

Temat projektu

Dostawa klastra serwerów obliczeniowych do budowy superkomputera na potrzeby projektu CK STOS.

## 1 Definicje

**Klaster obliczeniowy** : grupa połączonych serwerów, które współpracują ze sobą w celu udostępnienia zintegrowanego środowiska pracy.

**Serwer obliczeniowy**: najmniejszy logiczny element składowy klastra obliczeniowego będący komputerem zbudowanym z jednej płyty głównej, co najmniej dwóch procesorów, odpowiedniej ilości pamięci operacyjnej, interfejsami sieciowymi oraz dodatkowym wyposażeniem niezbędnym do działania serwera.

**Teoretyczna moc obliczeniowa procesora**: jest to moc obliczeniowa liczona według następującego wzoru:

$$R_{\text{proc}} = C * I * F,$$

gdzie:

$R_{\text{proc}}$  – teoretyczna moc obliczeniowa w GFLOPS,

$C$  – liczba rdzeni procesora,

$I$  – liczba instrukcji zmiennoprzecinkowych typu dodawanie i mnożenie w podwójnej precyzji wykonywanych przez pojedynczy rdzeń procesora w czasie jednego cyklu zegarowego (np. dla procesorów Intel Xeon Platinum 8xxx i Xeon Gold 6xxx  $I=32$ , dla procesorów Intel Xeon Gold 5xxx, Xeon Silver i Xeon Bronze  $I=16$ , dla procesorów AMD EPYC "Zen1" (Naples)  $I=8$ , dla procesorów AMD EPYC "Zen2" i "Zen3" (Rome, Milan)  $I=16$ , dla procesorów Power8, Power9  $I=12$ ),

$F$  – częstotliwość zegara procesora w GHz.

Dla potrzeb niniejszej specyfikacji Zamawiający jako częstotliwość zegara przyjmuje nominalną częstotliwość zegara procesora podawaną przez producenta procesora przy handlowym opisie procesora. Pomimo, że procesor może pracować z częstotliwością niższą lub wyższą niż wyżej wspomniana częstotliwość, jako częstotliwość do obliczenia mocy obliczeniowej procesora w niniejszej specyfikacji należy przyjąć właśnie częstotliwość podawaną przy opisach handlowych przez producentów procesorów.

**Teoretyczna moc obliczeniowa karty GPU** – moc obliczeniowa deklarowana w opisie handlowym przez producenta układu GPU dla podwójnej precyzji FP64 dla operacji macierzowych lub tensorowych (FP64 Tensor Core, FP64 Matrix).

**Wydajność SPECfp**: Ilekroć w Specyfikacji jest mowa o wyniku SPECfp dla serwera, należy przez to rozumieć opublikowany przez organizację SPEC na stronie [www.spec.org](http://www.spec.org) wynik testu CPU2017 Floating Point Rate (kolumna Results: Base) dla tego serwera w konfiguracji identycznej z oferowaną. Jeżeli na stronie [www.spec.org](http://www.spec.org) nie opublikowano wyniku testu SPEC CPU2017 Floating Point Rate dla oferowanego serwera w konfiguracji identycznej z oferowaną jako wynik dla oferowanego serwera należy przyjąć średnią opublikowanych wyników (kolumna Results: Base) wszystkich serwerów wyposażonych w identyczny z oferowanym model procesora, taką samą liczbę procesorów oraz taki sam rozmiar pamięci RAM.

**Serwer typu blade:** rodzaj serwera, w którym w przeciwieństwie do standardowych pojedynczych serwerów, wyposażonych we własny zasilacz, wentylatory, podłączenie myszy, klawiatury i monitora oraz interfejsy komunikacyjne, te elementy są wspólne w ramach jednej obudowy chassis obsługującej wiele (powyżej 2) serwerów.

**Chassis:** obudowa zbiorcza dla wielu serwerów zapewniająca wspólną magistralę sieciową, zasilania i zarządzania.

**Obieg budynkowy, obieg pierwotny:** obieg czynnika chłodzącego doprowadzający chłód z zewnątrz budynku do pomieszczeń serwerowych.

**Przełącznik Leaf, TOR, przełącznik ToR. ang. Top of the Rack:** przełącznik, do którego bezpośrednio podłączane są serwery, zlokalizowany z reguły w szafie z serwerami.

**PDU (ang. Power Distribution Unit):** listwa zasilająca serwery instalowana w szafach rack.

**System Linux:** jedna z dystrybucji Linuksa: RedHat Enterprise Linux/CentOS, wersja 8 lub nowsza, Ubuntu wersja 20.04 LTS lub nowsza LTS, RockyLinux, wersja 8 lub nowsza. Ilekroć w Specyfikacji mowa jest o zgodności z Systemem Linux należy przez to rozumieć dostępność dla Zamawiającego sterowników, bibliotek, oprogramowania narzędziowego umożliwiających wykorzystanie pełnej funkcjonalności sprzętu, co najmniej dla wskazanych dystrybucji Linuksa.

**Urządzenia krytyczne:** wszystkie urządzenia (co najmniej przełączniki sieciowe), których awaria wpływa na więcej niż 10 serwerów. Listwy PDU nie są traktowane jako urządzenie krytyczne. Dodatkowo wszystkie serwery poza serwerami HPC oraz GPU należy traktować jako urządzenia krytyczne.

**MTBF (ang. mean time between failures, średni czas bezawaryjnej pracy):** miara określająca średni czas, w którym element konfiguracji lub usługa informatyczna działają bez przerw, spełniając zakładane funkcje lub poziom usługi.

**ASHRAE (ang. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers):** amerykańskie stowarzyszenie mające na celu szerzenie wiedzy i informacji z zakresu techniki instalacji grzewczych, chłodniczych i klimatyzacyjnych.

**Uptime Institute:** Data center Tier Classification Standard

## 2 Określenie przedmiotu zamówienia

W ramach zamówienia dostarczony zostanie system przetwarzania HPC, w skład którego wejdą następujące grupy systemów:

- serwery GPU: są to serwery, na których zasadnicze przetwarzanie odbywa się na procesorach GPU,
- serwery Usługowe: są to “klasyczne serwery” na których przetwarzanie odbywa się na procesorach ogólnego przeznaczenia zgodnych z architekturą x86\_64, wyposażone w dodatkowe pamięci masowe i interfejsy sieciowe.

Serwery te połączone zostaną wspólną siecią Ethernet o przepustowości wyspecyfikowanej dla każdego z typów serwera. Sieć ta musi być zbudowana zgodnie z architekturą spine-leaf opisaną w

sekcji „Sieć komunikacyjna”. Transmisja realizowana w ramach tej sieci oparta będzie o koncepcję IP Fabric.

Systemy są chłodzone powietrzem. Wraz z serwerami należy dostarczyć odpowiednie obudowy (szafy rack), urządzenia dystrybucji zasilania, okablowanie i wyposażenie niezbędne do prawidłowej pracy i montażu dostarczonych elementów.

Zamawiający określa w tej specyfikacji cechy minimalne, Wykonawca może dostarczyć komponenty o cechach lepszych pod warunkiem zachowania pełnej kompatybilności.

Dostarczony system będzie pracował w trybie ciągłym, tj. 24/7/365, dostarczone komponenty muszą umożliwiać pracę w takim trybie.

Wszystkie dostarczone serwery muszą pracować poprawnie, z pełną wydajnością oraz zapewniając pełną funkcjonalność pod kontrolą systemów Linux wskazanych w sekcji "Definicje".

W dniu odbioru systemu wszystkie komponenty muszą posiadać najbardziej aktualną (najnowszą i stabilną) wersję oprogramowania układowego (firmware) dla wszystkich komponentów, dla których istnieje możliwość aktualizacji tego oprogramowania.

Wszystkie dostarczone serwery muszą być wyposażone w komplet okablowania umożliwiający połączenie oferowanych urządzeń oraz podłączenie do infrastruktury Zamawiającego (kable sieciowe, wkładki, kable zasilające itp).

Do wszystkich urządzeń, w których używane jest oprogramowanie układowe, sterowniki, biblioteki udostępniające funkcjonalność urządzeń, lub jakiegokolwiek inne oprogramowanie licencjonowane niezbędne do działania klastra obliczeniowego, należy zapewnić licencje na to oprogramowanie przynajmniej na okres gwarancji. Licencje te muszą umożliwiać aktualizację oprogramowania do najnowszych wersji wydawanych przez jego wydawców. Ponadto licencje muszą zapewniać bezterminowe działanie tego oprogramowania.

## **.2.1 Moc obliczeniowa**

Oczekiwana moc obliczeniowa klastra: 1 PFLOPS. Moc obliczeniowa oferty podlega ocenie w ramach kryteriów oceny ofert.

Moc obliczeniową należy obliczyć jako sumę teoretycznych mocy obliczeniowych wszystkich procesorów x86\_64 oraz wszystkich kart GPU w oferowanych serwerach.

# **3 Wymagania wspólne dla serwerów**

## **.3.1 Procesor**

- procesory muszą wspierać ISA x86\_64,
- serwery muszą być wyposażone w 2 procesory fizyczne,
- procesory w ramach danego typu serwera muszą być identyczne (tego samego typu, wykonane w tej samej technologii, posiadać taką samą liczbę rdzeni oraz taką samą wartość taktowania),

- procesory muszą posiadać mechanizm umożliwiający zarządzanie poborem mocy z poziomu sieci zarządzania,
- procesory muszą być instalowane w gniazdach umożliwiających wymianę procesora bez wymiany płyty głównej serwera.

### **.3.2 Pamięć RAM**

- serwery muszą być wyposażone w liczbę kości pamięci zapewniającą maksymalną przepustowość, tj. pełną obsadę kanałów pamięci,
- wszystkie kości w ramach serwera muszą być tego samego producenta,
- wszystkie kości w ramach serwera muszą być tego samego typu i wielkości,
- wszystkie kości pamięci muszą charakteryzować się takimi samymi parametrami pracy,
- wszystkie dostarczone moduły pamięci muszą być wyposażone w mechanizm korekcji błędów ECC,
- wszystkie dostarczone moduły pamięci muszą być typu rejestrowanego, czyli być wyposażone w rejestr pomiędzy modułami DRAM i kontrolerem pamięci,
- wszystkie zainstalowane moduły pamięci muszą pracować z najwyższą częstotliwością wspieraną przez procesor.

### **.3.3 Sieć Ethernet**

- każdy serwer musi być wyposażony w co najmniej jeden interfejs 100 Gigabit Ethernet (100 GbE, 100 Gbit/s) lub szybszy,
- wszystkie interfejsy Ethernet dostarczone razem z serwerami muszą wspierać: RoCE v1, RoCE v2,
- porty w standardzie QSFP28 dla sieci 100 Gbit/s.

### **.3.4 Interfejs i funkcje zarządzania**

- każdy serwer musi być wyposażony w interfejs do zarządzania z możliwością nadania adresu IP,
- serwer musi wspierać zarządzanie zgodne z protokołem IPMI w wersji co najmniej 2.0,
- musi być możliwość przekierowania konsoli systemowej w trybie znakowym,
- musi być możliwość konfigurowania parametrów serwera za pomocą protokołu SNMP v3 oraz Redfish,
- możliwość odczytywania parametrów serwera oraz statusów komponentów za pomocą protokołu SNMP v3 oraz Redfish (należy dostarczyć MIB dla serwera),
- możliwość wysyłania powiadomień za pomocą protokołu SNMP v3 (należy dostarczyć MIB dla serwera) dotyczących awarii lub niewłaściwych parametrów pracy kluczowych komponentów serwera: pamięci, procesorów, płyty głównej, interfejsów sieciowych, zasilaczy, podsystemu chłodzenia,
- musi istnieć możliwość odczytywania parametrów serwera oraz statusów komponentów za pomocą protokołu SNMP (należy dostarczyć MIB dla serwera), oraz RedFish. Wymagana jest pasywna informacja o wartościach SNMP (stany "OK" zawsze widoczne, nie tylko "NOT OK" jako trapy) oraz zbiorczy wskaźnik stanu serwera.

- interfejs zarządzania musi być galwanicznie odseparowany od innych interfejsów ethernetowych – niedopuszczalne jest współdzielenie fizycznego interfejsu zarządzania z innymi sieciami,
- możliwość zdalnej pracy za pośrednictwem konsoli KVM dostępnej z poziomu przeglądarki internetowej,
- konsola KVM dostępna z poziomu przeglądarki internetowej powinna być zbudowana w oparciu o technologię HTML5 i nie wymagać do pracy instalacji zewnętrznego oprogramowania (np. Java).

W przypadku zastosowania obudów zbiorczych typu chassis:

- musi być możliwość konfigurowania parametrów chassis za pomocą protokołu SNMP v3 oraz Redfish,
- możliwość odczytywania parametrów chassis oraz statusów komponentów za pomocą protokołu SNMP v3 oraz Redfish (należy dostarczyć MIB dla chassis),
- możliwość wysyłania powiadomień za pomocą protokołu SNMP v3 (należy dostarczyć MIB dla chassis) dotyczących awarii lub niewłaściwych parametrów pracy kluczowych komponentów chassis: modułu zarządzającego, interfejsów sieciowych, wentylatorów, zasilaczy,
- interfejs zarządzania musi być galwanicznie odseparowany od innych interfejsów ethernetowych – niedopuszczalne jest współdzielenie fizycznego interfejsu zarządzania z innymi sieciami.

### **.3.5 Inne interfejsy**

Każdy serwer musi być wyposażony w:

- co najmniej 2 porty USB , wersja 2.0 lub wyższa,
- nie mniej niż jedno wyjście VGA lub adapter realizujący taką funkcjonalność.

### **.3.6 Zasilanie**

Wymagania dla zasilaczy:

- zasilacze muszą być dostarczone w konfiguracji pozwalającej na bezprzerwową pracę w przypadku awarii co najmniej jednego zasilacza lub odłączenia jednego z dwóch torów zasilania u Zamawiającego,
- musi być możliwość wymiany zasilaczy w trybie hot-plug,
- wszystkie zasilacze w ramach danego serwera / chassis muszą mieć takie same parametry,
- specyfikacja zasilaczy powinna pozwalać im na pracę z pełną wydajnością w środowisku określonym w sekcjach dotyczących chłodzenia.

### **.3.7 Chłodzenie**

- Serwery przystosowane do chłodzenia powietrzem.
- W przypadku zastosowania obudów typu chassis, system chłodzenia musi być nadmiarowy, odporny na awarię 1 szt. wentylatora. Każdy wentylator musi być wymienny z zewnątrz, podczas pracy serwerów, bez konieczności przerywania zadań wykonywanych przez serwery.
- Wlot powietrza powinien znajdować się od frontu.

- Cały sprzęt musi pozwalać na pracę przynajmniej w zakresie rekomendowanym przez ASHRAE dla data center.

### **.3.8 Dyski lokalne**

- dysk SSD/NVMe,
- pojemność i liczba dysków zostanie podana w specyfikacji każdego typu serwera,
- dopuszczalny interfejs SATA 3.0 6 Gbit/s, SAS-3 lub wyższa, M.2,
- dopuszczalne formaty to SSD 2.5", M.2, PCIe,
- żywotność minimalna 1.3 DWPD,
- minimalna prędkość sekwencyjnego zapisu (blok 1MiB): 250 MB/s,
- minimalna prędkość sekwencyjnego odczytu (blok 1MiB): 250 MB/s,
- minimalna wydajność zapisu losowego (blok 4KiB): 10 000 IOPS,
- minimalna wydajność odczytu losowego (blok 4KiB): 50 000 IOPS,
- minimalny MTBF (ang. Mean Time Between Failures): 2 000 000 godzin,
- razem z serwerem należy dostarczyć komplet wyposażenia niezbędnego do podłączenia dysków dostępnych w danym serwerze (np.: kieszenie, kable itp.).

### **.3.9 Obudowa**

- Wszystkie serwery muszą mieć możliwość zainstalowania w standardowych szafach rack 19'.
- Serwis serwera nie może powodować konieczności wyłączenia więcej niż jednego dodatkowego serwera.
- Dopuszczalne jest zastosowanie serwerów kasetowych (blade) w obudowach zbiorczych (chassis).
- Serwery kasetowe muszą umożliwiać montaż i demontaż w obudowach zbiorczych podczas pracy pozostałych serwerów umieszczonych w obudowie zbiorczej, bez przerywania bądź jakichkolwiek zakłóceń ich pracy.
- Obudowa serwera powinna być wyposażona przynajmniej w przycisk pozwalający na włączenie/wyłączenie, dostępny od frontu serwera.
- Każdy serwer powinien być wyposażony we wskaźniki: stanu włączenia (power LED), stanu awarii (fault LED), identyfikacji (id LED) oraz aktywności dysku twardego. Wszystkie w.w. wskaźniki powinny być widocznie na frontowym panelu serwera.

## **4 Specyfikacja serwerów GPU**

Serwery obliczeniowe wyposażone w zestaw wysokowydajnych kart graficznych GPGPU.

### **.4.1 Obudowa**

Zgodna z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- maksymalna wysokość pojedynczego serwera: 8U (rack unit),

### **.4.2 Procesor**

Zgodny z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- każdy serwer musi być wyposażony co najmniej w 2 procesory ogólnego przeznaczenia,

- procesory muszą być taktowane zegarem co najmniej 2,0 GHz,
- procesory muszą być identyczne, tego samego typu, wykonane w tej samej technologii, posiadać taką samą liczbę rdzeni oraz taktowanie,
- każdy procesor musi posiadać co najmniej 32 fizyczne rdzenie.

### **.4.3 Pamięć operacyjna RAM**

Zgodna z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- minimalna ilość pamięci operacyjnej w każdym serwerze to 128 GB i nie mniej niż 64 GB przypadające na każdą zainstalowaną w serwerze kartę GPU.

### **.4.4 Pamięć masowa**

Serwery obliczeniowe GPU muszą:

- być wyposażone w co najmniej 2 dyski SSD o pojemności co najmniej 960 GB każdy, o cechach wskazanych w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”,
- mieć możliwość zainstalowania co najmniej 2 dodatkowych dysków. Serwer musi być wyposażony we wszelkie niezbędne akcesoria konieczne od instalacji dodatkowych dysków.

### **.4.5 Interfejsy sieciowe**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- co najmniej 2 interfejsy w technologii Ethernet o przepustowości 100 Gbit/s lub większej,
- każdy z dwóch interfejsów 100 Gbit/s musi być podłączony do innego przełącznika sieciowego,
- każdy serwer musi mieć możliwość uruchomienia systemu operacyjnego za pomocą protokołu PXE za pomocą każdego z dostępnych interfejsów sieciowych (poza interfejsem zarządzania).

### **.4.6 Interfejs i funkcje zarządzania**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”.

### **.4.7 Inne interfejsy**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”.

### **.4.8 Zasilanie serwerów**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”.

### **.4.9 Chłodzenie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”.

### **.4.10 Karty GPU**

- każdy serwer musi być wyposażony w co najmniej 1 kartę GPU,
- karty GPU muszą być zaprojektowane i przeznaczone do ciągłej pracy obliczeniowej w środowisku serwerowym,
- karty GPU w ramach serwera muszą być identyczne,

- każda karta GPU musi być wyposażona w co najmniej 40 GB pamięci RAM, interfejs pamięci typu HBM2 lub lepszy,
- karty muszą udostępniać pełną kompatybilność oprogramowania ze standardem OpenCL 3.0,
- karty muszą zapewniać wsparcie co najmniej dla pakietów PyTorch i TensorFlow,
- wydajność obliczeniowa dostarczonych kart musi być co najmniej taka jak kart NVidia A100,
- wraz z kartami należy zapewnić wszelkie sterowniki i oprogramowanie do wykorzystanie pełnej funkcjonalności kart w systemie Linux.

#### **.4.11 Liczba serwerów**

Taka liczba serwerów, aby spełnić wymóg mocy obliczeniowej całego klastra wskazanej w sekcji "Określenie przedmiotu zamówienia".

## **5 Specyfikacja serwerów usługowych**

Serwery usługowe do obsługi serwerów obliczeniowych GPU, będące integralną częścią klastra obliczeniowego.

### **.5.1 Obudowa**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- dopuszcza się wyłącznie serwery znajdujące się w osobnych obudowach instalowanych bezpośrednio w szafie rack.

### **.5.2 Procesor**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- każdy serwer musi być wyposażony w minimum 2 procesory 16 rdzeniowe taktowane zegarem minimum 2,5 GHz.

### **.5.3 Pamięć RAM**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- minimum 256 GB RAM na każdy serwer i jednocześnie nie mniej niż 4 GB na każdy rdzeń każdego zainstalowanego w serwerze procesora.

### **.5.4 Sieć Ethernet**

Sieć zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- co najmniej 2 interfejsy w technologii Ethernet o przepustowości 100 Gbit/s lub szybszej,
- każdy z dwóch interfejsów 100 Gbit/s musi być podłączony do innego przełącznika sieciowego,
- minimum 2 porty minimum 10 Gbit/s. Porty te nie mogą być tożsame z portami 100 Gbit/s. Złącze SFP+ z wkładkami LC/PC.

### **.5.5 Sieć zarządzania**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”.



## **.5.6 Zasilanie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- zasilacze muszą być montowane w obudowach serwerów.

## **.5.7 Chłodzenie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”.

## **.5.8 Dyski lokalne**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla serwerów”, ponadto:

- serwery muszą być wyposażone we wszystkie niezbędne akcesoria umożliwiające instalację co najmniej jednego dysku 2.5” wyposażonego w interfejs SATA,
- dopuszczalne jest również zaoferowanie rozwiązania umożliwiającego instalację jednego lub więcej dysków ze złączem M.2,
- serwery muszą być wyposażone w co najmniej 2 dyski SSD o pojemności co najmniej 960 GB każdy, interfejs PCI Express NVMe lub SAS, (dyski na system operacyjny),
- serwery muszą być wyposażone w co najmniej 4 dyski i nie więcej niż 8 dysków SSD o łącznej co najmniej pojemności 15 TB, interfejs PCI Express, NVMe lub SAS (SAS-3 lub lepszy) (dyski na dane),
- dyski muszą być identyczne.

## **.5.9 Liczba serwerów usługowych**

Należy dostarczyć 2 serwery usługowe.

# **6 Sieć komunikacyjna**

Należy dostarczyć odpowiednie przełączniki sieciowe Ethernet do podłączenia wszystkich oferowanych serwerów oraz stworzenia sieci w architekturze leaf-spine. Wszystkie dostarczone serwery muszą być przyłączone do co najmniej jednego przełącznika w warstwie leaf. Każdy przełącznik leaf podłączony do każdego przełącznika spine.

Należy dostarczyć kable optyczne single mode (nie krótsze niż 15 m) do połączenia z infrastrukturą Zamawiającego o długości dobranej w porozumieniu z Zamawiającym na etapie instalacji.

## **.6.1 Wymagania wspólne dla przełączników protokołu Ethernet**

### **.6.1.1 Funkcjonalność**

- przełącznik musi zapewniać funkcjonalność synchronizacji czasu przy pomocy protokołów NTP,
- przełącznik musi obsługiwać ramki typu Jumbo, o wielkości minimum 9KB,
- monitoring i zarządzanie przełącznikiem musi być realizowane poprzez obsługę minimum protokołu SNMP (wersje 2c i 3),
- każdy przełącznik musi mieć możliwość zarządzania za pomocą cli dostępnego przez konsolę szeregową oraz przez klienta SSH v2,
- każde urządzenie musi być dostarczone z bezterminowym kompletem licencji wymaganych do uruchomienia deklarowanej funkcjonalności,

- przełącznik musi zapewniać obsługę protokołów umożliwiających wykrywanie urządzeń w sieci Ethernet (IEEE 802.3), w tym minimum protokoły: LLDP (IEEE 802.1ab) wraz z rozszerzeniem LLDP-MED lub CDP, czyli LLDP + (LLDP-MED lub CDP),
- wszystkie dostarczone urządzenia muszą wspierać protokoły LAG dla portów agregacyjnych (do warstwy wyższej),
- przełącznik musi zapewniać możliwość przesyłania logów do minimum dwóch zdefiniowanych hostów w sieci (na zdalny serwer SYSLOG),
- przełącznik musi obsługiwać sieci VLAN zgodnie z IEEE 802.1q w ilości nie mniejszej niż 4000, obsługiwać sieci VLAN oparte o porty fizyczne (port-based) i adresy MAC (MAC-based),
- zaoferowany przełącznik musi gwarantować łączną przepustowość równą sumie przepustowości wszystkich portów (nieblokowane przełączanie),
- porty typ złącza QSFP28.

#### **.6.1.2 Zasilanie**

- przełączniki muszą być zasilane z co najmniej dwóch zasilaczy dostosowanych do instalacji elektrycznej Zamawiającego. Wymagana jest redundancja taka że, awaria pojedynczego zasilacza lub jednego z dwóch obwodów zasilających nie skutkuje degradacją funkcjonalną urządzenia.

#### **.6.1.3 Chłodzenie**

- przepływ powietrza chłodzącego w przełącznikach należy dobrać odpowiednio do montażu przełącznika względem przepływu powietrza w szafie rack,

#### **.6.1.4 Zarządzanie**

**.6.1.5 każdy przełącznik musi posiadać co najmniej jeden port Ethernet 1Gbit/s lub 10Gbit/s jako interfejs do zarządzania typu OOB (Out of Band Management). Interfejs ten musi być dedykowanym interfejsem do zarządzania przełącznikiem tzn. musi umożliwiać dostęp do płaszczyzny sterowania przełącznikiem (control plane) bez wykorzystania płaszczyzny przesyłania danych (data plane). Fizyczny format portu lub wkładka do ustalenia na etapie realizacji,**

- przełącznik musi posiadać funkcjonalność zarządzania nim poprzez SSH w wersji 2 (zarówno dla protokołów IPv4 jak i IPv6) i możliwość komunikacji przy użyciu API (Application Programming Interface) w języku XML lub JSON. Urządzenie musi obsługiwać bezpieczny transfer plików, poprzez protokół SCP/SFTP,
- monitoring i zarządzanie przełącznikiem muszą być realizowane poprzez obsługę minimum protokołu SNMP (wersje 2c i 3),
- urządzenie powinno wspierać uwierzytelnienie dostępu administracyjnego w zewnętrznej bazie użytkowników z wykorzystaniem protokołów RADIUS oraz TACACS+.

#### **.6.1.6 Dodatkowe wymagania**

- automatyczny backup konfiguracji przełączników (przełączniki 1G, przełączniki sieci zarządzania),
- etykiety – każde połączenie powinno zostać opisane nazwą urządzenia źródłowego, numerem jego portu oraz urządzenia docelowego i jego portem docelowym,

- wszystkie porty nie wykorzystane do podłączenia serwerów i połączeń między przełącznikami w dostarczonych przełącznikach muszą być obsadzone wkładkami typu LC/PC SR, światłowodowymi odpowiadającymi rodzajowi portu.

## **.6.2 Przełączniki spine**

Zgodne z wymaganiami w sekcji "Wymagania wspólne dla przełączników protokołu Ethernet", ponadto:

- urządzenie musi wspierać RFC 7435 i RFC 8365 w zakresie EVPN/VXLAN z sygnalizacją przez Multiprotocol BGP, wraz z tunelowaniem VXLAN,
- być wyposażone w porty w liczbie odpowiedniej do połączenia przełączników leaf, minimum 16 portów 100 Gbit/s QSFP28,
- wszystkie porty w dostarczonych przełącznikach muszą być obsadzone wkładkami odpowiadającymi rodzajowi portu,
- powinny mieć możliwość pracy w warstwie 3 stosu TCP/IP przechowując minimum 100 tys. wpisów routingu.
- należy dostarczyć co najmniej 2 przełączniki spine,
- w przełącznikach spine dodatkowo porty do połączenia z infrastrukturą Zamawiającego, tj. z co najmniej trzema przełącznikami superspine Zamawiającego, 1 łączem 100 Gbit/s z każdego spine. Porty te muszą być wyposażone we wkładki 100GBASE-FR QSFP28.

## **.6.3 Przełączniki leaf**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”, ponadto:

- urządzenie musi wspierać RFC 7435 i RFC 8365 w zakresie EVPN/VXLAN z sygnalizacją przez Multiprotocol BGP, wraz z tunelowaniem VXLAN,
- muszą dostarczać taką liczbę portów, aby zostały podłączone wszystkie oferowane serwery,
- muszą posiadać tablicę MAC o pojemności min. 10000 wpisów,
- każdy przełącznik leaf musi być podłączony do co najmniej 2 przełączników spine,
- każdy z przełączników leaf musi posiadać przepustowość do przełączników spine zapewniającą co najmniej 1/8 zagregowanej przepustowości serwerów podłączonych do tego przełącznika. Połączenie należy zrealizować co najmniej za pomocą 2 interfejsów 100 GbE,
- każdy przełącznik leaf musi mieć co najmniej 2 wolne porty 100 GbE do dyspozycji Zamawiającego, wyposażone we wkładki 100GBASE-FR QSFP28 oraz dodatkowo na każdy z tych portów wkładki 100GBASE-SR4 QSFP28 (jako zapasowe),
- wszystkie porty dostarczanych przełączników muszą być uaktywnione, a porty wykorzystane i w dyspozycji Zamawiającego muszą być obsadzone wkładkami,
- muszą obsługiwać agregowanie połączeń zgodnie z IEEE 802.3ad/LACP na wszystkich portach,
- muszą wspierać agregację połączeń do wielu switchy (np. MLAG, ESI-LAG),
- muszą posiadać bezterminowe licencje pozwalające na realizację zdefiniowanej powyższymi wymaganiami funkcjonalności.

### **.6.3.1 Zasilanie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”.

### **.6.3.2 Chłodzenie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”.

### **.6.3.3 Zarządzanie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”.

## **7 Sieć Ethernet zarządzania**

### **.7.1 Topologia**

Wymagane jest dostarczenie co najmniej takiej liczby przełączników Ethernet, minimum 1 Gbit/s, jaka jest niezbędna do bezpośredniego podłączenia wszystkich portów do zarządzania lub monitorowania wszystkich dostarczanych przełączników Ethernet, obudów blade, serwerów wszystkich rodzajów, PDU i wszystkich innych podzespołów posiadających interfejs zarządzający. Przełączniki te muszą spełniać wymagania zawarte we wszystkich poniższych punktach. Sieć zarządzająca musi być oddzielona od pozostałych sieci w warstwie fizycznej – wymagane są dedykowane przełączniki do sieci zarządzania. W każdej zaoferowanej szafie musi się znajdować co najmniej 1 przełącznik sieci zarządzania. Interfejsy zarządzania serwerów muszą być podłączone do przełącznika zarządzania w tej samej szafie.

Przełączniki TOR niższego poziomu muszą być podłączone do przełączników agregujących wykorzystując do tego porty SFP+ 10 Gbit/s. Przełączniki agregujące należy także dostarczyć.

Przełączniki do sieci zarządzania muszą posiadać co najmniej po 24 identyczne porty do podłączania urządzeń, każdy.

### **.7.2 Zasilanie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”.

### **.7.3 Chłodzenie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”.

### **.7.4 Zarządzanie**

Zgodne z wymaganiami w sekcji „Wymagania wspólne dla przełączników”.

## **8 Szafy rack**

Należy dostarczyć szafy teletechniczne rack 19" do zainstalowania całości oferowanego sprzętu.

Wymagania dla szaf rack:

- nośność szafy nie może być mniejsza niż 1,5 tony,
- dla szaf mieszczących urządzenia chłodzone powietrzem, drzwi przednie i tylne perforowane, zapewniające optymalny przepływ powietrza, o powierzchni perforacji minimum 80%,

- drzwi przednie i tylne na zawiasach, zamykane na klucz, dla drzwi jednoskrzydłowych co najmniej 3-punktowy system zamknięcia,
- zdejmowane drzwi przednie i tylne,
- ścianki boczne pełne, zdejmowane,
- dach wyposażony w jeden lub więcej przepustów kablowych szczotkowych o przekroju co najmniej 200 cm<sup>2</sup>, umożliwiającym przełożenie wtyczek zasilania PDU,
- wyposażona w rozwiązanie zabezpieczające przed przewróceniem się szafy podczas eksploatacji zainstalowanego sprzętu, a w szczególności podczas serwisowania zainstalowanego w niej sprzętu (wysuwanie urządzeń), w maksymalnym przewidzianym dla szafy obsadzeniu sprzętem,
- wyposażona w listwy uziemienia i linki uziemienia drzwi, osłon i dachu,
- niewykorzystane przestrzenie w szafach rack należy zamaskować fabrycznymi zaślepkami uniemożliwiającymi przepływ powietrza z korytarza zimnego do ciepłego,
- powierzchnia czołowa uszczelniona – brak przepływu powietrza pomiędzy bokami szafy a serwerami,
- szafy muszą być wyposażone w boczne pionowe organizery typu koryto siatkowe lub podobne, umożliwiające przypięcie kabli opaskami oraz uchwyty kablowe poziome (panel+uszy) w liczbie i pojemności wystarczającej do poprowadzenia wszystkich kabli każdego typu dostarczonych w ramach zamówienia,
- pojemność szaf tak dobrana, aby pomieścić cały oferowany sprzęt, w tym prawidłowo ułożone kable oraz pozostawiona wolna przestrzeń co najmniej 2U na potrzeby Zamawiającego, w każdej szafie,
- w szafie powinny być zamontowane systemy dystrybucji zasilania do serwerów,
- wymagana głębokość zewnętrzna: od 110 do 120 cm,
- wymagana szerokość zewnętrzna: 80 cm,
- wysokość: od 42U do 52U,
- kolorystyka jasnoszara.

### **.8.1.1 Oznakowanie w szafach rack**

Każdy U w szafie rack :

- powinien być ponumerowany, umożliwiającą łatwą identyfikację dokładnej lokalizacji sprzętu,
- musi być kolejno numerowany w sposób trwały i czytelny, zaczynając od numeru jeden (1) na dole szafy,
- powinien być ponumerowany w miejscu, w którym wiązki kabli i sprzęt nie będą utrudniać jego widoczności.

## **9 PDU**

- muszą zapewniać zdalne monitorowanie od strony zasilania PDU co najmniej następujących parametrów: prąd, napięcie, moc, energia,
- muszą być wyposażone w interfejs Ethernet i wystawiać monitorowane parametry co najmniej za pomocą protokołów: SNMP, HTTP/HTTPS, przy czym wszystkie informacje muszą być dostępne na protokołach SNMP i HTTP/HTTPS.

## 10 Dodatkowe wyposażenie

Na użytek Zamawiającego należy dodatkowo dostarczyć :

- zasilacze identyczne z tymi w oferowanych serwerach GPU w liczbie 1 na każde 20 zasilaczy zainstalowanych w serwerach lub ich obudowach, nie mniej niż 2 sztuki i nie więcej niż 8 sztuk,
- wentylatory identyczne z tymi w oferowanych serwerach GPU (jeżeli są wymienne na miejscu) w liczbie 1 na każde 20 wentylatorów zainstalowanych w serwerach lub ich obudowach, nie mniej niż 2 sztuki i nie więcej niż 8 sztuk,
- kable zasilania identyczne z użytymi do podłączenia serwerów w liczbie 1 na każde 10 kabli użytych w instalacji, nie mniej niż 2 sztuki i nie więcej niż 8 sztuk,
- kable optyczne lub typu DAC 100 Gbit/s o identycznych parametrach jak użyte do podłączenia serwerów wraz w identycznymi niezbędnymi wkładkami (jeśli wkładki są użyte)
  - 2 szt. o długości 3 m,
  - 2 szt. o długości 5 m,
  - 2 szt. o długości 15 m.

## 11 Miejsce instalacji, warunki chłodnicze i zasilanie

### .11.1 Miejsce

Zamawiający przeznacza na zainstalowanie sprzętu dostarczonego w ramach niniejszego zamówienia miejsce w jednej z komór serwerowych (serwerowni) w nowo budowanym budynku CK STOS Politechniki Gdańskiej przy ul. Traugutta w Gdańsku.

Zamawiający przewiduje do 6 stanowisk na szafy rack o wymiarach 80x120 cm. Dopuszcza się ustawienie szaf w jednym rzędzie.

### .11.2 Chłodnictwo

Zamawiający przewiduje instalację sprzętu wraz z szafami w ciągu istniejącego kiosku chłodniczego złożonego z dwóch rzędów szaf. Konstrukcja kiosku zakłada zamknięty gorący korytarz, gdzie wylot ogrzanego powietrza z serwerów jest skierowany do wnętrza kiosku. Chłodne powietrze jest podawane przez kratki podłogowe do otwartej przestrzeni pomieszczenia. Zamawiający zapewnia obudowę kiosku. Konstrukcja kiosku przewiduje wstawianie szaf o wysokości od 42U do 52U. Luki wynikające z różnicy w wysokości szaf są zaślepiane panelami będącymi na wyposażeniu kiosku. Projektowa temperatura i wilgotność powietrza na wylocie z szafy klimatyzacji precyzyjnej: +22,7 st.C, 57,5%. Cały sprzęt musi pozwalać na pracę przynajmniej w zakresie rekomendowanym ASHRAE.

### .11.3 Warunki zasilania w budynku CK STOS

W budynku STOS głównym źródłem zasilania na potrzeby odbiorów IT jest instalacja o napięciu znamionowym 380 VDC, zwanym dalej HVDC, działająca zgodnie z ETSI EN 300 132-3-1.

#### .11.3.1 Parametry ogólne

- układ sieci: IT (układ izolowany),

- napięcie: nominalnie 380 VDC / zakres roboczy: 280 VDC – 400 VDC,
- sposób dystrybucji w pomieszczeniu: szynoprzewód umiejscowiony nad szafami,
- kable należy prowadzić w korytach nad szafami. Niedopuszczalne jest prowadzenia kabli pod podłogą,
- maksymalna moc zestawu: 120 kW. Moc ta jest liczona razem z ewentualnymi przekształtnikami oraz całą infrastrukturą dla nich potrzebną,
- maksymalna moc na szafę: na szynoprzewodzie w każdej kasecie przewidziane są 2 gniazda po 63A DC,
- liczba przyłączy na szafę: 1 odejście (kasety) na szafę z każdego szynoprzewodu. Szynoprzewody należy traktować jako redundantne,
- dostępne zasilanie z dwóch niezależnych torów.

Dopuszcza się możliwość wymiany kaset na nie gorsze niż przewidziane w projekcie CK STOS. Dostarczenie kaset w takim wypadku pozostaje po stronie Wykonawcy. W szczególności dostarczane kasety muszą mieć:

- indywidualne zabezpieczenia dla każdego gniazda,
- pomiar przynajmniej dla całej kasety zrealizowany przez pomiar bezpośredni z czujnikami Hall-a: prąd, napięcie, moc,
- pomiary wyprowadzone do systemu monitoringu serwerowni identycznym jak posiadany w CK STOS lub za pomocą SNMP
- gniazda nie mogą blokować dostępu do koryt oraz innych kaset – preferowane gniazda na kablu wprowadzonym do szafy. Kabel w wykonaniu zabezpieczającym przed wyrwaniem.

### **.11.3.2 Rozwiązanie własne Wykonawcy**

Pomieszczenia nie są wyposażone w innego rodzaju zasilanie niż HVDC, w szczególności w 230 VAC. Rozwiązania wymagające wewnętrznie innego zasilania niż HVDC mogą być zrealizowane przez dedykowane przekształtniki instalowane bezpośrednio w serwerowni, ale nie jest to preferowany sposób zasilania i jest to traktowane jako rozwiązanie własne Wykonawcy urządzeń IT.

Zamawiający nie zapewnia tych przekształtników i w każdym wypadku, gdy Wykonawca będzie chciał taki układ zastosować, będzie wymagane dla takiego rozwiązania:

- zrobienie wewnętrznej dystrybucji zasilania na poziomie AC z listwami zgodnie z opisem,
- zapewnienie niezawodności na poziomie przynajmniej Tier III, zgodnie z wymaganiami Uptime Institute, co należy rozumieć jako zapewnienie współbieżnej konserwowalności każdego pojedynczego elementu dostarczanego układu (ang. Concurrently maintainable),
- spełnienie wymagań nie gorszych niż dostarczony układ w projekcie CK STOS,
- przygotowanie projektu warsztatowego dla rozwiązania,
- uzgodnienie rozwiązania z Zamawiającym.

### **.11.4 PDU**

Preferowane jest użycie listew zasilających (rozdzielaczy) PDU montowanych pionowo (0U). Kable zasilające listwy PDU muszą być wyprowadzone przez dach szafy. PDU powinno

mieć możliwość montażu "kablem do góry" z zachowaniem funkcjonalności (np. odwracany wyświetlacz).

PDU muszą spełniać wymagania funkcjonalne opisane w odpowiedniej sekcji.

#### **.11.4.1 PDU HVDC**

Wymagania elektrotechniczne:

- do połączenia z szynoprzewodem wtyczka IEC60 309 (8 o'clock, 240°/8h)
- gniazda wyjściowe: gniazda i wtyczki dla urządzeń końcowych w instalacji stałoprądowej HVDC muszą być kompatybilne z APP Saf-D-Grid. Taki standard należy zastosować na listwach PDU HVDC w szafach rack.

#### **.11.4.2 PDU AC**

W przypadku zastosowania dystrybucji zasilania AC:

- dystrybucję wtórną zasilania wewnątrz szafy należy wykonać za pomocą dostarczonych przez Wykonawcę PDU lub innych rozwiązań zgodnych z Dokumentacją Techniczno-Ruchową (DTR) producenta sprzętu.

#### **.11.5 Zasilacze**

- dostosowane do pracy z siecią zasilania serwerowni lub innym rozwiązaniem dostarczonym przez Wykonawcę i dostarczonymi listwami PDU w szafach rack,
- kabel łączący z PDU: gniazda i wtyczki dla urządzeń końcowych w instalacji stałoprądowej HVDC muszą być kompatybilne z APP Saf-D-Grid.

## **12 Prace, realizacja dostawy, przebieg dostawy**

Zakres prac:

- dostawa serwerów i wszystkich komponentów towarzyszących,
- wniesienie i montaż we wskazanym miejscu w serwerowni Zamawiającego,
- instalacja serwerów w szafach rack, pełne połączenie zasilania i łączy telekomunikacyjnych, ułożenie kabli,
- utylizacja opakowań, materiałów transportowych,
- skonfigurowanie urządzeń sieciowych tak, aby serwery miały wspólne podsieci dla zarządzania i systemową,
- skonfigurowanie adresów i dostępu do zarządzania OOB. Adresacje należy uzgodnić z Zamawiającym na etapie wdrożenia,
- uruchomienie klastra i przeprowadzenie testów,
- wykonanie dokumentacji zgodnie z punktem „Dokumentacja techniczna”.

## **13 Dokumentacja techniczna**

Dokumentacja techniczna musi zawierać:



- nazwę, adres, dane kontaktowe Wykonawcy,
- wyciąg z warunków serwisu i gwarancji (sposób zgłoszenia, czasy reakcji i naprawy), dane kontaktowe serwisu,
- wykaz dostarczonych elementów,
- schemat rozmieszczenia urządzeń w szafach rack,
- schematy połączeń sieciowych i zasilania,
- wykaz adresów MAC kart sieciowych zarządzania OOB i systemowych oraz numerów seryjnych wszystkich urządzeń przypisanych do uzgodnionych nazw urządzeń i ich lokalizacji w szafach rack. Wykaz taki należy dostarczyć w formacie CSV lub innym tabelarycznym formacie obsługiwany przez program LibreOffice Calc,
- adresacje sieciowe serwerów,
- szczegółową konfigurację serwerów,
- odnośniki do stron informacyjnych produktów,
- pochodzącą od producenta dokumentację techniczną dla dostarczonego sprzętu,
- dokumentację należy dostarczyć w formie elektronicznej w postaci edytowalnego dokumentu ODT. Załączniki pochodzące od producentów sprzętu mogą zostać dostarczone w formacie PDF lub innym obsługiwany przez pakiet LibreOffice.

## 14 Odbiór i testy odbiorowe

### .14.1 Procedura uruchomienia i testów klastra obliczeniowego. Obowiązki Wykonawcy

Wykonawca zobowiązany jest wykonać następujące prace uruchomieniowe i testowe:

- uruchomienie na wszystkich serwerach systemu Linux za pomocą tymczasowego środowiska uruchomieniowego. Wykonawca musi zapewnić na czas testów własne środowisko uruchomieniowe (np. serwer DHCP, PXE, serwer obrazów, obraz systemu Linux, serwer NFS),
- przygotowanie pliku konfiguracyjnego dla serwera DHCP ze statycznym przydziałem adresów IP do adresów MAC dla wszystkich serwerów,
- przygotowanie obrazu systemu operacyjnego z rodziny Linux wraz z oprogramowaniem testującym HPLinpack (High Performance Linpack, HPL) gotowym do uruchomienia testu na całym klastrze (Wykonawca musi zapewnić wszystkie wymagane licencje co najmniej na czas trwania testów i procedury odbioru klastra),
- uruchomienie na całym klastrze, zakończenie z sukcesem i udokumentowanie co najmniej 3 przebiegów testów HPLinpack,
- w celu wykonania testu należy wykorzystać wersję oprogramowania udostępnianą przez producenta procesora, producenta kart GPU bądź też skompilować własną wersję ze źródeł dostępnych na stronie <http://www.netlib.org/benchmark/hpl/>. Niedopuszczalne są jakiegokolwiek modyfikacje w kodzie źródłowym poza zmianami niezbędnymi do wykorzystania bibliotek matematycznych dla danego procesora,
- należy wykonać procedurę testową trwającą co najmniej 3 godziny: na wszystkich węzłach uruchomione zostają niezależne instancje HPL wykorzystujące co najmniej 80% pamięci RAM węzła, wszystkie procesory oraz wszystkie karty GPU. Dla każdego węzła wynik HPL powinien wynosić co najmniej 50% teoretycznej wydajności obliczeniowej węzła,

- w przypadku gdy pojedynczy przebieg testu HPL będzie trwał mniej niż czas wymagany, Zamawiający dopuszcza zapętlenie testu. Wykonanie pomiarów oraz ich udokumentowanie leży po stronie Wykonawcy. Zamawiający może zażądać powtórzenia testów,
- Zamawiający dopuszcza uruchomienie testów osobno dla GPU i osobno dla CPU i zsumowanie wydajności,
- przetestowanie połączeń sieciowych, wykazanie funkcjonowania fabryki IP.

Po wykonaniu testów przez Wykonawcę i przedstawieniu dokumentacji Zamawiający, we własnym zakresie uruchomi i przetestuje dostarczone serwery.

## **.14.2 Testy Zamawiającego**

Testowanie przez Zamawiającego obejmuje:

- sprawdzenie funkcjonalności modułu zarządzania,
- bootowanie po sieci metodą PXE, bezdyskowe uruchomienie systemu operacyjnego Linux,
- testy wydajności obliczeniowej za pomocą testów HPL. Testy będą miały charakter jakościowy, tj. oczekiwane jest poprawne wykonanie testów, stabilna praca urządzeń podczas testów, uzyskanie wydajności obliczeniowej na poziomie co najmniej 50% teoretycznych wydajności. Na każdym serwerze zostanie wykonany co najmniej jeden test trwający minimum 3 godziny. W razie konieczności testy zostaną zapętlone. Testy zostaną wykonane dla indywidualnych nodów jak też i dla grup nodów,
- przetestowanie wydajności pamięci masowej za pomocą programu fio,
- przetestowanie wydajności sieci za pomocą programu iperf. Przykładowe testy wydajności:
  - połączenia bezpośredniego dwóch serwerów, połączenia serwerów podpiętych do tego samego przełącznika, połączenia między serwerami podpiętymi do różnych przełączników leaf (za pośrednictwem spine). Wyniki testów powinny przekroczyć 80% znamionowej wydajności połączenia.
  - połączenia wielu serwerów do jednego, celem testu jest osiągnięcie przepustowości łącznej na poziomie przekraczającym 150% wydajności pojedynczego linku (przy odpowiedniej liczbie serwerów w klastrze);
  - połączenia wielu serwerów do wielu serwerów w 2 różnych przełącznikach leaf, celem testu jest przekroczenie 100% przepustowości połączenia agregującego przełącznik leaf z przełącznikiem spine.