

# Ventilatorloze koeling van dataruimten

De koeling van dataruimten is, na het elektriciteitsverbruik van de servers zelf, de grootste post in het energiegebruik van datacenters. Deze kan oplopen tot zeker 20 à 40% van het toch al zeer hoge energiegebruik van dit type gebouwen. Reden om te zoeken naar energie-efficiënte koelsystemen, die een laag energiegebruik combineren met hoge bedrijfszekerheid. Door ONE Simulations, Rittal en Tebodin is nu na het compressorloze datacenter, vervolgonderzoek – door middel van intensieve CFD-simulaties – gedaan naar een energie-efficiënte wijze van koude-afgifte in datazalen: de ventilatorloze dataruimte. Hierbij stond het vermijden van hotspots centraal.

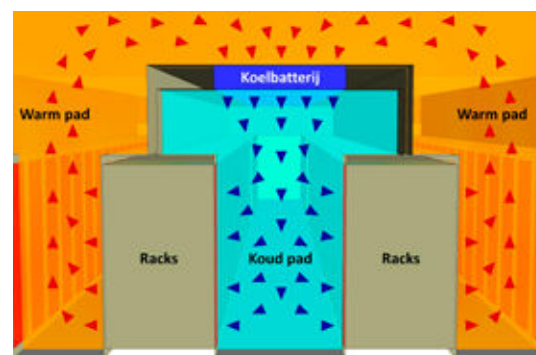
R. (Richard) van de Nes, ONE Simulations; E. (Elbert) Raben, Rittal;  
P. (Paul) Corneth, Tebodin

In eerdere artikelen en presentaties hebben Rittal en Jaeggi [1], in samenwerking met Tebodin, het systeem van compressorloze datacenter koeling geïntroduceerd: een energie-efficiënte wijze van koude-opwekking voor datacenters zonder gebruik van koelmachines. Voor alle weersituaties binnen Nederland wordt met dit systeem gekoeld water aangemaakt, waarmee binnen dataruimten de benodigde koeling wordt geleverd conform de randvoorwaarden voor binnencondities, zoals omschreven in Ashrae TC9.9 publicatie uit 2011. Hiermee worden alle randvoorwaarden gecreëerd om in de benodigde koeling in de verschillende ruimten binnen een datacenter te voorzien met een minimum aan jaarlijks energiegebruik, dit vanuit het perspectief van koude-opwekking. De logische vervolgstap is om ook het energiegebruik van de koude-afgifte nader te beschouwen en waar mogelijk te reduceren. Daarbij is veel aandacht besteed aan het tegengaan van het ontstaan van hot-

spots rondom de racks.

## ■ CRAC-UNITS

De opgewekte koude wordt binnen een datacenter gedistribueerd via gekoeldwaterleidingen vanaf de hybride droge koelers naar de CRAC-units (Computer Room Air Conditioners, een combinatie van koelbatterij, ventilator en regeleenheid). De ventilatoren van de CRAC-units zijn goed voor 3 tot 5% van het elektriciteitsverbruik van IT-apparatuur. Er is gezocht naar een systeem, waarmee dit aanvullende energiegebruik sterk kan worden teruggedrongen. De ventilatorloze koeling van dataruimten is het resultaat van dit onderzoek, dat sterk ondersteund is door gedetailleerde CFD-simulaties van luchtstromingen, optredende temperaturen en systeemdrukken. Het betreft een CRAC-unit zonder ventilator, opgehangen boven de koude paden van de dataruimte. De overdracht van koude, vanuit de watervoerende koelbatterij naar de datar-



-Figuur 1- Doorsnede van de dataruimte met de luchtcirculatie in het koude en warme pad

uimte, wordt door twee systemen gerealiseerd:

1. Het feit dat het soortelijk gewicht van koude lucht groter is dan van warme lucht; de koelbatterij wordt boven de koude gang geïnstalleerd. De lucht in de dataruimte circuleert vanuit de koude gang via de servers naar de warme gang en van daaruit door de koelbatterij weer terug naar de koude

gang (zie figuur 1). Het warme pad is hierbij gecompartmenteerd.

2. De ventilatoren van de servers 'vragen' koude lucht voor de koeling van de IT-componenten in de servers. Dit veroorzaakt een onderdruk in de koude paden, die de circulatie van de lucht vanuit de warme paden via de koelbatterijen naar de koude paden bevordert.

## ■ OMSCHRIJVING

In grote lijnen kan het systeem van de ventilatorloze dataruimte als volgt worden omschreven: binnen een dataruimte met warme en koude paden worden de warme paden horizontaal gecompartmenteerd (afsluiting paden met schuifdeuren), de koude paden verticaal (afdekking boven het pad). Het dak van het koude pad wordt deels gevormd door een koelbatterij, die de lucht koelt in haar stroming vanuit het warme naar het koude pad. Hoofdmotoren voor de luchtcirculatie zijn de serverventilatoren en het verschil in soortelijk gewicht tussen koude en warme lucht. Bij dit systeem is geen verhoogde vloer benodigd voor luchtcirculatie. Data- en elektragoten, busbars e.d. kunnen boven de racks worden aangebracht, waarbij de fysieke scheiding tussen het warme en koude pad tevens de scheiding tussen de A- en B-omgeving (redundante elektra- en dataverbindingen) vormt. De koelbatterij wordt horizontaal geplaatst en ligt niet direct boven de racks, maar ruim 60 cm boven rackniveau op de scheiding tussen het warme plafondniveau en het koude pad. Naast de batterijen, boven de racks, wordt hiermee ruimte geschapen voor de bevestiging van de diverse gootsystemen. De gekoeldwaterleidingen worden boven de koelbatterijen bevestigd. Hiermee hangen watervoerende systemen niet boven IT-apparatuur.

Voordeel van dit systeem boven een systeem met ventilatoren is, dat het luchtdebiet van de CRAC-ventilatoren niet meer gebalanceerd hoeft te worden met het – continue fluctuerende – luchtdebiet van de serverventilatoren. Het balanceren van luchthoeveelheden is in alle dataruimten, uitgerust met koude en warme paden, een bron van continue aandacht. In een dataruimte zonder CRAC-ventilatoren herstelt de balans tussen luchtstromen in koude en warme paden zich op geheel natuurlijke wijze. Een ander voordeel van dit systeem ten opzichte van het systeem met ventilatoren is dat het nuttig bruikbaar oppervlak van de dataruimte wordt vergroot, omdat er geen ruimteverlies van de CRAC-units optreedt.

## ■ LUCHT- EN WATERZIJDIG

De regeling van debiet en temperatuur van

de circulerende lucht werkt zowel lucht- als waterzijdig. Luchtzijdig gebeurt dit door de – onafhankelijk opererende – serverventilatoren. Bij een fluctuerende warmteafgifte binnen het rack kent de server een eigen regeling van het luchtdebiet, die nodig is om deze warmte binnen de server af te voeren. In beginsel is het temperatuurverschil tussen warm en koud pad 12 K, een zeer gangbaar temperatuurverschil tussen in- en uitrede-temperatuur (koude- resp. warme-pad-temperatuur) van een rack. De geselecteerde koelbatterij is goed in staat om dit temperatuurverschil terug te koelen naar de ingestelde koude-pad-temperatuur, zelfs wanneer de warme-pad-temperatuur lokaal zou oplopen, zoals dit bij hotspots zou kunnen optreden. Waterzijdig gebeurt dit door de regeling binnen de koelbatterij. Een temperatuuropnehmer meet de temperatuur in het koude pad. Wanneer deze afwijkt van de vooraf ingestelde waarde, wordt de flow over de batterij door het regelsysteem aangepast, waarna de koude-pad-temperatuur gecorrigeerd wordt. Er wordt aanbevolen om de koude paden onderling te koppelen, via de haaks gelegen transportpaden. In alle uitgevoerde CFD-berekeningen zijn de koude paden gekoppeld aan één zijde, dit om een extreme situatie te beschouwen. Aanbevolen wordt om de koude paden aan twee zijden te koppelen. Door deze koppeling balanceert het luchtdebiet nog beter over de verschillende koude paden, zelfs als er racks in de paden zijn opgenomen met een (sterk) verhoogde IT-belasting. Deze verbindinggang heeft een belangrijke, balancerende functie binnen dit koelconcept.

## ■ SCENARIO'S

De werking van het systeem is uitgebreid gesimuleerd door middel van CFD-berekeningen van de luchtcirculatie. Hiervoor zijn vier scenario's beschouwd (figuur 2), alle uiteindelijk met een gemiddelde IT-belasting van 5 kW<sub>th</sub> per rack:

1. Simulatie met racks, elk met een gelijke IT-belasting van 5 kW<sub>th</sub>, overeenkomend met een luchtdebiet van 1.250 m<sup>3</sup>/h per rack. Genoemde IT-belasting komt overeen met warmtedichtheid in de dataruimte van ca. 2 kW/m<sup>2</sup>.
2. Als onder 1, maar in enkele koude paden is een rack opgenomen met een IT-belasting van 20 kW<sub>th</sub>. Alle andere racks in het betreffende pad hebben dan een IT-belasting van elk 4 kW<sub>th</sub>, waarmee het gemiddelde in dat pad weer gelijk wordt aan 5 kW<sub>th</sub>.
3. Als onder 2, maar nu zijn de racks met hogere IT-belasting (20 kW<sub>th</sub>) geclusterd binnen een enkel koud pad, de overall gemiddelde IT-belasting van 5 kW<sub>th</sub> per

rack wordt hersteld door een overeenkomstig aantal racks van 4 kW<sub>th</sub> elders in de dataruimte. De geclusterde racks met hoge warmtebelasting zijn aan het uiteinde van een koud pad geplaatst.

4. Als onder 3, waarbij de geclusterde racks met hoge IT-belasting niet aan het einde, maar meer naar het midden van het pad zijn geplaatst.

In de CFD-berekeningen zijn alle luchtstromingen gedetailleerd bepaald, waarbij tevens de optredende temperaturen en drukverschillen gevisualiseerd zijn. Door het hoge detailniveau



van de berekeningen is een betrouwbaar beeld ontstaan van de werkelijk optredende situatie van een dataruimte, waarin dit systeem was

ingepast (zie de QR-code voor animaties op internet of ga naar <http://www.fanlessdataroomcooling.com/>).

De simulaties van de luchtstroming binnen het systeem zijn uitgevoerd met racks, waarbij de deuren een perforatiegraad hadden van ca. 65% (voor IT-belasting tot 10 kW), bij racks vanaf 10 tot 40 kW<sub>th</sub> met perforatiegraad van 83%. Achtergrond is het streven naar een zo beperkt mogelijke luchtweerstand over de deuren, omdat dit de luchtcirculatie van dit systeem bevordert. Het drukverlies over de deuren van de racks is een belangrijke factor in de werking van het systeem. Serverventilatoren hebben in principe 15 tot 20 Pa beschikbaar voor het luchttransport vanuit de omgeving, via de deuren naar de server en weer naar buiten. Dit gegeven speelt een rol in de resulterende luchtcirculatie bij dit koelsysteem.

## ■ RESULTATEN

Bij de CFD-simulaties is gebleken, dat de lichtsnelheid over de koelbatterijen lager ligt dan bij CRAC-units met ventilatoren, zijnde 0,5 tot 1,0 m/s t.o.v. 3 à 4 m/s. Dit heeft tot gevolg dat het koelend oppervlak van de batterijen evenredig groter dient te zijn dan bij systemen met ventilatoren; dit omdat de toegestane drukval over de batterijen gelimiteerd is. De koelbatterijen in het systeem zonder ventilatoren dienen gelijkmatig verdeeld te worden over de koude paden; dit voor een optimale verdeling van de gekoelde lucht over de verschillende paden.

De CFD-simulatie tonen aan, dat het systeem bij een gelijkmatige IT-belasting van 5 kW<sub>th</sub> per rack uitstekend werkt. De koude pad temperaturen zijn zeer gelijkmatig en goed regelbaar, de luchtcirculatie binnen het proces verloopt heel soepel en gelijkmatig, waarbij fluctuaties van het luchtdebiet ten gevolge van veranderende

rende debieten over individuele racks worden goed opgevangen (scenario 1). Wanneer er incidenteel racks met een hogere IT-belasting ( $20 \text{ kW}_{\text{th}}$  i.p.v.  $5 \text{ kW}_{\text{th}}$  per rack) worden geplaatst, blijkt dat dit de luchtstromingen en de optredende temperaturen in de koude en warme paden nauwelijks beïnvloedt. Luchtstromingen blijven heel gelijkmatig en er treden geen hotspots op. Incidentele racks tot  $20 \text{ à } 25 \text{ kW}_{\text{th}}$  IT-belasting zijn dus goed mogelijk bij dit systeem (scenario 2). Wanneer er racks met hoge warmtedissipatie geclusterd worden (bijvoorbeeld 4 tot 8 racks à  $20 \text{ kW}_{\text{th}}$  in elkaars nabijheid aan een enkel koud pad), dan laten de CFD-berekeningen zien dat het stromingsbeeld wordt verstoord. Tevens lopen de temperaturen in het koude en warme pad licht op. Het systeem is niet in alle situaties meer volledig in staat om een egale temperatuurverdeling in het koude pad te creëren. Er ontstaat een directe luchtstroming van koude en warme lucht rondom de racks met hoge IT-belasting, waarbij de nabijgelegen koelbatterijen deze hoge warmtelast niet meer geheel kunnen compenseren. Dit effect treedt op als de zwaar belaste racks aan het eind van een koud pad staan opgesteld (scenario 3). Wanneer deze meer in het midden van een pad staan opgesteld, in combinatie met een koppeling van de koude paden aan beide zijden, treedt dit effect bijna niet meer op (scenario 3).

Uit de simulaties blijkt overigens duidelijk het nut van de onderlinge koppeling van koude paden. Een tekort aan koude lucht in het ene pad wordt gecompenseerd door een overschot aan koude lucht in andere paden (zie figuur 4). De koppeling dient in principe aan beide zijden van het pad te worden aangebracht. Het vermogen om drukverschillen te compenseren geldt voor een beperkte onbalans qua luchthoeveelheden in de paden (tot ca. 10% afwijking van reguliere luchthoeveelheden). Bij een grotere onbalans, veroorzaakt door clustering van racks met hoge warmtedissipatie, kunnen er alsnog hotspots ontstaan. Dit treedt

op bij geclusterde plaatsing van racks met hoge IT-belasting aan het eind van een pad (scenario 3), terwijl dit amper verstorend werkt bij plaatsing van dit type racks in het midden van een pad (scenario 4).

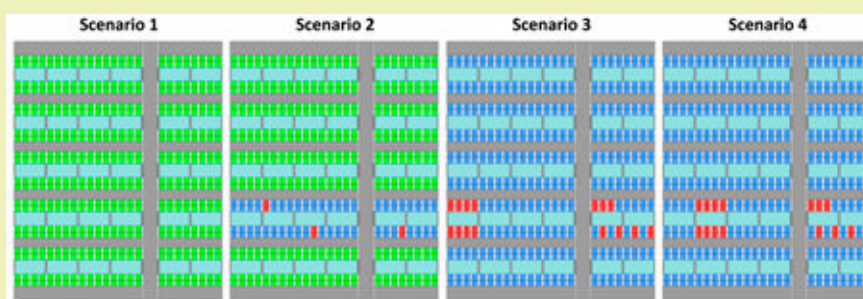
## CONCLUSIE

Concluderend kan gesteld worden dat het systeem met ventilatorloze koeling van dataruimten goed toepasbaar is voor ruimten met een gemiddelde IT-belasting tot ca.  $2,5 \text{ kW/m}^2$  ( $6 \text{ kW}$  per rack). Het systeem is daarbij zelfregelend met gelijkmatige temperaturen in de koude paden, waarbij de gekoelde lucht zich automatisch verspreidt over de koude paden. De inpassing van enkele racks met een hogere

IT-belasting tot  $15 \text{ à } 20 \text{ kW}$  per rack is toegestaan, mits gecompenseerd tot de gemiddelde IT-belasting en niet te zeer geclusterd. Hierbij is tevens van belang dat de koude paden aan beide zijden onderling gekoppeld worden. Bij inachtneming van de aangegeven randvoorwaarden ontstaan er dan geen hotspots. Het systeem leent zich goed voor een flexibele, modulaire opbouw van datacenters.

## LITERATUUR

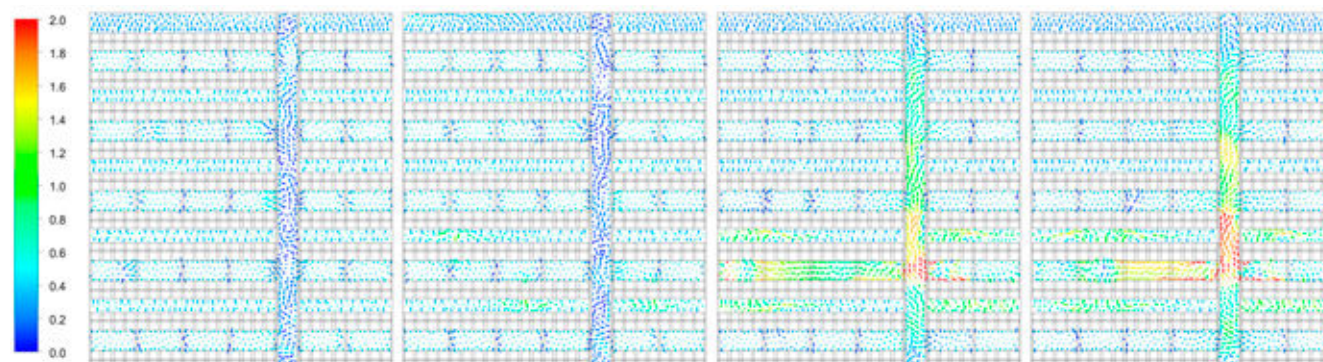
1. Raben, Elbert (Rittal) en Quadflieg, Jack (Jaeggi), Zin en onzin compressorloze koeling van datacenters, RCC Koude & Luchtbehandeling, maart 2013



-Figuur 2- De vier scenario's (racks: blauw =  $4 \text{ kW}$ , groen =  $5 \text{ kW}$ , rood =  $20 \text{ kW}$ )



-Figuur 3- De temperatuurontwikkeling door het hart van de racks



-Figuur 4- De luchtsnelheid door het hart van de racks