

Mechanische koeling in de utiliteitsbouw

In opdracht van NOVEM heeft TNO een inventarisatie uitgevoerd naar de huidige en toekomstige systemen voor mechanische koeling in de utiliteitsbouw [1]. De ophanden zijnde aanscherping van de EnergiePrestatieNormering (EPN) dwingt de partijen in het bouwproces om de koelmachine niet meer te beschouwen als een "black box", maar om de mogelijkheden om energie te besparen op de koudevoorziening na te gaan - en toe te passen. Techniek-inventarisatie geeft daarvoor aanknopingspunten, en geeft daarbij ook weer hoe besparingsmaatregelen in de EPN worden gewaardeerd. Op de TVVL/Novem-dag is de techniekinventarisatie globaal gepresenteerd; in dit artikel ligt de nadruk op alternatieve en innovatieve systemen voor koudevoorziening. Eind 1998 zal NOVEM de resultaten van de techniekinventarisatie publiceren.

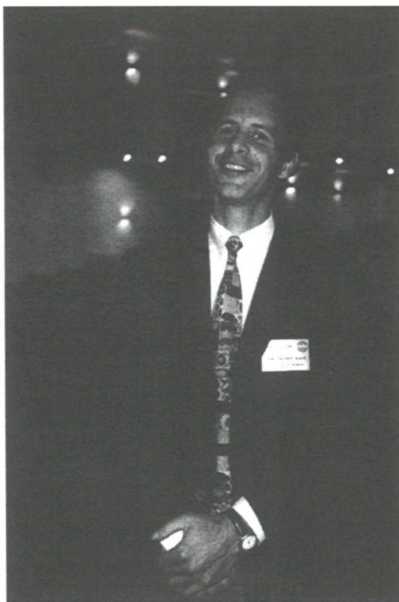
S.M. van der Sluis* en M. Rolloos**

De grondslag voor het besparen van energie op de koudevoorziening ligt bij het minimaliseren van de koudebehoefte van een gebouw, zonder daarbij de comforteisen te verlagen.

De tweede stap in een juiste aanpak voor energiebesparing ligt bij het benutten van vrije koeling, in de vorm van:

- gebruik maken van lage buitentemperaturen, in een dag/nachtcyclus door middel van "Off Peak Air Conditioning" (OPAC) of nachtventilatie, of in de zomer/wintercyclus door middel van lange termijn koudeopslag (LTK-opslag) in waterhoudende bodemlagen (aquifers);
- gebruik maken van de temperatuurdaling die optreedt bij verdamping van water in niet geheel verzadigde lucht (verdampingskoeling ofwel adiabatische koeling);
- gebruik maken van de bodem als "koudebron", met een gedurende het gehele jaar vrijwel constante temperatuur van 10 à 11 °C.

De derde stap om te komen tot energiebesparing is het toepassen van me-



chanische koeling met een goed systeem en opwekkingsrendement en een laag energiegebruik voor transport van koude. Voor conventionele systemen zijn de gegevens daarvoor te ontleen aan de aan de norm NEN 2916.

In alternatieve en innovatieve systemen voor mechanische koeling wordt veelal gebruik gemaakt van één van de boven-

staande grondslagen voor energiebesparing. Een overzicht van dergelijke systemen geeft daarom niet alleen een vooruitblik op de toekomst van mechanische koeling, maar bevat tegelijkertijd ook de elementen die voor energiebesparing bij conventionele systemen van belang zijn.

Bij de onderstaande alternatieve en innovatieve systemen zijn ook enkele systemen vermeld die reeds langer beschikbaar zijn, maar die vanwege de beperkte aandacht die daaraan in de dagelijkse praktijk wordt geschonken in de techniekinventarisatie als "alternatief" zijn aangemerkt.

VERHOOGD OPWEKKINGSRENDEMENT

Het DX koelsysteem

Het DX koelsysteem is - in de eenvoudige "single split" uitvoering - de meest elementaire koelmachine (vergelijkbaar met het koelsysteem in een huishoudkoelkast). In de verdamper van het koelsysteem verdampt een "koudemiddel" en neemt daarbij warmte op uit de omringende lucht. Deze damp wordt verpompt door een compressor, en geeft daarna de opgenomen warmte weer af in de condensor. Hier condenseert de damp tot vloeistof, en stroomt dan via het expansieventiel terug in de verdamper; waarmee het koelcircuit is gesloten. We spreken van een "split" systeem omdat de verdamper (warmteopname) in het te koelen vertrek is geplaatst, en de condensor buiten. In een "multi split" systeem zijn meerdere verdamper parallel in één koelcircuit opgenomen (figuur 1).

DX-systemen kunnen zijn voorzien van toerenregeling op de compressor, waar-

* TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie

** TNO Bouw

Artikel n.a.v. de lezing op de TVVL/Novem-dag "Energieprestatienormering: terugblik en vooruitblik op de EPN" van 15 september jl.

door ook bij lage koudebehoefte een goed opwekkingsrendement wordt bereikt (opwekkingsrendement 4,8 tegenover 4,0 als standaard waarde in de EPN). Het systeemrendement van DX-systemen bedraagt 0,95. Een "reversibel" DX-systeem kan het vertrek zowel koelen als verwarmen (warmtepompfunctie).

VERHOOGD SYSTEEMRENDEMENT

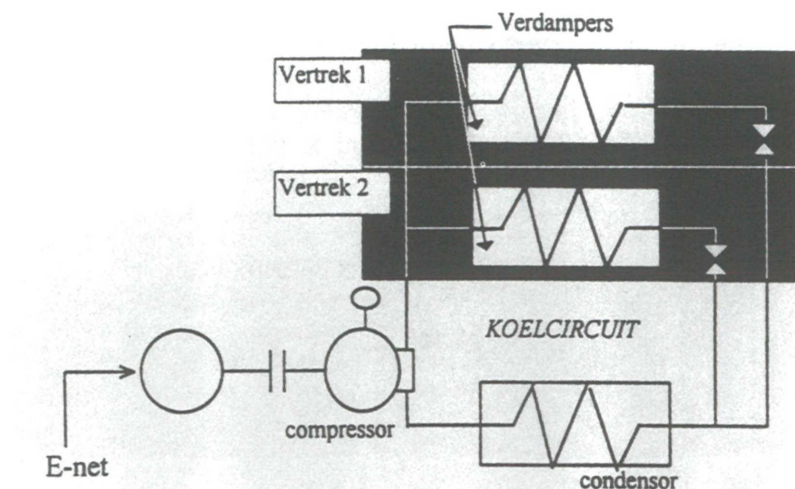
Het Versatemp systeem

In een Versatemp systeem is in elk vertrek een reversibel "single split" DX-systeem aanwezig, dat de afvalwarmte (in de koelfunctie) niet aan de buitenlucht afgeeft, maar aan een centraal waternet. In de warmtepompfunctie wordt de warmte om het vertrek te verwarmen aan het centrale waternet onttrokken. Bij een grote gelijktijdigheid van koudebehoefte en warmtebehoefte transporteert het systeem warmte via het waternet van de warme vertrekken naar de koude vertrekken (eenzelfde functionaliteit kan ook worden verkregen met reversibele multi-split DX-systemen). In deze situatie is het systeem 25% zuiniger dan een conventionele oplossing. Hier is in feite sprake van -in termen van de EPN- een systeemrendement groter dan 1,0. Indien er geen gelijktijdigheid is, is het systeem echter 16% minder zuinig dan een conventioneel systeem. In de EPN (1998) wordt het Versatemp systeem gelijk gewaardeerd als een conventionele oplossing, bij gebrek aan een gelijkwaardigheidsverklaring.

VRIJE KOELING

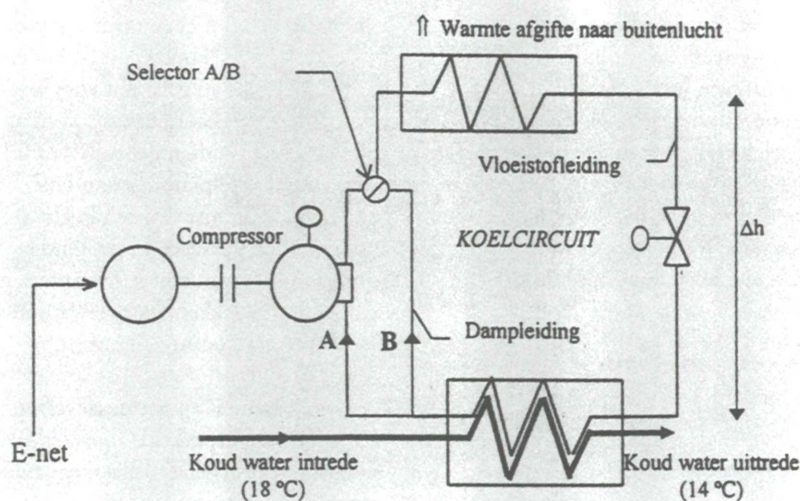
De Thermosyphon waterchiller

In een systeem met koudetransport door middel van water en lucht, wordt koud water geproduceerd in een koudwateraggregaat. Wanneer de temperatuur van de buitenlucht lager is dan de benodigde koudwatertemperatuur zou ook vrije koeling met een eenvoudige warmtewisselaar kunnen volstaan, maar in de praktijk wordt deze optie doorgaans niet toegepast vanwege de meerkosten. In het uit Engeland afkomstige Thermosyphon koudwateraggregaat kan de compressor worden kortgesloten, waardoor het aggregaat als warmtewisselaar (koudwater - buitenlucht) werkt (figuur 2).



"Multi split" DX-systeem. In het gesloten koelcircuit circuleert het koudemiddel, waarbij de compressor als pomp fungeert. De verdampers nemen warmte op uit de vertrekken en deze warmte wordt door de condensor aan de buitenlucht afgestaan.

-FIGUUR 1-



Principeschema van een thermosyphon koelsysteem. Het koelcircuit transporteert warmte uit het koude water naar de buitenlucht, in situatie "A" aangedreven door de compressor en in situatie "B" via de thermosyphonwerking (stijgende damp en vallende vloeistof). Een hoogteverschil (h) is essentieel voor de werking.

-FIGUUR 2-

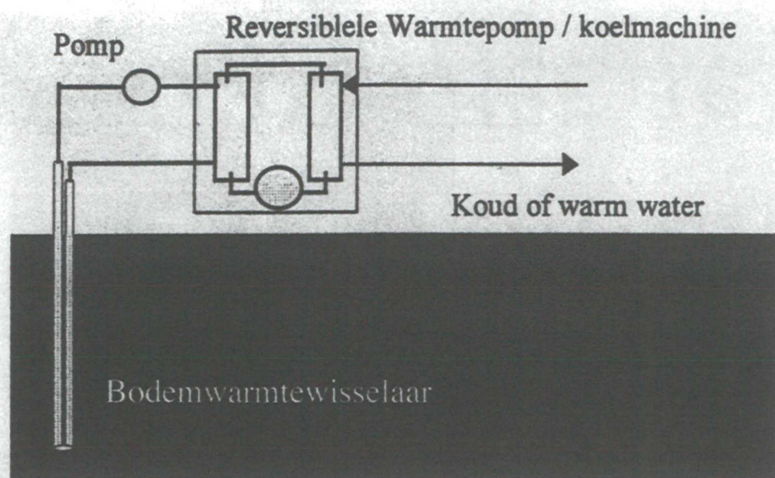
Een Thermosyphon aggregaat levert "gratis" koud water wanneer de buiten-temperatuur lager is dan de koudwater uittredetemperatuur. Om een groot aandeel van de gratis koeling te verkrijgen, dient de koudwater uittredetemperatuur daarom zo hoog mogelijk gekozen te worden, bijvoorbeeld door koelplafonds toe te passen. Vanzelfsprekend is de energiebesparing sterk afhankelijk van het optreden van een koudebehoefte bij lage buitentemperaturen. Bij zeer hoge interne warmte-lasten (koelen van computerruimten) kan de energiebesparing oplopen tot 50%. Overigens wordt het Thermosyphon aggregaat in de EPN gewaardeerd als een conventionele koelmachi-

ne, bij gebrek aan een gelijkwaardigheidsverklaring.

ADIABATISCHE KOELING

Het DEC systeem

Desiccative Evaporative Cooling (DEC) is een "all air" koelsysteem waarbij de toevoerlucht wordt gekoeld door middel van bevochtiging. Om ook bij hoge luchtvochtigheid van de buitenlucht te kunnen koelen, is vóór de bevochtigers de mogelijkheid aanwezig om de toevoerlucht eerst te drogen met behulp van een sorptiewiel. Het DEC-systeem is onlangs uitgebreid beschreven in het TVVL magazine [2].



Koelen en verwarmen met de bodem als koude- en warmtebron

-FIGUUR 3-

De energiebesparing ten opzichte van een conventionele oplossing bedraagt 5 à 15%, afhankelijk van de verhouding warmtebehoefte / koudebehoefte. Het DEC-systeem wordt in de koelfunctie aangedreven met warmte (voor regeneratie van het sorptiewiel) in plaats van elektriciteit, hetgeen perspectieven biedt voor aansluiting op stadsverwarming en zonnecollectoren. Het rendement van het systeem is afhankelijk van het rendement waarmee de benodigde warmte is geproduceerd.

OPAC

IJsslurrie koudedistributiesysteem

Bij "Off Peak Air Conditioning" (OPAC) wordt 's nachts, bij lage buitentemperaturen, koude geproduceerd en opgeslagen in ijsbuffers. Overdag wordt de koude wanneer nodig uit de ijsbuffers vrijgemaakt. De productie van koude kan continu plaatsvinden - met een kleine koelmachine en een goed rendement - terwijl de afname pieken vertoont. Het energiegebruik is vergelijkbaar met dat van een conventionele koelmachine (ook de waardering in de EPN is gelijk), maar de energiekosten kunnen lager zijn omdat van het nachttarief gebruik wordt gemaakt en er geen pieken in het vermogen optreden.

DE BODEM ALS KOUDEBRON

Verticale bodemwarmtewisselaars

Vanaf enkele meters onder het maaiveld heeft de bodem in Nederland een over het jaar vrij constante temperatuur

van 10 à 11 °C. Door middel van verticale warmtewisselaars (U-buizen) met een lengte van 15 tot 100 meter en doorstroomd met een water/glycol mengsel, kan de "koude" uit de bodem worden gehaald en gebruikt voor koeling. Er kan een koelmachine worden gebruikt, maar indien gebruik wordt gemaakt van koelplafonds kan ook zonder tussenkomst van een koelmachine worden gekoeld. In de winter wordt in plaats van koude, warmte aan de bodem onttrokken voor verwarming met een warmtepomp (figuur 3).

Omdat de koude- en warmtelevering van de bodem beperkt is, zijn verticale bodemwarmtewisselaars alleen geschikt voor kleine projecten. De systemen worden in de woningbouw al veelvuldig toegepast als bron voor warmtepompen. In de EPN wordt het systeem, als zijnde een vorm van lange termijn energieopslag in de bodem, zeer gunstig gewaardeerd.

KOELEN ZONDER KOUDEMIDDEL

Air Cycle en Thermo Akoestische koeling

In de meeste elektrisch aangedreven koelmachines wordt in het (gesloten) koelcircuit een koudemiddel gebruikt. Alhoewel de CFK's als koudemiddel niet meer worden gebruikt, en tegenwoordig minder milieubelastende alternatieven worden ingezet, zijn een aantal ontwikkelingen ingezet naar "koudemiddelvrije" elektrische koelmachines.

De Air Cycle gebruikt lucht als koude-

middel. Alhoewel het rendement voor koeling laag is ten opzichte van een conventionele machine, kan de Air Cycle ook werken als warmtepomp en verdient daarmee in de EPN een goede waardering. Bovendien is het energiegebruik voor transport de helft van dat van een conventioneel all air systeem.

Thermo Akoestische koeling (TAK) is een systeem voor koude opwekking, waarbij koude wordt geproduceerd met geluidsgolven. In dit systeem is geen koudemiddel aanwezig. Omdat TAK op dit moment in een experimentele fase verkeert, zijn nog geen gegevens over rendementen voorhanden.

WELK SYSTEEM GAAT WINNEN?

Tijdens een presentatie van de techniek-inventarisatie werd de terechte vraag gesteld: welk systeem gaat nu "winnen"? Het antwoord is, dat geen van de systemen in alle gevallen een absolute voorkeur geniet. Elk systeem heeft sterke en zwakke punten, en het zal dus sterk van de randvoorwaarden van een specifiek project afhangen op welk systeem de keuze valt.

LITERATUUR

1. Rolloos, M. en S.M. van der Sluis, *Techniekinventarisatie mechanische koeling in de utiliteitsbouw, inclusief geïntegreerde systemen voor verwarming en koeling*, TNO-MEP rapport R98/301 (augustus 1998).
2. Schilt, ing. R.C.A., *Desiccative Evaporative Cooling. Koeling van lucht door ontvochtiging, warmte-uitwisseling en bevochtiging*, TVVL Magazine, jaargang 26 nr.12 (december 1997).