

VMWARE ESXi* klaster wysokiej dostępności z pamięcią masową typu *FC SAN* zarządzana przez *Linux Openfiler ESA

autor: Zygmunt Bok, Medholding S.A., Katowice, 2017

1. Wprowadzenie

W artykule przedstawiono klaster wysokiej dostępności z pełną redundancją połączeń światłowodowych, jako platformę dla maszyn wirtualnych współpracujących z systemem pamięci masowej typu *Fiber Channel SAN Storage*. W budowie klastra wykorzystano technologię *VMWARE ESXi* firmy *VMware Inc.* [1] wspierającej wiele różnych i bardzo drogich systemów pamięci masowych typu *Storage Area Network (SAN)* [2,3] w różnych konfiguracjach. Produkowane obecnie przez *VMware Inc.* oprogramowanie *VMware ESX Server* [4] klasy *enterprise* dla organizacji i podmiotów gospodarczych różnej wielkości, służy do tworzenia wirtualnej infrastruktury informatycznej. Opiera się na własnym jądrze [5,6,7] oraz konsoli zarządzającej, którą jest zmodyfikowany system operacyjny *Red Hat Linux* [7,8], posiadający własne sterowniki i obsługujący specyficzny sprzęt komputerowy. *Red Hat Linux* to jedna z najstarszych i w swoim czasie najpopularniejszych dystrybucji *Linuksa*, tworzona przez firmę *Red Hat*. Dalszy rozwój systemu został podzielony na dwie gałęzie: niekomercyjny projekt *Fedora Core* (obecnie *Fedora*) i komercyjną dystrybucję *Red Hat Enterprise Linux*.

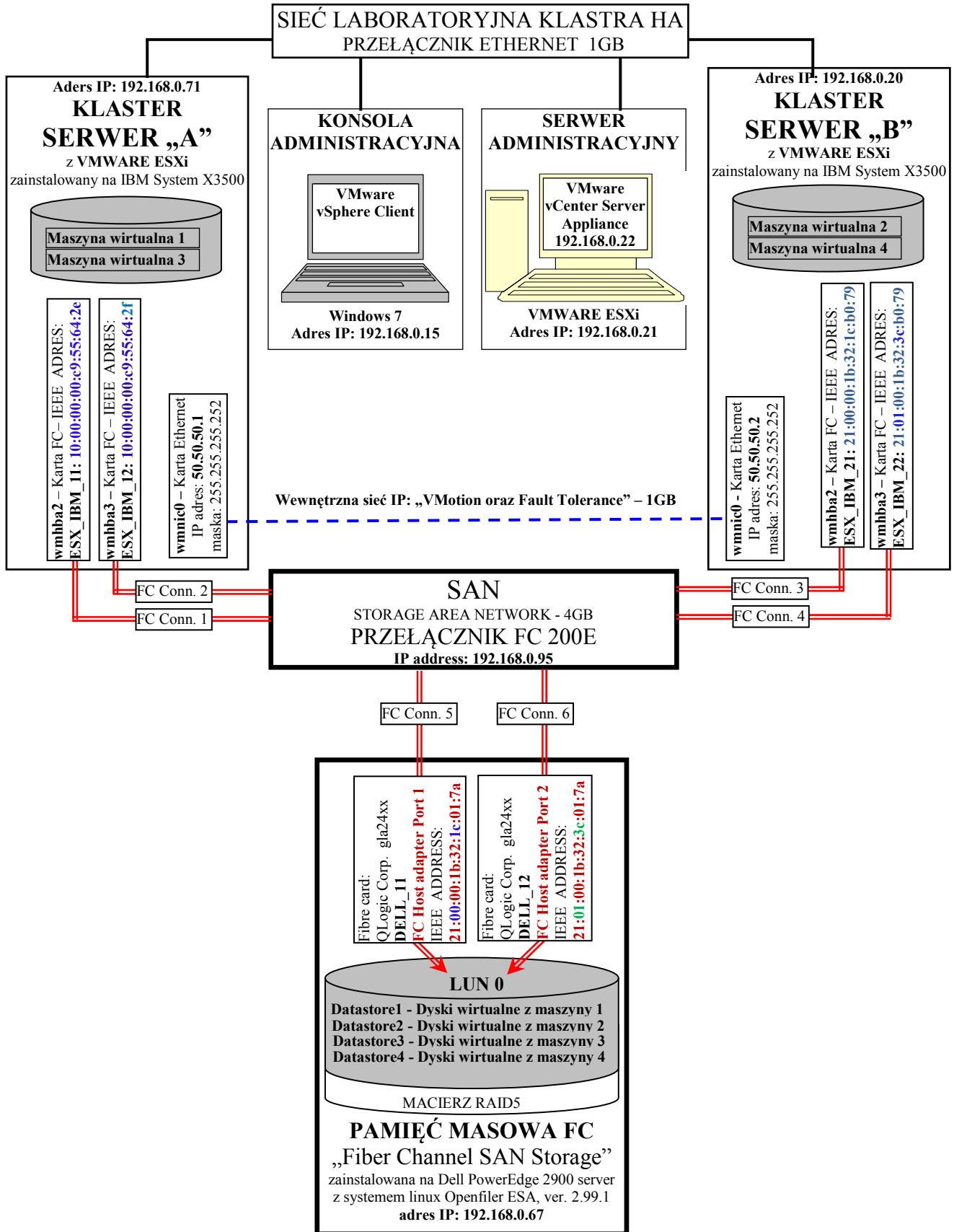
Ogólnie można powiedzieć, że *VMware Inc.* testuje systemy *ESXi* wraz z wspieranymi przez nią systemami pamięci masowych innych producentów [9], tj.:

1. *EMC CLARiiON Storage Systems*,
2. *EMC Symmetrix Storage Systems*,
3. *IBM System Storage DS4800 Storage Systems*,
4. *IBM Systems Storage 8000 and IBM ESS800*,
5. *HP StorageWorks Storage Systems: HP StorageWorks EVA, HP StorageWorks XP*,
6. *Hitachi Data Systems Storage*,
7. *NetApp Storage*,

w zakresie ich podstawowej funkcjonalności, odporności na awarie *Host Bus Adapters (HBA)* [10] oraz innych. Należy zaznaczyć, że nie wszystkie urządzenia magazynowe pamięci masowych ww. systemów są certyfikowane dla wszystkich funkcjonalności i możliwości technologii *ESXi*, a sprzedawcy tych systemów mogą mieć specyficzną pozycję w zakresie wsparcia odnoszącego się do tej technologii.

W niniejszej pracy opisano sposób w jaki można zbudować tani magazyn pamięci masowej typu *Fiber Channel SAN Storage* [9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20], pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego *Linux Openfiler ESA* [21,22,23,24,25,26,27], współpracujący z klastrem wysokiej dostępności *HA (High Availability) VMWARE ESXi* [11,28] w zakresie podstawowej zdolności przyłączeniowej (*basic connectivity*), odporności na awarie *HBA* oraz pełnej redundancji połączeń światłowodowych pomiędzy pamięcią masową a klastrem *HA* zbudowanym w technologii *VMWARE ESXi*. Przygotowaną, według opisanego sposobu, laboratoryjną infrastrukturę klastrową wykorzystano do przetestowania możliwości uruchomienia w pamięci masowej fragmentu specjalistycznego szpitalnego Systemu Radiografii Pośredniej „*Synapse*” f-my *FUJIFILM Medical Systems USA, Inc.*, służącego do gromadzenia oraz prezentacji zdjęć RTG i Tomografii Komputerowej użytkowanego w Szpitalu Specjalistycznym im. Prof. E. Michałowskiego MEDHOLDING S.A. Dokonano również oceny porównawczej szybkości jego działania w sytuacji, kiedy dyski wirtualne tego systemu znajdują się na dyskach zlokalizowanych w pamięci masowej typu *Fiber Channel SAN Storage*, na dyskach jednego z serwerów klastra *ESXi* lub na udostępnionych dyskach z systemem plików *NFS* [29,30,31,32,33] innego serwera *linuksowego* włączonego do sieci laboratoryjnej. Ogólną koncepcję budowy takiego klastra

przedstawiono na Rys. 1. Na tym rysunku zasadniczą rolę pełni sieć światłowodowa *Storage Area Network (SAN)* z przyłączoną do niej pamięcią masową pracująca pod kontrolą sytemu operacyjnego *Linux Openfiler ESA* ver. 2.99.1.



Rys. 1. Klaster Wysokiej dostępności VMware ESXi z pamięcią masową FC
Fig. 2. Cluster HA VMware ESXi with “Fiber Channel SAN Storage”

2. Budowa klastra VMWARE ESXi wysokiej dostępności

W związku potrzebą zbudowania klastra laboratoryjnego w zakresie podstawowej zdolności przyłączeniowej, odporności na awarie *HBA* oraz pełnej redundancji połączeń światłowodowych pomiędzy klastrem a pamięcią masową typu *Fiber Channel SAN Storage*, pracującej pod kontrolą systemu operacyjnego *Linux Openfiler ESA*, w tej części wykonano następujące kroki.

2.1. Konfigurowanie klastra *Vmware ESXi*

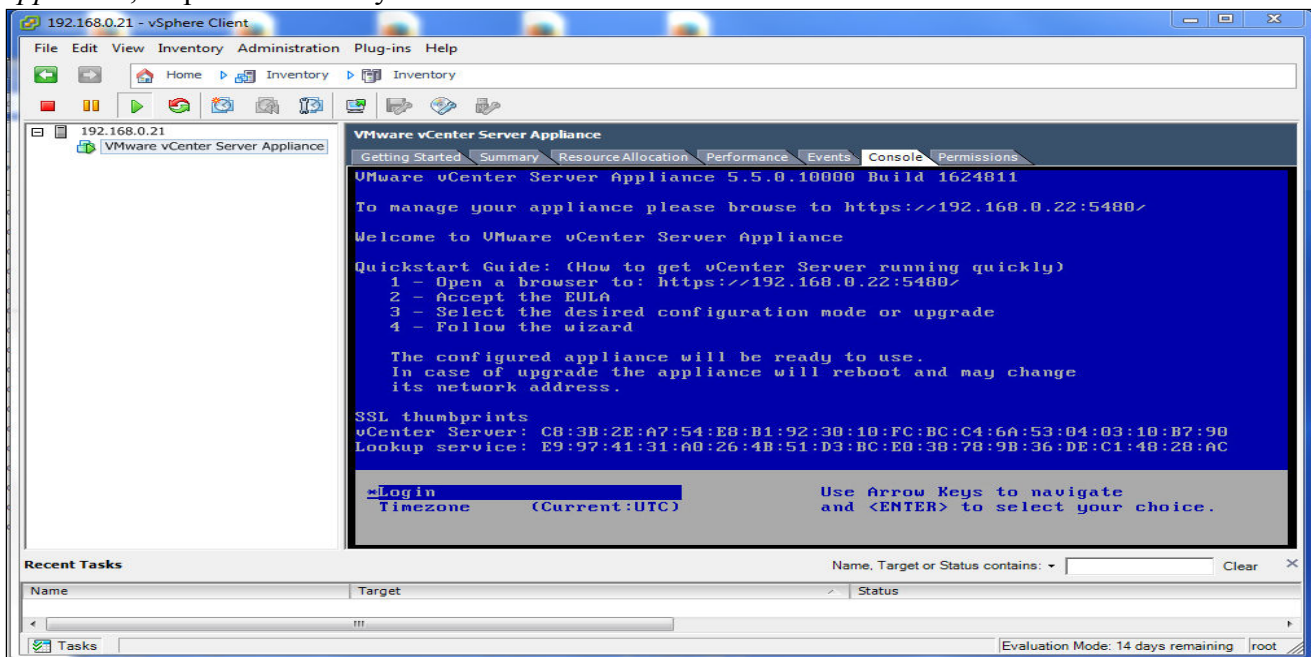
Instalację i konfigurację klastra wysokiej dostępności dokonano na dwóch maszynach *IBM System X3500*, na których zainstalowano oprogramowanie serwerowe *VMWARE ESXi ver. 5.5*. Zarządzanie tym klastrem sprawowano za pomocą pakietu oprogramowania *VMware vCenter Operations Management Suite 5.8*, tj. *VMware vCenter Server Appliance ver. 5.5*, które zostało zainstalowane na oddzielnym 64 bitowym serwerze zarządzającym z oprogramowaniem serwerowym *Vmware ESXi ver. 5.5*. Oprogramowanie administracyjne w postaci pakietu the *VMware vSphere Client ver.5.5*, zarządzające całym klastrem, zainstalowano na kolejnym 64 bitowym komputerze.

2.1.1. Instalacja oprogramowania „VMware vCenter Server Appliance” na serwerze administracyjnym

W celu instalacji oprogramowania *VMware vCenter Server Appliance* z poziomu klienckiego programu zarządzającego *vSphere Client* wybrano opcję *File->Deploy OVF Template*. W oknie *Deploy OVF Template* wskazano plik *VMware-vCenter-Server-Appliance-5.5.0.10000-1624811_OVF10.ovf*. W kolejnych oknach kreatora ww. oprogramowania podano nazwę – w tym przypadku *VMware vCenter Server Appliance*.

2.1.1.1. Dostęp do konsoli administracyjnej w serwerze zarządzającym VMware vCenter Server Appliance

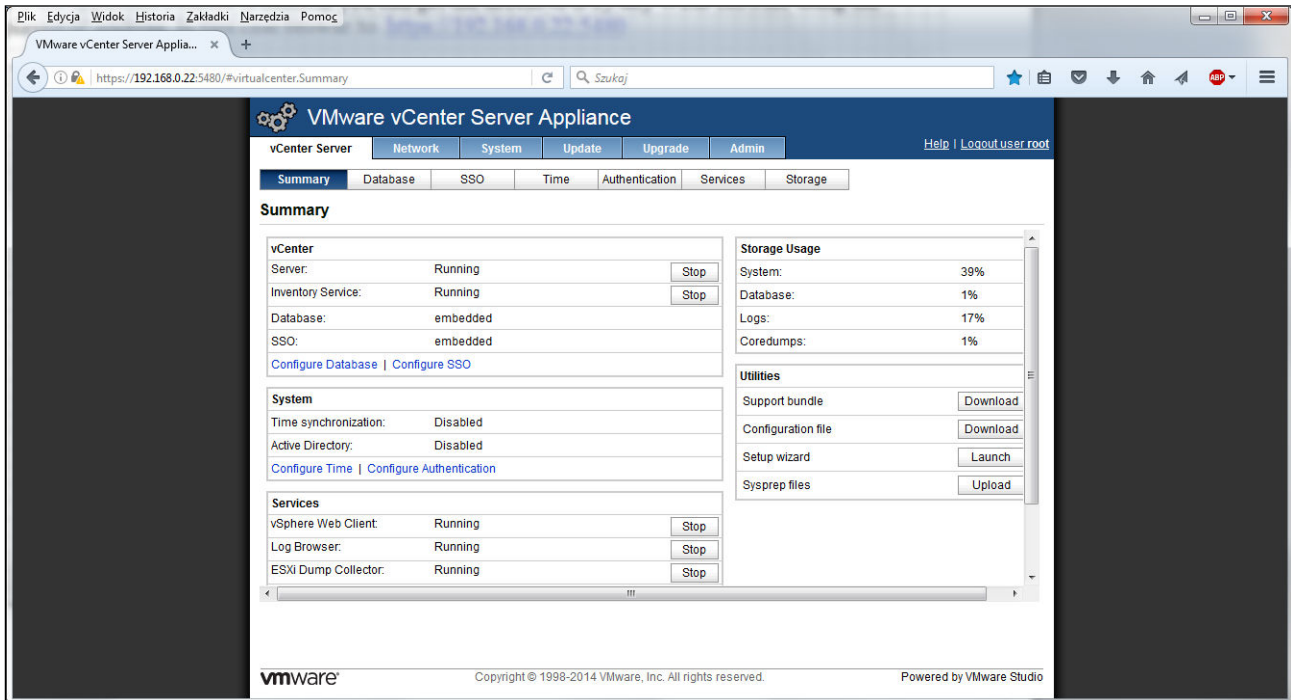
W celu uzyskania dostępu do konsoli administracyjnej *VMware vCenter Server Appliance*, na serwerze zarządzającym należy uruchomić maszynę wirtualną dostępną pod nazwą *VMware vCenter Server Appliance*, co pokazano na Rys. 2.



Rys. 2. Uruchomiona maszyna wirtualna „VMware vCenter Server Appliance”

Fig. 2. Running a virtual machine "VMware vCenter Server Appliance"

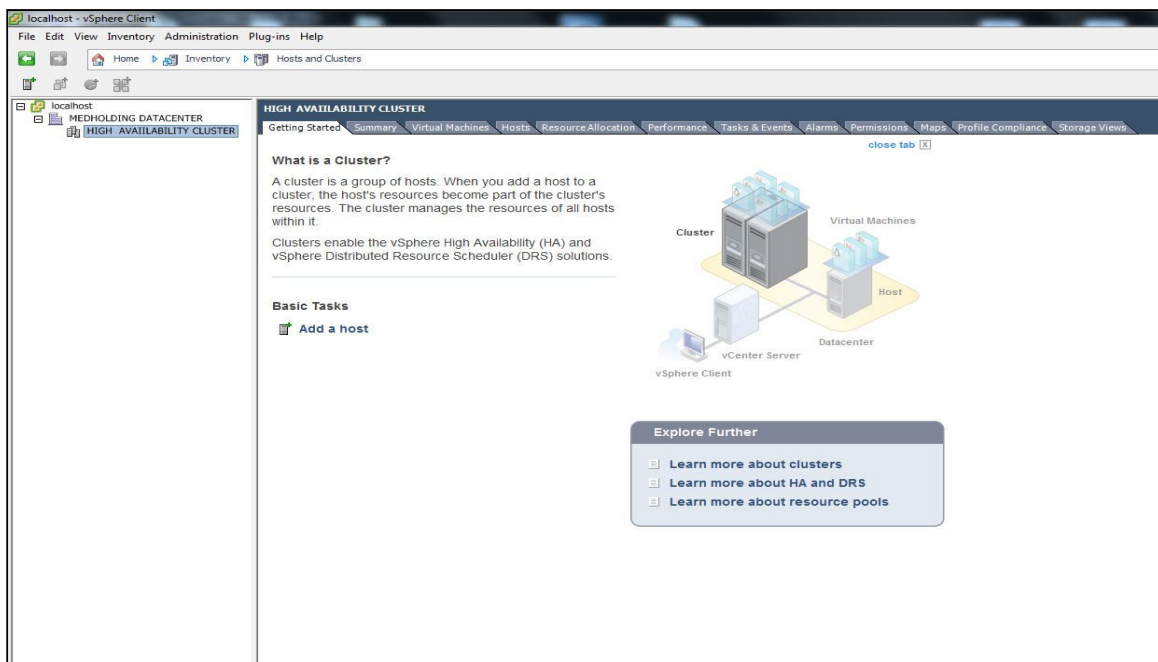
Dostęp do uruchomionej konsoli maszyny wirtualnej *VMware vCenter Server Appliance* jest możliwy za pomocą dowolnej przeglądarki internetowej wykorzystując wyświetlany adres IP, co pokazano na Rys. 3. W tym przypadku użyto domyślnych danych logujących <https://192.168.0.22:5480> (user: "root", default password: "vmware").



Rys. 3. Konsola maszyny wirtualnej „VMware vCenter Server Appliance”
Fig. 3. Virtual machine console "VMware vCenter Server Appliance"

2.1.2. Utworzenie struktury klastra za pomocą pakietu *VMware vSphere Client for ESXi servers* zainstalowanego na konsoli administracyjnej

2.1.2.1. Utworzenie, za pomocą kreatora, struktury klastra



Rys. 4. Struktura klastra wysokiej dostępności
Fig. 4. High Availability cluster structure

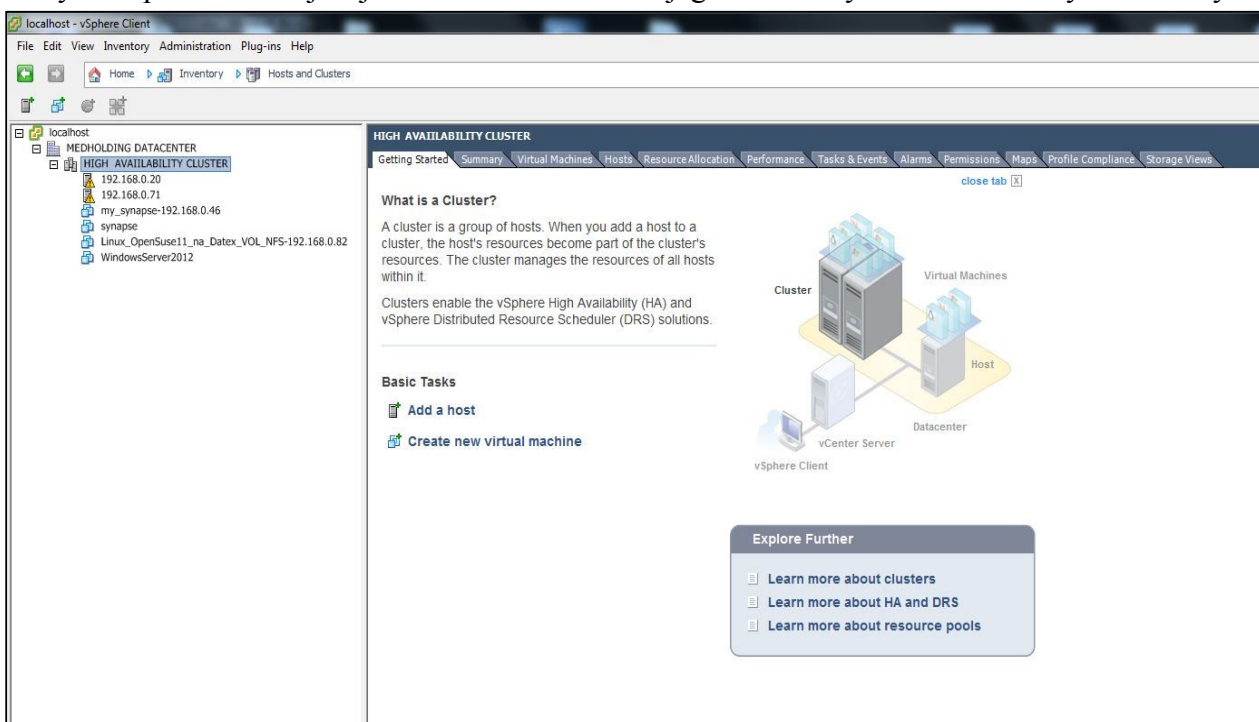
Podczas pracy kreatora klastra włączono/wyłączono następujące jego funkcjonalności:

1. *Turn On vSphere HA*
2. *Enable Host Monitoring*
3. *VM restart priority - High*
4. *VM Monitoring Status - Disabled*
5. *Enhanced vMotion Compatibility – Disable EVC*
6. *Store the swapfile in the same directory as the virtual machine*

2.1.2.2. Dodanie do struktury klastra nowych hostów

Na poniższym Rys. 5. pokazano wynik działania kreatora dodającego do utworzonej struktury klastra nowych hostów z systemem *ESXi* (o adresach 192.168.0.20, 192.168.0.71).

Na tym etapie możliwe jest już dodanie do klastra i jego konkretnych hostów maszyn wirtualnych.

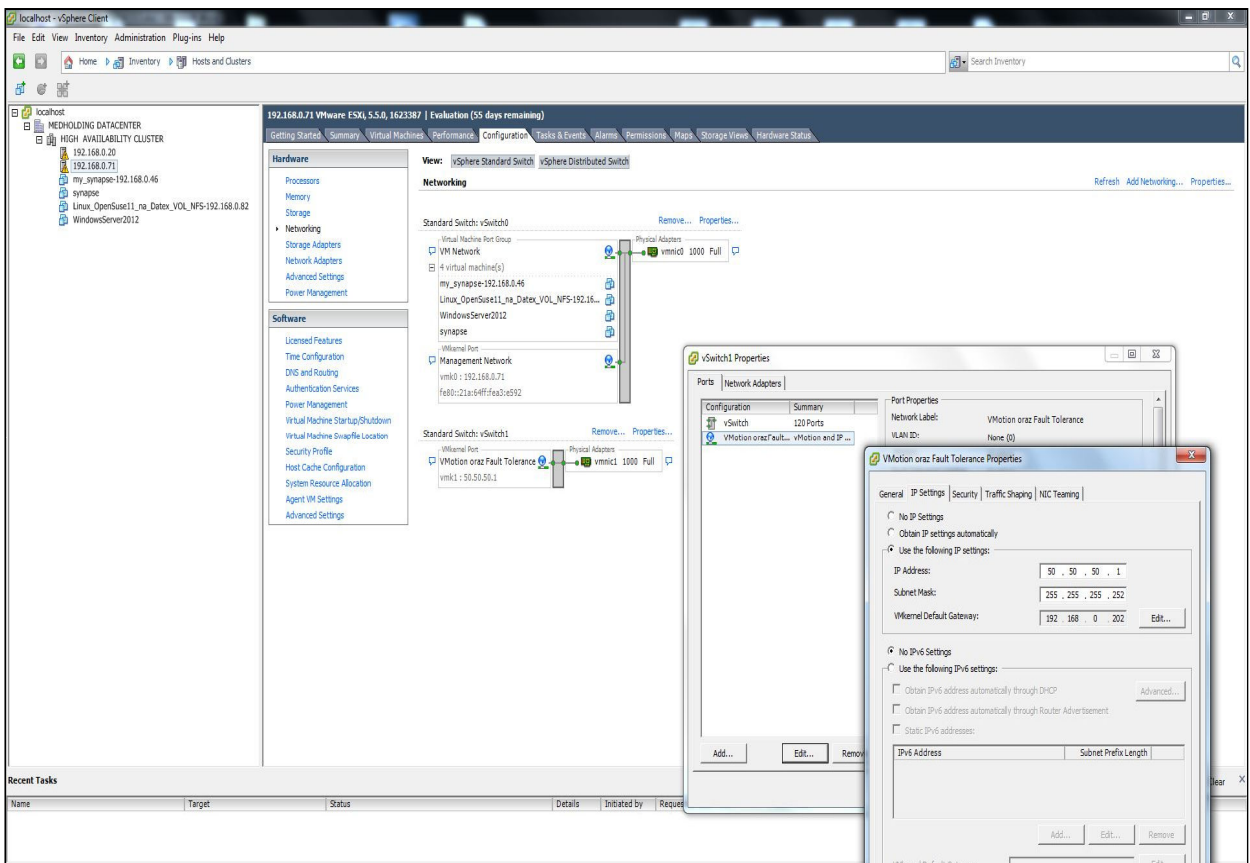


Rys. 5. Nowe hosty i maszyny wirtualne w klastrze
Fig. 5. New hosts and virtual machines in a cluster

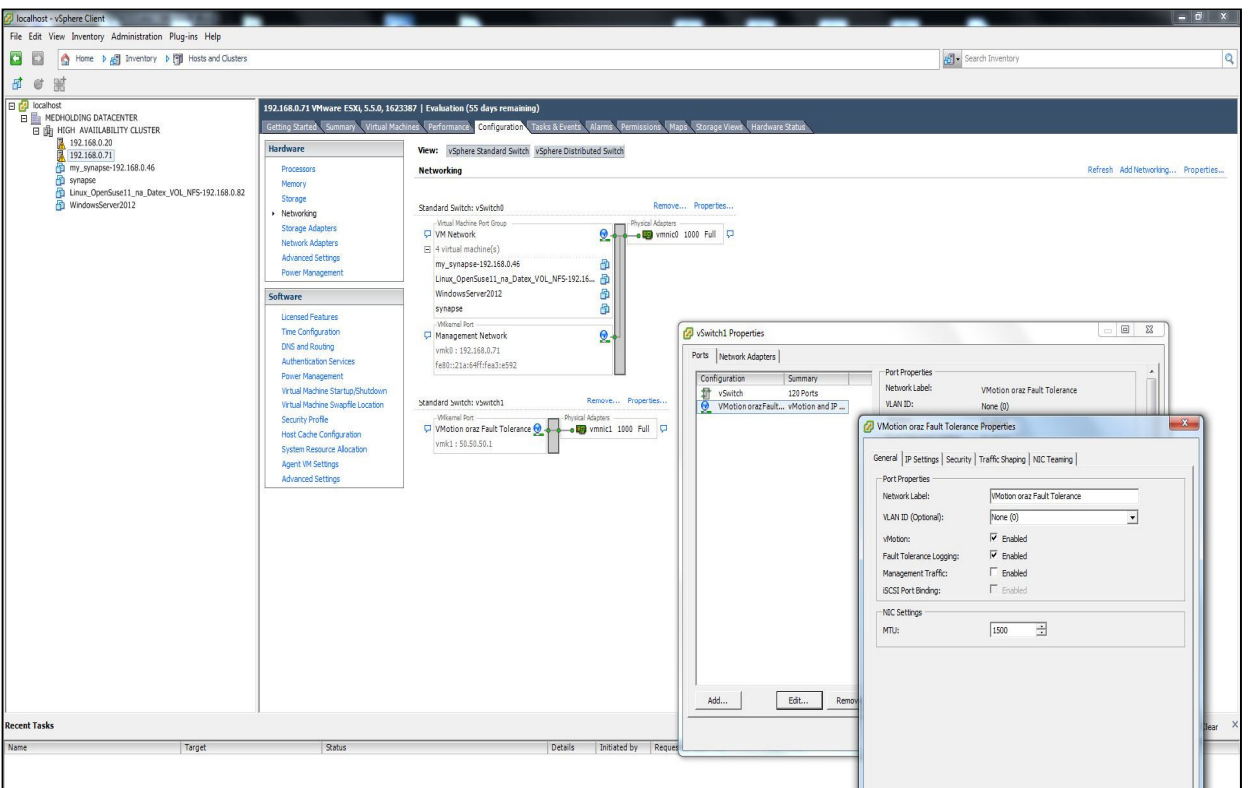
2.1.2.3. Utworzenie wewnętrznej sieci komunikacyjnej dla zapewnienia funkcjonalności *VMotion* and *Fault Tolerance* pomiędzy dwoma hostami *VMware ESXi servers* w klastrze

1. Utworzenie wewnętrznej sieci komunikacyjnej dla zapewnienia funkcjonalności *VMotion* and *Fault Tolerance* dla pierwszego hosta *ESXi* (192.168.0.71).

W tym celu dla tego hosta ustalono adres IP 50.50.50.1 (maska 255.255.255.252). Dla funkcjonalności “*vMotion*” and “*Fault tolerance logging*” odpowiednie opcje wyboru (*checkbox*) zaznaczono jako *enabled*, co przedstawiono na Rys. 6 i Rys. 7.



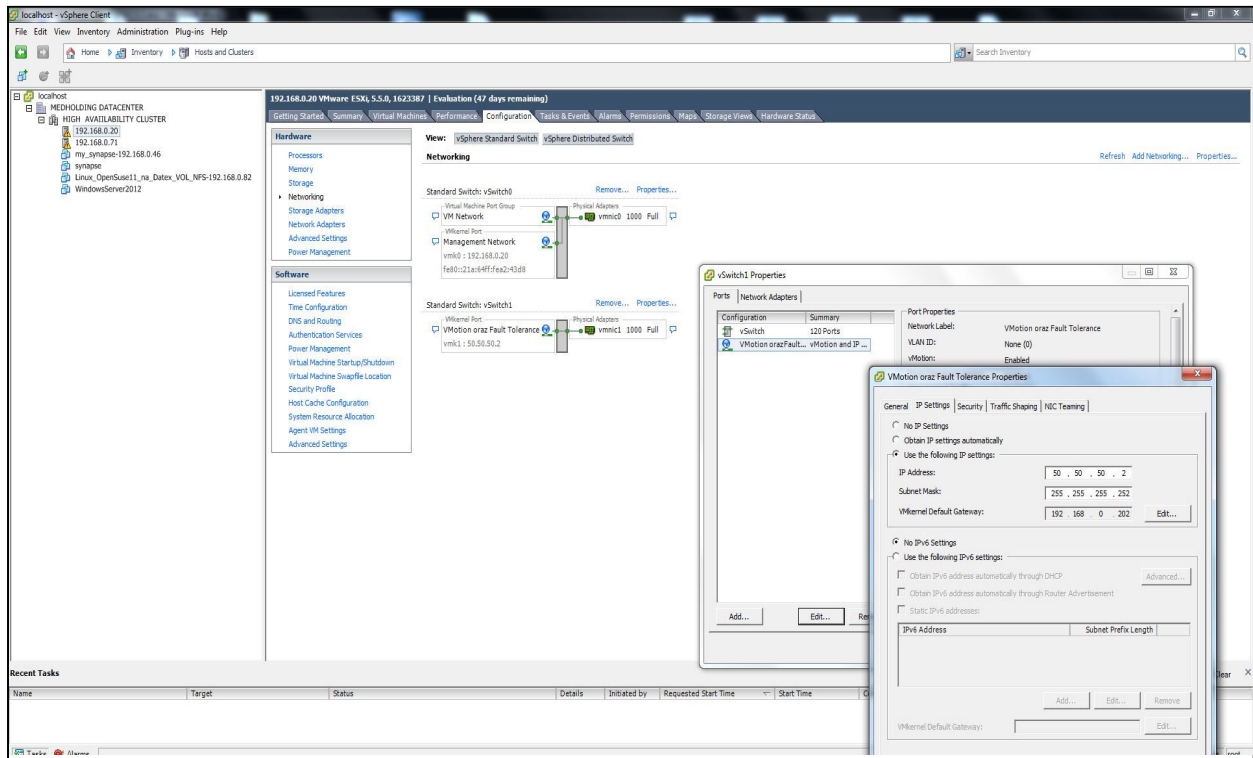
Rys. 6. Ustawienie adresu IP dla wewnętrznej sieci „VMotion and Fault Tolerance”
 Fig. 6. Setting up the IP address for Internal network „VMotion and Fault Tolerance”



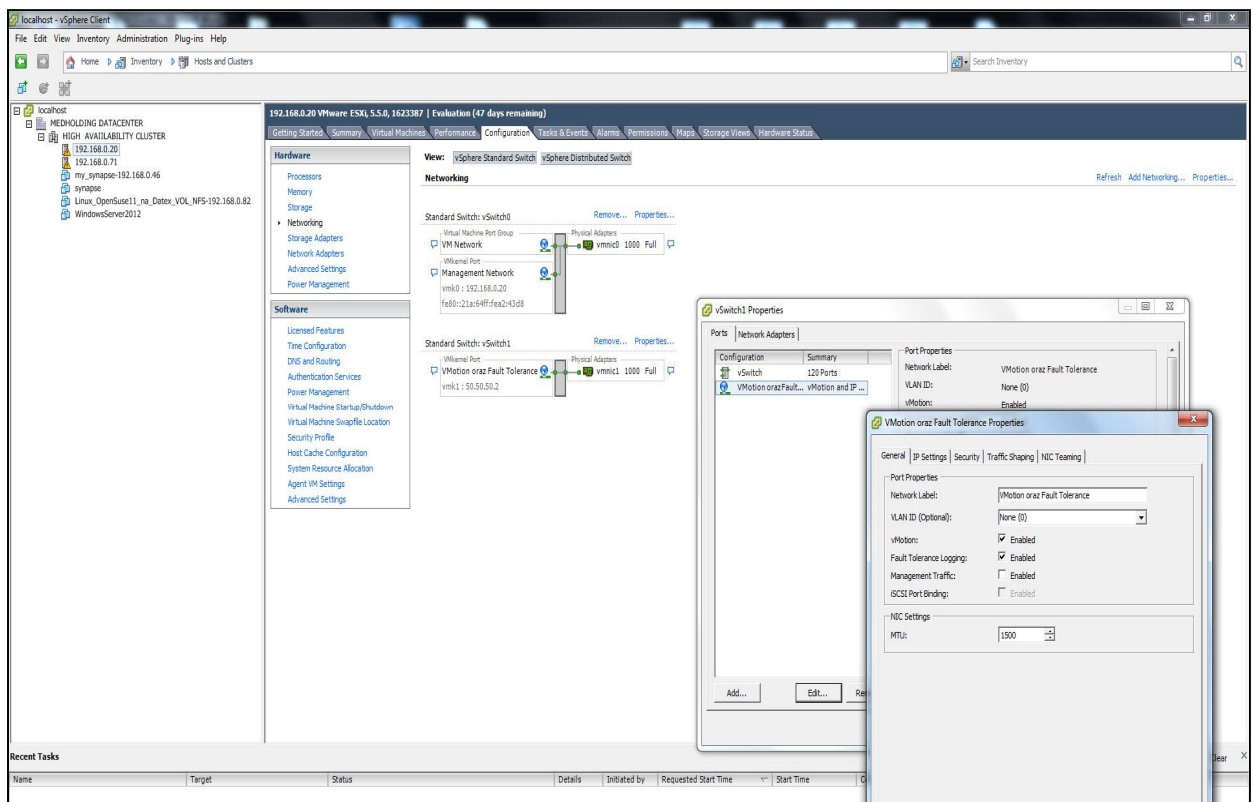
Rys. 7. Ustawienie opcji dla “vMotion” and “Fault tolerance logging”
 Fig. 7. Setting up the “vMotion” and “Fault tolerance logging” options

2. Utworzenie wewnętrznej sieci komunikacyjnej dla zapewnienia funkcjonalności *VMotion* and *Fault Tolerance* dla drugiego hosta ESXi (192.168.0.20).

W tym celu dla tego hosta ustalono adres IP 50.50.50.2 (maska 255.255.255.252). Dla funkcjonalności *“vMotion”* and *“Fault tolerance logging”* odpowiednie opcje wyboru (check box) zaznaczono jako *“enabled”*, co przedstawiono na Rys. 8 i Rys. 9.



Rys. 8. Ustawienie adresu IP dla wewnętrznej sieci „VMotion and Fault Tolerance”
Fig. 8. Setting up the IP address for Internal network „VMotion and Fault Tolerance”



Rys. 9. Ustawienie opcji dla *“vMotion”* and *“Fault tolerance logging”*
Fig. 9. Setting up the *“vMotion”* and *“Fault tolerance logging”* options

2.2. Konfigurowanie pamięci masowej typu *SAN Fibre Channel*

2.2.1. Część 1. *Linux Openfiler ESA*– Konfigurowanie kanału światłowodowego

Instalację systemu operacyjnego *Openfiler ESA* (ver. 2.99.1) można dokonać na dowolnej 64 bitowej maszynie – w tym przypadku - *Dell PowerEdge 2900 server*.

Uwagi:

- Opis odnosi się do kart światłowodowych *QLogic Corp.* typu *qla24xx* (*qla 2460* oraz *qla 2462*), w szczególności do **qla 2432** (*Fibre Channel: QLogic Corp. ISP2432-based 4Gb Fibre Channel to PCI Express HBA – dwa porty FC*), którą użyto w opisie.
- Poniższej instalacji dokonano z zainstalowaną, w serwerze *Dell PowerEdge 2900*, kartą światłowodową **qla 2432**.
- Instalacja klastra na serwerach *IBM System X3500* z *VMware ESXi* odpowiada schematowi klastra na Rys. 1.

1. Instalacja systemu operacyjnego *Openfiler ESA*

2. Włączenie usług *scst* oraz *qla2x00tgt*

```
# chkconfig scst on
# chkconfig qla2x00tgt on
```

3. Odszukanie portów *WWN* [2] kart światłowodowych zainstalowanych w systemie

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

```
0x2100001b321c017a
0x2101001b323c017a
```

A zatem w systemie *OpenFiler ESA* zainstalowane są adaptory *FC* z poniższymi portami:

FC Host adapter Port 1 - 21:00:00:1b:32:1c:01:7a

FC Host adapter Port 2 - 21:01:00:1b:32:3c:01:7a

4. Uruchomienie usługi “*scst*” oraz *qla2x00tgt*

```
# service qla2x00tgt start
# service scst start
```

5. Włączenie trybu “*target*”

Włączenie trybu “*target*” dla każdego adaptera lub interfejsów światłowodowych następuje za pomocą komendy o następującej składni:

```
scstadmin -enable_target X -driver Y
```

gdzie *X* jest adresem *WWN* separowanym dwukropkami, np.: “**21:00:00:1b:32:1c:01:7a**”

5.1. dla *FC Host adapter Port 1*:

```
# scstadmin -enable_target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a -driver qla2x00t
```

5.2. dla *FC Host adapter Port 2*:

```
# scstadmin -enable_target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a -driver qla2x00t
```


6. Utworzenie grupy bezpieczeństwa.

Utworzenie grupy bezpieczeństwa dla wszystkich urządzeń, które będą używały trybu „target”

Dla opisywanego przypadku, utworzono grupę bezpieczeństwa o nazwie „esxi”, używając polecenia o składni:

```
scstadmin -add_group Z -driver Y -target X
```

gdzie Z jest nazwą grupy

6.1. dla FC Host adapter Port 1:

```
# scstadmin -add_group esxi -driver qla2x00t -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
```

6.2. dla FC Host adapter Port 2:

```
# scstadmin -add_group esxi -driver qla2x00t -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
```

2.2.2. Konfigurowanie przełącznika *Fibre Channel FC 200E*. Przyporządkowanie portów przełącznika *FC 200E* do grup bezpieczeństwa

2.2.2.1. Definiowanie i tworzenie aliasów oraz stref

W celu ograniczenia dostępu serwera do pamięci masowej nie alokowanej dla niego, w sieciach *SAN* używa się mechanizmu zonu, który pozwala na segmentację sieci *Fibre Channel* przy pomocy przełączników. Zazwyczaj strefy (*zones*) tworzone są dla każdej grupy serwerów, które uzyskują dostęp do udostępnionej grupy urządzeń pamięci masowej i jednostek logicznych LUN [2,15] (*Logical Unit Number*). Strefy definiują, które hosty mogą łączyć się z określonymi pamięciami masowymi. Urządzenia spoza strefy są niewidoczne dla urządzeń wewnątrz strefy.

W zastosowanym przełączniku *FC 200E* [34] (IP: 192.168.0.95), definiowanie i tworzenie aliasów oraz stref [35,36,37,38,39] wykonano za pomocą poniższych poleceń:

1. dla aliasów:

Pamięci masowej – serwerze DELL, pod kontrolą systemu operacyjnego *Openfiler ESA*:

oraz *FC Host adapter Port 1*

- DELL_11 # alicreate DELL_11, “21:00:00:1b:32:1c:01:7a”

oraz *FC Host adapter Port 2*

- DELL_12 # alicreate DELL_12, “21:01:00:1b:32:3c:01:7a”

Hostów ESXi – na serwerach IBM:

- ESX_IBM_11 # alicreate ESX_IBM_11, “10:00:00:00:c9:55:64:2e”
- ESX_IBM_12 # alicreate ESX_IBM_12, “10:00:00:00:c9:55:64:2f”
- ESX_IBM_21 # alicreate ESX_IBM_21, “21:00:00:1b:32:1c:b0:79”
- ESX_IBM_22 # alicreate ESX_IBM_22, “21:01:00:1b:32:3c:b0:79”

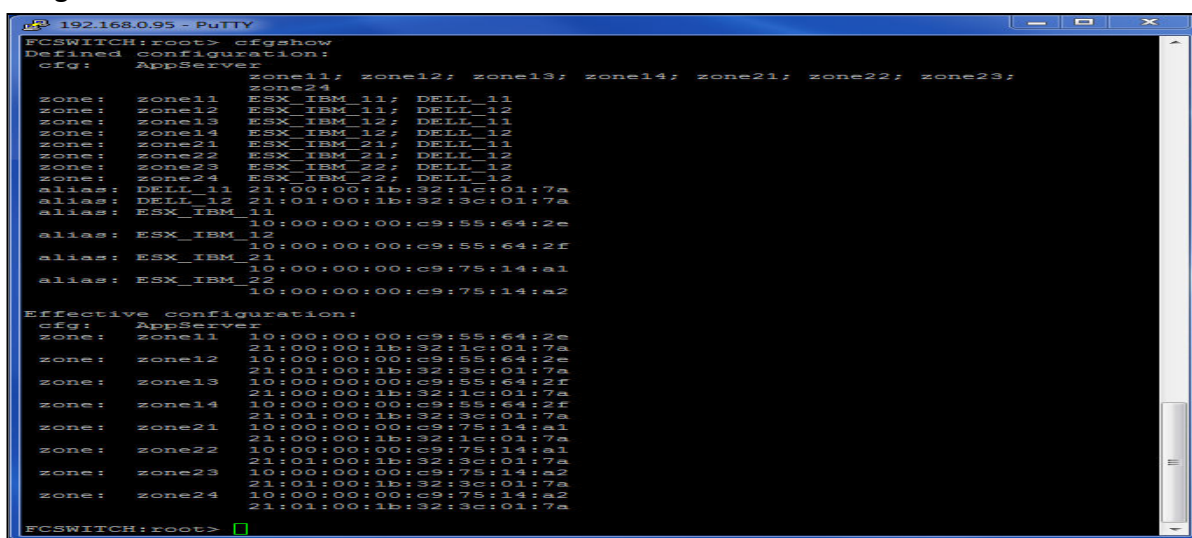
2. dla macierzy stref (*zones array*):

```
ZONES = [ zone11 zone21  
          zone12 zone22  
          zone13 zone23  
          zone14 zone24 ]
```

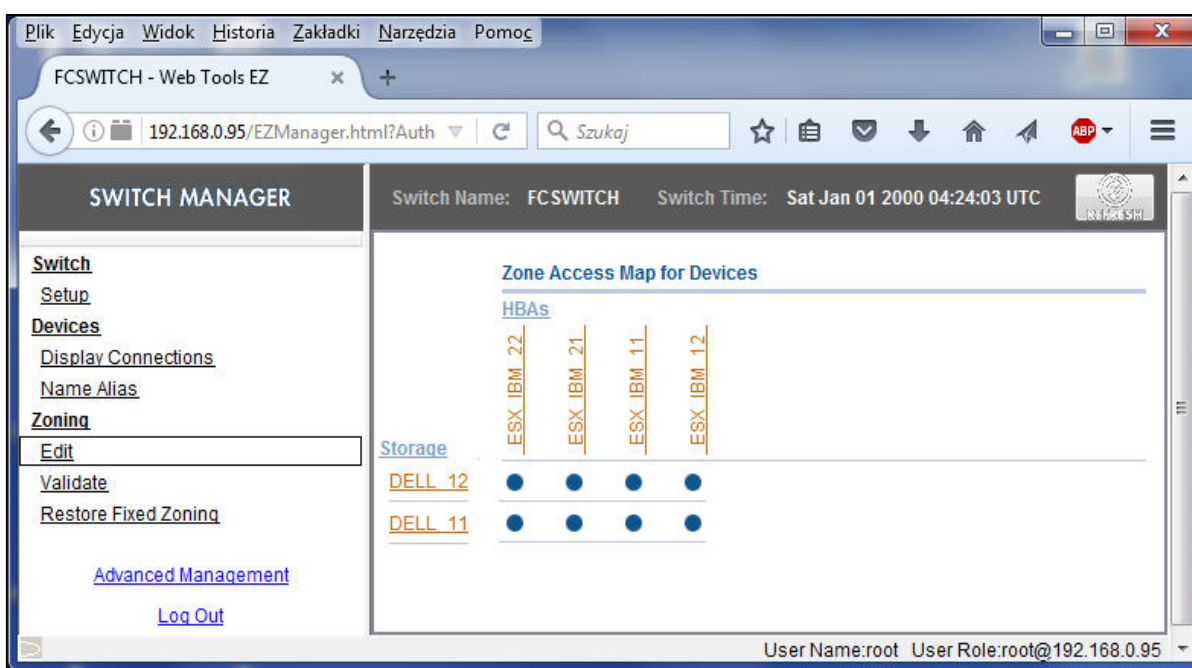
- zone11 # zonecreate zone11, "ESX_IBM_11; DELL_11"
- zone12 # zonecreate zone12, "ESX_IBM_11; DELL_12"
- zone13 # zonecreate zone13, "ESX_IBM_12; DELL_11"
- zone14 # zonecreate zone14, "ESX_IBM_12; DELL_12"
- zone21 # zonecreate zone21, "ESX_IBM_21; DELL_11"
- zone22 # zonecreate zone22, "ESX_IBM_21; DELL_12"
- zone23 # zonecreate zone23, "ESX_IBM_22; DELL_12"
- zone24 # zonecreate zone24, "ESX_IBM_22; DELL_12"

3. Zapisanie utworzonej konfiguracji pod nazwą *AppServer*, przechowującej informacje o utworzonych strefach, co pokazano na Rys. 10,11, dokonano za pomocą poniższych komend:

```
# cfgcreate AppServer, "zone11; zone12; zone13; zone14; zone21; zone22; zone23; zone24"
# cfgenable AppServer
# cfgsave
```



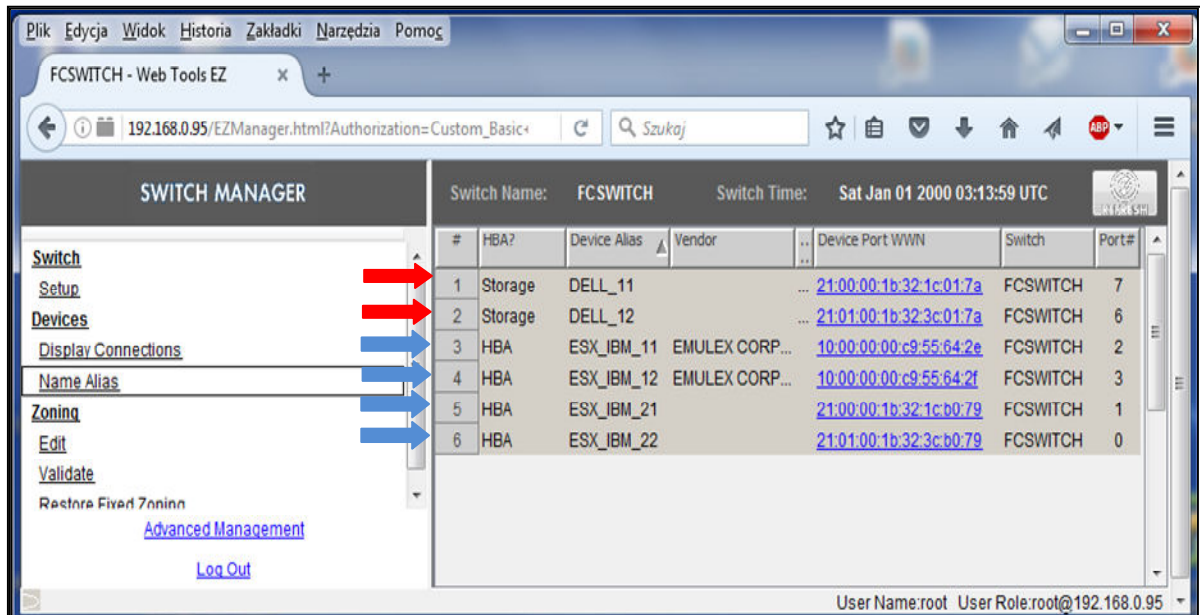
Rys. 10. Konsola przełącznika FC 200E - Zdefiniowane aliasy i strefy
Fig. 10. The console switch FC 200E-Defined aliases and zones



Rys. 11. Menadżer przełącznika FC 200E (192.168.0.95) - Zdefiniowane aliasy
Fig. 11. Switch Manager 200E (192.168.0.95) - Defined aliases

2.2.2.2 Przeporządkowanie portów w przełączniku FC 200E do grup bezpieczeństwa.

Na tym etapie konfigurowania kanałów światłowodowych pamięci masowej pracującej pod kontrolą *Openfiler ESA*, niezbędne jest określenie adresów *WWN* [2,15] wszystkich hostów *ESXi* włączonych do niej za pośrednictwem przełącznika *FC 200E*. Dokonano tego za pomocą jego menadżera (192.168.0.95) w sekcji *Devices*, co pokazano na Rys. 12.



Rys. 12. Menadżer przełącznika FC 200E (192.168.0.95) - adresy WWN hostów ESXi
Fig. 12. FC 200E Switch Manager 200E (192.168.0.95) - WWN addresses ESXi hosts

W celu przyporządkowania portów przełącznika *FC 200E* do grup bezpieczeństwa, z poziomu systemu operacyjnego pamięci masowej pracującej pod kontrolą systemu *Openfiler ESA*, wykonano poniższe komendy wg. składni: *scstadmin -add_init W -driver y -target x -group Z*

- Dla FC Host adapter Port 1 - DELL_11 - **21:00:00:1b:32:1c:01:7a**

oraz dla ESX_IBM_11 - **10:00:00:00:c9:55:64:2e**

oraz dla ESX_IBM_12 - **10:00:00:00:c9:55:64:2f**

```
# scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2e
```

```
-driver qla2x00t
```

```
-target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
```

```
-group esxi
```

```
# scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2f
```

```
-driver qla2x00t
```

```
-target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
```

```
-group esxi
```

oraz dla ESX_IBM_21 - **21:00:00:1b:32:1c:b0:79**

oraz dla ESX_IBM_22 - **21:01:00:1b:32:3c:b0:79**

```
# scstadmin -add_init 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
```

```
-driver qla2x00t
```

```
-target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
```

```
-group esxi
```

```
# scstadmin -add_init 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
```

```
-driver qla2x00t
```

```
-target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
```

```
-group esxi
```

- Dla FC Host adapter Port 2 - DELL_12 - 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
 oraz dla ESX_IBM_11 - 10:00:00:00:c9:55:64:2e
 oraz dla ESX_IBM_12 - 10:00:00:00:c9:55:64:2f
 - # scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2e
 -driver qla2x00t
 -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
 -group esxi
 - # scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2f
 -driver qla2x00t
 -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
 -group esxi
- oraz dla ESX_IBM_21 - 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
 oraz dla ESX_IBM_22 - 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
 - # scstadmin -add_init 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
 -driver qla2x00t
 -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
 -group esxi
 - # scstadmin -add_init 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
 -driver qla2x00t
 -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
 -group esxi

2.2.3. Część 2. Linux Openfiler ESA– Utworzenie woluminu logicznego

Następną czynnością, która musi być wykonana, to utworzenie woluminu logicznego w pamięci masowej typu *Fiber Channel SAN Storage* (patrz następny rozdział 2.2.3.1 „Konfigurowanie pamięci masowej typu *FC Channel Storage*), będącej pod kontrolą systemu operacyjnego *Openfiler ESA*. Wolumin logiczny o nazwie **vol_fc**, zawarty w grupie woluminowej o nazwie **my_vg**, utworzono za pomocą administracyjnego interfejsu graficznego (GUI) serwera *Openfiler ESA*. Jest on, dostępny, jak pokazano na Rys.1, pod adresem <https://192.168.0.67:446>.

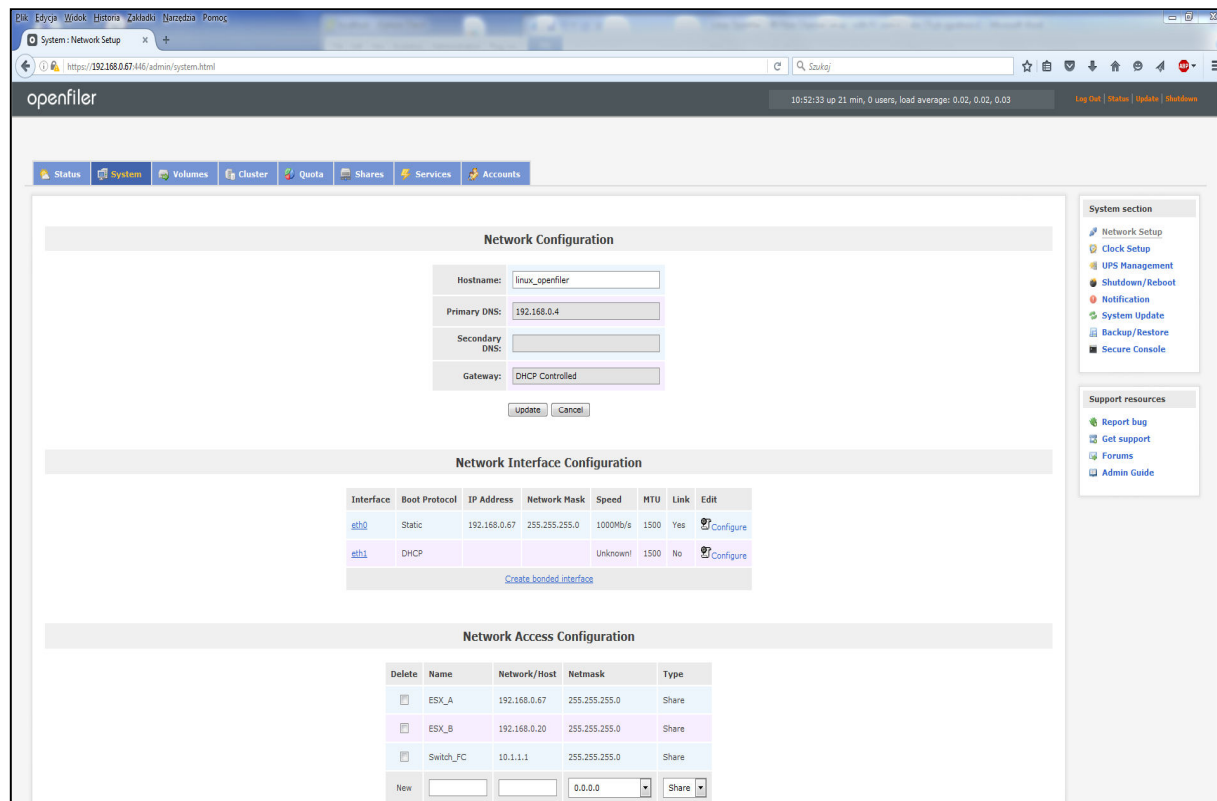
2.2.3.1. Konfigurowanie pamięci masowej typu “FC Channel Storage”

Przed przystąpieniem do ww. konfiguracji pamięci masowej typu *FC Storage* w systemie *Openfiler ESA*, dokonano odpowiedniego przygotowania, dla przyszłego wykorzystania, wirtualnych dysków w pamięci masowej (na serwerze *Dell PowerEdge 2900*) za pomocą *BIOS RAID* menadżera. Utworzona dwa wirtualne dyski:

1. **Virtual disk 0** – jako zbiór 2 dysków (RAID 0, VOL0), przeznaczony jako urządzenie `/dev/sda` systemu operacyjnego *Openfiler ESA*.
2. **Virtual disk 1** - jako zbiór 6 dysków (RAID 5, VOL1), przeznaczony dla przyszłego wykorzystania przez *ESXi* (dla definiowania *datastore*) jako urządzenie `/dev/sdb`, dostępne dla *iSCSI* lub kanału *FC*, konfigurowany później w Kroku 2. „Utworzenie Nowego Fizycznego Woluminu”

Krok 1 – Konfiguracja dostępu sieciowego

Pierwszą czynnością którą trzeba wykonać w ramach tej konfiguracji to wprowadzenie niezbędnych informacji systemowych – w zakładce „System”, co pokazano na Rys. 13.



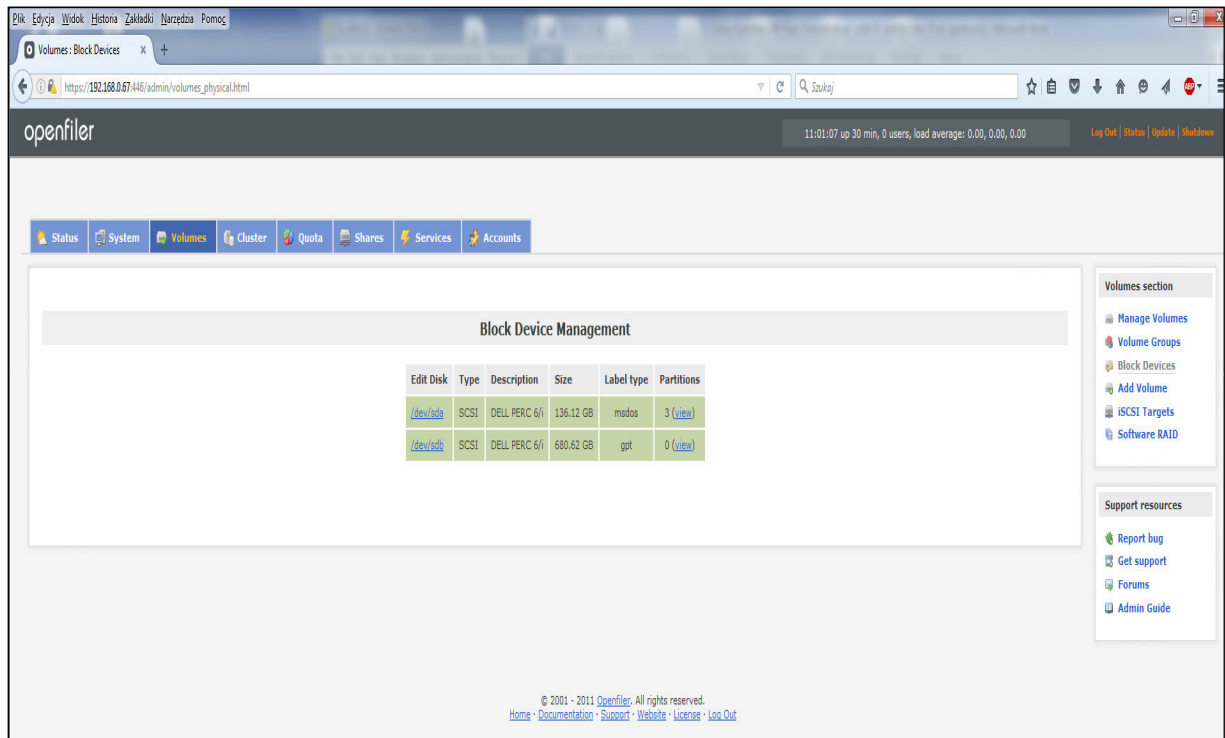
Rys. 13. Konfiguracja dostępu sieciowego
Fig. 13. Network Access Configuration

Krok 2 – Utworzenie Nowego Fizycznego Woluminu

Uwagi wyjaśniające:

1. Fizyczny Wolumen – przyporządkowanie przestrzeni dyskowej na fizycznym dysku dla wykorzystania w Grupie Woluminowej,
2. Grupa Wolumenowa – zawiera fizyczne woluminy fizyczne, spośród których tworzony będzie Logiczny Wolumen,
3. Jednostka logiczna *LUN* – jednostka logiczna, która przedstawiana jest hostom.

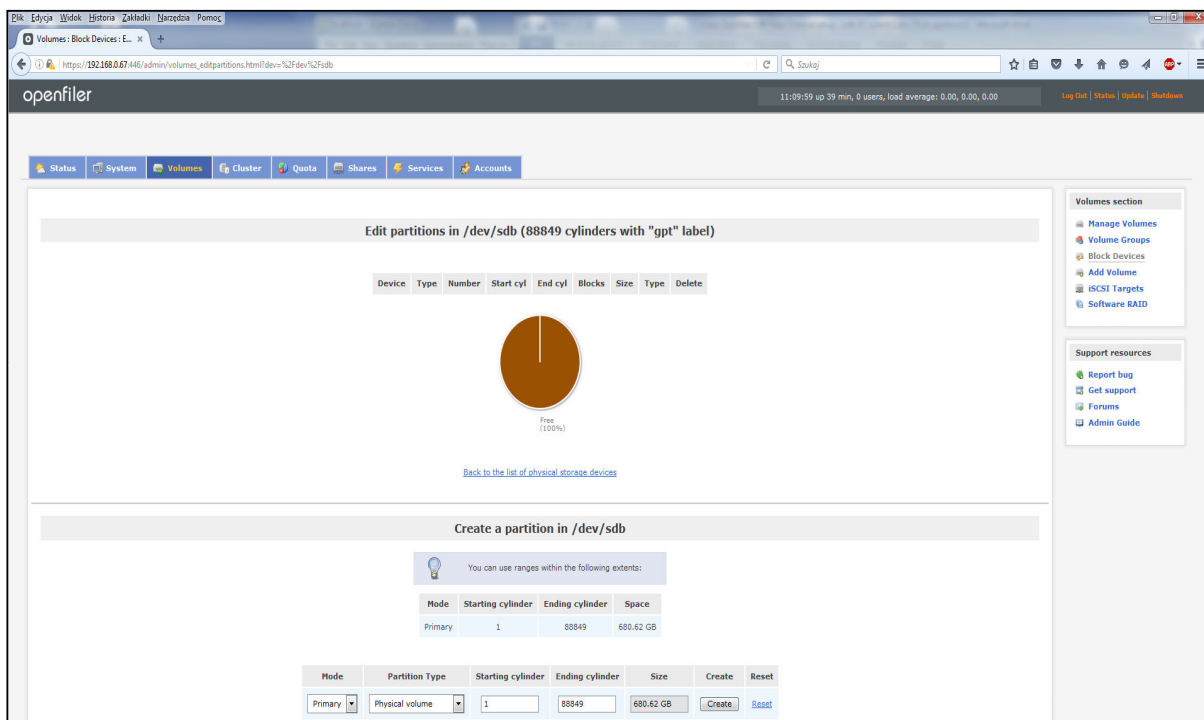
Potrzebujemy utworzyć fizyczny wolumen, który następnie będzie użyty do utworzenia Grupy Wolumenowej. Aby go utworzyć wybrano opcję **Block Devices** z zakładki *Volumes* menu głównego, co pokazano na Rys. 14.



Rys. 14. Zarządzanie urządzeniami blokowymi
Fig. 14. Blok Device Management

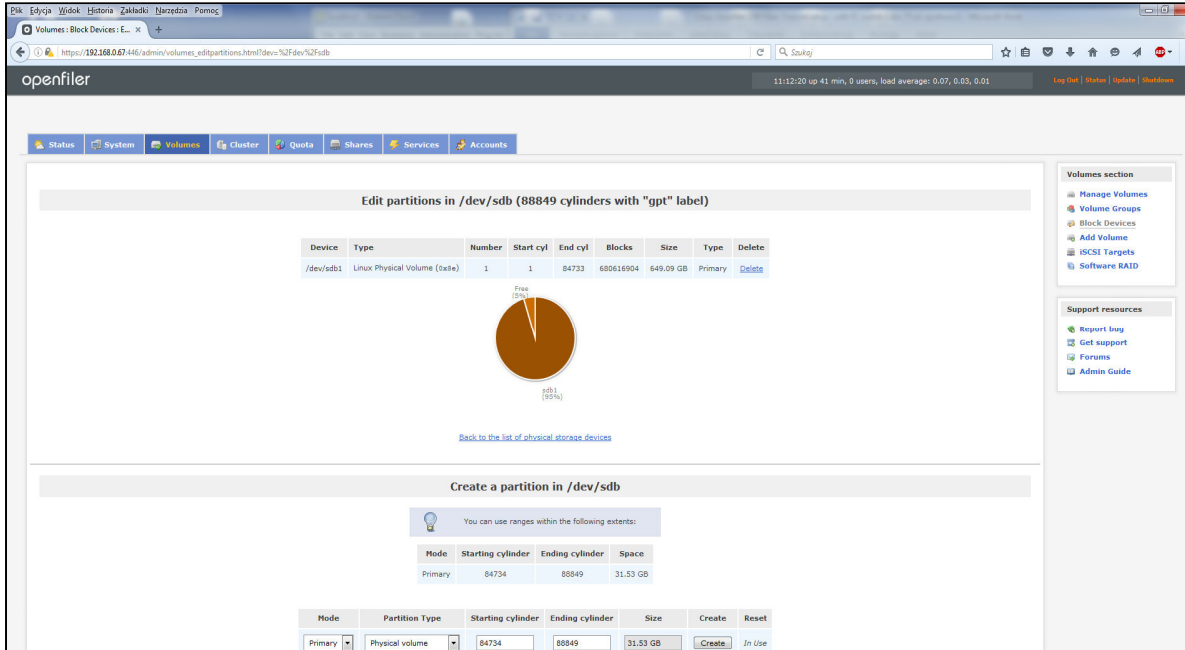
Następnie wybrano **Edit Disk** na dysku twardym, na którym zamierzano utworzyć wolumen fizyczny – w tym przypadku /dev/sdb – utworzony wcześniej na poziomie BIOS RAID menadżera jako zbiór 6 dysków (RAID 5, VOL1) dla przyszłego obszaru danych „Datastore”, dostępnego przez kanał iSCSI lub FC. W końcu, jako typ partycji nowego wolumenu fizycznego wybrano opcję **Physical volume** natomiast opcję *the Mode* wybrano jako **Primary**.

Przed utworzeniem wolumenu fizycznego za pomocą klawisza **Create** można zmienić cylinder początkowy i końcowy określający jego rozmiar, co pokazano na Rys. 15.



Rys. 15. Tworzenie woluminu fizycznego
Fig. 15. Creating a physical volume

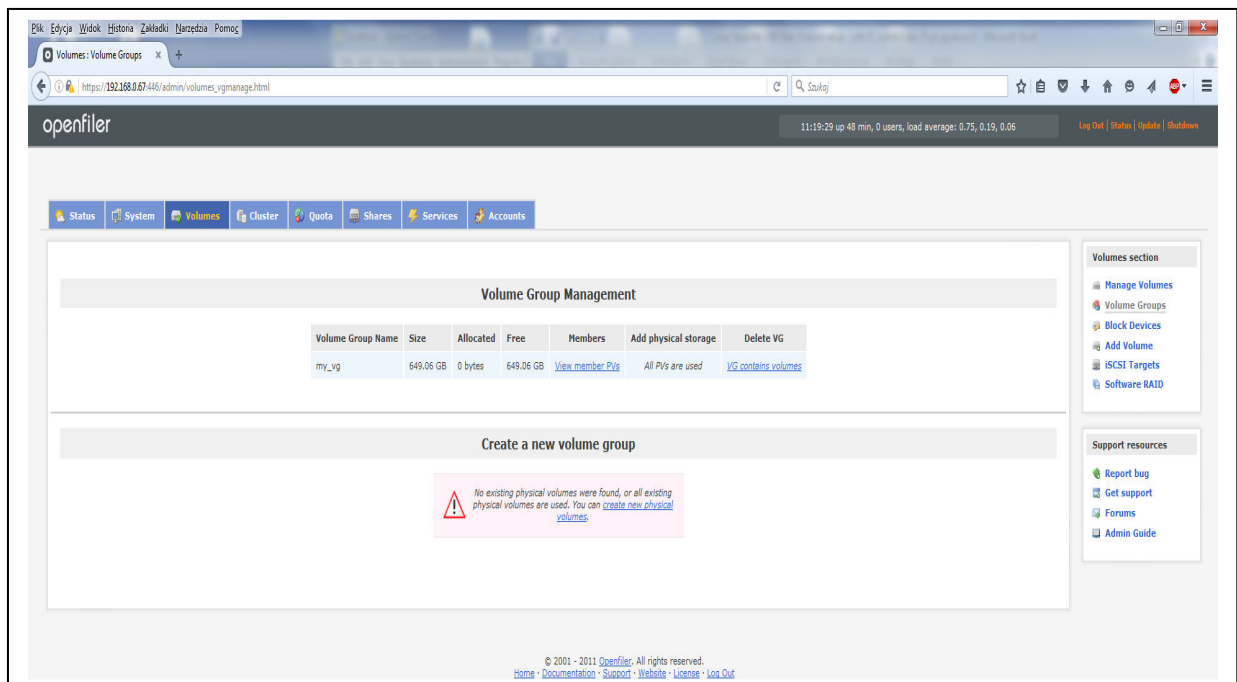
Po utworzeniu wolumenu fizycznego, można przystąpić do tworzenia kolejnego. Na podsumowaniu widocznym na Rys. 16. można zauważyć informacje o utworzonych do tej pory wolumenach fizycznych.



Rys. 16. Podsumowanie. Lista wolumenów fizycznych.
Fig. 16. Summary. List of physical volumes.

Krok 3 – Tworzenie nowej grupy woluminowej

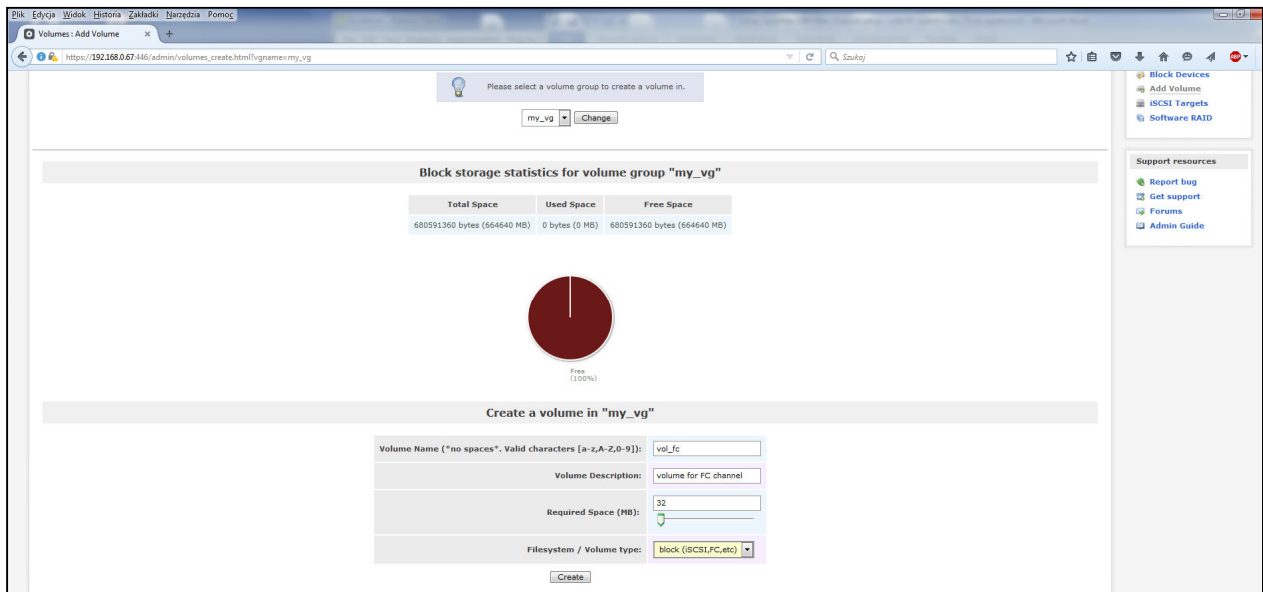
Po utworzeniu fizycznego wolumenu, następuje etap utworzenia grupy wolumenowej, w której będzie on rezydować. Należy wskazać zakładkę **Volumes** a wybrać **Volume Groups** z menu **Volume section**. Po wprowadzeniu nazwy grupy wolumenowej do pola **Volume group name** (my_vg) i zaznaczeniu **checkbox** właściwego wolumenu fizycznego (/dev/sdb1), grupę (my_vg) tworzy się naciskając klawisz **Add Volume group**, co pokazano na Rys. 16.



Rys. 16. Menadżer grupy wolumenowej
Fig. 16. Volume group management

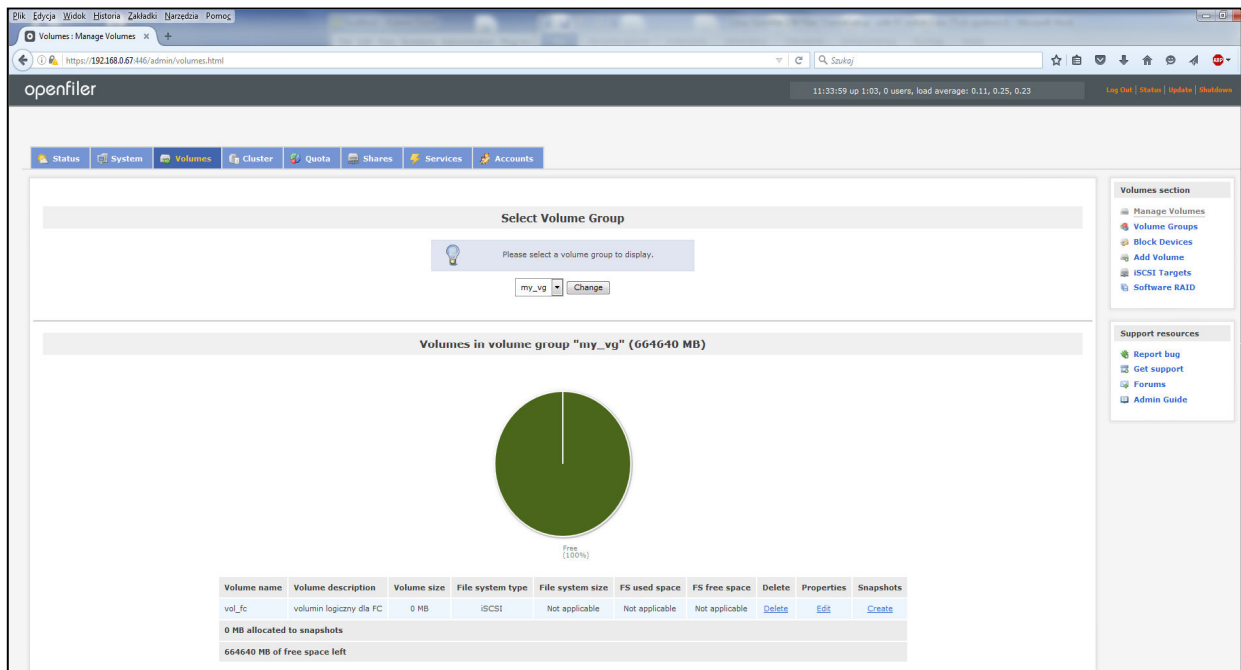
Krok 4 – Tworzenie wolumenu

Tworzenie wolumenu w grupie wolumenowej wykonano za pomocą opcji **Add volume** dostępnej z menu **Volumes section**. Po wybraniu utworzonej wcześniej grupy wolumenowej „my_vg” and naciśnięciu klawisza **Change** można określić jego nazwę (vol_fc), **Volume Description** („volume for FC channel”), rozmiar wolumenu oraz **Filesystem/Volume type** jako **block iSCSI, FC, etc**, co pokazano na Rys. 17.



Rys. 17. Tworzenie wolumenu w grupie wolumenowej
Fig. 17. Create volume in Volume Group

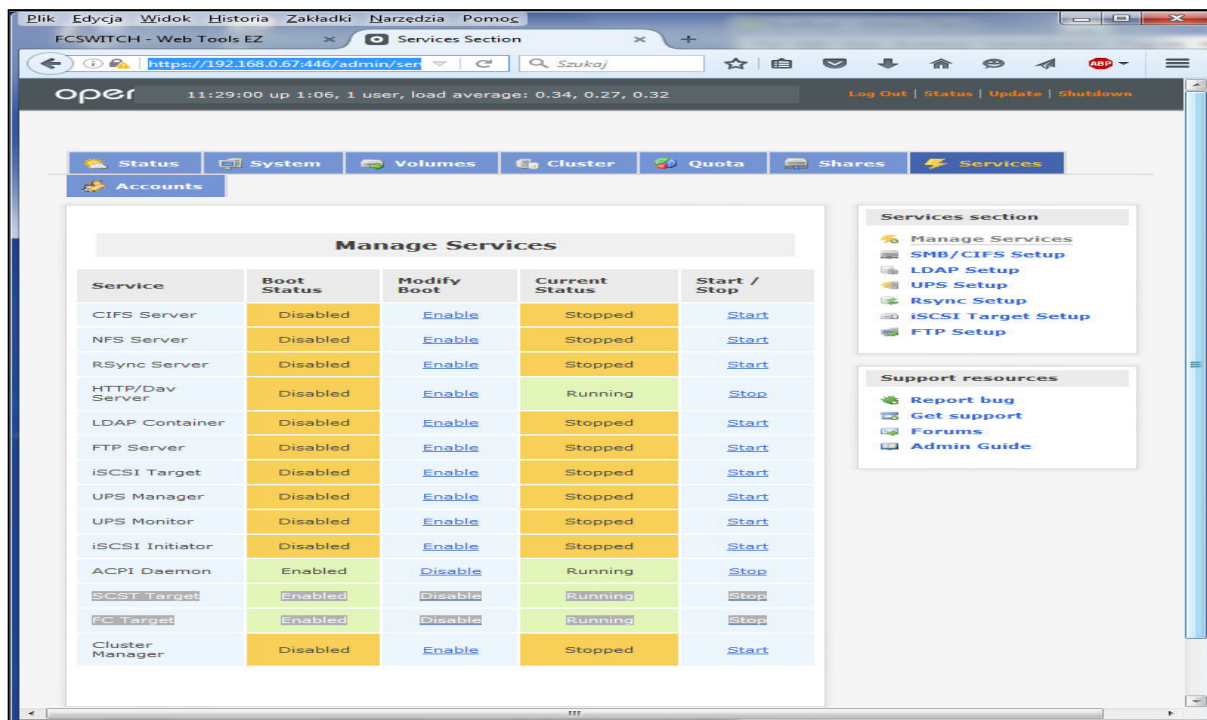
Końcowy ekran po utworzeniu wolumenu „vol_fc” przedstawiono na Rys. 18.



Rys. 18. Zdefiniowane woluminy w grupie woluminowej
Fig. 18. Defined volumes in the Volume Group

Krok 5. Uruchomienie usługi SCST Target oraz FC Target services

Na stronie administracyjnej systemu *Openfiler ESA* (<https://192.168.0.67:446>) należy wybrać opcję **Services** i dla usług *SCST Target* oraz *FC Target* wybrać opcję *Enabled*. Następnie należy te usługi uruchomić.



Rys. 20. Strona administracyjna systemu Openfiler ESA – menadżer usług
Fig. 20. Administrative system Openfiler ESA - Service Manager

2.2.3.2. Tworzenie urządzenia scst

Na tym etapie konfigurowania pamięci masowej *SAN Fibre Channel* zostały spełnione wszystkie niezbędne warunki dla utworzenia urządzenia FC, które będzie wskazywało na wcześniej utworzony wolumen logiczny, tj.: „vol_fc”. Do jego utworzenia użyto komendy o następującej składni:

```
scstadmin -open_dev V
           -handler T
           -attributes filename=U
```

zastępując parametr *V* wcześniej utworzoną etykietą utworzonego woluminu „vol_fc”, natomiast parametr *U* zastępując pełną ścieżką (/dev/my_vg/vol_fc) do logicznego wolumenu utworzonego w poprzednim kroku. Parametr *T* (*handler*) określa się za pomocą poniższej komendy:

```
# scstadmin -list_handler
```

```
Collecting current configuration: done.
```

```
Handler
```

```
-----
vdisk_fileio
```

W końcu, komendę którą należy wykonać ma następującą postać:

```
# scstadmin -open_dev vol_fc
           -handler vdisk_fileio
           -attributes filename=/dev/my_vg/vol_fc
```

2.2.3.3. Przypisanie wolumenu logicznego oraz LUN do grupy bezpieczeństwa

W końcu nadszedł czas przyporządkowania wcześniej utworzonego wolumenu logicznego „vol_fc” oraz LUN do grupy bezpieczeństwa. W tym celu użyto poniższych komend o następującej składni:

scstadmin -add_lun S -driver Y -target W -group Z -device V
gdzie S - oznacza numer LUN, począwszy od 0.

Dla FC Host adapter Port1: **21:00:00:1b:32:1c:01:7a**

```
# scstadmin -add_lun 0
  -driver qla2x00t
  -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
  -group esxi
  -device vol_fc
```

Dla FC Host adapter Port2: **21:01:00:1b:32:3c:01:7a**

```
# scstadmin -add_lun 0
  -driver qla2x00t
  -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
  -group esxi
  -device vol_fc
```

2.2.3.4. Zachowanie konfiguracji scst

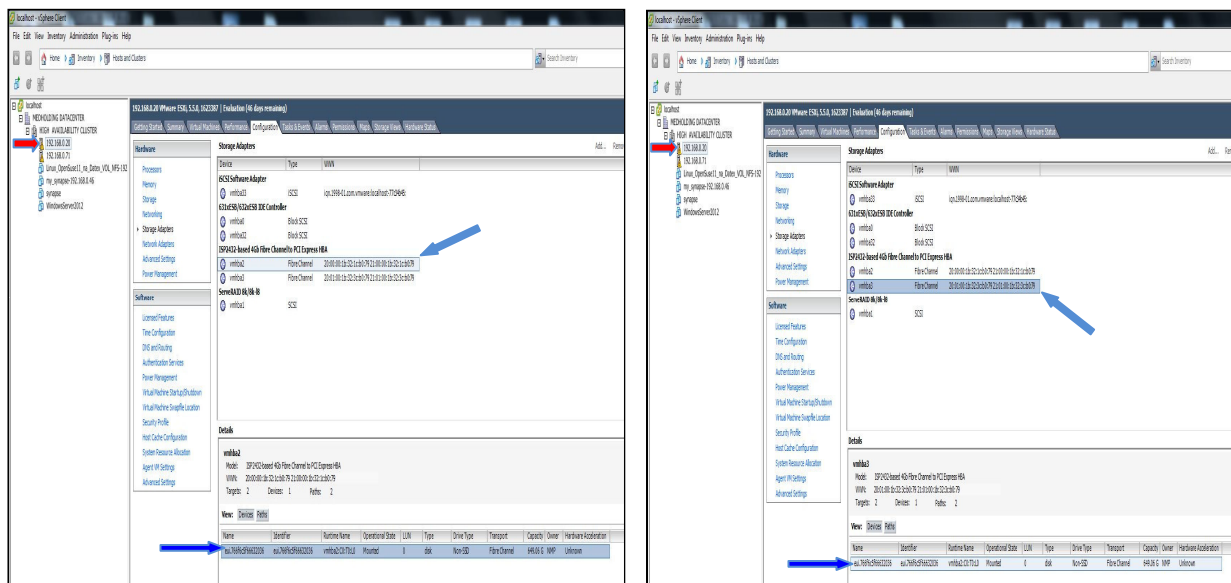
W celu zachowania konfiguracji systemu Openfiler ESA użyto następującej komendy:

```
# scstadmin -write_config /etc/scst.conf
```


2.3. Definiowanie obszarów dla danych (Datastores) dla serwerów ESXi w pamięci masowej typu „SAN Fibre Channel”

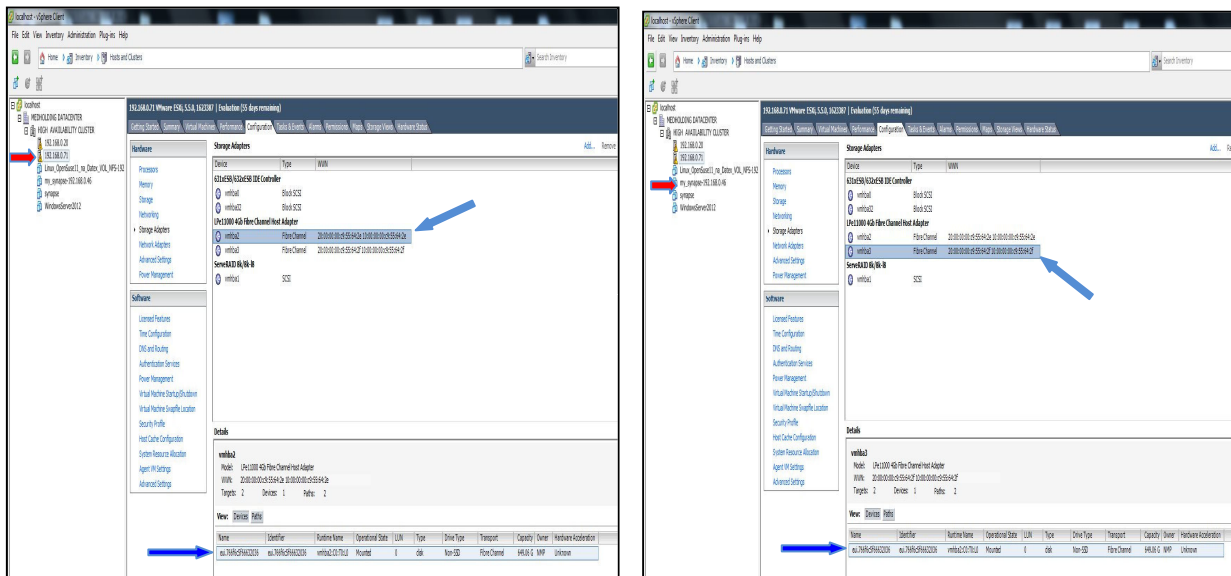
Kiedy konfiguracja pamięci masowej typu *SAN Fibre Channel* opisane w poprzednim rozdziale zostało pomyślnie ukończona, staje się możliwe zdefiniowanie odpowiednich obszarów dla danych *Datastores* dla każdego serwera *ESXi* w klastrze. Na początek należy sprawdzić, czy adaptory typu *Fibre Channel Host Adapter* są widoczne z poziomu aplikacji klienckiej *VMware vSphere*. Jeśli są widoczne, tak jak na poniższych rysunkach Rys. 21, 22, to oznacza, że są działające gotowe do użycia zdefiniowania obszarów na dane *Datastores* dla każdego serwera *ESXi* w klastrze. Pokazano na nich, że dla każdego serwera *ESXi* wraz z jego adapterami *FC*, utworzono dla nich odpowiednie urządzenia *FC*.

Przykładowo, dla serwera *ESXi* 192.168.0.20 i adaptera “*ISP2432–based 4GB Fibre Channel to PCI Express HBA*”, utworzono dwa urządzenia typu *FC* o nazwach *vmhba2* oraz *vmhba3*.



Rys. 21. Utworzone dwa urządzenia typu FC dla serwera ESXi 192.168.0.20
Fig. 21. Created two device type FC for the ESXi Server 192.168.0.20

Dla serwera *ESXi server* 192.168.0.71 i adaptera “*LPE 1100 GB Fibre Channel Host Adapter*”, utworzono dwa urządzenia typu *FC* o nazwach “*vmhba2*” i “*vmhba3*”.



Rys. 22. Utworzone dwa urządzenia typu FC dla serwera ESXi 192.168.0.71
Fig. 22. Created two device type FC for the ESXi Server 192.168.0.71

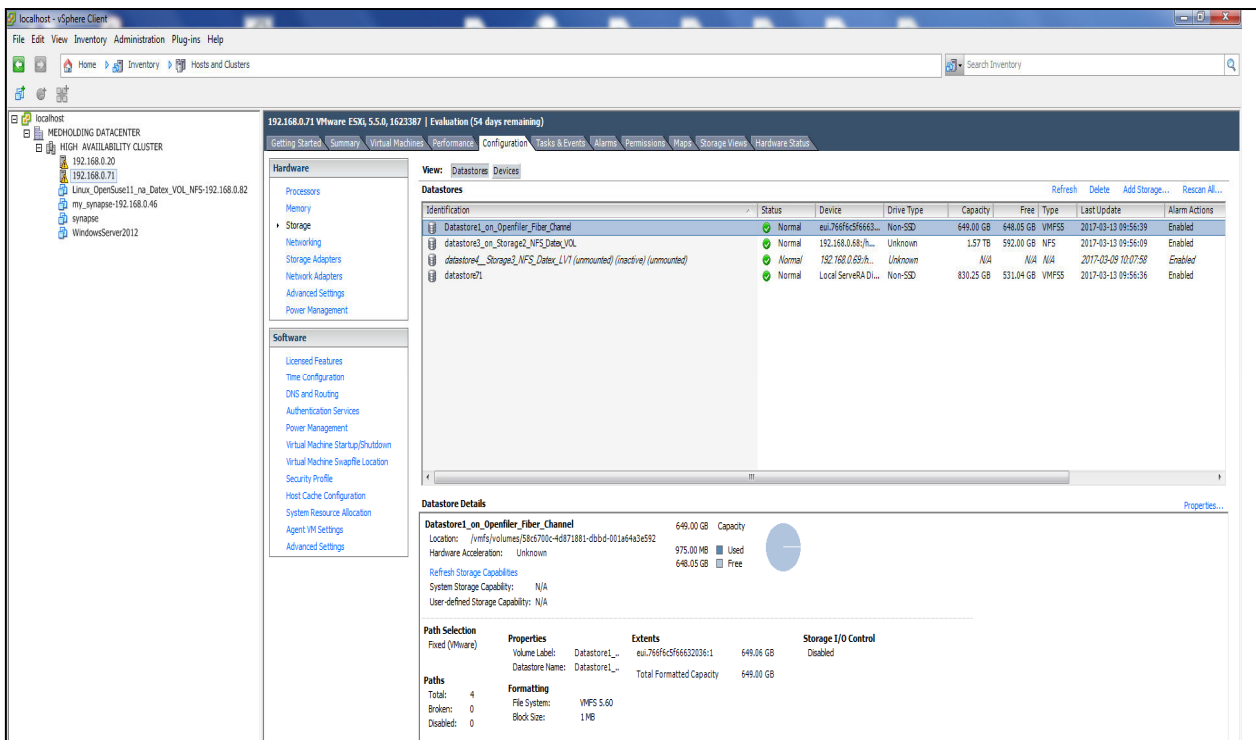
Jak pokazano na powyższych rysunkach, każde urządzenie *FC* wskazuje na tę samą pamięć masową *FC* o nazwie “*eui.766f6c5f66632036*”, której pojemność całkowita wynosi 649.06 GB.

2.3.1. Tworzenie obszarów danych *Datastores*

Poniżej pokazano kolejność czynności prowadzące do utworzenia w serwerach *ESXi* obszarów danych *Datastores* w pamięci masowej typu *SAN Fibre Channel*. W tym celu, należy z poziomu programu *vSphere Client* wskazać serwer *ESXi*, a następnie wykonać następujące czynności w kreatorze obszaru danych *Datastore*, tj.:

1. Wybrać typ pamięci masowej: wskaż opcję *Disk/Lun*
2. Wybrać właściwy *LUN* w celu utworzenia *Datastore*
3. Wybrać właściwą wersję systemu plików *File System Version*
4. Wprowadzić nazwę *Datastore* – w tym przykładzie: *Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*

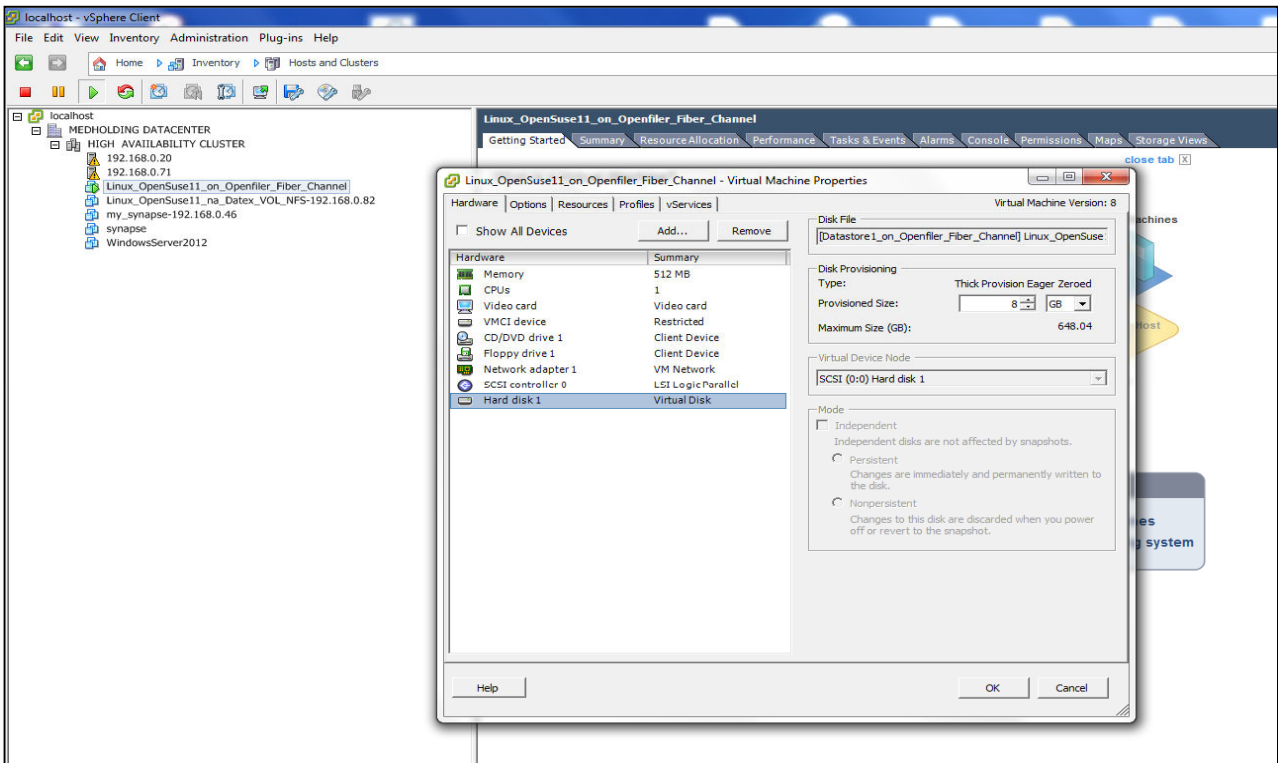
Po wykonaniu ww. czynności, w systemie wskazanego serwera *ESXi* utworzono obszar danych, jak pokazano na Rys. 23, pod nazwą *Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*.



Rys. 23. Nowy obszar danych w pamięci masowej – „Datastore1 on Openfiler Fiber Channel”
Fig. 23. A new area of data storage – “Datastore1 on Openfiler Fiber Channel”

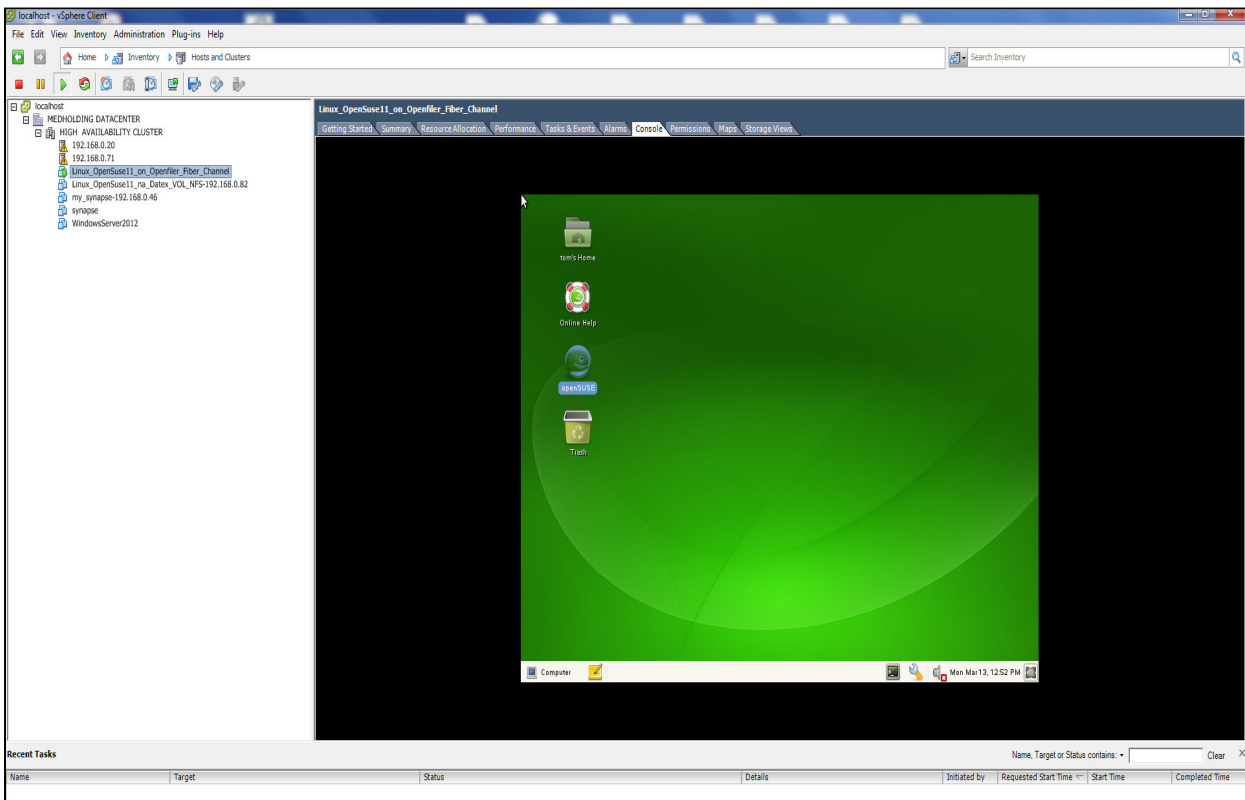
2.4. Wirtualne maszyny w pamięci masowej typu *SAN Fibre Channel* pod kontrolą systemu operacyjnego *Openfiler ESA*

Kiedy ostatecznie obszar danych *Datastore* został utworzony w pamięci masowej *SAN Fibre Channel* w systemie *Openfiler ESA*, wówczas nowe maszyny wirtualne mogą być w nim tworzone. W celu ilustracji, na Rys. 24,25 przedstawiono przykład maszyny wirtualnej pod nazwą *Linux_OpenSuse11*, zainstalowaną na serwerze *ESXi* (192.168.0.71), z wirtualnym dyskiem (“hard disk 1”) umiejscowiony w obszarze danych pod nazwą *Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*.



Rys. 24. Przykład maszyny wirtualnej, z wirtualnym dyskiem w obszarze danych pod nazwą "Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel"

Fig. 24. An example of a virtual machine, the virtual disk in the data area under the name "Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel"



Rys. 25. Przykład uruchomionej maszyny wirtualnej w obszarze danych pod nazwą "Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel"

Fig. 25. An example of a running virtual machine in a data region, under the name "Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel"

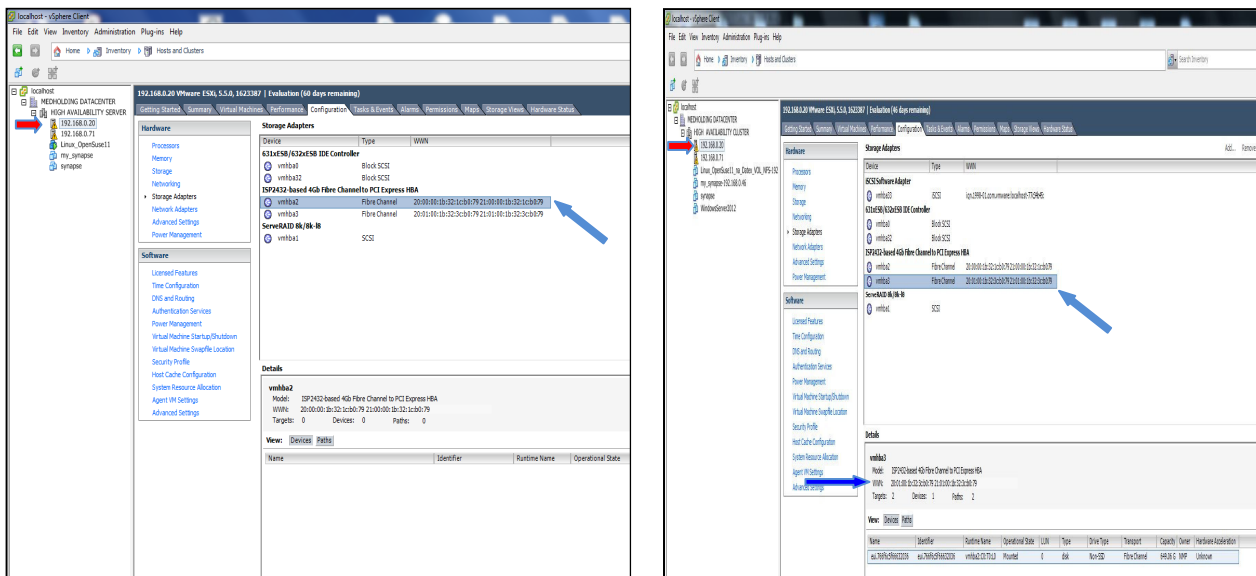
2.5. Redundancja kanału FC (Fibre Channel)

Jak pokazano wcześniej na Rys. 1., w związku z budową klastra VMware ESXi wysokiej dostępności, utworzono redundantne połączenia FC (od "FC conn. 1" do "FC conn. 6"). Na kolejnych rysunkach przedstawiono wystąpienie nienormalnych sytuacji, ilustrujących zachowanie klastra w przypadku uszkodzenia któregoś z połączeń redundantnych.

1. Przerwa w połączeniu "FC Conn. 3".

W konsekwencji przerwy w połączeniu "FC Conn. 3" dla serwera ESXi (192.168.0.20) i adaptera pamięci masowej ISP2432-based 4GB Fibre Channel to PCI Express HBA, urządzenie kanału światłowodowego "vmhba2" nie pracuje.

Jak pokazano na Rys. 26, urządzenie "vmhba2" nie wskazuje już na żadną pamięć masową FC, jednak urządzenie "vmhba3" ciągle wskazuje na tę samą pamięć masową pod nazwą *eui.766f6c5f66632036* o całkowitej pojemności 649.06 GB. W rezultacie, każda wirtualna maszyna zainstalowana na tym serwerze ciągle jest połączona z pamięcią masową FC.

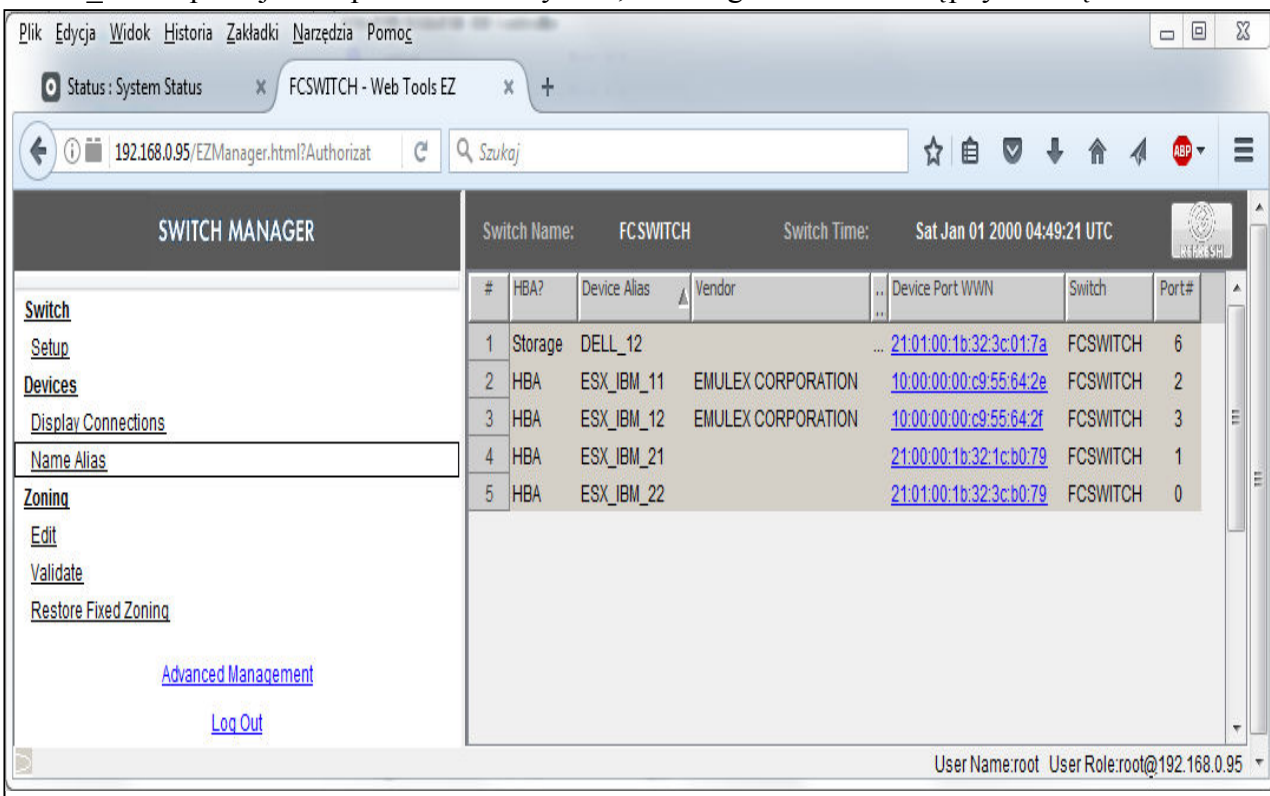


Rys. 26. Połączenie maszyn wirtualnych z serwera do pamięci masowej pod nazwą "eui.766f6c5f66632036" poprzez urządzenie "vmhba3"

Fig. 26. Connection of the virtual machines from the server to the storage under the name "eui.766f6c5f66632036" by "vmhba3" device

2. Przerwa w połączeniu “FC Conn. 5”.

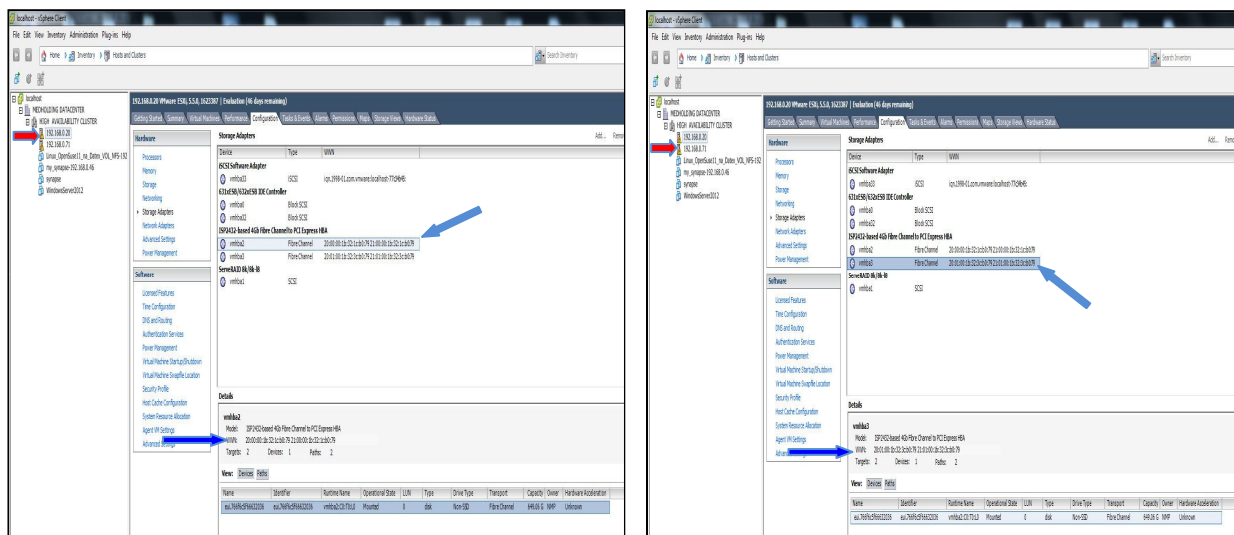
Jeśli połączenie “FC Conn. 5” uległo uszkodzeniu, wówczas w konsekwencji urządzenie o nazwie DELL_11 nie pracuje. Jak pokazano na Rys. 27, nie ma go na liście dostępnych urządzeń.



Rys. 27. Urządzenie o DELL_11 nie pracuje; nie ma go na liście dostępnych urządzeń
Fig. 27. The device of DELL_11 does not work; It is not in the list of available devices

Dzięki pełnej redundancji kanału światłowodowego, wszystkie serwery ESXi w klastrze, jako całość, nadal działają, jak to pokazano na Rys. 28, 29.

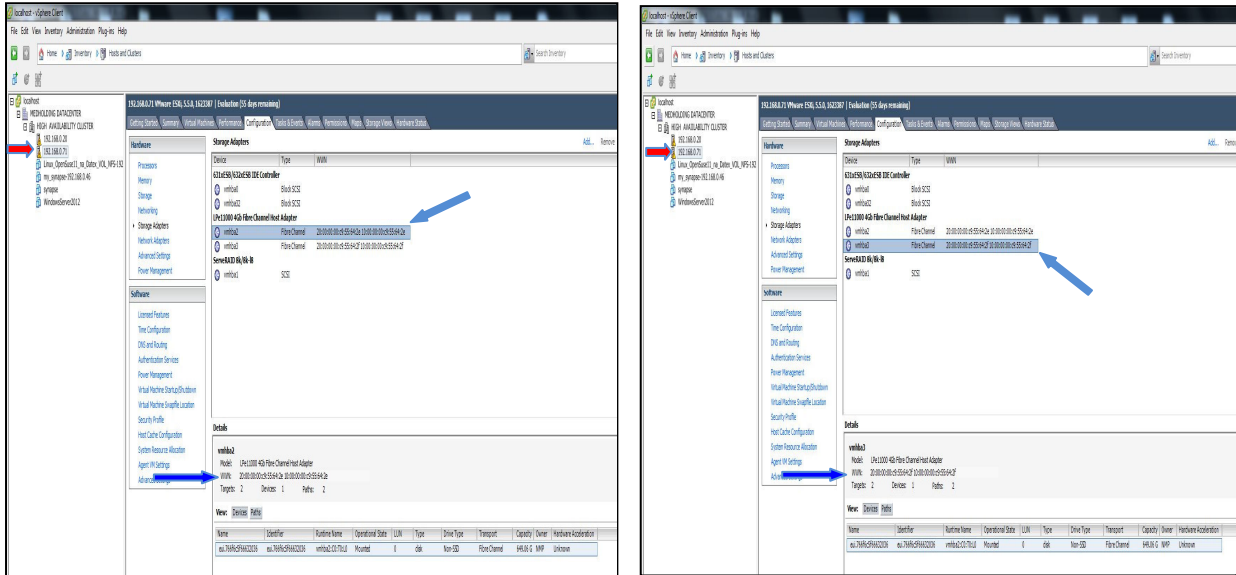
Dla serwera ESXi 192.168.0.20, urządzenia kanału światłowodowego “vmhba2” oraz “vmhba3” są w stanie ciągłej pracy.



Rys. 28. Ciągłe działające urządzenia kanału światłowodowego “vmhba2” oraz “vmhba3” dla serwera ESXi 192.168.0.20

Fig. 28. Still running a fibre channel device "vmhba2" and "vmhba3" for the ESXi Server 192.168.0.20

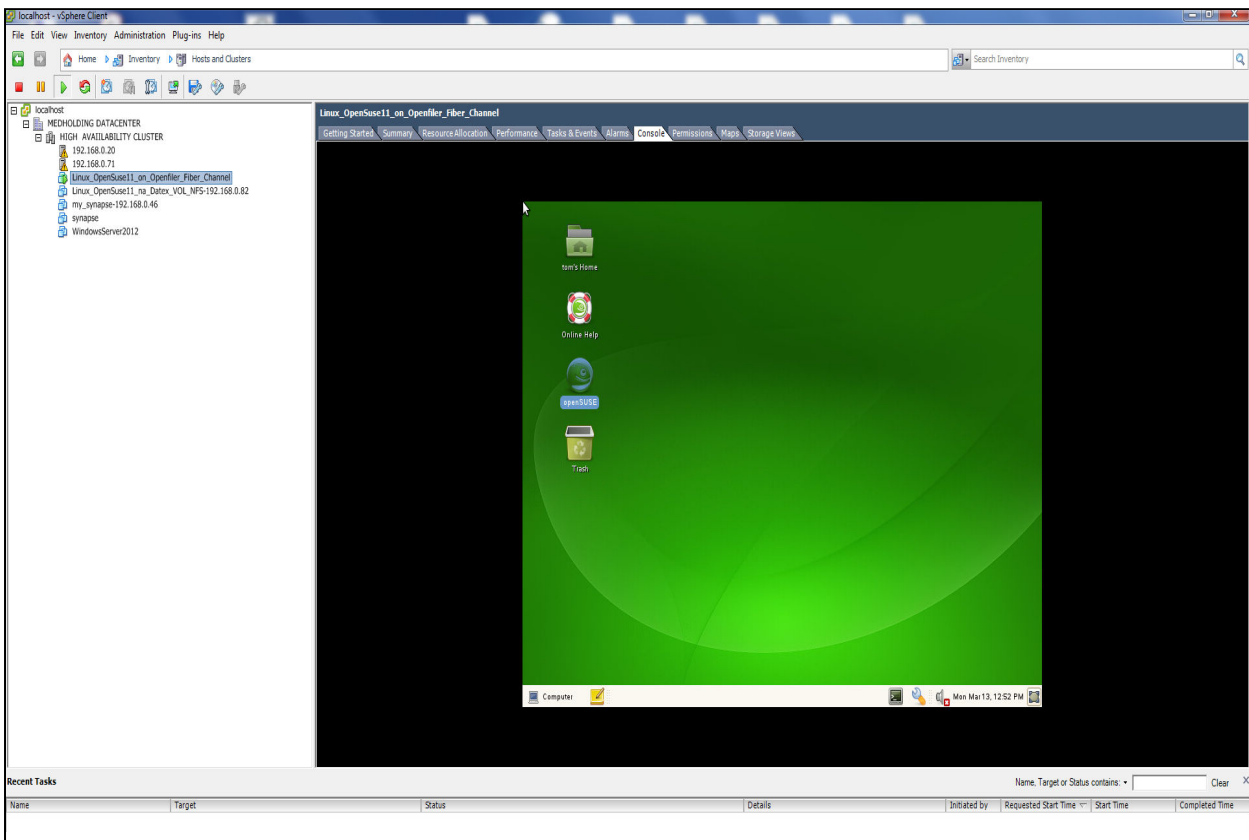
Dla serwera ESXi 192.168.0.71, urządzenia kanału światłowodowego “vmhba2” and “vmhba3” są w stanie ciągłej pracy.



Rys. 29. Ciągłe działające urządzenia kanału światłowodowego “vmhba2” oraz “vmhba3” dla serwera ESXi 192.168.0.71

Fig. 29. Still running a fibre channel device "vmhba2" and "vmhba3" for the ESXi Server 192.168.0.71

Jak pokazano na powyższych rysunkach, każdy urządzenie kanału światłowodowego ciągle wskazuje na tę samą pamięć masową FC pod nazwą *eui.766f6c5f66632036* o całkowitej pojemności 649.06 GB. W konsekwencji, każda wirtualna maszyna w klastrze nadal pracuje, jak pokazano na Rys. 30.

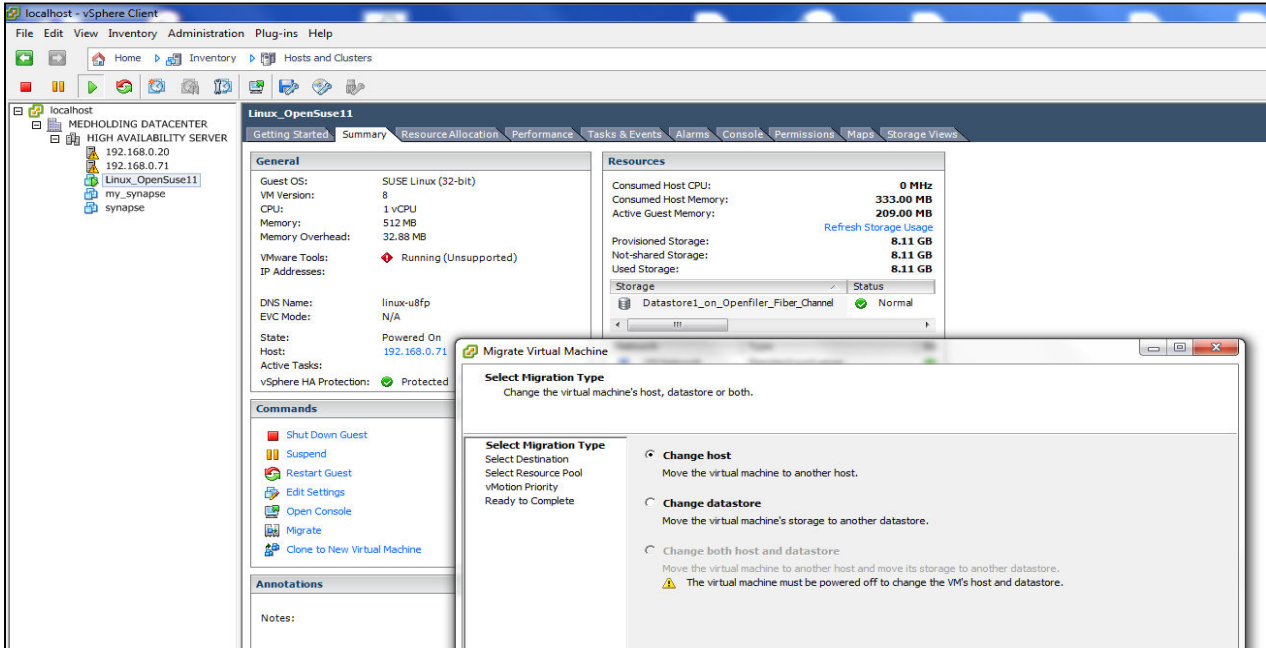


Rys. 30. Widok jednej z działających maszyn wirtualnych w klastrze
Fig. 30. View one of the running virtual machines in a cluster

3. Funkcjonalność vMotion oraz Fault Tolerance w klastrze ESXi wysokiej dostępności

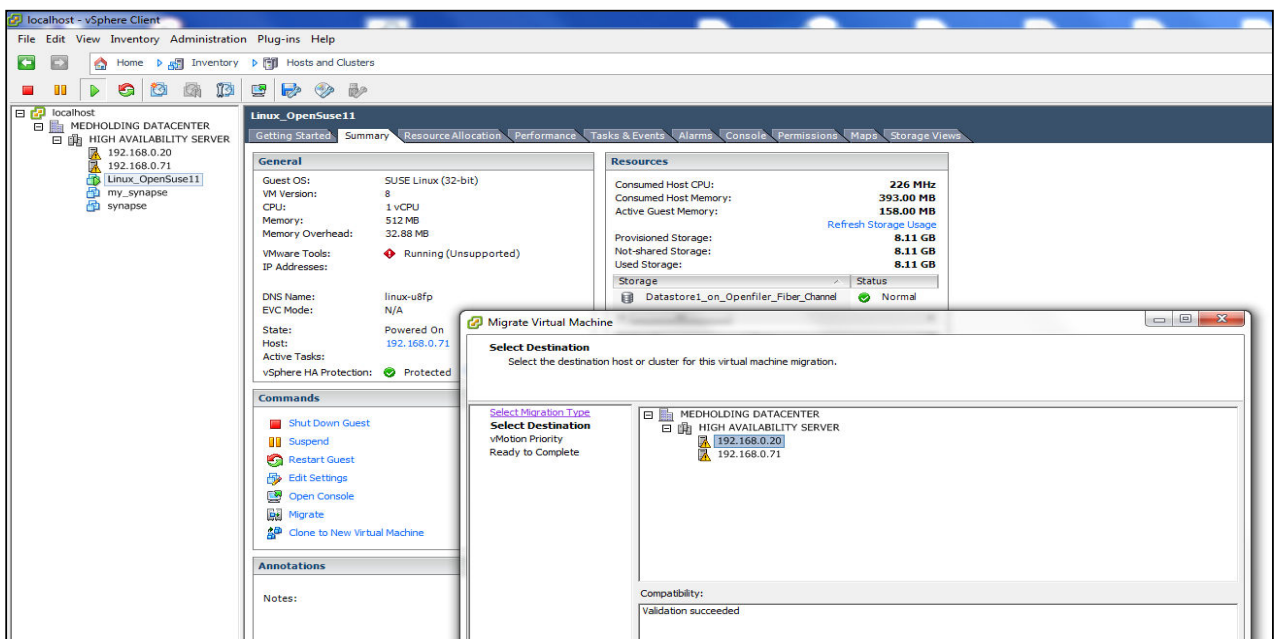
3.1. Funkcjonalność vMotion

1.1.1. W celu przesunięcia wirtualnej maszyny, dla przykładu „Linux_openSuse11”, z źródłowego serwera ESXi (IP=192.168.0.71) do serwera docelowego (IP=192.168.0.20), należy wybrać opcję „Migrate ...” z listy dostępnych opcji, co pokazano na Rys. 31.



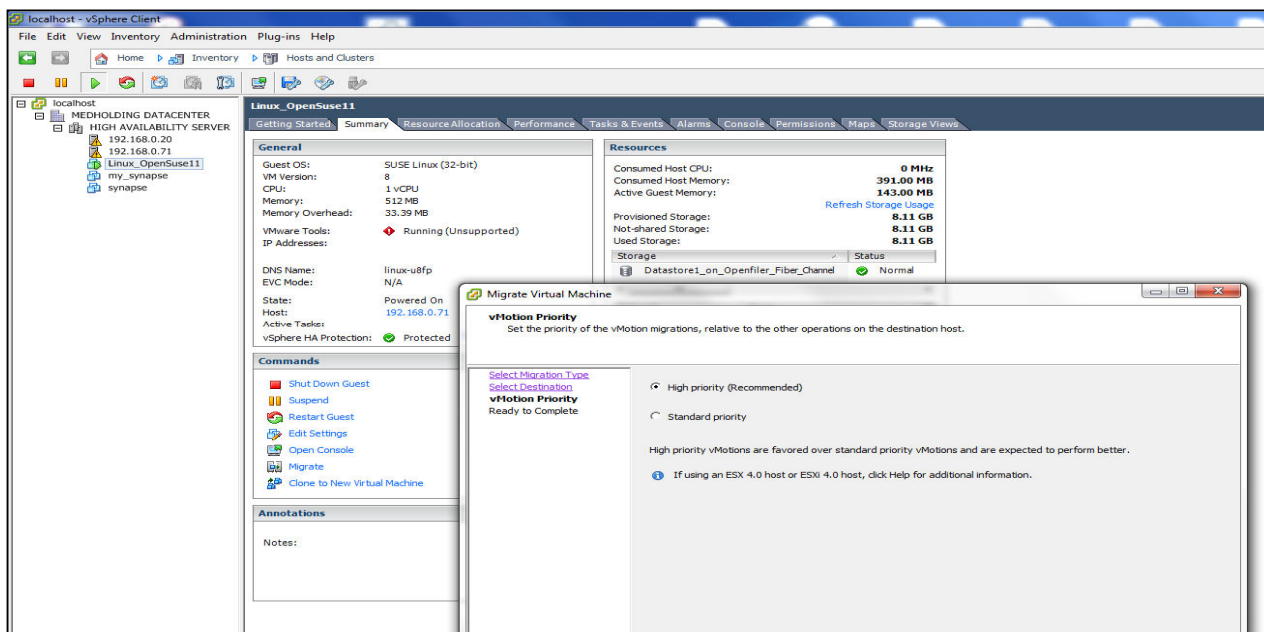
Rys. 31. Migracja maszyny wirtualnej „Linux_openSuse11” – opcja „Change host”
Fig. 31. Migrate virtual machine "Linux_openSuse11" – "Change host" option

1.1.2. Migracja maszyny wirtualnej „Linux_openSuse11” - Wybór miejsca docelowego dla tej wirtualnej maszyny przedstawiono na Rys. 32.



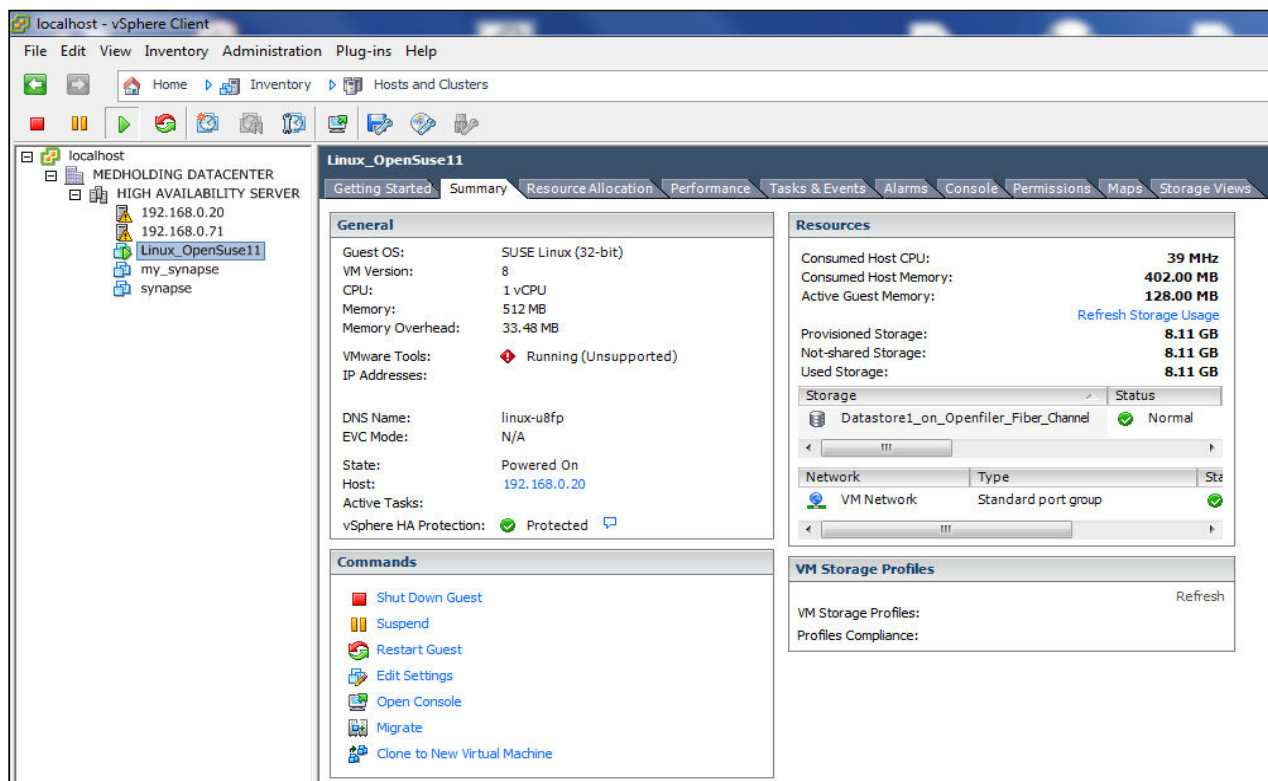
Rys. 32. Migracja maszyny wirtualnej „Linux_openSuse11” – wybierz miejsce docelowe
Fig. 32. Migrate virtual machine "Linux_openSuse11"- choose a destination

3.1.3. Migracja maszyny wirtualnej „Linux openSuse11” – wybór priorytetu migracji vMotion należy ustawić na wartość *High priority* (Rekomendowane)



Rys. 33. Migracja maszyny wirtualnej „Linux_openSuse11” – wybór priorytetu
Fig. 33. Migrate virtual machine "Linux_openSuse11"- the choice of priority

3.1.4. Wynik – przykładowa wirtualna maszyna „Linux_openSuse11” z serwera ESXi (IP=192.168.0.71) została przeniesiona na docelowy serwer (IP=192.168.0.20). Należy zauważyć, że wirtualny twardy dysk z tej maszyny pozostał niezmieniony i nadal rezyduje w pamięci masowej FC „Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel”, jak pokazano na Rys. 34.

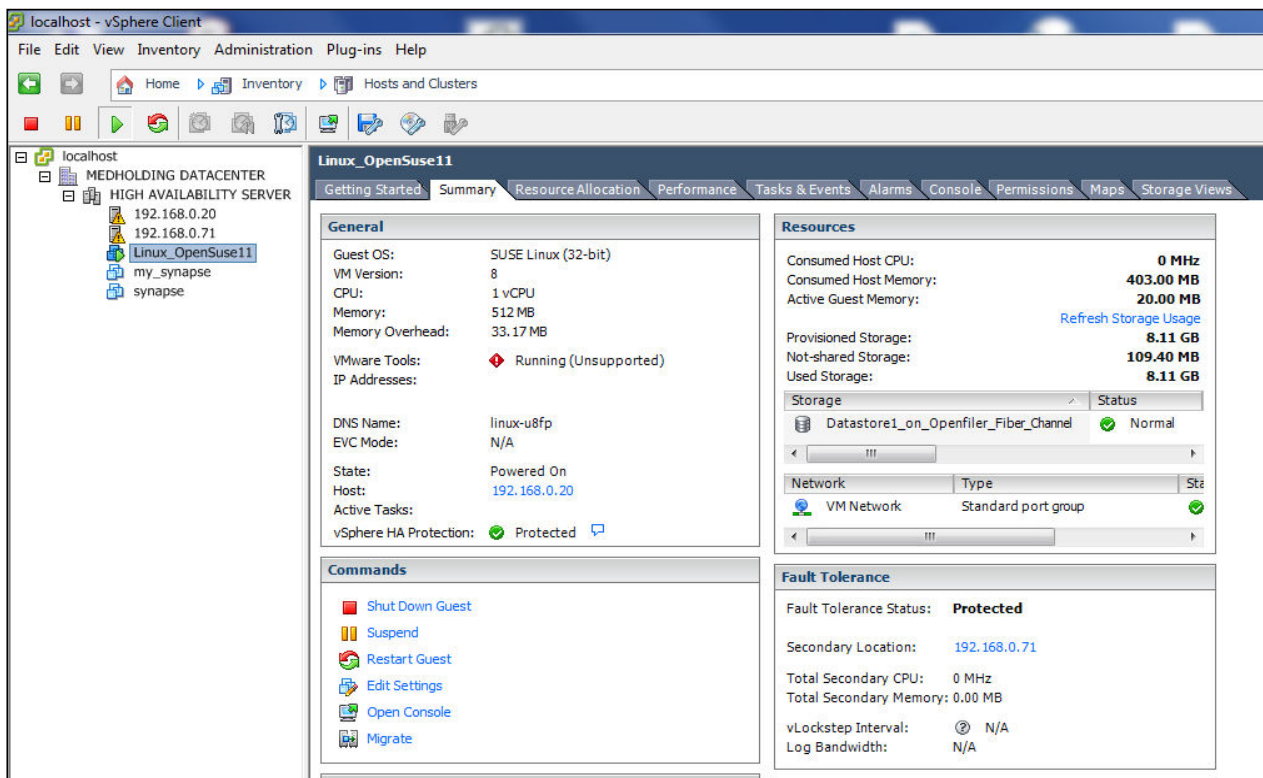


Rys. 34. Migracja maszyny wirtualnej „Linux_openSuse11” – przeniesiona na serwer docelowy
Fig. 34. Migrate virtual machine "Linux_openSuse11"- moved to the destination server

3.2. Funkcjonalność *Fault Tolerance*

3.2.1. Opcja *Fault Tolerance*

Zanim funkcjonalność *Fault Tolerance* może być wykorzystana, należy włączyć funkcjonalność *Turn on Fault Tolerance*. Tę operację wykonano na przykładowej uruchomionej wirtualnej maszynie o nazwie *Linux_openSuse11* działającej na serwerze *ESXi* (IP=192.168.0.20). Po wykonaniu tej operacji status tej maszyny został zmieniony. Teraz ta maszyna jest w stanie *Protected* i posiada swoją kopię w wtórnej lokalizacji *Secondary Location* na innym serwerze *ESXi* (IP=192.168.0.71)



Rys. 35. Włączenie funkcjonalności "Turn on Fault Tolerance"-zmiana statusu maszyny na "Protected"

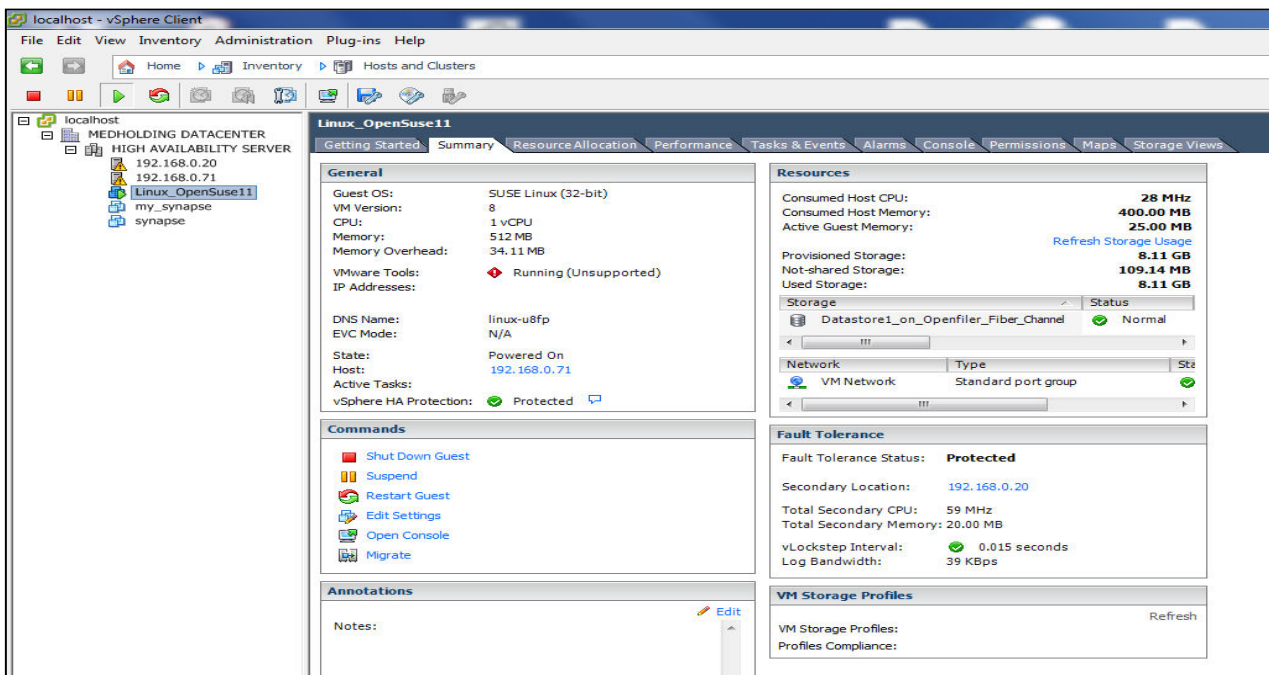
Fig. 35. Enabling the functionality of "Turn on Fault Tolerance"-change the status of the machine on the "Protected"

3.2.2. Awaria wirtualnej maszyny z włączoną funkcjonalnością *Fault Tolerance*

Pozostaje jeszcze odpowiedzieć na pytanie, co się stanie, jeśli serwer *ESXi* lub też uruchomiona na nim przykładowa maszyna wirtualna *Linux_openSuse11* nagle ulegnie awarii. W tym przypadku włączona funkcjonalność *Fault Tolerance* zapewnia, że jej kopia zlokalizowana w wtórnej lokalizacji *Secondary Location* na innym serwerze *ESXi* (IP=192.168.0.71) przechodzi, w ułamku sekundy, w stan aktywności (*on line*).

Jak pokazano na Rys. 36. teraz ta wirtualna maszyna pracuje w trybie *Protected* na serwerze 192.168.0.71 wraz z swoją w wtórnej lokalizacji umiejscowionej na serwerze 192.168.0.20.

Należy zauważyć, że wirtualny dysk twardy z tej wirtualnej maszyny pozostał niezmieniony i ciągle rezyduje w pamięci masowej FC pod nazwą *Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*



Rys. 36. Zmiana trybu pracy na serwerze IP=192.168.0.71 ze stanu „unprotected” na „Protected”
Fig. 36. Change the operating mode for the server IP = 192.168.0.71 with "unprotected" to "Protected"

3.3. Instalacja w klastrze wysokiej dostępności Systemu Radiografii Pośredniej *Synapse* oraz ocena porównawcza.

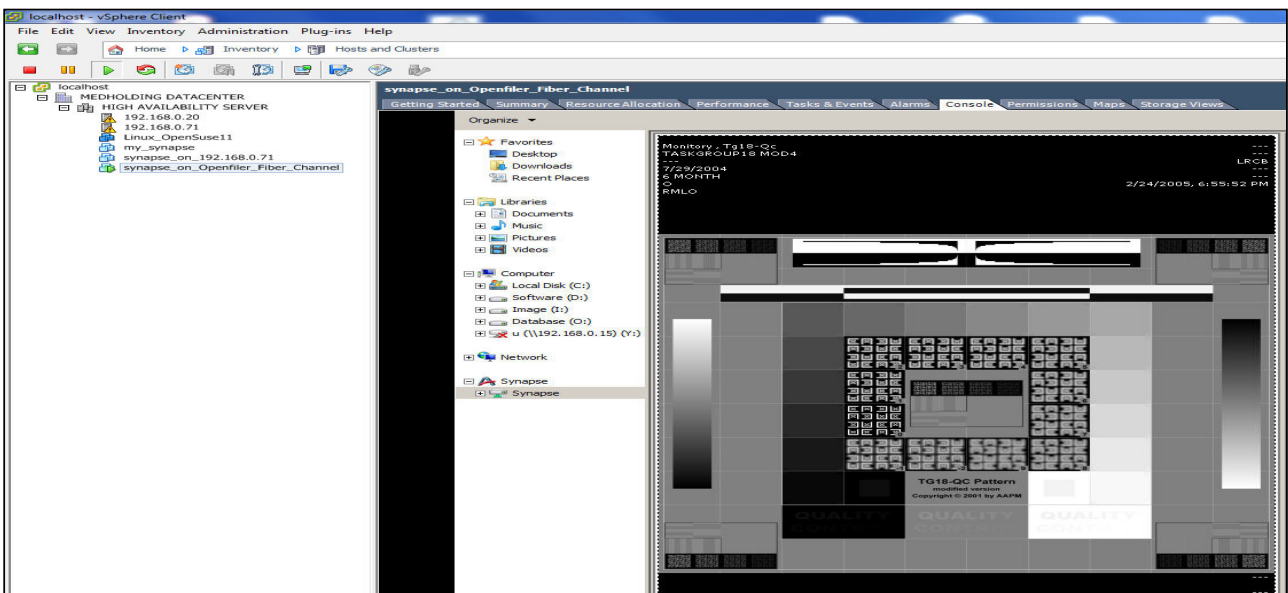
3.3.1. Instalacja systemu Systemu Radiografii Pośredniej *Synapse*

Instalację systemu przeprowadzono za pomocą metody przenoszenia/kopiowania maszyn wirtualnych z jednego serwera *ESXi* na inny. W ten sposób przeniesiono dyski wirtualne ze środowiska produkcyjnego do środowiska laboratoryjnego w dwóch krokach:

Krok 1. Przekopiowano, za pomocą polecenia `scp` wbudowanego w system *ESXi*, odpowiednie pliki (*.vmdk) maszyny z wirtualnej *ESXi* hosta produkcyjnego do hosta *ESXi* laboratoryjnego.

Krok 2. Na laboratoryjnym hoście *ESXi* utworzono nową maszynę wirtualną (bez dysku) do której, jako dyski twarde podłączono skopiowane pliki (*.vmdk).

W efekcie, w środowisku laboratoryjnym odtworzono pracującą kopię Systemu Radiografii Pośredniej *Synapse*, co pokazano na Rys. 37 potwierdzając w ten sposób przydatność opisywanego magazynu pamięci masowej typu *Fiber Channel SAN Storage*, pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego *Linux Openfiler ESA*.



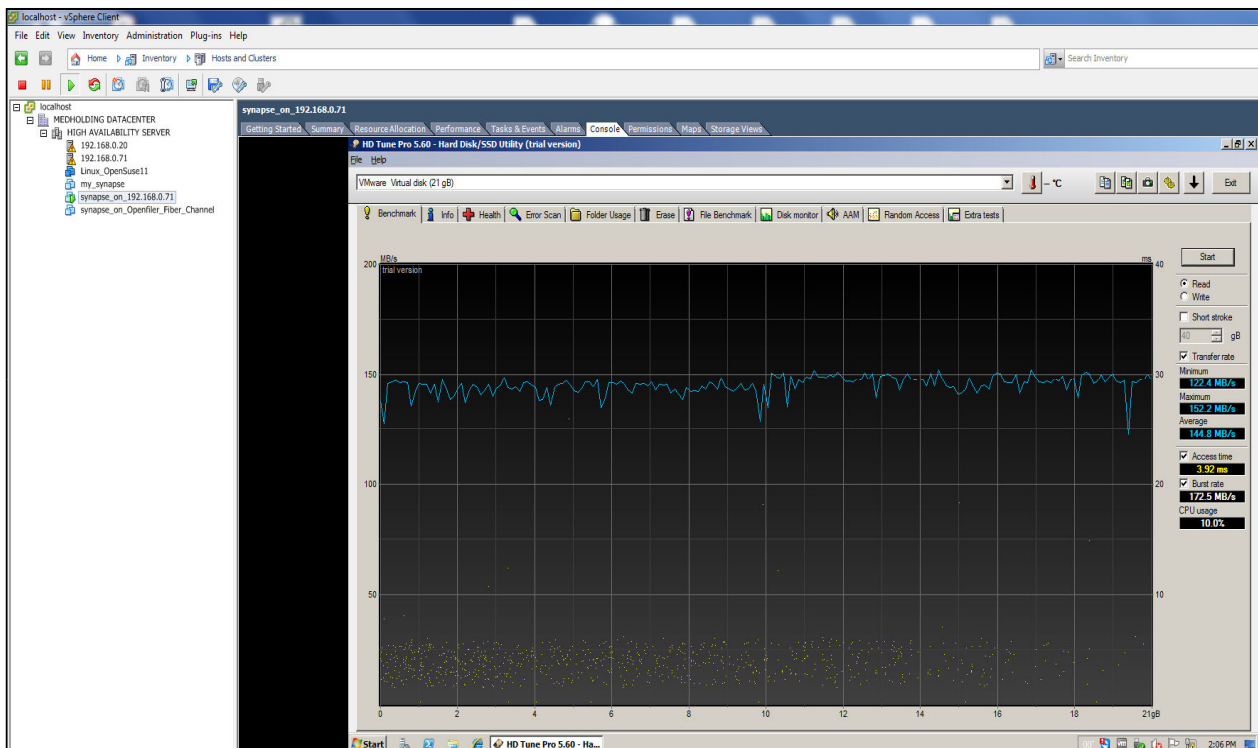
Rys. 37. System „Synapse” uruchomiony na „Fiber Channel SAN Storage” – obraz testowy
Fig. 37. System "Synapse" running on "Fiber Channel SAN Storage – image test

3.3.2. Ocena porównawcza

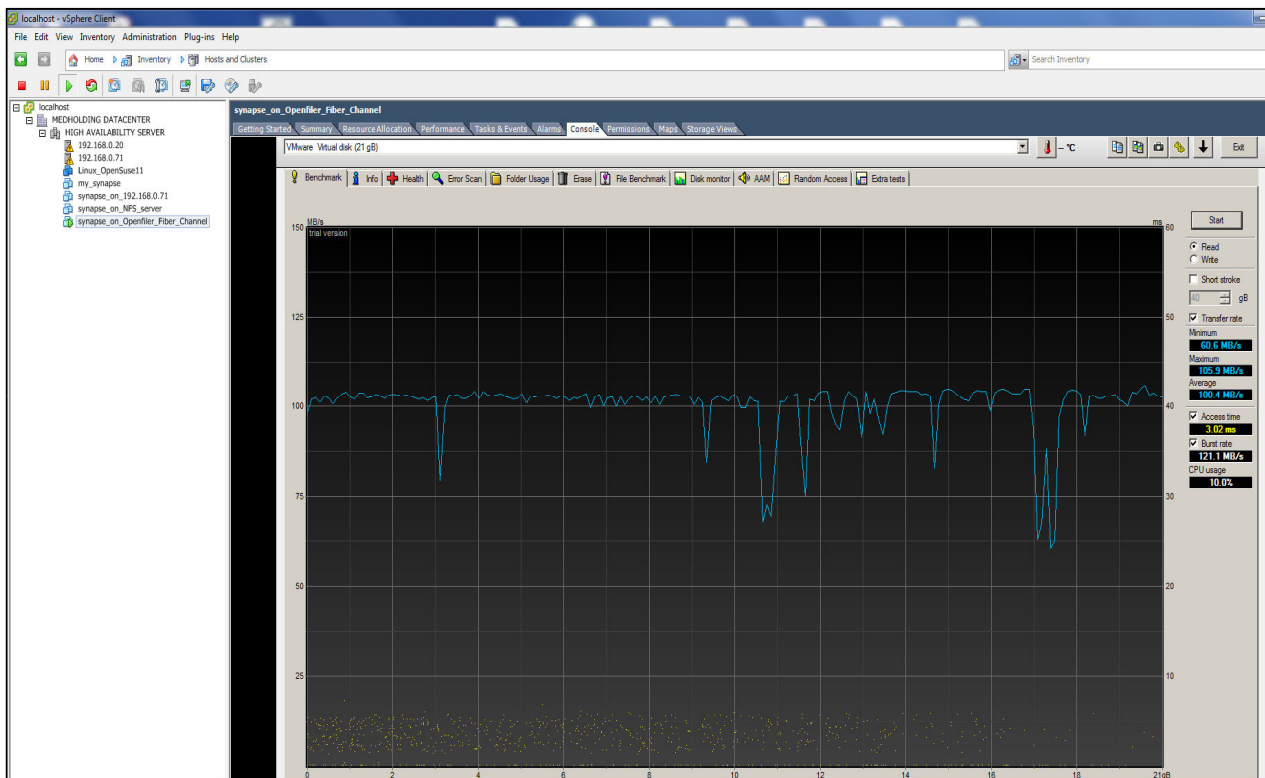
Ocenę porównawczą szybkości działania Systemu Radiografii Pośredniej *Synapse* za pomocą programu typu *benchmark* o nazwie *HD Tune Pro* f-my *EFD Software*, służącego do testowania dysków *IDE* i *SCSI* poprzez pomiar operacji odczytu dysków. Wykonano ją dla trzech przypadków, tzn., kiedy dyski wirtualne (dyski systemowe z systemem operacyjnym *Windows Server 2008R2*) systemu *Synapse* znajdują się w obszarze danych (*Datastore*) założone:

1. na dyskach jednego z serwerów klastra *ESXi*,
2. w pamięci masowej typu *Fiber Channel SAN Storage* działającej na *Openfiler ESA*,
3. w systemie plików *NFS* innego serwera linuxowego włączonego do sieci laboratoryjnej.

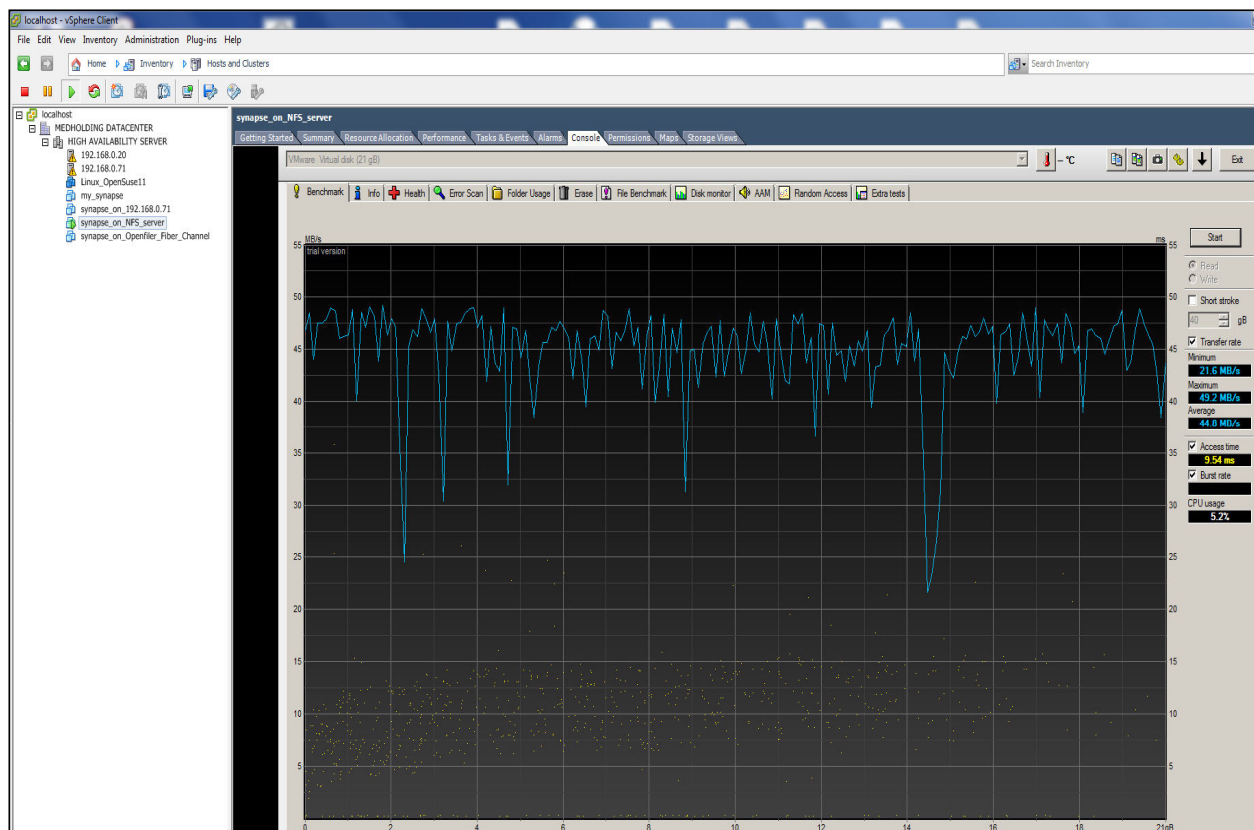
Na poniższych Rys. 38,39,40 pokazano wyniki działania tego programu.



Rys. 38. Pomiar czasu odczytu danych z dysku wirtualnego z maszyny „Synapse” umiejscowiony na dyskach jednego z serwerów klastra ESXi. Przeciętny czas odczytu: 144,8 MB/s
 Fig. 38. The measurement of time to read data from the virtual disk from the machine "Synapse" located on one server ESXi cluster disks. The average time to read: 144.8 MB/s



Rys. 39. Pomiar czasu odczytu danych z dysku wirtualnego z maszyny „Synapse” umiejscowiony w pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage”. Przeciętny czas odczytu: 100,4 MB/s
 Fig. 39. The measurement of time to read data from the virtual disk from the machine "Synapse" in storage "Fiber Channel SAN Storage". The average time to read: 100.4 MB/s



Rys. 40. Pomiar czasu odczytu danych z dysku wirtualnego z maszyny „Synapse” umiejscowiony w systemie plików NFS innego serwera linuxowego. Przeciętny czas odczytu: 44,8 MB/s
 Fig. 40. The measurement of time to read data from the virtual disk from the machine "Synapse" located in the file system NFS another Linux server. The average time to read: 44,8 MB/s

Jak widać z załączonych powyżej rysunków, największa średnia prędkość odczytu dysku systemowego *Windows Server 2008R2* z systemu Radiografii Pośredniej *Synapse* wynosi:

1. 144,8 MB/s - założonego na dyskach jednego z serwerów klastra *ESXi*,
2. 100,4 MB/s - założonego w pamięci masowej działającej na *Openfiler ESA* w sieci *SAN*,
3. 44,8 MB/s - w założonego systemie plików *NFS* innego serwera linuxowego w sieci *IP*.

Wnioski.

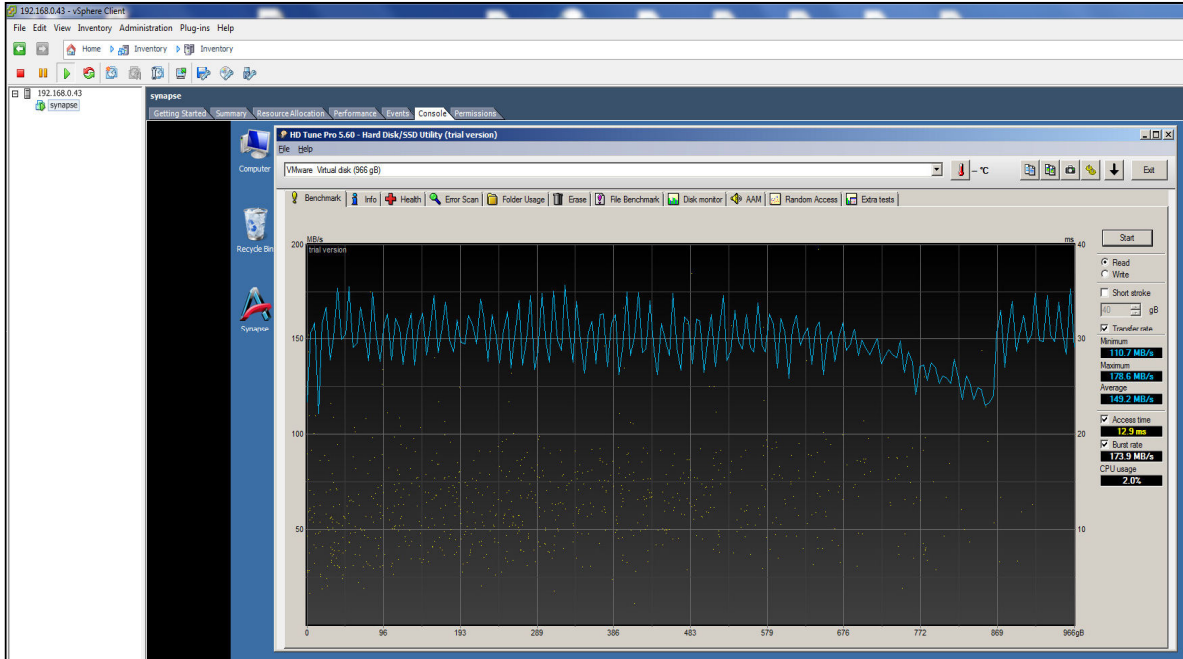
Nawet gdy System Radiografii Pośredniej *Synapse* działa serwerze linuxowym włączonym do sieci laboratoryjnej klastra (1GB), to czas (szybkość) wyszukiwania i wyświetlania rentgenogramów dla konkretnych pacjentów jest wystarczająco krótki do normalnej praktyki lekarskiej.

W przypadku gdy system *Synapse* działa na pamięci masowej działającej na *Openfiler ESA* w sieci *SAN*, szybkość uzyskiwania poszczególnych rentgenogramów dobra. Zwiększenie szybkości można osiągnąć poprzez zastosowanie szybszego przełącznika, np. *Bracode 300* (8 Gbps) [40], *Bracode G620* (32-Gbps) [41] lub *Brocade Gen 6 platform* (32-Gbps) [42], w sieci *SAN*.

3.3.3. Ocena porównawcza heterogenicznych dysków wirtualnych Systemu Radiografii Pośredniej *Synapse*

W celu dokonania oceny porównawczej heterogenicznych dysków wirtualnych systemu *Synapse* przechowujące rentgenogramy i tomogramy, które rozpostarto w zbiorze heterogenicznych pamięci masowych *Openfiler ESA*, *Lenovo Storage S3200*, *iSCSI*, *NFS*, w badanych pamięciach masowych, instalowano kolejne maszyny wirtualne tego systemu, a następnie tworzone nowe dyski wirtualne w nowych obszarach typu *Datastore* w kolejnych pamięciach masowych. Następnie, z

poziomu systemu operacyjnego wirtualnej maszyny, istniejący dysk wirtualny rozszerzono na nowo utworzone wirtualne dyski. Rozszerzenia dysku dokonywano za pomocą narzędzia administracyjnego *Computer Management*, tj. programu *Disk Management*. Ocenę porównawczą heterogenicznych dysków wirtualnych dokonano poprzez porównanie średniej prędkości ich odczytu w stosunku do średniej prędkości odczytu dysku wirtualnego z rentgenogramami i tomogramami, którą przedstawiono na Rys. 41, znajdującego się w zasobach jednego z serwerów klastra ESXi.



Rys. 41. Prędkość odczytu dysku wirtualnego z rentgenogramami i tomogramami umiejscowionego w jednym z serwerów klastra ESXi. Przeciętna prędkość odczytu: 149,2 MB/s

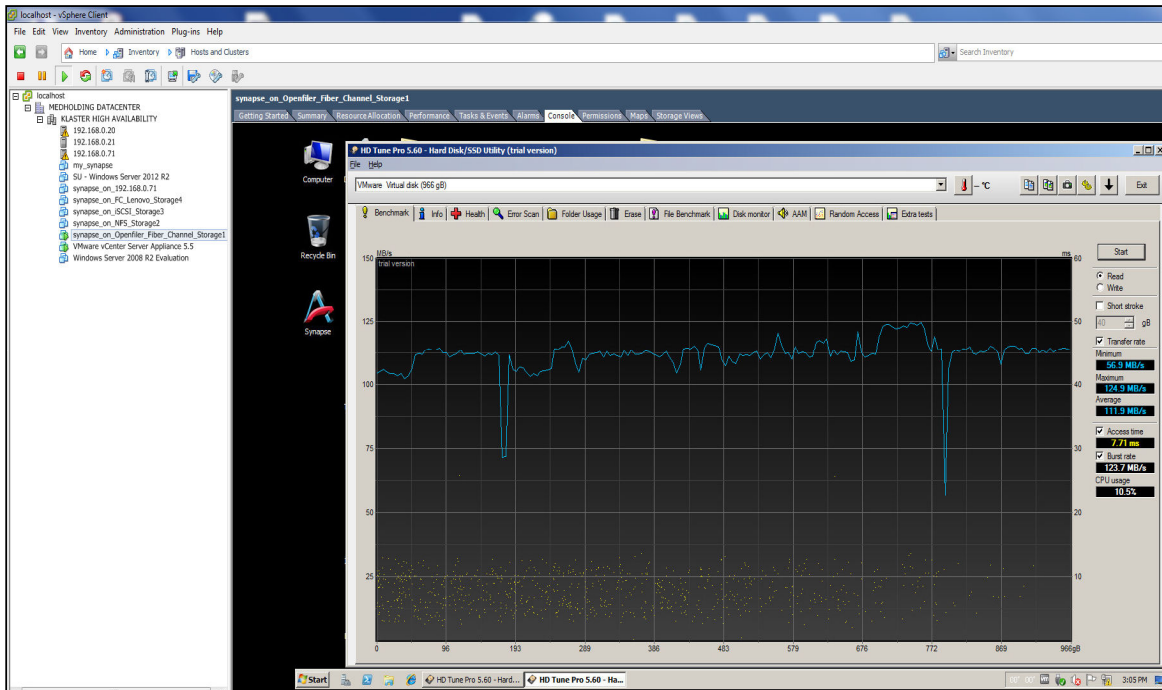
Fig. 41. The speed of read "Synapse" virtual system disk with radiographs and tomographs located on one of the ESXi cluster's server. Average read speed: 149.2 MB/s

Na kolejnych poniższych rysunkach 42,43,44,45 pokazano wyniki pomiarów czasu odczytu heterogenicznych dysków wirtualnych, rozpostartych w zbiorach pamięci masowych Lenovo Storage S3200, Openfiler ESA, iSCSI oraz NFS.



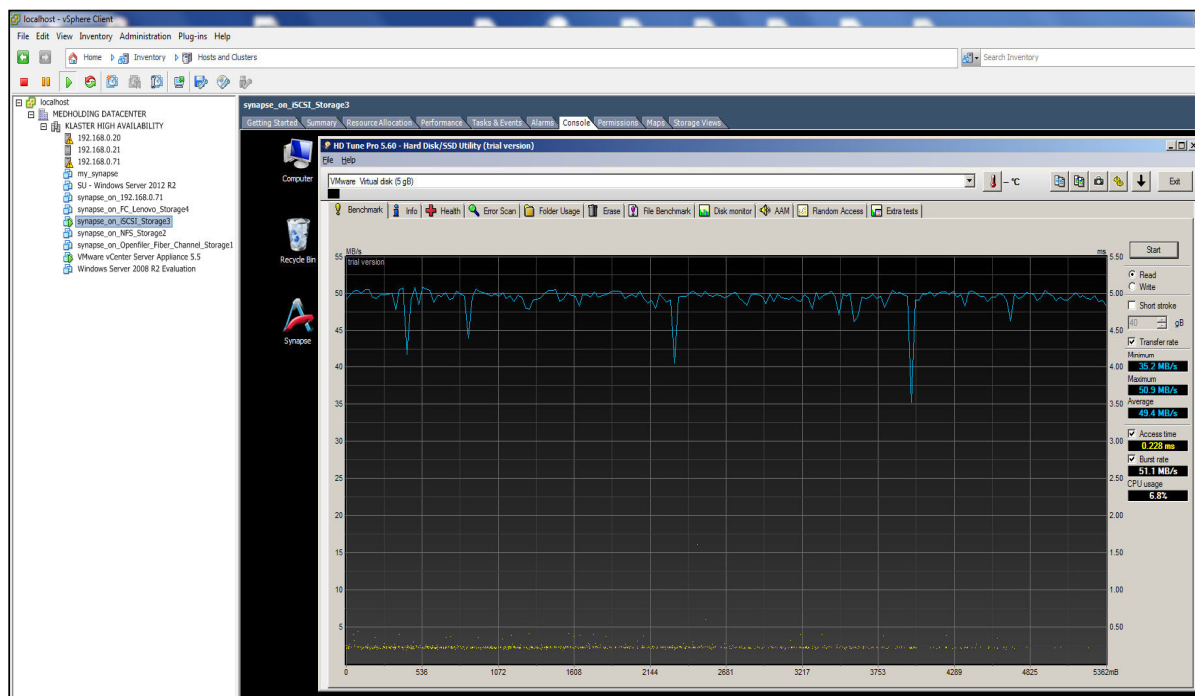
Rys. 42. Prędkość odczytu heterogenicznego dysku wirtualnego alokowanego w pamięci masowej Lenovo Storage, rozpostartego w zbiorze pamięci masowych Openfiler ESA, iSCSI, NFS. Przeciętna prędkość odczytu: 115,5 MB/s

Fig. 42. The speed of read "Synapse" heterogeneous virtual disk allocated in Lenovo mass storage extended in Openfiler ESA, iSCSI, NFS mass storages. Average read speed: 115,5 MB/s



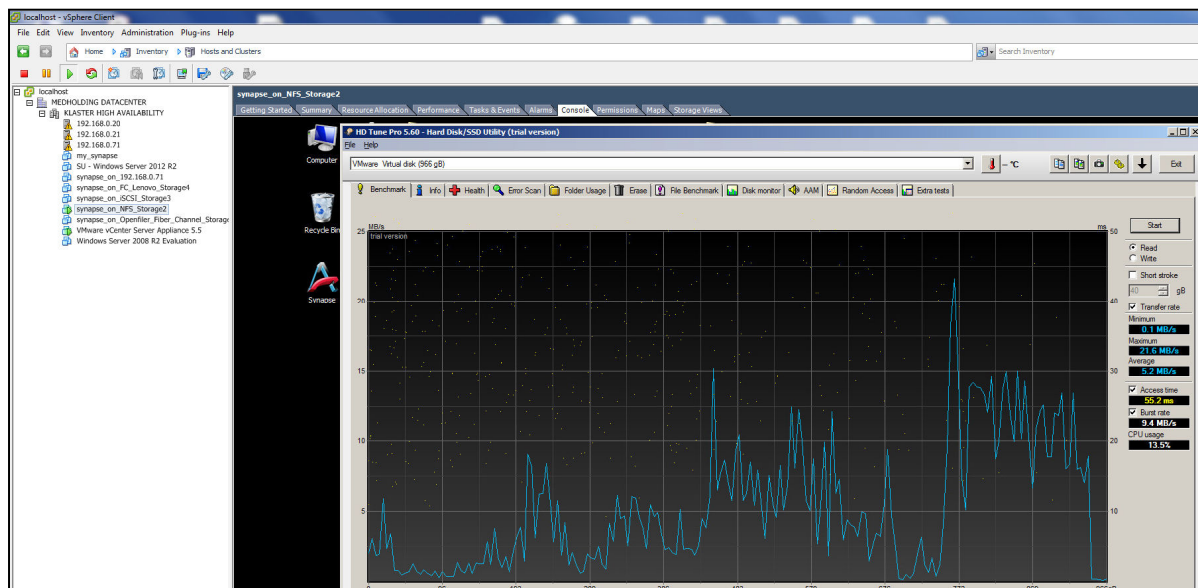
Rys. 43. Prędkość odczytu heterogenicznego dysku wirtualnego alokowanego w pamięci masowej Openfiler ESA, rozpostartego w zbiorze pamięci masowych, Lenovo Storage, iSCSI, NFS. Przeciętna prędkość odczytu: 111,9 MB/s

Fig. 43. The speed of read "Synapse" heterogeneous virtual disk allocated in Openfiler mass storage extended in Lenovo, ESA, iSCSI, NFS mass storages. Average read speed: 115, 5 MB/s



Rys. 44. Prędkość odczytu heterogenicznego dysku wirtualnego alokowanego w pamięci masowej iSCSI, rozpostartego w zbiorze pamięci masowych Lenovo Storage, Openfiler, NFS. Przeciętna prędkość odczytu: 49,4 MB/s

Fig. 44. The speed of read "Synapse" heterogeneous virtual disk allocated in iSCSI mass storage extended in Lenovo, Openfiler, NFS mass storages. Average read speed: 49,4 MB/s



Rys. 45. Prędkość odczytu heterogenicznego dysku wirtualnego alokowanego w pamięci masowej NFS, rozpostartego w zbiorze pamięci masowych Lenovo Storage, Openfiler, iSCSI. Przeciętna prędkość odczytu: 5,2 MB/s

Fig. 45. The speed of read "Synapse" heterogeneous virtual disk allocated in NFS mass storage extended in Lenovo, Openfiler, iSCSI mass storages. Average read speed: 5,2 MB/s

Jak widać z załączonych powyżej rysunków, średnie prędkości odczytu heterogenicznych dysków wirtualnych rozpostartych w zbiorach pamięci masowych, które przedstawiono w Tab. 1, wynoszą:

Prędkość odczytu MB/s	z heterogenicznego dysku wirtualnego alokowanego w pamięci masowej typu:	rozpostartego w zbiorze pamięci masowych:
115,5	Lenovo Storage	Openfiler ESA, iSCSI, NFS
111,5	Openfiler ESA	Lenovo, iSCSI, NFS
49,4	iSCSI	Lenovo, Openfiler, NFS
5,2	NFS	Lenovo, Openfiler, iSCSI

Tab. 1. Średnie prędkości odczytu heterogenicznych dysków wirtualnych
Tab 1. Average read speed of heterogeneous virtual disks

Wnioski.

W przypadku, gdy dysk wirtualny systemu *Synapse*, przechowujący rentgenogramy i tomogramy, alokowany jest w heterogenicznej pamięci masowej:

- *LENOVO storage*, rozpostartej w zbiorze pamięci masowych *Openfiler, iSCSI, NFS*,
- pracującej pod kontrolą systemu operacyjnego *Openfiler ESA*, rozpostartej w zbiorze pamięci masowych *Lenovo Storage S2300, iSCSI, NFS*,

wówczas szybkość uzyskiwania poszczególnych rentgenogramów jest średnia; warunki dobre do normalnej diagnostyki lekarskiej.

LITERATURA:

1. VMware, <https://pl.wikipedia.org/wiki/VMware>.
2. Bożyk K.: Technologia SAN (Storage Area Networks)-Praca dyplomowa magisterska, Samodzielny Zakład Sieci Komputerowych Politechnika, Łódź 2005, https://www.google.pl/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&ved=0ahUKEwiIroufz9rSAhVMjCwKHRw0Ba84ChAWCE4wBg&url=http%3A%2F%2Fzskl.p.lodz.pl%2F~morawski%2FDyplom%2FPraca%2520dyplomowa%2520p.%2520Bozyka.pdf&usg=AFQjCNGcTtYnhiQ45TeRZaYFe8TvHREU7Q&sig2=8JYU_hvgVLIXKbuunef6tA&cad=rja.
3. Infortrend Technology Inc.: Storage Area Network, 2007, <https://www.google.pl/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=48&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiy2rLP3NrSAhUBVxQKHf1-CyM4KBAWCE0wBw&url=http%3A%2F%2Finfortrend.com%2FImageLoader%2FLoadDoc%2F183&usg=AFQjCNF7LPJzA24tihEuR4I10w9lcmrkKw&sig2=SFuK7vOD5X5Gh0SYJ9z9Bg>.
4. *vSphere ESXi Bare-Metal Hypervisor | VMware Polska*, www.vmware.com [dostęp 2015-11-29], <http://www.vmware.com/products/esxi-and-esx.html>.
5. The Red Hat Enterprise Linux 6 Kernel: What Is It?, <http://www.serverwatch.com/news/article.php/3880131/The-Red-Hat-Enterprise-Linux-6-Kernel-What-Is-It.htm>.
6. How To Install and Update A Redhat Linux Kernel RPM, <http://www.yolinux.com/TUTORIALS/LinuxTutorialKernelRpmInstall.html>.
7. Ball B.: Red Hat Linux 7.3, “Księga Experta”, Tłumaczenie: Maciej Pasternacki, ISBN: 83-7197-787-5, Wydawnictwo HELION, 2002.
8. Red Hat Linux, https://pl.wikipedia.org/wiki/Red_Hat_Linux.
9. Fibre Channel SAN Configuration Guide – VMware, https://www.google.pl/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&ved=0ahUKEwjNjLvUvNrSAhWCQxoKHQTOAMAQFghtMAw&url=http%3A%2F%2Fwww.vmware.com%2Fpdf%2Fvsphere4%2F40%2Fvsp_40_san_cfg.pdf&usg=AFQjCNGxQeLDd-lj-Sz3LYeFU0J26I6u1g&sig2=qZdVACxDgDo4DdEZ-ejjA&cad=rja.
10. Host Bus Adapter (HBA), <http://searchstorage.techtarget.com/definition/host-bus-adapter>.
12. VMware vSphere 5.1 Documentation Center, <https://pubs.vmware.com/vsphere-51/index.jsp#com.vmware.vsphere.doc/GUID-1B959D6B-41CA-4E23-A7DB-E9165D5A0E80.html>.
13. Fiber Channel Storage Area Network (FC SAN), <https://www.techopedia.com/definition/1081/fiber-channel-storage-area-network-fc-san>.
14. Fibre Channel SAN Topologies, EMC, https://www.google.pl/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwjNjLvUvNrSAhWCQxoKHQTOAMAQFghUMAk&url=https%3A%2F%2Fwww.emc.com%2Fcollateral%2Fhardware%2Ftechnical-documentation%2Fh8074-fibre-channel-san-tb.pdf&usg=AFQjCNGw6qg1hMKDIfZpd7_dxYyMa3YsfA&sig2=L8lY1S83lks02L8XEFpWhg&cad=rja.

15. Pico J.: An Analysis From A Security Perspective, Fibre Channel Storage Area Networks - SANS Institute,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiIroufz9rSAhVMjCwKHRw0Ba84ChAWCCgwAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sans.org%2Freading-room%2Fwhitepapers%2Fbackup%2Ffibre-channel-storage-area-networks-analysis-security-perspective-32913&usg=AFQjCNE2GljHWI9YQqFRPr_FsZBRVgp46Q&sig2=DyfsKFFtw1JqjHTxSFDdvQ.
16. Norman D.: Fibre Channel Technology for Storage Area Networks, 2001,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=29&ved=0ahUKEwiCxO-v1NrSAhUBliwKHSSxAyc4FBAWCFcwCA&url=https%3A%2F%2Fwww.rivier.edu%2Ffaculty%2Fvriabov%2FCS553a_Paper_DNorman.pdf&usg=AFQjCNHbMK8jDMbIrrjZE-YPAdwpSg0AIQw&sig2=QC-q_MaZy-Vk_P7O1gFQig&cad=rja.
15. Black D.L.: A Storage Menagerie: SANs, Fibre Channel, Replication and Networks, Miami 2011,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=33&ved=0ahUKEwjTwo_s1drSAhWE7BQKHwzZDmg4HhAWCCkwAg&url=https%3A%2F%2Fwww.nanog.org%2Fmeetings%2Fnanog51%2Fpresentations%2FSunday%2FNANOG51.Talk8.StorageMenagerie.pdf&usg=AFQjCNEuRU5_1mVAZhsAVpOHO9s2IEknZA&sig2=7JwuDVgT4idj-ADzyPV1pw&cad=rja.
17. Dale D.: iSCSI & Fibre Channel SANs,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=56&ved=0ahUKEwiOgMue39rSAhVJvhQKHYA hBPI4MhAWCD4wBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.snia.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FiSCSI%2520and%2520FC%2520SAN.pdf&usg=AFQjCNH68QzoPlwb9QygcAhPSBU35AOQAA&sig2=ix9gKkTkB_96ZcmfT3li6A&cad=rja.
18. Fibre Channel Storage area Network,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=73&ved=0ahUKEwiQ-6me4trSAhVFVBQKHdj8AIE4RhAWCCgwAg&url=http%3A%2F%2Fjbiet.edu.in%2Fcoursefiles%2Ffse%2FHO%2Ffse4%2FSAN4.pdf&usg=AFQjCNGuJ-qgJaBf9fIKt-hAfMhE-HxFyw&sig2=5iJgB9TpakoLLkGcM11-Sw&cad=rja>.
19. VMware vSphere 5.1: 16Gb Fibre Channel SANs with HP ProLiant DL380 Gen8 servers and HP 3PAR Storage,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=103&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi0_7nc49rSAhWDPRQKHf--C_w4ZBAWCCgwAg&url=https%3A%2F%2Fdocs.broadcom.com%2Fdocs%2F12356389&usg=AFQjCNEzQIB62vStn9liCRwN3sWH775-mg&sig2=KU0ixGbU-9vvIz1-edNFuA.
20. CONNECTING SANS OVER METROPOLITAN AND WIDE AREA NETWORKS,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=111&ved=0ahUKEwIat7nC5NrSAhUI7xOKHSLBAwY4bhAWCBkwAA&url=http%3A%2F%2Fstorusint.com%2Fpdf%2Fbrocade%2520remote%2520connection.pdf&usg=AFQjCNG8ai2Zr74K0tLytgh3tmrBuH7bRw&sig2=4m-ouEzH4PhwW6RJSEOKdw&cad=rja>.
21. Openfiler, <https://en.wikipedia.org/wiki/Openfiler>.
22. Bastiaansen R.: Install and configure Openfiler for ESXi shared storage with NFS and iSCSI, 2013,
<http://www.vmwarebits.com/content/install-and-configure-openfiler-esxi-shared-storage-nfs-and-iscsi>.
23. Seget V.: How to configure OpenFile iSCSI Storage for use with VMware ESX, 2015,
<https://www.vladan.fr/how-to-configure-openfiler-iscsi-storage-for-use-with-vmware-esx/>.

24. Openfiler Administration Guide, Openfiler Ltd. UK, 2009,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwiuk6O_5drSAhWMVhQKHTu5D9sQFghpMAk&url=https%3A%2F%2Fjuliorestrepo.files.wordpress.com%2F2010%2F10%2Fopenfiler-administration-guide-_by-san.pdf&usg=AFQjCNHR_1418NAixCnLum9cO5BrCPwkMg&sig2=nk40HjhaDRIGNUOh0CloaA&cad=rja.
25. Tivari R.: How to install openfiler 2.99, 2013,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0ahUKEwil-NW76NrSAhXMPxQKHxeFDNw4ChAWCCeWAQ&url=http%3A%2F%2Fccent.syr.edu%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F03%2FHow-to-install-Open-Filer-Using-SAN.pdf&usg=AFQjCNHyFIK7HJuV5v6lqbGVO1TZ-DmBGw&sig2=raSYujdqzEpDpD8HFQfBjw&bvm=bv.149397726,d.d24&cad=rja>.
26. Intel: Delivering Low Cost High IOPS VM Datastores Using Openfiler, Document Number: 329238-002US, 2014,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&ved=0ahUKEwil-NW76NrSAhXMPxQKHxeFDNw4ChAWCDowBA&url=http%3A%2F%2Fwww.intel.de%2Fcontent%2Fdam%2Fwww%2Fpublic%2Fus%2Fen%2Fdocuments%2Ftechnology-briefs%2Fssd-dc-s3700-low-cost-high-iops-vm-openfiler-blueprint-brief.pdf&usg=AFQjCNHMmKOI4_XtwJ5DGJZuMy5MZt4ACg&sig2=RwO49GiRIx963zMS6TCaGw&bvm=bv.149397726,d.d24&cad=rja.
27. How to configure Openfiler v2.3 iSCSI Storage with VMware ESXi v4, 2017,
<http://www.htmlgraphic.com/how-to-configure-openfiler-v2-3-iscsi-storage-for-use-with-vmware-esxi-v4/>.
28. Creating a vSphere HA Cluster, https://pubs.vmware.com/vsphere-50/index.jsp?topic=%2Fcom.vmware.vsphere.avail.doc_50%2FGUID-E90B8A4A-BAE1-4094-8D92-8C5570FE5D8C.html.
29. Introduction to a “Network File System” (NFS), 2009,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEWjH8JqmtuTSAhXnIpoKHfgLALUQFghXMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.cs.fsu.edu%2F~lan_gley%2FCNT4603-2009-Spring%2F08-nfs.pdf&usg=AFQjCNHAXO8A-_ByVbbOq65lManUms5uoA&sig2=wSz3EkIqPL43tTsUXXGk2g.
30. An Introduction to NFS – LinuxVM,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEWjRopS-teTSAhXoa5oKHcFDCVwQFggnMAI&url=http%3A%2F%2Flinuxvm.org%2Fpresent%2FSHARE98%2FS5521NFa.pdf&usg=AFQjCNEv7XG0PZle_W3FOdGGwLa53FIntA&sig2=OjIkJk05yjHK5lsl1Jrd2w.
31. Shepler S. i inni, *Network File System (NFS) version 4 Protocol*, RFC 3530, IETF, kwiecień 2003, DOI: [10.17487/RFC3530](https://doi.org/10.17487/RFC3530), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.), <https://tools.ietf.org/html/rfc3530>.
32. Callaghan B., Pawlowski B., Staubach P., *NFS Version 3 Protocol Specification*, RFC 1813, IETF, czerwiec 1995, DOI: [10.17487/RFC1813](https://doi.org/10.17487/RFC1813), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.), <https://tools.ietf.org/html/rfc1813>.
33. Nowicki B., *NFS: Network File System Protocol specification*, RFC 1094, IETF, marzec 1989, DOI: [10.17487/RFC1094](https://doi.org/10.17487/RFC1094), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.), <https://tools.ietf.org/html/rfc1813>.

34. Brocade Communications Systems, Inc.: EZSwitchSetup, Administrator's Guide, 2011, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjTief_uunSAhUJWhQKHfE0DqAQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.brocade.com%2Fcontent%2Fhtml%2Fen%2Fadministration-guide%2Ffos-741-ezswitchsetup%2Findex.html&usg=AFQjCNHFhNRMTM6YYygfqzH8hxchScIurw&sig2=0fcPjbAuZ_tFsIL9OcgL1Q.
35. Fibre Channel zoning, https://en.wikipedia.org/wiki/Fibre_Channel_zoning
36. Brocade Communications Systems, Inc.: Secure SAN Zoning, Best Practices, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwip8e_jvunSAhWGZpoKHULCAkIQFggcMAA&url=https%3A%2F%2Fcommunity.brocade.com%2Fdtscp75322%2Fattachments%2Fdtscp75322%2Ffibre%2F8903%2F1%2FZoning_Best_Practices_WP-00.pdf&usg=AFQjCNFo4TiQV6kT1ech9libNZ0_L6ZVvQ&sig2=HTqDjdBZaA43UhNDL9IOJw&cad=rja.
37. Azhagarasu A.: Zoning in Brocade FC SAN switch for beginners, 2013, 1. VMware, <https://pl.wikipedia.org/wiki/VMware>.
2. Bożyk K.: Technologia SAN (Storage Area Networks)-Praca dyplomowa magisterska, Samodzielny Zakład Sieci Komputerowych Politechnika, Łódź 2005, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&ved=0ahUKEwiIroufz9rSAhVMjCwKHRw0Ba84ChAWCE4wBg&url=http%3A%2F%2Fzskl.p.lodz.pl%2F~morawski%2FDyplomomy%2FPraca%2520dyplomowa%2520p.%2520Bozyka.pdf&usg=AFQjCNGcTtYnhiQ45TeRZaYFe8TvHREU7Q&sig2=8JYU_hvgVLIXKbuunef6tA&cad=rja.
3. Infortrend Technology Inc.: Storage Area Network, 2007, <https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=48&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiy2rLP3NrSAhUBVxQKHf1-CyM4KBAWCE0wBw&url=http%3A%2F%2Finfortrend.com%2FImageLoader%2FLoadDoc%2F183&usg=AFQjCNF7LPJzA24tihEuR4I10w9lcmrkKw&sig2=SFuK7vOD5X5Gh0SYJ9z9Bg>.
4. *vSphere ESXi Bare-Metal Hypervisor | VMware Polska*, www.vmware.com [dostęp 2015-11-29], <http://www.vmware.com/products/esxi-and-esx.html>.
5. The Red Hat Enterprise Linux 6 Kernel: What Is It?, <http://www.serverwatch.com/news/article.php/3880131/The-Red-Hat-Enterprise-Linux-6-Kernel-What-Is-It.htm>.
6. How To Install and Update A Redhat Linux Kernel RPM, <http://www.yolinux.com/TUTORIALS/LinuxTutorialKernelRpmInstall.html>.
7. Ball B.: Red Hat Linux 7.3, "Księga Experta", Tłumaczenie: Maciej Pasternacki, ISBN: 83-7197-787-5, Wydawnictwo HELION, 2002.
8. Red Hat Linux, https://pl.wikipedia.org/wiki/Red_Hat_Linux.
9. Fibre Channel SAN Configuration Guide – VMware, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&ved=0ahUKEwjNjLvUvNrSAhWCQxoKHQTOAMAQFghtMAw&url=http%3A%2F%2Fwww.vmware.com%2Fpdf%2Fvsphere4%2F40%2Fvsp_40_san_cfg.pdf&usg=AFQjCNGxQeLDd-lj-Sz3LYeFU0J26I6u1g&sig2=qZdVACxDgDo4DdEZ-ejijA&cad=rja.
10. Host Bus Adapter (HBA), <http://searchstorage.techtarget.com/definition/host-bus-adapter>.

12. VMware vSphere 5.1 Documentation Center, <https://pubs.vmware.com/vsphere-51/index.jsp#com.vmware.vsphere.doc/GUID-1B959D6B-41CA-4E23-A7DB-E9165D5A0E80.html>.
13. Fiber Channel Storage Area Network (FC SAN), <https://www.techopedia.com/definition/1081/fiber-channel-storage-area-network-fc-san>.
14. Fibre Channel SAN Topologies, EMC, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEWjNjLvUvNrSAhWCQxoKHQTOAMAQFghUMAk&url=https%3A%2F%2Fwww.emc.com%2Fcollateral%2Fhardware%2Ftechnical-documentation%2Fh8074-fibre-channel-san-tb.pdf&usg=AFQjCNGw6qg1hMKDIfZpd7_dxYyMa3YsfA&sig2=L8ly1S83lks02L8XEFpWhg&cad=rja.
15. Pico J.: An Analysis From A Security Perspective, Fibre Channel Storage Area Networks - SANS Institute, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiIroufz9rSAhVMjCwKHRw0Ba84ChAWCCgwAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sans.org%2Freading-room%2Fwhitepapers%2Fbackup%2Ffibre-channel-storage-area-networks-analysis-security-perspective-32913&usg=AFQjCNE2GljHWI9YQqFRPr_FsZBRVgp46Q&sig2=DyfsKFFtw1JqjHTxSFDdvQ.
16. Norman D.: Fibre Channel Technology for Storage Area Networks, 2001, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=29&ved=0ahUKEwiCxO-v1NrSAhUBliwKHSSxAyc4FBAWCFcwCA&url=https%3A%2F%2Fwww.rivier.edu%2Ffaculty%2Fvriabov%2FCS553a_Paper_DNorman.pdf&usg=AFQjCNHbMK8jDMbIrrjZE-YPAdwpSg0AIQw&sig2=QC-q_MaZy-Vk_P7O1gFQig&cad=rja.
15. Black D.L.: A Storage Menagerie: SANs, Fibre Channel, Replication and Networks, Miami 2011, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=33&ved=0ahUKEWjTwo_slDrSAhWE7BQKHwzZDmg4HhAWCCkwAg&url=https%3A%2F%2Fwww.nanog.org%2Fmeetings%2Fnanog51%2Fpresentations%2FSunday%2FNANOG51.Talk8.StorageMenagerie.pdf&usg=AFQjCNuRU5_1mVAZhsAVpOHO9s2IEknZA&sig2=7JwuDVgT4idj-ADzyPV1pw&cad=rja.
17. Dale D.: iSCSI & Fibre Channel SANs, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=56&ved=0ahUKEwiOgMue39rSAhVJvhQKHIAhBPI4MhAWCD4wBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.snia.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FiSCSI%2520and%2520FC%2520SAN.pdf&usg=AFQjCNH68QzoPlwb9QygcAhPSBU35AOQAA&sig2=ix9gKkTkB_96ZcmfT3li6A&cad=rja.
18. Fibre Channel Storage area Network, <https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=73&ved=0ahUKEwiQ-6me4trSAhVFVBOKHdj8AIE4RhAWCCgwAg&url=http%3A%2F%2Fjbiet.edu.in%2Fcoursefiles%2Ffse%2FHO%2Ffse4%2FSAN4.pdf&usg=AFQjCNGuJ-qgJaBf9f1Kt-hAfMhE-HxFyw&sig2=5iJgB9TpakoLLkGcM1l-Sw&cad=rja>.
19. VMware vSphere 5.1: 16Gb Fibre Channel SANs with HP ProLiant DL380 Gen8 servers and HP 3PAR Storage, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=103&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi0_7nc49rSAhWDPRQKHf--C_w4ZBAWCCgwAg&url=https%3A%2F%2Fdocs.broadcom.com%2Fdocs%2F12356389&usg=AFQjCNEzQIB62vStn9liCRwn3sWH775-mg&sig2=KU0ixGbU-9vvIz1-edNFuA.

20. CONNECTING SANS OVER METROPOLITAN AND WIDE AREA NETWORKS,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=111&ved=0ahUKEwiat7nC5NrSAhUI7xQKHSLBAwY4bhAWCBkAA&url=http%3A%2F%2Fstorusint.com%2Fpdf%2Fbrocade%2520remote%2520connection.pdf&usg=AFQjCNG8ai2Zr74K0tLytgh3tMrBuH7bRw&sig2=4m-ouEzH4PhwW6RJSEOKdw&cad=rja>.
21. Openfiler, <https://en.wikipedia.org/wiki/Openfiler>.
22. Bastiaansen R.: Install and configure Openfiler for ESXi shared storage with NFS and iSCSI, 2013,
<http://www.vmwarebits.com/content/install-and-configure-openfiler-esxi-shared-storage-nfs-and-iscsi>.
23. Seget V.: How to configure OpenFile iSCSI Storage for use with VMware ESX, 2015,
<https://www.vladan.fr/how-to-configure-openfiler-iscsi-storage-for-use-with-vmware-esx/>.
24. Openfiler Administration Guide, Openfiler Ltd. UK, 2009,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwiuk6O_5drSAhWMVhQKHTu5D9sQFghpMAk&url=https%3A%2F%2Fjuliorestrepo.files.wordpress.com%2F2010%2F10%2Fopenfiler-administration-guide-_by-san.pdf&usg=AFQjCNHR_1418NAixCnLum9cO5BrCPwkMg&sig2=nk40HjhaDRIGNUOh0CloaA&cad=rja.
25. Tivari R.: How to install openfiler 2.99, 2013,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0ahUKEwil-NW76NrSAhXMPxQKHxeFDNw4ChAWCCeWAQ&url=http%3A%2F%2Fccent.syr.edu%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F03%2FHow-to-install-Open-Filer-Using-SAN.pdf&usg=AFQjCNHyFIK7HJuV5v6lqbGVO1TZ-DmBGw&sig2=raSYujdqzEpDpD8HFQfBjw&bvm=bv.149397726,d.d24&cad=rja>.
26. Intel: Delivering Low Cost High IOPS VM Datastores Using Openfiler, Document Number: 329238-002US, 2014,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&ved=0ahUKEwil-NW76NrSAhXMPxQKHxeFDNw4ChAWCDowBA&url=http%3A%2F%2Fwww.intel.de%2Fcontent%2Fdam%2Fwww%2Fpublic%2Fus%2Fen%2Fdocuments%2Ftechnology-briefs%2Fssd-dc-s3700-low-cost-high-iops-vm-openfiler-blueprint-brief.pdf&usg=AFQjCNHMmKOI4_XtwJ5DGJZuMy5MZt4ACg&sig2=RwO49GiRIx963zMS6TCaGw&bvm=bv.149397726,d.d24&cad=rja.
27. How to configure Openfiler v2.3 iSCSI Storage with VMware ESXi v4, 2017,
<http://www.htmlgraphic.com/how-to-configure-openfiler-v2-3-iscsi-storage-for-use-with-vmware-esxi-v4/>.
28. Creating a vSphere HA Cluster, https://pubs.vmware.com/vsphere-50/index.jsp?topic=%2Fcom.vmware.vsphere.avail.doc_50%2FGUID-E90B8A4A-BAE1-4094-8D92-8C5570FE5D8C.html.
29. Introduction to a “Network File System” (NFS), 2009,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEWjH8JqmtuTSAhXnIpoKHfgLALUQFghXMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.cs.fsu.edu%2F~lan_gley%2FCNT4603-2009-Spring%2F08-nfs.pdf&usg=AFQjCNHAXO8A-_ByVbbOq65lManUms5uoA&sig2=wSz3EkIqPL43tTsUXXGk2g.
30. An Introduction to NFS – LinuxVM,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEWjRopS->

teTSAhXoa5oKHcFDCVwQFggnMAI&url=http%3A%2F%2Flinuxvm.org%2Fpresent%2FSHARE98%2FS5521NFa.pdf&usg=AFQjCNEv7XG0PZle_W3FOdGGwLa53FIntA&sig2=OjIkJk05yjHK5lsy1Jrd2w.

31. Shepler S. i inni, *Network File System (NFS) version 4 Protocol*, RFC 3530, IETF, kwiecień 2003, DOI: [10.17487/RFC3530](https://doi.org/10.17487/RFC3530), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.), <https://tools.ietf.org/html/rfc3530>.
32. Callaghan B., Pawlowski B., Staubach P., *NFS Version 3 Protocol Specification*, RFC 1813, IETF, czerwiec 1995, DOI: [10.17487/RFC1813](https://doi.org/10.17487/RFC1813), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.), <https://tools.ietf.org/html/rfc1813>.
33. Nowicki B., *NFS: Network File System Protocol specification*, RFC 1094, IETF, marzec 1989, DOI: [10.17487/RFC1094](https://doi.org/10.17487/RFC1094), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.), <https://tools.ietf.org/html/rfc1813>.
34. Brocade Communications Systems, Inc.: EZSwitchSetup, Administrator's Guide, 2011, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjTief_uunSAhUJWhQKHfE0DqAQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.brocade.com%2Fcontent%2Fhtml%2Fen%2Fadministration-guide%2Ffos-741-ezswitchsetup%2Findex.html&usg=AFQjCNHFhNRMTM6YYygfqzH8hxchScIurw&sig2=0fcPjbAuZ_tFsIL9OcgLIQ.
35. Fibre Channel zoning, https://en.wikipedia.org/wiki/Fibre_Channel_zoning
36. Brocade Communications Systems, Inc.: Secure SAN Zoning, Best Practices, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwip8e_jvunSAhWGZpoKHULCAkIQFggcMAA&url=https%3A%2F%2Fcommunity.brocade.com%2Fdtscp75322%2Fattachments%2Fdtscp75322%2Ffibre%2F8903%2F1%2FZoning_Best_Practices_WP-00.pdf&usg=AFQjCNFo4TiQV6kT1ech9libNZ0_L6ZVvQ&sig2=HTqDjdBZaA43UhNDL9lOJw&cad=rja.
37. Azhagarasu A.: Zoning in Brocade FC SAN switch for beginners, 2013, <https://sanenthusiast.com/zoning-in-brocade-fc-san-switch-for-beginners/>.
38. Brocade Communications Systems, Inc.: Brocade Guide to Understanding Zoning, Document number: 53-0000213-01, 2002, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwip8e_jvunSAhWGZpoKHULCAkIQFggjMAE&url=https%3A%2F%2Fcommunity.brocade.com%2Fdtscp75322%2Fattachments%2Fdtscp75322%2Fmgmtsoftware%2F192%2F2%2F53-0000213-01%2BBrocade%2BGuide%2Bto%2BUnderstanding%2BZoning%2BVolume%2B1.pdf&usg=AFQjCNEBgzK7iMxqETGNrK8I4wQPcgUGSg&sig2=0daoRXmBltEEFL15mMY4w&cad=rja.
39. The SAN Guy. Useful Brocade FOS CLI Commands, 2013, <https://thesanguy.com/2013/09/11/useful-brocade-fos-cli-commands/>.
40. Brocade 300 Switch, <http://www.brocade.com/en/backend-content/pdf-page.html?/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-300-switch-ds.pdf>.
41. Brocade G620 Switch, <http://www.brocade.com/en/backend-content/pdf-page.html?/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-g620-switch-ds.pdf>.
42. Brocade Communications Systems, Inc.: Brocade EZSwitchSetup, Administrator's Guide, 2015, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjTief_uunSAhUJWhQKHfE0DqAQFggsMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.brocade.com%2Fcontent%2Fdam%2Fcommon%2Fdocuments%2Fcontent-types%2Fadministration-guide%2Fezswitchsetup-800-

adminguide.pdf&usg=AFQjCNHAWMIvyfASnfWvbwYezC4lQmGcTw&sig2=xHhMkqx3TBAmHiAfMeRcbA&cad=rja.

38. Brocade Communications Systems, Inc.: Brocade Guide to Understanding Zoning, Document number: 53-0000213-01, 2002,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwip8e_jvunSAhWGZpoKHULCAkIQFggiMAE&url=https%3A%2F%2Fcommunity.brocade.com%2Fdtscp75322%2Fattachments%2Fdtscp75322%2Fmgmtsoftware%2F192%2F2%2F53-0000213-01%2BBrocade%2BGuide%2Bto%2BUnderstanding%2BZoning%2BVolume%2B1.pdf&usg=AFQjCNEBgzK7iMxqETGNrK8I4wQPcgUGSg&sig2=_0daoRXmBlEEFL15mMY4w&cad=rja.
39. The SAN Guy. Useful Brocade FOS CLI Commands, 2013,
<https://thesanguy.com/2013/09/11/useful-brocade-fos-cli-commands/>.
40. Brocade 300 Switch, <http://www.brocade.com/en/backend-content/pdf-page.html?/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-300-switch-ds.pdf>.
41. Brocade G620 Switch, <http://www.brocade.com/en/backend-content/pdf-page.html?/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-g620-switch-ds.pdf>.
42. Brocade Communications Systems, Inc.: Brocade EZSwitchSetup, Administrator's Guide, 2015,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjTicf_uunSAhUJWhQKHfE0DqAQFggsMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.brocade.com%2Fcontent%2Fdam%2Fcommon%2Fdocuments%2Fcontent-types%2Fadministration-guide%2Fezswitchsetup-800-adminguide.pdf&usg=AFQjCNHAWMIvyfASnfWvbwYezC4lQmGcTw&sig2=xHhMkqx3TBAmHiAfMeRcbA&cad=rja.