

Door ir. S.M. van der Sluis

Projectleider, TNO – Afdeling Koude, Warmte en Installaties

Renewable Cooling voor data centers

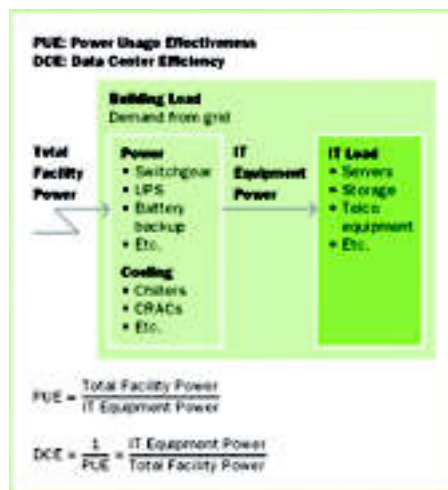
Het energiegebruik ten behoeve van ICT bedroeg in 2006 ongeveer 7,5 procent (8,4 TWh) van het totale elektriciteitsverbruik in Nederland Dit percentage blijft naar verwachting de komende jaren stijgen¹⁾. Het grootste deel van dit verbruik (5,7 TWh) is huishoudelijk verbruik; het overige verbruik treedt op in de ICT-infrastructuur (1,5 TWh) en in kantoren. Binnen de ICT-infrastructuur (data centers, vast netwerk en mobiel netwerk) hebben data centers het snelst groeiende aandeel in het elektriciteitsverbruik, naar schatting oplopend tot meer dan 50% in 2010. Het is daarom van belang om te bezien of het mogelijk is om energie te besparen in data centers. Het toepassen van Renewable Cooling (duurzame koeling) kan hierbij een belangrijke rol spelen.

Data centers gebruiken vermogen voor het voeden van de computer racks. Daarnaast wordt vermogen gebruikt voor andere doeleinden, zoals de UPS (Uninterrupted Power Supply) en de koeling van de racks. De Data Center Efficiency (DCE) is de verhouding tussen het vermogen dat wordt gebruikt voor de computers en het totaal opgenomen vermogen (inclusief bijkomende functies).

De waarde van de DCE ligt bij de huidige technologie in de praktijk²⁾ tussen 0,33 en 0,77. Bij een DCE-waarde van 0,33 is voor elke Watt 'rekenkracht' twee Watt hulpvermogen opgesteld; bij een DCE-waarde van 0,77 is voor elke Watt 'rekenkracht' 0,3 Watt hulpvermogen opgesteld.

Mogelijkheden om energie te besparen bij data centers liggen – gezien vanuit ons vakgebied – binnen dit hulpvermogen dat, zoals uit het voorgaande blijkt, soms groter is dan het werkelijke 'ICT-vermogen'. De klimaatbeheersing is in het algemeen verantwoordelijk voor het grootste deel van het hulpvermogen³⁾. Het loont dus om de koeling van data centers aan een nader onderzoek te onderwerpen.

In samenwerking met TNO brengt Wageningen UR in kaart welke opties er zijn om het energiegebruik voor koeling te reduceren door gebruik te maken van Renewable Cooling. Het onderzoek wordt gedaan in het kader van de Lange Termijn Energie Onderzoek Strategie van de overheid



Afbeelding 1: schematische weergave en berekening van DCE en PUE

(EOS-LT). Er is al een inventarisatie en beoordeling uitgevoerd van beschikbare Renewable Cooling-technieken. In de huidige fase van het onderzoek wordt de inzet van deze technieken binnen bepaalde toepassingen bestudeerd. Eén van deze toepassingen is het gebruik van Renewable Cooling-technieken in data centers.

Huidige techniek

In data centers staan vele computer racks opgesteld, die luchtkoeling vereisen om de warmte af te voeren die door de elektronica wordt geproduceerd. De lucht wordt aan de voorzijde van het

¹⁾ ICT Stroomt door, S.H. Clevers, R. Verweij. Tebodin rapport nr. T37742.00, oktober 2007.

²⁾ Green Grid Metrics; Describing Data center power efficiency. The green grid, White paper, 2007

³⁾ Energiebesparing in datahotels, N. Sijpheer, ECN rapport nr E 08 019, februari 2008



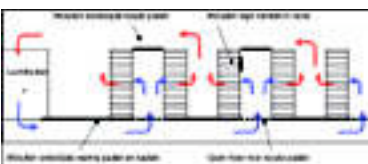
Afbeelding 2: computer racks in magazijn

rack toegevoerd, en aan de achterzijde van het rack wordt de opgewarmde lucht uitgeblazen. De racks beschikken over interne ventilatoren om deze luchtstroom in stand te houden.

De 'State of the Art' is dat de racks zo zijn opgesteld dat er warme en koude paden ontstaan. Koele lucht wordt toegevoerd in de koude paden, en afgevoerd uit de warme paden.

In de opstelling met een vrijwel luchtdichte afsluiting tussen de warme en koude paden is het overigens van belang een goede keuze te maken voor de ventilator in de luchtkoeler. De ventilatoren van racks en luchtkoeler staan in een gesloten circuit in serie geschakeld, en dat is eigenlijk vragen om moeilijkheden. Volumestroom en drukval van de koeler moeten precies zijn afgestemd op de ventilatoren in de racks, om te voorkomen dat alle ventilatoren ver van hun optimale werkpunt opereren. Aangezien het aantal en het type racks in data centers aan verandering onderhevig is, is het raadzaam om de koeler met regelbare fans uit te voeren.

Het af te voeren vermogen van de ICT-apparatuur ligt nu tussen 0,4 kW/m² en 1,5 kW/m², de verwachting is dat dit binnen enkele jaren verder zal stijgen tot 5 kW/m². De temperatuur waarbij de warmte moet worden afgevoerd, werd vroeger laag gehouden (aanvoer 10°C / 20°C retour). Tegenwoordig is er gelukkig een tendens naar hogere temperaturen in data centers (18°C / 28°C). Dit resulteert uiteraard in een betere COP-waarde voor de koelmachine.



Afbeelding 3: warme en koude paden

Renewable Cooling-technieken

Het inzetten van een compressiekoelmachine voor de koeling van een data center is de meest voor de hand liggende oplossing. Maar vanwege het hoge temperatuurniveau dringt zich al snel de vraag op in hoeverre mechanische koeling altijd nodig is. Bij een aanvoertemperatuur van 18°C is het gebruik van buitenlucht voor een groot deel van het jaar ook een optie. Ook andere natuurlijke koudebronnen zouden misschien gebruikt kunnen worden. Het gebruik van natuurlijke koudebronnen duiden we aan als "Renewable Cooling" (duurzame koeltechnieken). Er zijn een aantal technieken bekend waarvan sommige nu worden toegepast, en er zijn ook nog technieken in ontwikkeling.

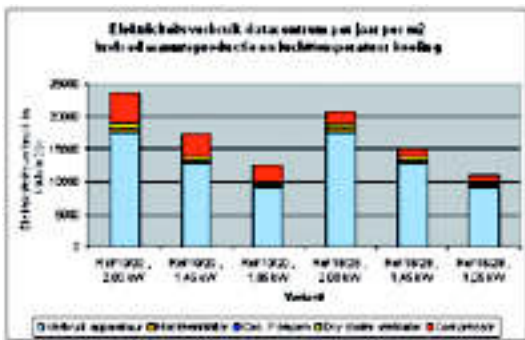
- Verdampingskoeling (waarbij verdampend water koude produceert) werd al vóór onze jaartelling gebruikt in Egypte. In Nederland zijn de laatste jaren enkele aanbieders actief met systemen gebaseerd op (indirecte) verdampingskoeling voor het klimatiseren van ruimten.

- Zongedreven (absorptie)koeling is een tot de verbeelding sprekende koelmethode (immers: vooral wanneer de zon schijnt, is koeling nodig) die momenteel in ontwikkeling is. Bij de huidige lage temperaturen van de zonnecollectoren, is het rendement van deze systemen laag. Door zonnecollectoren met hogere temperaturen en absorptiekoelers met lagere aandrijftemperaturen te ontwikkelen, wordt getracht het rendement te verbeteren.

- Een andere manier om te koelen is door gebruik te maken van de natuurlijke koude in de buitenlucht of in oppervlaktewater. Een koelkast die bijvoorbeeld via een "heat pipe" verbonden is met de buitenlucht, heeft 's winters (wanneer de buitentemperatuur onder 5°C ligt) geen energie nodig. Hetzelfde geldt voor koelhuizen, en vanzelfsprekend voor de klimaattechniek.

- Koudeopslag werd honderden jaren geleden al toegepast, door 's winters ijs te verzamelen in ijskelders, en dit tot ver in de zomer te gebruiken. Het hedendaagse voorbeeld is koude- en warmteopslag in de bodem, met behulp van water. De 's zomers opgeslagen warmte wordt 's winters gebruikt, en vice versa. Qua opslagvolume is ijs gunstiger dan water (vanwege de smeltwarmte die in ijs is opgeslagen). Nóg efficiënter qua opslagvolume zijn chemische reacties.

- Nachtstralers zijn 'omgekeerde zonnecollectoren' die 's nachts warmte uitstralen naar het heelal en daardoor afkoelen tot onder de omgevingstemperatuur (de autoruit is een bekend voorbeeld van een nachtstraler, waaraan we telkens herinnerd worden als we de ruiten moeten krabben).



Afbeelding 4: elektriciteitsverbruik data center

Toepassing Renewable Cooling

Zoals eerder opgemerkt, kan een groot deel van het jaar worden volstaan met het koelen op de buitentemperatuur. Wel is een scheiding gewenst van binnen- en buitenlucht, omdat stofdeeltjes en vervuiling in een data center uit den boze zijn. Om gebruik te maken van de buitenlucht, is dan een forse lucht/lucht-warmtewisselaar nodig. Op een testlocatie in Amersfoort heeft KPN onlangs een experiment uitgevoerd met een horizontaal opgesteld warmtewiel met een diameter van 6 meter en een dikte van 20 cm als warmtewisselaar. Dit concept staat bekend onder de naam “Kyoto Cooling”.

In het Kyoto Cooling-concept blijft een koelmachine nodig om in te springen op dagen dat de buitenluchttemperatuur te hoog is (hoger dan 22 °C) om de ICT-apparatuur te koelen. In die zin moet de investering in het warmtewiel worden terugverdiend uit de besparing op de energiekosten. De aanbieders van het systeem claimen 80% besparing op de kosten voor koeling.

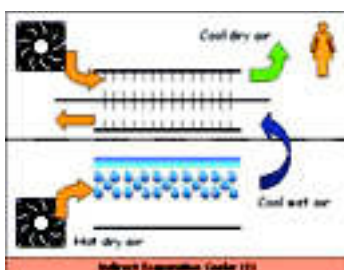
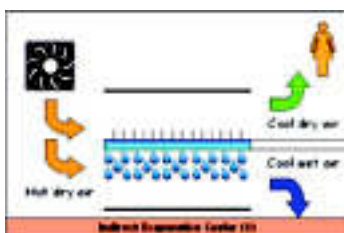
Een ander concept dat wordt toegepast in data centers is indirecte verdampingskoeling . Omdat

hierbij niet de luchttemperatuur maar de natte boltemperatuur van de buitenlucht het uitgangspunt is, kan in een nog groter aandeel van de koeling worden voorzien dan bij gebruik van een warmtewiel. Echter, ook in dit geval blijft het in ons klimaat noodzakelijk om een koelmachine achter de hand te hebben voor de dagen dat de verdampingskoeler niet aan de vraag kan voldoen (hoge buitentemperaturen bij hoge luchtvochtigheid). Ook hier moet dus de investering in de verdampingskoeler terug worden verdiend uit de besparing op energiekosten.

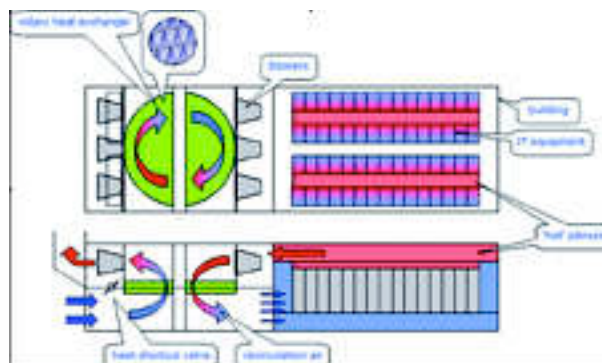
Mogelijkheden Renewable Cooling

Dat de beschreven Renewable Cooling-systemen niet volledig kunnen voorzien in de koelbehoefte, wordt veroorzaakt door het optreden van hoge buitentemperaturen (al dan niet in combinatie met een hoge luchtvochtigheid). Wanneer er gebruik wordt gemaakt van koudebuffering, dan kan op de momenten met hoge buitentemperaturen de koude uit de buffer worden betrokken. De buitentemperatuur is 's nachts in Nederland altijd onder 22°C (tenzij op termijn de klimaatverandering roet in het eten gooit). Wanneer de nachtelijke koude in een buffer kan worden opgeslagen en overdag kan worden gebruikt, wordt de koelmachine overbodig.

Een rack met een energiegebruik van 1,5 kW/m² geeft in een etmaal 65 MJ warmte af. De opgeslagen hoeveelheid koude moet dus van deze grootte zijn. In dit geval zijn Phase Change Materials (PCM's) een optie, vanwege de mogelijkheid om energie op te slaan bij een redelijk constante temperatuur en met een goede opslagdichtheid. Een commercieel product met een faseovergang bij een temperatuur van 22°C heeft een latente warmte (opgeslagen in de faseovergang) van 135 MJ/m³. Theoretisch is dus een laag PCM nodig van een halve meter dik. In de praktijk zal echter meer hoogte nodig zijn, en de vraag is of die ruimte aan-



Afbeelding 5: indirecte verdampingskoeling



Afbeelding 6: schematische weergave van Kyoto Cooling-concept

wezig is in het data center – en of de constructie het gewicht van het PCM kan dragen. Maar aantrekkelijk is het wel, omdat de investering in PCM slechts een fractie (1/10) vormt van de benodigde investering voor een koelmachine.

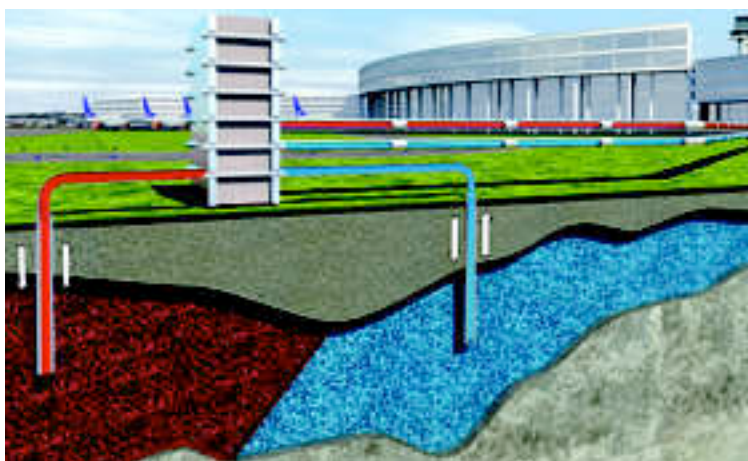
Het idee dat de daggemiddelde temperatuur in Nederland laag genoeg is voor het koelen van data centers, kan ook op een andere manier worden benut, bijvoorbeeld door gebruik te maken van oppervlaktewater. Grote hoeveelheden en oppervlakten water zullen niet de momentane buitentemperatuur aannemen, maar de gemiddelde buitentemperatuur. Het gebruik van water uit een rivier of meer is daarom mogelijk een oplossing voor het koelen van data centers.

Een andere manier om gebruik te maken van opslag van koude, is seizoenopslag in aquifers (aquifers zijn watervoerende lagen in de diepere ondergrond). Een opslagsysteem dat gebruikmaakt van een aquifer, bestaat uit twee bronnen: een koude en een warme bron. In de zomer wordt de benodigde koude in de vorm van koud water betrokken uit de koude bron. Het opgewarmde water wordt afgevoerd naar de warme bron. In de winter is het nodig om het water uit de warme bron op te pompen, af te koelen aan de buitenlucht, en er de koude bron mee op te laden. Dergelijke systemen worden in de utiliteitsbouw vaak toegepast, waarbij 's zomers van de opgeslagen koude en 's winters van de opgeslagen warmte gebruikgemaakt wordt. In het geval van data centers is alleen de opgeslagen koude interessant.

Terug naar de veroorzaker

Een aantal jaren geleden werden data centers gekoeld tot een temperatuur van 10°C, momenteel wordt al vaak gestreefd naar 25°C als gemiddelde temperatuur. Voor de elektronica zijn ook hogere temperaturen geen probleem, zolang "hot spots" maar worden voorkomen. Het is aan de ontwerpers van de serverunits om hierop in te spelen, en units te ontwerpen die een nog hogere luchttemperatuur mogelijk maken. Daarvoor moet de bewustwording van het onnodige koelprobleem bij de ontwerpers van de units toenemen. De verwachting is dat die bewustwording snel op gang komt, met de toename van de energiedichtheid van de units.

Nog een stap verder is het dan logisch om de hot spots direct te koelen met vloeistof (al dan niet met faseovergang), en de 'rest' met lucht te koelen op een temperatuurniveau dat 's winters en 's zomers altijd natuurlijk gerealiseerd kan worden, bijvoorbeeld 40°C.



Afbeelding 7: aquifer

Samenvatting

Het energiegebruik voor ICT zal de komende jaren sterk blijven stijgen van 7.5% van het totale gebruik in 2006 naar wellicht wel 10% van het totale elektriciteitsgebruik in Nederland. Het grootste deel van dit gebruik is voor huishoudelijk computergebruik; het overige verbruik treedt op in de ICT-infrastructuur en in kantoren. Maar datacenters worden steeds grotere energiegebruikers: het is daarom van belang om te bezien of het mogelijk is om energie te besparen in data centers. Het toepassen van Renewable Cooling (duurzame koeling) kan hierbij een belangrijke rol spelen.

Summary

ICT-usage is growing fast – and so is the total energy consumption as a result. It is expected that electricity consumption in the Netherlands as a result of computer usage in households and datacenters will grow from 7.5% to 10% of total electricity usage in 2010. Cooling will play a crucial role in saving energy in ICT-environment, specifically in datacenters. In this article TNO-projectmanager ir. Sietze van der Sluis reports on current research. Renewable cooling opens new opportunities.

Meer informatie

Ir. S.M. van der Sluis
Projectleider, TNO – Afdeling Koude,
Warmte en Installaties,
TNO Built Environment and Geosciences,
Department of refrigeration,
Heating and Installations,
Laan van Westenenk 501
P.O. Box 342
7300 AH Apeldoorn
Tel 055 549 31 62
Email: sietze.vandersluis@tno.nl