



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# Duurzaam koelen van datacenters 2

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat



*>>Duurzaam, Agrarisch, Innovatief  
en Internationaal Ondernemen*

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Luchtbehandeling</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Vrije Koeling</b>	<b>8</b>
3.1	Directe vrije luchtkoeling	8
3.1.1	<i>Casus: directe vrije lucht met adiabatische ondersteuning, Zweden</i>	9
3.2	Thermische energie opslag	11
3.2.1	<i>Casus: directe vrije luchtkoeling met PCM ondersteuning bij VodafoneZiggo, Nederland</i>	11
<b>4</b>	<b>Indirecte Vrije koeling</b>	<b>14</b>
4.1	Indirecte (vrije) luchtkoeling	14
4.2	Koud water productie met vrije koeling ondersteuning	15
<b>5</b>	<b>F-gassen in chillers</b>	<b>18</b>
5.1	Casus: R1234ze als koude middel bij ECOdc, Zweden	18
5.2	Casus: R718, water als koude middel bij Sparkasse Pforzheim, Duitsland	19
<b>6</b>	<b>Directe Vloeistofkoeling</b>	<b>22</b>
6.1	Vloeistofkoeling met koelplaten	22
6.1.1	<i>Casus; kasverwarming door rest warmte bij agropolis Kinroy, België</i>	24
6.2	Immersie koeling	25
6.2.1	<i>Casus; Immersie koeling met warmtenekoppeling bij Bytesnet, Nederland.</i>	27
6.2.2	<i>Casus; chassis level Immersie koeling en restwarmte hergebruik bij Switch Datacenters, Nederland</i>	28
<b>7</b>	<b>Conclusies</b>	<b>30</b>

# 1 Inleiding

Om aandacht te vestigen op het gebruik van efficiënte koeltechnieken heeft RVO in 2012 de brochure “duurzaam koelen van datacenters” uitgebracht. De hierin belichte technieken zijn vandaag de dag breed in gebruik en blijven valide oplossingen. De 2012 brochure was geheel gericht op efficiënt koelen, maar de huidige maatschappij vraagt om een bredere kijk, zoals het inpassen van de datacenters in energienetwerken en het beperken van het gebruik van schadelijke stoffen.

Deze tweede editie van de brochure duurzaam koelen van datacenters behandelt enkele nieuwe technieken in het licht van de zorgen over het gebruik van schaarse middelen en kansen voor het hergebruik van warmte.

De brochure is als volgt opgebouwd;

- Hoofdstuk 1 bevat een algemene inleiding
- Hoofdstuk 2 beschrijft de basis van luchtkoeling in datacenters

In de hierop volgende hoofdstukken worden specifieke technieken toegelicht, waar mogelijk geïllustreerd met een praktijk toepassing van de techniek.

- Hoofdstuk 3: Directe luchtkoeling met niet-mechanische ondersteuning
- Hoofdstuk 4: Indirecte koeling
- Hoofdstuk 5: Koudemiddelen in mechanische koelsystemen
- Hoofdstuk 6: Directe vloeistof koeling
- Hoofdstuk 7: Conclusies

De Nederlandse economie transformeert continue en op dit moment komen twee van deze transformaties samen, de digitalisering van de samenleving en de energie transitie.

De digitalisering resulteert in een enorme groei in de vraag naar ICT-diensten en een resulterende groei in het aantal datacenters en hun energie verbruik. Op verzoek van de tweede kamer heeft het CBS onderzoek gedaan naar de energie leveranties aan datacenters in de jaren 2017-2020 waaruit duidelijk deze groei blijkt (tabel 1).

**Tabel 1** Levering van elektriciteit via het openbaar net aan datacenters, 2017-2020, Bron: CBS<sup>1</sup>

	2017	2018	2019	2020
Totaal levering elektriciteit aan Nederlandse datacenters (% van totaal verbruik NL).	1.648 GWh (1,48%)	2.362 GWh (2,08%)	2.742 GWh (2,42%)	3.178 GWh (2,85%)

Met de groeiende rol van ICT neemt, zoals te zien in tabel 1, de energievraag van datacenters in onze samenleving sterk toe. Hoewel de tabel slechts tot 2020 gaat, is al wel vast te stellen dat ook in 2021, door de enorme vlucht van thuiswerken als gevolg van de Covid pandemie, deze groei heeft doorgezet. De verwachtingen voor de nog komende jaren worden beschreven in de publicatie van de Dutch Datacenter Association (DDA) getiteld “State of the Dutch Data centers 2022”<sup>2</sup>. Deze publicatie geeft aan dat de groei in het aansluitvermogen van datacenters de komende jaren doorzet. Deze groei draagt bij aan krapte op het lokale elektriciteitsnet en de groeiende druk op de totale Nederlandse energievoorziening.

Tegelijk met de groei in energiebehoefte voor de ICT industrie is er de enorme uitdaging van de energie transitie in Nederland en de wereld. Op Europees en landelijk niveau zijn niet alleen afspraken gemaakt voor de verduurzaming van de energiemarkt maar ook voor daadwerkelijke besparingen op het energie gebruik.

<sup>1</sup> <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/50/elektriciteit-geleverd-aan-datacenters-2017-2020>.

<sup>2</sup> <https://www.dutchdatacenters.nl/publicaties/sodd-2022>/<https://www.dutchdatacenters.nl/publicaties/state-dutch-data-centers-2021>.

Er bestaat dus spanning tussen de groei van de ICT-behoefte en de energiebesparingsverplichting en om die reden hebben Nederlandse overheden, waaronder gemeenten en provincies, in het Klimaatakkoord toegezegd dat bevorderd zal worden dat bedrijven bewuster omgaan met energie. De wettelijke basis hiervoor is de energiebesparingsplicht zoals opgenomen in het Activiteitenbesluit en voorschriften in de omgevingsvergunning milieu<sup>3</sup>. In het Activiteitenbesluit is vastgelegd dat alle energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van vijf jaar of minder - de rendabele maatregelen - genomen dienen te worden (artikel 2.15).

De energievraag van datacenters kan in ruwweg 2 stukken worden opgedeeld, het verbruik door de ICT apparatuur en het verbruik van de facilitaire infrastructuur benodigd voor het leveren van het benodigde werkklimaat voor de ICT apparatuur. Dankzij de inspanningen van de datacenterbranche om efficiëntie te verbeteren is het grootste deel van de energievraag tegenwoordig direct aan de ICT-apparatuur toe te wijzen. Het overige deel, nog steeds 20 á 30%, is aan de gebouw faciliteiten, voornamelijk de koeling, toe te wijzen.

Duurzame én rendabele koeltechnieken zijn er al, in meerdere vormen. Producenten ontwikkelden deze technieken mede dankzij subsidieregelingen van de RVO. Partijen binnen de ICT-sector gebruiken ze inmiddels, met alle voordelen van dien. Hoe dit uitpakt en waarom zij voor deze oplossingen hebben gekozen, vertellen ze u in deze brochure. Uiteraard leest u ook over de technieken zelf, zodat u zich een goed beeld kunt vormen van de mogelijke oplossingen voor uw datacenter. De brochure biedt een momentopname en garandeert geen volledig beeld van het duurzame marktaanbod. Bent u na het lezen van de brochure benieuwd naar de mogelijkheden van een duurzame koeltechniek? Wilt u meer weten over hoe de RVO u hierbij kan helpen? De Nederlandse overheid biedt generieke ondersteuning voor de aanschaf van deze duurzame koelsystemen. Zo kunnen ondernemers gebruikmaken van de regeling Energie Investeringsaftrek (EIA), die na een investering niet alleen voor minder energiekosten zorgt, maar ook voor een lager bedrag aan inkomsten- of vennootschapsbelasting. Hetzelfde geldt voor de regelingen Milieu Investeringsaftrek (MIA) en Willekeurige Afschrijving Milieu-investeringen (Vamil), die u bij een klimaatvriendelijke investering belastingvoordeel opleveren. Neem gerust contact met ons op. Bent u manager of beheerder van een datacenter? En wilt u werk maken van duurzame koeling? De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) helpt u er graag bij op weg.

De RVO, dat namens het Ministerie van Economische Zaken en klimaat, de ICT- branche volop ondersteunt bij het oppakken van duurzame rendabele oplossingen komt daarmee tegemoet aan de uitdagingen van de toekomst: groene groei in Nederland.

---

<sup>3</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2021-07-01>.

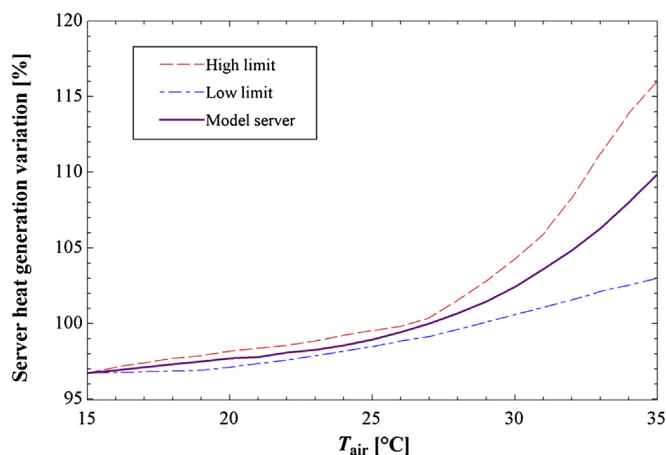
## 2 Luchtbehandeling

Het belang van een altijd aanwezige (24 uur per dag, 365 dagen per jaar) hoog-betrouwbare ICT-dienstverlening voor zowel het sociale leven als de (wereldwijde) economie, is enorm. Datacenters/ serverruimten vervullen hierin de basisrol van huisvesting van ICT en dienen deze beschikbaarheidseisen te ondersteunen. Onderdeel van deze huisvesting is, naast het leveren van energie en connectiviteit, het beheersen van het klimaat waarin de ICT-apparatuur kan functioneren.

ICT-apparatuur verbruikt voor het functioneren elektrische energie, die binnen het datacentrum vrijwel geheel wordt omgezet in warmte. Het afvoeren van deze warmte vereist koeling en, ondanks de opkomst van technologieën die later in deze brochure worden behandeld, worden momenteel vrijwel alle ICT-systemen in datacenters met lucht gekoeld. Een belangrijke parameter, bepalend voor de energie die in de klimaatbeheersing van het datacentrum wordt gebruikt, is de temperatuur van de door de ICT aangezogen koellucht. Hogere temperaturen zijn gemakkelijker met duurzame methoden te onderhouden (b.v. door vrije koeling).

In het bepalen van de hoogte van de aanzuigtemperatuur, is het niet alleen van belang om de door de fabrikant aangegeven grenswaarden te bewaken, maar ook om te realiseren dat de ICT-apparatuur op de koellucht temperatuur zal reageren door de aangezogen luchthoeveelheid te variëren. Bij hoge luchttemperaturen zullen de ventilatoren in de ICT-apparatuur sneller draaien en daardoor meer energie gebruiken. Bij koellucht temperaturen boven de 27°C wordt het energieverbruik van de ICT-apparatuur snel hoger, hetgeen de energiebesparing bij de koudeproductie teniet kan doen<sup>4</sup>.

**Figuur 1** Relatie tussen server energie verbruik en temperatuur van de koellucht



Bij het bereiken en handhaven van hoge aanzuigtemperaturen is scheiding van luchtaanvoer en luchtafvoer en afstemming van luchtvaart en -aanbod, cruciaal<sup>5</sup>. Strikte scheiding van de beide luchtstromen beperkt twee onwenselijke luchtstromen die in een datacentrum kunnen voorkomen;

1. Recirculatie: bij recirculatie mengt de warme afvoerlucht uit de ICT apparatuur zich met de aanzuiglucht. Lokaal kunnen daardoor ICT-apparaten oververhit raken. Om de impact van recirculatie te verlagen kan aanzuigtemperatuur verlaagd worden, immers, bij vermenging zal in dit geval geen oververhitting plaatsvinden. Beter is het om de recirculatie zelf tegen te gaan. Indien recirculatie door fysieke luchtscheiding wordt voorkomen kan met een hogere (en dus efficiëntere) aanzuigtemperatuur gewerkt worden;
2. Bypass: bij bypass wordt koele aanvoer lucht niet volledig door de ICT-apparatuur gebruikt.

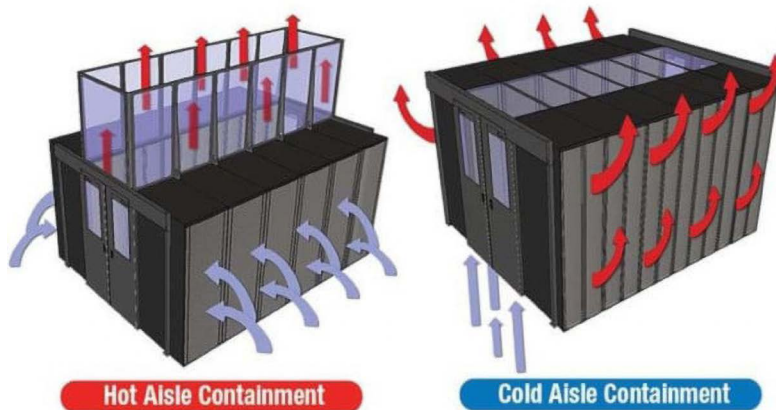
<sup>4</sup> Sang-Woo Ham, Jun-Seok Park, Jae-Weon Jeong, Optimum supply air temperature ranges of various air-side economizers in a modular data center, Applied Thermal Engineering, Volume 77, 2015, Pages 163-179.

<sup>5</sup> Eduard Oróa,\*, Paolo Taddeob, Jaume Salomb, Waste heat recovery from urban air cooled data centres to increase energy efficiency of district heating networks, Sustainable Cities and Society, Volume 45, February 2019, Pages 522-542.

Het teveel aan aanvoerlucht mengt met de afvoer lucht en verlaagt daarmee de temperatuur van deze afvoerlucht. Hierdoor wordt zowel de efficiëntie van de koeling nadelig beïnvloed alsook het energieverbruik van de ventilatoren in de koeling. Er wordt namelijk meer lucht dan noodzakelijk rond gepompt.

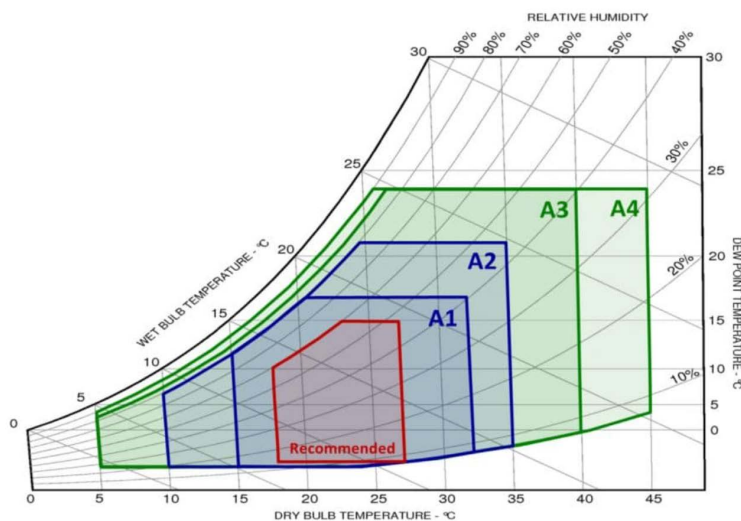
Strikte scheiding van luchtstromen is dus een voorwaarde voor efficiënte luchtkoeling in datacenters, het maakt voor de efficiëntie weinig verschil of de warme dan wel de koude lucht wordt opgesloten. De twee technieken worden aangeduid met “Cold aisle containment” dan wel “Hot aisle containment” (zie figuur 2), voor beide varianten zijn er vele oplossingen en fabrikanten op de markt.

**Figuur 2** Verschil tussen warme en koude gang opsluiting<sup>6</sup>



Voor de toegestane temperatuur en het vochtgehalte van koellucht, ook wel aanzuiglucht (blauwe pijlen in figuur 2) worden door ICT fabrikanten brede grenzen aangegeven. Deze grenzen zijn de basis voor publicaties van het ASHRAE, The American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers<sup>7</sup>. Met name de van Technical Committee 9.9; “Thermal guidelines for Data Processing Environments, 4<sup>th</sup> edition”. In dit document worden luchtvochtigheidsgrenzen en temperatuur grenzen gegeven die worden toegestaan en aanbevolen voor ICT-apparatuur.

**Figuur 3** Aanbevolen temperatuur en vochtigheid volgens ASHRAE TC9.9<sup>8</sup>



<sup>6</sup> <https://www.siemon.com/en/home/systems/thermal-management>.

<sup>7</sup> <https://www.ashrae.org/>.

<sup>8</sup> <https://www.electronics-cooling.com/2019/09/ashrae-technical-committee-9-9-mission-critical-facilities-data-centers-technology-spaces-and-electronic-equipment/>.

Het in figuur 3 getekende rode gebied bestrijkt de aanbevolen temperatuur voor alle in werking zijnde ICT-apparatuur. De blauwe en groene gebieden illustreren de toegestane temperatuur voor apparatuur die is ingedeeld in de benoemde apparaat klasse. Moderne servers, opslag en netwerk apparatuur zijn in de regel tenminste Klasse 2 en hebben dus een maximale aanzuigtemperatuur van 35°C en een aanbevolen temperatuur tussen 18 en 27°C.

De eerder genoemde Nederlandse milieuwetgeving heeft geresulteerd in lijsten met erkende maatregelen, deze zijn opgenomen in bijlage 10 van het Activiteitenbesluit. Om aan de eerdergenoemde energiebesparingsplicht te voldoen, dienen alle erkende maatregelen te worden genomen. De volgende maatregelen die direct betrekking hebben op de luchtbehandeling in het datacentrum zijn (tabel 2):

**Tabel 2** Beknopte weergave maatregelen luchtbehandeling

Nummer maatregel	Beschrijving
FD2	Met hogere koeltemperatuur werken door warme en koude lucht in zaal te scheiden.
FD4	Toerental van ventilatoren in zaalkoelers (CRAH's) beperken. (toerental regeling).
FD6	Hogere koeltemperaturen realiseren om efficiëntie van compressiekoelinstallatie te verhogen en om meer gebruik te maken van vrije koeling (beneden 12/13°C buitenluchttemperatuur).

Als zodanig zijn bovengenoemde technieken niet alleen wenselijk uit duurzaamheidsperspectief maar economisch rendabel en daarmee een wettelijke verplichting.

## 3 Vrije Koeling

Zoals besproken in Hoofdstuk 2, is koelen met lucht nog steeds de norm in de datacenters wereldwijd. Voor de wijze waarop de benodigde koellucht wordt verkregen of geproduceerd bestaan echter verschillende oplossingen. Koude en warmte zijn vormen van thermische energie, en ook deze energie vorm kent natuurlijke bronnen.

De vrijelijk verkrijgbare vorm van koude kan gevonden worden in de grond, in water en lucht. Gebruik van deze natuurlijke bronnen is besproken in de eerste editie van de duurzaam koelen brochure onder de noemer “vrije koeling”. Naast de eerder beschreven oplossingen zijn er echter nog andere vrije koelings-technieken die in deze brochure worden toegelicht.

De inzet van vrijekoeling voor datacenters is opgenomen in de eerder benoemde “erkende maatregelen lijst” van het Activiteitenbesluit wet milieubeheer.

**Tabel 3** Beknopte weergave maatregelen “vrije koeling”

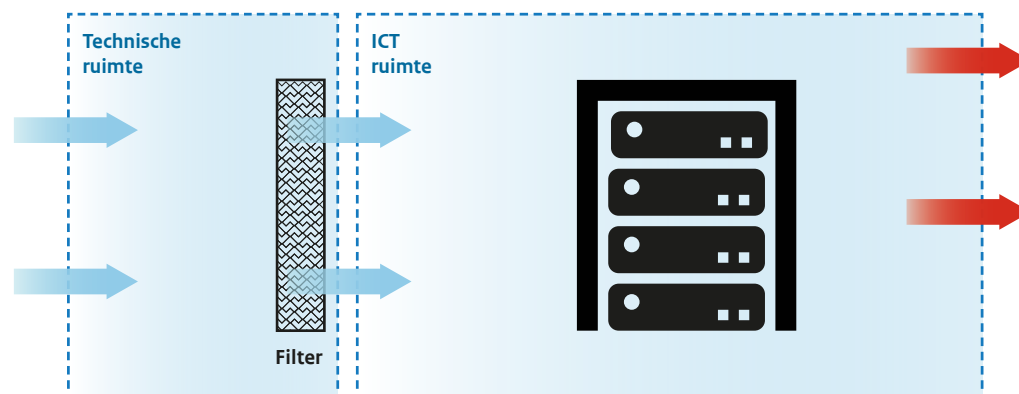
Nummer maatregel	Beschrijving
FD7	Vrije koeling toepassen om bedrijfstijd van compressiekoelinstallatie te beperken.
FD8	Vrije koeling in serverruimten toepassen om bedrijfstijd van koelinstallatie te beperken.

### 3.1 Directe vrije luchtkoeling

De meest universeel beschikbare bron voor koeling is buitenlucht en datacenters wereldwijd gebruiken deze bron voor koelen op twee manieren; directe en indirecte vrije luchtkoeling.

Bij directe vrije luchtkoeling wordt buitenlucht met minimale voorbehandeling direct naar de ICT-apparatuur geleid. Deze voorbereiding bestaat in de regel uit filtering en indien nodig bevochtiging. In het geval dat de buitenlucht een hogere temperatuur heeft dan voor de ICT-apparatuur wenselijk, kan de lucht worden gekoeld. De verwarmde lucht wordt na gebruik via een apart kanaal in de atmosfeer geloosd (zie figuur 4).

**Figuur 4** Schematische voorstelling directe vrije luchtkoeling

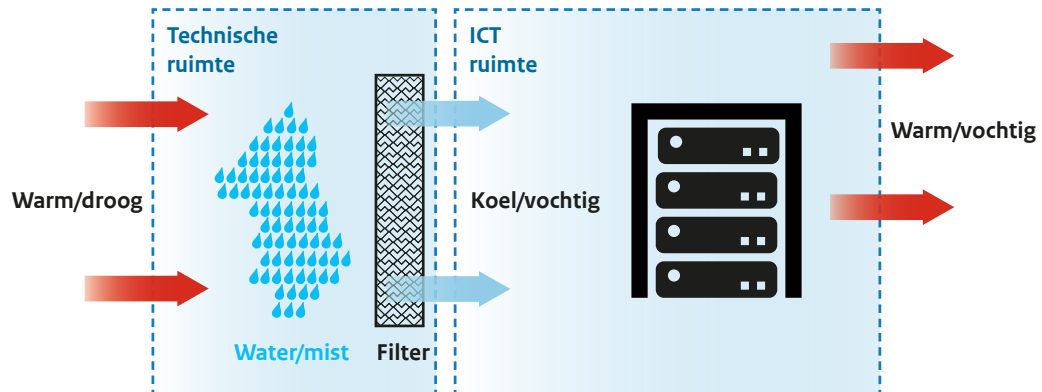


Directe vrije luchtkoeling wordt voornamelijk ingezet in koele klimaatzones, waar Nederland toe behoort. Directe vrije luchtkoeling is bruikbaar voor alle formaten datacenters, van Edge (tientallen kW) tot en met Hyperscale datacenters (tientallen MW).

Ondanks het koele klimaat in onze regio zal de temperatuur van de buitenlucht soms boven de gewenste temperatuur voor de ICT koeling uitkomen, op dergelijke momenten zal een vorm van koeling moeten bijspringen. Het koelvermogen kan op vele manieren worden gerealiseerd, een vorm is door water in de luchtstroom te verdampen, adiabatische koeling. (Zie figuur 4), het filter wordt bevochtigd en door verdamping van dit water daalt de temperatuur van de door het filter stromende lucht.



**Figuur 5** Schematische voorstelling directe vrije luchtkoeling met adiabatische koeling



### 3.1.1 Casus: directe vrije lucht met adiabatische ondersteuning, Zweden

Een voorbeeld van een Hyperscale datacenter dat gebruik maakt van directe vrije lucht koeling is het Facebook (Meta) datacenter nabij Lulea in Zweden.

**Figuur 6** Buiten aanzicht van Facebook datacenter Lulea (bron: Facebook)



De vorm van het gebouw, te zien in figuur 6, is geheel afgestemd op de koeling met vrije lucht. Een nadeel van lucht is dat het in vrije ruimte niet makkelijk over grote afstanden is te transporteren. De koeling beperkt daardoor de maximale breedte van het gebouw, met het gevolg dat vanwege de benodigde capaciteit het datacenter lang gerek is.

Ook de hoogte van het gebouw is door de koeling bepaald. Warme lucht wordt door een plenum boven de datavloer afgevoerd.

**Figuur 7** Directe vrije koeling installatie facebook datacenter Zweden (foto Mark Zuckerberg)



De foto in figuur 7 geeft een indruk van de installaties die voor de koeling benodigd zijn. De schaal wordt gegeven door de deur die nog net zichtbaar is aan het einde van de gang. In de foto zien we rechts de ventilatoren die buitenlucht aanzuigen, links in de gang zijn de horizontale buizen van de watersproeiers te zien en geheel links de filterpanelen.

Het grootste voordeel van directe vrije luchtkoeling is een ongeëvenaarde efficiëntie, Meta rapporteert deze efficiëntie behaald in Lulea met een PUE (Power Usage Effectiveness) van onder de 1,1. Een ander voordeel is dat dergelijke installaties relatief eenvoudig zijn van opzet. De benodigde waterleidingnetwerken en luchtkanalen zijn minimaal.

Een nadeel is het water gebruik in warme perioden. Het Meta datacentrum heeft geen andere bron van koeling, en hoewel een groot deel van het jaar de buitentemperatuur laag genoeg is, zijn in de zomer maanden grote hoeveelheden water nodig voor de koeling. Een tweede nadeel is dat hergebruik van de warmte moeilijk te realiseren is. De warmte wordt gedragen door lucht en om een kans te hebben deze warmte te gebruiken zal deze, bijvoorbeeld door middel van warmtepompen moeten worden opgewaardeerd en overgedragen naar water.

**Tabel 4** Directe vrije luchtkoeling met adiabatische ondersteuning\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
Directe vrije luchtkoeling met adiabatische ondersteuning.	0 - onbeperkt	PUE < 1,1	Moeilijk	Incidenteel Hoog	Beperkt, afhankelijk van voorbewerking water.

\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

## 3.2 Thermische energie opslag

Thermische energie kan uitstekend worden opgeslagen, in het Nederlands noemen wij dit warmte/koude opslag (WKO).

De toepassingsgebieden voor thermische opslag capaciteit zijn divers en afhankelijk van de opslagcapaciteit ten opzichte van de warmteproductie van het datacenter en het medium waarin de energie wordt opgeslagen.

Een belangrijke reden voor het opslaan van warmte en koude is “time shifting”, hiermee wordt bedoeld dat het gebruik van de warmte dan wel koude op een ander moment plaatsvindt dan de productie van deze.

Afhankelijk van het gewenste doel kan een opslag voor maanden nodig zijn, of kunnen uren voldoende zijn.

### 1. Opslag in vloeibaar water

Opslag in water wordt gerealiseerd door een temperatuurverschil tussen de bron en de retour.

Water belast het milieu niet, is goed beschikbaar en goedkoop, echter is de energie opslag beperkt.

- *Uitgaande van een temperatuur verschil van 10°C tussen aanvoer en retour van het koelwater, bevat een kubieke meter water 11,7 kWh thermische energie; een datacenter, met een warmtelast van 1 MW heeft per uur dan 85,5 m<sup>3</sup> koud water nodig.*
- Het is duidelijk dat voor een langdurige opslag de hoeveelheid water te groot wordt voor het bouwen van bovengrondse opslagtanks. Het 1 MW datacenter heeft voor 6 maanden 375.000 m<sup>3</sup> aan water in opslag nodig. Dergelijke opslag bestaat in Nederland in de vorm van aquifers (ondergrondse water lagen), maar aanleg bovengronds is niet haalbaar.

In Nederland zijn vele WKO's actief waarbij de thermische energie in ondergrondse waterlagen wordt opgeslagen. In de eerste editie van de brochure is het nog altijd actuele en nog steeds actieve voorbeeld van Equinix AM3 al genoemd. Een ondergrondse WKO is, in de regel, economisch voor middelgrote koelings-behoefte. Voor kleine (edge) datacenters is een dergelijke oplossing vaak nog te complex en te duur, voor hyperscale datacenters hebben de bronnen vaak te weinig capaciteit.

### 2. Opslag doormiddel van faseovergangen

Faseovergangen zijn veranderingen van de fasetoestand (vast, vloeibaar, gas) van een stof, denk hierbij aan het bevriezen/smelten van water en het verdampen(koken) en condenseren van water. Deze overgang tussen fases vereisen/leveren veel thermische energie. In omgevingen waar zeer lage temperaturen vereist zijn wordt vaak de overgang water/ijs gebruikt, maar deze overgangstemperatuur is te laag voor het opslaan van thermische energie voor het datacenter. Er zijn echter stoffen in de markt die hiervoor wel bruikbaar zijn. Zouthydraten, zouten waaraan een beperkte hoeveelheid water is toegevoegd, kunnen een fase omslag van vast naar vloeibaar en terug in bruikbare temperatuurgebieden hebben. Commercieel zijn mengsels (Phase Change Materials (PCM) met smelt/stollingstemperaturen tussen de 8 en 46°C voorverpakt verkrijgbaar. Deze mengsels zijn vaak gebaseerd op CaCl<sub>2</sub> een goedkoop en weinig milieubelastend zout. Het zout wordt wereldwijd bijvoorbeeld veel gebruikt als strooizout.

Met thermische energieopslag kan de noodzaak voor mechanische koeling worden weggenomen en voor kleinere warmtelasten is het een optie om een WKO met een capaciteit van enkele uren, te realiseren op basis van PCM.

#### 3.2.1 Casus: directe vrije luchtkoeling met PCM ondersteuning bij VodafoneZiggo, Nederland

Een toepassing van Phase Change Materials (PCM's) in datacenter koeling is in gebruik bij VodafoneZiggo en wordt geboden door Tizzin<sup>9</sup>. Tizzin is gespecialiseerd in duurzame koelingsproducten voor serverruimten, gebaseerd op kleinschalige, decentrale Thermische Energie Opslag op basis van PCM en vrije luchtkoeling. Vrije luchtkoeling is efficiëntste manier voor het koelen van apparatuur ruimten. Het PCM ondersteund de vrije luchtkoeling in uren dat de buitenluchttemperatuur boven de vereiste temperatuur stijgt. PCM- en vrije luchtkoeling zijn betrouwbare en beproefde koelingstechnologieën voor apparatuur ruimten, met een korte terugverdiertijd.

<sup>9</sup> <https://tizzin.com/nl/>.

Het hier gebruikte PCM bestaat uit water en Calciumchloride ( $\text{CaCl}_2$ ), beide natuurproducten. Het PCM wordt verpakt in panelen van polyethene met hoge dichtheid (HDPE), een veilig materiaal dat uitstekend recyclebaar is. Met de Tizzin oplossing kan, in vergelijking met traditionele compressie koeling, tot 95% minder energie worden gebruikt. Deze besparing wordt gerealiseerd door koude in nachtelijke uren op te slaan in het PCM en deze tijdens warme perioden te gebruiken. De PCM-panelen werken vergelijkbaar met de koelelementen die in koelboxen gebruikt worden. Het PCM “stolt” rond 22°C en “smelt” bij 26°C. Door het smelten onttrekt het PCM warmte aan de langskomende lucht die daardoor tot 26°C afkoelt. Andere temperatuurtrajecten zijn ook mogelijk.

De toepassing van de PCM's dragen voor VodafoneZiggo direct bij aan zowel de doelstellingen voor duurzame inkoop als aan die voor een gezond milieu door zowel het vervangen van synthetische koudemiddelen als door de energiebesparingen.

Augustine Obi is als domein architect, verantwoordelijk voor het energiemangement en duurzaamheidsprogramma van het vaste netwerk. Dit netwerk is enorm groot en fijn vertakt. Miljoenen klanten zijn aangesloten via tienduizenden zogenaamde “straat kasten” (die niet actief gekoeld worden) en die in verbinding staan met 450 Lokale Centers (LC's) waarboven weer tientallen Regionale datacenter locaties te vinden zijn.

Het zijn de LC's waar de Tizzin oplossing volgens Augustine goede resultaten behalen.

De LC's zijn beperkt van omvang en worden traditioneel altijd met directe expansie koelsystemen (airco's) gekoeld. Deze oplossing heeft jaren goed gefunctioneerd maar heeft kenmerken die, in het licht van het duurzaamheidsprogramma, onwenselijk zijn. In de eerste plaats verbruiken deze airco's relatief veel energie. In de tweede plaats bevatten de airco's synthetische koude middelen, zogenaamde F-gassen welke een milieurisico vormen.

Om deze situatie te veranderen is een programma opgesteld bestaande uit 2 stappen.

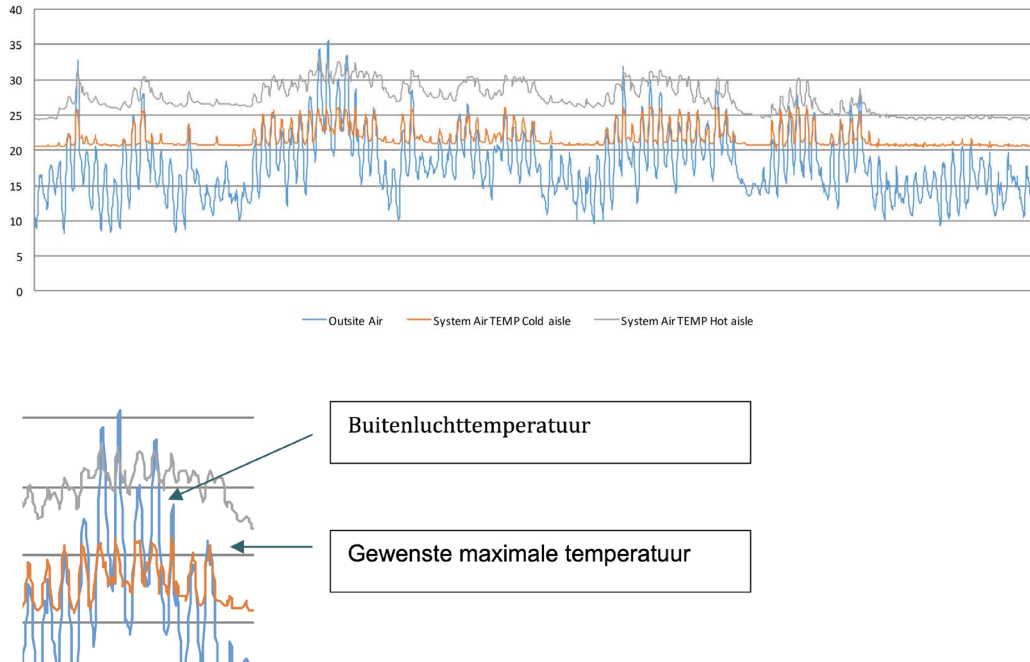
In de eerste stap worden de LC's uitgerust met directe vrije lucht koeling, naast de bestaande airconditioner systemen. De vrije lucht koeling verlaagt de bedrijfsuren van de airco's drastisch en zorgt zo voor een aanzienlijke energie en kostenbesparing.

De tweede stap is om de vrijelucht koeling te voorzien van de PCM-systemen van Tizzin. Deze stap maakt het mogelijk om de airco uit het LC te verwijderen. Met het verwijderen van de airco slaat VodafoneZiggo meerdere vliegen in een klap.

1. Het energieverbruik voor de koeling wordt maximaal beperkt. Gemiddeld zakt de PUE naar een waarde van onder de 1,1.
2. De toepasbaarheid van de Tizzin oplossing richt zich op warmtelasten van 3 tot 40 kW, ideaal voor Ziggo's edge datacenters zoals de LC's die door het gehele land zijn geplaatst.

Ter illustratie is in een van dergelijke locaties de lucht temperatuur van de buitenlucht, de koude gang en de warme gang gedurende een zomer geregistreerd (zie figuur 8). Met het systeem is de temperatuur in de koude gang tussen 21 en 26°C gehouden, ook als de omgevingstemperatuur boven de 35°C piekte.

**Figuur 8** Temperatuur registratie in LC, blauw buitenlucht temperatuur, rood koude gang temperatuur



3. De vervangende PCM systemen bevatten geen F-gassen en daarmee wordt niet alleen het milieurisico verkleind, er hoeft geen gecertificeerde onderhoudsmonteur meer langs voor regulier onderhoud. Dit scheelt 1 of meerdere vervoersbewegingen per locatie per jaar en, gegeven de aantallen locaties, is ook dit een significante besparing. (De totale reductie per koelsysteem bedraagt 9543,9 kg CO<sub>2</sub> per jaar. Dit is een reductie in uitstoot van 98%<sup>10</sup>.)
4. “De systemen vereisen een minimum aan onderhoud. Het enige aanbevolen onderhoud is het paneelfilter één keer per jaar te vervangen en de ventilatorruimte en roosters te reinigen. Dit kan eenvoudig door de netwerkmonteurs gedaan worden die regelmatig in de ruimtes moeten zijn.”
5. Geluid reductie.

De meeste van de lokale centers staan dicht bij de afnemers, dus in woongebieden. Deze gebieden zijn gevoelig voor geluidshinder. Het geluidsniveau van de Tizzin EC Air 60 Peak Control is bij normaal bedrijf 42 dB(A). Het is daarmee toepasbaar in woongebieden en dus ideaal voor de toepassing in de LC's.

**Tabel 5** Directe vrije luchtkoeling met PCM ondersteuning\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
Directe vrije luchtkoeling met PCM.	3 - 40 kW	PUE <1,1	Geen	Geen	nauwelijks

\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

<sup>10</sup> <https://www.dutchdatacenters.nl/publicaties/sodd-2022/>

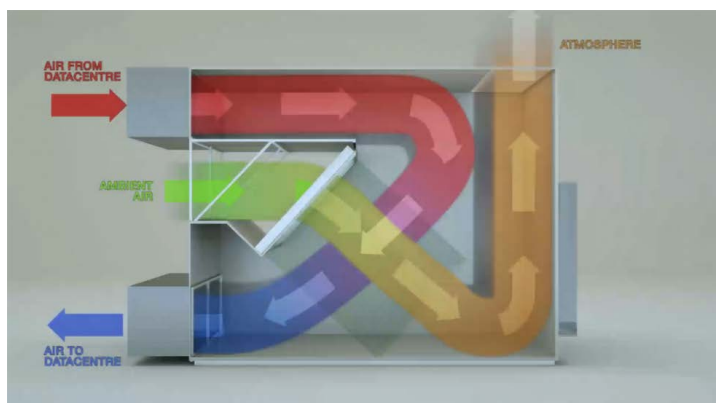
## 4 Indirecte Vrije koeling

Een veel gehoord bezwaar tegen directe vrije luchtkoeling is dat met de buitenlucht ook vervuiling het datacentrum kan binnen dringen. Een methode om te voorkomen dat vervuilingen kunnen binnen dringen is het gebruik van indirecte vrije luchtkoeling. Indirecte vrije luchtkoeling is een oplossing waarbij de buitenlucht warmte onttrekt aan een medium wat daarna gebruikt wordt om het datacenter te koelen. Binnen deze techniek bestaan er 2 veel gebruikte varianten, de eerste gebaseerd op het medium lucht, de tweede op het medium water.

### 4.1 Indirecte (vrije) luchtkoeling

Bij Indirecte vrije luchtkoeling wordt de lucht binnen het datacentrum gecirculeerd door een lucht/lucht warmtewisselaar waarbij de warmte wordt afgegeven aan de buitenlucht, zonder dat er direct contact tussen de luchtstromen is.

**Figuur 9** Indirecte vrije luchtkoeling (bron: Excool<sup>11</sup>)



Systemen als deze, worden door veel fabrikanten geleverd en werken in de basis allemaal op dezelfde wijze. De koellucht en datacenterlucht wisselen warmte uit over een kruiswisselaar. Indien noodzakelijk, wordt adiabatische koeling toegepast in de buitenluchtstroom en additionele mechanische (DX = directe expansie) koeling in de interne luchtstroom. Een nadeel van deze systemen is dat, om kalk en andere vervuiling op de warmtewisselaar tegen te gaan, het water dat verdampt wordt zeer schoon moet zijn. De productie van dergelijk schoon water zorgt voor extra milieubelasting.

In het Nederlandse klimaat kan vrijwel altijd zonder DX koeling worden gewerkt, als de koude gang temperatuur in het datacentrum aan de hoge kant van de ASHRAE aanbevolen grenzen wordt gehouden (27°C voor de koude gangen). Deze vorm van koelen is efficiënt, maar voor warmte hergebruik ongeschikt. Indien het systeem ook is voorzien van een directe expansie koeling zijn hierin vaak F-gassen aanwezig die milieu belastend kunnen zijn.

Een voorbeeld van een eigen innovatieve ontwikkeling van een dergelijk concept is het NorthC datacentrum Delft (voorheen The Datacenter Group). Dit datacentrum is beschreven in de eerste editie van de duurzaam koelen brochure en rapporteert een PUE van onder 1,2. Voor dit datacenter geldt dat het water dat gebruikt wordt niet voor behandeld hoeft te worden. De installatie in het NorthC datacenter is bovendien niet uitgerust met de DX koelmachines en bevat dus nauwelijks milieubelastende materialen.

<sup>11</sup> <https://www.excool.com/>.

**Tabel 6** Indirecte vrije luchtkoeling met adiabatische ondersteuning\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
Indirecte vrije luchtkoeling met adiabatische ondersteuning (en DX).	1 - 200 kW per stuk	PUE < 1,2	nauwelijks	Mogelijk hoog	Afhankelijk van DX koeling en benodigde water kwaliteit.

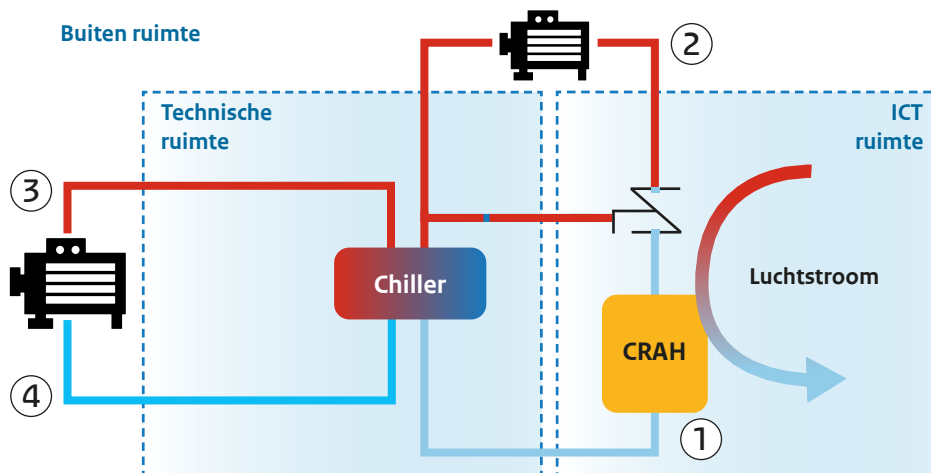
\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

## 4.2 Koud water productie met vrije koeling ondersteuning

De meest gebruikte methode voor het afvoeren van warmte uit het hart van het datacenter is met een tussenstap naar water als de drager van deze warmte. Water is gemakkelijk te verplaatsen naar iedere gewenste locatie en geeft daarmee grote vrijheidsgraden in het ontwerp en locatie van het datacenter. In de ICT ruimten worden Computer Room Air Handlers (CRAH) geplaatst. Een CRAH heeft eigen ventilatoren, deze leiden warme lucht over een watergekoelde warmtewisselaar en blazen deze gekoelde lucht terug het datacenter in.

Een sleutel rol binnen dit systeem is weggelegd voor de productie van het gekoelde water. Gebruikelijk zijn zogenaamde ‘chillers’, gebaseerd op directe expansie koeling met watergekoelde condensoren, gecombineerd met ‘economization’, d.w.z. technieken om volledige of gedeeltelijke vrije koeling toe te kunnen passen.

**Figuur 10** Schematische weergave waterkringlopen in een datacenter



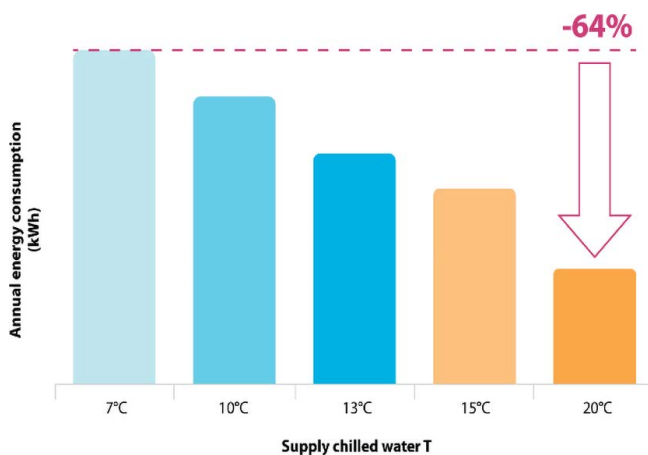
Figuur 10 geeft de sterk vereenvoudigde schematische opzet van een datacenter met koelwater circuits.

De solide lijnen geven de water stromen weer;

- 1) de CRAH aanvoer
- 2) de CRAH retour
- 3) de condensorkoeling afvoer
- 4) de condensorkoeling aanvoer.

De gebogen pijl geeft de luchtstroom weer waarmee de ICT-apparatuur gekoeld wordt. Indien de temperatuur in de buitenruimte lager is dan de CRAH retourtemperatuur wordt deze retour omgeleid zodanig dat gedeeltelijke of geheel vrije koeling wordt gerealiseerd. Een belangrijke factor in de efficiëntie van dergelijke koelsystemen zijn de temperaturen die gehanteerd worden in de verschillende water circuits.

**Figuur 11** Het effect van een hogere koelwatertemperatuur op de efficiëntie van een koel installatie.



Het gebruik van hogere koelwater temperaturen biedt enorme voordelen, niet alleen neemt de efficiëntie van de koelmachines (chillers) toe bij het koelen naar hogere temperaturen, ook kan er veel meer gebruik gemaakt worden van vrije koeling. Het gecumuleerde effect is weergegeven in figuur 11 (bron Schneider Electric<sup>12</sup>(SE)).

Additioneel voordeel, naast de efficiëntie verbetering, is dat de koelcapaciteit van de chillers toe neemt bij een hogere koelwatertemperatuur. Hierdoor kan het gewenste koelvermogen met kleinere apparatuur worden behaald. Dit vertaalt zich in een lagere CAPEX voor de koelapparatuur en in een kleinere impact op de elektrische infrastructuur van het datacenter. De koelwatertemperatuur is daardoor van invloed op de totale CAPEX en OPEX van het datacenter.

De eerder genoemde hogere koelluchttemperatuur is hierom de belangrijke parameter. Voor moderne CRAH-units is een koelwater-aanvoertemperatuur van 20 à 22°C voldoende om een, ASHRAE conforme, koelluchttemperatuur van 25 à 27°C aan de ICT-apparatuur te leveren .

Naast absolute temperatuur zijn temperatuurverschillen van groot belang. De invloed van temperatuurverschillen vertaalt zich in de efficiëntie van het totale koelsysteem, door de energie die benodigd is voor het verplaatsen van lucht door ventilatoren en water met pompen.

Indien een IT-ruimte wordt gekoeld door middel van een CRAH-unit, dan is de luchtcirculatie in de ruimte het meest energie-efficiënt als de luchthoeveelheid automatisch wordt afgestemd op de vraag naar koellucht (zie figuur 9). Een dergelijke regeling kan worden gerealiseerd op basis van druk- of temperatuurverschil.

- Bij toepassing van een verhoogde vloer. Om de luchthoeveelheid door een verhoogde vloer of gesloten koude gang te regelen wordt veelal een drukverschilregeling toegepast. Hoe lager de luchtdrukverliezen, des te minder energie benodigd is om de lucht te verplaatsen.
- Bij toepassing van een verlaagd plafond. Om de luchthoeveelheid door een gesloten warme gang opstelling in combinatie met een verlaagd plafond te regelen wordt veelal een druk- of temperatuurverschilmeting regeling toegepast. Hoe lager de luchtdrukverliezen, des te minder energie benodigd is om de lucht te verplaatsen.

<sup>12</sup> <https://www.se.com/nl/nl/work/products/critical-power-cooling-and-racks/>.



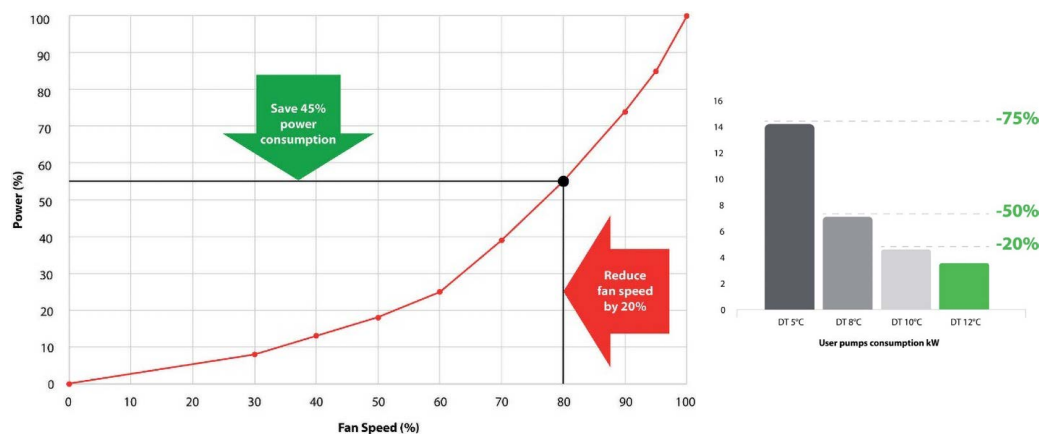
De regeling van ventilatoren en pompen gebeurt door de inzet van motoren met toerental regeling, zogenaamde Variable Speed Drives (VSD). De inzet van dergelijke motoren zijn opgenomen in bijlage 10 van het Activiteitenbesluit, zie tabel 7.

**Tabel 7** Beknopte weergave maatregelen “toerental regeling”

Nummer Maatregel	Beschrijving
FD4	toerental van ventilatoren in zaalkoelers (CRAH's) beperken.
FB1	Energieverbruik van pompen beperken door vermogen vraag gestuurd te regelen.

Koelapparatuur is voorzien van mechanisch draaiende delen zoals compressoren, ventilatoren en pompen voor het koelen van een datacenter. Door toepassing van frequentieregelaars (VSD) op deze componenten en slimme software in de apparatuur, vindt een optimalisatie van het energieverbruik plaats. Compressoren worden afgestemd op de gewenste koelcapaciteit en ventilatoren en pompen verplaatsen niet meer lucht of water dan benodigd, waardoor een veel lager opgenomen vermogen nodig is.

**Figuur 12** Het effect van toerental regeling op ventilatoren en pompen, door minder lucht/water verplaatsing vanwege hoger temperatuurverschil tussen aanvoer en retour (bron SE)



Een nadeel van water als tussenstap in vergelijking met directe luchtkoeling, is dat iedere tussenstap met een temperatuursprong gepaard gaat. Er is op deze wijze minder vrije koeling mogelijk. De invloed hiervan is in het Nederlandse klimaat beperkt, zolang met hoge koelwater temperaturen wordt gewerkt. De voordelen van de water tussenstap zijn groot;

- De binnenlucht van het datacenter is volledig gescheiden van de buitenlucht;
- Transport van warmte/koude is veel gemakkelijker met water dan met lucht; dit geeft ontwerpvrijheid voor het gebouw;
- Opslag/buffers van warmte/koude is gemakkelijker te realiseren;
- Het gebruik van CRAH-eenheden betekent dat er een watercircuit is aangelegd, deze aanwezigheid maakt het laagdrempelig om ook vloestofkoeling toe te passen;
- De watergekoelde condensor levert koelwater met een relatief hoge temperatuur, dit opent mogelijkheden voor warmte hergebruik.

## 5 F-gassen in chillers

Zoals in de vorige hoofdstukken is besproken, bevatten een aantal oplossingen nog steeds directe expansie koeling systemen. Deze directe expansie systemen bevatten in de meeste gevallen synthetische koude-middelen gebaseerd op gefluoreerde koolwaterstoffen (HFK), bekend als F-gassen.

### *Krachtig broeikaseffect*

F-Gassen zijn in de koelingsindustrie de vervanger van de nu wereldwijd verboden gechlloreerde koolwaterstoffen. Deze laatste groep is verboden vanwege het feit dat zij een grote rol speelde in de afbraak van de ozonlaag. F-gassen tasten weliswaar de ozonlaag niet aan, maar het broeikaseffect van deze gassen is bijzonder krachtig: ze kunnen 124 tot 22.800 keer meer warmte vasthouden dan CO<sub>2</sub> en ze kunnen duizenden jaren lang in de atmosfeer aanwezig blijven. Om deze reden worden nu ook F-gassen wereldwijd gereguleerd en is in Europa de Europese F-gassenverordening EG 517/2014 van toepassing<sup>13</sup>. De regelgeving is gericht op het uit faseren van productie, consumptie en het gebruik van deze stoffen. Daarnaast regelt de F-gassenverordening de beperking van emissies.

De regelgeving voor F-gassen gaat uit van het 100 jaar GWP. Het GWP-getal geeft de directe invloed weer op de opwarming van de aarde, als het koudemiddel onverhoopt in de lucht terecht komt. Het bevoegd gezag moet bij toezicht op F-gassenregelgeving altijd uitgaan van het 100 jaar GWP. Een lijst van stoffen en hun GWP is te vinden in Bijlagen 1 en 2 van de Europese F-gassenverordening EG 517/2014.

Voor die F-gassen die op de lijst van verboden stoffen staan, zijn en worden door de industrie vervangende middelen gezocht. Dit kunnen natuurlijke koudemiddelen zijn, zoals:

- Water (R718)
- CO<sub>2</sub> (R744)
- NH<sub>3</sub> (R717)
- Koolwaterstoffen, zoals ethaan (R170), propaan (R290), propeen (R1270), butaan (R600), iso butaan (R600a).

Regelgeving over natuurlijke koudemiddelen in koelinstallaties staat in het Activiteitenbesluit. Dit zijn voorschriften gericht op veiligheid. Vanaf 1.500 kg ammoniak en 100 kg propaan en/of butaan wordt een koelinstallatie vergunning plichtig; de voorschriften staan dan in de vergunning. Voor koelinstallaties met koolstofdioxide als koudemiddel geldt nooit een vergunningplicht<sup>14</sup>.

Natuurlijke koudemiddelen hebben een veel lager broeikaseffect bij lekkage. Het broeikaseffect van HFK's is 124 tot 22.800 maal groter dan het broeikaseffect van CO<sub>2</sub>; het broeikaseffect van ammoniak is nul. Vanuit milieuoogpunt zijn de natuurlijke koudemiddelen daarom een beter alternatief. Bij gebruik van natuurlijke koudemiddelen is veiligheid wel een aandachtspunt.

Gezien de omvang van veel koelinstallaties bij datacenters is het veiligheidsaspect zeer belangrijk. De gewone koolwaterstoffen zijn zeer brandbaar en CO<sub>2</sub> en ammoniak giftig in hoge concentraties. Om deze reden worden in de datacenter industrie ook andere oplossingen toegepast zoals o.a. R1234ze, een stof met GWP <1.

### 5.1 Casus: R1234ze als koude middel bij ECOdc, Zweden

ECOdatacenter (ECOdc) in Falun, Zweden profileert zichzelf als een klimaat positief datacenter<sup>15</sup>. Het datacentrum bereikt dit niet alleen door 100% hernieuwbare energie te gebruiken, maar ook door de restwarmte uit het datacenter in te zetten voor energie besparingen in de omgeving.

<sup>13</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517&from=EN>.

<sup>14</sup> <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/ozon-en-f-gassen/koudemiddelen/>.

<sup>15</sup> <https://ecodatacenter.se/sites/main-site/>.

Anders dan alleen te richten op de efficiëntie van de koeling, die in dit deel van Zweden makkelijk bereikt kan worden door alleen te richten op vrije koeling, is ECOdc ingepast in het totale energiesysteem van Falum. Het datacenter is gebouwd nabij de warmtekrachtcentrale die de stad Falum van energie en verwarming voorziet door het aanwezige warmtenet. Deze centrale stookt houtafval om zowel warmte als elektriciteit te leveren aan de stad. De installaties nabij het datacenter verwerken tevens hout afval tot pellets voor houtkachels voor particulieren.

De computer zalen van ECOdc zijn voorzien van een koelwater circuit waarop CRAH's van Schneider Electric zijn aangesloten. Deze CRAH's zijn in staat om met een ingangswatertemperatuur van 20°C te werken en leveren een retourwatertemperatuur boven de 30°C. Deze temperatuurtrajecten zijn mogelijk omdat ECOdatacenter luchttemperaturen aanhoudt die aan de bovenkant van de door ASHRAE aanbevolen range liggen; 25 tot 27°C.

De hoge temperatuurtrajecten van het koelwater zijn van groot belang voor de werking van de twee SE Uniflair Turbocor water gekoelde Chillers met R1234ze koudemiddelen die onderdeel zijn van de koelinstallatie van ECOdc. Door de hoge temperatuur trajecten van het koelwater circuit werken ook deze systemen efficiënt met als bijkomend voordeel dat deze chillers zelf weer een water stroom opleveren die bruikbaar is in het warmtenet.

Door in de winter warmte te leveren voor de stadsverwarming en in de zomerperioden, als de vraag naar warmte laag is, direct dus zonder inzet van de Turbocor compressors, warmte te leveren voor het drogen van houtpellets, wordt niet alleen een hoge efficiëntie bereikt maar ook de geproduceerde restwarmte ingezet om in de omgeving energie te besparen.

**Tabel 8** Indirecte vrije luchtkoeling met adiabatische ondersteuning\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
R1234ze chillers en hoge koelwater temperatuur.	0 - 1250 kW (per stuk)	PUE <1,15	Afhankelijk van de aanwezigheid van midden temperatuur warmtenet.	beperkt	Weinig, maar afbraak producten van R1234ze zijn schadelijk.

\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

## 5.2 Casus: R718, water als koude middel bij Sparkasse Pforzheim, Duitsland

Sparkasse Pforzheim Calw is de grootste spaarbank in Baden-Württemberg. De S-IT, (Sparkassen-IT), bouwt continu aan een glasvezelnetwerk met hoge beschikbaarheid voor het snelle en veilige transport van grote hoeveelheden data. De taken van de Sparkassen IT omvatten het exploiteren van een datacenter met een maximale koelcapaciteit van 70kW en een koudegang-temperatuur van maximaal 25°C.

De door Sparkassen IT gekozen oplossing bestaat uit een gesloten warme gang met zogenaamde Inrow luchtkoelers. Deze koelers halen lucht uit de warme gang, koelen dit over een water/lucht warmtewisselaar en blazen aan de voorzijde van de IT apparatuur weer uit. Het koelwatercircuit was initieel voorzien van een standaard directe expansie chiller, maar In de bouwfase werd de beschikbaarheid van koudemiddel in combinatie met ruimtebesparende, indirecte vrije koeling opgenomen in het eisenpakket en werd hieraan prioriteit gegeven.

De EChiller35 van Efficient Energy GmbH maakt gekoeld water met behulp van het koudemiddel R718, water, en voldeed uitstekend aan deze nieuwe eisen.

De inzet van water als koudemiddel is fundamenteel anders dan de inzet van water in adiabatische koeling. Waar in het laatste geval water verbruikt wordt door verdamping in de luchtstromen, vervult water in de

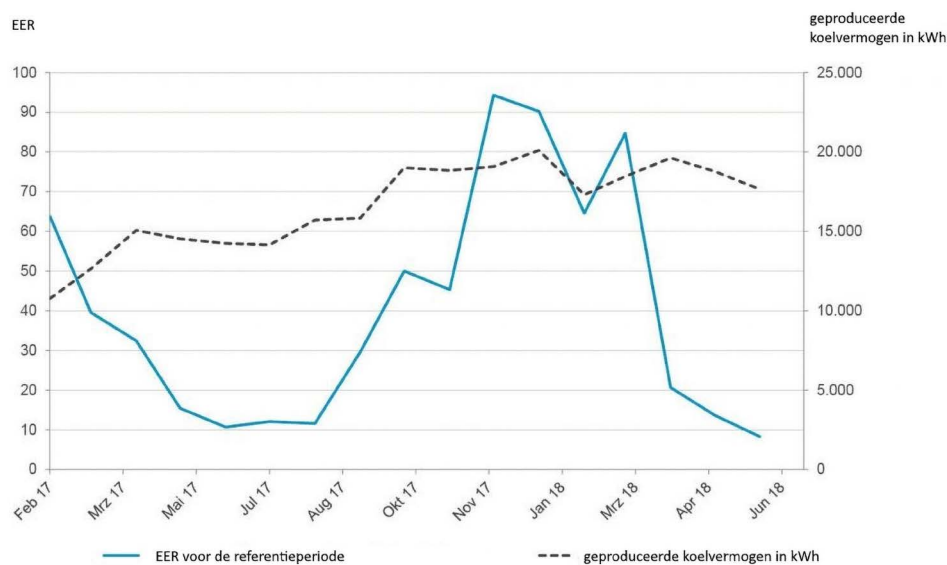
eChiller dezelfde rol als de synthetische koude middelen in meer conventionele directe expansie (DX) koelmachines. Het koude middel circuleert en wordt dus helemaal niet verbruikt.

Om water als koudemiddel te gebruiken zijn zeer lage drukken nodig, deze worden in de eChiller bereikt door het gebruik van turbo vacuümpompen, welke zorgen voor zowel het verdampingsvacuüm als de noodzakelijke dampcompressie in de condensor. De Echiller35 heeft een koelvermogen van 35 kW en levert een gekoeld water temperatuur van 20-22°C. De eChiller zelf is gekoeld met een extern water circuit van 40°C of minder. Deze temperatuurlimieten maken de eChiller geschikt voor gebruik in het datacentrum.

Na de inbedrijfstelling in de zomer van 2016, werd al snel duidelijk dat de efficiënte deellastwerking die wordt geleverd door de geregelde turbocompressoren in combinatie met de geïntegreerde vrije koeling zeer efficiënt was. Hierdoor werd de eChiller de primaire koelmachine en deze opstelling is tot op heden gehandhaafd.

De regeling van de eChiller gebruikt gegevens van de gekoeld water- en koelwatertemperaturen, het opgewekte koelvermogen en de verbruikte elektrische energie, om de bedrijfsmodus voortdurend te optimaliseren. In de volgende grafiek (figuur 13) wordt het resultaat van deze regeling getoond.

**Figuur 13** Bedrijfskarakteristiek eChiller (bron: Menerga<sup>16</sup>)



De koelbehoefte is in de afgelopen 18 maanden gestegen van 12.000 kWh tot gemiddeld 18.000 kWh. De SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) wordt gebruikt om de verhouding tussen de koelingscapaciteit en de verbruikte energie in een bepaald seizoen weer te geven. De eChiller bereikt een jaarlijkse SEER van meer dan 18.

Koelcapaciteit (kW)	30 kW (stijgend)
Setpoint temperatuur	Aanvoertemperatuur gekoeld water 19°C
SEER	> 18
koudemiddel	R718 (water)
koelwaterinlaat	40°C
geluidsniveau	68,6 dB(A), drukniveau op 5 m: 42 dB(A)
recoiling	luchtgekoelde droge koeler

<sup>16</sup> <https://www.menerga.com/nl/>.

Tabel 9 R718 chillers\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
Chillers met R718	3 - 120 kW	PUE < 1,1*	Met WKO**	Geen	nauwelijks

\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

\* De efficiëntie van het systeem is afhankelijk van de klimatologische omstandigheden. De EER van de chiller is >100 wanneer de buitenlucht onder de 15 °C en ongeveer 4 wanneer de buitenlucht rond 35°C is.

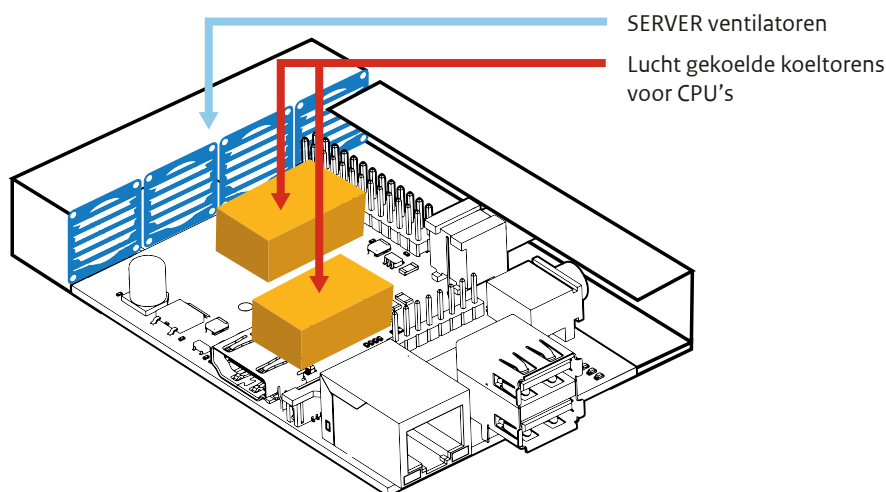
\*\* Hoewel in compressie modus de eChiller zeer warm water afgeeft schakelt de regeling van de eChiller naar gedeeltelijke of geheel vrije koeling naarmate de buitentemperatuur daalt. Hierdoor is het bruikbare warmte aanbod alleen in de zomer beschikbaar.

## 6 Directe Vloeistofkoeling

Directe vloeistofkoelingen zijn toepassingen waarbij de warmte aan ICT-apparatuur of componenten wordt onttrokken, zonder de tussenstap van lucht. Om de impact van deze koelingstechnologie op waarde te schatten is het noodzakelijk om de energiehuishouding in ICT-apparatuur, met name servers, te begrijpen en te weten hoe warmte wordt afgevoerd.

Veruit het grootste deel van ICT-apparatuur wordt gekoeld met lucht. De ICT-apparatuur is voorzien van ventilatoren die geconditioneerde lucht aanzuigen en deze lucht wordt aan de achterzijde van de apparatuur uitgeblazen. (figuur 14) Op deze wijze wordt de door de ICT-apparatuur gegenereerde warmte uit het apparaat naar de datacenter ruimte verplaatst.

**Figuur 14** Standaard luchtgekoelde server



Van alle componenten zijn de CPU's in een server de grootste energiegebruikers en dus warmtebronnen. Vanwege de hoge warmtelast van de CPU's zijn luchtgekoelde koeltorens fors, en voor de noodzakelijke luchtstroom verbruiken ook de server ventilatoren veel energie. In moderne servers hebben deze ventilatoren een toerental regeling maar desondanks verbruiken zij nog altijd zo'n 15% van de energie van de gehele server<sup>17</sup>. Zelfs met deze grote koeltorens, blijven de CPU kerntemperaturen hoog. Bij hoge werkdruk en navenant hoog energiegebruik zijn temperaturen tot 90°C niet ongewoon. Deze kern temperaturen zijn zo hoog vanwege de combinatie van de beperkte warmtegeleiding en overdrachts capaciteit van de koelplaten naar de lucht.

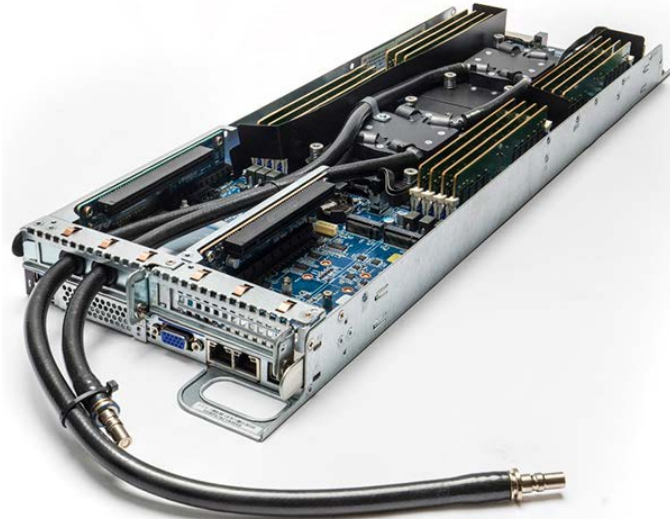
### 6.1 Vloeistofkoeling met koelplaten

Vloeistoffen zijn veel beter geschikt voor het af- en vervoeren van warmte dan lucht. Zo is de warmtecapaciteit per liter water 4.000 maal hoger dan dat van 1 liter lucht. De warmtegeleiding van water is ruim 25 maal beter, waardoor er minder contact oppervlak nodig is voor koeling en het verplaatsen van de warmte met water is ruim 10 maal energie-efficiënter dan met lucht.

Met de toename van de warmtelast van de CPU's en GPU's en de toenemende dichtheid van apparatuur is een koeltechniek van ICT-apparatuur uit de vorige eeuw opnieuw in zwang geraakt. Directe vloeistofkoeling door middel van koelplaten. Deze techniek vervangt de luchtgekoelde koeltorens in een server met vloeistof gekoelde platen (figuur 15). Door deze structuur wordt het grootste deel van de gegenereerde warmte direct met het koelwater afgevoerd, de resterende warmte van de overige elektronica in de server wordt nog steeds met lucht afgevoerd.

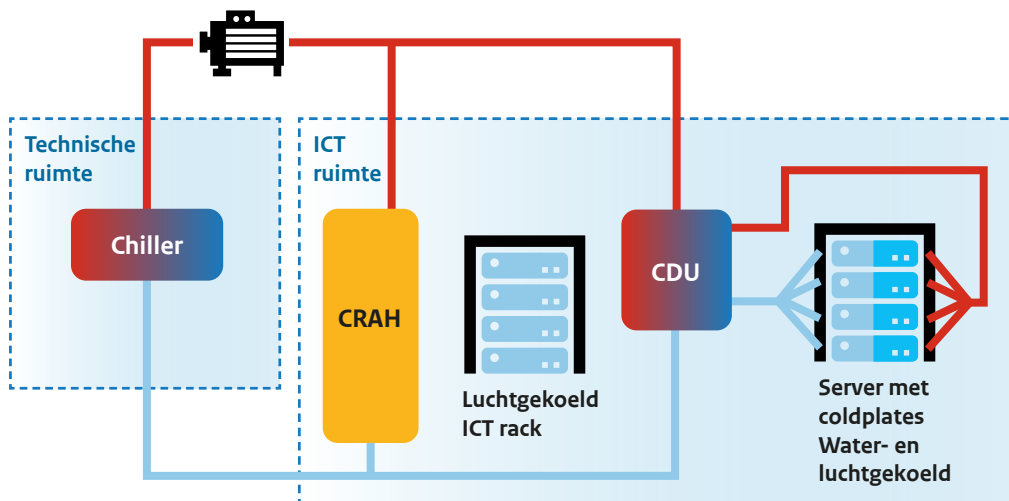
<sup>17</sup> <https://www.servethehome.com/deep-dive-into-lowering-server-power-consumption-intel-inspur-hpe-dell-emc/>.

**Figuur 15** Gygabyte H262 server node met waterkoeling<sup>18</sup>



Voor deze techniek is zowel luchtkoeling in het datacenter nodig als een koelwatercircuit dat fijnmazig vertakt tot in de racks rijkt. De vertakking naar de servers verloopt via een “Central Distribution Unit”, de CDU die het grote datacenter koelcircuit via een warmtewisselaar koppelt met het server rack circuit. De CDU bevat naast de warmtewisselaar ook pompen en drukregelaars (figuur 16).

**Figuur 16** Schematische voorstelling cold plates in datacenter



Het aanleggen van de vloeistofcircuits is kostbaar en stuit op veel weerstand vanwege de angst voor lekkages. Deze angst is slechts gedeeltelijk terecht; moderne varianten van dergelijke koelcircuits werken met automatische, lekvrije aansluitingen en een negatieve vloeistofdruk. Negatieve vloeistofdruk wil zeggen dat de vloeistof door het circuit wordt gezogen, niet geduwd. Bij een leidingbreuk zal dus geen vloeistof uitstromen, maar lucht in de leiding worden gezogen. Deze vorm van koeling brengt een aantal voordelen:

<sup>18</sup> <https://www.gigabyte.com/Solutions/coolit-systems-dlc>.

1. Doordat de koelplaat veel minder ruimte vraagt dan luchtkoeling kan meer elektronica dichter op elkaar geplaatst worden;
2. Door de effectieve warmteoverdracht tussen koelplaat en stromende vloeistof kan met hoge temperatuur vloeistof gekoeld worden. Een inlaat temperatuur van 40°C is geen probleem;
3. Door het vrijwel directe contact tussen warmtebron en koelvloeistof wordt de koelvloeistof zeer warm, tot wel 60°C. Dergelijke temperaturen lenen zich uitstekend voor hergebruik van de warmte of 100% vrije koeling, ook in hoogzomer;
4. Doordat het grootste deel van de warmte direct met koelvloeistof wordt afgevoerd is veel minder luchtkoeling noodzakelijk. Zowel de zaal ventilatoren in de CRAH als de ventilatoren in de server zullen aanzienlijk minder energie gebruiken.

Wel zijn er ook nadelen verbonden aan de techniek. Voor deze techniek moet in veel gevallen de apparatuur worden aangepast. Hoewel er apparatuur geleverd wordt die specifiek voor vloeistofkoeling is ontworpen is de meeste standaard apparatuur luchtgekoeld en zullen koeltorens door koelplaten moeten worden vervangen en ventilatie worden aangepast.

Koelplaten komen het best tot hun recht in situaties met hoge lokale warmte last, de techniek is goed in te passen in bestaande datacentra waar de noodzakelijke luchtkoeling en koelwatercircuits reeds aanwezig zijn.

#### 6.1.1 Casus; kasverwarming door rest warmte bij agropolis Kinroy, België

Agropolis in het Belgische Kinroy<sup>19</sup> is een innovatie aanjager voor de landbouw- en foodsector, Agropolis biedt ruimte en ondersteuning aan agro ondernemers voor de ontwikkeling van nieuwe duurzaam geproduceerde producten. Op het terrein van Agropolis is een warmtenet aangelegd om kasverwarming centraal aan te kunnen bieden. Het warmtenet benut restwarmte uit o.a. de micro datacenters van blockheating.

Blockheating<sup>20</sup> biedt hosting in kleine datacenters en kan hiermee bijdragen aan effectieve digitalisering van de glastuinbouw en bedrijven die in de nabijheid van deze tuinders liggen.

Blockheating levert hiervoor een totaal concept waarin de ICT component, namelijk de servers zijn geïntegreerd. De reden voor deze unieke aanpak is dat het hoofddoel van Blockheating, naast het leveren van stabiele IT diensten, het zinvol gebruik van de restwarmte van datacenters voor verwarmingsprocessen is. Hoewel dit doel met verschillende koeltechnieken bereikt kan worden, is er vanwege kosten en dichtheid optimalisatie gekozen voor Directe (coldplate) Chip koeling.

Door gebruik te maken van watergekoelde servers in een compact ontworpen datacenter, kan de restwarmte van de servers worden afgevoerd in de vorm van water van 55-60°C. Dit water kan door tuinders direct worden ingezet, zonder tussenkomst van een warmtepomp, om de kassen te verwarmen. Eén container kan de basislast warmte leveren voor een hectare onbelichte kweek van tomaten, komkommers of paprika's. Met een enkel datacenter zal gedurende de levensduur van 16 jaar, ruim 2395 ton CO<sub>2</sub> bespaard worden op basis van 70% utilisatie.

Aangezien het project niet om een enkele tuinder gaat maar een agrocampus, waarbij verschillende processen door verschillende partijen worden uitgevoerd, wordt tevens gebruik worden gemaakt van een Evergreen Pine warmtebuffering op basis van Phase Changing Materials (PCM). Het gebruik van de PCM maakt het mogelijk om een hogere energiedichtheid te halen en een constante temperatuur kunnen leveren.

De efficiëntie van de koeling is uit te drukken als PUE, maar belangrijker voor Blockheating is dat iedere kWh die door de ICT gebruikt wordt, als warmte wordt doorgegeven en daardoor energie wordt bespaard op verwarming elders.

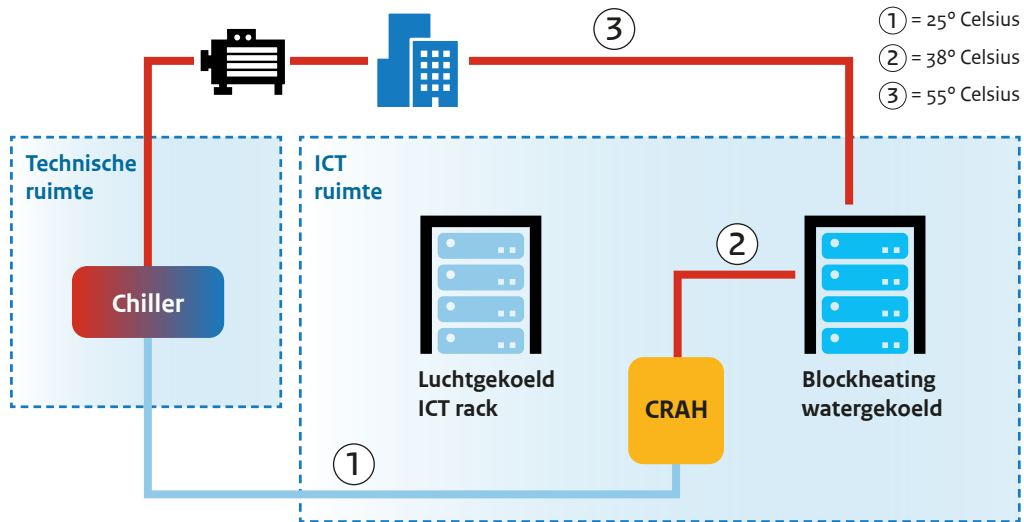
Het Blockheating systeem is niet alleen bruikbaar voor kleine datacenters, In bestaande datacentra met water gebaseerde koelsystemen is de temperatuur van de koelwater retour vaak laag genoeg om te dienen als intrede temperatuur voor het Blockheating systeem. Hierdoor kan de uiteindelijke water temperatuur naar een direct bruikbaar, of bij gebrek aan warmte vraag volledig vrij te koelen, niveau worden opgetild.

<sup>19</sup> <https://www.agropolis-kinrooi.be/onze-visie/>.

<sup>20</sup> <https://blockheating.com/>.



**Figuur 17** Schematische inpassing Blockheating systeem in bestaand DC



**Tabel 10** Coldplates door Blockheating\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
coldplates	3 - 120 kW	PUE < 1,1**	uitstekend***	Geen	nauwelijks

\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

\*\* De PUE wordt berekend zonder de koude productie, deze komt namelijk “gratis” uit de retour van de warmte gebruiker.

\*\*\* Het concept van blockheating plaatst het systeem bij de warmte vraag, hergebruik is zo gegarandeerd..

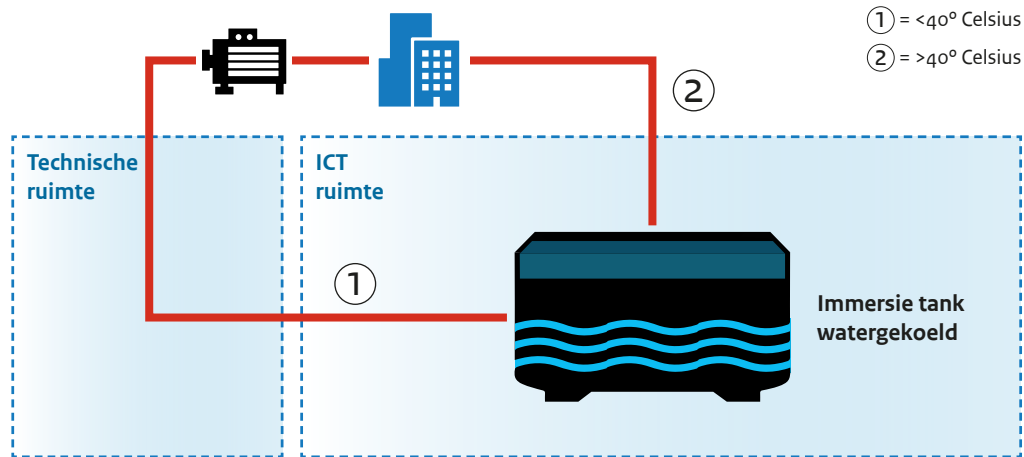
## 6.2 Immersie koeling

De ultieme vorm van vloeistofkoeling wordt gerealiseerd door apparatuur volledig in vloeistof onder te dompelen. Deze vorm van koeling vereist wel dat de vloeistof waarin ondergedompeld wordt niet elektrisch geleidend is maar de techniek maakt luchtkoeling overbodig. De noodzaak voor het aanpassen van de server aan deze vorm van koeling is nog groter dan in het geval van coldplates. De koeltorens moeten worden vervangen voor vloeistof geoptimaliseerde varianten en alle ventilatoren worden uit de server verwijderd. Voor optische (netwerk) connecties moeten speciale gesloten connectoren gebruikt worden zodanig dat de olie de werking van lenzen niet kan verstoren.

De resulterende voordelen zijn navenant.

- Direct 15% op het energieverbruik van de server
- Beperkte ventilatie op zaal niveau (comfort koeling)
- Geen noodzaak voor een chiller
- Vereenvoudigde vloeistof circuits
- Hoge restwarmte temperatuur.

**Figuur 18** Schema voor 100% immersie koeling met warmte hergebruik



Figuur 19 geeft schematisch weer hoe een installatie voor volledige immersie er uit kan zien. In deze vorm zijn grote baden met dielectrische koelvloeistof (olie) gevuld. Deze vloeistoffen zijn niet elektrisch geleidend maar nemen wel warmte op. De techniek wordt op basis van de gebruikte dielektrische vloeistof in 2 hoofdgroepen verdeeld;

- enkel fase immersie koeling, waarin de dielektrische vloeistof (olie) ver onder het kookpunt blijft en dus geen dampvorming plaatsvindt. De olie neemt warmte van de ICT-apparatuur op en wordt weer afgekoeld door een watergekoelde warmtewisselaar die in het systeem is opgenomen. Afhankelijk van leverancier wordt de koelvloeistof (olie) door de wisselaar gepompt of door natuurlijke convectie over de warmtewisselaar bewogen.
- twee fase immersie koeling, waarin de dielektrische vloeistof een kookpunt van rond de  $70^{\circ}\text{C}$  heeft. Door de warmte van de IT componenten kookt de vloeistof hetgeen een zeer effectieve manier van warmte overdracht is. De tank waar de server zich in bevindt is hermetisch gesloten en de damp wordt boven de tank gecondenseerd op een water gekoelde warmtewisselaar. Op deze wijze circuleert de dielektrische vloeistof en wordt warmte effectief afgevoerd.

In beide gevallen zijn de gebruikte vloeistoffen niet giftig, biologisch afbreekbaar en brandveilig.

In immersie koeling wordt alle warmte van de elektronica direct in vloeistof opgenomen. Het ontbreken van luchtkoeling betekent ook dat dergelijke servers geen ventilatoren nodig hebben hetgeen op zichzelf al een forse energie besparing oplevert. De temperatuur van het benodigde koelwater voor afvoer van de warmte is hoog, tot  $40^{\circ}\text{C}$  intrede en meer dan  $60^{\circ}\text{C}$  uittrede. Deze temperaturen nodigen uit tot warmte hergebruik zonder, of met beperkt, gebruik van warmtepompen. Indien er geen warmte hergebruikt kan worden is vrije koeling bij dergelijke watertemperaturen ook mogelijk gedurende de warmste zomermaanden in heel Europa en zeker in Nederland.

**Tabel 11** Volledige immersie koeling\*

Techniek	Koelcapaciteit	Energie efficiëntie	Mogelijk hergebruik warmte	Water gebruik	Milieubelastende materialen
Immersie	Tot 60kW / rack	PUE <math><1,1^{**}</math>	uitstekend	Geen	nauwelijks

\* De getoonde PUE en het watergebruik zijn afhankelijk van de bezettingsgraad van een datacenter en de lokale klimatologische condities en kunnen variëren.

\*\* De lage PUE komt bovenop de besparing die behaald wordt met de aanpassing van de servers. Door het verwijderen van alle ventilatoren wordt het totale energieverbruik, zelfs in moderne met EC ventilatoren uitgeruste servers met 15% verlaagd. Zelfs in vergelijking met de meest efficiënte vormen van luchtkoeling systemen levert immersie dus besparing.

**Tabel 12** Vergelijk immersie en luchtkoeling

Server type	vermogen server	vermogen koeling	Totaal
Luchtgekoeld	300 W	60 W (PUE 1,2)	360 Watt
immersie	255 W	25 W (PUE 1,1)	280 Watt

### 6.2.1 Casus; Immersie koeling met warmtenetkoppeling bij Bytesnet, Nederland.

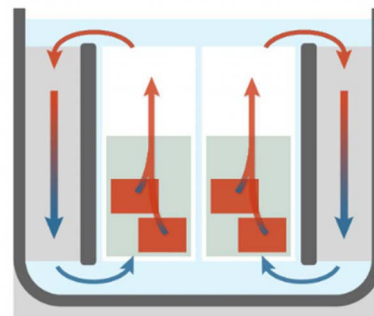
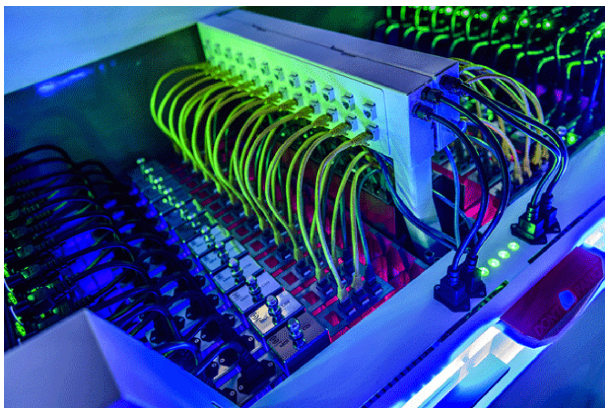
Bytesnet<sup>21</sup> is een middelgrote datacenter provider die Colocatie datacenters heeft in Rotterdam en Groningen. Bytesnet heeft een historie als innovatieve partij op het gebied van duurzame koeltechniek, in de eerste editie van deze brochure staat Bytesnet reeds genoemd met het nog altijd operationele “Kyoto” warmtewiel.

D’ROOT, de locatie in Groningen is een nieuwere locatie waarin de modernste technologieën op het gebied van duurzaamheid zijn toegepast. Binnen is ruimte voor standaard luchtgekoelde racks, die met zogenaamde “low speed ventilatie” worden gekoeld hetgeen resulteert in een uitstekende PUE. Daarnaast biedt de locatie ook ruimte voor immersie koeling middels de daar geplaatste AIC24 van Asperitas<sup>22</sup>.

Het Nederlandse bedrijf Asperitas is een pionier op het gebied van volledige, enkel fase, immersie koeling. De AIC24 is een watergekoelde tank, waarin servers volledig worden ondergedompeld. De “dompelvloeistof” in kwestie is een door Shell ontwikkelde, non toxisch, biologische afbreekbare synthetische olie, die ook door andere immersie koeling fabrikanten, zoals IXora wordt gebruikt.

Uniek aan de Asperitas oplossing is dat de olie door natuurlijke convectie over de watergekoelde warmte wisselaars beweegt. (figuur 19)

**Figuur 19** Foto en schema van de AIC24 van Asperitas



Door gebruik te maken van natuurlijke convectie zijn er binnen de tank geen bewegende onderdelen of pompen. De additionele energie behoefte voor koeling is minimaal en het benodigde onderhoud aan het systeem kan buiten het oliebad worden uitgevoerd.

De natuurlijke convectie is zeer effectief, de AIC24 biedt plaats aan 24 servers met een maximale totale warmte last van 60 kW. De servers worden geplaatst in een door Asperitas zelf ontwikkelde behuizing welke zowel 15 inch (standaard) als 21 inch brede servers kunnen huisvesten.

*De datacenters op de Zernike campus, waaronder Bytesnet, d’ROOT levert restwarmte aan de omgeving via WarmteStad Groningen<sup>23</sup>. Warmtestad neemt in 2022 hier een nieuwe warmte centrale in gebruik waarmee met name de hogere temperaturen die door de immersiekoeling worden gegenereerd beter kunnen worden gebruikt.*

*“De restwarmte van ons datacenter d’ROOT gebruikt WarmteStad Groningen om woningen te verwarmen.*

<sup>21</sup> <https://www.bytesnet.nl/>.

<sup>22</sup> <https://www.asperitas.com/>.

<sup>23</sup> <https://warmtestad.nl/veelgestelde-vragen/warmtecentrale-zernike/>.

Onze restwarmte is nog waardevoller door hogere temperaturen dankzij de koeling met olie. Dit levert het warmtenet een CO<sub>2</sub>-besparing op van minimaal 55% ten opzichte van de oorspronkelijke uitstoot” stelt Jan Joris van Dijk, CEO van Bytesnet.

### 6.2.2 Casus; chassis level Immersie koeling en restwarmte hergebruik bij Switch Datacenters, Nederland

Naast datacenters die als zelfstandige gebouw complexen worden gebouwd zijn er ook velen die de gebouwschil dan wel facilitaire voorzieningen delen met andere bedrijven. Bij Datacenteroperator Switch Datacenters<sup>24</sup> AMS2 in Woerden bestaat een dergelijke situatie. Het buurpand, ooit onderdeel van hetzelfde bedrijfscomplex en beiden eigendom van dezelfde vastgoedeigenaar, wordt verwarmd met de gas gestookte cv-installatie die in de kelders van het datacenter staan opgesteld. Switch wil, samen met de eigenaar van het buurpand overgaan op een duurzame vorm van verwarming door de gasverwarmingsinstallatie uit te zetten en over te schakelen op verwarming van het buurpand met restwarmte uit het datacenter.

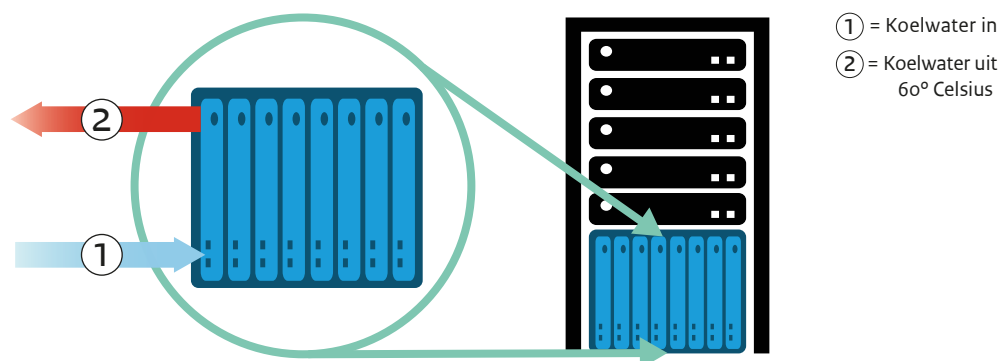
Deze omschakeling vergt een andere manier van denken. Traditioneel gezien biedt een colocation datacenter een geconditioneerde ruimte waar meerdere klanten ICT-apparatuur opstellen en laten werken. Conditionering betekent voor een datacenter voornamelijk koeling en warmte is hierbij een afvalproduct. Die denkwijze wordt bij Switch nu veranderd; feitelijk beschouwt Switch het datacenter nu ook als toekomstige warmleverancier, een grote elektrische kachel waarmee ze de nu nog gasgestookte verwarmingsketel die hen en hun buurpand verwarmt kunnen vervangen en daar nog aan kan verdienen op de koop toe!

#### Hoe gaat dat nu in praktijk?

Switch heeft ‘vloeistof koeling’ omarmd om deze transitie mogelijk te maken en is daartoe, naast andere aanbieders, een samenwerking met iXora aangegaan voor immersie koeling. De keuze voor iXora is mede gemaakt omdat hun product specifiek is gericht op klanten die graag de transitie van lucht- naar immersie koeling maken, maar zonder dat de hele datavloer aangepast hoeft te worden.

Immersie koeling voor ICT-apparatuur is al geruime tijd beschikbaar, ook voor commerciële toepassingen. De meest gebruikte vorm bestaat uit grote tanks waar de servers van boven af in een diëlektrische vloeistof gehangen worden. Overzichtelijk, maar Switch datacenters zocht een ander soort oplossing voor op de, door meerdere klanten, gedeelde datavloer. iXora levert gesloten cassettes gevuld met diëlektrische vloeistof waar de servers in gemonteerd kunnen worden. De gesloten cassettes kunnen geen vloeistof lekken en zijn zo licht dat deze gewoon door de gebruiker gedragen kan worden. De cassettes passen in een HRM module die weer in een gewoon 19” rack (de standaard kast voor ieder datacenter in de wereld) past. In de HRM module zijn koelwater distributie en warmtewisselaars verwerkt voor alle cassettes en de module zelf heeft voor koeling slechts twee water aansluitingen nodig, een aanvoer en afvoer van het koelwater. Door dit ontwerp kunnen de voor vloeistofkoeling noodzakelijke aanpassingen in het datacenter geminimaliseerd worden. Deze aanpak moet leiden tot een snellere acceptatie van zowel de eindgebruiker als het datacenter.

Figuur 20 Plaatsing iXora HRM-10X in ICT rack



<sup>24</sup> <https://switchdatacenters.com/> Switch datacenters is een grote aanbieder van datacenters. De locatie in Woerden is naast de normale operatie, een test locatie voor de nieuwste technologieën.

Het IXora ontwerp maakt dat de bestaande datacenters vrij eenvoudig de transitie van luchtgekoeld naar vloeistofgekoeld kunnen maken of nieuwe datacenters van meet af aan efficiënter met energie om kunnen gaan en dus meteen kunnen bijdragen aan een nog lagere CO<sub>2</sub> uitstoot.

De diëlektrische vloeistof in de IXora oplossing kan tot wel 70°C oplopen zonder dat de IT-apparatuur daaronder lijdt. Deze vloeistof wordt via een warmtewisselaar gekoeld om te zorgen dat de maximale temperatuur onder de 70°C blijft. De via de warmtewisselaar opgewarmde vloeistof kan op haar beurt dan weer dienen als aanvoer voor de verwarming van de burens.

Naast de hoge efficiëntie en de mogelijkheden tot hergebruik van de warmte, wordt nog meer energie bespaard met dit soort koeling. De apparatuur die wordt ondergedompeld in vloeistof heeft geen geforceerde luchtcooling meer en dus ook geen ventilatoren. Ventilatoren in een computer zijn al verantwoordelijk voor 10-20% van het stroomverbruik, maar als je daarbij nog de geforceerde luchtcooling van het datacenter zelf optelt zie je dat de luchtcooling tot wel 30% meer energie vereist dan immersie koeling. Switch zelf zal bij grootschalige implementatie, door het gebruik van deze nieuwe vorm van koeling een lagere PUE (Power Usage Effectiveness) kunnen bereiken dan reguliere datacenters.

Additionele voordelen zoals het feit dat immersie koeling absoluut stil is en op een kleiner oppervlak veel meer apparatuur kan koelen dan traditionele luchtcooling geeft wel aan dat Switch niet alleen inzet op deze techniek om extra inkomsten te genereren aan het verwarmen van het buurpand, maar dat ze hiermee als een van de eerste datacenters een negatieve Carbon Footprint zou kunnen realiseren.

## 7 Conclusies

De praktijkvoorbeelden uit deze brochure laten zien dat efficiënt koelen van datacenters heel goed mogelijk is in het Nederlandse klimaat.

De mogelijkheden voor vrije koeling zijn, gegeven ons klimaat, uitstekend, maar ook de kansen voor hergebruik van de warmte die door het datacentrum geproduceerd wordt zijn groot.

De koefficiëntie van de datacenters op zichzelf is niet genoeg voor het behalen van de duurzaamheidsdoelen van onze samenleving. Om de vraag naar fossiele brandstoffen in de Nederlandse samenleving te verlagen moeten datacenters niet alleen zelf het energieverbruik minimaliseren, maar ook een bijdrage leveren aan de energie vraag van de omgeving. De getoonde technieken kunnen hierin een rol spelen.

Voor bestaande datacenters is dit niet eenvoudig. Niet alle typen datacenters zijn geschikt voor het leveren van warmte.

Voor kleinere datacenters die geen directe aansluiting bij een warmtevraag hebben is warmtehergebruik economisch lastiger haalbaar.

Voor de grotere datacenters heeft de druk van de afgelopen jaren om efficiënt te werken als resultaat gehad dat Nederlandse datacenters efficiënt zijn, met name door de ruime inzet van vrije koeltechnieken met eventueel adiabatische ondersteuning. Omdat vrijekoeling wordt ingezet zodra de buitentemperatuur laag genoeg is en alleen nog op warme dagen mechanische koeling wordt gebruikt is het gevolg dat deze datacenters voornamelijk bruikbare warmte overhebben in de zomer.

Dit beeld wordt anders indien gewerkt zou gaan worden met directe vloeistofkoeling. Deze techniek levert het gehele jaar water met temperaturen in de buurt van 60°C. In de koele perioden kan dit water direct worden ingezet voor het verwarmen van gebouwen terwijl in de zomer deze warmte kan worden opgeslagen in WKO's, of nog steeds vrij kan worden gekoeld met droge koeltorens, dus zonder additioneel water verbruik.

De inzet van directe vloeistofkoeling is nu nog beperkt. ICT hardware leverancier hebben weliswaar modellen die vloeistof koeling geschikt zijn, maar standaard wordt nog altijd luchtgekoelde apparatuur aangeboden. Of deze situatie gehandhaafd blijft, valt te bezien. De continue vraag naar nog meer verwerkingskracht verhoogt de warmte productie van de CPU's tot het punt waarop luchtkoeling mogelijk geen optie meer is. Maar ook zonder deze ontwikkeling is door de opkomst van o.a. het Open Compute Project<sup>25</sup> (OCP) een steeds breder assortiment aan vloeistof gekoelde apparatuur beschikbaar. Als datacenter klanten om vloeistofkoeling gaan vragen kunnen en zullen datacenters snel op de vraag reageren.

---

<sup>25</sup> <https://www.opencompute.org/about>.

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag  
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag  
T +31 (0) 88 042 42 42  
F +31 (0) 88 602 90 23  
E klantcontact@rvo.nl  
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van  
Economische Zaken en Klimaat

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | oktober 2022

Publicatienummer: RVO-136-2022/BR-DUZA  
Auteur: Dr. D.H. Harryvan (Certios B.V.)

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) stimuleert duurzaam,  
agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het  
vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving.  
RVO werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.