

Energiebesparing in datahotels

Meer met minder

Niels Sijpheer

Februari 2008

Verantwoording

Dit rapport is gemaakt in opdracht van de Dienst Milieu en Bouwtoezicht van de gemeente Amsterdam. Het project is uitgevoerd door ECN onder projectnummer 844198.

Dit rapport is te downloaden op: <http://www.ecn.nl/publicaties/default.aspx?nr=ECN-E--08-019>

Abstract

During the past decade in the Netherlands, the increasing traffic of digital data resulted in the Information and Communication (ICT) branch becoming one of the most intensive energy sectors. This report presents possibilities for energy use reduction in the ICT-branch. A method to judge the energy efficiency of an ICT company (datahotel) is presented. Also presented is an overview of effectiveness of different technical concepts and energy saving measures on energy efficiency.

The technical concepts and energy saving measures are explained and, if possible, pay-back periods are indicated. It is envisaged that local government together with the ICT-branch may use findings in this report aiming to reduce energy consumption.

There is a lot of technology available to reduce the energy demand of the ICT-branch. An important condition to improve the energy efficiency is to prevent mixing of cooled air with heated air in computer rooms to allow a higher cooled air temperature. This prevents unnecessary running time for compression cooling.

A suitable indicator that can be used to judge the energy efficiency of an ICT company (datahotel) is the so called Energy Usage Effectiveness (EUE). This indicator is the quotient of total annual energy use and annual energy use of the ICT equipment (core business). Early adapters in the ICT branch already demonstrated that a EUE of 1.1 is feasible. For existing ICT companies (datahotels) a EUE of maximum 1.4 is achievable with available technologies. New ICT companies (datahotels) can use modern technologies, resulting in a feasible EUE of maximum 1.3.

Voorwoord

Rond de millenniumwisseling drong het besef door dat de ICT-sector een energie grootverbruiker was geworden. Dit werd verder aangewakkerd door enorme groeiprognoses. Hierdoor wakker geschud heeft de Gemeente Amsterdam in 2001 door ECN onderzoek laten verrichten naar de stand van zaken in de sector en de technische mogelijkheden voor energiebesparing. De groeiprognoses van toen zijn inmiddels realiteit geworden. Het belang van energie efficiëntie in de ICT-sector is nu dus nog groter. De sector heeft echter niet stil gezeten. Er zijn nieuwe technologieën ontwikkeld waarmee deze situatie te veranderen is. Het was dus hoog tijd om nieuw onderzoek te verrichten. In onderliggend rapport krijgt de lezer een geactualiseerd beeld van de beschikbare technologieën en hun energetisch en economisch potentieel.

Managers van datacentra maken zich steeds meer zorgen over de gerezen operationele kosten door hun energiegebruik en de hoge energieprijzen. Daarnaast is als gevolg van de discussie rond klimaatverandering extra aandacht ontstaan voor de ICT-sector. Zowel op (inter)nationaal niveau, als op het niveau van gemeenten zijn namelijk klimaatdoelstellingen geformuleerd. Amsterdam heeft zich ten doel gesteld dat in het jaar 2025 de hoeveelheid CO₂-uitstoot 40% lager moet zijn dan het niveau in 1990. Deze enorme opgave krijgt alleen vorm wanneer alle partijen bereid zijn flinke stappen te zetten. De ICT-sector is één van de sectoren waar het nodig, en mogelijk, is om aan deze opgave mee te werken. De gemeente Amsterdam heeft energie-efficiëntie in de ICT-sector daarom als één van haar speerpunten benoemd.

Niet alleen de gemeente Amsterdam ziet dat er in de ICT-sector dingen mogelijk zijn. Op Europees niveau werkt men bijvoorbeeld aan een 'Code of Conduct' waarin de sector geprikkeld wordt om actie te ondernemen. Op nationaal niveau wordt door het Ministerie voor Economische Zaken in Den Haag nagedacht over het afsluiten van MeerJaren Afspraken Energie-efficiënte (MJA) met de sector. Deze trajecten zijn weliswaar vrijwillig, maar geven aan dat de sector er niet onderuit kan haar ambitieniveau aan te scherpen. Het beleid van de gemeente Amsterdam tracht hier een bijdrage aan te leveren via de volgende twee sporen: samenwerken en handhaven!

Samen met de ICT-sector neemt het Klimaatbureau van de gemeente Amsterdam het initiatief om te onderzoeken welke maatregelen de sector kan oppakken om haar energiegebruik te verminderen. Het Klimaatbureau wil in haar 'Green-IT project' voortborduren op de goede voorbeelden die zij tegenkomt; er zijn immers koplopers in de markt die uit eigen beweging al aanzienlijk meer doen dan de wettelijke eisen. In het 'Green-IT project' is daarom een belangrijke rol weggelegd voor het uitwisselen van kennis en ervaring tussen koplopers, de rest van de sector en experts.

Het andere spoor betreft natuurlijk het *handhaven* van energieprestaties op basis van de Wet milieubeheer (Wm). Het afdwingen van energiemaatregelen die zich binnen 5 jaar terugverdienen moet zodoende voor een 'level-playing-field' zorgen; het vormt hiermee de bodem onder de markt. Onderliggend rapport presenteert informatie op basis waarvan ICT-bedrijven hun ambitieniveau naar boven kunnen bijstellen. Daarnaast voedt het de discussie over de minimumeisen die binnen de Wm aan ICT-bedrijven kunnen worden gesteld.

Gelukkig zijn er veel enthousiaste ICT-bedrijven die in hun dagelijkse praktijk aantonen dat aanzienlijke energiebesparingen mogelijk zijn zonder henzelf uit de markt te prijzen. Deze bedrijven hebben de kans gegrepen om hun energiekosten drastisch te verlagen en tegelijkertijd vorm te geven aan hun maatschappelijke verantwoordelijkheid. Laten wij deze 'win-win' situatie koesteren en als stimulerend voorbeeld nemen voor de sector.

Tjeerd Stam, Klimaatbureau Amsterdam
Patrick Teunissen, Dienst Milieu en Bouwtoezicht Amsterdam

Inhoud

Voorwoord	3
Lijst van figuren	5
Samenvatting	6
1. Inleiding	8
1.1 Waarom dit rapport?	8
1.2 Doelgroep	9
1.3 Werkwijze	9
2. De ICT branche: huidige stand van zaken	10
2.1 Datahotels	10
2.1.1 Onderdelen	11
2.1.2 Energiegebruik	11
2.1.3 Ontwikkeling	12
2.2 Kantoren	13
3. Beoordelingsindicatoren	15
3.1 Bestaande labels en energiebesparinginitiatieven	15
3.2 Koelmachines	15
3.2.1 COP, Coëfficiënt of Performance	16
3.2.2 Carnot factor	16
3.2.3 SPF, Seasonal Performance Factor	17
3.3 Datahotels, PUE en EUE	18
4. Energiebesparende maatregelen in de ICT	19
4.1 Koeling	19
4.1.1 Temperatuur en relatieve vochtigheid	19
4.1.2 Scheiden van warme en koude lucht	20
4.1.3 Deellastregelingen	22
4.1.4 Droge condensors en natte condensors	23
4.1.5 Vrije koeling	24
4.1.6 Koudewielen	25
4.1.7 Warmte- en koude opslag in de bodem	26
4.1.8 Koudenetten of centrale koudelevering	27
4.2 Absorptiekoeling	28
4.3 Levering van warmte door de ICT-branche aan derden	28
4.4 Stroomvoorzieningen	29
4.5 Overige ruimten en verlichting	29
4.6 Modulaire opbouw	29
4.7 Kantoren	30
4.7.1 Koelen van server ruimten	30
4.7.2 ICT-apparatuur in kantoren	31
5. Aanpak voor verminderen van energiegebruik	32
5.1 Praktijk	32
5.1.1 Bestaande bouw	32
5.1.2 Nieuwbouw	33
5.2 Beoordelen van concepten	33
5.3 Checklist	34
6. Conclusie en aanbeveling	35
Referenties	36
Referenties	36
Bijlage A Checklist energiegebruik datahotels	37

Lijst van figuren

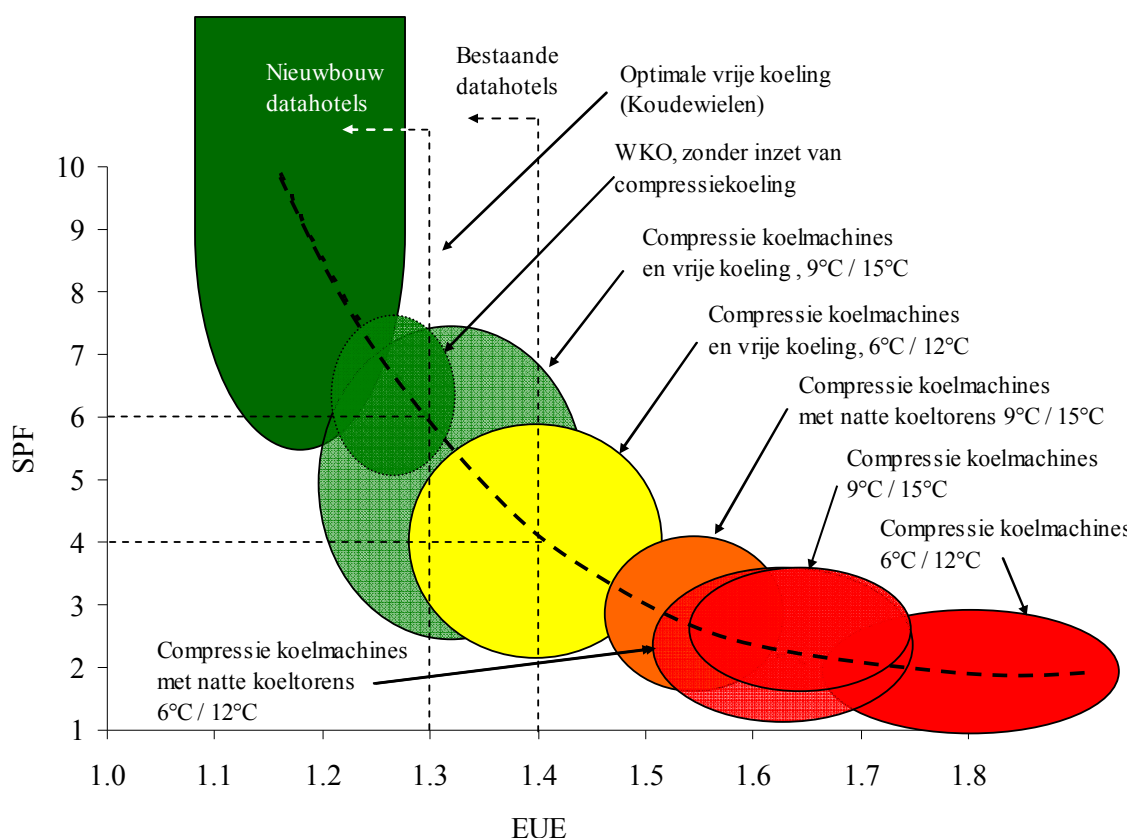
Figuur 1:	Datahotel in Groningen, gebouwd rond 2000 (omcirkeld). Foto: Google Earth.....	10
Figuur 2:	Computerapparatuur staat opgesteld in rekken in grote ruimten waar opgewarmde en gekoelde lucht kunnen mengen. Foto's: ECN.	11
Figuur 3:	Server ruimte in een kantoorgebouw. Links achterin staat een luchtbehandelingkast die de koeling verzorgd. Rechts staan de rekken met computerapparatuur. Foto: ECN.	14
Figuur 4:	Schematische weergave van compressiekoeling.....	16
Figuur 5:	In de praktijk stroomt de lucht niet volgens de pijlen van de ontwerpers, maar zal door wervelingen opgewarmde lucht kunnen mengen met gekoelde lucht. Dit mengen van koude en warme lucht leidt tot een hoger energiegebruik. Foto: Computable.....	20
Figuur 6:	Situatie waarbij koude en warme lucht van elkaar zijn gescheiden. Foto: UpTime Technology.....	21
Figuur 7:	Cascaderegeling van koelmachines.....	22
Figuur 8:	Aantal uur dat de buitentemperatuur zich onder een bepaalde waarde bevindt.....	24
Figuur 9:	Schematische weergave van de toepassing van vrije koeling.....	25
Figuur 10:	Het koelen van gerecirculeerde lucht uit computerruimten met buitenlucht door een koudewiel. Foto: UpTime Technology	25
Figuur 11/	Foto en een principe schema van de toepassing van vertikaal geplaatste	
Figuur 12:	koudewielen.....	26
Figuur 13:	Toepassing van horizontale installatie van koudewielen. Bovenste afbeelding: bovenaanzicht, onderste afbeelding: zij-aanzicht. Illustratie: UpTime Technology en KPN.....	26
Figuur 14:	Schematische weergave van absorptiekoeling.....	28
Figuur 15:	Voorbeeld van modulaire groei van een datahotel. Illustratie: UpTime Technology.	30
Figuur 16:	Indicatie van de seasonal performance factor (SPF) en haalbare energy usage effectiveness (EUE) voor verschillende concepten: De groene kleur duidt op energie-efficiënte technologie, de rode op energieverpillende technologie. Een EUE van maximaal 1,4 is met beschikbare technologie voor de bestaande datahotels haalbaar. Voor nieuwe datahotels kan met nieuwere technologie een EUE van maximaal 1,3 worden gerealiseerd.	34

Samenvatting

De groei van digitaal dataverkeer heeft er toe geleid dat de Internet en Communicatietechnologie branche (afgekort: ICT) een van de meest energie-intensieve sectoren is geworden in het afgelopen decennium. Dit rapport geeft een overzicht van de huidige mogelijkheden om efficiënt om te gaan met energie binnen de ICT-branche. Lokale overheden en de ICT-branche kunnen dit rapport gebruiken om gezamenlijk het energiegebruik van deze sector terug te dringen, in plaats van dit te bereiken door (harde) handhaving.

Om te kunnen beoordelen of iets energetisch efficiënt is of niet, is een referentiekader nodig. Daarom is op basis van beschikbare gegevens gekeken welke beoordelingsindicatoren er momenteel bestaan die relevant zijn voor de ICT. Het kengetal dat een goede maat is voor het energiegebruik van een koelinstallatie is de zogenaamde 'Seasonal Performance Factor', of SPF. Voor de beoordeling van de energie-efficiëntie van een datahotel kan de zogenaamde EUE, of Energy Usage Effectiveness, gebruikt worden. Deze EUE bestaat uit de verhouding tussen het totale jaarlijkse energiegebruik van een datahotel en het jaarlijkse energiegebruik van de ICT apparatuur.

De efficiency van een koelinstallatie bepaalt in grote mate de efficiency van een datahotel



Indicatie van de seasonal performance factor (SPF) en haalbare energy usage effectiveness (EUE) voor verschillende concepten: De groene kleur duidt op energie-efficiënte technologie, de rode op energieverpillende technologie. Een EUE van maximaal 1,4 is met beschikbare technologie voor de bestaande datahotels haalbaar. Voor nieuwe datahotels kan met nieuwere technologie een EUE van maximaal 1,3 worden gerealiseerd.

Een hoge SPF leidt over het algemeen tot een lage EUE. Dit verband is gebruikt om aan te geven welke eisen, gezien de huidige stand der techniek, gesteld kunnen worden aan de SPF en EUE. Hieruit volgt dat een SPF van minimaal 4 en een EUE van maximaal 1,4 haalbaar zijn met gangbare technieken in bestaande datahotels. Voor nieuwe datahotels kunnen de nieuwere technieken worden toegepast, waarmee een SPF van minimaal 5 en een EUE van maximaal 1,3 haalbaar zijn.

Samengevat kun je stellen dat er veel technologie beschikbaar is om de energie-efficiëntie in de ICT-branche te verbeteren. Het belangrijkste uitgangspunt voor het realiseren van verbeteringen is het voorkomen van menging van gekoelde en opgewarmde lucht in computerzalen waardoor de inblaaslucht kan worden verhoogd. Hierdoor kan onnodige inzet van compressiekoelmachines worden vermeden. Landelijk ligt er een reductiepotentieel van circa 0,32 TWh per jaar wanneer alleen datahotels worden beschouwd, vergelijkbaar met het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van circa 100.000 huishoudens. Wanneer ook de serverruimten en ICT apparatuur in kantoren worden beschouwd, kan dit reductiepotentieel mogelijk verdubbelen. Koplopers in de branche hebben aangetoond dat een EUE van een datahotel van 1,1 haalbaar is. Echter bestaan er nog steeds situaties waarbij een EUE van 1,8 niet eens gehaald wordt. Dit zou niet meer hoeven gezien de beschikbare technieken, de investeringen hiervoor en de financiële besparing bij de huidige energieprijzen die alleen nog maar gaan stijgen in de toekomst.

1. Inleiding

De groei van digitaal dataverkeer heeft er toe geleid dat de Informatie en Communicatietechnologie branche (afgekort: ICT) een van de meest energie-intensieve sectoren is geworden in het afgelopen decennium. Geschat wordt dat momenteel bijna 7,5% van het totale elektriciteitsgebruik in Nederland toe te kennen is aan ICT. Oorzaken hiervan zijn onder andere het toenemen van internetgebruik en telecommunicatie, het aantal mobiele apparaten en allerlei diensten die alleen door middel van digitale netwerken kunnen bestaan. ICT is niet meer weg te denken uit onze samenleving en maakt nog steeds een zeer snelle ontwikkeling door die voor veranderingen blijft zorgen in ons leven.

1.1 Waarom dit rapport?

De ICT branche gebruikt dus veel energie. Energie die nodig is om onder andere computers, servers, routers, printers, I-pods, MP3-spelers, zendmasten en mobiele telefoons etc. te laten functioneren. Met het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van alle ICT in Nederland kan een stad als Amsterdam momenteel 2,5 jaar vooruit. En al die energie wordt in de computerapparatuur omgezet in warmte. Het afvoeren van deze warmte uit de computerapparatuur door koelinstallaties kost ook weer energie. Er zijn gevallen bekend waarbij de koelinstallatie de helft van het totale energiegebruik van een datahotel voor zijn rekening nam. Er zijn echter veel mogelijkheden voorhanden om die benodigde koelenergie drastisch te verlagen en datahotels efficiënter met energie om te laten gaan. Dat deze mogelijkheden binnen de ICT branche ook werkelijk effectief kunnen worden ingezet, hebben enkele 'koplopers' binnen de ICT branche inmiddels laten zien.

De Dienst Milieu en Bouwtoezicht (DMB) van de gemeente Amsterdam heeft samen met SenterNovem het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in begin 2001 al een keer opdracht verleend om de toenmalige stand der techniek op het gebied van energiegebruik in de ICT branche in kaart te brengen. In een rapport [1] is toen aangegeven welke methoden en technieken in die tijd voorhanden waren om het energiegebruik te verlagen. In de afgelopen jaren zijn er verschillende nieuwe initiatieven genomen, mede door de ICT branche zelf, om de energie-efficiëntie te verbeteren.

De ICT die in dit rapport aan de orde komt, heeft vooral betrekking op datahotels en kantoren. Wat datahotels precies zijn wordt in hoofdstuk 2 uitgelegd. De ICT in kantoren betreft vooral serverruimten.

Het rapport geeft een overzicht van de huidige mogelijkheden om efficiënt om te gaan met energie binnen de ICT branche. In deze tijd, waarin de ICT branche weer opbloeit en milieu en energiegebruik dagelijks de aandacht hebben, is het van belang om de mogelijkheden om het energiegebruik in deze branche terug te dringen breed onder de aandacht te brengen. Niet alleen milieudoelstellingen hebben baat hierbij, maar ook de bedrijfsvoering binnen de ICT branche. Energie kost immers geld en wordt alsmaar duurder. Energiebesparing in de ICT branche is dus niet alleen vanuit milieu, maar ook vanuit economische aspecten interessant. Daarom wordt in dit rapport ook een aanzet gegeven voor criteria op basis waarvan de energie efficiëntie van datahotels met elkaar vergeleken kan worden. Een indicator die dit kan aangeven, kan in de toekomst mogelijk door het bevoegde gezag (gemeente of provincie) worden gebruikt ter beoordeling van datahotels.

1.2 Doelgroep

Het rapport kan worden gebruikt door milieu-inspecteurs ter onderbouwing van hun werk met betrekking tot handhaving. Hiervoor is in de bijlage een checklist opgenomen die verder in het rapport ook wordt toegelicht. Ook de ICT branche zelf kan dit rapport gebruiken om de beschreven mogelijkheden toe te toepassen. Daarnaast kan het ter inspiratie dienen voor het ontwikkelen van nieuwe en verbeterde concepten die het energiegebruik van de branche verder kan verlagen.

1.3 Werkwijze

Al ruim tien jaar is er een nauwe samenwerking tussen de Gemeente Amsterdam (DMB) en het ECN. Binnen deze samenwerking is ICT en energiegebruik vanaf het begin een belangrijk onderwerp geweest. Dit heeft ertoe geleid dat het ECN veel verschillende energierapportages van ICT bedrijven voor de DMB heeft beoordeeld. Daarnaast heeft het ECN in opdracht van onder andere Senter-Novem en KPN projecten uitgevoerd, waarbij ook op installatie niveau in ICT bedrijven is geëxperimenteerd en gemeten hoe het energiegebruik voor koeling kan worden verlaagd. Onder andere de gegevens uit deze projecten, samen met de gegevens uit energierapportages en contacten met ‘koplopers’ uit de ICT branche waaronder KPN, TeleCity Redbus, UpTime Technology, Pink Roccade-Getronics en Hamer Installatietechniek, zijn gebruikt om dit rapport samen te stellen en te onderbouwen. Daarnaast is ook gebruik gemaakt van publicaties en onderzoeksrapporten van collega onderzoekers buiten ECN.

Voor de totstandkoming van dit rapport is begonnen met het inventariseren van het energiegebruik van datahotels aan de hand van de beschikbare energierapportages van ICT bedrijven en projecten die ECN heeft uitgevoerd voor ICT bedrijven. Vervolgens is onderzocht welke mogelijkheden er momenteel beschikbaar zijn om het energiegebruik van datahotels te beoordelen en te verminderen. Dit is gedaan door:

- datahotels te bezoeken waar (soms nieuwe) besparende technieken zijn toegepast
- contacten te leggen met bedrijven die installaties voor datahotels leveren en installeren
- inventariseren van kennis over energiebesparende technieken
- uitvoeren van metingen bij ICT bedrijven om het effect van besparende maatregelen vast te stellen

Tenslotte is een overzicht samengesteld die het effect van besparende maatregelen aangeeft en wordt er een indicatie gegeven van de terugverdientijd als dit mogelijk is.

2. De ICT branche: huidige stand van zaken

Dat de ICT branche veel energie gebruikt is al lang geen nieuws meer. Energiegebruik heeft lang geen aandacht gekregen van de branche, het draaide letterlijk vooral om snelheid en hoge beschikbaarheid. Samen met het ontbreken van prestatie-eisen voor datahotels en computerruimten, heeft dit geleid tot de situatie dat er onnodig veel elektriciteit wordt gebruikt door de branche. Om een indruk te krijgen hoe datahotels en computerruimten er uit zien en welke componenten een rol spelen in de branche, wordt in de volgende paragrafen uiteengezet hoe datahotels en computerruimten (server-ruimten) in kantoren eruit zien en hoe hun energiegebruik is opgebouwd.

2.1 Datahotels

De infrastructuur die het gebruik van mobiele telefonie en internetdiensten mogelijk maakt, neemt nog altijd toe in omvang en energiebehoefte. Onderstaande afbeelding van Google Earth toont een datahotel, waarvan het elektriciteitsgebruik een jaarlijkse uitstoot van CO₂ veroorzaakt van ongeveer 37 miljoen kilogram per jaar. Uitgaande van 10 €/kWh bedragen de kosten voor elektriciteit ruim 6 miljoen euro per jaar. De CO₂ uitstoot, waarvoor slechts één pand verantwoordelijk is, bedraagt maar liefst 7% in de totale emissie door elektriciteitsgebruik van de stad Groningen. Het datahotel uit dit voorbeeld is gebouwd rond 2000.



Figuur 1: Datahotel in Groningen, gebouwd rond 2000 (omcirkeld). Foto: Google Earth

In die tijd was ‘haast’ de grootse drijvende kracht in de ICT-sector waardoor er weinig aandacht werd besteed aan energie-efficiëntie. Belangrijk in die tijd was dat het koud was in de computerzalen, aangezien de angst voor oververhitting van apparatuur groot was. Hoe kouder het in de computerzalen was, des te ‘veiliger’ leek het. Deze angst heeft er toe geleid dat het vaak onnodig koud was (soms slechts 16°C) in computerruimten met tot gevolg dat de koelmachines veel elektriciteit verspild(en). Daarnaast waren faciliteiten als koeling en energievoorziening flink overgedimensioneerd (te groot) om er maar zeker van te zijn dat er

genoeg koeling en stroom was. Het gevolg van deze overdimensionering was dat de installaties in deellast werden bedreven, met een slecht energetisch rendement tot gevolg.

2.1.1 Onderdelen

In hoofdlijnen kan men stellen dat de belangrijkste onderdelen in datahotels zijn:

- kabels, zowel glasvezel als koper
- apparaten die het optische signaal overzetten naar een elektrisch signaal (multiplexers)
- eenheden die de signalen naar de juiste adressen sturen (routers)
- processoren die commando's verwerken (CPU's)
- opslagmedia zoals harde schijven
- elektronica die het onderling communiceren van de apparaten mogelijk maken



Figuur 2: Computerapparatuur staat opgesteld in rekken in grote ruimten waar opgewarmde en gekoelde lucht kunnen mengen. Foto's: ECN.

De facilitaire voorzieningen van datahotels bestaan uit:

- het gebouw
- brandblusvoorzieningen,
- beveiliging, bewaking onderhoud en service
- noodstroom en no-break sets die ervoor zorgen dat altijd spanning van de juiste kwaliteit aan de apparatuur kan worden aangeboden (ook bij uitval van het centrale net)
- klimaatbeheersing (koeling en soms ook bevochtiging)

Het energiegebruik van een datahotel wordt bepaald door de volgende onderdelen:

- computerapparatuur
- klimaatbeheersing
- ononderbroken elektrische voeding
- kantoren, verlichting en overige ruimten

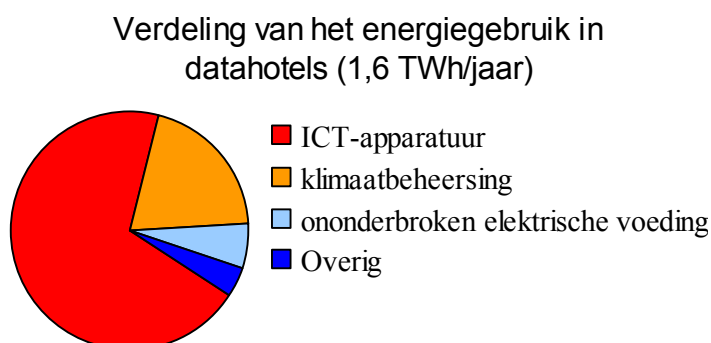
Deze onderverdeling sluit aan bij de verschillende functies binnen een datahotel. De indeling is gemaakt in volgorde van het aandeel in het totale energiegebruik.

2.1.2 Energiegebruik

Momenteel wordt geschat dat bijna 7,5% [2] van het elektriciteitsgebruik in Nederland voor ICT is. ICT in kantoren en datahotels is verantwoordelijk voor een jaarlijks elektriciteitsgebruik van 2,8 TWh, vergelijkbaar met het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van 875.000 huishoudens. Dit rapport behandelt alleen het elektriciteitsgebruik in datahotels en kantoorgebouwen, omdat deze

categorieën in de directe invloedssfeer liggen van de Dienst Milieu en Bouwtoezicht van de Gemeente Amsterdam.

Grafiek 1 geeft als voorbeeld per onderdeel aan wat het aandeel is van de hierboven genoemde verschillende onderdelen in het totale energiegebruik van een bestaand datahotel. Deze waarden zijn gemiddelden en gebaseerd op de energierapporten van een aantal bedrijven die tussen 2000 en 2007 een milieuvergunning hebben aangevraagd.



Grafiek 1: Onderverdeling van het huidige gemiddelde energiegebruik in bestaande datahotels.

Er zijn overigens grote verschillen tussen bedrijven onderling, vooral in het energiegebruik voor klimaatbeheersing. Dit varieert in de gegevens die ECN beschikbaar heeft tussen 10% en 50% van het totale energiegebruik! Daarnaast zijn ook grote verschillen geconstateerd (tussen de 2% en 12% van het totale energiegebruik) in het elektriciteitsgebruik van de ononderbroken elektrische voeding. Er zijn gevallen bekend waarin de noodstroomvoorziening is gedimensioneerd op het volledige aansluitvermogen van een ICT-bedrijf, terwijl het werkelijk afgenomen vermogen een factor 10 lager is doordat de beschikbare computerruimten nog niet volledig zijn benut. De verliezen in de apparatuur van de noodstroomvoorziening (veelal in de orde van enkele procenten) zijn dan betrokken op het volledige aansluitvermogen en niet op het daadwerkelijk afgenomen vermogen.

Uit de grafiek blijkt dat de ICT-apparatuur in bestaande datahotels gemiddeld ca. 70% van het energiegebruik voor zijn rekening neemt. De overige 30% van het energiegebruik gaat naar hulpfuncties. Gemiddeld circa 22% van het energiegebruik gaat naar klimaatbeheersing en circa 6% naar de ononderbroken elektrische voeding. Het energiegebruik van deze functies is direct afhankelijk van het energiegebruik van de ICT-apparatuur. Het energiegebruik van de ICT-apparatuur bepaalt namelijk de hoeveelheid warmte die afgevoerd dient te worden, en de hoeveelheid noodstroom die achter de hand gehouden moet worden. In de praktijk is vooral op het energiegebruik voor koeling (klimaatbeheersing) en de noodstroom veel te besparen.

2.1.3 Ontwikkeling

In 2007 is meerdere keren in de Nederlandse media gemeld dat ICT bedrijven meer kosten maken voor energie dan voor personeel. Ook blijkt dat door de groei van de branche, het maximaal beschikbare elektrische vermogen (aansluitvermogen) van ICT bedrijven steeds vaker wordt benaderd. Tevens wordt de ICT-apparatuur compacter waardoor ook de energiedichtheid (W/m^2) is toegenomen. Bestaande datacenters hebben een energiedichtheid in de computerruimten tussen de 400 W/m^2 en 1500 W/m^2 . Deze dichtheid neemt toe en zal naar verwachting binnen enkele jaren groeien naar circa 5000 W/m^2 . De toename heeft in de afgelopen jaren geresulteerd in situaties waarin de beschikbare koelcapaciteit maatgevend was voor de hoeveelheid computerapparatuur in een computerruimte. Aangezien veel bedrijven dit al enkele jaren geleden al zagen aankomen, is langzaam maar zeker meer aandacht besteed aan energiebesparing. Efficiënter omgaan met energie in de ICT branche is daarom dus niet alleen vanuit energiebesparing relevant, maar is ook noodzakelijk om de beschikbare ruimte in een

computerzaal optimaal te benutten met de hedendaagse ICT-apparatuur. Elektriciteit moet immers vooral voor de ICT-apparatuur zijn. Elke benodigde kWh elektrische energie voor andere onderdelen (bijvoorbeeld koeling) zorgt ervoor dat er minder energie aan de 'Core Business' kan worden besteed. Daarnaast zie je dat bestaande datahotels, die willen uitbereiden, maar hiervoor geen koelvermogen beschikbaar hebben, ook hun installaties gaan aanpassen om efficiënter te kunnen koelen. Zo wordt elektrisch vermogen beschikbaar gesteld dat kan worden besteed aan extra ICT-apparatuur in computerruimten.

Een mogelijkheid om ICT-apparatuur zelf efficiënter te benutten is om processen te 'virtualiseren'. Virtualisatie is een woord wat vaak voorkomt in de ICT, maar lastig is uit te leggen. Eigenlijk komt het erop neer dat door virtualiseren, processoren en data-opslag efficiënter kunnen worden benut. Een voorbeeld van virtualisatie is het draaien van verschillende besturingssystemen op één pc. Zo kunnen twee mensen tegelijk gebruik maken van de capaciteit van die pc en kan de tweede persoon zijn eigen pc uitzetten. Een korte uitleg over virtualisatie kan worden nagelezen op het internet [9].

Nieuw te bouwen datahotels worden vooral groter. Zeven jaar geleden werd gesproken over enkele megawatts als aansluitvermogen, nu zijn er bedrijven die tientallen megawatts als werkelijk afgenomen vermogen begroten! Oorzaak hiervan is onder andere de toegenomen toepassing van zogenaamde 'blade-servers'. Deze nieuwe generatie ICT-apparatuur heeft geleid tot een toename in de vermogensdichtheid in computerruimten van honderden watts per vierkante meter enkele jaren geleden tot meerdere kilowatts per vierkante meter nu. Dit toegenomen elektriciteitsgebruik is te wijten aan het feit dat de ICT-industrie al meer bewerkingen en functionaliteiten op een printplaat weet te realiseren. Deze toenemende belasting stelt ook toenemende eisen aan koelconcepten om de computerruimten toch vol te krijgen met computerapparatuur.

Efficiënt omgaan met energie is voor de meeste nieuwe datahotels die zich nu vestigen gelukkig wel een belangrijk uitgangspunt. Concepten die slim modulair kunnen worden opgebouwd maken efficiënter gebruik van beschikbaar elektrisch vermogen en vermijden onnodige belasting van het elektriciteitsnet. Dit geeft tevens voordelen in de benodigde financiële investeringen voor faciliteiten als noodstroomvoorziening en koeling die gepaard gaan bij modulaire groei. Investeringsgroei dan ook modulair mee.

De temperatuur in computerzalen wordt nu ook anders benaderd. Begin 2000 moesten datahotels vooral koud zijn, nu gaat het vooral om de stabiliteit van de temperatuur in de tijd en worden moderne computerruimten bijna niet meer onder de 25°C gekoeld.

2.2 Kantoren

Kantoren hebben tegenwoordig bijna allemaal wel een kleine server-ruimte in het gebouw. Deze ruimte is vaak te vergelijken met een flinke bezemkast, waarin enkele rekken met computerapparatuur staan opgesteld. Omdat het elektriciteitsgebruik in deze betrekkelijk kleine ruimten bijna volledig wordt omgezet in warmte, wordt veelal gekoeld om oververhitting van de apparatuur te voorkomen. De koeling in deze ruimten kan worden verzorgd door verschillende apparaten. Veelal worden zogenaamde 'split units' ingezet maar ook zogenaamde computerairconditioners.

Koeling wordt verzorgd door lucht te recirculeren door een luchtbehandelingkast waarin de lucht wordt gekoeld in een warmtewisselaar. In veel gevallen leidt ruimtegebrek tot de keuze voor een kleine luchtbehandelingkast. De warme aangezogen lucht komt dan in de luchtbehandelingkast relatief weinig warmtewisselend oppervlak tegen. Om toch voldoende te kunnen koelen, moet het warmtewisselende oppervlak kouder zijn in vergelijking tot de situatie wanneer er meer warmtewisselend oppervlak beschikbaar is. Echter, hoe lager de temperatuur van dit oppervlak, des te meer elektriciteit voor koeling nodig is. Daarnaast wordt er bij een

dergelijk lage temperatuur ook ontvochtigd. Dit kost onnodig veel energie. Ontvochtiging kan een aandeel van wel 30% hebben in het energiegebruik voor koelen. Wanneer de computerruimte inpandig is (dus geen buitengevels) wordt vaak heel weinig geventileerd. Panden aan de rand van een gebouw zijn vaak voorzien van ventilatievoorzieningen. Toch worden deze openingen vaak afgesloten in verband met inbraakveiligheid.



Figuur 3: Server ruimte in een kantoorgebouw. Links achterin staat een luchtbehandelingkast die de koeling verzorgd. Rechts staan de rekken met computerapparatuur. Foto: ECN.

PC's en beeldschermen nemen het overgrote deel voor hun rekening in het elektriciteitsgebruik op werkplekken in kantoren. Zoals al eerder gezegd, draagt het elektriciteitsgebruik van deze apparaten bij aan het verwarmen van kantoren. In de winter wordt hierdoor de vraag naar ruimteverwarming gereduceerd. Echter, ze dragen ook bij aan de kans op oververhitting in tussenseizoenen en de zomer, waardoor extra gekoeld dient te worden om het binnen comfortabel te houden.

De benodigde koeling wordt in grote kantoren veelal centraal geregeld op de plek waar de luchtbehandelinginstallatie zich bevindt. In kleinere kantoren worden vaak kleine airconditioners opgehangen, zogenaamde split-units. Zeker met deze kleinere systemen is de kans groot dat er veel extra elektriciteit nodig is voor koeling omdat deze kleinere systemen, energetisch gezien, veelal kwalitatief minder zijn dan grotere centrale systemen.

3. Beoordelingsindicatoren

Om te kunnen beoordelen of iets energetisch efficiënt is of niet, is een referentiekader nodig. Daarom is op basis van de beschikbare gegevens bij ECN gekeken welke beoordelingsfactoren er momenteel bestaan die relevant zijn voor de ICT. Daarbij is gekeken naar koeling in datahotels en datahotels als geheel. Tevens is gekeken welke waarden, met de huidige stand der techniek, haalbaar zijn voor de verschillende beoordelingsindicatoren. Dit komt in een volgend hoofdstuk aan de orde waar de technologieën afzonderlijk worden toegelicht.

3.1 Bestaande labels en energiebesparingsinitiatieven

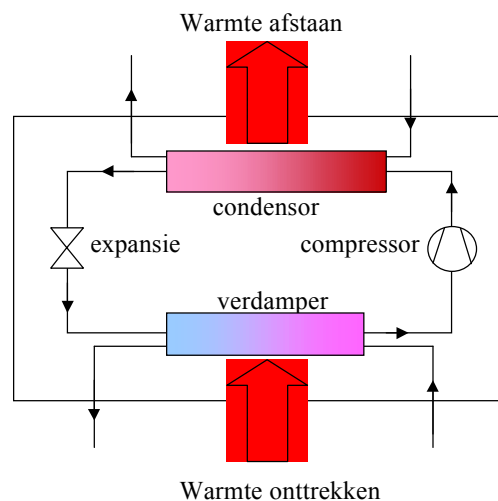
Voor ICT-apparatuur die is bestemd voor particulieren en kantoren is er al enige jaren een label dat aangeeft hoeveel energie producten als printers, beeldschermen, kopieermachines, scanners en pc's etc. gebruiken. Apparatuur met dit zogenaamde Energy Star label voldoen aan zekere eisen op het gebied van energie efficiëntie. Dit label is ontwikkeld door de U.S. Environmental Protection Agency en de U.S. Department of Energy. De eisen die dit label stelt, worden continu aangescherpt. Verwacht wordt dat binnenkort ook apparatuur die in datahotels zijn geplaatst een Energy Star label kunnen krijgen. Gemeentelijke instellingen worden door de Nederlandse overheid gestimuleerd om alleen in apparatuur met Energy Star labels te investeren. Naast het Energy Star label is momenteel een zogenaamde 'Code of Conduct on Datacentres' in voorbereiding [11]. Het initiatief hiervoor is genomen door de EU. Verwacht wordt dat deze in de loop van het voorjaar van 2008 is afgerond. Deze 'Code of Conduct' wordt ontwikkeld als antwoord op het stijgende energiegebruik van de ICT branche en de behoefte om de gerelateerde impact op omgeving, economie en energievoorzieningszekerheid te verminderen. Het doel van de 'Code of Conduct' is om door gecoördineerde activiteiten van fabrikanten, verkopers, adviseurs, gebruikers en datahotel eigenaren het energiegebruik op kosten effectieve manier te reduceren, zonder dat dit de bedrijfsvoering van datahotels frustreert. De 'Code of Conduct' tracht dit te bereiken door het verbeteren van de kennis over energiebehoefte van datacenters, bewustwording te creëren en energetische 'best practises' aan te bevelen. De 'Code of Conduct' is een vrijwillig initiatief gericht op het bijeenbrengen van geïnteresseerde belanghebbenden. Tevens is het Nederlands Normalisatie Instituut begonnen met de voorbereiding van het maken van een zogenaamde praktijkrichtlijn voor computerruimten. Eind 2008 is gepland de eerste concept tekst gereed te hebben hiervoor. In deze richtlijn wordt uiteengezet hoe, in de praktijk, installaties kunnen worden uitgevoerd. Praktijkrichtlijnen hebben over het algemeen geen wettelijk kader, maar vormen alleen een handreiking bij de voorbereiding en realisatie.

Een term die in de ICT-branche veel voorkomt en die soms in relatie wordt gebracht met efficiëntie en labeling is 'TIER'. TIER is een classificatie en heeft niets met energiegebruik te maken. De TIER classificaties geven de beschikbaarheid van de diensten van een datahotel aan, of in andere woorden, hoeveel procent van de tijd is het 'in de lucht'. TIER I classificatie betekent dat de beschikbaarheid minder is (ca. 1,2 dag per jaar niet in de lucht) dan TIER IV (ca. 4,5 uur per jaar niet in de lucht). Datahotels met een TIER IV komen nauwelijks voor. Uiteraard heeft de keuze voor de classificatie wel gevolgen voor de installaties. De meeste datahotels zullen zich herkennen als TIER III classificatie. Er kan mogelijk in de toekomst aansluiting worden gezocht bij de TIER classificaties om ook energie-efficiënte te classificeren.

3.2 Koelmachines

Het opwekken van koude met een koelmachine kan op verschillende manieren gebeuren. Het meest gangbare zijn nog steeds compressiekoelmachines. Door middel van verdamping onder lage druk wordt warmte aan een koelmedium onttrokken en afgegeven aan een koelmiddel. Het koelmiddel wordt gecomprimeerd in een compressor en stijgt daardoor in temperatuur. Het

warme gecomprimeerde koelmiddel staat deze warmte af aan de buitenlucht en condenseert daardoor in een condensor. Door het koelmiddel te expanderen zal het afkoelen en kan de cyclus zich weer herhalen. Figuur 4 geeft een schematische weergave van deze cyclus.



Figuur 4: Schematische weergave van compressiekoeling

In de koelbranche wordt een aantal indicatoren gebruikt die betrekking hebben op energie-efficiëntie. Deze indicatoren worden hieronder toegelicht, de waarden van deze indicatoren gezien de huidige stand der techniek komen in een volgend hoofdstuk aan de orde.

3.2.1 COP, Coëfficiënt of Performance

De efficiëntie van koudeopwekking kan in vele kengetallen worden uitgedrukt. Een veelgebruikt kengetal is de zogenaamde 'Coefficient of Performance' of COP. Dit getal geeft de verhouding tussen het koelendvermogen en het opgenomen vermogen van de compressor in een bepaalde bedrijfssituatie. Onderstaande vergelijking geeft aan hoe de COP kan worden berekend.

$$COP = \frac{P_{koel}}{P_{compressor}}$$

Waarin :

$$P_{koel} = \text{Koelend vermogen [kW]}$$

$$P_{compressor} = \text{Opgenomen vermogen van compressor [kW]}$$

Vergelijking 1: COP, beoordelingsindicator voor compressiekoeling

Een hoge COP betekent dus in het algemeen: 'het vermogen om een hoog energetisch rendement te halen'. Compressiekoelmachines die worden toegepast voor koeling van datahotels met een COP van 3 presteren energetisch slecht. COP's van boven de 4,5 zijn eenvoudig haalbaar.

3.2.2 Carnot factor

Een andere methode om de COP te berekenen, is aan de hand van het zogenaamde Carnot rendement en verdamper- en condensortemperatuur. Het Carnot rendement geeft de verhouding aan tussen de theoretisch maximaal haalbare en de werkelijke opbrengst van de gehele koelcyclus, exclusief hulpenergie. De volgende vergelijking geeft dit weer.

$$COP = \eta_{carnot} \cdot \frac{T_{verdamer}}{T_{condensor} - T_{verdamer}}$$

Waarin :

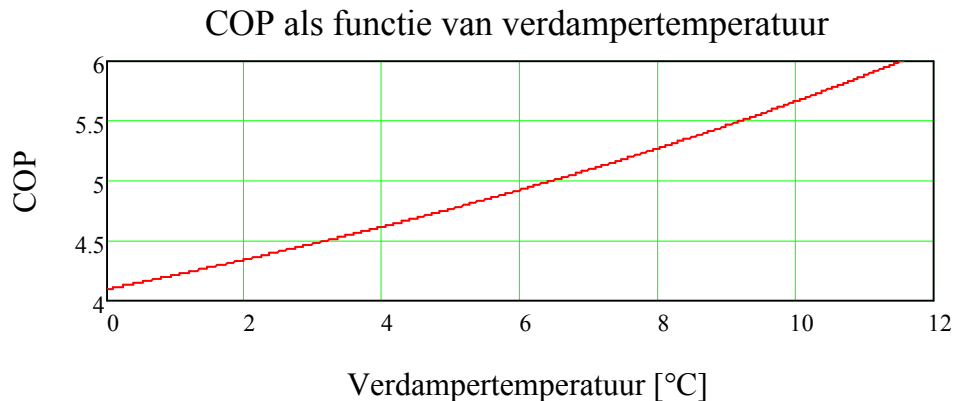
η_{carnot} = Carnot rendement [–]

$T_{verdamer}$ = Verdampertemperatuur [K]

$T_{condensor}$ = Condensortemperatuur [K]

Vergelijking 2: Bepalen van de COP met behulp van de Carnot factor

Een hogere verdampertemperatuur (binnenlucht) leidt tot een hogere COP. Een lager temperatuurverschil tussen condensor en verdamper leidt ook tot een hogere COP. In Grafiek 2 is de COP uitgezet tegen de verdampertemperatuur. Hierin is de condensortemperatuur constant verondersteld. Het Carnot rendement van grote koelmachines ligt tussen de 0,5 en 0,6 [10] en is in feite een karakteristieke eigenschap van een compressor die is terug te vinden in de technische specificaties. Energetisch slecht presterende compressoren hebben een lager Carnot rendement.



Grafiek 2: COP als functie van de verdampertemperatuur (Carnot rendement = 0,6 en condensortemperatuur = 40 °C)

3.2.3 SPF, Seasonal Performance Factor

De COP kan sterk variëren in verschillende deellast-situaties en houdt ook geen rekening met het energiegebruik van hulpapparatuur zoals ventilatoren van de condensoren en pompen. De COP geeft een verhouding tussen vermogens weer en is dus geen directe maat voor de energie (kilowattuur) die een koelinstallatie gebruikt. Immers, ondanks het feit dat een compressiekoelmachine in een installatie een hoge COP heeft, kan het systeem toch energetisch slecht functioneren wanneer er veel hulpenergie wordt gebruikt of geen vrije koeling wordt toegepast. Een hoge COP is daarom niet voldoende voor een efficiënt energiegebruik.

Het kengetal dat wel een goede maat is voor het energiegebruik van een koelinstallatie is de zogenaamde ‘Seasonal Performance Factor’, of SPF. Dit getal geeft de verhouding weer tussen jaarlijkse koudeopwekking en totaal benodigde energie om deze koude te maken. Hierbij is ook de hulpenergie inbegrepen.

$$SPF = \frac{Q_{opgewekt}}{Q_{nodig \text{ voor opwekking}}}$$

Waarin :

$$Q_{opgewekt} = \text{Hoeveelheid opgewekte koude [kWh]}$$

$$Q_{nodig \text{ voor opwekking}} = \text{Benodigde hoeveelheid energie [kWh]}$$

Vergelijking 3: Bepaling van de SPF

3.3 Datahotels, PUE en EUE

Om aan te geven hoe efficiënt de gebruikte elektriciteit van een ICT-bedrijf ook daadwerkelijk wordt benut zijn verschillende indicatoren bedacht. In dit rapport is er voor gekozen om aan te sluiten bij de indicatie die ook wordt gebruikt in het zogenaamde ‘Green Grid Initiative’¹, [8]. Green Grid benoemt een zogenaamde ‘Power Usage Effectiveness’ of PUE. Wanneer deze verhouding ‘één’ bedraagt wordt al het vermogen gebruikt door alleen de ICT apparatuur, de meest ideale maar praktisch onhaalbare situatie. De waarde zal in de praktijk dus altijd groter zijn dan één.

$$PUE = \frac{P_{totaal}}{P_{ICT \text{ apparatuur}}}$$

Waarin :

$$P_{totaal} = \text{Totaal afgenomen vermogen [MW]}$$

$$P_{ICT \text{ apparatuur}} = \text{Afgenomen vermogen ICT apparatuur [MW]}$$

Vergelijking 4: Power Usage Effectiveness (PUE) van een datahotel

Doordat in de praktijk echter het afgenomen vermogen gedurende een jaar varieert, bijvoorbeeld door een wisselende belasting op de koelmachines, is het daarom beter om datahotel efficiency uit te drukken in een eenheid die is betrokken op het jaarlijkse energiegebruik. De PUE wordt dan EUE (Energy Usage Effectiveness) waarbij het jaarlijks totale energiegebruik wordt gedeeld door het jaarlijkse energiegebruik door de ICT apparatuur.

$$EUE = \frac{E_{totaal}}{E_{ICT \text{ apparatuur}}}$$

Waarin :

$$E_{totaal} = \text{Totaal jaarlijks energiegebruik [MWh]}$$

$$E_{ICT \text{ apparatuur}} = \text{Jaarlijks energiegebruik ICT apparatuur [MWh]}$$

Vergelijking 5: Energy Usage Effectiveness (EUE) van een datahotel

¹ Dit initiatief bestaat uit een wereldwijd ICT consortium dat is gericht op het ontwikkelen en promoten van energie efficiënte datahotels en informatie diensten

4. Energiebesparende maatregelen in de ICT

De EUE van een gemiddeld datahotel, zoals gepresenteerd in Grafiek 1 op bladzijde 12, bedraagt 1,4. Dit betekent dat 70% ($1/1,4 \times 100\%$) van de gebruikte elektrische energie aan de ICT-apparatuur wordt besteed. Echter zijn er ook datahotels bekend waarbij de EUE 1,8 of meer bedraagt. Voor het verbeteren van de EUE in bestaande datahotels dienen een aantal barrières genomen te worden, maar het is zeker niet onmogelijk. Het altijd moeten laten door draaien van ICT-apparatuur bemoeilijkt vaak het tussentijds verbeteren van bestaande datahotels, maar door het plaatsen van tijdelijke installaties voor de energievoorziening en de koeling blijkt er toch heel veel mogelijk. Daarnaast zijn er verschillende natuurlijke momenten, zoals installatievervanging, renovatie en uitbereiding, die benut kunnen worden voor verbetering van de efficiëntie. Er zijn op het moment van schrijven van dit rapport meerdere bedrijven die bovengenoemde barrières hebben doorbroken en hun bestaande gebouwen en installaties hebben gerenoveerd om efficiënter met beschikbare energie om te gaan. Een goed voorbeeld hiervan is een gebouw van Pink-Roccade/Getronics in Amsterdam waar de EUE na een ingrijpende renovatie is verbeterd van circa 1,7 naar circa 1,3 (In plaats van slechts 59%, is nu 77% van de gebruikte energie voor ICT apparatuur). Hoe dit is gerealiseerd zal later in dit rapport aan de orde komen. Voor nieuw te bouwen datahotels liggen veel verschillende mogelijkheden voor het oprapen om efficiënt met energie om te gaan.

Energiebesparing in de ICT branche begint bij de computerapparatuur zelf. Efficiënte apparatuur kan meer met minder waardoor er ook minder energie nodig is voor voorzieningen als klimaatbeheersing en (nood)stroomvoorziening. Ook zijn de eisen die worden gesteld aan temperatuur en relatieve vochtigheid in ruimten waarin servers draaien bepalend voor het energiegebruik van de klimaatbeheersing. Tenslotte is het goed dimensioneren van installaties en toepassen van efficiënte technologie belangrijk. Verschillende energiebesparende technologieën die inmiddels in de praktijk zijn toegepast worden hieronder besproken. De focus ligt bij de koeling en noodstroomvoorziening in datahotels. Als laatste komen de serverruimten aan bod.

4.1 Koeling

In serverruimten van kantoren en in datahotels wordt lucht veelal gekoeld door koelmachines. Deze gekoelde lucht wordt in de computerruimten geblazen waardoor de ICT-apparatuur wordt gekoeld. De opgewarmde lucht wordt weer aangezogen en afgekoeld door de koelmachine waarna de cyclus zich herhaalt. Een aantal factoren, die hieronder worden toegelicht, vereenvoudigt het afvoeren van warmte uit de computerruimten aanzienlijk, waardoor veel energie bespaard kan worden.

4.1.1 Temperatuur en relatieve vochtigheid

Wanneer fabrikantspecificaties van ICT-apparatuur erop worden nageslagen, bedraagt de maximale omgevingstemperatuur waarbij de levensduur en kwaliteit wordt gegarandeerd gemiddeld circa 40°C [4]. Het koelen van computerruimten op temperaturen ruim onder de 30°C is dan dus ook onnodig en leidt tot verspilling van energie. Uit een onderzoek van Pinheiro c.s. (2007) [5] blijkt, dat temperatuur een veel kleiner effect heeft op 'schijffouten' van harde schijven dan tot dan toe werd verondersteld. Wel van belang is dat de temperaturen niet te veel schommelingen in de tijd vertoont. De Amerikaanse organisatie ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) schrijft tussen de 20°C en 25°C voor als inblaasluchttemperatuur.

Ook de eisen met betrekking tot luchtvochtigheid zijn in de fabrikantspecificaties veel ruimer dan aanvankelijk in computerruimten werd gerealiseerd. Het is onnodig om de relatieve

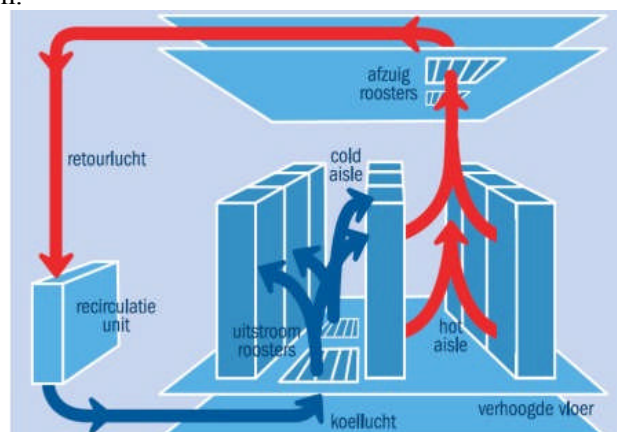
vochtigheid binnen een bandbreedte van enkele procenten te regelen. Veel apparaat specificaties geven aan dat deze tussen de 90% en 10% (niet condenserend) moet zijn. Er is een verband tussen relatieve vochtigheid en temperatuur. Wanneer de lucht namelijk te veel gekoeld wordt, zal condens ontstaan op de warmtewisselaars waar de lucht wordt gekoeld. Dit condenseren van water gaat ten koste van koelvermogen. Tevens leidt condensatie tot droger worden van de lucht in de computerruimten, met het gevolg dat mogelijk weer extra bevochtigd moet gaan worden om problemen met statische elektriciteit te voorkomen. Het is dus van belang om het koude water, of koelmiddel uit de koelmachine niet zo koud te laten zijn dat deze condensatie tot gevolg heeft. In de praktijk betekent dit dat deze temperatuur (verdampertemperatuur) niet onder de 9°C zou moeten komen.

Met een verhoging van de inblaasluichttemperatuur van 1°C neemt het rendement (COP) van koudeopwekking door compressiekoelmachines theoretisch met ruim 3% toe, zoals te zien in Grafiek 2 op bladzijde 17. Bij een verhoging van de inblaasluichttemperatuur van bijvoorbeeld 3°C, kan de koudeopwekking theoretisch zelfs tot totaal 35% efficiënter worden doordat er hierdoor ook minder wordt ontvochtigd.

Deze besparing kan worden bereikt door de verdampertemperatuur van de koelmachine te verhogen van bijvoorbeeld 6°C naar 9°C. Bij veel koelmachines kan de verdampertemperatuur worden ingesteld. Mocht deze temperatuur van 9°C er toe leiden dat er toch een te hoge omgevingstemperatuur voor de computerapparatuur ontstaat, dan kan het vergroten van warmtewisselend oppervlak in de computerruimte tussen lucht en koudemiddel de oplossing zijn. De verdampertemperatuur kan worden gewijzigd door het opnieuw afstellen van een regeling. De investering hiervoor (enkele manuren) weegt ruimschoots op tegen de besparing. Uitgaande van het Groningse datahotel uit Figuur 1, is een dergelijke inspanning in minder dan een week tijd terugverdiend. Het extra bijplaatsen van warmtewisselend oppervlak is uiteraard kostbaarder, maar kan ook leiden tot een simpele terugverdientijd (investering gedeeld door jaarlijkse besparing) van onder de vijf jaar². De uitvoering van het leidingnetwerk en de wijze waarop het vloeroppervlak wordt gebruikt (verhuur of eigen gebruik) hebben invloed op de kosten voor het vergroten van warmtewisselend oppervlak.

4.1.2 Scheiden van warme en koude lucht

Het fysiek scheiden van opgewarmde en afgekoelde lucht, zodat er geen menging kan plaatsvinden is eigenlijk een van de eerste maatregelen die ervoor zorgen dat een koelsysteem efficiënter kan werken.



Figuur 5: In de praktijk stroomt de lucht niet volgens de pijlen van de ontwerpers, maar zal door wervelingen opgewarmde lucht kunnen mengen met gekoelde lucht. Dit mengen van koude en warme lucht leidt tot een hoger energiegebruik. Foto: Computable

² Het verloren gaan van vloeroppervlak waar ICT apparatuur geplaatst kan worden is hierbij niet meegenomen. Dit zou per situatie beschouwd kunnen worden.



Figuur 6: Situatie waarbij koude en warme lucht van elkaar zijn gescheiden. Foto: UpTime Technology

Dit scheiden van warme en koude lucht in computerruimten wordt gedaan door middel van het maken van koude- en warme gangen. De koude lucht verplaatst zich in dit geval dan horizontaal door de ICT-apparatuur. In Figuur 5 is de bovenkant van de gangen toch nog open, waardoor er nog steeds menging van warme en koude lucht kan plaatsvinden. Door het afsluiten van een gang kan deze kortsluiting worden voorkomen waardoor koude nog beter wordt benut, zoals te zien in de foto. Dit heeft een zeer grote invloed op de temperaturen in de gangen. Metingen die zijn uitgevoerd door ECN, hebben uitgewezen dat het temperatuurverschil van in een situatie als in Figuur 5 tussen de warme en koude gang slechts 0,5 °C tot 1 °C bedraagt. Dit kan voor een afgedekte gang tot wel 8°C kan bedragen. In de praktijk betekent dit, dat het bij een koelluchttemperatuur van 25°C voldoende koud is om in een computerzaal met afgedekte gangen de warmte af te voeren. Deze temperatuur zou zelfs nog hoger kunnen zijn wanneer de maximale temperatuureisen van de computerapparatuur worden benut. In ruimten die niet zijn afgedekt zal al snel met temperaturen van onder de 21°C moeten worden ingeblazen. Zeker in bestaande installaties met compressiekoelmachines zorgt het scheiden van warme en koude lucht voor een flinke efficiëntieverbetering. Hoeveel dit is, komt later in dit hoofdstuk aan de orde.

Een bijkomend voordeel van het fysiek scheiden van warme en koude lucht, is dat luchtbehandelingkasten veel minder lucht hoeven te verplaatsen omdat veel efficiënter wordt omgegaan met beschikbare koude. Dit betekent dat er minder luchtbehandelingkasten in computerruimten nodig zijn indien de gangen worden afgedekt. Er komt daardoor dus meer vloeroppervlak beschikbaar voor het plaatsen van computerapparatuur. Dit in tegenstelling tot voorgaande paragraaf, waarbij het verhogen van de verdampertemperatuur kan leiden tot de behoefte aan meer warmtewisselend oppervlak, waardoor extra vloeroppervlak nodig is voor het bijplaatsen van luchtbehandelingkasten. Door het goed scheiden van warme en koude lucht verandert de aansturing van de koeling in computerruimten over het algemeen.

Door het fysiek scheiden van warme en koude lucht kan dus niet alleen de inblaastemperatuur worden verhoogd van bijvoorbeeld 21°C naar 24°C, maar is ook minder lucht benodigd om de

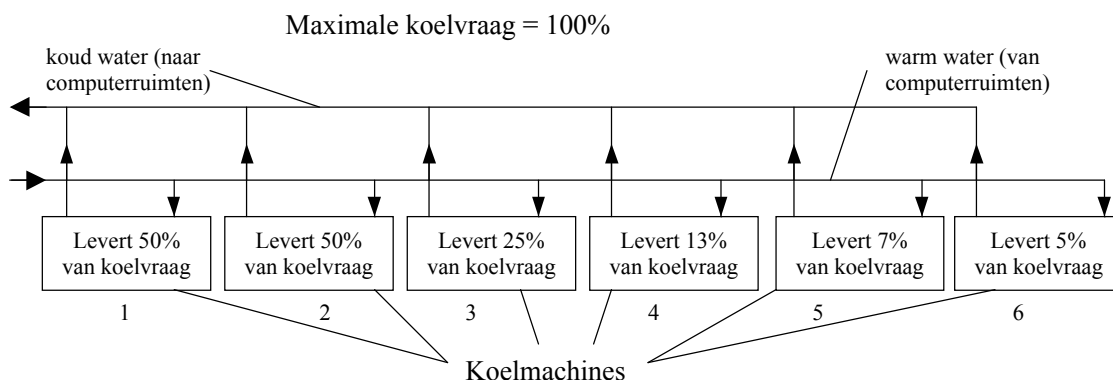
warmte af te voeren. Er kunnen dus luchtbehandelingkasten worden uitgezet. Het verhogen van de luchttemperatuur met 3°C maakt, zoals in de vorige paragraaf is beschreven, een koelmachine bijna 10% efficiënter. Kosten voor het afdekken van gangen bedragen ongeveer 180 €/m². Er kan worden gesteld dat in situaties waarbij alleen gekoeld wordt door compressiekoelmachines (geen vrije koeling, SPF van 3,5) de simpele terugverdientijd voor het scheiden van warme en koude lucht de terugverdientijd onder de vijf jaar ligt³. Ook in situaties waarbij minder tijd in een jaar wordt gekoeld met compressiekoelmachines en de ICT apparatuur meer dan 1,5 kW/m² gebruikt, kan de terugverdientijd minder dan vijf jaar zijn.

4.1.3 Deellastregelingen

De regeling van de koelinstallatie heeft een grote invloed op de SPF en de COP. Een voorbeeld hiervan is de toepassing van een condensordrukregeling. Hiermee wordt door een elektronisch geregeld expansieventiel de druk en temperatuur in de condensor geregeld waardoor het opgenomen elektrisch vermogen van de compressor verminderd. Wanneer het buiten kouder wordt, maar er wel compressiekoeling nodig is, kan de condensortemperatuur worden verlaagd. De terugverdientijd van de elektronische expansieventielen in combinatie met vrije koeling is momenteel te hoog om deze maatregel verplicht door te voeren omdat de bedrijfstijd van de koelmachine afneemt door het toepassen van vrije koeling. Hierdoor kunnen de geregelde expansieventielen zich met de huidige kostprijs en energietarieven moeilijker terugverdienen. Wanneer geen vloeistofstelsel met vrije koeling wordt toegepast, maar directe expansie, bedraagt de terugverdientijd van elektronische expansieventielen momenteel minder dan 7 jaar.

Wanneer een koelmachine vaak in deellast draait, zal zijn SPF verslechteren omdat het aandeel hulpenergie (pompen, regeling etc.) veelal niet afneemt in deellast. Deellast bedrijf is immers niet de situatie waarop de installatie is ontworpen. Een zogenaamde cascade regeling zoals schematisch is weergegeven in Figuur 7, ondervangt gedeeltelijk dit probleem.

Een cascade bestaat uit een aantal aaneengeschakelde en apart te regelen koelmachines. Wanneer nu bijvoorbeeld 68% van het maximale koelvermogen gevraagd wordt, draaien koelmachines 2 en 4 in het voorbeeld in vollast en koelmachine 6 in deellast. Hierdoor draait dus alleen een heel klein deel van het ingeschakelde vermogen in deellast. Doordat twee koelmachines (nummer 1 en 2) elk 50% van de maximale koelvraag kunnen leveren, levert dit ook 100% redundantie op. Wanneer een willekeurige koelmachine uitvalt, kan nog steeds 100% van de maximale koelvraag worden gedekt.



Figuur 7: Cascaderegeling van koelmachines

Naast een goede deellastregeling van de koelmachines is ook een goede deellastregeling van de ventilatoren van belang. De benodigde energie voor de ventilatoren kan meer dan de helft

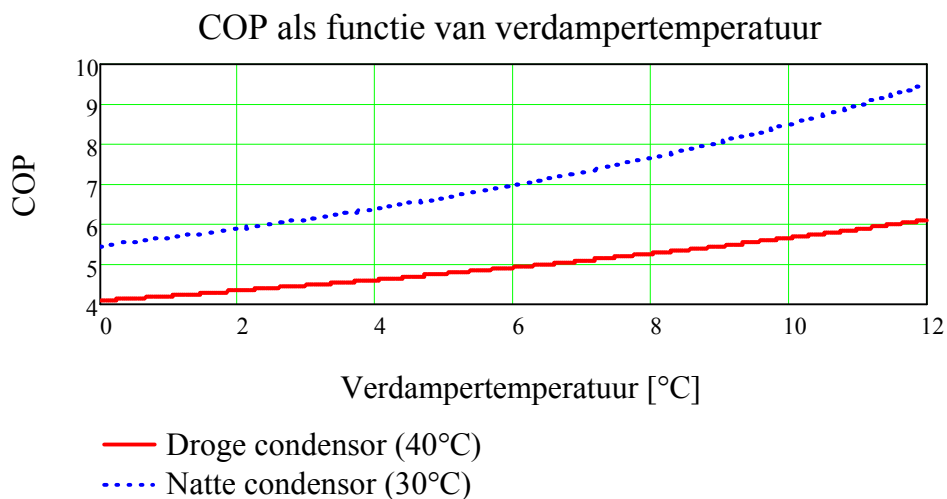
³ $180 \text{ [€/m}^2\text{]} / (8760 \text{ uur} \times 1,5 \text{ kW/m}^2 \times 1/3,5 \times 10\% \times 0,1 \text{ €/kWh}) = 4,8 \text{ jaar}$

bedragen van de totale benodigde energie voor koeling. Indien de koelinstallatie in deellast draait, wordt ook door het uitschakelen van ventilatoren van condensers en luchtbehandelingskasten veel energie bespaard. Dit geldt in feite voor alle hulpenergie voor de installatie.

Dergelijke deellastregelingen worden in de koelbranche al jaren standaard toegepast en zij kunnen dan ook worden beschouwd als huidige stand der techniek.

4.1.4 Droge condensers en natte condensers

Compressiekoelmachines gebruiken minder energie bij een klein temperatuurverschil tussen verdamper en condensor, zoals in Vergelijking 2 op bladzijde 17 is te zien. Dit kan worden bereikt zoals hiervoor beschreven: de verdampertemperatuur kan worden verhoogd door het benutten van de grenzen van de apparatuurspecificaties en het scheiden van gekoelde en opgewarmde lucht. Het temperatuurverschil tussen verdamper en condensor kan verder worden verkleind door het verlagen van de condensortemperatuur. Normaal gesproken leidt het verlagen van de condensortemperatuur tot een beperking van de hoeveelheid warmte die kan worden afgestaan. Door water langs de condensor te laten stromen wordt deze beperking teniet gedaan. Dit wordt veroorzaakt doordat een deel van het water verdampt waardoor er extra warmte van de condensor afgevoerd wordt.



Grafiek 3: COP als functie van de verdampertemperatuur bij verschillende condensortemperaturen (Carnot factor = 0,6)

Deze zogenaamde natte condensor, of natte koeltoren, kan bij een lagere condensortemperatuur een zelfde hoeveelheid warmte afvoeren in vergelijking tot een droge condensor, of droge koeltoren. Echter zal een natte koeltoren water gebruiken dat behandeld dient te worden in verband met het voorkomen van aangroei van algen en aanslag. Ook dienen maatregelen genomen te worden tegen de vorming van legionellabacteriën. Hiervoor zijn richtlijnen opgesteld en er zijn methoden beschikbaar die de groei van legionellabacteriën reduceren. Het lozen van het gebruikte water levert vaak problemen op, omdat dit veelal is verontreinigd met chemicaliën. De hulpenergie benodigd voor natte condensers of natte koeltorens is mede hierdoor vaak hoog. Natte condensers of koeltorens kunnen ervoor zorgen dat in bepaalde perioden condenswolken ontstaan. Hiermee dient rekening gehouden te worden ten aanzien van de locatie (Schiphol, snelweg, woonwijk etc.).

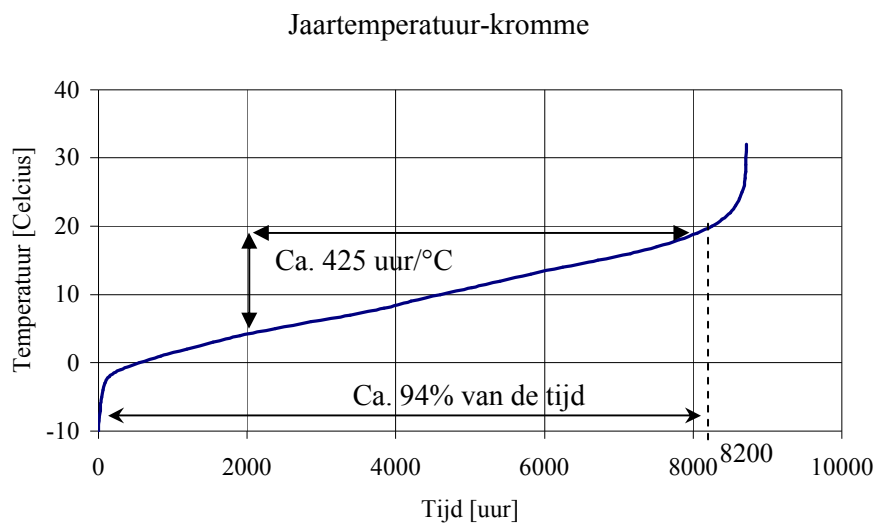
Naast de toepassing van natte en droge condensers, bestaat er ook nog een tussenvorm: de hybride condensor. Zoals de naam al doet vermoeden is dit een combinatie van een droge en natte condensor. Veelal wordt in de winter alleen met lucht gekoeld (droog) en wordt zomers

bevochtigd (nat). De hierboven beschreven eigenschappen voor droge en natte condensors gelden dan ook voor de hybride uitvoering, afhankelijk van de bedrijfssituatie (nat of droog).

Afhankelijk van de verdampertemperatuur levert het toepassen van natte condensors of natte koeltorens een COP-verbetering van een koelmachine op van 35% tot 60% ten opzichte van droge condensors. Echter dient wel de hoeveelheid benodigde hulpenergie in de gaten te worden gehouden en blijft het voorkomen van de groei van legionellabacteriën een aandachtspunt bij natte koeltorens. Dit kan de energiebesparing door de verbeterde COP van de koelmachine teniet doen, iets wat in de praktijk veelvuldig gebeurt.

4.1.5 Vrije koeling

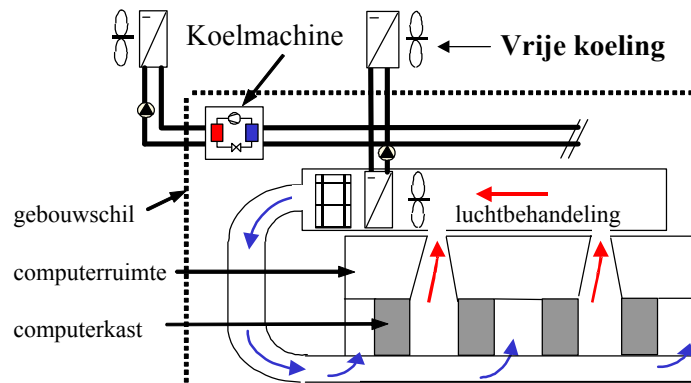
Het klimaat in Nederland is zodanig dat veel ‘gratis’ (en ook duurzame) koude in de buitenlucht aanwezig is. Onderstaande figuur toont het aantal uur in een jaar dat de temperatuur zich onder een bepaalde waarde bevindt (1 jaar is 8760 uur).



Figuur 8: Aantal uur dat de buitentemperatuur zich onder een bepaalde waarde bevindt

Uit Figuur 8 kan worden afgelezen dat het buiten jaarlijks ca. 8200 uur (dat is 94% van de tijd!) kouder is dan 20°C. Door het toepassen van installaties die gebruik kunnen maken van deze beschikbare duurzame koude (zgn. vrije koeling), kan een aanzienlijke hoeveelheid energie voor (compressie) koeling worden bespaard. Wanneer de grenzen van de temperatuureisen van de ICT-apparatuur worden benut en gekoelde lucht efficiënt wordt gebruikt, is compressiekoeling zelfs overbodig.

Figuur 9 is een schematische weergave van de toepassing van vrije koeling in een systeem met gekoeld water. De dikke zwarte lijnen stellen het vloeistofsysteem voor. De rode en blauwe pijlen stellen de warme en koude lucht voor. Op het dak zijn twee warmtewisselaars aangebracht. Eén daarvan doet dienst voor de condensor van de koelmachine, de ander wordt gebruikt voor vrije koeling. De (opgewarmde) vloeistof kan direct vanuit de warmtewisselaar in de luchtbehandelingkast naar de warmtewisselaar op het dak worden gepompt, waar de warmte wordt afgestaan aan de buitenlucht. De koelmachine gaat aan wanneer het buiten te warm is om de vloeistof alleen met buitenlucht af te koelen. Wanneer de klimaateisen in de computerruimten worden verruimd en hogere temperaturen worden toegestaan, kan meer koude uit de omgeving worden benut en kan aanzienlijk op koelenergie worden bespaard.

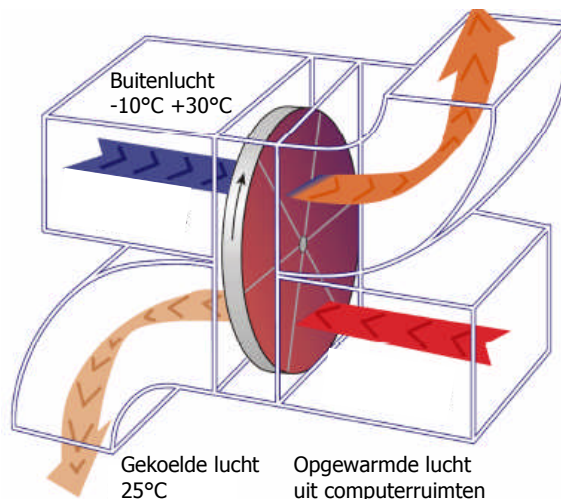


Figuur 9: Schematische weergave van de toepassing van vrije koeling

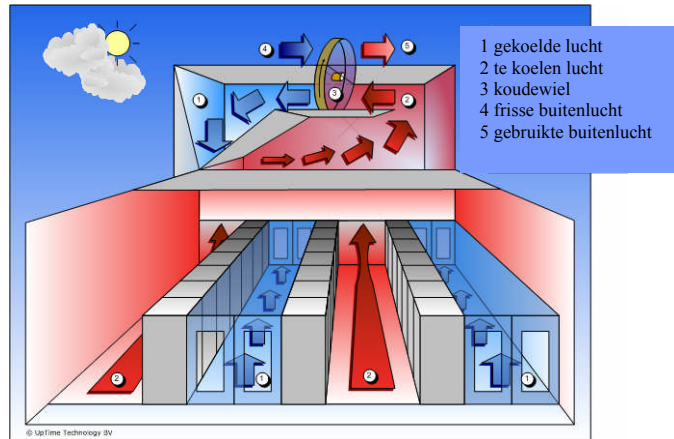
Koelinstallaties waarin vrije koeling is opgenomen worden door veel leveranciers als standaard product geleverd. Het toepassen van vrije koeling levert tevens voordelen op ten aanzien van het benodigde vermogen voor de noodstroomvoorziening en betrouwbaarheid. Wanneer de compressiekoelmachine uitvalt, kan altijd nog koude uit de omgeving worden ingezet. In de praktijk wordt met vrije koeling, zoals toegepast in Figuur 9, ongeveer 30% bespaart op energiegebruik voor koeling ten opzichte van systemen zonder vrije koeling. Vrije koeling is binnen enkele jaren financieel terugverdiend. Systemen met een dergelijke mogelijkheid voor vrije koeling kunnen worden beschouwd als de huidige stand der techniek. Gebouwen waarbij door constructieve randvoorwaarden geen vrije koeling geplaatst kan worden, bijvoorbeeld door een te zwakke dakconstructie, zijn over het algemeen niet geschikt voor datahotels.

4.1.6 Koudewielen

Een andere mogelijkheid om koude van buiten te benutten, is om buitenlucht via een warmte- of koudewiel koude te laten overdragen op gerecirculeerde lucht uit een computerruimte. Onderstaande prinscheschets laat zien hoe koelen met een koudewiel werkt. Het komt er op neer dat koude buitenlucht een helft van het wiel continu afkoelt. Aangezien het wiel langzaam draait, wordt het afgekoelde gedeelte van het wiel in de af te koelen warme luchtstroom gedraaid.



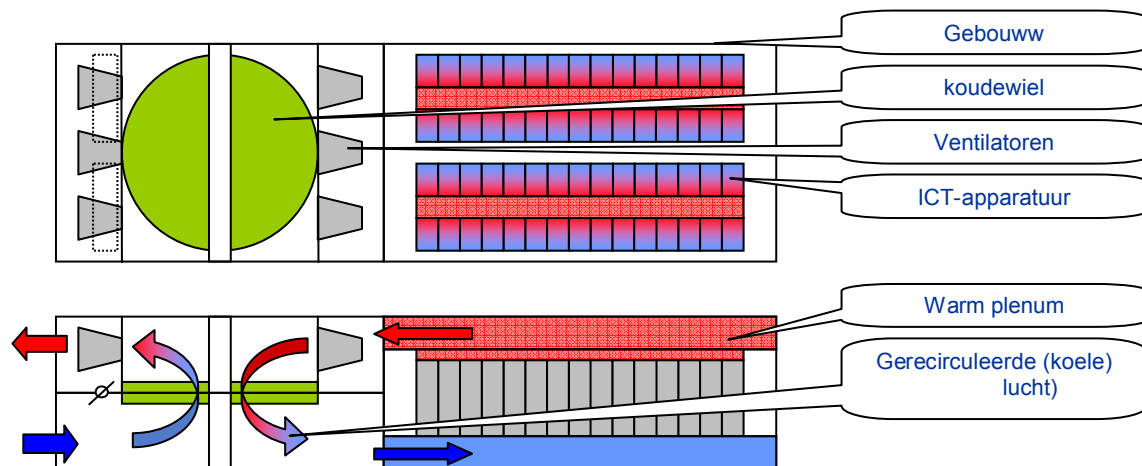
Figuur 10: Het koelen van gerecirculeerde lucht uit computerruimten met buitenlucht door een koudewiel. Foto: UpTime Technology



Figuur 11: Foto en een principe schema van de toepassing van verticaal geplaatste koudewielen en op het dak van een bestaand datahotel; Foto: Hamer installatietechniek, Figuur 12 PinkRoccade Getronics, KPN en UpTime Technology

Door de wielen verticaal te plaatsen kan het dak worden benut voor het plaatsen van de installatie. Het horizontaal plaatsen van de wielen maakt het mogelijk de installatie aan de buitenrand van een datahotel te plaatsen en modulair mee te laten groeien (zie ook 4.6). Uiteraard dienen er in het gebouw grote luchtkanalen beschikbaar te zijn om de warme en koude lucht naar de wielen te transporteren.

Ten opzichte van de gemiddelde situatie zoals geschetst in Grafiek 1, kan het koelen met koudewielen een flinke verbetering van de EUE realiseren. Uitgedrukt in energiebesparing, bedraagt de vermindering van het totale energiegebruik door toepassen van dit principe ten opzichte van de gemiddelde situatie zoals geschetst in Grafiek 1, tot ongeveer 20% op het totale energiegebruik. Ten opzichte van datahotels waarin geen vrije koeling is toegepast, kan het koelen met koudewielen tot zelfs een halvering van het totale energiegebruik leiden. Ook voor deze systemen geldt dat de extra investering ten opzichte van systemen zonder vrije koeling binnen enkele jaren is terugverdiend.



Figuur 12: Toepassing van horizontale installatie van koudewielen. Bovenste afbeelding: bovenaanzicht, onderste afbeelding: zij-aanzicht. Illustratie: UpTime Technology en KPN

4.1.7 Warmte- en koude opslag in de bodem

Opslag van warmte- en koude in de bodem (afgekort WKO) is in Nederland al lang niet meer nieuw. In 2005 waren in Nederland al bijna 600 projecten ^[6] bekend waarbij deze technologie is toegepast. WKO in de bodem wordt ook ingezet voor koeling in de ICT-sector, alhoewel je het

eigenlijk alleen koude-opslag in de bodem zou moeten noemen. Het idee achter KO in de bodem voor de ICT-branche is dat koude (uit de lucht tijdens de winter, of uit koelmachines) wordt gebruikt voor het afkoelen van de bodem en grondwater. Deze koude wordt benut om water af te koelen dat vervolgens weer wordt ingezet voor het afkoelen van lucht in de computerruimten. Aandachtspunt is hierbij de enorm grote hoeveelheid koude die gedurende het gehele jaar continu nodig is om de ICT-apparatuur te koelen, wanneer volledig met een KO systeem wordt gekoeld. Het is lastig om vast te stellen hoeveel energie een dergelijk systeem bespaart. Dit hangt namelijk heel erg af van de installaties die de kou opwekken en de wijze waarop dit gebeurt.

Momenteel loopt er een initiatief van een ICT-bedrijf dat zonder de inzet van compressoren de computerruimten wil gaan koelen. Door het inzetten van WKO op de momenten dat het buiten toch te warm is voor vrije koeling, kan de inzet van compressiekoeling worden vermeden. Gedurende de voorbereidende fase voor dit project bleek de benodigde vergunningsprocedure voor WKO echter een belemmering. Bij dergelijke initiatieven is het handig om de mogelijkheid te hebben om ook de ondergrondse ruimtelijke ordening te regelen. Ofwel, bedrijven die iets met de bodem willen ten aanzien van energieopslag zijn geholpen met duidelijke regels.

Bij ECN beschikbare informatie over WKO leidt tot de conclusie dat een WKO-systeem voor het koelen van datahotels flinke investeringen eist, mede door de omvang van het systeem. Een COP van tussen de 10 en 20 wordt in de praktijk gehaald, echter door de grote hoeveelheid benodigde hulpenergie ligt de SPF veelal lager, tot zo'n 6. Ondanks de gerealiseerde energiebesparing zijn dergelijke systemen momenteel niet snel terug te verdienen (>20 jaar). Dit zal door eventueel stijgende energieprijzen de komende jaren niet veel veranderen.

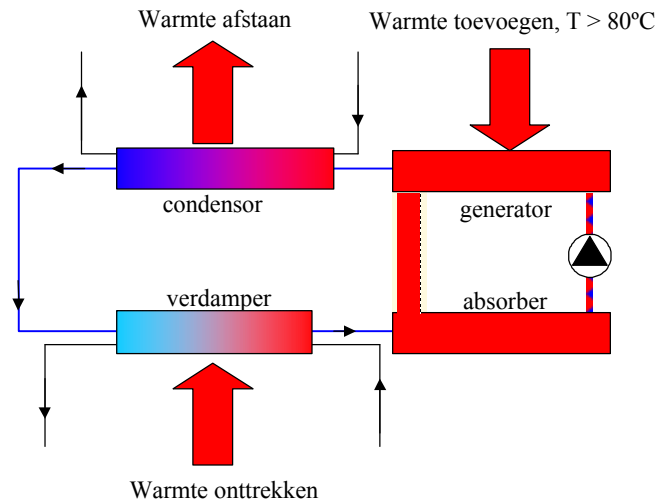
4.1.8 Koudenetten of centrale koudelevering

Op verschillende plaatsen in Nederland zijn koudenetten in ontwikkeling of zelfs al in bedrijf. Voorbeelden in Amsterdam zijn te vinden in de Zuidas en de Zuidoostlob waar de Nieuwe Meer en de Oudekerkerplas als koudebronnen worden ingezet. Deze voorzieningen leveren vanuit een centrale plek koud water aan gebouwen in de omgeving (enkele kilometers) dat kan worden gebruikt voor koeling.

De koudenetten kunnen worden gezien als back-up voorziening indien de eigen koude opwekking het laat afweten. Het gebruik van een koudenet als basisvoorziening zal vaak leiden tot het besluit van een ICT-bedrijf voor een eigen noodvoorziening voor koeling. Dit heeft vooral te maken met de grote behoefte aan voorzieningszekerheid.

4.2 Absorptiekoeling

Een andere methode om koude op te wekken is om gebruik te maken van absorptiekoeling. Momenteel is dit nog niet veel toegepast in de ICT-branche. Ook in kantoren wordt absorptiekoeling zelden toegepast. Een belangrijke oorzaak hiervan is de relatief hoge temperatuur die nodig is om absorptiekoeling te kunnen bedienen. Absorptiekoeling maakt gebruik van warmte met een hoge temperatuur (circa 80°C) om hiermee koude op te wekken. Figuur 13 geeft een schematische weergave van de werking.



Figuur 13: Schematische weergave van absorptiekoeling

De compressor uit de compressiekoelmachine is bij absorptiekoeling vervangen door een generator en een absorber. Absorptiekoelmachines zijn veelal omvangrijker van formaat en behoeven een grotere investering dan compressiekoelinstallaties. Voor grote installaties, zoals toegepast in de ICT branche, haalt een absorptiekoelmachine maximaal een COP van rond de 0,8. Bij absorptiekoeling is de COP betrokken op de verhouding koelend vermogen en vermogen aangeboden aan de generator.

Wanneer absorptiekoeling een mogelijkheid vormt om toegepast te worden, is het belangrijk om te weten waar de benodigde warmte van afkomstig is. Zo zorgt afname van warmte bij een moderne energiecentrale (zoals die in Diemen) voor stadsverwarming, voor een daling van het opwekkingsrendement voor elektriciteitsproductie van de centrale. Dit geldt veelal ook voor het rendement van andere industriële processen waarvan warmte benut kan worden. In de besparingsberekening moet het rendement van de warmteproductie meegenomen worden. Ook is het belangrijk dat vraag en aanbod van warmte voor absorptiekoeling gelijktijdig plaatsvinden. Tenslotte is het temperatuurniveau waarop warmte beschikbaar is van belang. Absorptiekoeling kan alleen worden toegepast als het temperatuurniveau in het warmtenet gedurende het gehele jaar voldoende hoog is (circa 80°C). Wanneer het warmtenet een deel van het jaar voor absorptiekoeling op een hoger temperatuurniveau moet worden gehouden, leidt dit tot extra rendementsverliezen in de centrale en extra warmteverliezen in het net.

4.3 Levering van warmte door de ICT-branche aan derden

Dit lijkt een voor de hand liggende mogelijkheid, maar is in de praktijk niet eenvoudig. De warmte uit de ICT-branche komt vrij op een betrekkelijk laag temperatuurniveau (maximaal 45°C). Vervolgens zal deze temperatuur nog iets dalen door transport naar de gebruiker van de warmte. Om deze warmte uiteindelijk effectief te benutten zal een warmtepomp nodig zijn. Daarnaast zal een ICT-bedrijf zijn warmte te allen tijde kwijt willen. Afhankelijk zijn van de warmtevraag van een gebruiker is dus niet gewenst. Echter kan in deze gevallen opslag van

warmte in de bodem uitkomst bieden. Toch blijkt warmtelevering aan derden haalbaar, zeker als ICT nieuwbouw of renovatie samen gaat met installatievervanging/renovatie van omliggende bedrijven en gebouwen. Een project waarbij warmte geleverd wordt door het ICT bedrijf TeleCity Redbus aan het psychiatrisch centrum AMC de Meren in Amsterdam is op het moment van schrijven van dit rapport in voorbereiding.

4.4 Stroomvoorzieningen

In de ononderbroken elektrische voeding, of UPS (uninterrupted power supply) wordt de beschikbare spanning uit het elektriciteitsnet meerdere keren omgezet van wisselspanning naar gelijkspanning en omgekeerd. Dit resulteert in een energieverlies dat gemiddeld circa 6% van het totale energiegebruik kan bedragen. Er zijn ook gevallen bekend waarbij dit energieverlies veel hoger was. Zeker wanneer een datahotel slechts een klein deel van het vermogen van de stroomvoorziening daadwerkelijk benut, kunnen de verliezen flink oplopen tot maar liefst 20%. Door de elektrische voeding en de noodstroominstallatie niet te groot te dimensioneren, kan men onnodige verliezen voorkomen. Hiervoor dient men alleen de bedrijfskritische apparatuur te voeden die werkelijk wordt ingezet via de UPS. Veelal komt dit neer op UPS systemen die ‘mee kunnen groeien’ met de hoeveelheid ICT apparatuur, dit zijn zogenaamde modulaire UPS systemen. Dit spreidt de investeringskosten naar behoefte.

Veel ICT-apparatuur wordt aangesloten op wisselspanning uit een UPS. De spanning wordt dan drie maal omgevormd:

1. van wisselspanning naar gelijkspanning (in de UPS)
2. van gelijkspanning naar wisselspanning (in de UPS)
3. van wisselspanning naar gelijkspanning (in de computervoeding)

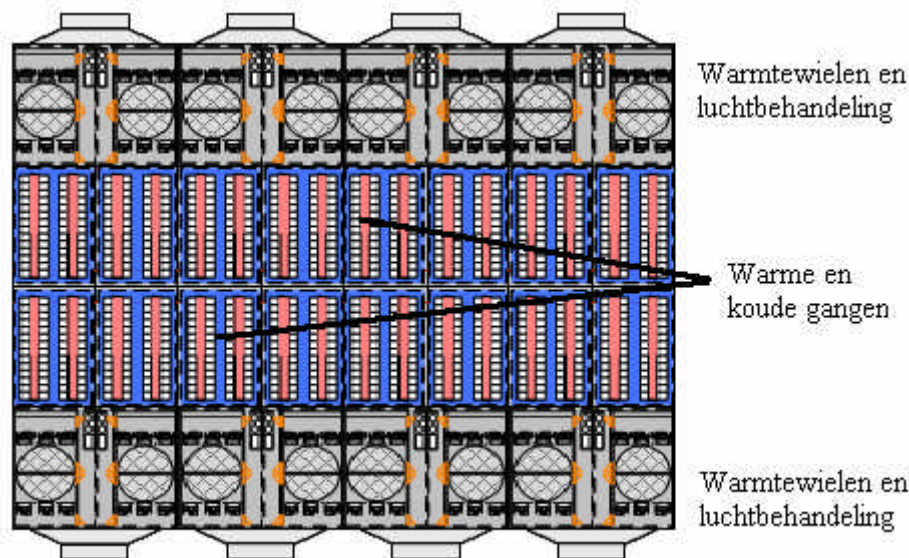
Bij iedere omvorming gaat elektrische energie verloren door de zogenaamde ijzerverliezen in transformatoren. Veel toegepaste systemen zetten de volledige hoeveelheid gebruikte energie meerdere keren om van wisselspanning naar gelijkspanning waardoor er veel verliezen optreden. Er zijn ook systemen verkrijgbaar die alleen de benodigde stroom voor het laden van de batterijen in een UPS omvormen en het andere deel van de stroom gaat direct naar de computerapparatuur. Met dergelijke systemen kan het energieverlies door de stroomvoorziening worden gereduceerd tot enkele procenten op het totale energiegebruik. APC is een van de leveranciers van deze techniek, die ook wel ‘delta conversion’ wordt genoemd. APC claimt een efficiëntie van meer dan 97%. Ook met systemen die gebruik maken van vliegwielen kan dit worden gerealiseerd.

4.5 Overige ruimten en verlichting

Ondanks dat deze onderdelen een relatief klein aandeel hebben in het totaal energiegebruik, is het zinvol om ook hier besparing na te streven. Energiezuinige verlichting met hoogrendement armaturen en aanwezigheidsdetectie is zeker voor computerruimten aan te bevelen en haalbaar gezien de relatief lage investering ten opzichte van de andere benodigde hardware. Voor wat betreft kantoorruimten kan worden gedacht aan maatregelen als: zonwering, energiezuinige verlichting en armaturen, aanwezigheidsdetectie en energiezuinige ventilatie. Maatregelen met betrekking tot energiezuinige verlichting zijn veelal binnen enkele jaren terug te verdienen.

4.6 Modulaire opbouw

Aangezien datahotels vaak niet in een keer vol staan met computerapparatuur, verdient het de aanbeveling om ook de faciliteiten mee te laten groeien met het werkelijk afgenomen vermogen. Voor koelconcepten en noodstroomvoorzieningen bestaan mogelijkheden om mee te kunnen groeien met de hoeveelheid geplaatste ICT apparatuur. Hieronder een situatieschets van een etage van een datahotel. Hierin kunnen, afhankelijk van de hoeveelheid ICT apparatuur in de warme en koude gangen (en het werkelijk afgenomen vermogen), meer of minder koudewielen en luchtbehandelingkasten worden geplaatst langs de buitenschil. Zo kan goed worden ingespeeld op de groei van de hoeveelheid ICT apparatuur en worden investeringen gespreid over de tijd.



Figuur 14: Voorbeeld van modulaire groei van een datahotel. Illustratie: UpTime Technology.

4.7 Kantoren

De mogelijkheden om het energiegebruik in bestaande kleine computerruimten in kantoorgebouwen te verlagen lijken in eerste instantie beperkt. Toch zijn er een aantal mogelijkheden die toegepast kunnen worden om het energiegebruik van ICT in kantoren en de koeling daarvoor te beperken.

4.7.1 Koelen van server ruimten

Het vermijden van menging van koude en warme lucht (zoals in grote computerruimten gebeurt) leidt in de kleine computerruimten al snel tot onwerkbaar situaties. Daarnaast hebben oudere toegepaste koelinstallaties vaak zeer beperkte instelmogelijkheden, naast de gebruikelijke thermostaatinstelling. Toch is het zinvol om te kijken naar de invloed van de thermostaatinstelling op het energiegebruik. Door deze omhoog (warmer) bij te stellen zal de koeling efficiënter worden en wellicht ook minder of niet worden ontvochtigd. Voorwaarde hiervoor is wel dat de verdampertemperatuur van de koelmachine regelbaar moet zijn.

Daarnaast kunnen in computerruimten die aan één of meer buitengevels grenzen koelinstallaties worden aangebracht die direct lucht van buiten kunnen aanzuigen, waarmee vrije koeling kan worden gerealiseerd. Systemen die deze buitenlucht direct naar binnen blazen brengen met zich mee dat er ook roosters in de gevels moeten zitten die deze lucht weer naar buiten ventileert (overdruk roosters). De openingen in de gevels dienen geen problemen te veroorzaken ten aanzien van inbraakveiligheid. Deze koelinstallaties, ook wel split units genoemd met vrije koeling, verdienen zich binnen enkele jaren terug ten opzichte van systemen zonder vrije koeling en zijn eenvoudig te verkrijgen.

Bij een toename van de inblaasluchttemperatuur van 21°C naar 24°C zal de gemiddelde temperatuur in de ruimte ook met ca. 3°C stijgen. Het verhogen van de thermostaat instelling dient in nauw overleg te gebeuren met de eigenaar van de computerruimte. Het verdient de sterke aanbeveling om de verhoging van de thermostaatinstelling stapsgewijs uit te voeren waarbij de temperatuur verhoging niet sneller gaat dan 0,2°C per uur

Verhoging van de thermostaatinstelling totdat de apparaatspecificaties optimaal benut worden, kan theoretisch tot 45% van de koelenergie besparen. Praktisch gezien zal dit moeilijk haalbaar zijn, en zal dit veelal maximaal rond de 30% zijn. Het benutten van ventilatieopeningen en vrije

koeling kan dit wel verder doen oplopen. Voorwaarde hiervoor is wel dat de verdampertemperatuur verhoogd kan worden. Bij moderne koelmachines kan dit vaak doordat de compressoren in toerental geregeld kunnen worden.

4.7.2 ICT-apparatuur in kantoren

Voor wat betreft de ICT-apparatuur die zich in kantoren bevindt, kan als uitgangspunt worden genomen om alleen apparatuur in te zetten die zijn voorzien van een zogenaamd Energy Star label. Apparatuur met dit Energy Star label voldoen aan zekere eisen op het gebied van energie-efficiëntie. In het kader van duurzaam inkopen verdient het de aanbeveling om alleen apparatuur aan te schaffen die is voorzien van dit label.

Het uitschakelen van apparatuur als deze niet gebruikt wordt is ook een voor de hand liggende mogelijkheid om energie te besparen. Dit is in de praktijk lastiger dan het klinkt. Onderhoud aan software op pc's in bedrijven gebeurt in sommige gevallen 's nachts, waardoor medewerkers hun systemen ook 's nachts aan moeten laten staan. Door dit onderhoud bijvoorbeeld gewoon overdag te laten uitvoeren, hoeven systemen 's nachts niet onnodig aan te staan. Bovendien is het mogelijk pc's op afstand uit te schakelen.

Moderne desktop computers en een 19" TFT scherm behoeven, als ze aan staan (Windows achtergrond), al snel minimaal⁴ 100 Watt, waarbij het TFT scherm voor 40 Watt verantwoordelijk is. In Windows kan via 'energiebeheer' de computer automatisch in standby-stand gezet worden. Het afgenomen elektrisch vermogen wordt dan verlaagd naar slechts 2,7 Watt en in slaapstand kan dit nog verder dalen naar 2,1 Watt. Uitzetten is natuurlijk het beste als je de spullen niet gebruikt. Echter blijkt dat in Windows XP de standby-stand kan worden verstoord door processen die op de achtergrond draaien, zoals virusscanners. Bij Vista lijkt dit probleem opgelost te zijn.

⁴ Gegevens verkregen door metingen aan een pc: Intel Core 2 Duo 6300 CPU op 1,86 GHz (Fujitsu Siemens Esprimo) en een scherm: 19" TFT (Fujitsu Siemens ScenicView P19-2 P)

5. Aanpak voor verminderen van energiegebruik

De volgende paragrafen stellen een algemene aanpak voor om energiebesparing in de ICT-branche te realiseren. Allereerst worden bestaande en nieuwbouw datahotels besproken, waarin feitelijk de maatregelen uit het voorgaande hoofdstuk worden samengevat. Vervolgens wordt toegelicht hoe concepten voor datahotels beoordeeld kunnen worden op energie-efficiënte. Ten slotte wordt vastgesteld welke eisen hieraan gesteld kunnen worden voor bestaande en nieuwbouw datahotels.

5.1 Praktijk

Door in bestaande datahotels kritisch te kijken naar factoren als inblaasluchttemperatuur, bevochtiging en mogelijke menging van warme en koude lucht kan al veel energiebesparing worden gerealiseerd. In nieuwbouw datahotels is het van belang dat energie-efficiënte al in een vroeg stadium de aandacht krijgt. De bestaande en nieuwbouw datahotels worden hieronder apart toegelicht.

5.1.1 Bestaande bouw

In de bestaande datahotels liggen vaak veel mogelijkheden voor het oprapen om het energiegebruik te verlagen. Het begint in de computerzalen, waar warme en koude luchtstromen vaak kunnen mengen en waar lucht van ruim onder de 30°C door de computervloer wordt geblazen. In ruimten waar bevochtigd moet worden, is in de praktijk vaak veel energiebesparing te realiseren. Hier is de verdampertemperatuur te laag ($<9^{\circ}\text{C}$), waardoor onnodig wordt ontvochtigd. Het verbeteren van de luchtstromen, waarbij het uitgangspunt is om menging van warme en koude lucht te voorkomen en de inblaastemperatuur van de lucht te verhogen, is een efficiënte eerste stap waarmee bereikt kan worden dat:

1. het rendement van de koelmachine stijgt door een hogere verdampingstemperatuur;
2. er minder energie nodig is voor koeling omdat er niet meer ontvochtigd wordt;
3. er minder energie nodig is omdat er niet meer bevochtigd hoeft te worden;
4. er meer koelcapaciteit beschikbaar komt doordat niet meer ontvochtigd wordt.

Naast bovengenoemde voordelen geldt voor systemen waar vrije koeling is gerealiseerd, dat de besparingen nog verder kunnen oplopen. Doordat bij een verhoogde verdampertemperatuur vrije koeling langer benut kan worden, dalen de draaiuren van de compressoren van de koelmachines. Bij het oprekken van de buitentemperatuurgrens waarbij vrije koeling kan worden gerealiseerd, kan jaarlijks ongeveer 425 uur/ $^{\circ}\text{C}$ aan draaiuren vermeden worden, zoals geïllustreerd in Figuur 8. Het kunnen benutten van vrije koeling bij een buitentemperatuur van 17°C in plaats van 12°C, levert dan een vermindering van draaiuren op van ongeveer 2125 uur per jaar!

Het verhogen van de verdampertemperatuur kan ook worden bereikt door het vergroten van het warmtewisselende oppervlak tussen gekoeldwater of koelmiddel met lucht in de computerruimten. In de praktijk betekent dit vaak, dat er in de bestaande computerruimten extra luchtbehandelingkasten geplaatst worden waardoor er vloeroppervlak voor ICT-apparatuur moet worden opgeofferd.

Wanneer de noodstroomvoorziening is uitgerust met batterijen, loont het de moeite om te voorkomen dat het volledige beschikbare vermogen door de transformatoren wordt geleid. Als dit toch gebeurt, leidt dit tot onnodig hoge verliezen (gemiddeld 6% maar kan oplopen tot wel 12%), zoals beschreven in 4.4. Deze verliezen kunnen door moderne systemen (delta conversion), die alleen de benodigde laadstroom omvormen, gereduceerd worden tot enkele procenten. Ook met systemen waarin vliegwielen worden toegepast zijn dergelijke verliezen tot enkele procenten te reduceren.

Het overwegen van koelconcepten met koudewielen verdient in bestaande datahotels waarbij renovaties en/of installatievervanging op de agenda staan, ook een aanbeveling. Het vraagt veelal een flinke investering, maar daar staat een laag energiegebruik tegenover, met alle voordelen van dien (groter beschikbaar vermogen voor ICT, lage energiekosten).

5.1.2 Nieuwbouw

Doordat energie-efficiëntie een belangrijk item aan het worden is binnen de ICT-branche, zijn de afgelopen jaren verschillende nieuwe initiatieven genomen om datahotels efficiënter te maken. Voor wat betreft de koeling is het optimaal benutten van vrije koeling standaard geworden. Er zijn zelfs concepten in ontwikkeling (op het moment van schrijven van dit rapport nog niet operationeel) die zonder additionele compressiekoeling kunnen. Hiermee samen hangt het scheiden van gekoelde en opgewarmde lucht door het maken van zogenaamde warme en koude gangen waarmee de inblaasluchttemperatuur kan worden verhoogd om zo veel mogelijk de beschikbare koude in de buitenlucht te kunnen benutten. Daarnaast zijn er oplossingen beschikbaar die de verliezen voor de (nood)stroomvoorzieningen tot enkele procenten kunnen reduceren. Voor zowel de koeling als de stroomvoorziening is het zinvol om nieuwbouw zo in te richten dat deze modulaire groei mogelijk maakt. Dit betekent, dat koeling en noodstroomvoorziening stapsgewijs mee groeien met het benutten van beschikbare vierkante meters computerruimte. Inmiddels is door ‘koplopers’ aangetoond dat een EUE van 1,1 van een datahotel haalbaar is. Dat betekent een verbetering van ongeveer 30% ten opzichte van de situatie die gebruikelijk was zo’n 7 jaar geleden en een verbetering van 20% ten opzichte van de huidige gemiddelde situatie.

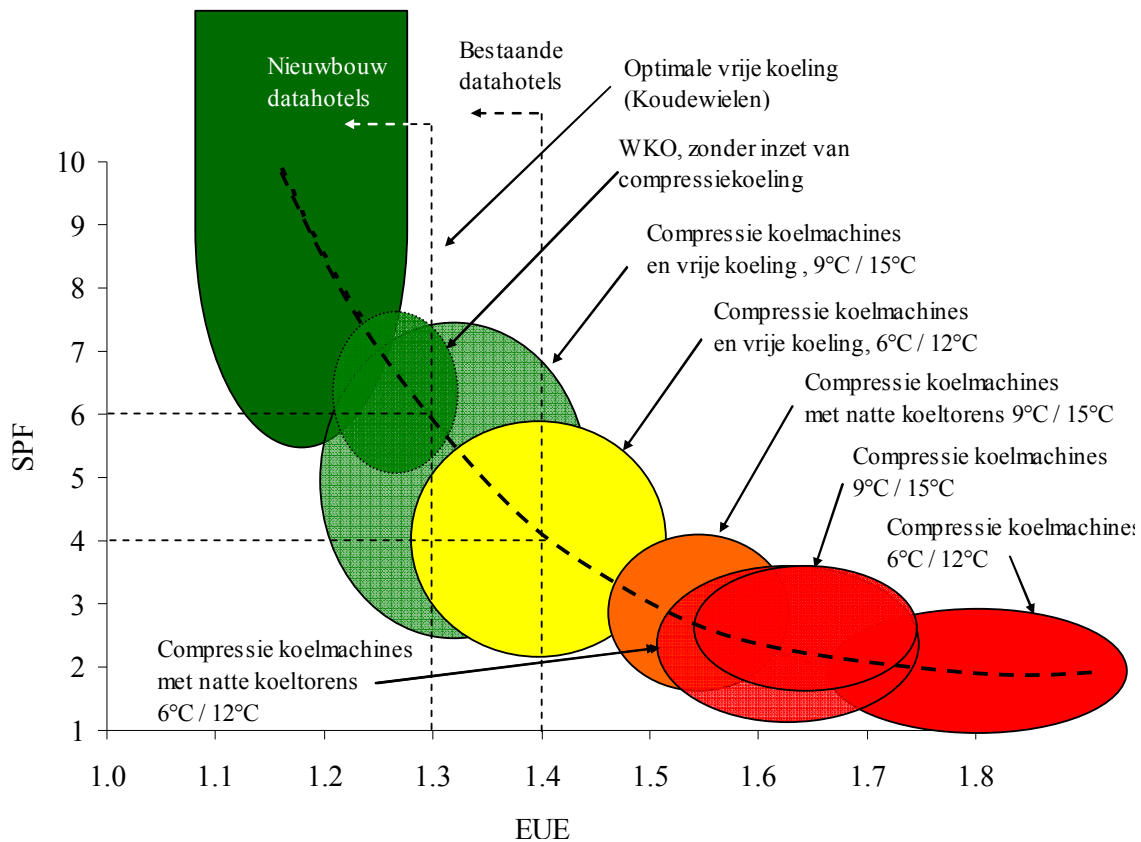
5.2 Beoordelen van concepten

Figuur 15 op bladzijde 34 toont een overzicht van enkele hierboven beschreven technieken en concepten en wat deze voor het energiegebruik voor koeling en het datahotel als geheel kunnen betekenen. Hiervoor zijn twee beoordelingsindicatoren gebruikt, namelijk de SPF (koeling) en de EUE (datahotel). Deze indicatoren zijn toegelicht in hoofdstuk 3. De kromme lijn is het gemiddelde resultaat van de beschikbare gegevens uit energierapporten van datahotels bij ECN. In situaties waarbij in de energierapporten geen gegevens bekend waren over het energiegebruik van de noodstroomvoorziening en overige, is uitgegaan van een gemiddeld gebruik van respectievelijk 6% en 4%. Dit sluit aan bij de waarden zoals gepresenteerd in Grafiek 1 op bladzijde 12. Het verband dat ontstaat tussen de SPF en de EUE (gestippelde lijn in de grafiek) wordt veroorzaakt door het feit dat een hoge SPF leidt tot een lage EUE. De grote vlakken geven aan welke SPF en EUE redelijkerwijs verwacht kunnen worden bij de beschreven concepten. Wanneer SPF en EUE van een datahotel bekend zijn, kan deze worden gemarkeerd in de grafiek. Wanneer de markering boven de gestippelde lijn zit, kan worden gesteld dat de energie posten voor noodstroomvoorziening en overigen samen hoger zijn dan het gemiddelde. Zit de markering onder de gestippelde lijn, dan zijn deze energieposten lager dan gemiddeld.

Op basis van het overzicht in

Figuur 15 op bladzijde 34 kan men stellen dat een SPF van minimaal 4 en een EUE van maximaal 1,4 haalbaar zijn met gangbare technieken in bestaande datahotels. Voor nieuwe datahotels kunnen de nieuwere technieken worden toegepast, waarmee een SPF van minimaal 6 en een EUE van maximaal 1,3 haalbaar zijn. Deze waarden zijn door de dunne gestippelde lijnen gemarkeerd.

De efficiency van een koelinstallatie bepaalt in grote mate de efficiency van een datahotel



Figuur 15: Indicatie van de seasonal performance factor (SPF) en haalbare energy usage effectiveness (EUE) voor verschillende concepten: De groene kleur duidt op energie-efficiënte technologie, de rode op energieverspillende technologie. Een EUE van maximaal 1,4 is met beschikbare technologie voor de bestaande datahotels haalbaar. Voor nieuwe datahotels kan met nieuwere technologie een EUE van maximaal 1,3 worden gerealiseerd.

5.3 Checklist

Om de milieu-inspecteurs in de praktijk te ondersteunen is een checklist opgesteld. Deze is toegevoegd in de bijlagen. Deze checklist bevat een overzicht van besparingsmaatregelen waarvan bijna alle maatregelen thans aangemerkt kunnen worden best beschikbare techniek. Door maatregelen uit het overzicht van besparingsmaatregelen toe te passen, kan het energiegebruik teruggedrongen worden. Voor een goed resultaat is het aan te bevelen de checklist reeds in een vroeg stadium van het ontwerp te gebruiken. Wanneer het ontwerp zo is geoptimaliseerd, kan de checklist dienen als hulpmiddel bij het opstellen van een energierapport. Ten slotte kan de checklist ook gebruikt worden tijdens de bedrijfsvoering en bij een periodieke evaluatie van het energiegebruik.

6. Conclusie en aanbeveling

De ICT-branche is uitgegroeid tot een van de meest energie-intensieve sector in Nederland. De omvang en het energiegebruik ervan blijven naar verwachting de komende jaren verder toenemen. Daarnaast zijn energie en milieu actuele onderwerpen die druk zetten op de noodzaak om energie te besparen. Door de toename van de energiekosten begint efficiënt omgaan met energie zelfs een voorwaarde te worden om financieel te kunnen overleven in de ICT-branche.

Energie-efficiënte van datahotels kan beoordeeld worden aan de hand van verschillende indicatoren. Door deze indicatoren toe te passen op verschillende concepten die worden toegepast in de ICT-branche, is duidelijk geworden welke eisen gesteld kunnen worden aan de energie-efficiënte van datahotels. Voor de beoordeling van de energie-efficiënte van een datahotel kan de zogenaamde EUE, of Energy Usage Effectiveness, gebruikt worden. Deze EUE bestaat uit de verhouding tussen het totale jaarlijkse energiegebruik van een datahotel en het jaarlijkse energiegebruik van de ICT apparatuur. Voor bestaande situaties kan worden gesteld dat een EUE van 1,4 of lager met bestaande technieken kan worden gerealiseerd. Voor nieuwe datahotels kunnen nieuwere technieken worden ingezet en kan een EUE van 1,3 of lager worden gehaald.

Samengevat kun je stellen dat er veel technologie beschikbaar is om de energie-efficiëntie in de ICT-branche te verbeteren. Het belangrijkste uitgangspunt voor het realiseren van verbeteringen is het voorkomen van menging van gekoelde en opgewarmde lucht in computerzalen waardoor de inblaaslucht kan worden verhoogd. Hierdoor kan onnodige inzet van compressiekoelmachines worden vermeden. Landelijk ligt er een reductiepotentieel van circa 0,32 TWh per jaar wanneer alleen datahotels worden beschouwd, vergelijkbaar met het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van circa 100.000 huishoudens. Wanneer ook de serverruimten en ICT apparatuur in kantoren worden beschouwd, kan dit reductiepotentieel mogelijk verdubbelen. Koplopers in de branche hebben aangetoond dat een EUE van een datahotel van 1,1 haalbaar is. Echter bestaan er nog steeds situaties waarbij een EUE van 1,8 niet eens gehaald wordt. Dit zou niet meer hoeven gezien de beschikbare technieken, de investeringen hiervoor en de financiële besparing bij de huidige energieprijzen die alleen nog maar gaan stijgen in de toekomst.

Referenties

- [1] F.A.T.M. Ligthart, J.P. Kester, N.C. Sijpheer, Richtlijn voor energiebesparing in de ICT branche, Juni 2001, ECN-C--01-066:
<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2001/c01066.pdf>
- [2] S.H. Clevers, R. Verweij, ICT stroomt door, Inventariserend onderzoek naar het elektriciteitsverbruik van de ICT-sector & ICT-apparatuur, 25 oktober 2007, Tebodin 3212001
<http://www.ez.nl/dsc?c=getobject&s=obj&objectid=154290&!dsname=EZInternet&isapidir=/gvisapi/>
- [3] Mirjam Harmelink, Kornelis Blok, Elektriciteitsbesparing als alternatief voor de bouw van nieuwe kerncentrales, Juli 2004, Ecofys, ECS04019
- [4] N.C. Sijpheer, F.A.T.M. Ligthart, Mogelijkheden tot vermindering van koelenergie in datahotels, Februari 2002, ECN-C--02-017:
<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2002/c02017.pdf>
- [5] Eduardo Pinheiro, Wolf-Dietrich Weber and Luiz Andre Barroso, Failure Trends in a Large Disk Drive Population, Februari 2007, Google Inc.
- [6] Reinoud Segers, Ferry Melis en Marco Wilmer, Warmte/koudeopslag: Betrouwbaarheid, cijfers en uitsplitsing naar provincie, Juli 2006, CBS
- [7] H.M. van Schijndel, W. Zeiler, Referentie jaren bij gebouwsimulaties, oktober 2006, Artikel in TVVL
- [8] <http://www.thegreengrid.org/>
http://www.thegreengrid.org/gg_content/Green_Grid_Metrics_WP.pdf
http://www.thegreengrid.org/gg_content/Green_Grid_Guidelines_WP.pdf
- [9] http://www.1100cc.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=77&Itemid=2
- [10] Recknagel, Sprenger, Hönnmann, Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik
- [11] <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency>

Bijlage A Checklist energiegebruik datahotels

Invulinstructie

- Vult u hieronder uw algemene gegevens in en uw verwachte energiegebruik.
- Vult u op de volgende pagina's de gegevens in over de energiebesparingsmaatregelen die u treft in uw bedrijf.
- Als u de checklist volledig heeft ingevuld, kunt u het formulier ondertekenen.

naam- en adresgegevens	
bedrijfsnaam:	
adres locatie:	
postcode / plaats:	
contactpersoon:	
postadres:	
postcode / plaats:	
telefoon:	
telefax:	
e-mail:	
algemene bedrijfsgegevens	
netto vloer-oppervlakte ict-ruimten (m ²):	
aantal medewerkers (fte):	
totaal energiegebruik (kWh)	
Elektr. aansluitvermogen (kW)	
datum ingebruikname:	
Omschrijving bedrijfsactiviteiten:	

gegevens energiegebruik	kWh/jaar	%
ICT-apparatuur		
klimaatbeheersing		
elektrische voeding		
kantoor		
verlichting		
totaal		100
PUE (totaal / ICT-apparatuur)		

ondertekening

plaats, datum:	naam, functie, bedrijf:	handtekening:

AANDACHTSPUNTEN BEHORENDE BIJ BESPARINGSRAPPORTAGE ENERGIE				
<i>ICT-APPARATUUR</i>				
nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
1.1	<u>energie-efficiënte apparatuur</u> Er zijn grote verschillen tussen ICT-apparatuur in capaciteit en in energiegebruik. De grootste besparing is te behalen door energie-efficiënte apparatuur toe te passen.	Door energie-efficiënte apparatuur te kiezen kan er ook meer apparatuur per m ² geplaatst worden.	Is er gekozen voor energie-efficiënte apparatuur? Voeg (indien mogelijk) een specificatie toe van het energiegebruik (in kWh per etmaal), het aansluitvermogen (kW), I/O-capaciteit (Mbit/s), opslagcapaciteit (GByte) en rekensnelheid (Mips) van de gekozen apparatuur.	
1.2	<u>apparatuur met ruime klimaateisen</u> Door apparatuur toe te passen met ruime klimaateisen vermindert het energiegebruik voor klimaatbeheersing. Er is apparatuur op de markt die goed functioneert bij een luchttemperatuur van 40 °C en kortstondig 50 °C. Eisen met betrekking tot relatieve vochtigheid bevinden zich veelal tussen de 10% en 90%. Belangrijke voorwaarde hierbij is dat er geen condens in de apparatuur kan ontstaan.		Wat is de maximale luchttemperatuur van de aangezogen lucht van de apparatuur? Wat is de minimale luchtvochtigheid van de aangezogen lucht van de apparatuur? Wat is de maximale luchtvochtigheid van de aangezogen lucht van de apparatuur?	

1.3	<u>energiemanagement</u> Indien het dataverkeer niet 24 u per dag gelijk is aan de capaciteit van de opgestelde apparatuur kan een deel van de apparatuur tijdelijk op lage capaciteit of stand-by geschakeld worden, zonder dat dit ten koste gaat van de gewenste reactiesnelheid. Hiermee kan veel energie bespaard worden, terwijl er slechts een geringe investering nodig is. Bij desktop PC's en laptop PC's zijn dergelijke energiemanagement-opties reeds gangbare praktijk.	Om optimaal gebruik te kunnen maken van deze mogelijkheid, is het belangrijk de systeemconfiguratie zo te ontwerpen dat het dataverkeer verdeeld wordt over meerdere parallel geschakelde servers, die elkaars functie kunnen overnemen. Dit is ook gunstig voor de bedrijfszekerheid en vereenvoudigt het capaciteitsbeheer. Technieken als clustertechnologie en SAN (virtualisatie) maken gebruik van dit principe. Ook zijn er diverse nieuwe processoren op de markt die minder energie gebruiken door bij een lage belasting over te schakelen op lage capaciteit	Wordt in de opgestelde ICT-apparatuur energiemanagement toegepast en op welke wijze gebeurt dit?	
-----	--	---	---	--

KLIMAAT

nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
2.1	<u>toepassen van warme en koude gangen</u> Een paar algemene principes die helpen om het energiegebruik voor koeling terug te brengen: beperk de koelvraag - koel bij een zo hoog mogelijke temperatuur - voorkom menging van warme en koude stromen door het toepassen van warme en koude straten - maak zoveel mogelijk gebruik van vrije koeling	Het scheiden van warme en koude lucht om vervolgens de inblaasluft temperatuur te kunnen verhogen zijn maatregelen die zich over het algemeen binnen enkele jaren terugverdienen.	Welke uitgangspunten zijn bij het ontwerp van de koeling toegepast? Wat is: - Tlucht in computerruimte - Tkoelmiddel verdamper in - Tkoelmiddel verdamper uit - Tkoelmiddel condensor in - Tkoelmiddel condensor uit - Geïnstalleerd koelvermogen	Minder dan vijf jaar.
2.2	<u>Toepassen van natte koeltorens of natte condensor</u> Het verlagen van de condensortemperatuur verbetert de prestaties van een koelmachine. Punt van aandacht blijft hierbij de hoeveelheid hulpenergie die de prestatieverbetering teniet kan doen. Daarnaast is pluim vorming (condens) mogelijk (locaties!) en moet legionellagroei worden voorkomen.		Hoeveel verbetert de prestatie van de koelmachine door de natte koeltoren? Hoeveel extra hulpenergie is ervoor nodig? Wat is het watergebruik?	
2.3	<u>toepassen van vrije koeling</u> Door gebruik te maken van vrije koeling is een besparing op het energiegebruik voor koeling van 20 tot 50% te behalen. De terugverdientijd van de meerinvestering is over het algemeen minder dan 5 jaar. De energiebesparing is afhankelijk van het deel van de koelvraag die met vrije koeling gedekt wordt. Hiervoor geldt, dat een hogere temperatuur in de computerruimte leidt tot een groter aandeel vrije koeling. In de praktijk komen voor het aandeel vrije koeling waarden tussen 40 % en 95 % voor.	Naarmate het setpoint van de luchttemperatuur in de ICT-ruimten hoger is ingesteld, en het temperatuurtraject van gekoeld water bijvoorbeeld op 13°C ... 18°C graden wordt gesteld, kan het aandeel vrije koeling groter worden.	Welk deel van de koelvraag wordt met vrije koeling gedekt?	Minder dan vijf jaar.

2.4	<u>toepassen van toerenregeling en/of cascaderегeling</u> De koelinstallatie draait een groot deel van de tijd in deellast. Een goede deellastregeling voorkomt verliezen. In de deellastregeling kan gebruik gemaakt worden van een toerenregeling voor schroefcompressoren in combinatie met een cascade-regeling voor koelinstallaties waarin geen toerenregeling toegepast kan worden. Een cascaderегeling zit soms al geïntegreerd in de machines zelf. Wanneer de koellast niet maximaal is, kan ook een deel van de ventilatoren in de luchtbehandeling worden uitgeschakeld.		Wordt een deellast regeling met toerenregeling en/of cascaderегeling toegepast? Worden ventilatoren en pompen afgeschakeld wanneer de koellast geen 100% is?	
-----	---	--	---	--

nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
2.5	<u>toepassen van het juiste koelmedium</u> Om efficiënt en flexibel koude te brengen naar de plaatsen waar de warmte ontstaat, dient het juiste koelmedium gekozen te worden. Was vroeger water/glycol een voor de hand liggende en efficiënte optie, nu zijn er ook zeer efficiënte lucht/lucht systemen beschikbaar met koudewielen.		Is water, water/glycol of lucht als koelmedium toegepast?	
2.6	<u>correct setpoint luchttemperatuur</u> Hoe hoger het setpoint voor de luchttemperatuur, hoe groter het aandeel vrije koeling kan zijn. Op dit moment is een setpoint van 25 °C gebruikelijk, maar komen instellingen van 28 °C en hoger ook voor. Om energie te besparen dient het setpoint voor de luchttemperatuur afgestemd te worden op de specificaties van de apparatuur. Dit kan zonder meerinvestering. Wanneer het aandeel vrije koeling op deze wijze vergroot wordt, is een besparing op het energiegebruik voor klimaatbeheersing mogelijk van 10% of meer.	Als de koeling grotendeels is gebaseerd op vrije koeling, is de klimaatbeheersing ook minder gevoelig voor storingen in compressiekoelmachines.	Wat is het setpoint voor de luchttemperatuur in de ICT ruimten?	Door geringe investering is de terugverdientijd minimaal.
2.7	<u>ruime marges voor luchtvochtigheid</u> Hoe ruimer de ingestelde marges voor luchtvochtigheid, hoe minder energie er nodig is voor bevochtiging of ontvochtiging. Om energie te besparen dienen de marges voor de luchtvochtigheid daarom afgestemd te worden op de specificaties van de geplaatste apparatuur. Dit kan zonder meerinvestering. Een besparing op het energiegebruik voor klimaatbeheersing van enkele tientallen procenten is hiermee mogelijk.	Een verdampertemperatuur van 9°C is aan te raden om ontvochtiging tegen te gaan.	Wat zijn de ingestelde marges voor luchtvochtigheid?	

nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
2.8	<u>koelapparatuur buiten de gekoelde ruimten</u> Als de koelapparatuur binnen de gekoelde ruimten is opgesteld, moet ook de warmte die de koelapparatuur zelf produceert weggekoeld worden. Hierdoor stijgt de koellast enkele procenten. Plaats daarom waar mogelijk de koelapparatuur buiten de gekoelde zone. Dit kan zonder meerinvestering.		Waar is de koelapparatuur opgesteld? Geef dit schematisch aan op een plattegrond.	
2.9	<u>compartimenteren van de ruimte in gescheiden klimaatzones</u> Door de ruimte te verdelen in compartimenten met een eigen klimaatregeling en koelmachine, wordt voorkomen dat de meest gevoelige apparaten de klimaatseisen voor de gehele ruimte bepalen. Het klimaat en de koudeopwekking kunnen zo beter afgestemd worden op de specificaties van de apparatuur: dit bespaart energie.		Is de beschikbare ruimte in het gebouw ingedeeld in compartimenten en de apparatuur opgesteld conform de klimaatseisen? Wordt er alleen gekoeld op die plaatsen waar de racks staan? Welke voorzieningen zijn daarvoor aanwezig?	

Nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
2.10	<u>seasonal performance factor SPF</u> Het totaal rendement van de koelinstallatie kan uitgedrukt worden in de seasonal performance factor. Deel hiervoor de totale hoeveelheid weggekoelde warmte in een jaar (in kWh koude) door het elektrische energiegebruik van de gehele koelinstallatie, inclusief pompen en ventilatoren (in kWh).	De prestatie van een koelmachine wordt ook wel uitgedrukt in de COP. Toepassing in de ICT-branche maken het mogelijk een COP van 4,5 te halen. Als de COP lager is dan 3, dan is het energetisch rendement van de koelmachine slecht te noemen.	Wat is de seasonal performance factor van de gehele koelinstallatie?	

VOEDING				
3.1	<u>correcte dimensionering elektrische voeding</u> Door de elektrische voeding en noodstroominstallatie niet te groot te dimensioneren, kan men onnodig energiegebruik voorkomen. Hiervoor dient men alleen de bedrijfskritische apparatuur via de UPS te voeden en de UPS te dimensioneren op het maximale gelijktijdige energiegebruik van deze apparatuur. Dit spaart ook investeringskosten uit.	Goed dimensioneren van de UPS bespaart ook kostbare investeringen.	Wat is de UPS capaciteit? Hoe is deze dimensionering gekozen? Hoe verhoudt dit zich tot het werkelijk afgenomen vermogen van de ICT apparatuur?	
3.2	<u>efficiënte UPS</u> Het energieverlies van verschillende systemen voor Uninterrupted Power Supply (UPS) ligt in de praktijk tussen 6% en 12%. Door een efficiënt type te kiezen is tot zo'n 5% op het totale energiegebruik te besparen.		Wat is het energieverlies van het geplaatste UPS-systeem en wat is er gedaan om dit verlies te beperken?	

nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
3.3	<u>centrale gelijkspanningsvoeding</u> Veel ICT-apparatuur wordt aangesloten op wisselspanning uit een UPS. De spanning wordt dan drie maal omgevormd: 1. van wisselspanning naar gelijkspanning (in de UPS) 2. van gelijkspanning naar wisselspanning (in de UPS) 3. van wisselspanning naar gelijkspanning (in de computervoeding). Bij iedere omvorming gaat elektrische energie verloren. Door de UPS en de computervoeding te integreren in een centrale gelijkspanningsvoeding kunnen twee van de drie omvormingen vermeden worden. De ICT-apparatuur wordt dan direct op gelijkspanning aangesloten.	De voorzieningen hiervoor kunnen al bij de inrichting van het datahotel of telecomswitch getroffen worden.	Is een centrale gelijkspanningsvoeding aanwezig? In hoeverre is de apparatuur hierop aangesloten?	

OVERIG				
4.1	<u>juiste locatiekeuze</u> Kenmerken van ICT-bedrijven zijn een grote behoefte aan elektrisch vermogen en een grote warmteproductie. Hiermee dient in de locatiekeuze rekening gehouden te worden.	Zorg voor voldoende vierkante meters die benut kunnen worden en vermijd mogelijk geluidsoverlast van de installaties. Een voorbeeld van een verkeerde locatiekeuze voor het plaatsen van natte koeltorens, is onder de aanvliegroute van Schiphol of bij een snelweg.	Is op de gekozen locatie voldoende levering van elektriciteit en een efficiënte koeling mogelijk en is apparatuur op een goede wijze in en op het gebouw aan te brengen?	

nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
4.2	<u>energiebeheersysteem met tussenmetingen</u> Het gericht verbeteren van de energie-efficiëntie is alleen mogelijk door het energiegebruik en productie periodiek te vergelijken. Dit kan door een energiebeheersysteem te installeren met tussenmetingen per klant en per deelsysteem of per ruimte. In de rapportages met dit systeem dienen ook de relevante productiecijfers verwerkt te kunnen worden. Plaatsing van een energiebeheersysteem is noodzakelijk voor het beheersen van het energiegebruik.	De rapportages uit het energiebeheersysteem kunnen op een zelfde manier in de managementsrapportages opgenomen worden, als rapportages over beschikbaarheid van systemen en over de gebruikte en beschikbare capaciteit.	Welk energiebeheersysteem wordt geplaatst, met welke tussenmetingen? Op welke wijze wordt gerapporteerd naar klanten en naar management?	
4.3	<u>contracten met klanten</u> Datahotels en telecomswitches kunnen zelf de energie-efficiëntie van de hulpfuncties (klimaatbeheersing, elektrische voeding, kantoor en verlichting) beïnvloeden. In een datahotel wordt de energie-efficiëntie van de ICT-apparatuur – de grootste factor in het totale energiegebruik - echter door de klanten van het datahotel bepaald. Om de energie-efficiëntie van de ICT-apparatuur te kunnen beïnvloeden is het noodzakelijk dat hierover afspraken worden gemaakt tussen datahotels en hun klanten.		Welke afspraken zijn in het contract tussen datahotel en klant opgenomen over de energie-efficiëntie van de te plaatsen apparatuur en over de toepassing van energiebeheer?	
4.4	<u>energiegebruik kantoor- en serviceruimten</u> In het Bouwbesluit zijn eisen gesteld aan het gebouwgebonden energiegebruik van verblijfsruimten zoals kantoor- en serviceruimten. Het gebouwgebonden energiegebruik wordt hiervoor uitgedrukt in de energieprestatiecoëfficiënt (EPC).		Wat is de EPC voor de verblijfsruimten? Voeg de berekening toe als bijlage.	

nr	opmerkingen	tip	vraag	Indicatie terugverdientijd
4.5	<u>haalbaarheidsonderzoek restwarmtebenutting</u> De geproduceerde warmte kan gebruikt worden voor ruimteverwarming met behulp van een lage-temperatuur-verwarmingssysteem. De haalbaarheid van restwarmtelevering is afhankelijk van het temperatuurniveau waarop warmte nodig is, van de jaarbelastingduurkromme van warmtevraag en warmteproductie en van de benodigde meerinvestering.		Is de haalbaarheid van gebruik van restwarmte in het eigen gebouw en/of levering aan derden onderzocht? Wat is het resultaat?	