

Strategie chłodzenia serwerów kasetowych i szaf o bardzo wysokiej gęstości

White Paper 46

Wersja 7

Przez Neil Rasmussen

> Streszczenie

Wdrażanie systemów komputerowych o dużej gęstości, takich jak serwery kasetowe może wymagać zasilania o mocy 10 kW na jedną szafę lub większej. W środowisku centrum przetwarzania danych, gdzie typowy pobór mocy jednej szafy nie przekracza 2 kW, stwarza to poważny problem w zakresie chłodzenia i zasilania. W dokumencie omówiono pięć strategii postępowania z szafami o bardzo wysokiej mocy zasilania oraz podano opis praktycznych rozwiązań dotyczących zarówno nowych, jak i istniejących centrów przetwarzania danych.

Treść

kliknij sekcję, aby ją wyświetlić

Wstęp	2
Dokładna definicja gęstości mocy w centrum przetwarzania danych	2
Wymagania z zakresu zasilania i chłodzenia dla szaf o wysokiej gęstości	6
Pięć strategii wdrażania szaf i serwerów kasetowych o wysokich gęstościach mocy	11
Stopień zintegrowania	16
Wnioski	20
Zasoby	21

Wstęp

Moc pobierana przez urządzenia umieszczone w pojedynczej obudowie szafy może być bardzo zróżnicowana. Przeciętna moc zasilania przypadająca na jedną obudowę w centrum przetwarzania danych wynosi około 1,7 kW, jednak wypełniając szafę dostępnymi serwerami o dużej gęstości mocy, takimi jak serwery kasetowe, można maksymalnie osiągnąć moc rzędu 20 kW. Takie obciążenie znacznie przekracza założenia projektowe dotyczące zasilania i chłodzenia typowego centrum przetwarzania danych.

Operatorzy centrów przetwarzania danych mają niewielkie doświadczenie z obudowami o mocy zasilania przekraczającej 10 kW, jednak najnowsze trendy pokazują, że wielu z nich, stanie przed koniecznością instalacji oraz obsługi zasilania i chłodzenia szaf o wysokiej gęstości mocy.

Prostym rozwiązaniem tego problemu byłoby zapewnienie dla centrum przetwarzania danych nadmiarowego zasilania o mocy 20 kW oraz chłodzenia dla każdej obudowy. *Niestety niemal w każdym przypadku jest to technicznie niewykonalne lub nieopłacalne z ekonomicznego punktu widzenia.* Niewłaściwe decyzje podjęte podczas projektowania centrum przetwarzania danych pod kątem pracy przy wysokiej gęstości mocy mogą wielokrotnie zwiększyć koszty eksploatacji infrastruktury fizycznej. Celem tego artykułu jest przedstawienie w skrócie praktycznych i skutecznych strategii wdrażania szaf i serwerów kasetowych o wysokiej gęstości mocy.

Najpierw omówiono pojęcie gęstości mocy. Następnie przeanalizowano rzeczywiste wartości gęstości mocy obecnych i nowych centrów przetwarzania danych. Zaprezentowano praktyczne podejścia mające na celu uzyskanie wysokiej gęstości wraz ze swoimi zaletami i ograniczeniami. Na koniec przedstawiono logiczne i praktyczne strategie wdrażania systemów obliczeniowych o wysokiej gęstości.

Dokładna definicja gęstości mocy w centrum przetwarzania danych

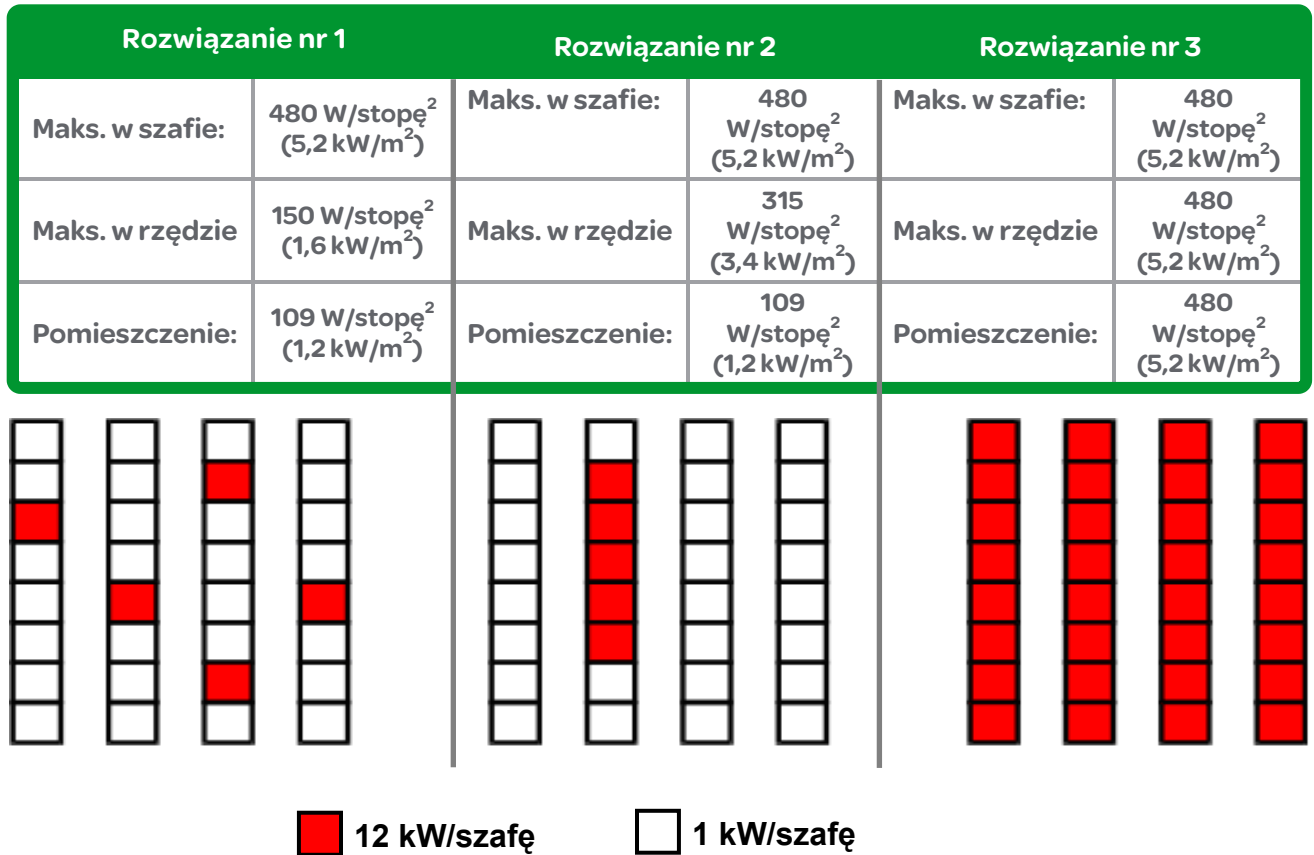
Przy opisywaniu gęstości mocy mogą wystąpić istotne nieporozumienia, ponieważ znaczenie pojęcia „gęstość mocy” nie jest jednoznaczne. Gęstość mocy jest najczęściej wyrażana w watach na metr kwadratowy lub w watach na obudowę. Ten prosty opis jest wystarczający w przypadku, gdy moc pobierana przez wszystkie obudowy jest taka sama. W rzeczywistym centrum przetwarzania danych moc zasilania przypadająca na jedną obudowę jest jednak bardzo zróżnicowana. W takich rzeczywistych przypadkach wartości gęstości mocy mierzone na poziomie szafy, na poziomie rzędu i na poziomie pomieszczenia mogą się istotnie różnić. Takie zróżnicowanie w gęstości mocy mierzonej na poziomie obudowy, rzędu i pomieszczenia ma istotny wpływ na konstrukcję systemu zasilania, a jeszcze większy na konstrukcję systemu chłodzenia.

Na **rysunku 1¹** pokazano różnice w wartościach gęstości mocy mierzonej na poziomie szafy, rzędu oraz pomieszczenia. Rysunek przedstawia typowe pomieszczenie, w którym zainstalowano obudowy o mocy 12 kW. W pierwszym przypadku 15% szaf zasilanych jest mocą 12 kW, a pozostałe mocą 1 kW. W drugim przypadku taki sam procent szaf jest zasilanych mocą 12 kW, lecz zostały one zgrupowane w jednym rzędzie. W trzecim przypadku wszystkie obudowy w pomieszczeniu zasilane są mocą 12 kW. We wszystkich przypadkach maksymalna gęstość mocy jest taka sama i wynosi 12 kW na szafę, co daje 480 W/stopę² (5,2 kW/m²). Jednak gęstości mocy mierzone na poziomie rzędu i pomieszczenia są zdecydowanie różne w poszczególnych przypadkach.

¹ Gęstość szaf i rzędów na **rysunku 1** przedstawiono z wykorzystaniem odpowiednika rozmiaru podłogi pod szafy wynoszącego 25 stóp² (7,62 m²). Powszechnie stosowane odpowiedniki rozmiaru podłogi pod szafy wahają się w zakresie od 25 do 30 stóp² (2,3–2,8 m²). Dodatkowe informacje na temat odwzorowywania gęstości mocy zawiera dokument White Paper 120, *Wskazówki dotyczące określania gęstości mocy w centrum danych*.

Rysunek 1

Gęstość mocy w watach na jednostkę powierzchni, na szafę, na rząd i na pomieszczenie dla trzech różnych konfiguracji pomieszczenia



Różnice między gęstościami mocy na poziomie szafy, rzędu i pomieszczenia odzwierciedlone na **rysunku 1** są reprezentatywne dla rzeczywistych instalacji alternatywnych. Różnice te mają istotny wpływ na konstrukcję infrastruktury zasilania i chłodzenia. Całkowita moc znamionowa zasilania i chłodzenia jest po prostu sumą mocy pobieranej przez te systemy. Dzięki temu można łatwo określić całkowitą moc zasilaczy UPS oraz systemu klimatyzacji Sali komputerowej (CRACS). Główny problem związany ze zróżnicowaniem i wartościami maksymalnymi gęstości mocy dotyczy dystrybucji mocy i powietrza w obrębie centrum przetwarzania danych.

Należy zauważyć, że powyższe opisy gęstości są wyrażone w odniesieniu do całkowitej powierzchni podłogi, na której występują miejsca takie jak potrzebne przejścia, lecz stanowią dodatek do miejsca zajmowanego przez daną obudowę. Jest to najczęściej używana metoda opisu gęstości mocy i ta terminologia będzie stosowana konsekwentnie w całym artykule. Jednak niektóre źródła, szczególnie te pochodzące od dostawców komputerów, podają gęstość w watach na jednostkę powierzchni, przy czym powierzchnia ograniczona jest wyłącznie do miejsca zajmowanego przez szafę. Takie wartości gęstości obliczone w odniesieniu do powierzchni zajmowanej przez samo urządzenie należy skorygować w dół o około 75%.

Rzeczywisty potencjał gęstości mocy obecnego centrum przetwarzania danych

Firma Schneider Electric i inne organizacje przeprowadziły sondaże wśród projektantów i operatorów centrów przetwarzania danych celem ustalenia obecnych eksploatacyjnych gęstości mocy oraz ograniczeń projektowych nowych i istniejących centrów przetwarzania danych oraz dużych pomieszczeń z urządzeniami sieciowymi. Dane przedstawione w **tabeli 1** stanowią podsumowanie danych pochodzących z lat 2002–2003 z różnych źródeł, w tym od klientów przedsiębiorstw, pracowników obsługi oraz doradców technicznych. Uzyskana całkowita wartość gęstości mocy na jedną obudowę jest zbliżona do wartości otrzymanych w najnowszych badaniach przeprowadzonych przez Uniwersytet Kalifornijski w Berkeley.

Tabela 1

Dane sondażowe dotyczące projektowanej i rzeczywistej gęstości mocy centrów przetwarzania danych

Wielkość	Średnia z centrów przetwarzania danych	W 90% centrów przetwarzania danych jest mniej niż	Maksymalny przypadek
Projektowana gęstość mocy	35 W/stope ² (0,38 kW/m ²)	60 W/stope ² (0,65 kW/m ²)	200 W/stope ² (2,15 kW/m ²)
Rzeczywista eksploatacyjna gęstość mocy	25 W/stope ² (0,27 kW/m ²)	40 W/stope ² (0,43 kW/m ²)	150 W/stope ² (1,61 kW/m ²)
Projektowana gęstość mocy na jedną obudowę	1,1 kW/obudowa	1,8 kW/obudowa	6 kW/obudowa
Rzeczywista całkowita gęstość mocy na jedną obudowę	1,7 kW/obudowa	2 kW/obudowa	4 kW/obudowa
Rzeczywista średnia gęstość mocy na jedną obudowę w rzędzie o najwyższej gęstości w centrum przetwarzania danych	2 kW/obudowa	3 kW/obudowa	7 kW/obudowa
Rzeczywista maksymalna moc zasilania obudowy w centrum przetwarzania danych	3 kW	6 kW	12 kW

Uwaga: w skład obudowy wchodzi obudowa szafy oraz obudowy takich urządzeń jak DASD oraz komputery typu mainframe. Urządzenia większe od obudowy szafy liczone są jak kilka obudów szaf zajmujących tę samą powierzchnię

Powyższe dane pokazują, że projektowana gęstość mocy dla centrów przetwarzania danych wynosi przeciętnie 35 W/stope² (0,377 kW/m²), co odpowiada 1,1 kW na obudowę przy założeniu, że jedna obudowa zajmuje 30 stóp² (2,79 m²). Wynik wskazujący, że średnia rzeczywista moc przypadająca na jedną obudowę jest większa od wartości projektowej, jest możliwy, ponieważ przeciętnie zakładana w projekcie gęstość 35 W/stope² (0,38 kW/m²) na obudowę nie jest osiągnana. Dzieje się tak głównie dlatego, że centra przetwarzania danych nie są całkowicie wypełnione szafami. Na przykład centrum przetwarzania danych posiadające projektowaną gęstość mocy o wartości 1,1 kW na obudowę przy założeniu, że obudowa zajmuje 30 stóp² (2,79 m²)² powierzchni, może być w stanie zapewnić gęstość mocy rzędu 2,2 kW na szafę, jeśli obudowy zajmują tylko połowę dostępnego miejsca na podłodze.

² Mitchell-Jackson, J.D., Koomey, J.G., Nordman, B., Blazek, M., *Data Center Power Requirements: Measurements From Silicon Valley*, 16 maja 2001 r. Praca magisterska, Energy and Resources Group, Uniwersytet Kalifornijski. Berkeley, Kalifornia.

Należy zaznaczyć, że dane te dotyczą wyłącznie warunków przemysłowych. W warunkach projektowych i testowych odnotowano nieco wyższe wartości przeciętnej i maksymalnej gęstości mocy.

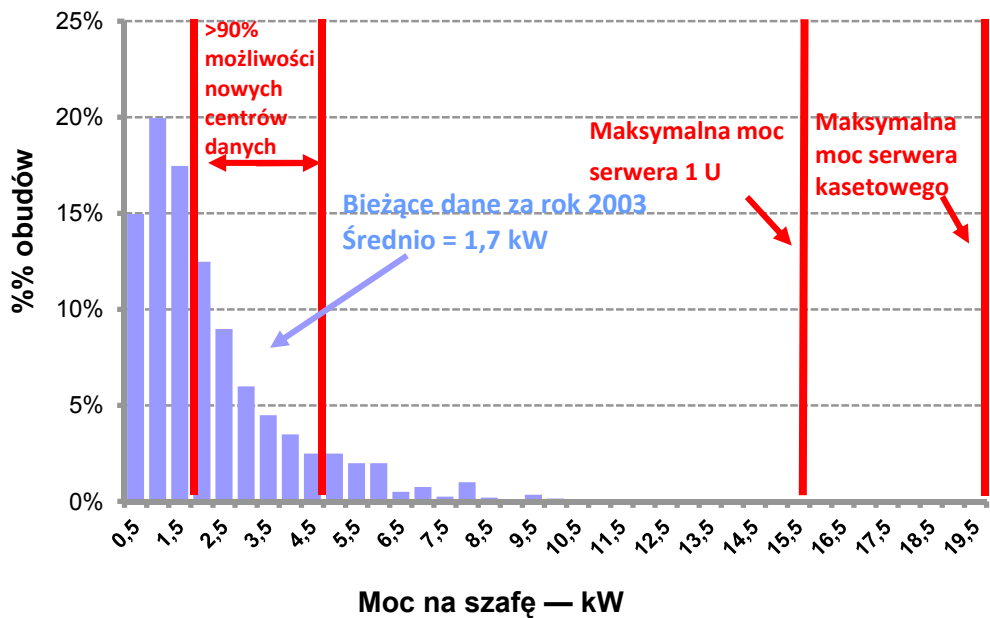
Na **rysunku 2** pokazano rozkład pobieranej mocy przypadającej na jedną szafę oparty na danych sondażowych.³ Pozwala on lepiej zrozumieć, co wpływa na gęstość mocy. Każdy słupek odpowiada procentowemu udziałowi szaf zasilanych mocą o wartościach mieszczących się w zakresie do 500 watów powyżej wartości wskazanej w dolnej części słupka. Słupek oznaczony wartością 1,5 kW obejmuje na przykład obudowy zasilane mocą z zakresu od 1 kW do 1,5 kW.

Warto zwrócić uwagę, że z **rysunku 2** wynika, że w typowym centrum przetwarzania danych jest znacząca liczba szaf, których moc zasilania nie przekracza 500 W. W obudowach tych znajdują się panele krosownicze i szafy z przełącznikami i serwerami o niskiej gęstości. W wielu z nich znajduje się ponadto duża ilość niewykorzystanego miejsca w pionie.

Na **rysunku 2** widać również, że liczba obudów pobierających powyżej 2 kW mocy radykalnie się zmniejsza, a obudowy zasilane mocą większą niż 8 kW występują w niewielkich ilościach.

Rysunek 2

Rozkład rzeczywistego poboru mocy przez jedną szafę pokazujący związek z maksymalną możliwą konfiguracją szaf



Na **rysunku 2** na rzeczywiste wartości poboru mocy przez szafy nałożono kilka linii odniesienia. Pierwsza para linii odniesienia oznacza zakres średnich gęstości mocy, na które zaprojektowane zostały nowe centra przetwarzania danych, wyznaczony w oparciu o sondaż przeprowadzony wśród doradców technicznych.

Następne dwie linie odpowiadają gęstościom mocy, które można uzyskać, wypełniając obudowy szaf urządzeniami serwerowymi o najwyższej z obecnie dostępnych gęstości, czyli serwerami typu 1U oraz kasetowymi. Wartości te znacznie przekraczają wartości projektowe dla nowych centrów przetwarzania danych oraz rzeczywiste wartości osiągnięte przez istniejące centra

³ Dane te trudniej uzyskać niż dane zamieszczone w **tabeli 1**, ponieważ urządzenia do pomiaru mocy na szafę nie są dostępne w większości centrów danych. W wielu przypadkach konieczne było wykorzystanie przybliżonych danych, co można uzyskać, biorąc rzeczywiste dane odnośnie do zasilania grupy szaf, a następnie rozkładając wartość zasilania na obudowy z wykorzystaniem zbiorczych danych poboru mocy zgłoszonych przez wielu sprzedawców i użytkowników. Zbiorczymi danymi zarządza firma Schneider Electric, która wykorzystuje je w swoich narzędziach służących do wyliczania rozmiarów systemów UPS.

przetwarzania danych. Pomimo że serwery kasetowe mogą odznaczać się wyższą mocą zasilania na szafę niż serwery typu 1U, należy zaznaczyć, że przy tych wartościach gęstości mocy serwery kasetowe zapewniają około dwukrotnie wyższą liczbę serwerów niż serwery typu 1U, co oznacza, że serwery kasetowe pobierają około 40% mniej mocy na jeden serwer niż tradycyjne serwery typu 1U.

Na podstawie tych danych można poczynić następujące spostrzeżenia:

- Moc zainstalowanych urządzeń w większości szaf jest poniżej wartości projektowej dla danego centrum przetwarzania danych.
- Urządzenia obliczeniowe o wysokiej mocy nie są w rzeczywistości instalowane z maksymalną możliwą gęstością.
- Wartości gęstości mocy, o których zwyczajowo wspomina się w publikacjach branżowych, nie są osiąmane przez znaczną liczbę dzisiejszych i przyszłych centrów przetwarzania danych.

Dla potrzeb tego artykułu określenie „wysoka gęstość” odnosić się będzie do szaf zasilanych mocą powyżej 3 kW, przy czym wartość 3 kW odpowiada górnej granicy zakresu średniej zdolności chłodzenia obecnych centrów przetwarzania danych.

Przykładem obudowy o bardzo wysokiej gęstości może być serwer kasetowy składający się z sześciu wysokich stelaży serwerów kasetowych 7U w szafie 42U, przy czym każda obudowa kasy pobiera 3 kW, dając całkowite zapotrzebowanie na moc wynoszące 18 kW. Oznacza to, że obudowa wymaga zasilania i chłodzenia o mocy 18 kW. Zazwyczaj uznaje się, że system tego typu ma kluczowe znaczenie i wymaga nadmiarowego zasilania i chłodzenia.

Wymagania dotyczące zasilania

Z punktu widzenia zasilania system kasetowy składający się z sześciu obudów wymagać będzie najprawdopodobniej **(24)** 20-amperowych obwodów zasilania o napięciu 208 lub 230 V (standardowo cztery przewody dla każdej obudowy o podwójnym torze zasilania). Okablowanie związane z tym zespołem obwodów elektrycznych będzie miało pokaźne rozmiary i konieczne będzie poprowadzenie go górną, aby nie dopuścić do powstania blokad przepływu powietrza pod podwyższoną podłogą (jeśli taka będzie zastosowana). Dotyczy to szczególnie sytuacji, w której obok siebie znajdują się będzie kilka takich szaf. Ewentualnie w przypadku zastosowania podwyższonej podłogi można zwiększyć jej głębokość, aby zmieścić okablowanie. W obydwu przypadkach trzeba zainstalować pokaźnych rozmiarów dodatkowe okablowanie, co przy uruchomionym centrum przetwarzania danych może się okazać skomplikowane i kosztowne. Metody te umożliwiają dostarczenie nadmiarowego zasilania do szafy o bardzo wysokiej gęstości.

Wymagania z zakresu zasilania i chłodzenia dla szaf o wysokiej gęstości

Wymagania dotyczące chłodzenia

Chłodzenie obudowy o bardzo wysokiej gęstości jest znacznie trudniejszym zadaniem niż dostarczanie zasilania. Opisany powyżej serwer kasetowy wymagałby około 2500 stóp sześciennych/minutę (1180 litrów/s) chłodnego powietrza na wlocie (przy założeniu typowego wzrostu temperatury powietrza wylotowego wynoszącego 20°F [11°C]) i wydmychałby taką samą ilość podgrzanego powietrza z tyłu obudowy. Urządzenia będą wymagały takiej ilości powietrza niezależnie od tego, czy system chłodzenia będzie ją mógł zapewnić. Jeśli w pomieszczeniu nie będzie można zapewnić takiej ilości chłodnego powietrza dostarczanego do obudowy, wówczas obudowa będzie pobierać własne gorące powietrze wylotowe (lub powietrze wylotowe sąsiednich urządzeń), aż w końcu się przegrzeje. Istnieją cztery kluczowe elementy wymagane, aby osiągnąć żądaną sprawność chłodzenia:

- dostarczanie 1180 litrów/s chłodnego powietrza do obudowy
- odprowadzanie z obudowy 1180 litrów/s gorącego powietrza
- utrzymywanie gorącego powietrza wylotowego z dala od wlotu powietrza urządzenia
- realizacja wszystkich tych funkcji w nadmiarowy i nieprzerwany sposób

Spełnienie każdego z tych warunków jest bardzo trudne. Trudności z tym związane zostaną omówione w kolejnych punktach.

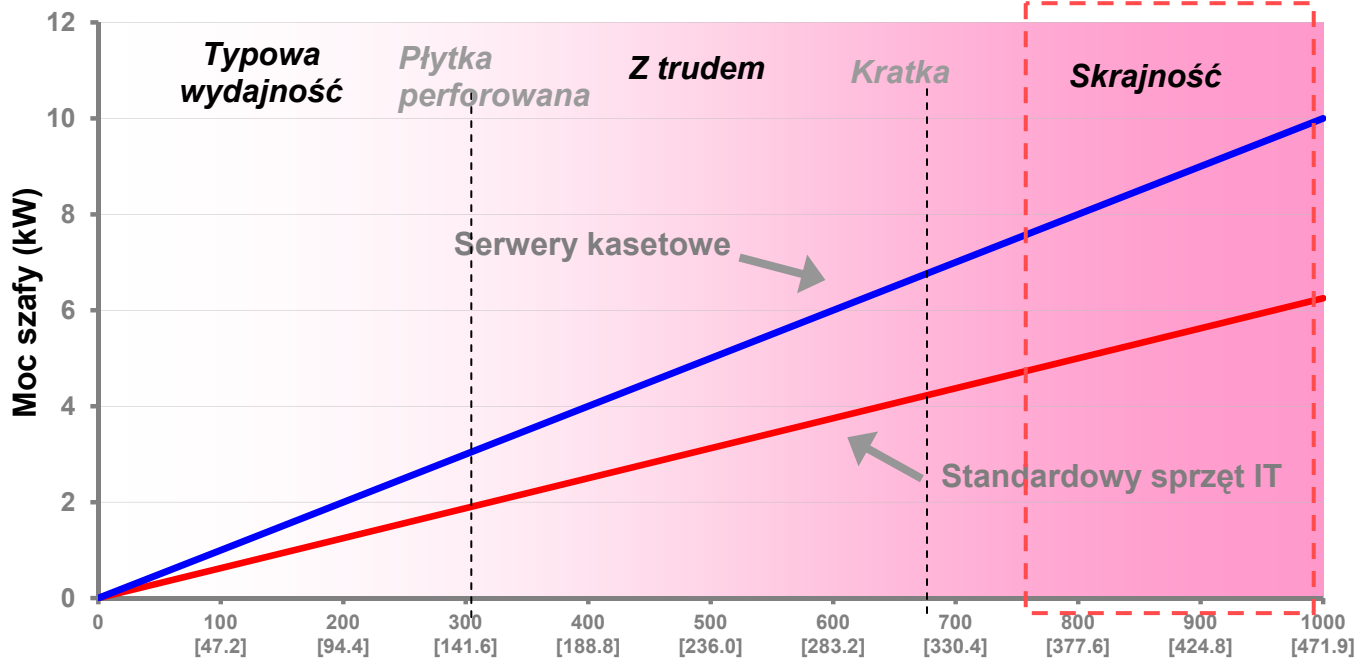
Dostarczanie 1180 litrów/s chłodnego powietrza do obudowy

W typowym centrum przetwarzania danych z podwyższoną podłogą na każdą obudowę przypada jedna płytka podłogowa z otworami wentylacyjnymi. Przez standardową płytkę podłogową z otworami wentylacyjnymi można doprowadzać do obudowy około 300 stóp sześciennych/minutę (142 litry/s) chłodnego powietrza. Oznacza to, że obudowa zasilana mocą 18 kW wymaga 8 płytek podłogowych z otworami wentylacyjnymi, czyli ośmiokrotnie więcej niż normalnie. Aby pod każdą obudową ułożyć 8 płytek z otworami podłogowymi, przejścia musiałyby zostać znacznie poszerzone, a odległości między szafami znacznie zwiększone. W typowym centrum przetwarzania danych jest to niewykonalne.

Rysunek 3 przedstawia wydajność chłodzenia obudowy szafy w funkcji faktycznego przepływu powietrza chłodzącego. W wartości faktycznego przepływu powietrza chłodzącego uwzględnia się straty powietrza spowodowane nieszczelnością podwyższonej podłogi, które zazwyczaj wynoszą około 25% całego powietrza dostarczonego przez urządzenia chłodzące. Z wykresu wynika, że mimo wzrostu wydajności chłodzenia wraz ze zwiększeniem przepływu powietrza, wyższe wartości wydajności chłodzenia są trudniejsze do osiągnięcia. Zastosowanie technologii zamknięcia korytarzy zimnych może zwiększyć wydajność chłodzenia do około 10 kW/szafę. Należy pamiętać, że wydajność chłodzenia podwyższonej podłogi jest wyższa w przypadku serwerów kasetowych, niż typowego sprzętu IT. Dzieje się tak, ponieważ serwery kasetowe potrzebują średnio 40% mniej powietrza chłodzącego niż typowy sprzęt IT do osiągnięcia danej mocy.

Rysunek 3

Dostępna wydajność chłodzenia obudowy szafy w funkcji faktycznego przepływu powietrza chłodzącego



Faktyczny przepływ powietrza chłodzącego dostarczony do jednej szafy (stopy sześciennie/min) [l/s]

Rysunek 3 pokazuje, że aby uzyskać przepływ powietrza wynoszący ponad 300 stóp sześciennych/minutę (142 litrów/s) dla jednej szafy, wymagana jest właściwa konstrukcja podwyższonej podłogi, odpowiednie rozmieszczenie systemu klimatyzacji sali komputerowej, ograniczenie strat powietrza oraz kontrola znajdujących się pod podłogą przeszkód dla przepływu powietrza, takich jak rury czy okablowanie. Uzyskanie przepływu powietrza powyżej 500 stóp sześciennych/minutę (236 litrów/s) wymaga zastosowania specjalnych płytek podłogowych w postaci otwartych metalowych krat. W ten sposób w typowym centrum przetwarzania danych można zapewnić do 330 litrów/s przepływu powietrza przez płytkę. Zastosowanie takich krat powoduje jednak radykalną zmianę gradientów ciśnienia pod podłogą i wpływa na przepływ powietrza w okolicznych obszarach. W przypadku zastosowania wielu takich krat miejscowe ciśnienie pod podwyższoną podłogę spadnie i nie zostanie osiągnięty pełny przepływ powietrza.

Aby jeszcze bardziej zwiększyć przepływ powietrza i równoważyć ciśnienie pod podłogą należałoby znacznie zwiększyć głębokość podwyższonej podłogi, co ostatecznie sprawia, że dalsze zwiększanie przepływu powietrza przez płytkę jest nierealne. W celu zbadania tego problemu firma Schneider Electric wykorzystwała obliczeniową dynamikę płynów (CFD) do zasymulowania efektów zmiany głębokości podwyższonej podłogi w standardowych projektach. Niektóre ważne wyniki tego badania zaprezentowano na **rysunku 4**. Dane wskazują, że wydajność chłodzenia zmienia się w zależności od głębokości podwyższonej podłogi. Jak należało się spodziewać, różnice w wydajności chłodzenia na płytkę zmniejszają się wraz ze wzrostem głębokości podwyższonej podłogi.

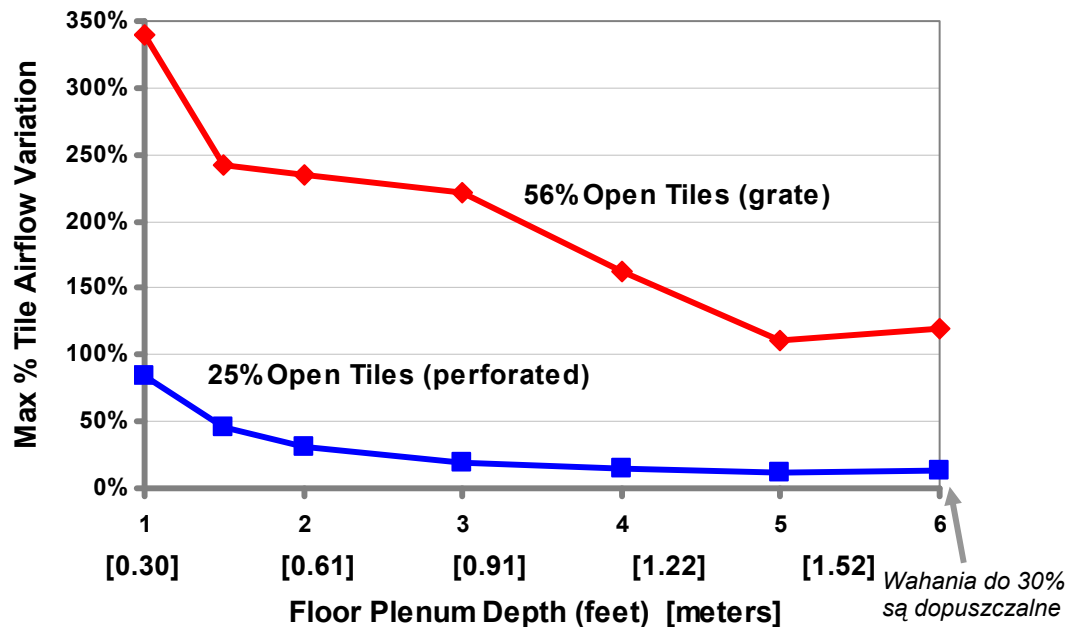
Odnotowano jednak dwa zaskakujące zjawiska. Po pierwsze, na dane te nie ma wpływu intensywność przepływu powietrza. Oznacza to, że na zmiany wydajności chłodzenia na płytkę wpływa geometria podłogi, ale nie intensywność przepływu powietrza. Drugim zaskoczeniem było odkrycie, że różnice w przepływie powietrza stają się bardzo duże, gdy zastosuje się kratki typu otwartego. Na przykład przy podłodze podwyższonej

o dwie stopy (0,61 m) różnice mogą wynosić do 30% dla standardowej płytki perforowanej i aż 230% dla kratki otwartej. Okazuje się, że w przypadku płytek typu kratka, czasami dochodzi do odwrócenia przepływu powietrza i powietrze jest zasysane przez płytki w dół, zamiast być wdmuchiwane w kierunku sprzętu.

Zmiany w przepływie powietrza są niepożądane, ale w centrum danych dochodzi do zjawisk uśredniania i dzielenia intensywności przepływu powietrza między poszczególnymi urządzeniami. Z tego powodu różnice pomiędzy przepływem powietrza dla poszczególnych płytek wynoszące do 30% należy uważać za dopuszczalne. Jednak bardzo duże wahania zaobserwowane w przypadku kratki na **rysunku 4** nie są dopuszczalne, ponieważ prowadziłyby to do niewystarczającego chłodzenia niewielkiej części obszarów, w których ustawione są szafy. Należy również zauważyć, że większa głębokość podwyższonej podłogi ma pozytywny wpływ, ale problemu wciąż nie da się rozwiązać, stosując możliwe do osiągnięcia głębokości. Z tego powodu, choć sporadyczne zastosowanie płytki typu kratka może być pomocne, powyższe dane sugerują, że nie jest to wydajny sposób zwiększenia gęstości mocy centrum danych.

Rysunek 4

Wahania przepływu powietrza jako funkcja głębokości podwyższonej podłogi dla dwóch różnych typów płytek



Nawet w przypadku zainstalowania „wysokowydajnego” systemu chłodzenia, **rysunek 3** wskazuje, że do schłodzenia hipotetycznej obudowy szafy o mocy 18 kW konieczne byłoby zastosowanie od 3 do 4 kratki. Jednak w typowym układzie centrum danych stosuje się tylko 1 płytkę podłogi na obudowę szafy. Zestawiając te dane z informacjami o wariacjach przepływu powietrza z **rysunku 4**, można wywnioskować, że **konwencjonalny układ centrum danych z jedną płytką wentylowaną na szafę nie zapewni na większym obszarze wystarczającego chłodzenia szaf o przybliżonej mocy ponad 6 kW na szafę**. Wartość ta może wzrosnąć nawet do 10kW na szafę na większym obszarze, jeśli stosowany jest system zamknięcia korytarza gorącego lub zimnego. Więcej informacji na temat zamykania korytarza zawiera dokument White Paper 135, *Zamknięcie korytarza gorącego a zamknięcie korytarza zimnego*.

Link do zasobu
White Paper 135

Zamknięcie korytarza
gorącego a zamknięcie
korytarza zimnego

Odprowadzanie z obudowy 1180 litrów/s gorącego powietrza

Istnieją trzy sposoby odprowadzania powietrza z powrotem do systemu chłodzenia: przez samo pomieszczenie, kanał powietrzny lub komorę sufitową. W idealnej sytuacji gorące powietrze wylotowe z urządzenia powinno być odprowadzane z powrotem do systemu chłodzenia bez możliwości wymieszania z powietrzem otoczenia lub trafienia do wlotów urządzenia. To wymaga istnienia drożnej i bezpośredniej drogi powrotnej. W celów odniesienia, przetransportowanie 2500 stóp sześciennych/minutę (1180 litrów/s) w kanale o średnicy 12" (30 cm) wymaga prędkości powietrza wynoszącej 35 mil/godz. (56 km/godz.). Jednym ze sposobów realizacji tej funkcji jest zastosowanie wysokiego otwartego sufitu z centralnie umieszczonym w najwyższym punkcie kanałem powrotnym powietrza konwekcyjnego. Jednak konstrukcja wielu centrów przetwarzania danych opiera się na transporcie powietrza recykulowanego przewodami wentylacyjnymi lub przez podwieszoną komorę sufitową, a w wielu przypadkach kanał powrotny powietrza konwekcyjnego biegnie przez pomieszczenie pod sufitem, który jest jedynie metr lub dwa wyższy niż obudowy. Takie przypadki są przykładami technicznych wyzwań, przed jakimi staje projektant.

Możliwości odprowadzania powietrza recykulowanego od konkretnej obudowy szafy są ograniczone podobnie jak ograniczone są możliwości doprowadzania powietrza. Podobnie jak w przypadku systemu doprowadzania powietrza próba zapewnienia wydajności odprowadzania powietrza wyższej niż 189 litrów/s na jedną szafę przez dłuższy czas wymaga zastosowania specjalnej konstrukcji gwarantującej odpowiednią wydajność i nadmiarowość systemu.

Utrzymywanie gorącego powietrza wylotowego z dala od wlotu powietrza urządzenia

Najkrótszą drogą, którą powietrze może trafić do wlotów urządzeń komputerowych, jest droga recykulacji prowadząca od wylotu powietrza danego urządzenia. Zasadniczym elementem projektowania centrum przetwarzania danych jest zapewnienie, aby drogi doprowadzania powietrza chłodnego i drogi odprowadzania gorącego powietrza wylotowego dominowały nad tą niepożądaną drogą recykulacji. Wymaganie to stanowi szczególne wyzwanie w przypadku środowisk o wysokiej gęstości, ponieważ wysokie prędkości strumienia powietrza muszą pokonywać opory systemów dystrybucji i recykulacji powietrza. Zaślepki, opisane później w niniejszym dokumencie, to skuteczny sposób uzyskania recykulacji wewnątrz szafy. Zagadnienie to oraz inne metody uzyskiwania recykulacji omawiane są bardziej szczegółowo w dokumencie White Paper 49, *Avoidable Mistakes that Compromise Cooling Performance in Data Centers and Network Rooms (Błędy obniżające wydajność chłodzenia w centrach danych i serwerowniach oraz sposoby ich uniknięcia)*.



Link do zasobu
White Paper 49

Błędy obniżające wydajność chłodzenia w centrach danych i serwerowniach oraz sposoby ich uniknięcia

Realizacja wszystkich tych funkcji w nadmiarowy i nieprzerwany sposób

W centrum przetwarzania danych o wysokim poziomie dostępności urządzenia muszą zachować ciągłość pracy w trakcie planowanych i nieplanowanych okresów wyłączenia agregatów systemu klimatyzacji. Oznacza to, że w przypadku wyłączenia pojedynczego agregatu muszą istnieć nadmiarowe systemy chłodzenia. W tradycyjnej konstrukcji centrum przetwarzania danych wiele agregatów systemu klimatyzacji zasila wspólną przestrzeń pod podwyższoną podłogą lub napowietrzną komorę sprężonego powietrza, która z założenia zbiera powietrze wychodzące ze wszystkich agregatów i zapewnia równomierne ciśnienie w całej komorze dystrybucji powietrza. System jest zaprojektowany tak, aby w razie wyłączenia dowolnego agregatu spełniać wymagania dotyczące przepływu powietrza i chłodzenia.

W przypadku gdy eksploatacyjna gęstość mocy tradycyjnych centrów danych zostanie zwiększona, przepływ powietrza w komorach sufitowych zwiększy się i podstawowe

założenia dotyczące działania współdzielonego systemu komór będą zagrożone. Wyłączenie pojedynczego agregatu systemu klimatyzacji może spowodować radykalną zmianę lokalnych prędkości strumieni powietrza wewnątrz komory sprężonego powietrza. W wyniku efektu Venturiego przepływ powietrza przez pojedyncze płytki podłogowe może nawet zmienić kierunek i spowodować wtłaczanie powietrza w podłogę. Wraz ze zwiększaniem się gęstości mocy działanie systemu chłodzenia w warunkach awaryjnych staje się mniej przewidywalne. Z tych powodów instalacje o wysokiej gęstości są często poddawane symulacjom przy użyciu metod numerycznych (obliczeniowa dynamika płynów) w celu zapewnienia nadmiarowości.

W środowisku o wysokiej gęstości zagrożona jest również koncepcja ciągłego chłodzenia. Tradycyjne centrum danych zasilane jest rezerwowo z generatora dodatkowego, a nie z systemu UPS. W przeciętnym centrum przetwarzania danych opóźnienie załączenia generatora jest dopuszczalne, ponieważ niezbędna do uruchomienia generatora przerwa w chłodzeniu i dostawie powietrza przez 5–20 sekund powoduje wzrost temperatury najwyżej o 1°C (1,8°F). Jednak w przypadku gdy zainstalowane są urządzenia o wysokiej gęstości rzędu 18 kW na szafę, wzrost temperatury powietrza podczas typowego opóźnienia spowodowanego uruchamianiem generatora osiągnąłby niedopuszczalny poziom rzędu 8-30°C (14-54°F). Z tego względu w przypadku instalacji o wysokiej gęstości w celu zapewnienia ciągłego chłodzenia konieczne staje się utrzymywanie stałej pracy wentylatorów i pomp, a w niektórych przypadkach nawet agregatów systemu klimatyzacji. Stanowi to podstawowy składnik kosztów i główną barierę na drodze do wdrażania środowisk obliczeniowych o wysokiej gęstości.

Pięć strategii wdrażania szaf i serwerów kasetowych o wysokich gęstościach mocy

Istnieje pięć podstawowych sposobów wdrażania obudów i serwerów kasetowych o wysokich gęstościach mocy:

1. Rozkładanie obciążenia. Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej oraz rozproszenie elementów projektowanych szaf, których obciążenie przekracza przeciętną wartość projektową, przez rozdzielenie tych urządzeń pomiędzy wiele obudów szaf.
2. Chłodzenie „pożyczane” oparte na regułach. Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej oraz zastosowanie reguł umożliwiających szafom o wysokich gęstościach przejęcie niewykorzystanej wydajności chłodzenia szaf sąsiednich.
3. Chłodzenie dodatkowe. Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej, a w razie konieczności zastosowanie dodatkowych urządzeń chłodzących do chłodzenia szaf o gęstościach większych od przeciętnej wartości projektowej.
4. Dedykowane strefy o dużej gęstości. Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej, wydzielenie w obrębie tego pomieszczenia specjalnego, ograniczonego obszaru o wyższej wydajności chłodzenia i zawężenie do tego obszaru lokalizacji szaf o wysokich gęstościach mocy.
5. Chłodzenie całego pomieszczenia. Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia dowolnej szafy, w tym szafy o maksymalnej możliwej gęstości mocy zasilania.

Każde z tych rozwiązań zostanie po kolei omówione wraz z jego zaletami i wadami.

Metoda 1: rozkładanie obciążenia

Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej oraz rozproszenie elementów projektowanych szaf, których obciążenie przekracza przeciętną wartość projektową, przez rozdzielenie tych urządzeń pomiędzy wiele obudów szaf.

Jest to najpopularniejsze rozwiązanie wykorzystujące urządzenia o wysokich gęstościach w obecnych centrach danych. Na szczęście nie wszystkie serwery typu 1U oraz serwery kasetowe muszą być instalowane w taki sposób, aby wypełnić obudowę szafy. Mogą zostać rozproszone po wielu szafach. Dzięki rozdzieleniu urządzeń między szafami, żadna szafa nie przekroczy projektowanej gęstości mocy i w rezultacie wydajność chłodzenia będzie przewidywalna.

Należy zauważyć, że w przypadku rozproszenia urządzeń pomiędzy wieloma szafami, wewnątrz tych szaf pozostanie znaczna ilość niewykorzystanego miejsca w pionie. Miejsce to należy wypełnić zaślepkami, aby nie dopuścić do obniżenia wydajności chłodzenia, co opisano w dokumencie White Paper 44, *Improving Rack Cooling Performance Using Blanking Panels* (Stosowanie paneli zaślepiających w celu poprawy wydajności chłodzenia szaf serwerowych). Przykład modułowego zatrzaskowego panelu zaślepiającego zaprojektowanego do zamykania szaf przedstawiono na **rysunku 5**.

Link do zasobu
White Paper 44

Stosowanie paneli
zaślepiających w celu
poprawy wydajności
chłodzenia szaf serwerowych

Rysunek 5

Przykład modułowego
zatrzaskowego panelu
zaślepiającego do szaf
zaprojektowanego do
masowego wykorzystania
w centrach danych do
kontrolowania przepływu
powietrza (APC # AR8136BLK)



Szczegółowe informacje
na temat funkcji
zatrzaskiwania



Potrzeba rozproszenia urządzeń o wysokiej gęstości pomiędzy wieloma szafami podyktowana jest często czynnikami innymi niż chłodzenie. Dostarczenie wymaganej liczby źródeł zasilania i danych do szafy może nie być możliwe lub wskazane z praktycznego punktu widzenia, a w przypadku serwerów 1U okablowanie w tylnej części obudowy może w znaczącym stopniu blokować przepływ powietrza, a nawet uniemożliwić zamknięcie tylnych drzwi.

Metoda 2: chłodzenie „pożyczane” oparte na regułach

Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej oraz zastosowanie reguł umożliwiających szafom o wysokich gęstościach przejęcie niewykorzystanej wydajności chłodzenia szaf sąsiednich.

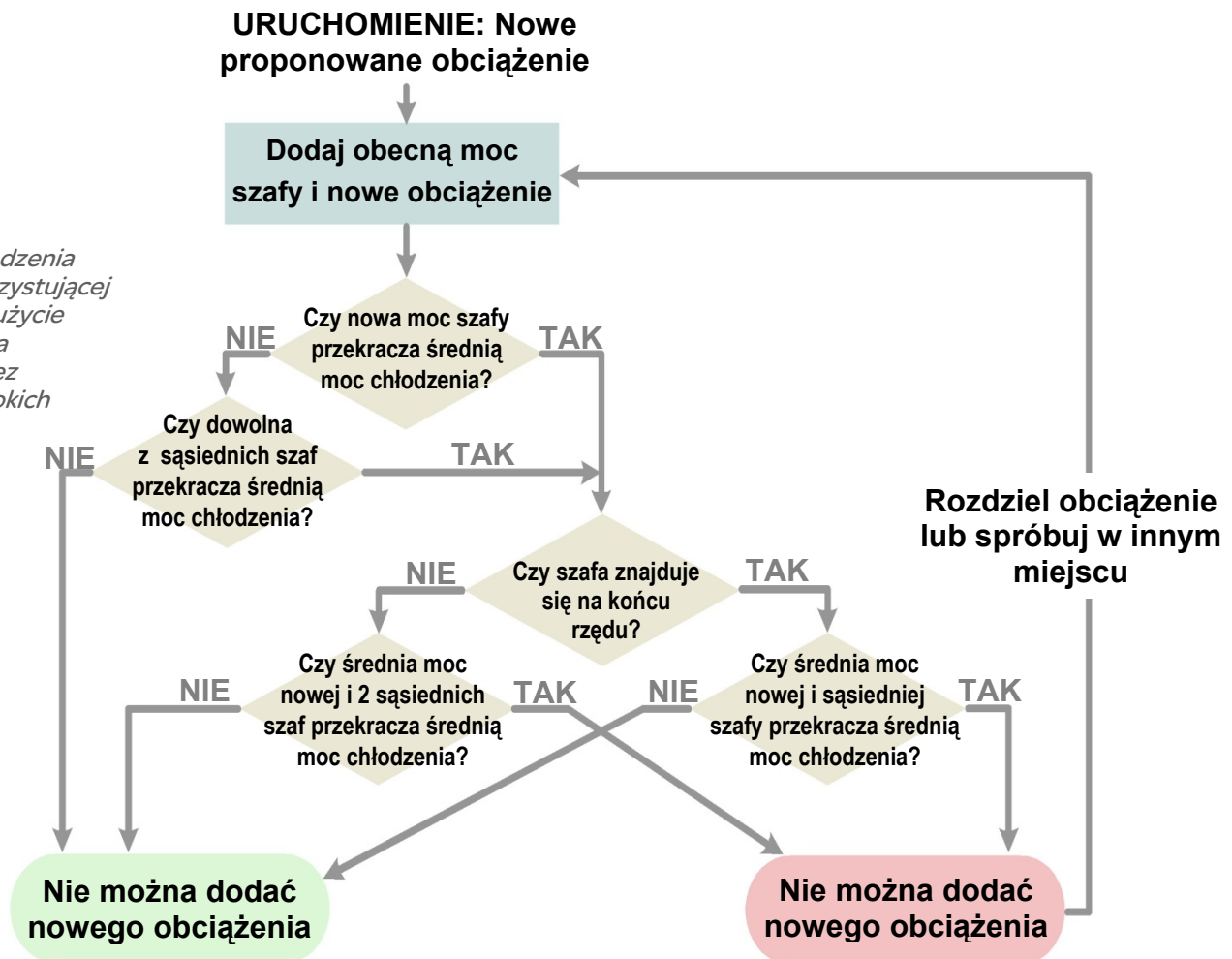
To darmowe rozwiązanie jest często stosowane, lecz rzadko dokumentowane. To podejście wykorzystuje fakt, że niektóre szafy pobierają mniej mocy zasilania niż wynosi średnia wartość projektowa. Zdolność do dostarczania i odprowadzania powietrza chłodzącego,

która była dostępna dla niewykorzystanych szaf, będzie teraz dostępna dla innych szaf znajdujących się w pobliżu. Prosta zasada mówiąca, żeby „nie umieszczać obok siebie szaf o wysokich gęstościach”, przynosi pewien korzystny efekt, można jednak zastosować także bardziej wyrafinowane reguły, które pozwolą wiarygodnie i przewidywalnie zapobiec sytuacji, w której chłodzenie szafy przekraczałoby ponad dwukrotnie średnią wartość projektową. Zasady te można określić poprzez strategię i zgodność potwierdzoną przez monitorowanie poboru mocy na poziomie szafy. To zadanie można zautomatyzować, wykorzystując system zarządzania, np. ISX Manager firmy Schneider Electric. Automatyzacja tego zadania będzie coraz bardziej istotna w miarę wprowadzania nowych urządzeń komputerowych, których pobór mocy zmienia się w czasie.

Przykład skutecznej zasady, która mogłaby zostać wdrożona w ramach tej metody, przedstawiono na **rysunku 6**. Ta zasada byłaby stosowana przy wdrażaniu nowych urządzeń do ustalania, czy nie spowoduje to przekroczenia zakresu wydajności danego systemu chłodzenia. W ramach tej zasady wydajność chłodzenia niewykorzystana przez bezpośrednio sąsiadujące obudowy jest dostępna do chłodzenia szafy urządzeń, co sprawia, że w przypadku gdy wydajność chłodzenia sąsiednich szaf nie jest wykorzystana, maksymalna gęstość mocy na obudowę może trzykrotnie przekraczać przeciętną moc chłodzenia pomieszczenia. W typowych centrach przetwarzania danych może to być bardzo skuteczny sposób realizacji szaf o wysokich gęstościach, ponieważ często znaleźć można sąsiadujące z nimi obudowy, które nie wykorzystują dostępnej wydajności chłodzenia.

Rysunek 6

Przykład metody chłodzenia „pożyczanego” wykorzystującej zasady przewidujące użycie wydajności chłodzenia niewykorzystanej przez sąsiednie szafy o wysokich gęstościach

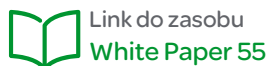


Metoda 3: chłodzenie dodatkowe

Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej oraz zastosowanie dodatkowych urządzeń chłodzących do chłodzenia szaf o gęstościach większych od przeciętnej wartości projektowej.

To rozwiązanie wymaga zazwyczaj, aby instalacja była z góry zaplanowana z uwzględnieniem możliwości wykorzystania w razie potrzeby dodatkowych urządzeń chłodzących. W przypadku gdy pomieszczenie zaplanowano w ten sposób, dodatkowe chłodzenie szaf można zrealizować, stosując wiele różnych technik. Należą do nich:

- instalacja specjalistycznych płytek podłogowych (typu kratka) lub wentylatorów zwiększających przepływ chłodnego powietrza z systemu klimatyzacji do obudowy
- instalacja specjalistycznych kanałów powrotnych lub wentylatorów do odprowadzania gorącego powietrza wylotowego z obudowy do systemu klimatyzacji
- instalacja specjalnych szaf lub urządzeń chłodzących montowanych w szafach o możliwościach zapewnienia wymaganego chłodzenia bezpośrednio w szafie



Link do zasobu
White Paper 55

Rozwiązanie dystrybucji powietrza w przypadku obiektów o kluczowym znaczeniu

Metody te opisano w dokumencie *White Paper 55 Rack Air Distribution Architecture for Mission Critical Facilities (Rozwiązanie dystrybucji powietrza w przypadku obiektów o kluczowym znaczeniu)*. Metody te stały się dopiero niedawno dostępne i obecnie nie są jeszcze wdrożone w znaczącej liczbie centrów przetwarzania danych. Oferują one jednak znaczną elastyczność i przy odpowiednim planowaniu nie muszą zostać zakupione i zainstalowane, aż do chwili, kiedy staną się potrzebne.

Metoda 4: dedykowana strefa o dużej gęstości

Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia szaf o przeciętnych gęstościach mocy niższych od gęstości maksymalnej, wydzielenie w obrębie tego pomieszczenia specjalnego, ograniczonego obszaru o wyższej wydajności chłodzenia i zawężenie do tego obszaru lokalizacji szaf o wysokich gęstościach mocy.

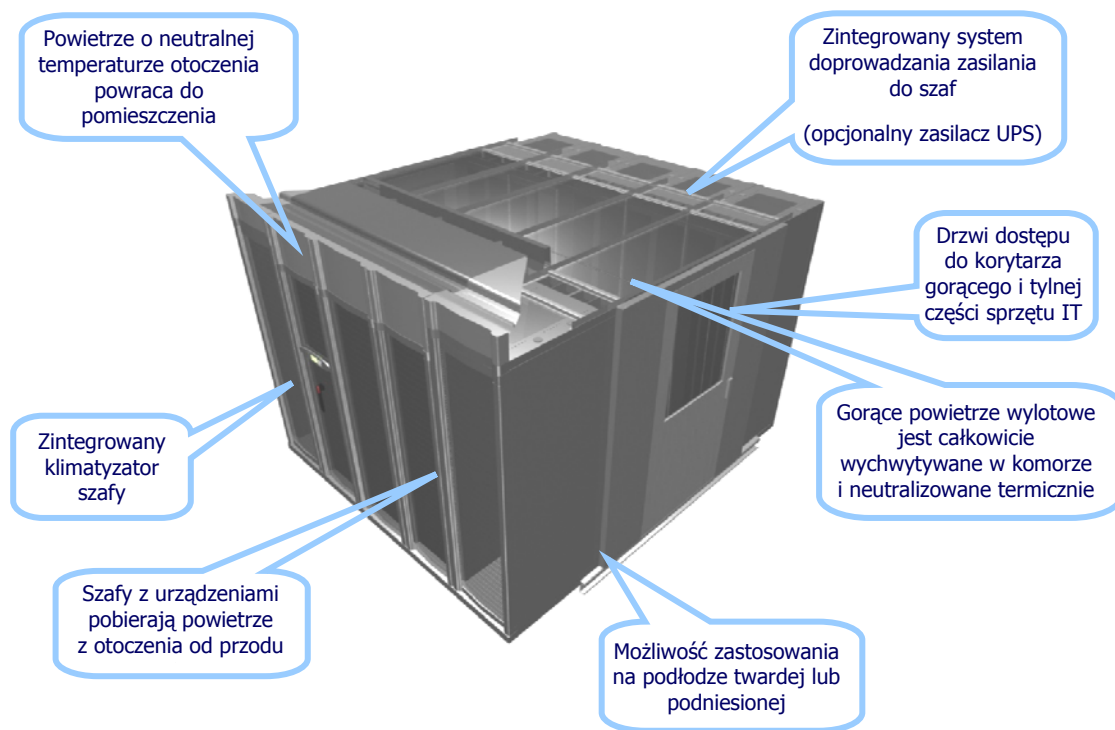
Metoda ta wymaga wiedzy odnośnie szaf o wysokiej gęstości. Musi również istnieć możliwość odseparowania tych obudów do specjalnie wydzielonego miejsca. Spełnienie tych warunków pozwala na optymalne wykorzystanie miejsca. Niestety informacje na temat szaf o wysokich gęstościach nie są zazwyczaj dostępne. Z tego powodu dla wielu użytkowników ta opcja nie jest dostępna.

Jeśli można określić specjalny obszar wysokiej gęstości, istnieje możliwość zainstalowania specjalnych technologii wysokiej gęstości w celu zapewnienia przewidywalnej mocy i wydajności chłodzenia dla tego obszaru. Jeśli gęstość mocy przekracza 10 kW na szafę, nieprzewidywalność przepływu powietrza stanie się głównym problemem. Technologie umożliwiające rozwiązanie tego problemu oparte są na zasadzie skracania trasy przepływu powietrza pomiędzy systemem chłodzenia a szafą.

Przykładem modułowego systemu zasilania i chłodzenia o wysokiej gęstości dla klastra szaf o wysokiej gęstości jest rozwiązanie InfraStruXure HD widoczne na **rysunku 7**. System ten wykorzystuje klastr szaf IT wraz z systemem klimatyzacji o wysokiej gęstości oraz systemem doprowadzania zasilania o wysokiej gęstości w jednostkach złożonych i przetestowanych w fabryce.

Rysunek 7

Przykład modułowego systemu zasilania i chłodzenia dla dedykowanego obszaru wysokiej gęstości w centrum danych. Moduły składające się z 2-12 szaf IT, o mocy 20 kW na szafę.



System widoczny na **rysunku 7** składa się z szaf IT w układzie korytarza gorącego/korytarza zimnego. Kluczową zasadą działania tego systemu jest przechwytywanie całości gorącego powietrza wydmuchiwanego ze sprzętu IT poprzez zamknięcie korytarza gorącego i natychmiastowe schłodzenie go za pomocą zamontowanego w szafie klimatyzatora. Przechwytywanie gorącego powietrza w połączeniu ze skróconą trasą powietrza umożliwia chłodzenie o bardzo wysokiej gęstości i zapewnia wysoką wydajność systemu. Systemu działa w pełni niezależnie od miejsca pracy (nawet w lokacjach, gdzie dostępna jest tylko klimatyzacja standardowa) i może być instalowany bez stosowania podwyższonej podłogi.

Rozwiązania polegające na ustawianiu obok siebie szaf o wysokiej gęstości i wykorzystywaniu specjalnych technologii dla wysokich gęstości są zalecane, gdy wymagane jest ulokowanie szaf o wysokiej gęstości w jednym miejscu. **Wszelkie inne dostępne rozwiązania wymagają w określonym stopniu rozproszenia urządzeń o wysokiej gęstości mocy.**

Metoda 5: chłodzenie całego pomieszczenia.

Zapewnienie w pomieszczeniu możliwości zasilania i chłodzenia dowolnej szafy, w tym szafy o maksymalnej możliwej gęstości mocy zasilania.

Teoretycznie jest to najprostsze rozwiązanie, nie jest ono jednak nigdy wdrażane, ponieważ w centrach przetwarzania danych występuje zawsze znaczne zróżnicowanie wartości mocy zasilania przypadających na jedną szafę i projektowanie systemu pod kątem najgorszego przypadku jest w rezultacie nieekonomiczne i bardzo kosztowne. Co więcej, zaprojektowanie systemu pod kątem całkowitej gęstości mocy na jedną szafę przekraczającej 6 kW wymaga złożonej konstrukcji i analizy. Zastosowanie tego podejścia byłoby logiczne tylko w wyjątkowej sytuacji.

Podsumowanie

Zalety i wady pięciu sposobów zapewnienia chłodzenia szaf o wysokich gęstościach streszczono w **tabeli 2**.

Tabela 2

Zastosowanie pięciu sposobów rozwiązania problemu chłodzenia szaf o wysokich gęstościach

Podjęcie	Zalety	Wady	Zastosowanie
1 Rozprosz obciążenie Rozdziel sprzęt między obudowami, aby ograniczyć maksymalne obciążenie	Można zastosować wszędzie, brak konieczności planowania Zasadniczo „za darmo” w wielu przypadkach	Urządzenia o wysokiej gęstości należy oddalić od siebie jeszcze bardziej niż w podejściu 2 Zajmuje większą powierzchnię Może powodować problemy z kablami do transmisji danych	Istniejące centra danych w przypadku, gdy urządzenia o wysokiej gęstości stanowią niewielki ułamek całkowitego obciążenia
2 Chłodzenie „pożyczane” Zapewnij przeciętnej wydajności chłodzenia z regułami umożliwiającymi „pożyczanie” niewykorzystanej mocy	Nie są wymagane nowe urządzenia Zasadniczo „za darmo” w wielu przypadkach	Ograniczenie do około dwukrotnej projektowanej gęstości mocy Zajmuje większą powierzchnię Wymaga wprowadzenia w życie skomplikowanych reguł	Istniejące centra danych w przypadku, gdy urządzenia o wysokiej gęstości stanowią niewielki ułamek całkowitego obciążenia
3 Chłodzenie dodatkowe Zapewnij przeciętnej wydajności chłodzenia z możliwością zastosowania dodatkowych urządzeń chłodzących	Wysoka gęstość tam, gdzie jest potrzeba i kiedy jest potrzeba Odłożone koszty inwestycyjne Wysoka wydajność Dobre wykorzystanie powierzchni	Ograniczenie do około 10 kW na szafę Szafy i pomieszczenie muszą być zaprojektowane z wyprzedzeniem, aby umożliwić zastosowanie tego podejścia	Nowe konstrukcje lub modernizacje Środowisko mieszane Nieznana lokalizacja urządzeń o wysokiej gęstości
4 Obszar o wysokiej gęstości Utwórz wewnątrz centrum danych specjalny rząd lub strefę o dużej gęstości	Maksymalna gęstość Optymalne wykorzystanie powierzchni Urządzenia o wysokiej gęstości nie muszą być oddalone od siebie Wysoka wydajność	Konieczność zaplanowania z wyprzedzeniem obszaru o wysokiej gęstości lub zarezerwowania dla niego miejsca Konieczność oddzielenia urządzeń o wysokiej gęstości od pozostałych	Gęstość 10–25 kW na szafę Jeśli urządzenia o wysokiej gęstości mają być umieszczone razem Nowe konstrukcje lub modernizacje
5 Całe pomieszczenie Zapewnij wydajność chłodzenia urządzeń o wysokiej gęstości dla każdej szafy	Przygotowanie na wszystkie przyszłe scenariusze	Najwyższe koszty inwestycyjne i operacyjne nawet 4 razy wyższe niż przy metodach alternatywnych Może prowadzić do skrajnego niewykorzystania kosztownej infrastruktury	Rzadkie i wyjątkowe przypadki dużych farm urządzeń o wysokiej gęstości z bardzo ograniczoną przestrzenią fizyczną

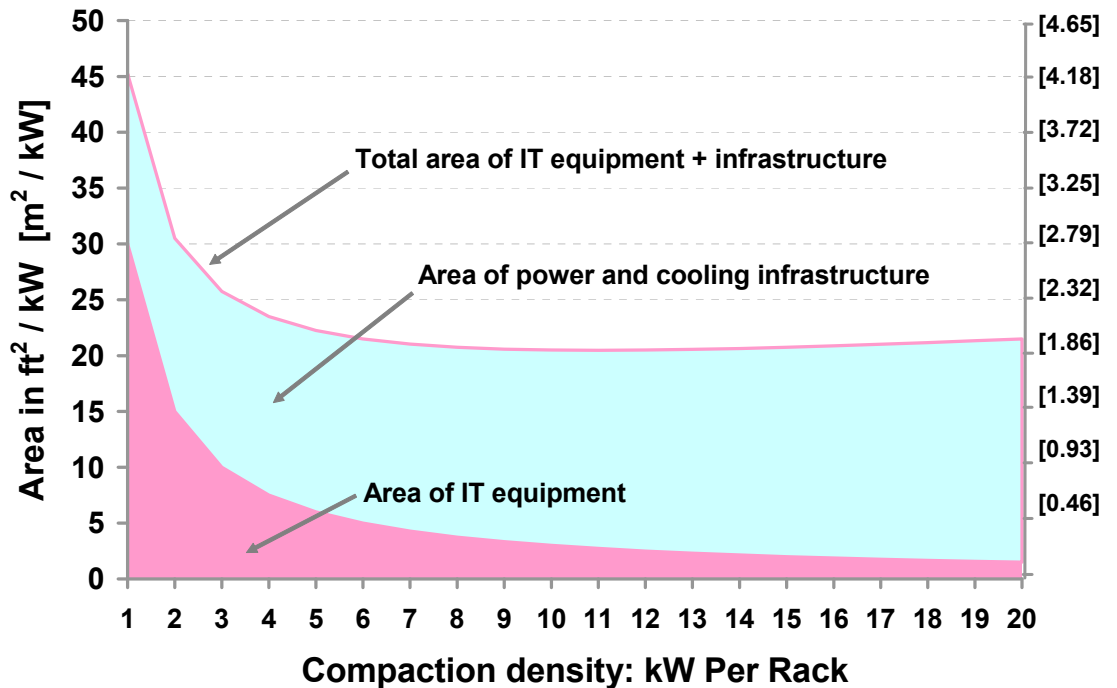
Stopień zintegrowania

W poprzednich punktach wskazano kilka kłopotliwych barier związanych z kosztami, złożonością oraz niezawodnością dotyczących instalacji o wysokich gęstościach mocy. Aby w centrum przetwarzania danych móc wdrożyć urządzenia o wysokiej gęstości, problemy te należy przezwyciężyć. Mimo to prognozy pojawiające się w publikacjach branżowych najczęściej mówią o tym, że zwiększanie stopnia zintegrowania centrów przetwarzania danych jest nieuniknione i że proces ten jest w toku z powodu związanych z nim oszczędności w kosztach i przestrzeni. Dane sugerują, że zwiększanie zintegrowania poprzez zwiększanie gęstości bez istotnej redukcji poboru mocy jest nieekonomiczne.

Rysunek 8 przedstawia wykres powierzchni centrum przetwarzania danych przypadającej na 1 kW w funkcji gęstości mocy zasilania urządzeń komputerowych. Wraz ze wzrostem gęstości mocy zasilania urządzeń komputerowych spada powierzchnia budynku przeznaczona na te urządzenia, co pokazuje dolna krzywa. Taki spadek nie dotyczy jednak powierzchni budynku przeznaczonej na infrastrukturę zasilania i chłodzenia. Po przekroczeniu gęstości mocy zasilania około 2,5 kW na szafę obszar zajmowany przez urządzenia zasilające i chłodzące przewyższa obszar zajmowany przez urządzenia komputerowe. **W rezultacie upakowanie większe niż około 4–5 kW na szafę nie powoduje w rzeczywistości dalszego zmniejszania całkowitej zajmowanej powierzchni.**

Rysunek 8

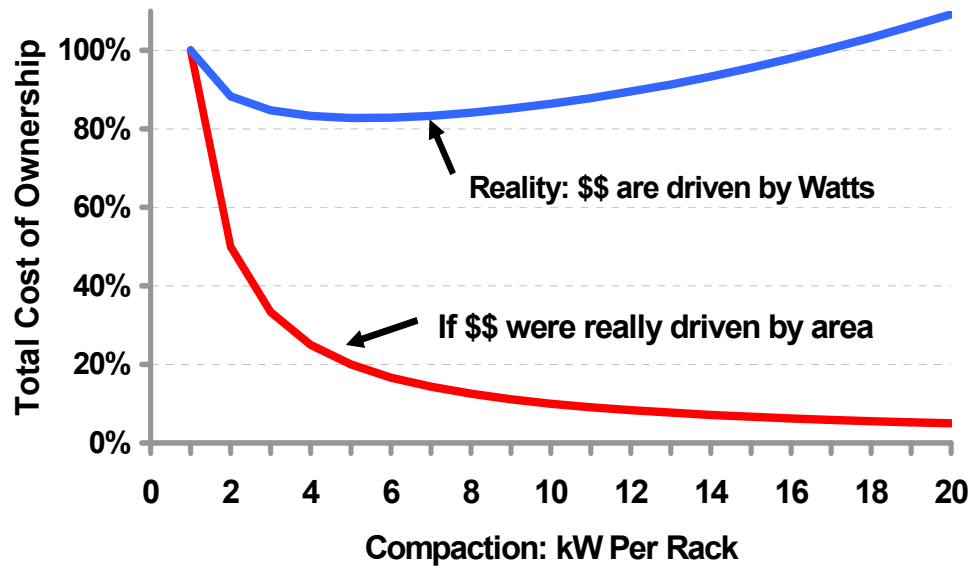
Powierzchnia centrum przetwarzania danych przypadająca na 1 kW mocy w funkcji gęstości mocy szafy



Funkcjonuje milczące i szeroko rozpowszechnione przekonanie, że podstawową przesłanką do zwiększania zintegrowania jest to, że koszty centrum przetwarzania danych są zależne od zajmowanej powierzchni, a więc zmniejszanie powierzchni poprzez zintegrowanie zredukuje te koszty. **Rysunek 9** przedstawia wykres całkowitego kosztu posiadania (TCO) centrum przetwarzania danych w funkcji gęstości mocy urządzeń komputerowych. Powszechnie oczekuje się, że wraz ze wzrostem gęstości urządzeń komputerowych całkowity koszt posiadania (TCO) zmniejszy się proporcjonalnie, jak pokazuje to dolna krzywa na wykresie. W rzeczywistości jednak 75% kosztów eksploatacji centrum przetwarzania danych pochodzi od zasilania, a jedynie 25% kosztów związanych jest z powierzchnią. Co więcej koszty przypadające na 1 W mocy zwiększają się wraz ze wzrostem gęstości mocy z powodu czynników, które opisano wcześniej. **W konsekwencji całkowite koszty posiadania nie zmniejszają się istotnie wraz ze wzrostem gęstości mocy, a wręcz wzrastają po przekroczeniu optymalnej wartości gęstości mocy, która wynosi około 6 kW na obudowę.**

Rysunek 9

Wahania całkowitego kosztu posiadania (TCO) centrum przetwarzania danych w funkcji gęstości mocy szafy



Korzyści ze wzrostu gęstości mocy zasilania urządzeń komputerowych są niewielkie. Występują jednak istotne korzyści z obniżania poboru mocy urządzeń komputerowych, ponieważ, jak pokazano we wcześniejszych punktach, pobór mocy ma silny wpływ zarówno na powierzchnię, jak i na całkowity koszt eksploatacji (TCO) centrum przetwarzania danych. W tabeli 3 pokazano, jak dalsze redukcje poboru mocy i rozmiaru urządzeń komputerowych wpływają na powierzchnię i całkowity koszt posiadania centrum przetwarzania danych. Porównując z typowym przypadkiem odniesienia redukcje poboru mocy dają znacznie większe korzyści niż proporcjonalne redukcje rozmiaru.

Tabela 3

Oszczędności w powierzchni i w całkowitym koszcie posiadania wynikające ze zmniejszenia rozmiaru i poboru mocy urządzeń komputerowych

Udoskonalenie urządzeń komputerowych	Oszczędności w powierzchni	Oszczędności w całkowitym koszcie eksploatacji	Analiza
zmniejszenie rozmiaru o 50%, taki sam pobór mocy	14%	4%	Oczekiwane oszczędności w powierzchni nie zostają osiągnięte, ponieważ dominuje powierzchnia systemu zasilania i chłodzenia Oczekiwane oszczędności w całkowitym koszcie eksploatacji nie zostają osiągnięte, ponieważ na koszt eksploatacji w przeważającej części składają się koszty związane z zasilaniem
zmniejszenie poboru mocy o 50%, taki sam rozmiar	26%	35%	Znaczne oszczędności w powierzchni wynikają z ograniczenia przestrzeni zajmowanej przez systemy chłodzenia i zasilania Znaczne oszczędności w całkowitym koszcie eksploatacji, ponieważ na koszt eksploatacji w przeważającej części składają się koszty związane z zasilaniem

Ze względu na współdzielone systemy zasilania i chłodzenia serwery kasetowe pozwalają na osiągnięcie 20-40% redukcji zużycia energii elektrycznej w porównaniu z serwerami konwencjonalnymi o równoważnej mocy obliczeniowej. Oszczędności te przekładają się

na znaczące obniżenie całkowitego kosztu posiadania, ponieważ są one w głównej mierze uzależnione od kosztów zasilania, a nie przestrzeni zajmowanej przez sprzęt IT.

Wbrew powszechnemu przekonaniu, główna korzyść w zakresie całkowitego kosztu posiadania związana z infrastrukturą fizyczną centrum danych dla serwerów kasetowych wynika z ich zmniejszonego zużycia energii, a NIE z faktu zajmowania mniejszej powierzchni. Serwerów kasetowych nie trzeba instalować z wysoką gęstością, aby uzyskać wspomniane korzyści z zakresu całkowitego kosztu posiadania.

Optymalna strategia chłodzenia

W oparciu o przedstawione w tym artykule informacje możliwe jest określenie spójnej strategii, która będzie optymalna w przypadku większości instalacji. Strategia ta stanowi kombinację opisanych wcześniej w niniejszym artykule podejść i została streszczona w **tabeli 4**.

Tabela 4

Praktyczna strategia optymalizacji chłodzenia w przypadku wdrażania urządzeń obliczeniowych o wysokiej gęstości

Udoskonalenie urządzeń komputerowych	Analiza
1) Pominąć fizyczne rozmiary urządzeń komputerowych i skoncentrować się na wydajności przypadającej na pobierany 1 W mocy	Jest to skuteczny sposób minimalizacji zajmowanej powierzchni i całkowitego kosztu posiadania.
2) Zaprojektować system w taki sposób, aby umożliwić późniejszą instalację dodatkowych urządzeń chłodzących	W obliczu niepewnych przyszłych wymagań umożliwia to późniejszą instalację dodatkowych urządzeń chłodzących (w razie potrzeby) w pracującym centrum przetwarzania danych.
3) Wybrać wartość odniesienia gęstości mocy dla nowych projektów z zakresu 40–100 W/stopę ² [0,4–1,1 kW/m ²], przy czym praktyczną wartością dla większości nowych projektów jest 80 W/stopę ² [0,9 kW/m ²] (średnio 2800 W na obudowę).	Należy wybrać wartość odniesienia gęstości mocy, aby zapobiec znacznym stratom z powodu zbyt dużych rozmiarów. Utrzymanie jej poniżej 100 W/stopę ² (1,1 kW/m ²) sprawia, że wydajność i nadmiarowość stają się przewidywalne
4) W przypadku, gdy udział urządzeń o dużej gęstości jest wysoki i przewidywalny, ustanowić i wyposażyć w obrębie centrum przetwarzania danych specjalne obszary o wysokiej gęstości z zakresu 100–400 W/stopę ² [1,1–4,3 kW/m ²] (3–12 kW na obudowę).	W przypadku gdy z góry wiadomo o potrzebie utworzenia obszaru o wysokiej gęstości, a rozproszenie obciążenia nie jest wykonywalne. Rozwiązanie takie może zwiększyć koszt, złożoność i czas wymagany na projektowanie centrum przetwarzania danych W strefach tych wykorzystywane będzie specjalny sprzęt do chłodzenia, a nie standardowa podwyższona podłoga.
5) Ustanowić strategię i zasady, które określać będą dopuszczalną moc dla każdej obudowy na podstawie jej położenia i sąsiadujących z nią urządzeń	Gdy zrozumienie założeń projektowych połączy się z monitorowaniem mocy, zastosowanie zasad w stosunku do instalacji nowych urządzeń może ograniczyć liczbę punktów aktywnych, pomóc zapewnić nadmiarowość chłodzenia, zwiększyć wydajność chłodzenia systemu i zredukować zużycie energii. Bardziej zaawansowane reguły i monitorowanie mogą pozwolić na wdrożenie wyższej gęstości mocy zasilania.
6) Stosować w razie potrzeby dodatkowe urządzenia chłodzące	Instalacja dodatkowych urządzeń chłodzących tam, gdzie potrzeba, i kiedy potrzeba, może zwiększyć wydajność chłodzenia obszaru centrum przetwarzania danych nawet trzykrotnie w stosunku do zakładanej w projekcie, umożliwiając instalację urządzeń o wysokiej gęstości.
7) Rozdzielić urządzenia, których nie można zainstalować zgodnie z regułami	To opcja o najniższym koszcie i najniższym ryzyku, lecz może wymagać znacznej ilości miejsca, jeśli udział urządzeń o wysokiej gęstości jest znaczący. Wielu użytkowników, którzy nie mają istotnych ograniczeń powierzchniowych, wybiera tę opcję jako swoją strategię podstawową.

Wnioski

Maksymalna gęstość mocy zasilania na szafę, którą odznacza się najnowsza generacja urządzeń komputerowych o wysokiej gęstości, jest około 10-krotnie wyższa od przeciętnej gęstości mocy w istniejących centrach danych. Tylko niewielka liczba szaf działających w obecnych centrach przetwarzania danych pracuje zaledwie na połowie tej maksymalnej gęstości mocy.

Dzisiejsze metody i konstrukcje centrów przetwarzania danych nie pozwalają na zapewnienie chłodzenia wymaganego przez urządzenia o tak wysokiej gęstości mocy z powodu ograniczeń systemów dostarczania i recyrkulacji powietrza, a także z powodu trudności w zapewnieniu nadmiarowości nieprzerwanego chłodzenia podczas przełączania zasilania na generator.

W przypadku gdy celem jest zmniejszenie powierzchni centrum przetwarzania danych oraz obniżenie całkowitego kosztu eksploatacji (TCO), klienci powinni skoncentrować się na zakupie urządzeń komputerowych na podstawie ich możliwości jakie przypadają na 1 W mocy zasilania i pominąć rozmiar fizyczny tych urządzeń. Taki niespodziewany wniosek wynika z faktu, że przy gęstościach mocy powyżej 60 W/stopę^2 ($0,6 \text{ kW/m}^2$) moc zasilania ma większy niż urządzenia komputerowe wpływ zarówno na całkowity koszt posiadania, jak i na obszar.

Istnieje wiele różnych rozwiązań umożliwiających skuteczne wdrożenie urządzeń obliczeniowych o wysokich gęstościach w tradycyjnych środowiskach. Chociaż projektowanie całych centrów przetwarzania danych pod kątem wysokich gęstości jest niepraktyczne, centra przetwarzania danych mogą umożliwiać ograniczoną instalację urządzeń o wysokiej gęstości przez zastosowanie dodatkowych systemów chłodzących, zastosowanie reguł pozwalających na przejście niewykorzystanej zdolności chłodzenia szaf sąsiednich i wreszcie przez rozproszenie obciążenia pomiędzy wieloma obudowami.

W przypadku gdy plany instalacji przewidują wysoki udział procentowy szaf o wysokich gęstościach, a rozproszenie urządzeń jest niewykonalne, jedyną alternatywą jest zapewnienie wysokiej zdolności chłodzenia dla wszystkich szaf. Niemniej jednak w celu zapewnienia wymaganego przepływu powietrza wysokość i powierzchnia wykorzystana w takim centrum przetwarzania danych będzie istotnie większa w porównaniu z typowymi konstrukcjami.

Pomimo występujących w publikacjach branżowych dyskusji na temat projektowanych gęstości mocy centrów przetwarzania danych rzędu 300–600 watów na stopę kwadratową ($3,2\text{--}6,5 \text{ kW/m}^2$), uzyskanie takich gęstości pozostaje nierealne z powodu wysokich kosztów i trudności w uzyskaniu wysokiej dostępności przy tych gęstościach. Obecne projekty centrów przetwarzania danych o wysokiej wydajności i wysokiej dostępności są przewidywalne i realne w zakresie $40\text{--}100 \text{ W/stopę}^2$ [$0,4\text{--}1,1 \text{ kW/m}^2$] (średnio $1,2\text{--}3 \text{ kW}$ na szafę), z możliwością sporadycznego podłączania urządzeń o gęstości wynoszącej do trzykrotnej wartości projektowej dzięki wykorzystaniu zróżnicowania obciążenia i zastosowaniu dodatkowych urządzeń chłodzących.

O autorze

Neil Rasmussen jest głównym wiceprezesem zespołu ds. innowacji w firmie Schneider Electric. Odpowiada za inwestycje technologiczne w ramach największego na świecie budżetu przeznaczonego na badania i rozwój zasilania, chłodzenia i infrastruktury szaf na potrzeby sieci o znaczeniu krytycznym.

Neil Rasmussen posiada 19 patentów związanych z centrami danych o wysokiej sprawności i gęstości oraz infrastrukturą systemów chłodzenia, a także opublikował ponad 50 dokumentów White Paper dotyczących systemów zasilania i chłodzenia (wiele z nich przetłumaczono na ponad 10 języków) — ostatnio z położeniem nacisku na poprawę wydajności energetycznej. Jest w wielu krajach znanym prelegentem na temat wysokowydajnych centrów danych. Obecnie Neil Rasmussen kieruje zaawansowanymi pracami, które mają na celu opracowanie infrastruktury centrów danych o wysokiej sprawności, gęstości i skalowalności, a także jest głównym architektem systemu InfraStruXure firmy APC-MGE.

Przed założeniem firmy APC w 1981 roku, Neil uzyskał tytuły inżyniera i magistra inżyniera elektrotechniki w Massachusetts Institute of Technology (MIT), gdzie napisał pracę naukową dotyczącą analizy zasilania 200 MW dla reaktora termojądrowego Tokamak. W latach 1979–1981 pracował w laboratoriach MIT Lincoln Laboratories nad systemami magazynowania energii opartymi na zastosowaniu kół zamachowych oraz systemami baterii słonecznych.



Zasoby

kliknij na ikonę, aby przejść do zasobów



Zamknięcie korytarza gorącego a zamknięcie korytarza zimnego

White Paper 135



Błędy obniżające wydajność

chłodzenia w centrach danych i serwerowniach oraz sposoby ich uniknięcia

White Paper 49



Stosowanie paneli zaślepiających w celu poprawy wydajności chłodzenia szaf serwerowych

White Paper 44



Rozwiązanie dystrybucji powietrza w przypadku obiektów o kluczowym znaczeniu

White Paper 55



Przejrzyj wszystkie dokumenty White Paper

whitepapers.apc.com



Wyszukaj wszystkie narzędzia TradeOff Tools™

tools.apc.com



Skontaktuj się z nami

Aby zapoznać się z opiniami i komentarzami na temat treści niniejszego dokumentu White Paper:

Data Center Science Center
DCSC@Schneider-Electric.com

W przypadku pytań dotyczących konkretnego centrum danych:

Skontaktuj się z przedstawicielem firmy **Schneider Electric**
www.apc.com/support/contact/index.cfm