

Podstawy systemów operacyjnych

Wykład 5

Systemy plików Windows

Materiały ze strony: <https://support.microsoft.com/pl-pl/>

Formatowanie logiczne

- Partycję na dysku twardym (inaczej wolumin) można sformatować przy użyciu systemu plików NTFS, FAT lub exFAT. System Windows stosuje wartości domyślne, jeśli do sformatowania partycji zostanie użyta jedna z następujących metod: Użycie polecenia FORMAT w wierszu polecenia bez podania rozmiaru klastra.

Rozmiar klastra

- Klaster składa się z jednego lub więcej 512-bajtowych sektorów, przy czym ich liczba musi być potęgą 2.
- Stosowanie klastrów składających się z większej liczby sektorów zmniejsza obciążenie systemu, gdyż zarządza on mniejszą liczbą elementów. Wadą takiego rozwiązania jest niewykorzystane miejsce na dysku.
- Ponieważ system operacyjny przydziela tylko całe klastry, nieuchronnie pewna ilość miejsca na dysku jest marnowana.
- Pliki rzadko kończą się na granicach klastrów, przez co ostatni klaster zajmowany przez plik nie jest prawie nigdy wypełniony w całości. Miejsce pozostałe pomiędzy faktycznym końcem pliku, a końcem klastra staje się obszarem, który nie może zostać wykorzystany.

Partycje Windows

- Partycję na dysku twardym (inaczej wolumin) można sformatować przy użyciu systemu plików **NTFS**, **FAT** lub **exFAT**.
- System Windows stosuje wartości domyślne, jeśli do sformatowania partycji zostanie użyta jedna z następujących metod:
 - Użycie polecenia **FORMAT** w wierszu polecenia bez podania rozmiaru klastra.
 - Sformatowanie woluminu w Eksploratorze Windows przy wybranej opcji **Domyślny rozmiar alokacji** w polu **Jednostka alokacji** w oknie dialogowym **Formatowanie**.



FAT

Tablicowe systemy plików

Tablica FAT

- Jest to tablica, w której umieszczone są informacje na temat fizycznego położenia fragmentów danych dla danego woluminu.
- W przypadku uszkodzenia któregokolwiek sektora tablicy FAT może się okazać, że odzyskanie danych jest niemożliwe.

Systemy plików FAT

- Istnieje kilka odmian systemu plików FAT o nazwach **FAT16**, **FAT32**, **exFAT**.
- Różnica między nimi polega na ilości bitów wykorzystywanych w liczbach tablicy alokacji.
- Do przechowywania informacji o klastrach FAT16 posługuje się liczbami 16-bitowymi, FAT32 liczbami 32-bitowymi, a exFAT liczbami 64-bitowymi, co przekłada się na rozmiary obsługiwanych woluminów.

Wolumin FAT16:

- Składa się z jednego sektora zawierającego rekord ładujący,
- Dwóch kopii tablicy FAT (domyślnej i zapasowej) o wielkości do 256 sektorów każda,
- do 32 sektorów tworzących katalog główny oraz obszaru danych.

Charakterystyka FAT16:

- Jest szybki i sprawny dla woluminów mniejszych niż 256 MB.
- Katalog główny może przechowywać jedynie 512 pozycji.
- Nazwa: 8 znaków i 3 znakowe rozszerzenie.
- Nie jest wyposażony w mechanizmy bezpieczeństwa, szyfrowania ani kompresji danych.
- Początkowo rozmiar klastra był nie większy niż 32kB co dawało maksymalny rozmiar woluminu – 2GB.
- Skoro każdy plik zajmuje co najmniej jeden klaster, to woluminie FAT teoretycznie można zaadresować $2^{16} = 65\,536$ plików.

Tablica alokacji plików FAT

- (ang. File Allocation Table) to lista wszystkich jednostek alokacji woluminu.
- Każda jednostka ma przypisany jeden z czterech stanów:
 - nieużywany,
 - klaster zajęty przez plik,
 - klaster uszkodzony i
 - ostatni klaster pliku.
- Klastry woluminu FAT mają logiczne numery.

Poniższa tabela przedstawia domyślne rozmiary klastrów w systemie plików FAT16.

Rozmiar woluminu	Windows NT 3.51	Windows NT 4.0	Windows 7, Windows Server 2008 R2, Windows Server 2008, Windows Vista, Windows Server 2003, Windows XP, Windows 2000
7 MB – 8 MB	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane
8 MB – 32 MB	512 bajtów	512 bajtów	512 bajtów
32 MB – 64 MB	1 KB	1 KB	1 KB
64 MB – 128 MB	2 KB	2 KB	2 KB
128 MB – 256 MB	4 KB	4 KB	4 KB
256 MB – 512 MB	8 KB	8 KB	8 KB
512 MB – 1 GB	16 KB	16 KB	16 KB
1 GB – 2 GB	32 KB	32 KB	32 KB
2 GB – 4 GB	64 KB	64 KB	64 KB
4 GB – 8 GB	Nieobsługiwane	128 KB *	Nieobsługiwane
8 GB – 16 GB	Nieobsługiwane	256 KB *	Nieobsługiwane
> 16 GB	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane

2 sektory

4 sektory

8 sektorów

16 sektorów

32 sektory

64 sektory

128 sektorów

Uwaga Gwiazdka (*) oznacza, że rozmiar jest dostępny tylko na nośniku o rozmiarze sektora większym niż 512 bajtów.

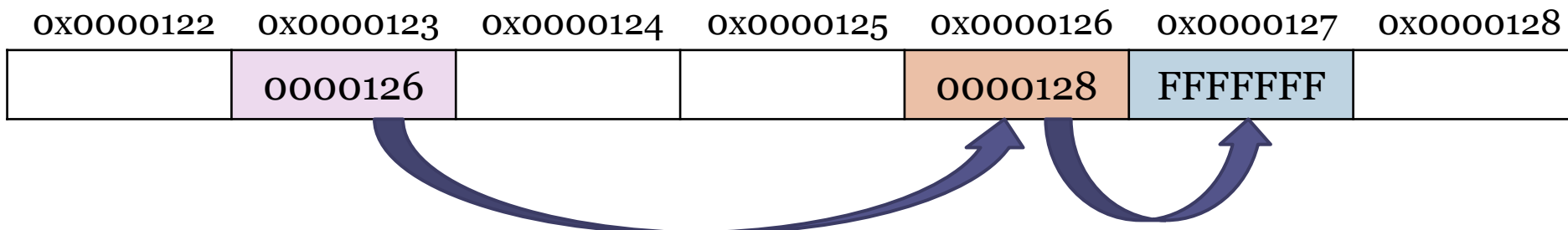
System plików FAT32



Każdy utworzony plik lub folder otrzymuje oddzielny, 32-bajtowy wpis z takimi informacjami, jak:

- nazwa,
- opis atrybutów,
- data i czas utworzenia,
- data ostatniego dostępu,
- identyfikator pierwszego klastra i
- rozmiar pliku.

Nazwa pliku	Adres pierwszego klastra
plik123.txt	0x0000123



System plików Fat32



W poniższej tabeli przedstawiono domyślne rozmiary klastrów w systemie plików FAT32.

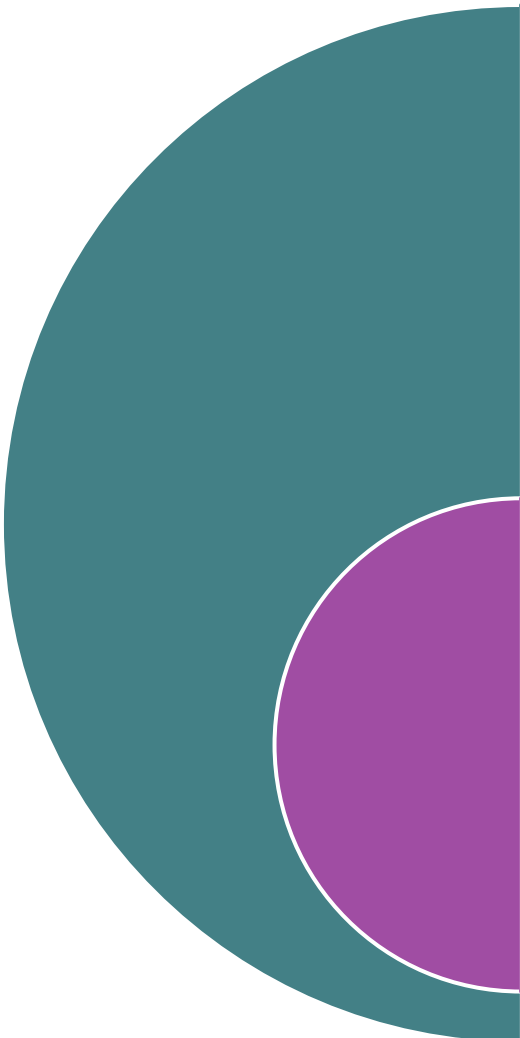
Rozmiar woluminu	Windows NT 3.51	Windows NT 4.0	Windows 7, Windows Server 2008 R2, Windows Server 2008, Windows Vista, Windows Server 2003, Windows XP, Windows 2000
7 MB – 16 MB	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane
16 MB – 32 MB	512 bajtów	512 bajtów	Nieobsługiwane
32 MB – 64 MB	512 bajtów	512 bajtów	512 bajtów
64 MB – 128 MB	1 KB	1 KB	1 KB
128 MB – 256 MB	2 KB	2 KB	2 KB
256 MB – 8 GB	4 KB	4 KB	4 KB
8 GB – 16 GB	8 KB	8 KB	8 KB
16 GB – 32 GB	16 KB	16 KB	16 KB
32 GB – 2 TB	32 KB	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane
> 2 TB	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane

Podsumowanie FAT

Poniżej tabelka z ograniczeniami poszczególnych wersji FAT-a

Limits	FAT12	FAT16	FAT32
Max file size	32MB	2GB	4GB
Max number of files	4077	65517	268435437
Max volume size	32MB	4GB	2TB

System plików exFAT



Jest to system plików stworzony przez Microsoft specjalnie na potrzeby nośników zewnętrznych (np.: pamięci flash, dysków SSD, czy zewnętrznych dysków magnetycznych).

exFAT może być używany wszędzie tam, gdzie system plików NTFS nie jest najlepszym rozwiązaniem, na przykład ze względu na dużą nadmiarowość struktury danych i zaawansowany system zarządzania prawami dostępu i własności.

W poniższej tabeli przedstawiono domyślne rozmiary klastrów w systemie plików exFAT.

Rozmiar woluminu	Windows 7, Windows Server 2008 R2, Windows Server 2008, Windows Vista, Windows Server 2003, Windows XP
7 MB – 256 MB	4 KB
256 MB – 32 GB	32 KB
32 GB– 256 TB	128 KB
> 256 TB	Nieobsługiwane

Unowocześnienia względem systemu plików FAT32:

- Limit wielkości pliku wynosi 264 bajtów (16 eksabajtów), dla FAT32 limit wynosił 232 bajtów (4 gigabajty)
- Rozmiar klastra można zwiększyć do 128MB
- Udoskonalono wydajność przy kopiowaniu/usuwaniu plików dzięki wprowadzeniu funkcji "free space bitmap" (indeksowanie pustej przestrzeni dyskowej dla poprawy wydajności zapisu plików)
- Nieograniczona liczba plików w pojedynczym katalogu
- System zarządzania prawami własności

System plików NTFS

Wymagania

- Przechowywanie danych
 - NTFS stosuje model transaction-processing dla przechowywania i dostępu do danych
 - Wszystkie operacje zapisu są traktowane jako atomowe
 - Operacje mają właściwości ACID: Atomicity, Consistency, Isolation, Durability

Wymagania - cd

- Bezpieczeństwo
 - Oparte o model bezpieczeństwa Windows NT
 - Każdy otwarty plik jest traktowany jako obiekt z deskryptorem bezpieczeństwa zapisanym na dysku jako część pliku
 - Windows NT sprawdza, czy proces ma prawo dostępu do pliku przed jego otwarciem

Wymagania - cd

- Redundantność danych i odporność na awarię
 - Odporność na awarię zapewnia warstwowy model sterowników (HAL) Windows NT
 - NTFS komunikuje się ze sterownikiem dysku sztywnego bezpośrednio poprzez sterownik tolerancji awarii (fault tolerant). Implementuje on kopie lustrzaną (mirroring, RAID 0) oraz przeplot z kontrolą parzystości (striping with parity, RAID 5)

Wymagania - cd

- Duże dyski, duże pliki
 - NTFS wykorzystuje adresy 64-bitowe do adresowania klastrów, co zapewnia rozróżnienie 2^{64} klastrów o rozmiarze do 64 kB każdy
 - Każdy plik może zawierać do 2^{64} bajtów danych

Wymagania - cd

- Dodatkowo
 - Wielostrumieniowość
 - Nazwy plików wykorzystujące symbole unikodu
 - Spójna indeksacja atrybutów plików
 - Dynamiczna realokacja danych z klastrów uszkodzonych (bad-cluster remapping, hot fix)

Budowa wewnętrzna-schemat

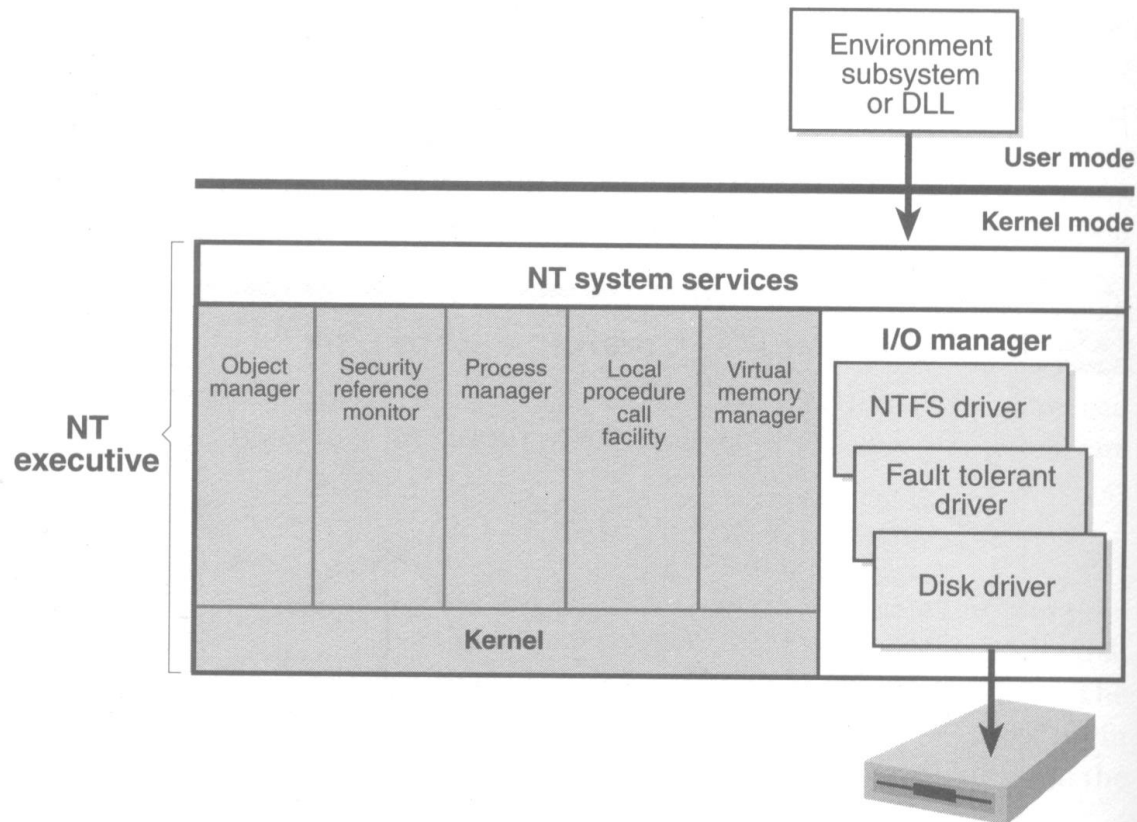


Figure 9-1
Components of the Windows NT I/O system

Sterownik NTFS

- Współpracuje z trzema innymi komponentami Windows NT
 - Log file service – obsługuje dziennik zapisów na dysku
 - Cache manager – obsługuje pamięć podręczną dla całego systemu plików
 - Virtual memory manager – wykorzystywany przez sterownik dysku np.. wtedy, gdy dane z pliku nie znajdują się w pamięci podręcznej

NTFS i komponenty

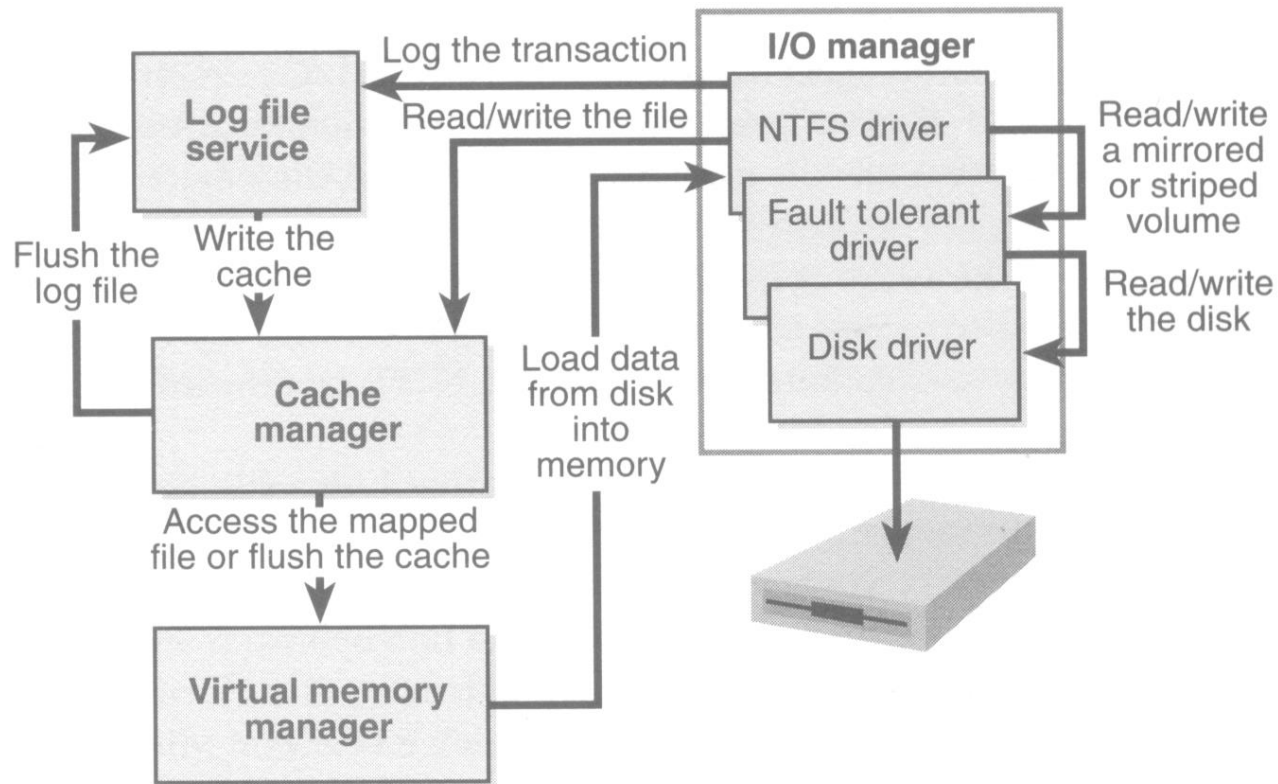


Figure 9-2

NTFS and related components

Plik w NTFS

- Wykorzystując model obiektów Windows NT NTFS traktuje każdy plik jako obiekt
- Pozwala to zarządzać plikiem wykorzystując zarządcę obiektów (object manager)

Struktura NTFS

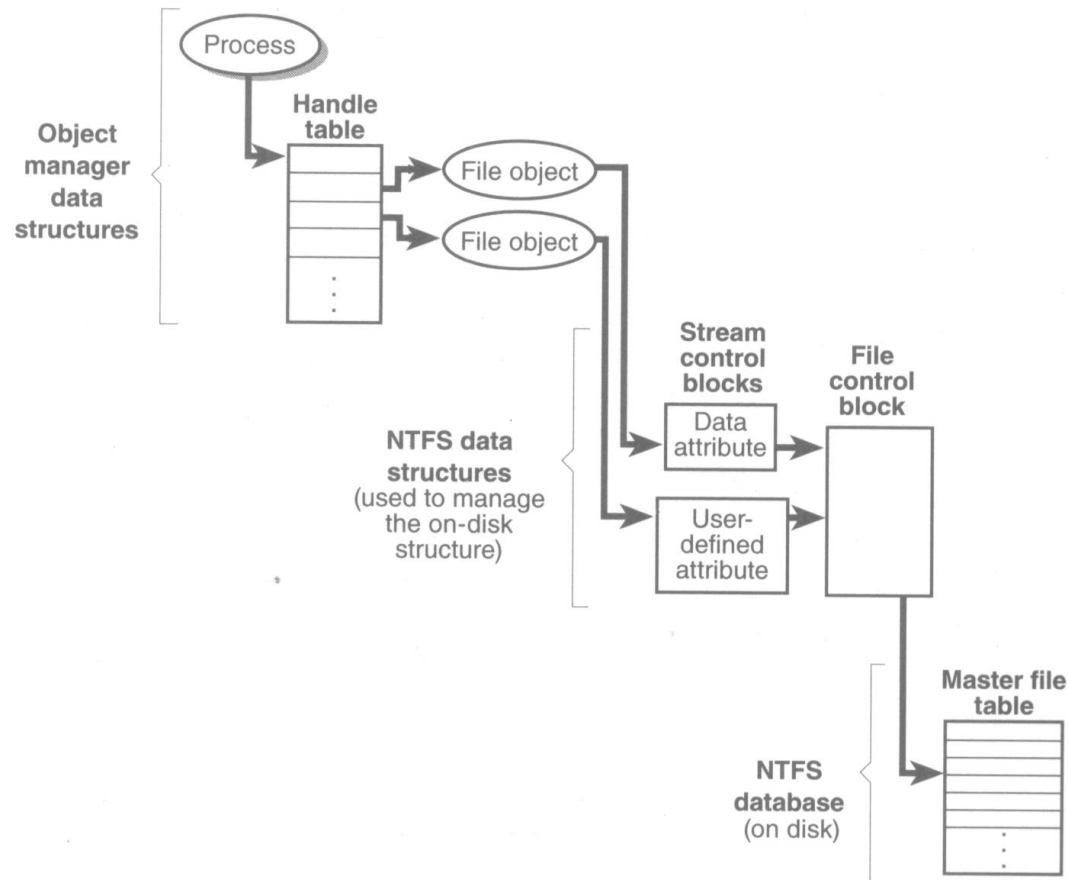


Figure 9-3
NTFS data structures

Struktura dyskowa

- Wolumin – logiczna partycja dysku, utworzona podczas formatowania dysku lub część dysku przeznaczona dla NTFS
- Dysk może zawierać jeden lub więcej woluminów, wolumin może rozciągać się na wiele dysków
- Wolumin zawiera wszystkie dane systemu plików (pliki, katalogi, ...)

Struktura dyskowa-przykład

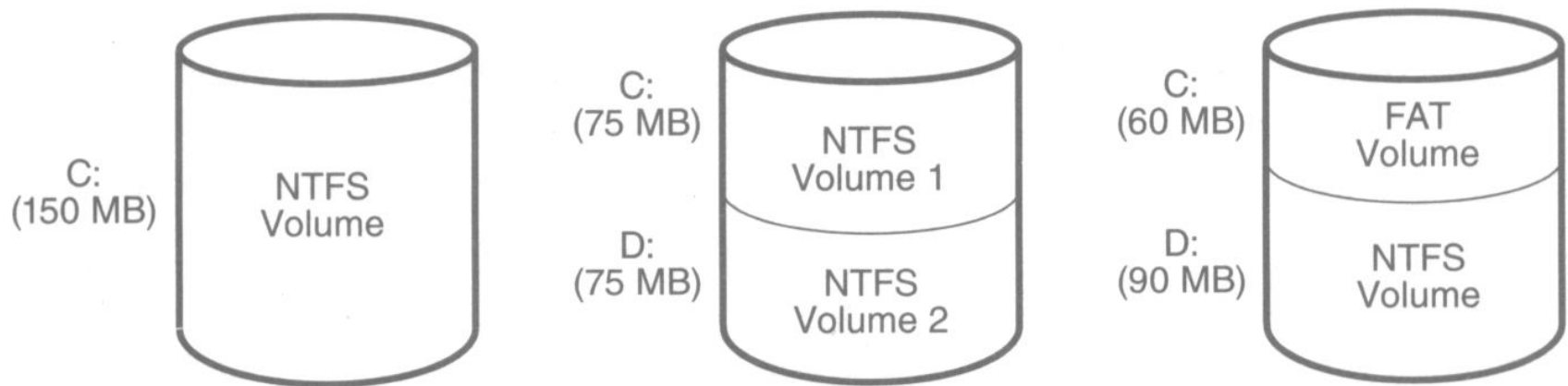


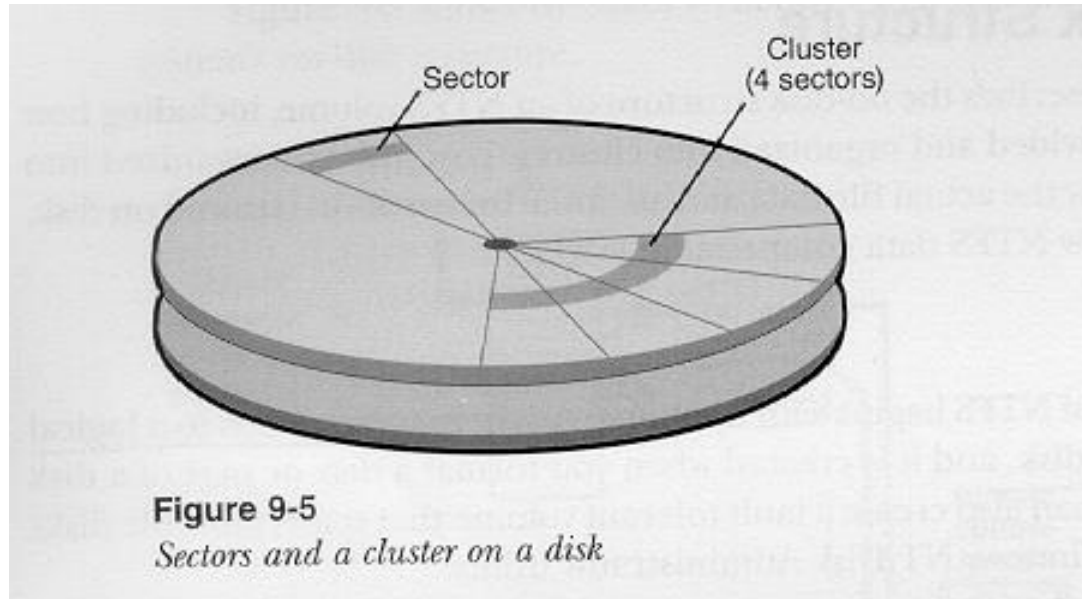
Figure 9-4

Sample disk configurations

Klaster

- Podstawowa jednostka przechowująca dane alokowana przez system plików
- Rozmiar 0.5-4.0 kB
- Rozmiar klastra jest całkowitą wielokrotnością (zawsze potęgą liczby 2) rozmiaru sektora

Klaster i sektor



Numeracja klastrów

- NTFS wykorzystuje logiczny numer klastra (LCN) oraz wirtualny numer klastra (VCN)
- LCN numeruje klastry woluminu od jego początku do końca (0...m)
- VCN numeruje klastry przechowujące informacje danego pliku

Nadrzędna tablica plików Master file table(MFT)

- NTFS wszystkie dane, włącznie z *metadanymi*, przechowuje w plikach
- MFT jest zaimplementowana jako tablica rekordów. Każdy rekord opisuje dokładnie jeden plik z tablicą MFT włącznie
- Metaplik zawiera informacje wykorzystywane do implementacji struktury systemu plików

MFT

- NTFS znajduje fizyczny adres rekordu tablicy MFT z pliku rozruchowego podczas montowania woluminu
- Z MFT odczytywane są rekordy opisujące metapliki

Plik metadanych NTFS

- MFT
- Kopia MFT
- Plik dziennika (odtworzenie danych)
- Katalog główny
- Plik bitmapy (stan alokacji woluminu)
- Plik rozruchowy (kod bootstrap)
- Plik klastrów uszkodzonych
- Plik woluminu (nazwa woluminu, wersja NTFS)
- Tablica definicji atrybutów

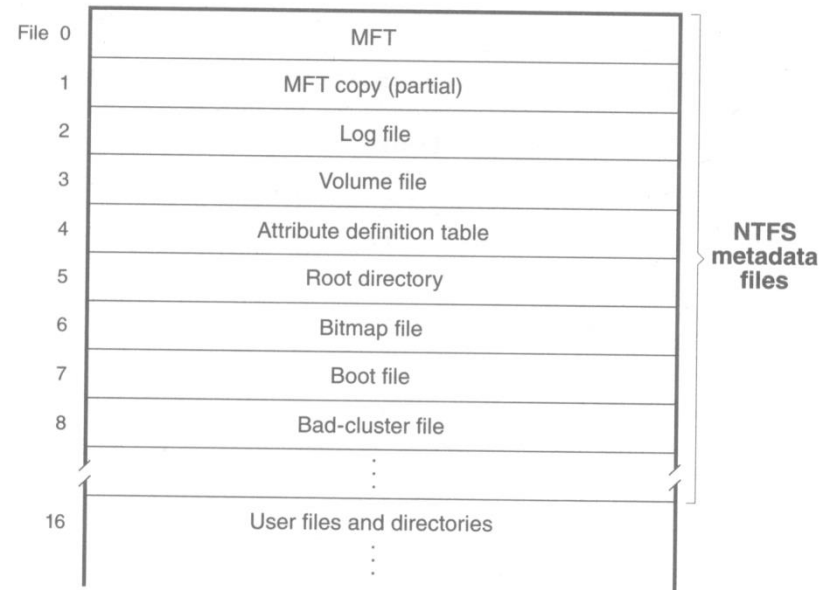
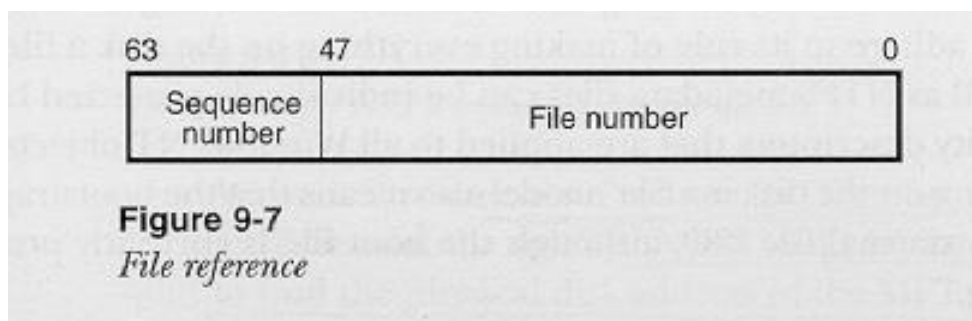


Figure 9-6

File records for NTFS metadata files in the MFT

Odwołania do plików

- NTFS adresuje pliki odwołaniem o długości 64 bitów
- Odwołanie składa się z liczby sekwencji (16 bitów) i numeru pliku
- Numer pliku określa pozycję rekordu opisującego plik w MFT



Rekord MFT

- W NTFS plik jest parą atrybuty/wartość
- Plik atrybutów jest przechowywany jako oddzielny strumień bajtów wewnątrz właściwego pliku
- NTFS zapewnia podstawowe operacje dla strumienia atrybutów (tworzenie, usuwanie, zapis, odczyt)

Rekord MFT - cd

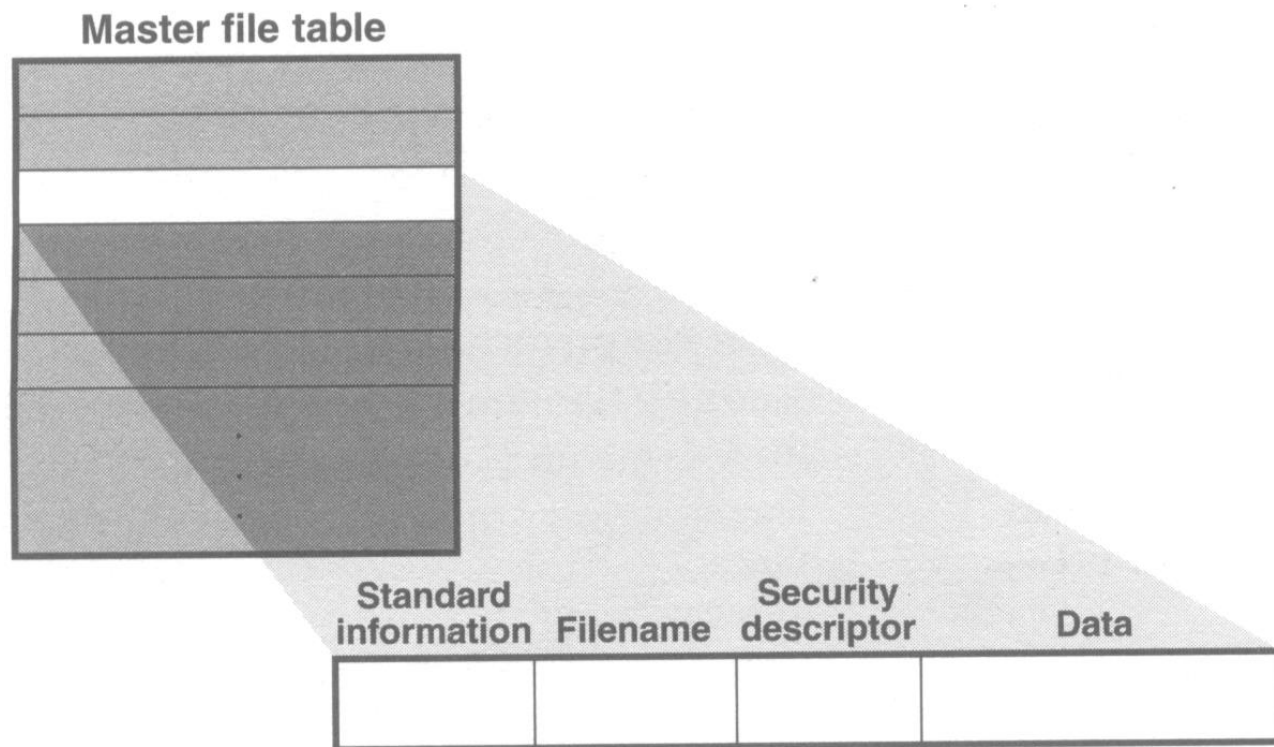


Figure 9-8
MFT record for a small file

Atrybuty rezydentne i nierezzydentne

- Wartości atrybutów rezydentnych przechowywane są w rekordzie MFT
- Wartości atrybutów nierezzydentnych przechowywane są we wpisach poza tablicą MFT

Atrybuty nierezydentne

- Wpis – część obszaru przestrzeni dysku (2 lub 4kB) zarezerwowane przez NTFS do przechowywania atrybutów, których wartości są za duże do przechowywania w rekordzie MFT
- Tylko atrybuty o rosnącym rozmiarze mogą być nierezydentne (deskryptor bezpieczeństwa, lista atrybutów, ...)

Nagłówek atrybutu

- Każdy atrybut rozpoczyna nagłówek zawierający informacje o nim
- Nagłówek jest jednakowy dla obu typów atrybutów
- Nagłówek jest rezydentny
- Dla atrybutów rezydentnych nagłówek przechowuje odległość od nagłówka do wartości atrybutu oraz długość wartości atrybutu
- Nagłówek atrybutu nierezydentnego zawiera informacje o pozycji odpowiedniego wpisu na dysku

Nagłówek atrybutu rezydentnego

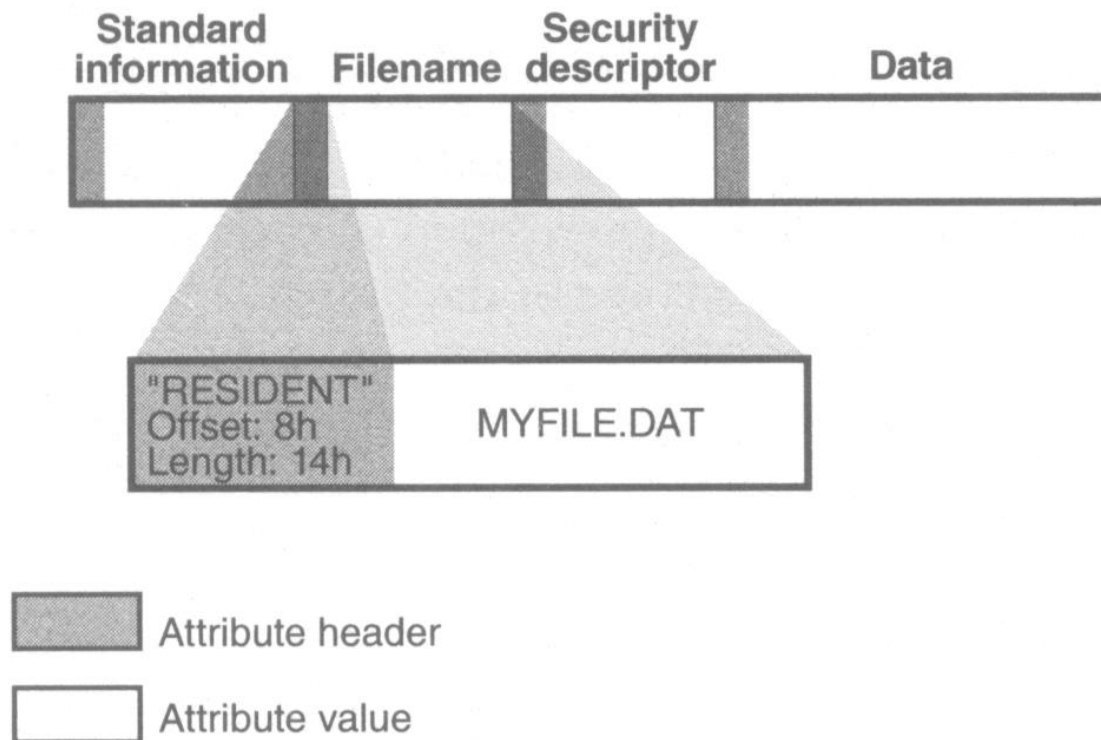


Figure 9-11

Resident attribute header and value

Nagłówek atrybutu nierezidentnego

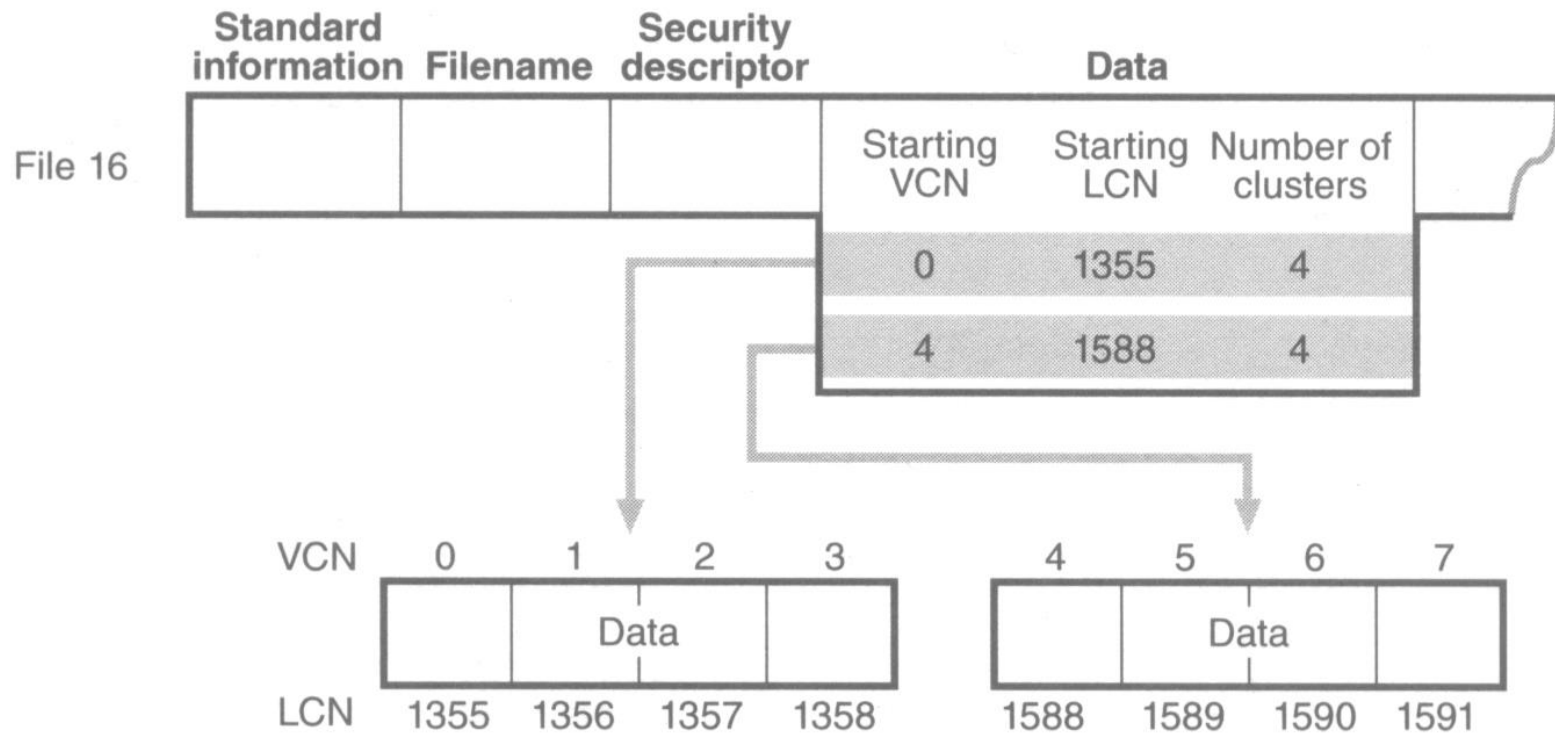


Figure 9-16

VCN-to-LCN mappings for a nonresident data attribute

Indeksowanie nazw plików

- NTFS wykorzystuje indeksowanie nazw schematem B-drzewa
- Atrybuty plików w katalogu indeksowane są schematem B-drzewa w celu zmniejszenia liczbyostępów
- W dużych katalogach nazwy plików są przechowywane w buforach o stałej długości (4 kB)

Atrybuty katalogów

- Atrybut indeksu głównego – zawiera pierwszy poziom B-drzewa oraz indeks do bufora zawierającego kolejny poziom
- Atrybut indeksu alokacji – zawiera mapowanie VCN-LCN dla indeksu buforów
- Atrybut bitmapy – przechowuje informacje o numerze wirtualnym klastra wolnego i zajętego w indeksie buforów

Atrybuty katalogu głównego

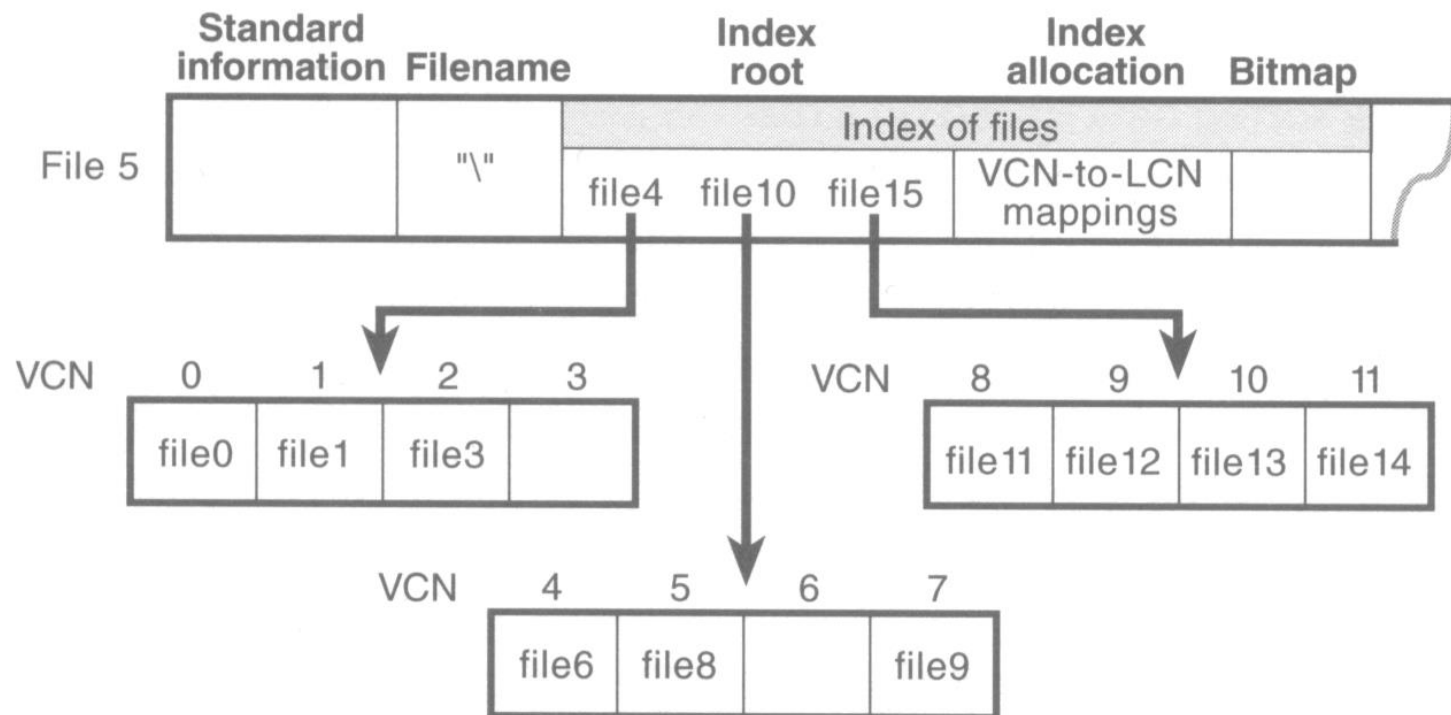


Figure 9-17

Filename index for a volume's root directory

Kompresja danych

- NTFS umożliwia kompresję danych na poziomie
 - Pliku
 - Katalogu
 - Woluminu

„Kompresja” plików rzadkich

- Pliki rzadkie zawierają proporcjonalnie do ich rozmiaru niewielką ilość bajtów niezerowych (macierze rzadkie)
- Kompresja polega na alokowaniu przestrzeni adresowej dysku tylko dla obszarów zawierających bajty niezerowe
- NTFS przegląda rekordy MFT w poszukiwaniu ciągłych obszarów przestrzeni adresowej dla zapisania niezerowych danych

W poniższej tabeli przedstawiono domyślne rozmiary klastrów w systemie plików NTFS.

Rozmiar woluminu	Windows NT 3.51	Windows NT 4.0	Windows 7, Windows Server 2008 R2, Windows Server 2008, Windows Vista, Windows Server 2003, Windows XP, Windows 2000
7 MB – 512 MB	512 bajtów	4 KB	4 KB
512 MB – 1 GB	1 KB	4 KB	4 KB
1 GB – 2 GB	2 KB	4 KB	4 KB
2 GB – 2 TB	4 KB	4 KB	4 KB
2 TB – 16 TB	Nieobsługiwane*	Nieobsługiwane*	4 KB
16 TB – 32 TB	Nieobsługiwane*	Nieobsługiwane*	8 KB
32 TB – 64 TB	Nieobsługiwane*	Nieobsługiwane*	16 KB
64 TB – 128 TB	Nieobsługiwane*	Nieobsługiwane*	32 KB
128 TB – 256 TB	Nieobsługiwane*	Nieobsługiwane*	64 KB
> 256 TB	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane	Nieobsługiwane

Uwaga Gwiazdka (*) oznacza, że rozmiar nie jest obsługiwany ze względu na ograniczenia głównego rekordu rozruchowego (MBR).