIM, IPv6 itd.</li> <li>◦ Numery portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Zakresy portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Identyfikator sieci VLAN - VLAN ID</li> <li>◦ Quality of Service IEEE 802.1p oraz DiffServ</li> <li>◦ Flagi TCP</li> <li>◦ Obsługa fragmentów</li> </ul>
78. Dwukierunkowe listy kontroli dostępu ACL realizowane w sprzęcie bez zmniejszania wydajności przełącznika
79. Możliwość konfiguracji min. 8k reguł na wejściu i 1k reguł na wyjściu
80. Możliwość zliczania pakietów lub bajtów trafiających do konkretnej ACL i w przypadku przekroczenia skonfigurowanych wartości podejmowania akcji np. blokowanie ruchu, przekierowanie do kolejki o niższym priorytecie, wysłanie trapu SNMP, wysłanie informacji do serwera Syslog lub wykonanie komend CLI
81. Obsługa bezpiecznego transferu plików SCP/SFTP
82. Obsługa DHCP Option 82
83. Obsługa IP Security – Trusted DHCP Server
84. Obsługa IP Security – DHCP Snooping and Guard
85. Obsługa IP Security - Gratuitous ARP Protection
86. Obsługa IP Security – DHCP Secured ARP/ARP Validation
87. Obsługa IP Security – IP Source guard

88. Ograniczanie przepustowości (rate limiting) na portach wyjściowych oraz ruchu wybranego poprzez ACL
89. Obsługa wykrywania periodycznego zaniku linku (Port-Flap). Musi istnieć możliwość zdefiniowania liczby zaniku linku w czasie określonego czasu oraz reakcji polegającej na wyłączeniu portu na stałe lub na wskazany czas. Zdarzenie musi być raportowane poprzez Trap SNMP i/lub Syslog.
<b>Bezpieczeństwo sieciowe</b>
90. Możliwość konfiguracji portu głównego i zapasowego
91. Obsługa redundancji routingu VRRP
92. Obsługa STP (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1D
93. Obsługa RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1w
94. Obsługa MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1s
95. Obsługa PVST+
96. Obsługa ERPS / G.8032
97. Obsługa Link Aggregation IEEE 802.3ad wraz z LACP - 128 grup po 8 portów
98. Obsługa MLAG - połączenie link aggregation IEEE 802.3ad do dwóch niezależnych przełączników
99. Obsługa LACP w ramach MLAG
<b>Zarządzanie</b>
100. Obsługa synchronizacji czasu SNTP (Simple Network Time Protocol)
101. Obsługa synchronizacji czasu NTP
102. Zarządzanie przez SNMP v1/v2/v3
103. Zarządzanie przez przeglądarkę WWW – protokół http i https
104. Możliwość zarządzania przez protokół XML
105. Telnet Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
106. SSH2 Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
107. Ping dla IPv4 / IPv6
108. Traceroute dla IPv4 / IPv6
109. Obsługa SYSLOG z możliwością definiowania wielu serwerów
110. Sprzętowa obsługa sFlow
111. Obsługa RMON min. 4 grupy: Status, History, Alarms, Events (RFC 1757)
112. Obsługa RMON2 (RFC 2021)
113. Obsługa autentykacji poprzez certyfikaty X509v3 dla protokołów SSH, Syslog oraz RADIUS
<b>Inne</b>
114. Współpraca z systemem kontroli dostępu oferowanym przez producenta przełączników.
115. Wbudowany DHCP Serwer i klient z możliwością definicji opcji (np. opcje 43, 60, 78 itp.)

116.	Wsparcie standardu IEEE 802.1Qcj – Automatic Attachment to Provider Backbone Bridging
117.	Obsługa instalacji dodatkowych modułów 24 i 48 portowych 10/100/1000BASE-T z i bez PoE+ z wykorzystaniem standardu IEEE 802.1BR
118.	Obsługa instalacji dodatkowych modułów 8 portowych 10/100/1000BASE-T z i bez PoE+ z wykorzystaniem standardu IEEE 802.1BR
119.	Wsparcie do min 48 modułów pracujących w standardzie IEEE 802.1BR
120.	Możliwość rozszerzenia funkcjonalności o MPLS poprzez wymianę oprogramowania lub licencję. Wymagane wsparcie dla następujących funkcjonalności: MPLS/VPLS, MPLS/VPWS, LDP, RSVP-TE, Fast Reroute
121.	Obsługa skryptów CLI
122.	Obsługa funkcji TCL/Tk w skryptach CLI
123.	Obsługa skryptów Python
124.	Możliwość edycji skryptów i ACL bezpośrednio na urządzeniu (system operacyjny musi zawierać edytor plików tekstowych)
125.	Możliwość uruchamiania skryptów
	◦ Ręcznie
	◦ O określonym czasie lub co wskazany okres czasu
	◦ Na podstawie wpisów w logu systemowym
126.	Przełącznik musi umożliwiać wymianę zasilaczy oraz wentylatorów z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48P.
127.	Przełącznik musi umożliwiać wymianę modułów rozszerzeń z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T i x465-48P
128.	Przełącznik musi umożliwiać stackowanie z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T i x465-48P
129.	Przełącznik musi umożliwiać realizowanie połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400

## Przełącznik Typ 4 – x465-48P (5 szt.)

Wymagania podstawowe
1. Przełącznik posiadający 48 portów 10/100/1000BASE-T z obsługą PoE+
2. Przełącznik musi posiadać slot rozszerzeń umożliwiający instalację dodatkowych modułów:
◦ Moduł 4 porty 10Gb SFP+
◦ Moduł 4 porty 10/25Gb SFP28
◦ Moduł 2 porty 40Gb QSFP+
3. Przełącznik musi zostać dostarczony z modułem 2 porty 40Gb QSFP
4. Wszystkie porty muszą być aktywne, jeśli wymagają dodatkowych licencji zgodnie z powyższymi wymaganiami co do prędkości i liczby portów
5. Wysokość urządzenia 1U
6. Przełącznik musi posiadać zainstalowane dwa zasilacze, które umożliwiają uzyskanie redundancji zasilania. Niedopuszczalna jest instalacja zasilaczy zewnętrznych. Zasilacze muszą wspierać możliwość wymiany w czasie działania przełącznika bez wpływu na jego pracę
7. Budżet mocy PoE z dwoma zasilaczami nie może być mniejszy niż 1440W, a z pojedynczym zasilaczem nie mniejszy niż 845W.
8. Przełącznik musi posiadać wymienne w czasie pracy wentylatory.
9. Przełącznik musi zapewniać pobór powietrza z przodu i wyrzut powietrza z tyłu przełącznika – chłodzenie przód-tył
10. Nieblokująca architektura o wydajności przełączania min. 364 Gb/s
11. Szybkość przełączania min. 270 Milionów pakietów na sekundę
12. Możliwość łączenia przełączników w stos z wydajnością min. 160 Gb/s
13. Możliwość łączenia do 8 przełączników w stos
14. Tablica MAC adresów min. 272k
15. Pamięć operacyjna: min. 2 GB pamięci DRAM
16. Pamięć flash: min. 8 GB pamięci Flash
17. Obsługa sieci wirtualnych IEEE 802.1Q – min. 4094
18. Obsługa sieci wirtualnych protokołowych IEEE 802.1v
19. Obsługa funkcjonalności Private VLAN - blokowanie ruchu pomiędzy klientami z umożliwieniem łączności do wspólnych zasobów sieci
20. Wsparcie dla ramek Jumbo Frames (min. 9216 bajtów)
21. Obsługa Q-in-Q IEEE 802.1ad
22. Obsługa Quality of Service
◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach IEEE 802.1p
◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach DiffServ
◦ 8 kolejek priorytetów na każdym porcie wyjściowym
◦ Obsługa kolejek Strict Priority



◦ Obsługa kolejek Weighted Round Robin
◦ Obsługa WRED (Weighted Random Early Detection)
23. Obsługa Link Layer Discovery Protocol LLDP IEEE 802.1AB
24. Obsługa LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED)
25. Obsługa CDPv2 z obsługą Voice VLAN
26. Przełącznik wyposażony w modularny system operacyjny z ochroną pamięci, procesów oraz zasobów procesora
27. Możliwość instalacji min. dwóch wersji oprogramowania - firmware
28. Możliwość przechowywania min. kilkunastu wersji konfiguracji w plikach tekstowych w pamięci Flash
29. Możliwość monitorowania zajętości CPU oraz pamięci
30. Lokalna i zdalna możliwość monitoringu pakietów (Local and Remote Mirroring)
31. Obsługa Wirtualnych Routerów - możliwość uruchomienia oddzielnych procesów protokołu dynamicznego routingu z oddzielnymi tablicami. Możliwość użycia tych samych podsieci w różnych wirtualnych routerach.
32. Wbudowany dodatkowy port Gigabit Ethernet do zarządzania poza pasmem - out of band management.
33. Dedykowany port konsoli szeregowej RJ45
34. Wbudowany port USB pozwalający na łatwe przenoszenie konfiguracji oraz oprogramowania przełącznika
35. Obsługa Data Center Bridging
◦ DCBx Data Center Bridging Exchange Protocol
◦ Priority Flow Control (PFC)
◦ Enhanced Transmission Selection (ETS)
◦ VXLAN Tunneling End Point (VTEP)
<b>Obsługa Routingu IPv4</b>
36. Sprzętowa obsługa routingu IPv4 - forwarding
37. Pojemność tabeli routingu min. 256 tys. wpisów
38. Routing statyczny
39. Obsługa routingu dynamicznego IPv4
◦ RIP v1/v2
◦ OSPFv2 - możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ BGPv4 - możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ IS-IS - możliwość rozszerzenia przez licencje
40. Policy Based Routing dla IPv4
41. Obsługa DHCP/BootP Relay dla IPv4 z możliwością wysłania zapytań jednocześnie do min. 4 serwerów
<b>Obsługa Routingu IPv6</b>

42. Sprzętowa obsługa routingu IPv6 - forwarding
43. Pojemność tabeli routingu min. 128 tys. wpisów
44. Routing statyczny
45. Obsługa routingu dynamicznego dla IPv6
◦ RIPng
◦ OSPF v3 – możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ BGPv4 – możliwość rozszerzenia przez licencje
◦ IS-IS – możliwość rozszerzenia przez licencje
46. Obsługa 6to4 (RFC 3056)
47. Obsługa MLDv1 (Multicast Listener Discovery version 1)
48. Obsługa MLDv2 (Multicast Listener Discovery version 2)
49. Policy Based Routing dla IPv6
50. Opcja IPv6 Router Advertisement dla DNS - RFC 6106
<b>Obsługa Multicastów</b>
51. Statyczne przyłączanie do grupy multicast
52. Filtrowanie IGMP
53. Obsługa PIM-SM – możliwość rozszerzenia przez licencje
54. Obsługa PIM-DM – możliwość rozszerzenia przez licencje
55. Obsługa PIM-SSM – możliwość rozszerzenia przez licencje
56. Obsługa PIM snooping
57. Obsługa Multicast VLAN Registration - MVR
58. Obsługa IGMP v1 - RFC 1112
59. Obsługa IGMP v2 - RFC 2236
60. Obsługa IGMP v3 - RFC 3376
61. Obsługa IGMP v1/v2/v3 snooping
62. Możliwość konfiguracji statycznych tras dla Routingu Multicastów
<b>Bezpieczeństwo</b>
63. Obsługa Network Login
◦ IEEE 802.1x
◦ Web-based Network Login
◦ MAC based Network Login
64. Obsługa wielu klientów Network Login na jednym porcie (Multiple supplicants)
65. Obsługa logowania do sieci z wykorzystaniem IEEE 802.1x oraz MAC authentication na portach pracujących w trybie Link Aggregation
66. Przydział sieci VLAN, ACL/QoS podczas logowania do sieci IEEE 802.1x, MAC authentication
67. Obsługa Guest VLAN dla IEEE 802.1x

68. Możliwość przekierowania na Captive Portal podczas logowania do sieci
69. Obsługa wymuszenia autoryzacji w celu zmiany autoryzacji (VLAN, ACL, QoS) bez konieczności wyłączenia i włączenia portu – CoA RFC 5176
70. Obsługa TACACS+ (RFC 1492)
71. Obsługa RADIUS Authentication (RFC 2138)
72. Obsługa RADIUS Accounting (RFC 2139)
73. RADIUS per-command Authentication
74. Bezpieczeństwo MAC adresów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ograniczenie liczby MAC adresów na porcie</li> <li>◦ zatrzaśnięcie MAC adresu na porcie</li> <li>◦ możliwość wpisania statycznych MAC adresów na port/vlan</li> </ul>
75. Możliwość wyłączenia MAC learning
76. Zabezpieczenie przełącznika przed atakami DoS
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Networks Ingress Filtering RFC 2267</li> <li>◦ SYN Attack Protection</li> <li>◦ Zabezpieczenie CPU przełącznika poprzez ograniczenie ruchu do systemu zarządzania</li> </ul>
77. Dwukierunkowe (ingress oraz egress) listy kontroli dostępu ACL pracujące na warstwie 2, 3 i 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Adres MAC źródłowy i docelowy plus maska</li> <li>◦ Adres IP źródłowy i docelowy plus maska dla IPv4 oraz IPv6</li> <li>◦ Protokół - np. UDP, TCP, ICMP, IGMP, OSPF, PIM, IPv6 itd.</li> <li>◦ Numery portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Zakresy portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Identyfikator sieci VLAN - VLAN ID</li> <li>◦ Quality of Service IEEE 802.1p oraz DiffServ</li> <li>◦ Flagi TCP</li> <li>◦ Obsługa fragmentów</li> </ul>
78. Dwukierunkowe listy kontroli dostępu ACL realizowane w sprzęcie bez zmniejszania wydajności przełącznika
79. Możliwość konfiguracji min. 8k reguł na wejściu i 1k reguł na wyjściu
80. Możliwość zliczania pakietów lub bajtów trafiających do konkretnej ACL i w przypadku przekroczenia skonfigurowanych wartości podejmowania akcji np. blokowanie ruchu, przekierowanie do kolejki o niższym priorytecie, wysłanie trapu SNMP, wysłanie informacji do serwera Syslog lub wykonanie komend CLI
81. Obsługa bezpiecznego transferu plików SCP/SFTP
82. Obsługa DHCP Option 82
83. Obsługa IP Security – Trusted DHCP Server
84. Obsługa IP Security – DHCP Snooping and Guard

85. Obsługa IP Security - Gratuitous ARP Protection
86. Obsługa IP Security – DHCP Secured ARP/ARP Validation
87. Obsługa IP Security – IP Source guard
88. Ograniczanie przepustowości (rate limiting) na portach wyjściowych oraz ruchu wybranego poprzez ACL
89. Obsługa wykrywania periodycznego zaniku linku (Port-Flap). Musi istnieć możliwość zdefiniowania liczby zaniku linku w czasie określonego czasu oraz reakcji polegającej na wyłączeniu portu na stałe lub na wskazany czas. Zdarzenie musi być raportowane poprzez Trap SNMP i/lub Syslog.
<b>Bezpieczeństwo sieciowe</b>
90. Możliwość konfiguracji portu głównego i zapasowego
91. Obsługa redundancji routingu VRRP
92. Obsługa STP (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1D
93. Obsługa RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1w
94. Obsługa MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1s
95. Obsługa PVST+
96. Obsługa ERPS / G.8032
97. Obsługa Link Aggregation IEEE 802.3ad wraz z LACP - 128 grup po 8 portów
98. Obsługa MLAG - połączenie link aggregation IEEE 802.3ad do dwóch niezależnych przełączników
99. Obsługa LACP w ramach MLAG
<b>Zarządzanie</b>
100. Obsługa synchronizacji czasu SNTP (Simple Network Time Protocol)
101. Obsługa synchronizacji czasu NTP
102. Zarządzanie przez SNMP v1/v2/v3
103. Zarządzanie przez przeglądarkę WWW – protokół http i https
104. Możliwość zarządzania przez protokół XML
105. Telnet Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
106. SSH2 Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
107. Ping dla IPv4 / IPv6
108. Traceroute dla IPv4 / IPv6
109. Obsługa SYSLOG z możliwością definiowania wielu serwerów
110. Sprzętowa obsługa sFlow
111. Obsługa RMON min. 4 grupy: Status, History, Alarms, Events (RFC 1757)
112. Obsługa RMON2 (RFC 2021)
113. Obsługa autentykacji poprzez certyfikaty X509v3 dla protokołów SSH, Syslog oraz RADIUS

Inne
114. Współpraca z systemem kontroli dostępu oferowanym przez producenta przełączników.
115. Wbudowany DHCP Serwer i klient z możliwością definicji opcji (np. opcje 43, 60, 78 itp.)
116. Wsparcie standardu IEEE 802.1Qcj – Automatic Attachment to Provider Backbone Bridging
117. Obsługa instalacji dodatkowych modułów 24 i 48 portowych 10/100/1000BASE-T z i bez PoE+ z wykorzystaniem standardu IEEE 802.1BR
118. Obsługa instalacji dodatkowych modułów 8 portowych 10/100/1000BASE-T z i bez PoE+ z wykorzystaniem standardu IEEE 802.1BR
119. Wsparcie do min 48 modułów pracujących w standardzie IEEE 802.1BR
120. Możliwość rozszerzenia funkcjonalności o MPLS poprzez wymianę oprogramowania lub licencję. Wymagane wsparcie dla następujących funkcjonalności: MPLS/VPLS, MPLS/VPWS, LDP, RSVP-TE, Fast Reroute
121. Obsługa skryptów CLI
122. Obsługa funkcji TCL/Tk w skryptach CLI
123. Obsługa skryptów Python
124. Możliwość edycji skryptów i ACL bezpośrednio na urządzeniu (system operacyjny musi zawierać edytor plików tekstowych)
125. Możliwość uruchamiania skryptów
◦ Ręcznie
◦ O określonym czasie lub co wskazany okres czasu
◦ Na podstawie wpisów w logu systemowym
126. Przełącznik musi umożliwiać wymianę zasilaczy oraz wentylatorów z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48P.
127. Przełącznik musi umożliwiać wymianę modułów rozszerzeń z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T i x465-48P
128. Przełącznik musi umożliwiać stackowanie z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x465-48T i x465-48P
129. Przełącznik musi umożliwiać realizowanie połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400

## Przełącznik Typ 5 – x440-G2-48t (18 szt.)

Wymagania podstawowe
1. Przełącznik posiadający 48 portów 10/100/1000BASE-T
2. Możliwością rozbudowy do obsługi przynajmniej 4 portów 10G SFP+
3. Przełącznik musi posiadać min. 4 porty 1G SFP. Mogą to być porty współdzielone (Combo) z portami 10/100/1000BASE-T.
4. Wysokość urządzenia 1U
5. Przełącznik musi być wyposażony w zasilacz AC 230V
6. Nieblokująca architektura o wydajności przełączania min. 176 Gb/s
7. Szybkość przełączania min. 130 Milionów pakietów na sekundę
8. Możliwość łączenia do 8 przełączników w stos z wydajnością min. 40 Gb/s poprzez dedykowane porty stukające lub porty 10G dostępne na urządzeniu – warunkiem zastosowania portów 10G dostępnych na urządzeniu jest zachowanie min. 2 portów 10G SFP+ jako porty uplink w każdym z przełączników w stosie.
9. Tablica MAC adresów min. 16k
10. Pamięć operacyjna: min. 1GB pamięci DRAM
11. Pamięć flash: min. 4GB pamięci Flash
12. Obsługa sieci wirtualnych IEEE 802.1Q – min. 4094
13. Obsługa funkcjonalności Private VLAN - blokowanie ruchu pomiędzy klientami z umożliwieniem łączności do wspólnych zasobów sieci
14. Wsparcie dla ramek Jumbo Frames (min. 9216 bajtów)
15. Obsługa Q-in-Q IEEE 802.1ad
16. Obsługa Quality of Service <ul style="list-style-type: none"><li>◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach IEEE 802.1p</li><li>◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w DiffServ/DSCP</li><li>◦ 8 kolejek priorytetów na każdym porcie wyjściowym</li><li>◦ Obsługa kolejek Strict Priority</li><li>◦ Obsługa kolejek Weighted Round Robin</li><li>◦ Obsługa WRED (Weighted Random Early Detection)</li></ul>
17. Obsługa Link Layer Discovery Protocol LLDP IEEE 802.1AB
18. Obsługa LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED)
19. Obsługa CDPv2 z obsługą Voice VLAN
20. Przełącznik wyposażony w modularny system operacyjny z ochroną pamięci, procesów oraz zasobów procesora.
21. Przełącznik musi posiadać możliwość dołączenia redundantnego zewnętrznego systemu zasilania lub posiadać możliwość instalacji drugiego redundantnego zasilacza w przełączniku.
22. Możliwość instalacji min. dwóch wersji oprogramowania - firmware
23. Możliwość przechowywania min. kilkunastu wersji konfiguracji w plikach tekstowych w pamięci Flash

24. Możliwość monitorowania zajętości CPU oraz pamięci
25. Lokalna i zdalna możliwość monitoringu pakietów (Local and Remote Mirroring)
26. Wbudowany dodatkowy port min. Fast Ethernet do zarządzania poza pasmem - out of band management.
27. Dedykowany port konsoli szeregowej RJ45
28. Wbudowany port USB pozwalający na łatwe przenoszenie konfiguracji oraz oprogramowania przełącznika
<b>Obsługa Routingu IPv4</b>
29. Sprzętowa obsługa routingu IPv4 – forwarding
30. Pojemność tabeli routingu typowa dla przełącznika brzegowego min. 480 wpisów
31. Routing statyczny
32. Obsługa routingu dynamicznego IPv4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RIPv1/v2</li> <li>◦ OSPFv2 – możliwość rozszerzenia przez licencję oprogramowania</li> </ul>
<b>Obsługa Routingu IPv6</b>
33. Sprzętowa obsługa routingu IPv6 – forwarding
34. Pojemność tabeli routingu typowa dla przełącznika brzegowego min. 240 wpisów
35. Routing statyczny
36. Obsługa routingu dynamicznego dla IPv6
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RIPng</li> <li>◦ OSPF v3 – możliwość rozszerzenia przez licencję oprogramowania</li> </ul>
<b>Obsługa Multicastów</b>
37. Statyczne przyłączenie do grupy multicast
38. Filtrowanie IGMP
39. Obsługa Multicast VLAN Registration - MVR
40. Obsługa IGMP v1/v2/v3 snooping
41. Obsługa MLDv1 snooping (Multicast Listener Discovery version 1 snooping)
42. Obsługa MLDv2 snooping (Multicast Listener Discovery version 2 snooping)
<b>Bezpieczeństwo</b>
43. Obsługa logowania do sieci
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ IEEE 802.1x</li> <li>◦ MAC based Network Login</li> <li>◦ Web-based Network Login</li> </ul>
44. Obsługa wielu klientów Network Login na jednym porcie (Multiple supplicants) np. telefon, a za nim komputer
45. Obsługa logowania do sieci z wykorzystaniem IEEE 802.1x oraz MAC authentication na portach pracujących w trybie Link Aggregation

46. Przydział sieci VLAN, ACL/QoS podczas logowania do sieci IEEE 802.1x, MAC authentication
47. Obsługa Guest VLAN dla IEEE 802.1x
48. Możliwość przekierowania na Captive Portal podczas logowania do sieci
49. Obsługa wymuszenia autoryzacji w celu zmiany autoryzacji (VLAN, ACL, QoS) bez konieczności wyłączania i włączania portu – CoA RFC 5176
50. Obsługa TACACS+ (RFC 1492)
51. Obsługa RADIUS Authentication (RFC 2138)
52. Obsługa RADIUS Accounting (RFC 2139)
53. RADIUS per-command Authentication
54. Bezpieczeństwo MAC adresów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ograniczenie liczby MAC adresów na porcie</li> <li>◦ zatrzaśnięcie MAC adresu na porcie</li> <li>◦ możliwość wpisania statycznych MAC adresów na port/vlan</li> </ul>
55. Możliwość wyłączenia MAC learning
56. Zabezpieczenie przełącznika przed atakami DoS
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Networks Ingress Filtering RFC 2267</li> <li>◦ SYN Attack Protection</li> <li>◦ Zabezpieczenie CPU przełącznika poprzez ograniczenie ruchu do systemu zarządzania</li> </ul>
57. Dwukierunkowe (ingress, egress) listy kontroli dostępu ACL pracujące na warstwie 2, 3 i 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Adres MAC źródłowy i docelowy plus maska</li> <li>◦ Adres IP źródłowy i docelowy plus maska dla IPv4 oraz IPv6</li> <li>◦ Protokół – np. UDP, TCP, ICMP, IGMP, OSPF, PIM, IPv6 itd.</li> <li>◦ Numery portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Zakresy portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Identyfikator sieci VLAN – VLAN ID</li> <li>◦ Quality of Service IEEE 802.1p oraz DiffServ</li> <li>◦ Flagi TCP</li> <li>◦ Obsługa fragmentów</li> </ul>
58. Dwukierunkowe listy kontroli dostępu ACL realizowane w sprzęcie bez zmniejszenia wydajności przełącznika
59. Możliwość konfiguracji min. 1024 reguł na wejściu i 256 reguł na wyjściu.
60. Możliwość zliczania pakietów lub bajtów trafiających do konkretnej ACL i w przypadku przekroczenia skonfigurowanych wartości podejmowania akcji np. blokowanie ruchu, przekierowanie do kolejki o niższym priorytecie, wysłanie trapu SNMP, wysłanie informacji do serwera Syslog lub wykonanie komend CLI
61. Obsługa bezpiecznego transferu plików SCP/SFTP
62. Obsługa DHCP Option 82
63. Obsługa IP Security - Trusted DHCP Server
64. Obsługa IP Security - DHCP Snooping and Guard



65. Obsługa IP Security - Gratuitous ARP Protection
66. Obsługa IP Security – DHCP Secured ARP/ARP Validation
67. Obsługa IP Security – IP Source Guard
68. Ograniczanie przepustowości (rate limiting) na portach wyjściowych oraz dla ruchu wybranego poprzez ACL z kwantem 8 kb/s
69. Obsługa wykrywania periodycznego zaniku linku (Port-Flap). Musi istnieć możliwość zdefiniowania liczby zaniku linku w czasie określonego czasu oraz reakcji polegającej na wyłączeniu portu na stałe lub na wskazany czas. Zdarzenie musi być raportowane poprzez Trap SNMP i/lub Syslog.
<b>Bezpieczeństwo sieciowe</b>
70. Możliwość konfiguracji portu głównego i zapasowego
71. Obsługa redundancji routingu VRRP - możliwość rozszerzenia przez licencję oprogramowania
72. Obsługa STP (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1D
73. Obsługa RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1w
74. Obsługa MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1s
75. Obsługa PVST+
76. Obsługa ERPS / G.8032
77. Obsługa Link Aggregation IEEE 802.3ad wraz z LACP. Możliwość konfiguracji połączenia Link Aggregation z różnych przełączników w stosie.
<b>Zarządzanie</b>
78. Obsługa synchronizacji czasu NTP/SNTP
79. Zarządzanie przez SNMP v2/v3
80. Zarządzanie przez przeglądarkę WWW – protokół http i https
81. Telnet Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
82. SSH2 Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
83. Ping dla IPv4 / IPv6
84. Traceroute dla IPv4 / IPv6
85. Obsługa SYSLOG z możliwością definiowania wielu serwerów i wyboru zdarzeń wysyłanych do każdego z serwerów
86. Sprzętowa obsługa sFlow
87. Obsługa autentykacji poprzez certyfikaty X509v3 dla protokołów SSH, SYSLOG oraz RADIUS
<b>Inne</b>
88. Współpraca z systemem kontroli dostępu oferowanym przez producenta przełączników.
89. Wbudowany DHCP Serwer i klient z możliwością definicji opcji (np. opcje 43, 60, 78 itp.)
90. Wsparcie standardu IEEE 802.1Qcj – Automatic Attachment to Provider Backbone Bridging
91. Obsługa skryptów CLI
92. Obsługa funkcji TCL/Tk w skryptach CLI
93. Obsługa skryptów Python

94. Możliwość edycji skryptów i ACL bezpośrednio na urządzeniu (system operacyjny musi zawierać edytor plików tekstowych)
95. Obsługa AVB (Audio Video Bridging) – poprzez rozszerzenie licencji
96. Możliwość uruchamiania skryptów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ręcznie</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ O określonym czasie lub co wskazany okres czasu</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Na podstawie wpisów w logu systemowym</li> </ul>
97. Przełącznik musi umożliwiać stackowanie z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x440-G2
98. Przełącznik musi umożliwiać realizowanie połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400

## Przełącznik Typ 6 – x440-G2-24t (5 szt.)

Wymagania podstawowe
1. Przełącznik posiadający 24 porty 10/100/1000BASE-T
2. Możliwością rozbudowy do obsługi przynajmniej 4 portów 10G SFP+
3. Przełącznik musi posiadać min. 4 porty 1G SFP. Mogą to być porty współdzielone (Combo) z portami 10/100/1000BASE-T.
4. Wysokość urządzenia 1U
5. Przełącznik musi być wyposażony w zasilacz AC 230V
6. Nieblokująca architektura o wydajności przełączania min. 128 Gb/s
7. Szybkość przełączania min. 95 Milionów pakietów na sekundę
8. Możliwość łączenia do 8 przełączników w stos z wydajnością min. 40 Gb/s poprzez dedykowane porty stakujące lub porty 10G dostępne na urządzeniu – warunkiem zastosowania portów 10G dostępnych na urządzeniu jest zachowanie min. 2 portów 10G SFP+ jako porty uplink w każdym z przełączników w stosie.
9. Tablica MAC adresów min. 16k
10. Pamięć operacyjna: min. 1GB pamięci DRAM
11. Pamięć flash: min. 4GB pamięci Flash
12. Obsługa sieci wirtualnych IEEE 802.1Q – min. 4094
13. Obsługa funkcjonalności Private VLAN - blokowanie ruchu pomiędzy klientami z umożliwieniem łączności do wspólnych zasobów sieci
14. Wsparcie dla ramek Jumbo Frames (min. 9216 bajtów)
15. Obsługa Q-in-Q IEEE 802.1ad
16. Obsługa Quality of Service
◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w ramach IEEE 802.1p
◦ Rozpoznawanie i realizacja priorytetów ustawionych w DiffServ/DSCP
◦ 8 kolejek priorytetów na każdym porcie wyjściowym
◦ Obsługa kolejek Strict Priority
◦ Obsługa kolejek Weighted Round Robin
◦ Obsługa WRED (Weighted Random Early Detection)
17. Obsługa Link Layer Discovery Protocol LLDP IEEE 802.1AB
18. Obsługa LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED)
19. Obsługa CDPv2 z obsługą Voice VLAN
20. Przełącznik wyposażony w modularny system operacyjny z ochroną pamięci, procesów oraz zasobów procesora.
21. Przełącznik musi posiadać możliwość dołączenia redundantnego zewnętrznego systemu zasilania lub posiadać możliwość instalacji drugiego redundantnego zasilacza w przełączniku.
22. Możliwość instalacji min. dwóch wersji oprogramowania - firmware

23. Możliwość przechowywania min. kilkunastu wersji konfiguracji w plikach tekstowych w pamięci Flash
24. Możliwość monitorowania zajętości CPU oraz pamięci
25. Lokalna i zdalna możliwość monitoringu pakietów (Local and Remote Mirroring)
26. Wbudowany dodatkowy port min. Fast Ethernet do zarządzania poza pasmem - out of band management.
27. Dedykowany port konsoli szeregowej RJ45
28. Wbudowany port USB pozwalający na łatwe przenoszenie konfiguracji oraz oprogramowania przełącznika
<b>Obsługa Routingu IPv4</b>
29. Sprzętowa obsługa routingu IPv4 – forwarding
30. Pojemność tabeli routingu typowa dla przełącznika brzegowego min. 480 wpisów
31. Routing statyczny
32. Obsługa routingu dynamicznego IPv4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RIPv1/v2</li> <li>◦ OSPFv2 – możliwość rozszerzenia przez licencję oprogramowania</li> </ul>
<b>Obsługa Routingu IPv6</b>
33. Sprzętowa obsługa routingu IPv6 – forwarding
34. Pojemność tabeli routingu typowa dla przełącznika brzegowego min. 240 wpisów
35. Routing statyczny
36. Obsługa routingu dynamicznego dla IPv6
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RIPng</li> <li>◦ OSPF v3 – możliwość rozszerzenia przez licencję oprogramowania</li> </ul>
<b>Obsługa Multicastów</b>
37. Statyczne przyłączenie do grupy multicast
38. Filtrowanie IGMP
39. Obsługa Multicast VLAN Registration - MVR
40. Obsługa IGMP v1/v2/v3 snooping
41. Obsługa MLDv1 snooping (Multicast Listener Discovery version 1 snooping)
42. Obsługa MLDv2 snooping (Multicast Listener Discovery version 2 snooping)
<b>Bezpieczeństwo</b>
43. Obsługa logowania do sieci
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ IEEE 802.1x</li> <li>◦ MAC based Network Login</li> <li>◦ Web-based Network Login</li> </ul>

44. Obsługa wielu klientów Network Login na jednym porcie (Multiple supplicants) np. telefon, a za nim komputer
45. Obsługa logowania do sieci z wykorzystaniem IEEE 802.1x oraz MAC authentication na portach pracujących w trybie Link Aggregation
46. Przydział sieci VLAN, ACL/QoS podczas logowania do sieci IEEE 802.1x, MAC authentication
47. Obsługa Guest VLAN dla IEEE 802.1x
48. Możliwość przekierowania na Captive Portal podczas logowania do sieci
49. Obsługa wymuszenia autoryzacji w celu zmiany autoryzacji (VLAN, ACL, QoS) bez konieczności wyłączania i włączania portu – CoA RFC 5176
50. Obsługa TACACS+ (RFC 1492)
51. Obsługa RADIUS Authentication (RFC 2138)
52. Obsługa RADIUS Accounting (RFC 2139)
53. RADIUS per-command Authentication
54. Bezpieczeństwo MAC adresów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ograniczenie liczby MAC adresów na porcie</li> <li>◦ zatrzaśnięcie MAC adresu na porcie</li> <li>◦ możliwość wpisania statycznych MAC adresów na port/vlan</li> </ul>
55. Możliwość wyłączenia MAC learning
56. Zabezpieczenie przełącznika przed atakami DoS
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Networks Ingress Filtering RFC 2267</li> <li>◦ SYN Attack Protection</li> <li>◦ Zabezpieczenie CPU przełącznika poprzez ograniczenie ruchu do systemu zarządzania</li> </ul>
57. Dwukierunkowe (ingress, egress) listy kontroli dostępu ACL pracujące na warstwie 2, 3 i 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Adres MAC źródłowy i docelowy plus maska</li> <li>◦ Adres IP źródłowy i docelowy plus maska dla IPv4 oraz IPv6</li> <li>◦ Protokół – np. UDP, TCP, ICMP, IGMP, OSPF, PIM, IPv6 itd.</li> <li>◦ Numery portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Zakresy portów źródłowych i docelowych TCP, UDP</li> <li>◦ Identyfikator sieci VLAN – VLAN ID</li> <li>◦ Quality of Service IEEE 802.1p oraz DiffServ</li> <li>◦ Flagi TCP</li> <li>◦ Obsługa fragmentów</li> </ul>
58. Dwukierunkowe listy kontroli dostępu ACL realizowane w sprzęcie bez zmniejszenia wydajności przełącznika
59. Możliwość konfiguracji min. 1024 reguł na wejściu i 256 reguł na wyjściu.
60. Możliwość zliczania pakietów lub bajtów trafiających do konkretnej ACL i w przypadku przekroczenia skonfigurowanych wartości podejmowania akcji np. blokowanie ruchu, przekierowanie do kolejki o niższym priorytecie, wysłanie trapu SNMP, wysłanie informacji do serwera Syslog lub wykonanie komend CLI

61. Obsługa bezpiecznego transferu plików SCP/SFTP
62. Obsługa DHCP Option 82
63. Obsługa IP Security - Trusted DHCP Server
64. Obsługa IP Security - DHCP Snooping and Guard
65. Obsługa IP Security - Gratuitous ARP Protection
66. Obsługa IP Security – DHCP Secured ARP/ARP Validation
67. Obsługa IP Security – IP Source Guard
68. Ograniczanie przepustowości (rate limiting) na portach wyjściowych oraz dla ruchu wybranego poprzez ACL z kwantem 8 kb/s
69. Obsługa wykrywania periodycznego zaniku linku (Port-Flap). Musi istnieć możliwość zdefiniowania liczby zaniku linku w czasie określonego czasu oraz reakcji polegającej na wyłączeniu portu na stałe lub na wskazany czas. Zdarzenie musi być raportowane poprzez Trap SNMP i/lub Syslog.
<b>Bezpieczeństwo sieciowe</b>
70. Możliwość konfiguracji portu głównego i zapasowego
71. Obsługa redundancji routingu VRRP - możliwość rozszerzenia przez licencję oprogramowania
72. Obsługa STP (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1D
73. Obsługa RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1w
74. Obsługa MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1s
75. Obsługa PVST+
76. Obsługa ERPS / G.8032
77. Obsługa Link Aggregation IEEE 802.3ad wraz z LACP. Możliwość konfiguracji połączenia Link Aggregation z różnych przełączników w stosie.
<b>Zarządzanie</b>
78. Obsługa synchronizacji czasu NTP/SNTP
79. Zarządzanie przez SNMP v2/v3
80. Zarządzanie przez przeglądarkę WWW – protokół http i https
81. Telnet Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
82. SSH2 Serwer/Klient dla IPv4 / IPv6
83. Ping dla IPv4 / IPv6
84. Traceroute dla IPv4 / IPv6
85. Obsługa SYSLOG z możliwością definiowania wielu serwerów i wyboru zdarzeń wysyłanych do każdego z serweró
86. Sprzętowa obsługa sFlow
87. Obsługa autentykacji poprzez certyfikaty X509v3 dla protokołów SSH, SYSLOG oraz RADIUS
<b>Inne</b>

88. Współpraca z systemem kontroli dostępu oferowanym przez producenta przełączników.
89. Wbudowany DHCP Serwer i klient z możliwością definicji opcji (np. opcje 43, 60, 78 itp.)
90. Wsparcie standardu IEEE 802.1Qcj – Automatic Attachment to Provider Backbone Bridging
91. Obsługa skryptów CLI
92. Obsługa funkcji TCL/Tk w skryptach CLI
93. Obsługa skryptów Python
94. Możliwość edycji skryptów i ACL bezpośrednio na urządzeniu (system operacyjny musi zawierać edytor plików tekstowych)
95. Obsługa AVB (Audio Video Bridging) – poprzez rozszerzenie licencji
96. Możliwość uruchamiania skryptów
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ręcznie</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ O określonym czasie lub co wskazany okres czasu</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Na podstawie wpisów w logu systemowym</li> </ul>
97. Przełącznik musi umożliwiać stackowanie z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks x440-G2
98. Przełącznik musi umożliwiać realizowanie połączeń typu Fabric z posiadanymi przez Zamawiającego przełącznikami Extreme Networks VSP7400

## Gwarancja i wsparcie

- |  |
|--|
| 1. Wszystkie przełączniki muszą umożliwiać pełne zarządzanie z poziomu oprogramowania zarządzającego Extreme Networks NMS posiadanego przez Zamawiającego. Zarządzanie musi obejmować m.in.: aktualizacje oprogramowania, tworzenie kopii zapasowej konfiguracji, zarządzanie politykami, zarządzanie połączeniami, zarządzanie połączeniami typu Fabric   |
| 2. Minimalny okres gwarancji oraz wsparcia na wszystkie wymagane urządzenia i oprogramowanie wynosi 5 lat.   |
| 3. W ramach gwarancji Wykonawca będzie świadczył pierwszą i drugą linię wsparcia za pomocą komunikacji telefonicznej, emaila, bezpośredniego kontaktu oraz zagwarantuje dostęp trzeciej linii wsparcia, świadczonej przez oficjalne centrum wsparcia technicznego producenta (ang. TAC)  |
| 4. W przypadku awarii polegającej na całkowitej niedostępności urządzenia, Wykonawca zapewni wymianę uszkodzonego urządzenia na sprawne, w czasie nie dłuższym niż 2 dni robocze, od momentu dokonania zgłoszenia awarii przez Zamawiającego. W ramach wymiany, Wykonawca wykona wszystkie niezbędne prace mające na celu przywrócenie stanu i sposobu działania urządzenia sprzed wystąpienia awarii. |



# Okablowanie i moduły światłowodowe

Wraz z przełącznikami Wykonawca dostarczy:
1. kable zasilające w ilości zgodnej z ilością zasilaczy
2. 8 szt. kabli DAC QSFP28 100G o długości 1m
3. 30 szt. modułów światłowodowych 40GBase-LR QSFP+
4. 63 szt. modułów światłowodowych 10GBase-LR SFP+

## Konsola zarządzająca

1. Czip Apple M1 z 8-rdzeniowym CPU, 8-rdzeniowym GPU i 16-rdzeniowym systemem Neural Engine
2. 16 GB zunifikowanej pamięci RAM
3. 1 TB pamięci masowej SSD
4. Wyświetlacz Retina 13 cali z True Tone
5. Podświetlana klawiatura Magic Keyboard – angielski międzynarodowy
6. Touch Bar i Touch ID
7. Dwa porty Thunderbolt / USB 4
8. Stacja dokująca
◦ Ładowanie mocą 87 W
◦ Obsługa dwóch monitorów 4K 60 Hz* lub jednego monitora 5K 60 Hz
◦ Dwa porty Thunderbolt 3 (USB-C)
◦ Kaskadowe podłączanie dodatkowych urządzeń Thunderbolt
◦ Pięć portów USB-A 3.0 i dwa porty USB-C (tylko do transmisji danych, w tym jeden port USB 3.1 drugiej generacji i jeden port USB 3.1 pierwszej generacji)
◦ Jeden czytnik kart UHS-II SD
◦ Jeden port wideo DisplayPort
◦ Gniazdo 3,5 mm liniowego wejścia mikrofonowego oraz wyjścia audio
◦ Port Gigabit Ethernet
◦ Konfiguracja plug-and-play w systemie macOS