



# Jak optimalizovat chlazení datových center

## How to Optimize Data Center Chilling

ING. VLADIMÍR HOUŠKA

**V** oblasti chlazení ICT technologií jsou v podstatě dvě hlavní téma: jak efektivně uchladit stále vyšší hustotu instalované techniky s koncentrovaným ztrátovým tepelným výkonem a – samozřejmě – jak to udělat co nejlevněji. Ke skutečné úspěšnému řešení je třeba znalost různých systémů, doplňků a schopnost vyjednat vhodnou kombinaci technologií. Navíc je důležitá i příprava na budoucí navýšování kapacit, protože u serveroven a datových center je stálý růst v podstatě nedílnou součástí jejich existence.

Zvyšování hustoty ICT technologií je běžnou praxí již řadu let, nicméně nároky s tím spojené jsou stále problémem pro řadu projektantů, dodavatelů i provozovatelů. Situaci samozřejmě dále komplikuje současný enormní tlak na cenu řešení. Nicméně při vhodné kombinaci zařízení a doplňkových aktivních i pasivních prvků lze dosáhnout potřebné účinnosti s přijatelnými náklady a zároveň vytvořit prostor pro budoucí rozvoj systému. V tomto článku se podíváme na osvědčené koncepce a klíčové prvky a doplňky systému chlazení ICT.

### Širší hlediska

Ke kvalitnímu návrhu chlazení serverovny je potřeba širší spektrum informací, než je její velikost a celkové ztrátové teplo, resp. příkon všech technologií. Kromě instalované tepelné zátěže musíme zmapovat její rozložení, především pak oblasti s vyšší hustotou technologií – jaký se např. plánuje maximální výkon na jeden stojan dnes a jaký se předpokládá za 2 až 3 roky. Ideální je, když má zákazník vypracovanou studii a interně připomínkováný, odsouhlasený návrh řešení, zahrnující předpokládaný rozvoj na pár let dopředu.

Pozornost je třeba věnovat i celkovým nákladům na vlastnictví (TCO), které sleduje stále více provozovatelů datových center a ve kterých hraje významnou roli právě systém chlazení – jak z hlediska pořizovacích cen, tak spotřeby energie. Ačkoliv se dnes většina organizací snaží maximálně šetřit, je třeba ukázat, že některé škrty v oblasti investičních nákladů budou znehodnoceny během roku či dvou zvýšenými náklady provozními.

**T**wo topics are principal within the sphere of chilling the ICT technology: how to chill effectively still higher density of installed hardware with concentrated heat power dissipation; and – of course – how to make it as cheap as possible. For actually successful solution we need knowledge of different systems, accessories, as well as the capability to negotiate a suitable technology combination. Furthermore, it is important to prepare for future capacity expansion, since for server rooms and data centers continuous growth is, in principle, an integral part of their existence.

Increase in density of ICT technologies represents usual practices for years already; nevertheless the requirements ensuing from it are still a problem for numerous designers, suppliers and/or users. Situation is, of course, complicated with contemporary enormous pressure to price for solution. Nevertheless, with suitable combination of the equipment, as well as additional active and passive elements, we may achieve needed efficiency with acceptable costs, creating also a possibility for future system development. In this paper we wish to discuss well-proven concept and key elements and accessories of ICT chilling system.

### Wider Objectives

High quality design of server room chilling requires wider spectrum of information, than its size and total heat power dissipation, let us say power input of all technologies. Except the installed thermal stress we have to map its distribution, especially zones of higher density of technologies – e.g. what maximum output is planned nowadays and what is planned after 2 to 3 years. Ideal situation is when customer has compiled a study and internally commented, approved solution proposal, involving expected development for following few years.

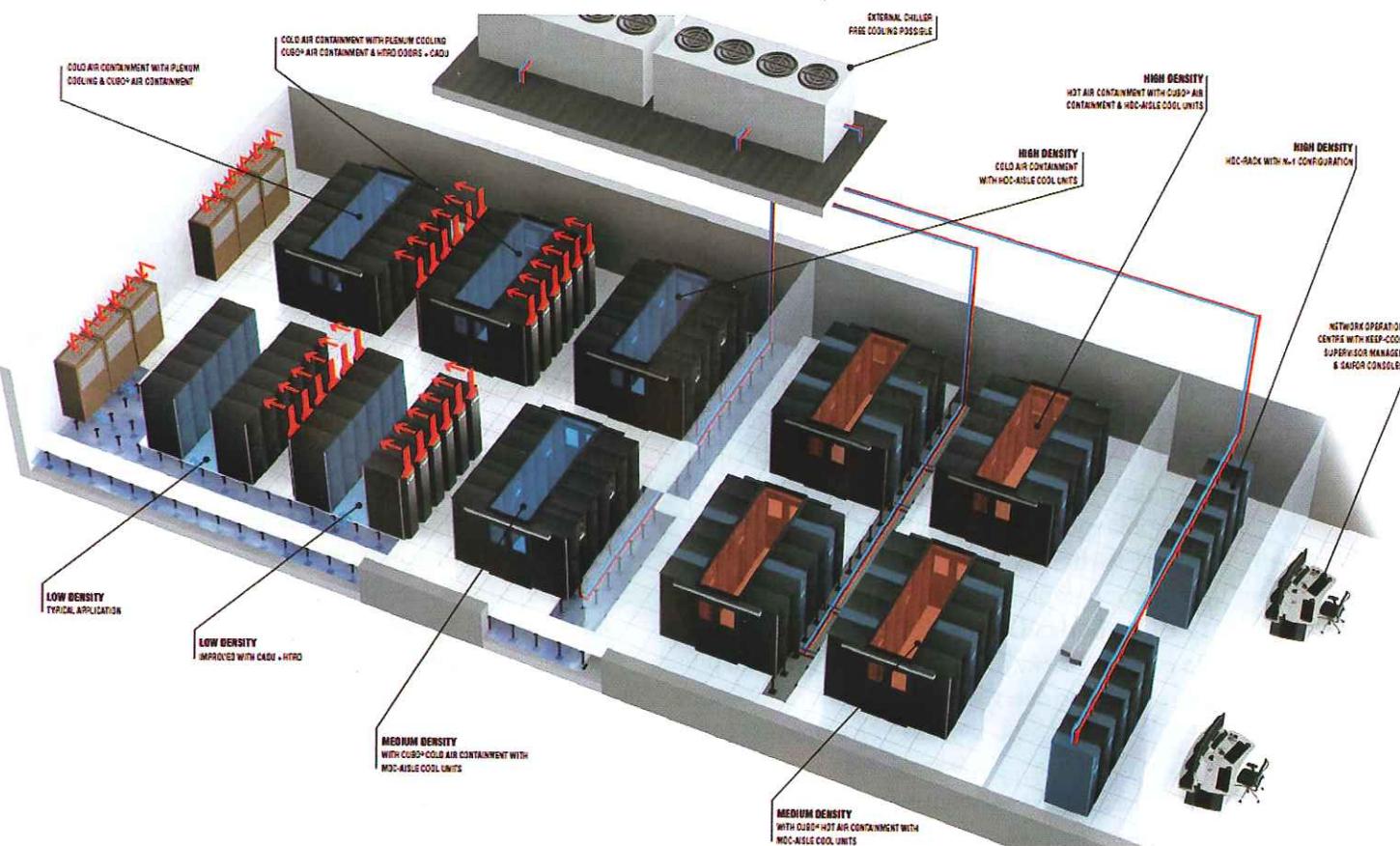
Attention must be paid also to total costs of ownership (TCO), which are controlled by more and more data center operators, and in which just chilling system plays an important role – both from the point of view of acquisition price and power consumption. Despite fact, that most of organizations try to save as much as possible, it is necessary to show that some cuts in capital



Protože jsou ICT technologie citlivé na výraznější výkyvy teploty, má zvláště u instalací s vyšší hustotou velký význam monitoring reálných průběhu teploty v různých místech, speciálně pak v horních partiích stojanů. A to jak pro návrh modernizace, tak i ladění zcela nových instalací. Pokud tedy řešíte modernizaci či posílení existujícího systému, snažte se zákazníka přesvědčit k provedení auditu zahrnujícího dlouhodobější měření průběhu teplot v kritických partiích. Pokud stavíte datacentrum nové, vyžádejte si instalaci čidél v bodech, které

investments could be deteriorated during one or two years thru increased operation costs.

Since ICT technologies are sensitive to more considerable temperature fluctuations, for higher density installations is of great significance monitoring of actual courses of temperature at different sites, especially in upper parts of racks. This is valid both for upgrade design and for tuning of quite new installation. In case that you solve upgrade and/or consolidation of existing system, strive to persuade the customer to perform



Obr. 1- Různé způsoby uspořádání techniky v datacentru - od stojanů s nízkou hustotou (vlevo) až po nejvyšší (vpravo)

Cold air containment with plenum – kontejnment studeného vzduchu s přetlakem

Cooling and Cubo Air Containment – vzduchový kontejnment chlazení a Cubo

Cold air containment with plenum cooling - kontejnment studeného vzduchu s přetlakovým chlazením

External chiller – externí chladič

Free cooling possible – možnost volného chlazení

High density – vysoká hustota

Cold air containment with HDC Aisle cool units - kontejnment studeného vzduchu s chladič jednotkou HDC Aisle

Hot air containment with CUBO air Containment with HDC Aisle cool units

kontejnment teplého vzduchu s CUBO vzduchovým kontejnmentem s chladič jednotkou HDC Aisle

HDC rack with No.1 configuration – stojan HDC s konfigurací 1

Network operation center with keep cool manager and SAIFOR consoles – síťové provozní centrum s manažerem udržování v chladu a konzolami SAIFOR

Medium density – střední hustota

With CUBO hot air containment with HDC Aisle cool units - s CUBO vzduchovým kontejnmentem teplého vzduchu s chladič jednotkou HDC Aisle

With CUBO cold air containment with HDC Aisle cool units - s CUBO vzduchovým kontejnmentem studeného vzduchu s chladič jednotkou HDC Výše

Low density – nízká hustota

Improved with CADU + HTRD

Typical application – typická aplikace

Fig. 1 – Different ways of instrument arrangement within data center – from low density racks (left) up to the highest (right)



vám posléze umožní vyladění a průběžnou optimalizaci systému.

### Přímé nebo nepřímé chlazení?

Každá instalace má své specifické nároky dané plánovaným provozem, architekturou technologií, stavební situací a řadou dalších faktorů. Nyní se pokusíme naznačit několik častějších situací a jejich osvědčené řešení.

S určitou mírou zjednodušení můžeme říci, že do tepelné zátěže 4 až 5 kW na rack stačí běžný rozvod chladného vzduchu prostřednictvím zdvojené podlahy. Zdvojená podlaha s obvodovými jednotkami má obecně výhodu ve vysoké flexibilitě, bezpečné vzdálenosti chladicích kapalin od elektronických zařízení a malém počtu servisovaných částí; nevýhodou je stavebně složitější instalace a snížení průhledu. K tomuto systému lze dle potřeby doplňovat v podstatě libovolné dále uváděné prvky.

U malých instalací nebo několika stojanů se střední nebo vyšší hustotou ICT technologií se zpravidla vyplatí použít chlazení přímé. Například společnost SAIFOR dodává jednotky mezirackového chlazení ve dvou výkonových řadách: řadu MDC do chladicího výkonu 17 kW (s průtokem vzduchu 2 750 m<sup>3</sup>/h při výstupní teplotě vzduchu 20°C a chlazené vodě 8°C) a řadu HDC do výkonu 36 kW (s průtokem 5 250 m<sup>3</sup>/h při výstupní teplotě vzduchu 22°C a chlazené vodě 12°C). V obou řadách najdeme jednotky s výfukem do prostoru uličky (modely ACU) a s výfukem přímo do sousedního nebo obou sousedních racků (modely RCU). Jednotky jsou samozřejmě vybaveny ventilátory s proměnnými otáčkami, vyšší verze s EC ventilátory s plynulým řízením a rozhraním pro systémy měření a regulace.

Poměrně oblíbeným řešením je koncentrovat klíčové technologie do několika stojanů s vysokou hustotou a přímým chlazením (někdy pod uzavřením) a všechny zbývající technologie, vč. záložních zdrojů, chladit pomocí zdvojené podlahy. Moderní stojan s vysokou hustotou, často osazený tenkými blade servery, může k udržení optimálního pracovního prostředí a vysoké spolehlivosti potřebovat při provozu na plný výkon 4000 až 5000 m<sup>3</sup> chlazeného vzduchu (pokračování na straně 18)

audit involving long-term measuring the temperature courses during temperatures in critical parts. If you are building new data center, require sensor installation in points, which subsequently would enable tuning and step-by-step system optimization.

### Direct or Indirect Chilling?

Each installation has its specific requirements given by planned operation, technology architecture, building situation, as well as numerous other factors. Now, we shall try to list several more frequent situations and their verified solutions.

With certain level of simplification we can say, that for heat stress of 4 to 5 kW per rack it is sufficient a standard distribution of cold air via doubled floor. Doubled floor with peripheral units has a general advantage of high flexibility, safe distance of the coolant from electronic equipment, and small number of serviced parts; while disadvantage more complicated installation from the building point of view as well as lowering the throughview. Below mentioned elements may be complemented arbitrarily to this system based on the need.

Direct chilling is advantageous for small installation and/or several racks featured with medium or higher density of ICT technologies, as a rule. For example SAIFOR delivers units of inter-rack chilling of two output series as follows: MDC series up to chilling output 17 kW (with air flow of 2,750 m<sup>3</sup>/h, with output air temperature of 20 °C and cooled water of 8 °C) and HDC series up to the output of 36 kW (with air flow of 5,250 m<sup>3</sup>/h, with output air temperature of 22 °C and cooled water of 12 °C). Both series involve units featured with exhaust toward the corridor (ACU models) and with the exhaust directly into neighboring rack(s) (RCU models). Of course, units are fitted with variable revolution fans, higher version with EC fans with continual control and interface for instrumentation and control.

Relatively popular solution covers concentration of key technologies into several high density racks and direct chilling (sometimes with closing the rack) and all residual technologies, including standby electric sources, chilling by means of double floor. Modern rack with a high density, being often fitted with slim blade (to be continued on page 18)



(pokračování ze strany 16)

za hodinu (při rozdílu vstupní a výstupní teploty vzduchu 15 K). Potřebný objem vzduchu musí být neustále k dispozici a hlavně – musí být rovnoměrně distribuován, aby byla zajištěna správná pracovní teplota i pro servery v horních partiích stojanu, kde bývají problémy s nedostatkem chladného vzduchu. Za tímto účelem vznikla řada řešení a „pomůcek“.

### Zvyšování efektivity pomocí uzavření a utěsnění

Jakmile je potřeba chladit větší počet racků s vysokou hustotou nebo výrazně zvýšit kapacitu a efektivitu existujícího systému, přichází na řadu uzavření studené nebo teplé uličky. V případě studené uličky jsou čelní, „nasávací“ strany serverů ve dvou souběžných řadách umístěny směrem k sobě a tato ulička je ze stran a někdy i seshora uzavřena. Perforovanými podlahovými dílci nebo mezirackovými jednotkami proudí 20°C až 22°C studený vzduch uzavřenou uličkou a přes ICT zařízení ven, do sousedních „horkých uliček“, kde může teplota dle aktuální zátěže serverů dosahovat kolem 35°C. Uzavření uličky brání mixování chladného vzduchu s teplým a dovede chladný vzduch až do horních partií stojanů.

Toto řešení se používá rovněž v situaci, kdy chceme zvýšit efektivitu provozu datového centra pomocí navýšení pracovní teploty serverů. Např. společnost Google dosahuje cíleným navýšením pracovní teploty (s přiznaným snížením životnosti serverů) v kombinaci s volným chlazením zhruba polovičních provozních nákladů svých datacenter, než je dnes obvyklé. Čím je vyšší teplota chladícího vzduchu, tím preciznější však musí být jeho distribuce.

Například již zmíněný SAIFOR nabízí modulární a škálovatelný systém fyzického oddělení studené či horké uličky Cubo®, který lze doplnit bezpečnostními dveřmi s řízením přístupu a biometrickou autentifikací, monitoringem, samozhášecím systémem atd. V nabídce jsou tři varianty uzavření uličky: SAIFOR Cubo® Active Hot air Containment (horká ulička, mezirackové chlazení), SAIFOR Cubo® Active Cold air Containment (studená ulička, mezirackové chlazení), SAIFOR Cubo® Cold air Containment (studená ulička, chlazení zdvojenou podlahou).

(continued from page 16)

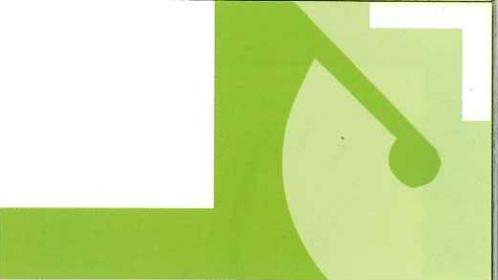
servers, may need for keeping the optimum working environment and high reliability level for operation with a full output of 4,000 to 5,000 m<sup>3</sup> of cooled air per hour (with the differential of inlet outlet air temperature of 15 K). Needed air volume must be available continuously and mainly – must be distributed equally, to ensure correct working temperature also for servers in upper parts of rack, where used to be problems of cooled air insufficiency. Numerous solutions and aids took place for this purpose.

### Increase in Efficiency thru Closing and Sealing

As soon as there is a need to chill numerous high density racks and/or to increase capacity and efficiency considerably for existing system, closing of cold or hot corridor. In case of cold corridor the front "suction" server sides in two parallel lines located each towards the other and this corridor is closed from all sides, sometimes even from above. Cold air of 20 °C to 22 °C temperature passes thru perforated floor units or inter-rack ones thru a closed corridor and via the ICT equipment out, into neighboring „hot corridors“, where the temperature, based on current server thermal stress, may achieve about 35 °C. Closing the corridor prevents mixing the cold air with hot one leading the cold air up to the upper parts of racks.

This solution is applied also in situation, when we wish to increase data center operational efficiency by means of raising the server working temperature. For example Google achieves approximately half decrease in usual operational costs thru targeted increase in working temperature (accompanied with admitted shortening of data center service life) in combination with free chilling. The higher is cooling air temperature, the more precise must be its distribution.

For example the above mentioned SAIFOR offers modular and scalable system of physical separation of Cubo® cold or hot corridors, which may be completed with safety door featured with controlled access and biometric authentication, monitoring, self-quenched system, etc. Three variants of closing the corridor are involved in the offer as follows: SAIFOR Cubo® Active Hot Air Containment (hot corridor, inter-rack chilling), SAIFOR Cubo® Active Cold Air Containment (cold corridor, inter-rack chilling), SAIFOR Cubo® Cold Air Containment (cold corridor, chilling thru doubled floor).



Pro méně citlivé instalace lze použít jednodušší a levnější řešení uzavření uličky AST Smart Corridor, které tvoří svislé izolační pásky z 3 mm silného průhledného PVC a střecha z polykarbonátu GE® Lexan, který vykazuje vyšší odolnost a tepelnou izolaci než sklo a umožňuje instalaci čidel a dalších prvků. Šířku konstrukce lze nastavit libovolně dle instalované techniky, výšku v rozmezí 37 U až 48 U.

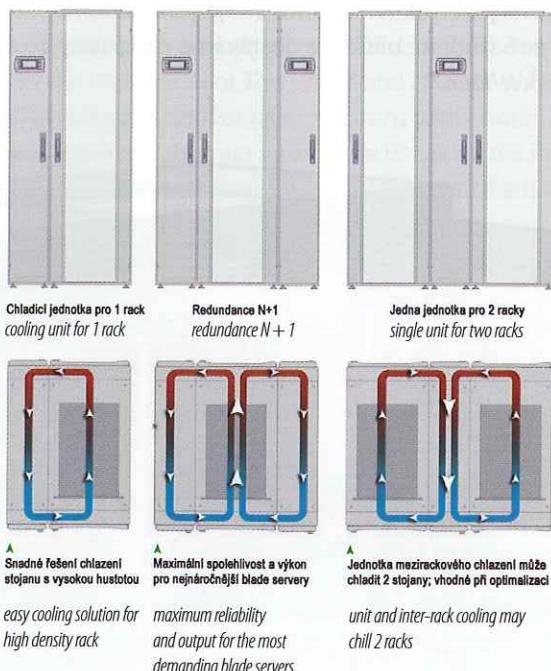
### Užitečné doplnky

Kromě výše popsaných, dá se říci, běžných řešení jsou k dispozici různé speciálnější produkty, které umožňují finančně výhodnou optimalizaci systému chlazení, jednoduché navýšení kapacity existujícího systému nebo dosažení jinak obtížně splnitelných parametrů.

Úplně nejjednodušší doplněk, AST Smart Air Deflector, optimalizuje proudění vzduchu, snižuje tepelné ztráty způsobené mixováním horkého a chladného vzduchu, a zlepšuje tak účinnost chlazení horních partií stojanů. Jedná se o panely s flexibilní výškou a uchycením, které se instalují k zadnímu okraji horní strany stojanů.

Optimalizaci proudění chladicího vzduchu, tentokrát zdola, umožnuje SAIFOR Cool Air Distribution Unit. Tato ventilační jednotka má rozměry nízkého serveru a instaluje se do nejspodnější pozice v racku. Nasává vzduch ze zdvojené podlahy nebo z místnosti a vyfukuje jej přímo před sací otvory ICT zařízení – vzhledem k vysoké rychlosti se chladný vzduch lépe dostane i k serverům umístěným ve vyšších partiích racku.

Funkčně podobné, ale mnohem výkonnější a inteligentnější řešení je UNIFLAIR Active Floor Module. Jedná se o aktivní podlahový modul 60 x 60 cm, který se instaluje do zdvojené podlahy před čelní stranou stojanu. UNIFLAIR AFM směruje chladný vzduch přes nastavitelné lamely přímo ke zdrojům tepelné zátěže a vytváří zhuštěné vzduchové bublinky, které zajišťují konstantní teplotu vzduchu v celé výšce racku. Inteligentní řídicí systém modulu mění tok vzduchu podle aktuální tepelné zátěže, kterou zjišťuje pomocí teplotních čidel umístěných u výstupu vzduchu ze serverů. V kombinaci s automatickým řízením tlaku vzduchu ve zdvojené podlaze (AFPS) výrobce garantuje optimální provoz stojanu s tepelnou zátěží až 15



Obr. 2 / Fig. 2

Simpler and cheaper solution of closing the AST Smart Corridor may be applied for less sensitive installations, being created by vertical transparent PVC insulation strips of 3 mm thickness as well as a roof made from GE® Lexan polycarbonate, which shows a higher resistance and thermal insulation if compared with glass, enabling this way installation of sensors and other elements. Structure width may be set arbitrarily based on installed technology, height of 37 U to 48 U.

### Useful Accessories

Except of the above mentioned accessories, we can say, for standard solutions are available different more special products, enabling cost friendly chilling system optimization, simple capacity increase for existing system or achieving other parameters realizable with difficulties.

The simplest accessory, AST Smart Air Deflector, optimizes air flow, lowers heat losses caused by mixing hot and cold air, and improves this way the chilling efficiency for upper parts of racks. Subject matter concerns the panels of flexible height and fixation, to be installed by the rear edge of the upper part of racks.

Cooling air flow optimization, in this case from below, is enabled by SAIFOR Cool Air Distribution Unit. This ventilation unit is featured with dimensions of a slim server and used to be installed at the lowest position of a rack.





kW na jeden aktivní modul. Ve spojení s řešením uzavřené studené uličky se dostáváme na výkony 30 až 40 kW/rack.

Air is sucked from the doubled floor or from the room and is exhausted directly in front of suction holes of the ICT equipment – with respect to high velocity the cold air has better access even to the servers located in higher parts of a rack.



Obr. 3 - Uzavření uličky Saifor Cubo výrazně zvyšuje efektivní chlazení, zajistí i fyzické zabezpečení

Fig. 3 – Establishment of SAIFOR Cubo corridor increase efficient chilling considerably, would ensure also physical security of the equipment

Pro „odchycení“ tepelné zátěže z jednotlivých stojanů s vyšší hustotou je možné použít rovněž speciální dveře SAIFOR High Thermal Removal Door. Tento jednoduchý a efektivní systém

UNIFLAIR  
Active Floor  
Module represents similar from the point of view of functionality, but far efficient and intelligent solution. Subject matter concerns active floor module of 60 x 60 cm, which used to be installed into doubled floor in front of the rack face. UNIFLAIR AFM directs the cold air thru adjustable lamellas directly to the thermal stress sources and creates compressed air bubbles, which are ensuring constant air temperature within the overall height of a rack. Intelligent control system of the module changes the air flow based on current thermal stress, which is indicated by means of thermal sensors located by the air outlet from servers. In combination with automatic air pressure control in the doubled floor (AFPS) manufacturer guarantees optimum rack operation with thermal stress of up to 15 kW per a single active module. In connection with closed cold corridor we may reach the outputs of 30 to 40 kW/rack.

nahradi dveře rackové skříně. Ventilátory s plynulou regulací otáček odsávají horký vzduch z rackové skříně v celé její výšce a vyfukují jej horním okrajem dveří ke zchlazení obvodovými CRAC jednotkami.

Zcela samostatné chlazení stojanů umožňují chladicí dveře AST Smart Rear Door Heat exchanger. Ty jsou vybaveny vlastním výměníkem voda-vzduch, který zajistí chlazení stojanu s vysokou hustotou ICT technologií až do 30 kW. Horký vzduch z techniky je při průchodu dveřmi zchladen zabudovaným výměníkem na požadovanou teplotu, takže tepelně nezatěžuje okolní prostor. Dveře lze nainstalovat na nový či existující stojan a je k nim třeba přivést chlazenou vodu nebo jinou chladící kapalinu. Vzhledem k absenci pohyblivých částí je zařízení z hlediska údržby velmi nenáročné.

#### Pokročilé ladění systému chlazení

Jak jsme si v krátkosti ukázali, možnosti optimalizace systému chlazení v technologických prostorách je mnoho. Cílem je vhodně sladit požadované parametry s rozpočtem a flexibilitou systému. V případě modernizace existujících prostor nebo ladění systému, který nezvládá uchladit určité partie, je důležité přesné zmapování stávajícího stavu a průběhů v klíčových bodech. Lze tak úspěšně ušetřit investiční výdaje. Snadné řešení v takovém případě nabízí např. AST Smart PUEmeter, který lze „připnout“ na běžící systém datacentra a změřit vše potřebné bez vypnutí jediného serveru. U nových instalací samozřejmě zákazníkům doporučujeme integrovat pokročilejší řešení monitoringu, které kromě jiného umožní i průběžnou optimalizaci systému chlazení.

Když se podíváme na reálné instalace a zkušenosti zákazníků, je jasné, že podobného cíle lze dosáhnout různými cestami – ne každá je ovšem efektivní a výhodná i z hlediska ceny, provozních nákladů a možností přizpůsobení měnícím se potřebám uživatele. Pokud si nejste jisti, netestujte své nápady na zákaznících. Konzultujte je s odborníky, kteří mají s uvedenými produkty a řešeními letité zkušenosti (kontakt na titulní str. tohoto časopisu).

To „capture“ the thermal stress from particular high density racks we can apply also special door SAIFOR High Thermal Removal Door. This simple and efficient system substitutes the door of rack case. Fans with continual revolution regulation are sucking the hot air off the rack case within its whole height and exhaust it thru the door top edge for chilling by peripheral CRAC units.

Quite independent rack chilling is enabled by chilling door AST Smart Rear Door Heat exchanger. These are fitted with own heat exchanger of water – air type, which would ensure chilling of the high density rack for ICT technologies up to 30 kW. Hot air from the instrumentation is chilled to required temperature when passing the door by built in heat exchanger that is why it does not generate thermal stress for ambient environment. Door may be installed to a new or existing rack and it is necessary to feed the chilled water or other cooling liquid to it. With respect to the movable part absence the equipment is, from the point of view of maintenance very unpretentious.

#### Advanced Tuning of the Chilling System

As we showed briefly, there are numerous possibilities to optimize the chilling system in technology rooms. Target is to adjust required parameters advantageously with the budget and system flexibility. In case of existing room modernization or system tuning, failing to cool certain parts. It is important to map existing state and courses in key points precisely. Investment expenditures may be saved successfully. Easy solution in such case is offered e.g. by AST Smart PUEmeter, which may be connected to running system of the data center and to measure all necessary parameters without switching a simple server off. Of course, for new installations we recommend our Customers to integrate more advanced monitoring solutions, which, except of others enable continuous chilling system optimization.

When we would consider actual installations and experience of Customers, it is clear that similar target may be achieved following different ways – however, not every way is efficient and advantageous also from the point of view of price, operational costs and possibility of adaptation to changing conditions of the user. If you are not sure, do not test your ideas within Customer projects. Consult it with experts, who are familiar with the above mentioned products and solution for years already (contact on front page of this magazine).