Pojemność puli S2D: jak ją policzyć, pilnować i co robić, gdy pula jest pełna

Poziom: zaawansowany

Dotyczy: Windows Server 2022 i 2025 Datacenter, Storage Spaces Direct, pula S2D-Pula na hv01 i hv02, Zabbix 7.0 na mon01 z agentem 2

Czas: ~90 min

Pula S2D ma trzy liczby, które łatwo pomylić: surową pojemność, ślad wolumenów i rezerwę na naprawę. Na tej stronie liczymy je dla prawie pełnej puli Zielonej, piszemy skrypt raportujący, podpinamy alarm w Zabbixie i przechodzimy przez wszystkie drogi wyjścia z pełnej puli, od porządków po trzeci węzeł. Wracamy tu przed każdym nowym wolumenem, przed każdą wymianą dysku i za każdym razem, gdy Zabbix zgłosi brak rezerwy.

> Wyniki w przykładach pokazują kształt odpowiedzi i liczby z przykładów tej książki (pula 40 TB, wolumen `S2D-Dane` 20 TB w lustrze dwukierunkowym, dyski 2 TB), a nie pomiar na hostach Zielonej. Skrypty sprawdziliśmy tylko składniowo. Prosty klucz `wsfc.pula.wolne.gb` ze strony Klaster Windows w utrzymaniu: aktualizacje CAU, monitoring i problemy zostaje, a ta strona dokłada do niego pełny raport.

ZAŁOŻENIA SCENARIUSZA

klaster `hvclu01` ma dwa węzły z jednakowymi dyskami (w ćwiczeniu po dziesięć HDD 2 TB i dwa SSD pamięci podręcznej), jedną pulę `S2D-Pula` i jeden wolumen `S2D-Dane`, a w serwerach nie ma wolnych kieszeni na dyski, tak jak na stronie S2D: wymiana dysku bez przestoju, gdy pula jest prawie pełna. Wariant z trzecim węzłem używa `hv03` (10.20.10.117), a wariant z cienkim wolumenem wymaga przejścia na Windows Server 2025 według strony Przejście klastra z Windows Server 2022 na 2025: aktualizacja krocząca albo nowy klaster.

Skróty użyte na tej stronie (13)

Skrót	Co znaczy
ASCII	American Standard Code for Information Interchange: podstawowy zestaw znaków (litery, cyfry) używany w komputerach
BOM	Byte Order Mark: znacznik na początku pliku tekstowego UTF-8, który dopisuje Excel
CAU	Cluster-Aware Updating: funkcja Windows, która aktualizuje węzły klastra po kolei, z wstrzymaniem i opróżnieniem każdego
CSV	w Windowsie: Cluster Shared Volume, dysk widoczny naraz dla wszystkich węzłów klastra; w danych: Comma-Separated Values, plik z wartościami oddzielonymi przecinkami
HCI	Hyper-Converged Infrastructure: infrastruktura, w której serwery łączą obliczenia i dyski w jeden klaster
HDD	Hard Disk Drive: tradycyjny dysk twardy z wirującymi talerzami i głowicą, wolniejszy od SSD, ale tańszy za gigabajt, typowo używany jako warstwa pojemnościowa
ISO	International Organization for Standardization: organizacja, która wydaje normy techniczne używane na całym świecie
JSON	JavaScript Object Notation: tekstowy format danych z klamrami i cudzysłowami
JSONPath	Zapis ścieżki, która wskazuje jedną wartość w dokumencie JSON, np. $.value to pole value na samym wierzchu
S2D	Storage Spaces Direct: programowa macierz Windows Server z dysków wielu serwerów
SSD	Solid State Drive: dysk półprzewodnikowy
TiB	tebibajt: 2 do potęgi 40 bajtów, jednostka, w której liczą Windows i PowerShell (1TB w PowerShellu); dysk z etykietą 2 TB ma około 1,82 TiB
VHDX	Virtual Hard Disk v2: format pliku dysku wirtualnego maszyny Hyper-V, następca starszego VHD, obsługuje większe rozmiary i jest odporniejszy na uszkodzenie przy nagłym zaniku zasilania

Fiszka

Polecenia wykonujemy w PowerShell uruchomionym jako administrator na węźle klastra. Zamiast `NazwaPuli`, `NazwaWolumenu`, `NazwaWezla`, `NazwaMaszyny` i `SciezkaDocelowa` wpisujemy własne wartości. Karty czerwone usuwają dane albo zmieniają pulę nieodwracalnie, więc przed nimi zawsze sprawdzamy kopię i stan puli.

> **□□ TYLKO ODCZYT**
>
> ## Odczyt pojemności i zajętości puli: Get-StoragePool

```
Get-StoragePool -IsPrimordial $false | Format-Table FriendlyName, HealthStatus,
@{n='RozmiarTB';e={[math]::Round($_.Size/1TB,2)}},
@{n='PrzydzieloneTB';e={[math]::Round($_.AllocatedSize/1TB,2)}},
@{n='WolneTB';e={[math]::Round(($_.Size-$_.AllocatedSize)/1TB,2)}}
```

Pokazuje rozmiar puli, miejsce przydzielone wolumenom i wolne. `1TB` w PowerShellu to 2 do potęgi 40 bajtów (tebibajt), więc wynik jest o około 9% mniejszy niż liczba z etykiety dysków.

Przykład:

```
FriendlyName HealthStatus RozmiarTB PrzydzieloneTB WolneTB
------------ ------------ --------- -------------- -------
S2D-Pula     Healthy          40,00          39,95    0,05
```

TYLKO ODCZYT

Odczyt śladu wolumenów w puli: Get-VirtualDisk

```
Get-VirtualDisk | Format-Table FriendlyName, ResiliencySettingName, NumberOfDataCopies,
ProvisioningType, @{n='RozmiarTB';e={[math]::Round($_.Size/1TB,2)}},
@{n='SladTB';e={[math]::Round($_.FootprintOnPool/1TB,2)}}
```

Ślad (`FootprintOnPool`) to miejsce, które wolumen naprawdę zajmuje w puli. Dla wolumenu stałego jest równy rozmiarowi razy liczba kopii od chwili utworzenia, a dla cienkiego rośnie razem z danymi.

Przykład:

```
FriendlyName ResiliencySettingName NumberOfDataCopies ProvisioningType RozmiarTB SladTB
------------ --------------------- ------------------ ---------------- --------- ------
S2D-Dane     Mirror                                 2 Fixed                20,00  39,95
```

TYLKO ODCZYT

Odczyt zajętości wolumenów CSV: Get-ClusterSharedVolume

```
Get-ClusterSharedVolume | ForEach-Object { $i = $_.SharedVolumeInfo; [pscustomobject]@{
Nazwa = $_.Name; Sciezka = $i.FriendlyVolumeName; RozmiarTB =
[math]::Round($i.Partition.Size/1TB,2); WolneTB =
```

```
[math]::Round($i.Partition.FreeSpace/1TB,2); ProcentWolne =
[math]::Round($i.Partition.PercentFree,1) } }
```

Pokazuje, ile miejsca zajmują pliki wewnątrz wolumenu. To inna liczba niż ślad w puli: wolumen może być w połowie pusty, a w puli i tak zajmować cały swój ślad.

Przykład:

```
Nazwa    Sciezka                    RozmiarTB WolneTB ProcentWolne
-----    -------                    --------- ------- ------------
S2D-Dane C:\ClusterStorage\S2D-Dane     20,00    6,90         34,5
```

CSV = w Windowsie: Cluster Shared Volume, dysk widoczny naraz dla wszystkich węzłów klastra; w danych: Comma-Separated Values, plik z wartościami oddzielonymi przecinkami

TYLKO ODCZYT

Odczyt dysków pojemności i największego dysku: Get-PhysicalDisk

```
Get-StoragePool -FriendlyName "NazwaPuli" | Get-PhysicalDisk | Where-Object { $_.Usage -
notin 'Journal','Retired' } | Measure-Object -Property Size -Sum -Maximum -Count
```

Liczy dyski pojemności w puli (bez pamięci podręcznej i dysków wycofanych), ich sumę i największy dysk. Największy dysk razy liczba węzłów (najwyżej cztery) to zalecana rezerwa [1].

TYLKO ODCZYT

Odczyt usterki braku rezerwy: Debug-StorageSubSystem

```
Get-StorageSubSystem Cluster* | Debug-StorageSubSystem | Where-Object FaultType -like
'*Capacity*' | Format-List FaultType, PerceivedSeverity, Reason, RecommendedActions
```

Wypisuje usterki Health Service dotyczące pojemności: brak rezerwy puli (`InsufficientReserveCapacityFault`) i zapełnienie wolumenu [2]. Pusty wynik oznacza, że Health Service nie widzi problemu.

TYLKO ODCZYT

Szukanie kandydatów do porządków: raport plików na CSV

```
$wezly = (Get-ClusterNode).Name
$uzywane = New-Object 'System.Collections.Generic.HashSet[string]'
([StringComparer]::OrdinalIgnoreCase)
foreach ($d in (Get-VM -ComputerName $wezly | Get-VMHardDiskDrive)) { $p = $d.Path;
while ($p) { [void]$uzywane.Add($p); $p = (Get-VHD -Path $p -ComputerName
$d.ComputerName).ParentPath } }
Get-VM -ComputerName $wezly | Get-VMDvdDrive | Where-Object Path | ForEach-Object {
[void]$uzywane.Add($_.Path) }
Get-ChildItem -Path C:\ClusterStorage -Recurse -File -Include *.vhdx,*.avhdx,*.vhd,*.iso
| Where-Object { -not $uzywane.Contains($_.FullName) } | Sort-Object Length -Descending
| Format-Table FullName, @{n='GB';e={[math]::Round($_.Length/1GB,1)}}, LastWriteTime
```

Komendy można wykonać jako blok. Zbiera ścieżki wszystkich dysków maszyn z obu węzłów razem z rodzicami punktów kontrolnych i podłączone obrazy ISO, a potem wypisuje pliki na CSV, których nikt nie używa. To lista kandydatów, nie wyrok: pliki `.avhdx` obok pliku `.vhds` należą do wspólnego dysku klastra gościnnego (`p4n1` i `p4n2`), a dysk maszyny wyłączonej z klastra też tu trafi.

CSV = w Windowsie: Cluster Shared Volume, dysk widoczny naraz dla wszystkich węzłów klastra; w danych: Comma-Separated Values, plik z wartościami oddzielonymi przecinkami · **ISO** = International Organization for Standardization: organizacja, która wydaje normy techniczne używane na całym świecie · **GB** = Gigabyte: miliard bajtów, jednostka pojemności pamięci i plików, tu najczęściej rozmiar modelu albo pamięci karty graficznej

TYLKO ODCZYT

Odczyt punktów kontrolnych wszystkich maszyn: Get-VMSnapshot

```
Get-VM -ComputerName (Get-ClusterNode).Name | Get-VMSnapshot | Sort-Object CreationTime
| Format-Table VMName, Name, SnapshotType, CreationTime, ComputerName
```

Punkty kontrolne starsze niż kilka dni to pierwsze miejsce do odzyskania przestrzeni w wolumenie. Usuwamy je tak, jak opisuje strona Maszyny Hyper-V w utrzymaniu: generacje, punkty kontrolne, pamięć, eksport i Hyper-V Replica.

ZMIENIA SYSTEM

Przeniesienie dysków maszyny na inny magazyn: Move-VMStorage

```
Move-VMStorage -VMName "NazwaMaszyny" -ComputerName "NazwaWezla" -DestinationStoragePath "SciezkaDocelowa"
```

> (gdzie `SciezkaDocelowa` to katalog na innym wolumenie albo innym magazynie, na przykład `C:\ClusterStorage\S2D-Dane2\NazwaMaszyny`)

Przenosi pliki działającej maszyny bez jej zatrzymania. Dla maszyny klastrowej wybieramy węzeł, który jest jej właścicielem, a po przeniesieniu sprawdzamy w Menedżerze klastra, że rola widzi nowe ścieżki (do potwierdzenia na maszynie testowej).

ZMIENIA SYSTEM

Dołożenie nowych dysków do puli: Add-PhysicalDisk

```
Get-PhysicalDisk -CanPool $true | Format-Table FriendlyName, SerialNumber, MediaType, Size, CannotPoolReason
Add-PhysicalDisk -StoragePoolFriendlyName "NazwaPuli" -PhysicalDisks (Get-PhysicalDisk -CanPool $true)
```

Pierwsze polecenie pokazuje dyski gotowe do dołączenia, drugie dołącza je ręcznie. W S2D z jedną pulą dyski dołączają się same, więc drugiego polecenia używamy tylko wtedy, gdy automatyczne dołączanie jest wyłączone [3]. Dokładamy zawsze po tyle samo jednakowych dysków na każdy węzeł.

S2D = Storage Spaces Direct: programowa macierz Windows Server z dysków wielu serwerów

ZMIENIA SYSTEM

Wyrównanie danych po dołożeniu dysków: Optimize-StoragePool

```
Get-StoragePool -FriendlyName "NazwaPuli" | Optimize-StoragePool
Get-StorageJob
```

S2D sam rozkłada dane na nowe dyski po około 15 minutach od ich dodania, jako zadanie w tle o niskim priorytecie, które przy dużych dyskach trwa godziny albo dni [3]. Polecenie wymusza to od razu, a `Get-StorageJob` pokazuje zadania `Optimize` i `Rebalance`.

S2D = Storage Spaces Direct: programowa macierz Windows Server z dysków wielu serwerów

□□ ZMIENIA SYSTEM

Walidacja i dodanie trzeciego węzła: Add-ClusterNode

```
Test-Cluster -Node "hv01","hv02","NazwaWezla" -Include "Storage Spaces
Direct","Inventory","Network","System Configuration"
Add-ClusterNode -Name "NazwaWezla"
```

Pierwsze polecenie sprawdza nowy serwer razem z istniejącymi, drugie dołącza go do klastra, a jego dyski trafiają do puli same [3]. Dyski z danymi z innej puli nie dołączą się, dopóki ich nie wyczyścimy, a to robimy tylko po sprawdzeniu numerów seryjnych.

□□ ZMIENIA SYSTEM

Zmiana domyślnej odporności po trzecim węźle: Set-ResiliencySetting

```
Get-StoragePool -FriendlyName "NazwaPuli" | Get-ResiliencySetting -Name Mirror | Set-
ResiliencySetting -PhysicalDiskRedundancyDefault 2
```

Po dołożeniu trzeciego węzła nowe wolumeny z lustrem dostają trzy kopie. Istniejący `S2D-Dane` zostaje dwukierunkowy, bo odporności wolumenu nie zmienia się w miejscu [3].

□□ ZMIENIA SYSTEM

Ustawienie progu alarmu dla cienkich wolumenów: Set-StoragePool

```
Set-StoragePool -FriendlyName "NazwaPuli" -ThinProvisioningAlertThresholds 70
```

Przy wolumenach cienkich ustawia próg zapełnienia puli, po którym system zgłasza alarm, domyślnie 70% [4]. Opis pochodzi z dokumentacji Azure Stack HCI, a działanie na Windows Server 2025 sprawdzamy po przejściu (do potwierdzenia).

□□ **HCI** = Hyper-Converged Infrastructure: infrastruktura, w której serwery łączą obliczenia i dyski w jeden klaster

□□ ZMIENIA SYSTEM

Zamiana wolumenu stałego na cienki na Windows Server 2025: Set-VirtualDisk

```
Set-VirtualDisk -FriendlyName "NazwaWolumenu" -ProvisioningType Thin
Move-ClusterSharedVolume -Name "NazwaZasobuCSV" -Node "NazwaWezla"
Get-Volume -FriendlyName "NazwaWolumenu" | Optimize-Volume -SlabConsolidate
```

> (gdzie `NazwaZasobuCSV` to nazwa z `Get-ClusterSharedVolume`, na przykład `Cluster Virtual Disk (S2D-Dane)`)

Windows Server 2025 pozwala zamienić wolumen stały na cienki, który oddaje puli nieużywane miejsce [5]. Zmiana działa dopiero po ponownym zamontowaniu, więc w klastrze przenosimy CSV na drugi węzeł i z powrotem, a ostatnie polecenie przyspiesza oddawanie miejsca [4]. Kroki pochodzą z dokumentacji Azure Stack HCI 22H2 i przed użyciem sprawdzamy je dla Windows Server 2025 (do potwierdzenia); dla wolumenu z warstwami zamieniamy każdą warstwę poleceniem `Set-StorageTier`.

CSV = w Windowsie: Cluster Shared Volume, dysk widoczny naraz dla wszystkich węzłów klastra; w danych: Comma-Separated Values, plik z wartościami oddzielonymi przecinkami · **HCI** = Hyper-Converged Infrastructure: infrastruktura, w której serwery łączą obliczenia i dyski w jeden klaster

OSTROŻNIE · NIEODWRACALNE

Usunięcie osieroconego pliku dysku: Remove-Item

```
Remove-Item -Path "SciezkaPliku" -WhatIf
Remove-Item -Path "SciezkaPliku"
```

Pierwsze polecenie tylko pokazuje, co zostałoby usunięte, drugie usuwa plik bez kosza. Usuwamy wyłącznie pliki z raportu kandydatów, po sprawdzeniu w kopii zapasowej, że mamy ich kopię, i po zapytaniu właściciela maszyny. Na wolumenie stałym zwalnia to miejsce w wolumenie, ale nie w puli.

OSTROŻNIE · NIEODWRACALNE

Usunięcie wolumenu po przeniesieniu maszyn: Remove-VirtualDisk

```
Remove-ClusterSharedVolume -Name "NazwaZasobuCSV"
Remove-ClusterResource -Name "NazwaZasobuCSV"
Remove-VirtualDisk -FriendlyName "NazwaWolumenu"
```

Komendy można wykonać jako blok, ale tylko po sprawdzeniu, że na wolumenie nie ma żadnego pliku używanego przez maszynę (`Get-ChildItem` i raport kandydatów) i że mamy świeżą kopię. Usuwa wolumen razem z danymi i oddaje cały jego ślad puli. Nie ma wycofania: dane wracają tylko z kopii.

Z życia wzięte

Z ŻYCIA WZIĘTE

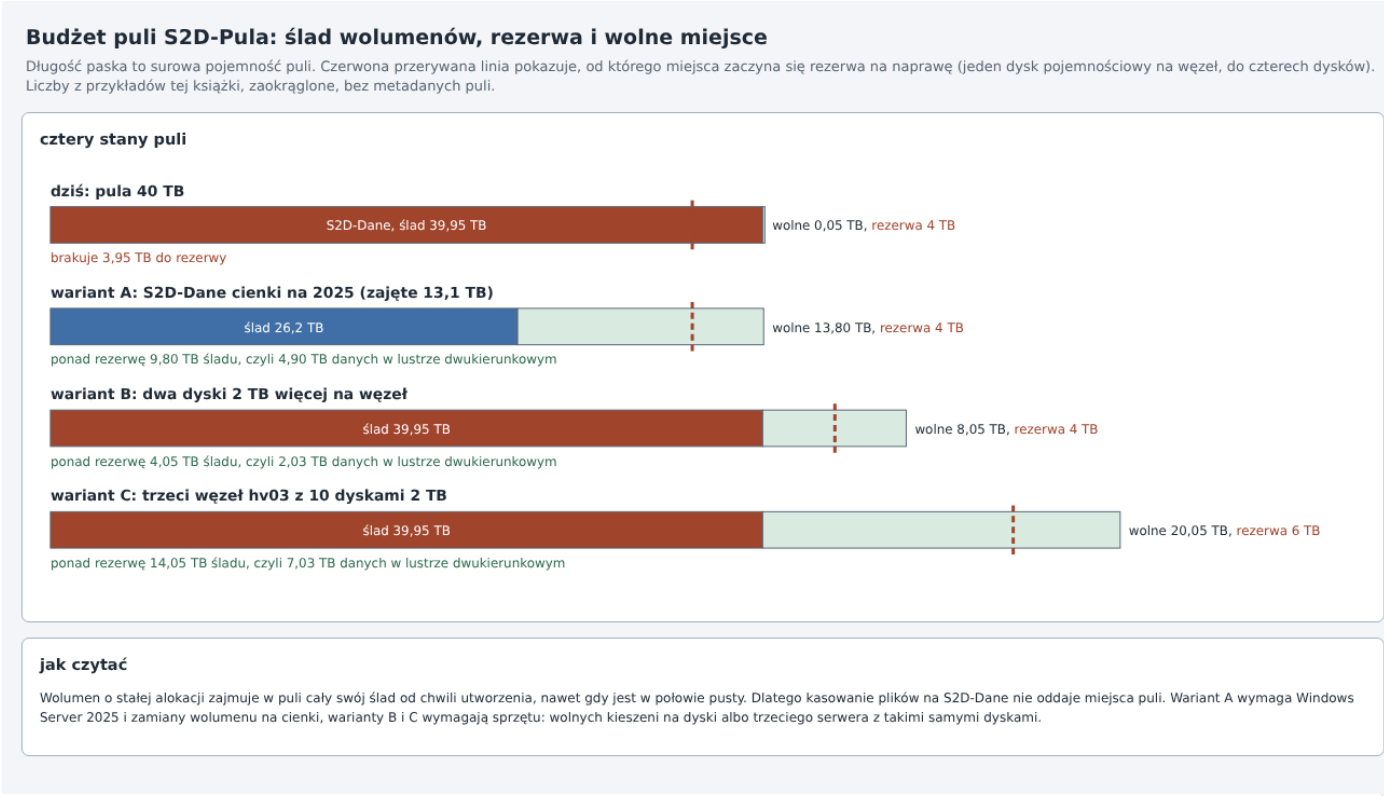
Środa, 8:40, tydzień przed zamknięciem miesiąca. Zabbix na `mon01` zgłasza „S2D-Pula: wolne poniżej rezerwy” po raz pierwszy od włączenia nowego raportu, a Tomek przypomina, że pula „od zawsze jest pełna”. Pani Halina dzwoni w tym czasie z pytaniem, czy Optima będzie działać na zamknięciu, bo słyszała w kuchni, że „serwer jest pełny”. Odpowiadamy, że będzie, bo wolumen ma jeszcze 6,9 TB wolnego, ale gdy w tym tygodniu padnie dysk, naprawa nie ruszy, i zapisujemy na tablicy trzy rzeczy do zrobienia przed 15 listopada.

Jak to działa

Rozwiń: jak to działa pod spodem

Trzy liczby i jeden wzór

Pula ma surową pojemność, z której wolumeny zabierają swoje ślady, a resztę dzielimy na rezerwę i miejsce do rozdania. Rysunek pokazuje te liczby dla dzisiejszej puli i trzech wariantów rozbudowy, a tabela niżej rozpisuje je krok po kroku.



Rysunek 1. Budżet puli S2D-Pula: dziś ślad wolumenu zajmuje prawie całe 40 TB i brakuje 3,95 TB do rezerwy; wariant A z cienkim wolumenem na Windows Server 2025 oddaje 13,8 TB, wariant B z dwoma dyskami więcej na węzeł daje 8,05 TB wolnego, a wariant C z trzecim węzłem 20,05 TB przy rezerwie 6 TB (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Liczba	Skąd ją bierzemy	Zielona dziś
surowa pojemność puli `P`	`Size` z `Get-StoragePool`	40 TB
przydzielone `A`	`AllocatedSize` z `Get-StoragePool` (ślady wolumenów i metadane puli)	39,95 TB
wolne `W = P - A`	różnica	0,05 TB
rezerwa `R`	największy dysk pojemności razy liczba węzłów, najwyżej razy cztery [1]	2 TB x 2 = 4 TB
ponad rezerwę `N = W - R`	różnica, musi być większa od zera	minus 3,95 TB
miejsce na nowe dane	`N` podzielone przez liczbę kopii nowego wolumenu	brak

Wniosek jest prosty: dziś nie da się założyć żadnego wolumenu, powiększyć `S2D-Dane` ani bezpiecznie wymienić dysku. Żeby wrócić do zalecenia Microsoftu, trzeba odzyskać albo dołożyć co najmniej 3,95 TB śladu w puli, a rozsądny zapas na rok wzrostu to więcej.

> **Pojęcie: TB i TiB.** Producent dysku liczy terabajt jako 10 do potęgi 12 bajtów, a PowerShell i Windows jako 2 do potęgi 40 bajtów (tebibajt, TiB). Dysk z etykietą „2 TB” w `Get-PhysicalDisk` ma około 1,82 TiB. Przykłady tej książki są zaokrąglone tak, że dyski i pula mają w PowerShellu okrągłe 2 TB i 40 TB; na prawdziwych hostach liczby będą krzywe, dlatego skrypt liczy w bajtach.

Wolumen stały, wolumen cienki

> **Pojęcie: wolumen stały (fixed).** Wolumen, który przy utworzeniu rezerwuje w puli cały swój ślad, nawet gdy jest pusty. Tak powstał `S2D-Dane` i tak tworzy wolumeny S2D Windows Server 2022. Pliki skasowane wewnątrz zwalniają miejsce w wolumenie, ale pula tego nie widzi.

> **Pojęcie: wolumen cienki (thin).** Wolumen, który pobiera miejsce z puli dopiero wtedy, gdy zapisujemy dane, a po skasowaniu oddaje je stopniowo, zwykle w ciągu kilkunastu minut [4]. Windows Server 2025 obsługuje cienkie wolumeny S2D i zamianę stałych na cienkie [5]. Cienkie wolumeny pozwalają obiecać więcej, niż pula ma (nadprzydział), więc bez alarmu na zapełnienie puli są groźniejsze od stałych: co dzieje się z zapisami, gdy pula skończy się naprawdę, dokumentacja, do której dotarliśmy, nie opisuje (do potwierdzenia).

W Zielonej `S2D-Dane` ma 20 TB, a pliki zajmują w nim 13,1 TB. Po zamianie na cienki ślad spadłby do około 26,2 TB, a pula odzyskałaby około 13,8 TB, czyli prawie trzy razy więcej, niż brakuje do rezerwy. To najtańszy wariant, ale wymaga Windows Server 2025 na obu węzłach, podniesionej wersji puli i pilnowania nadprzydziału.

Dlaczego nie da się wyjąć dysku bez wolnego miejsca

Lustro dwukierunkowe trzyma każdy blok na dwóch serwerach. Gdy wycofujemy dysk, S2D musi zapisać nową drugą kopię każdego bloku z tego dysku gdzieś indziej, a to „gdzieś indziej” to wolne miejsce w puli na tym samym serwerze. Bez niego naprawa kończy się błędem `Not enough available capacity`, a dane z wycofanego dysku zostają z jedną kopią.

Rezerwa jednego dysku na serwer gwarantuje według Microsoftu, że natychmiastowa naprawa w miejscu po awarii dowolnego dysku się uda [1]. Procedurę wymiany, w tym sytuację bez

zapasu, opisuje strona S2D: wymiana dysku bez przestoju, gdy pula jest prawie pełna, a ta strona mówi, jak do tej sytuacji nie dopuścić.

Co zapełnia pulę, a co nie

Działanie	Wolumen stały	Wolumen cienki
nowa maszyna albo nowy plik na wolumenie	pula bez zmian, zapełnia się wolumen	pula rośnie o ślad danych
nowy wolumen	pula traci cały ślad od razu	pula bez zmian do pierwszego zapisu
powiększenie wolumenu	pula traci przyrost razy liczba kopii	pula bez zmian do zapisu
punkt kontrolny maszyny	zapełnia się wolumen	rośnie wolumen i pula
skasowanie plików	wolne w wolumenie rośnie, pula bez zmian	pula odzyskuje miejsce z opóźnieniem
usunięcie wolumenu	pula odzyskuje cały ślad	pula odzyskuje zajęte miejsce
awaria dysku	pula traci pojemność dysku i potrzebuje rezerwy na naprawę	tak samo

Skrypt raportujący

Skrypt zbiera z puli, wolumenów i dysków wszystkie liczby z tabeli i zapisuje je jako JSON w pliku, który czyta Zabbix. Liczy wszystko w bajtach, sam ustala liczbę węzłów i największy dysk, a plik zapisuje przez plik tymczasowy, żeby agent nigdy nie przeczytał połowy.

```
# raport-puli.ps1: stan puli S2D dla Zabbixa, zapisywany do C:\Zabbix\pula-s2d.json
# Uruchamiamy jako SYSTEM z harmonogramu zadań, co 15 minut, na kazdym wezle klastra.
$ErrorActionPreference = 'Stop'
$katalog = 'C:\Zabbix'
$plik = Join-Path $katalog 'pula-s2d.json'
$tymczasowy = "$plik.tmp"

$pula = Get-StoragePool -IsPrimordial $false | Select-Object -First 1
$dyskiPojemnosci = $pula | Get-PhysicalDisk | Where-Object { $_.Usage -notin 'Journal',
'Retired' }
$liczbaWezlow = (Get-StorageFaultDomain -Type StorageScaleUnit | Measure-Object).Count
$najwiekszyDysk = ($dyskiPojemnosci | Measure-Object -Property Size -Maximum).Maximum
```

```
$rezerwa = [math]::Min($liczbaWezlow, 4) * $najwiekszyDysk
$wolne = $pula.Size - $pula.AllocatedSize

$wolumeny = foreach ($vd in Get-VirtualDisk) {
    [pscustomobject]@{
        nazwa   = $vd.FriendlyName
        rozmiar = $vd.Size
        slad    = $vd.FootprintOnPool
        typ     = [string]$vd.ProvisioningType
        kopie   = $vd.NumberOfDataCopies
        zdrowie = [string]$vd.HealthStatus
    }
}

$wynik = [ordered]@{
    czas                = (Get-Date).ToString('s')
    wezel               = $env:COMPUTERNAME
    pula                = $pula.FriendlyName
    zdrowie             = [string]$pula.HealthStatus
    rozmiar             = $pula.Size
    przydzielone        = $pula.AllocatedSize
    wolne               = $wolne
    rezerwa             = $rezerwa
    ponad_rezerwe       = $wolne - $rezerwa
    procent_przydzielone = [math]::Round(100 * $pula.AllocatedSize / $pula.Size, 2)
    wezly               = $liczbaWezlow
    dyski_pojemnosci    = ($dyskiPojemnosci | Measure-Object).Count
    najwiekszy_dysk     = $najwiekszyDysk
    zadania_naprawy     = (Get-StorageJob | Where-Object JobState -eq 'Running' | Measure-
Object).Count
    wolumeny            = @($wolumeny)
}

if (-not (Test-Path $katalog)) { New-Item -Path $katalog -ItemType Directory | Out-Null }
$wynik | ConvertTo-Json -Depth 4 | Set-Content -Path $tymczasowy -Encoding ASCII
Move-Item -Path $tymczasowy -Destination $plik -Force
```

Skrypt zapisujemy jako `C:\Zabbix\raport-puli.ps1` na obu węzłach. Kodowanie ASCII jest celowe: nazwy w Zielonej nie mają polskich znaków, a plik bez znacznika BOM czyta się w Zabbixie bez niespodzianek. Raport z obu węzłów pokazuje tę samą pulę, więc drugi węzeł jest zapasem, gdy pierwszy leży.

Zadanie harmonogramu zakładamy raz na każdym węźle:

```
$akcja = New-ScheduledTaskAction -Execute 'powershell.exe' -Argument '-NoProfile -ExecutionPolicy Bypass -File C:\Zabbix\raport-puli.ps1'
$wyzwalacz = New-ScheduledTaskTrigger -Once -At (Get-Date) -RepetitionInterval (New-TimeSpan -Minutes 15)
Register-ScheduledTask -TaskName 'Raport puli S2D' -Action $akcja -Trigger $wyzwalacz -User 'SYSTEM' -RunLevel Highest
```

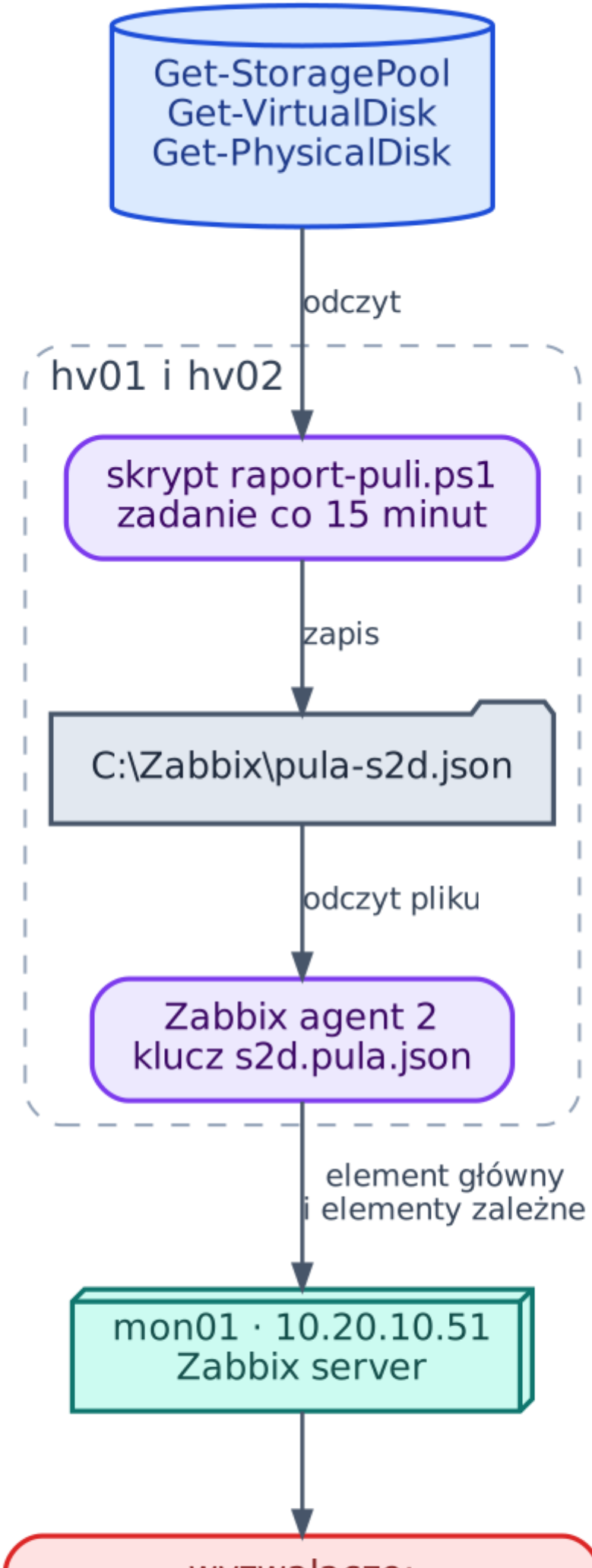
Komendy można wykonać jako blok. Zadanie uruchamia skrypt co 15 minut jako konto systemowe. Czy na naszej wersji pominięcie czasu trwania powtarzania oznacza powtarzanie bez końca, sprawdzamy w `Get-ScheduledTask` po utworzeniu (do potwierdzenia), a pierwszy plik powinien pojawić się od razu.

Przykład pliku `C:\Zabbix\pula-s2d.json` (skrócony):

```
{
    "czas":  "2026-10-21T08:30:02",
    "wezel":  "HV01",
    "pula":  "S2D-Pula",
    "zdrowie":  "Healthy",
    "rozmiar":  43980465111040,
    "przydzielone":  43925123932160,
    "wolne":  55341178880,
    "rezerwa":  4398046511104,
    "ponad_rezerwe":  -4342705332224,
    "procent_przydzielone":  99.87,
    "wezly":  2,
    "dyski_pojemnosci":  20,
    "najwiekszy_dysk":  2199023255552,
    "zadania_naprawy":  0
}
```

Alarm w Zabbixie

Agent 2 na węzłach czyta plik wbudowanym kluczem `vfs.file.contents`, więc nie potrzebujemy parametru użytkownika ani uruchamiania PowerShella przez agenta. Na serwerze robimy jedną pozycję główną z całym JSON-em i pozycje zależne, które wyciągają z niego liczby wstępnym przetwarzaniem JSONPath.


Get-StoragePool
Get-VirtualDisk
Get-PhysicalDisk
odczyt
hv01 i hv02
skrypt raport-puli.ps1
zadanie co 15 minut
zapis
C:\Zabbix\pula-s2d.json
odczyt pliku
Zabbix agent 2
klucz s2d.pula.json
element główny
i elementy zależne
mon01 · 10.20.10.51
Zabbix server

Rysunek 2. Droga alarmu o puli: skrypt raport-puli.ps1 co 15 minut czyta pulę, wolumeny i dyski i zapisuje plik JSON, agent 2 czyta plik, a Zabbix na mon01 wylicza z niego pozycje zależne i uruchamia wyzwalacze, które powiadamiają dyżurnego (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Pozycja	Klucz albo przetwarzanie	Jednostka
raport puli (główna, typ agent aktywny)	`vfs.file.contents[C:\Zabbix\pula-s2d.json]`, co 5 minut, bez historii trendów	tekst
wiek raportu	`vfs.file.time[C:\Zabbix\pula-s2d.json,modify]`	czas uniksowy
wolne w puli	zależna, JSONPath `$.wolne`	B
rezerwa	zależna, JSONPath `$.rezerwa`	B
ponad rezerwę	zależna, JSONPath `$.ponad_rezerwe`	B
procent przydzielonego	zależna, JSONPath `$.procent_przydzielone`	%
zdrowie puli	zależna, JSONPath `$.zdrowie`	tekst
zadania naprawy	zależna, JSONPath `$.zadania_naprawy`	liczba

Propozycje wyzwalaczy, do poprawienia po pierwszym miesiącu:

Wyzwalacz	Wyrażenie (szablon `S2D pula`)	Waga
wolne poniżej rezerwy	`last(/S2D pula/s2d.pula.ponad_rezerwe)<0`	wysoka
przydzielone powyżej 90%	`last(/S2D pula/s2d.pula.procent)>90`	średnia
pula niezdrowa	`last(/S2D pula/s2d.pula.zdrowie)<>"Healthy"`	wysoka
naprawa trwa ponad dobę	`min(/S2D pula/s2d.pula.naprawy,24h)>0`	średnia
raport nieaktualny	`now()-last(/S2D pula/vfs.file.time[C:\Zabbix\pula-s2d.json,modify])>3600`	średnia

Klucze zależne (`s2d.pula.ponad_rezerwe` i pozostałe) nazywamy sami przy tworzeniu pozycji. Szablon podpinamy do `hv01` i `hv02`, a żeby nie dostać każdego alarmu dwa razy, wyzwalacze puli na `hv02` zależą od tych samych na `hv01` albo zostają wyłączone, dopóki `hv01` działa (wybór przy wdrożeniu). Składnię wyrażeń sprawdzamy w dokumentacji naszej wersji Zabbixa, a ogólne zasady szablonów opisuje strona Monitorowanie typowych usług.

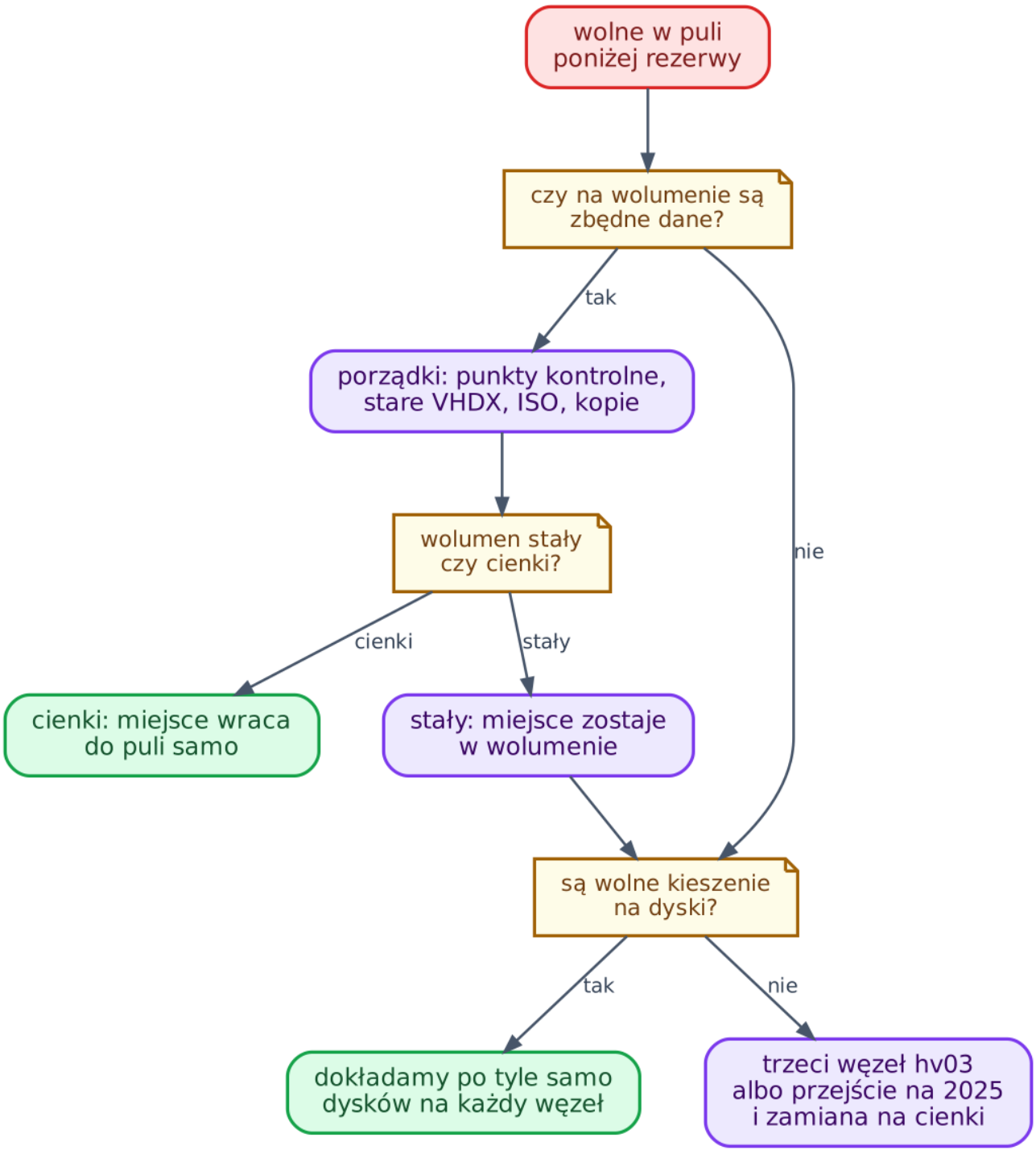
ZRZUT EKRANU DO UZUPEŁNIENIA

Zrzut do uzupełnienia: w Zabbixie na `mon01` okno Monitoring, Latest data dla hosta `hv01` z filtrem „S2D”, widoczne pozycje „ponad rezerwę” z wartością ujemną, „procent

przydzielonego” 99,87 i „zdrowie puli” Healthy.

Gdy pula jest pełna

Kolejność ma znaczenie, bo pierwsze kroki są darmowe i odwracalne, a ostatnie kosztują sprzęt albo licencje. Rysunek pokazuje drzewo decyzji, a lista niżej opisuje każdą gałąź.



Rysunek 3. Co robimy, gdy wolne w puli spada poniżej rezerwy: najpierw porządki na wolumenie, które pomagają puli tylko przy wolumenie cienkim, potem dyski w wolnych kieszeniach, a bez kieszeni trzeci węzeł albo przejście na Windows Server 2025 i zamiana na wolumen cienki (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

1. Zatrzymujemy wzrost. Nie zakładamy nowych wolumenów, nie powiększamy istniejących i nie zaczynamy przebiegu CAU, bo naprawa po restarcie węzła potrzebuje zdrowej puli (strona Klaster Windows w utrzymaniu: aktualizacje CAU, monitoring i problemy). Sprawdzamy, czy kopie wszystkich maszyn są świeże.

2. Robimy porządki w wolumenie: stare punkty kontrolne, osierocone pliki VHDX i ISO, kopie eksportów maszyn trzymane na CSV zamiast na `bkp01`. Przy wolumenie stałym to nie oddaje miejsca puli, ale daje wolne miejsce w wolumenie, potrzebne w kroku 4 i przy zamianie na cienki.
3. Przenosimy maszyny, które nie muszą być w klastrze, na inny magazyn: maszyny laboratoryjne, testowe, archiwalne. To też pomaga puli dopiero przy wolumenie cienkim albo przy przebudowie wolumenów.
4. Dokładamy dyski, jeśli serwery mają wolne kieszenie: po tyle samo jednakowych dysków na każdy węzeł, a potem czekamy na wyrównanie danych. Dwa dyski 2 TB na węzeł dają 8 TB puli, czyli około 4 TB ponad rezerwę.
5. Dokładamy trzeci węzeł `hv03` z takimi samymi dyskami. Pula rośnie o 20 TB, rezerwa do 6 TB, a nowe wolumeny dostają lustro trójkierunkowe. Kosztuje serwer, licencję Datacenter i miejsce w szafie, ale rozwiązuje też problem okna aktualizacji.
6. Przechodzimy na Windows Server 2025 i zamieniamy `S2D-Dane` na cienki. Odzyskujemy różnicę między rozmiarem wolumenu a danymi razy dwa, w Zielonej około 13,8 TB.
7. Przebudowujemy wolumeny. Gdy jest miejsce (po kroku 4, 5 albo 6), zakładamy dwa mniejsze wolumeny, po jednym na węzeł, przenosimy maszyny `Move-VMStorage` i usuwamy stary wolumen. To też jedyna droga do zmiany odporności, na przykład na trójkierunkową po dołożeniu `hv03`.

Czego nie robimy: nie zmniejszamy wolumenu S2D poleceniem zmiany rozmiaru, bo zmniejszanie dysków wirtualnych nie jest drogą opisaną w dokumentacji S2D, a ryzyko dotyczy wszystkich maszyn naraz. Nie zmieniamy rozmiaru dysków pod S2D w maszynach wirtualnych ani nie wyjmujemy dysków, które nie mają drugiej kopii. Nie usuwamy plików `.avhdx` ręcznie, bo to dyski punktów kontrolnych, które trzeba scalić poleceniem [6].

Propozycja dla Zielonej

Krok	Kiedy	Co daje	Decyzja
raport i alarm z tej strony	od razu, przed 15 listopada	widzimy stan co 15 minut	zespół IT
porządki: punkty kontrolne, osierocone pliki, eksporty na CSV	od razu	wolne miejsce w wolumenie na zamianę i przebudowę	zespół IT
przejście na Windows Server 2025	po 6 stycznia 2027, w oknie poza zamknięciem miesiąca	możliwość wolumenów cienkich	autor i pan Zbigniew
zamiana `S2D-Dane` na cienki z alarmem 70%	po podniesieniu poziomu klastra i puli	około 13,8 TB w puli	autor
trzeci węzeł `hv03`	przy najbliższym budżecie sprzętowym	pojemność, lustro trójkierunkowe, spokojne aktualizacje	pan Zbigniew

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Po skasowaniu 2 TB plików pula pokazuje te same 0,05 TB wolnego	wolumen stały zajmuje cały ślad	liczymy wolne w puli z `Size` minus `AllocatedSize`, przy stałym wolumenie odzyskujemy miejsce przebudową albo zamianą na cienki
Rezerwa policzona na 2 TB	jeden dysk dla całego klastra zamiast jednego na węzeł	rezerwa to największy dysk razy liczba węzłów, najwyżej cztery [1]
Liczby z PowerShella o 9% mniejsze niż z faktury	TB i TiB	skrypt liczy w bajtach, w rozmowie mówimy, którą jednostkę mamy na myśli
Nowe dyski nie trafiają do puli	dyski z resztkami innej puli albo różne między węzłami	`CannotPoolReason`, ten sam model i liczba na każdy węzeł [3]
Zabbix nie ma danych z raportu	zadanie nie działa albo plik z BOM	`Get-ScheduledTaskInfo`, kodowanie ASCII, wiek pliku w wyzwalaczu
Alarm przychodzi dwa razy	ten sam szablon na `hv01` i `hv02`	zależność wyzwalaczy albo wyłączenie na `hv02`
Cienki wolumen zapełnił pulę po cichu	nadprzydział bez alarmu	próg `ThinProvisioningAlertThresholds` i wyzwalacz procentu przydzielonego
Po dodaniu `hv03` stary wolumen dalej ma dwie kopie	odporności nie zmienia się w miejscu	nowy wolumen z trzema kopiami i przeniesienie maszyn [3]

□□ Ćwiczenia

1. Pula ma 60 TB, trzy węzły i dyski 2 TB. Wolumeny mają łącznie 42 TB śladu. Ile wynosi rezerwa i ile danych zmieści nowy wolumen z lustrem trójkierunkowym?

Odpowiedź

Rezerwa to 3 x 2 TB = 6 TB. Wolne to 60 - 42 = 18 TB, ponad rezerwę 12 TB śladu. Lustro trójkierunkowe zużywa trzy razy więcej miejsca, więc nowy wolumen zmieści 4 TB danych.

1. Tomek skasował z `S2D-Dane` stare eksporty maszyn o łącznym rozmiarze 1,5 TB. Dlaczego alarm „wolne poniżej rezerwy” nie zniknął i kiedy by zniknął?

Odpowiedź

`S2D-Dane` jest wolumenem stałym i zajmuje w puli cały swój ślad od utworzenia, więc skasowanie plików zwalnia miejsce tylko w wolumenie. Alarm zniknąłby przy wolumenie cienkim (po przejściu na Windows Server 2025 i zamianie) albo po usunięciu albo zmniejszeniu wolumenu przez przebudowę.

1. Dlaczego skrypt zapisuje najpierw plik `.tmp`, a dopiero potem przenosi go na właściwą nazwę?

Odpowiedź

Żeby agent Zabbixa nigdy nie przeczytał pliku w połowie zapisu. Przeniesienie pliku w tym samym katalogu podmienia go od razu, więc agent widzi albo stary, albo nowy, kompletny JSON.

1. Pan Zbigniew pyta, czy nie wystarczy „wyjąć jednego dysku na chwilę i włożyć większego”. Co odpowiadamy?

Odpowiedź

Że wyjęcie dysku wymaga wolnego miejsca na odtworzenie drugiej kopii jego danych, a w puli jest 0,05 TB przy potrzebie około 2 TB. Bez tego dane z wyjętego dysku zostają w jednej kopii i kolejna awaria może je zabrać. Najpierw odzyskujemy albo dokładamy miejsce, a wymianę na większe dyski robimy potem, po jednym, z naprawą po każdym.

1. Który z kroków „gdy pula jest pełna” pomaga od razu przy wolumenie stałym, a który dopiero przy cienkim?

Odpowiedź

Od razu pomagają dołożenie dysków, trzeci węzeł i usunięcie albo przebudowa wolumenu, bo zmieniają pojemność puli albo zwalniają ślad. Porządki w wolumenie i przenoszenie maszyn na inny magazyn pomagają puli dopiero przy wolumenie cienkim albo jako przygotowanie do przebudowy.

Powiązane: Architektura S2D: pula, pamięć podręczna, odporność, świadek i sieć magazynu · S2D: wymiana dysku bez przestoju, gdy pula jest prawie pełna · Storage Spaces i warstwy magazynu (StorageTier) · Przejście klastra z Windows Server 2022 na 2025: aktualizacja krocząca albo nowy klaster · Klaster Windows w utrzymaniu: aktualizacje CAU, monitoring i problemy · Macierz wysokiej dostępności usług Zielonej: poziom rezerwy każdej usługi, zależności i kolejność

prac · Monitorowanie typowych usług

Źródła: (odczyt 19 października 2026)

1. learn.microsoft.com: Plan volumes on Azure Local and Windows Server clusters (aktualizacja 9 marca 2026: rezerwa jednego dysku na serwer, do czterech dysków)
2. learn.microsoft.com: Health Service faults (`InsufficientReserveCapacityFault`, usterki pojemności wolumenu)
3. learn.microsoft.com: Adding servers or drives to Storage Spaces Direct (automatyczne dołączanie, `Optimize-StoragePool`, 15 minut, trzy kopie po trzecim węźle)
4. learn.microsoft.com: Storage thin provisioning in Azure Stack HCI i Convert fixed to thin provisioned volumes (strony archiwalne dla 22H2: próg 70%, `Set-VirtualDisk -ProvisioningType Thin`, ponowne zamontowanie, `Optimize-Volume -SlabConsolidate`)
5. learn.microsoft.com: What's new in Windows Server 2025 (aktualizacja 15 stycznia 2026: cienkie wolumeny S2D i zamiana stałych na cienkie)
6. learn.microsoft.com: Using checkpoints (nie kasujemy plików `.avhdx` ręcznie)
7. learn.microsoft.com: Troubleshoot Storage Spaces Direct health and operational states
8. zabbix.com: Zabbix agent item keys (`vfs.file.contents`, `vfs.file.time`) i Dependent items (nazwy i limity do potwierdzenia w naszej wersji)

Revision #3
Created 2026-10-18 23:00:05 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:26:59 UTC by Tomasz Konieczny