

Transitie bij koelen

Tijdens de algemene TVVL-ledenvergadering op 1 april 2011 kwamen onderwerpen als transitie en een pleidooi voor het ontwerp van een minder complexe regeling aan de orde, dus de eenvoud van klimaatinstallaties. Worden installaties te complex? Dit vraagt om heroriëntatie en misschien wel een gedeeltelijke 'terug naar de basis' met vereenvoudigde installaties. Dit artikel gaat over verdampend water als bron om te koelen; dus zonder gebruik te maken van synthetische koudemiddelen (HFK's) en zonder een traditionele koelinstallatie voor de luchtbehandeling.

Ir. S. (Steven) Lobregt en ir. J.P. (Hans) van der Stoel, Sparkling Projects vof

Begin 2011 opende Audi dealer Autohaas te Apeldoorn haar nieuwbouw showroom, kantoor en werkplaats. De toegepaste klimaatregeling bestaat uit indirect werkende dauwpuntkoeling, een combinatie van verdringingsventilatie en balansventilatie, warmteterugwinning en vloerverwarming. Het betreft een duurzaam ontwerp, gebaseerd op eenvoud, zonder voorbij te gaan aan de wens van de gebruiker.

De gerealiseerde installatie is een sprekend voorbeeld van een transitie (geen chemische koudemiddelen, maar verdampend water) en een zo eenvoudig mogelijke regeling. Waarom werd gekozen voor deze vorm van klimatisering? Dit artikel gaat in op de argumenten, met als resultaat de combinatie van een soort selectieprogramma en programma van eisen. Aan het eind van het artikel staat de beschrijving van de gekozen koeling, zoals deze in het bestek is opgenomen.

AUTOHAAS

Een representatieve showroom vraagt om toegankelijkheid en een open structuur met veel glas. Deze uitgangspunten kunnen botsen met

die van duurzaamheid en een laag energiegebruik. Autohaas wilde juist met haar nieuwe showroom zowel duurzaamheid als technologie uitstralen, kenmerkend voor een merk als Audi. Hiermee gingen architect, adviseur en installateur aan het werk.

BASISPROGRAMMA VAN EISEN

Het programma van eisen werd gebaseerd op de wensen van de opdrachtgever. Dit resulteerde in de keuze van o.a. het soort koeling, de verwarming en ontwerpprogrammatuur. Op basis hiervan moest als eerste de technische

systeemkeuze worden vastgesteld.

Uitgangspunten voor de verder uitwerking waren:

1. keuze van de interne condities (zomer en winter);
2. keuze van de vorm van ventilatie;
3. keuze van het type koudemiddel.

Bij de keuze voor verdampingskoeling met water als koudemiddel zijn van belang het type koeling, de materiaalkeuze en de wijze van bevochtigen en overige aspecten zoals een Legionellaveilig ontwerp, onderhoud, en mogelijke subsidies.

DUURZAAM ALTERNATIEF

Het gebruik van airconditioning en daarmee het energiegebruik, neemt in Nederland hand over hand toe. Natuurlijke koudemiddelen zoals ammoniak, CO₂ en koolwaterstoffen (propaan/butaan mengsels), zijn een goed alternatief voor HFK's maar vragen extra kennis en kunde van de installateur. De moderne warmtepomp werkt overwegend met chemische koudemiddelen (HFK's). Met name VRF-systemen hebben een grote koudemiddelinhoud. De bijdrage van koudemiddellekkage aan de CO₂-footprint van de installatie kan oplopen tot tientallen procenten. In bijvoorbeeld de EPC wordt dit niet meegenomen. Een energiebesparend, eenvoudig en duurzaam alternatief is het gebruik van verdampingskoeling met water als verdampend 'koudemiddel'.

Selectieprogramma en programma van eisen voor Autohaas

Onderwerp <i>Voor motivatie zie de tekst van het artikel</i>	Ja	Neen	Eenheid gr.C%/kW
Soort bedrijf Rekening houden met	Showroom, kantoor en werkplaats garagebedrijf Uitlaatgassen		
Eerste stadium			
A + B <u>Uitgangspunten</u>			
Koeling			
A 1 Gebruik vrije koeling	ja		
A 2 Conventionele koeling		neen	
A 3 Warmtepomp		neen	
A 4 Gebruik bodem		neen	
A 5 Verdampingskoeling	ja		
A 6 Topkoeling	ja		
A 7 Aanvullende koeling		neen	
Verwarming			
A 8 WTW	ja		
A 9 Heater in LBK	Ja		
A 10 Directe luchtverwarming		neen	
A 11 CV met radiatoren		neen	
A 12 Vloerverwarming zelfregulerend	continue		
A 13 Warmtepomp		neen	
Conditie buitenlucht (bij 12 m/sec)			
B 1 Max omgevingstemperatuur			28 gr. C
B 2 Max absoluut vochtgehalte			13 gr./kg
B 3 Min. omgevingstemperatuur			-10 gr. C
Berekeningen			
B 4 Warmteverliesberekening	ISSO 51		
B 5 Leidingberekeningen	VABI		
B 6 Bestek-systematiek	STABU		
B 7 Gebruik simulatieprogramma	St.Cool	ja	
Tweede stadium			
C <u>Interne condities</u>			
Zomer			
C 2 Koeling op leefniveau	ja (2,5 m)		
C 3 Koeling gehele inhoud		neen	
C 4 Gewenste comforttemperatuur	Meelopend met buitentemp.		
C 5 Voelbare warmte			32,5 kW
C 6 Latente warmte			0 kW
C 7 Totale koelcapaciteit			32,5 kW
Winter			
C 9 Gewenste comforttemperatuur	Verkeers- / verblijfsr.	18 / 21	gr. C
C 10 Vloerverwarming vloertemperatuur		19 / 21	gr. C
	Regeling geen nachtverlaging	Vloer temp = ca. ruimte temp	
C 11 Water in		24 tot 28	gr.C
C 12 Luchtinblaas temperatuur		21	gr.C
Derde stadium			

-Figuur 1- Basisprogramma van eisen

■ **UITGANGSPUNTEN SYSTEEMKEUZE**

Koelen – of beter gezegd klimatiseren – wordt steeds belangrijker voor bedrijfsgebouwen. Om op verwarming te besparen wordt steeds beter geïsoleerd. Voor een goede werkomgeving (veel licht) willen we ook steeds meer ramen en dit geldt helemaal voor een showroom waar de mensen verleid moeten worden om naar binnen te stappen. In het gebouw zelf neemt de warmtebelasting toe door steeds meer verlichting en meer apparaten. Deze warmte kan er door de isolatie niet goed uit en vraagt om koeling. In het oude pand van Autohaas was koeling vooral een kwestie van deuren open zetten, het plaatsen van ventilatoren op bureaus en veel kleine wandairco's om kantoren te koelen. Een matig binnenklimaat

du, en een schril contrast met de hoogwaardige kwaliteit van airco's in luxe auto's die het bedrijf verkoopt.

Voor de nieuwbouw van Autohaas zijn er drie technieken besproken:

- airconditioning met VRF-systeem;
- warmtepomp met energieopslag in de bodem (WKO);
- luchtbehandelingskasten voorzien van dauwpuntkoeling met verdringingsventilatie.

Uitgangspunt van het ontwerp was topkoeling. Bij het stijgen van de buitentemperatuur wordt geaccepteerd dat er tijdelijk een wat hogere binnentemperatuur ontstaat. De binnentemperatuur moet 's zomers 5 tot 6 graden Celsius lager zijn dan de buitentemperatuur. Deze wijze van koelen wordt in het algemeen als

behaaglijk gezien.

Naast het energiegebruik is de traagheid van een systeem van groot belang. De stralingswarmte van de zon resulteert direct in een stijging van de binnentemperatuur. Het is van belang dat het koelsysteem hierop snel kan reageren.

Om onafhankelijk van merken de systemen te kunnen vergelijken is NEN 7120 gehanteerd. Voor de warmtepomp is uitgegaan van een COP van 4; voor WKO en verdampingskoeling van een COP van 11. Het is bekend dat de prestaties sterk afwijken. Zo moet als uitgangspunt volgens het Monitoringsprotocol Duurzame energie 2010 een performance voor de VRF van 2,5 tot 3 gehanteerd worden.

Verdampingskoeling vraagt theoretisch geen energie. Voelbare warmte (temperatuur) wordt omgezet in latente warmte (waterdamp). Dit gebeurt in een warmtewisselaar. Afhankelijk van het luchtdebiet en de weerstand ontstaat er wel een extra drukval die geleverd moet worden door de ventilatormotor. Als het extra vermogen van de ventilator wordt toegerekend aan de koeling, kan de COP oplopen naar waarden boven de 20.

Voor een onderling vergelijk is gerekend met, op basis van een technisch PvE bepaalde, 40 kW koeling x 1.400 uur = 56.000 kWh koude. De verdampingswarmte van water is 2.256 kJ/kg. Dit betekent dat met 93 m³ water de koeling volledig kan worden verzorgd. De kostprijs is ongeveer 185 euro per jaar. De onderhoudskosten zijn beperkt tot het aanspannen van de snaar van de ventilator, vervangen van filters en het reinigen van roosters.

Met een VRF-systeem en een COP van 4 is het energiegebruik 14.000 kWh ofwel ongeveer 1.900 euro per jaar. De onderhoudskosten zijn aanmerkelijk hoger. Deze eenvoudige basisberekening – conform NEN7120 – was voldoende om in de volgende fase verder te gaan met een toetsing of dauwpuntkoeling toegepast kon worden.

Samenvattend waren de volgende argumenten doorslaggevend om door te gaan met dauwpuntkoeling:

- snelle reactietijd;
- lage operationele kosten (energie, water en onderhoud);
- laag energiegebruik.

■ **KEUZE INTERNE CONDITIES Zomer (koeling)**

De keuze duurzaam betekent niet alleen het gebruik van natuurlijke koudemiddelen, maar vooral ook een zo laag mogelijk energiegebruik. Om dit te realiseren is in de showroom van Autohaas gekozen voor klimaatregeling tot op leefniveau. Hierbij kan in de hoge ruimte volstaan worden met een berekende koelcapa-

citeit tot op ongeveer 2,5 m hoogte. De indirecte verdampingskoeling voert uitsluitend de voelbare warmte af en geen latente warmte. Er condenseert dus geen vocht op het koeloppervlak, omdat de temperatuur zich altijd boven het dauwpunt van de aanwezige lucht bevindt. Het niet onttrekken van latente warmte is essentieel voor een zeer gunstig effect op het energiegebruik. Er wordt gebruik gemaakt van 100% buitenlucht. Klachten over te droge lucht komen hier niet voor, doordat het absolute vochtgehalte van de uitgaande gekoelde lucht gelijk blijft aan die van de aangezogen buitenlucht. Klachten over te vochtige lucht blijken in de praktijk ook niet voor te komen. Volgens één van de referenties (Sociale Werkplaats Midden Twente) is gebleken dat er met deze techniek sprake is van een hogere productiviteit en een lager ziekteverzuim. Autohaas heeft dit als positieve aanbeveling meegenomen voor het toepassen van deze technologie.

Winter (verwarming)

De wens was om vloerverwarming toe te passen met een vloertemperatuur van 22 tot 23 °C zonder nachtverlaging. Metingen hebben ondertussen uitgewezen dat kan worden volstaan met een vloertemperatuur van 19 tot 21 °C en een luchtinblaastemperatuur van 20 tot 21 °C. Het gebruik van een wtw gecombineerd met een verwarmingsbatterij zorgt daarbij voor de benodigde aanvullende verwarming. Op een zonnige winterdag is de zon al voldoende om het gebouw op temperatuur te houden. Verder speelt mee dat er in showrooms veel lampen zijn. Deze warmte zorgt voor een beperking van de warmtelast. Er is gekozen voor vloerverwarming aangesloten op hr-ketels.

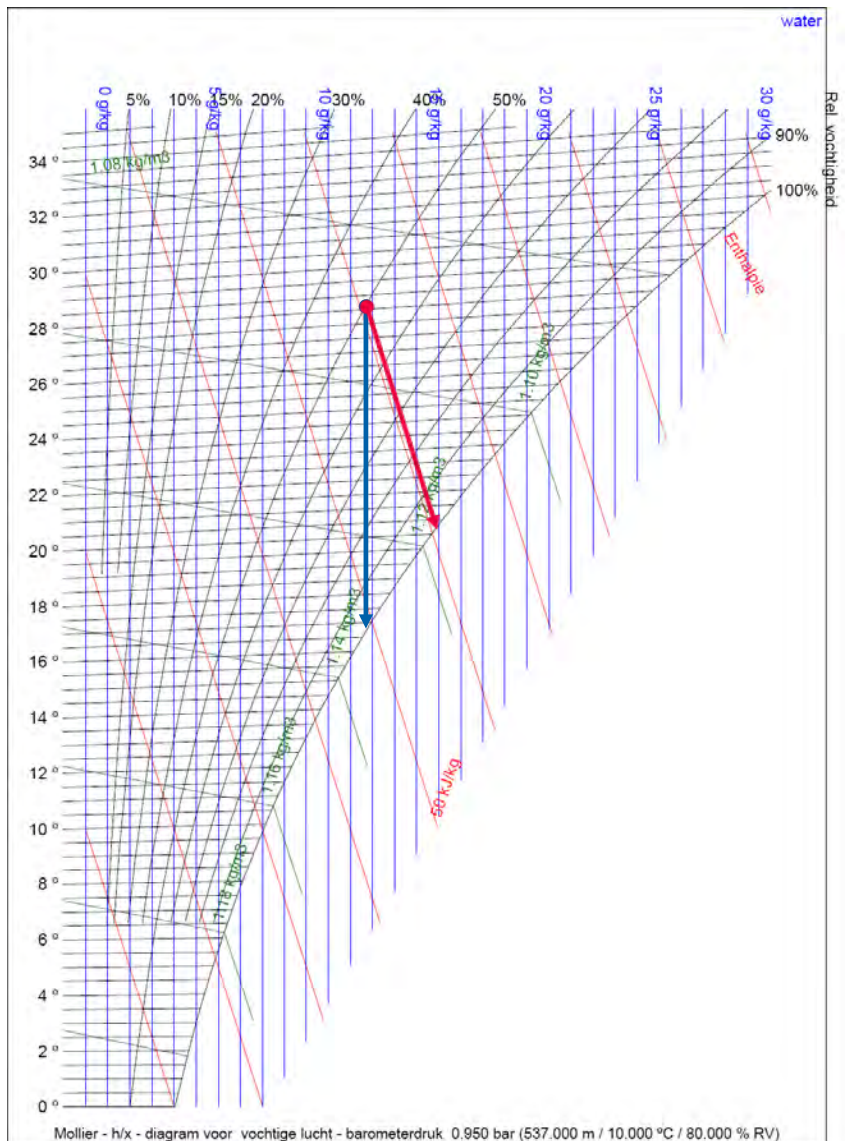
KEUZE TYPE VENTILATIE

Werkplaats

Voor de werkplaats is de ventilatie één maal per uur. Omdat de deuren veel open gaan, is er in de praktijk veel meer (natuurlijke) ventilatie. De geconditioneerde lucht wordt ingeblazen boven de werkbanken van de monteurs. Dit is onvoldoende om in volledige airconditioning te voorzien, maar vertraagt 's zomers de opwarming van de werkplaats. Bovendien zorgt het ervoor dat na sluitingstijd de warmte niet blijft hangen maar met de gekoelde ventilatielucht wordt afgevoerd. De lucht wordt afgezogen via een afzonderlijk filter en de wtw. Indien de overheaddeuren opengaan, zal daar de meeste lucht ontwijken, mede omdat het ventilatiesysteem zorgt voor lichte overdruk. Op warme dagen wordt geadviseerd de roldeuren open te houden. Dat heeft geen invloed op de werking van de dauwpuntkoeling en er gaat

STATIQCOOLING IN STABU

Stichting Stabu, waaraan de koepelorganisaties van de belangrijkste partijen in de bouw in Nederland deelnemen, beheert een bouw breed informatiesysteem dat is uitgegroeid tot de Nederlandse standaard voor de woning- en utiliteitsbouw. Met ingang van de uitgave 2011-1 is StatiqCooling opgenomen in de Stabu-systematiek met een tekst die het 'koelprincipe' aangeeft, namelijk: 'niet-bevochtigend waterverdamperelement'. Dit lijkt een tegenstelling: niet-bevochtigend en toch waterverdampend. Echter, de buitenlucht (of recirculatielucht) wordt gekoeld door het verdampen van water, waarbij deze lucht zelf niet wordt bevochtigd. Vervolgens wordt deze gekoelde lucht de ruimte in gebracht. De StatiqCooler is zo gezien een 'warmtewisselaar'. StatiqCooling is verwerkt in de diverse specificaties van Hoofdstuk 61 Ventilatie- en luchtbehandelingsinstallaties.



-Figuur 2- Mollierdiagram met dauwpunt (blauwe lijn) versus nattebol (rode lijn)

geen energie verloren.

Verblijfsruimten

Waar het bouwbesluit twee maal per uur ventileren voorschrijft is bij Autohaas vier maal per uur met 100% buitenlucht aangehouden. In de showroom wordt de lucht over de totale lengte op een hoogte van ongeveer 3 á 4 m schuin naar beneden ingeblazen en aan de raamzijde boven in de showroom weer afgezogen. Hierbij

wordt uitgegaan van een 2,5 meter hoge leefzone. De gekozen combinatie van verdringingsventilatie met balansventilatie zorgt ervoor dat de ingeblazen lucht de aanwezige warmere lucht voor zich uit naar buiten afvoert. De warmte-instraling door de ramen en het dak, de warmteontwikkeling van de opgestelde apparatuur en de verlichting, evenals de hier soms vrijkomende uitlaatgassen, worden dan direct mee naar buiten afgevoerd. In de kanto-

ren wordt er minder afgezogen dan ingeblazen. De overdruk die zo ontstaat, voorkomt dat eventuele emissies vanuit de werkplaats naar de kantoren getransporteerd worden. In de winter blijft de ventilatie gehandhaafd en zal de ingeblazen warme lucht (via wtw met aanvullende verwarming door een verwarmingsbatterij) sneller naar boven stijgen dan de gekoelde lucht in de zomer. Door de aanwezige vloerverwarming is dit effect echter niet of nauwelijks merkbaar en is ondertussen gebleken dat dit zelfs beter voldoet dan verwacht.

■ KEUZE KOUEMIDDEL

Directe of indirecte systemen

Bij de keuze: directe of indirect verdampingskoeling wordt vaak de gevoelstemperatuur over het hoofd gezien. Met andere woorden, de vraag wanneer de aanwezigen zich prettig voelen en wanneer niet? Daarbij speelt niet alleen de temperatuur een rol, maar ook de relatieve vochtigheid (RV). De in de betreffende ruimte werkende, recreërende of sportende personen regelen hun lichaamstemperatuur vooral door te transpireren. Het verdampen van het transpiratievocht is dus de menselijke koelmachine. Zo zal bij directe adiabatische verdampingskoeling, waarbij het tijdens het koelproces vrijkomende vocht in de te koelen ruimte wordt afgevoerd, de RV sterk oplopen. De aanwezigen kunnen hierdoor dan hun transpiratievocht minder goed verdampen. Bij een acceptabele ruimtetemperatuur stijgt de gevoelstemperatuur onder invloed van die hogere RV. Ondanks voldoende koeling is er dan dus toch sprake van een minder aangenaam en soms zelfs benauwd aandoend klimaat.

Directe systemen hebben bovendien een groter risico voor het bacteriologisch vervuilen van het koelerpakket. Wel zijn daarvoor verantwoorde oplossingen voorhanden, zoals het gebruik van een pomp die een grote overmaat van water recirculeert, een niveauschakelaar en het regelmatig spuien (bleeding). Ook vraagt dit om controle van de waterkwaliteit, reiniging en daarmee extra onderhoud. Conclusie: uitgezonderd voor industriële toepassingen, bij de aanwezigheid van personen, moet altijd worden gekozen voor indirect werkende verdampingskoeling.

Nattebolkoeling of dauwpuntkoeling?

De bestaande ontwerpen voor zowel nattebolkoeling als dauwpuntkoeling laten interessante verschillen zien:

- aan de hand van het Mollierdiagram blijkt dat bij dauwpuntkoeling afhankelijk van de condities, bij gelijkwaardige omstandigheden, een 3 tot 4 K lagere uitgaande lucht-

■ NATTEBOLKOELING VERSUS DAUWPUNKKOELING

Tijdens de aanbesteding is gebleken dat het verschil tussen nattebolkoeling of dauwpuntkoeling niet elke installateur wat zegt. Er worden zeer goedkope systemen aangeboden die weinig meer zijn dan bevochtigers van lucht. Daarmee wordt ten onrechte van het bestek afgeweken. De techniek van verdampen met water als koudemiddel is natuurkundig dan wel eenvoudig, maar als men het Mollierdiagram niet beheerst, worden er in de praktijk grote fouten gemaakt. Nattebolkoeling is een adiabatisch proces, waarbij de mate van koeling afhankelijk is van de natteboltemperatuur. Deze vorm van koeling is afhankelijk van de temperatuur en de relatieve vochtigheid (%RV) van de aangezogen lucht en wordt daarom nattebolkoeling genoemd. Dauwpuntkoeling is een diabatisch proces. De mate van koeling is afhankelijk van het dauwpunt en daarmee van het absolute vochtgehalte (gram/kg lucht) van de te koelen lucht. In de praktijk ligt bij gelijke omstandigheden (gelijke temperatuur en vochtigheid van de lucht) het dauwpunt en daarmee de uitgaande luchttemperatuur bij dauwpuntkoeling 3 tot 4 K lager dan bij nattebolkoeling.

■ VOORBEELD

Berekening invloed wanddikte bij gebruik 0,3 mm kunststof

Wanddikte totaal 0,0003 m

$\alpha_1 = 44 \text{ W/m}^2 \text{ primair}$

$\alpha_2 = 40 \text{ W/m}^2 \text{ proces.}$

$\Delta P_p = 0,18 \text{ W/m/K}$

$\Delta A_{Lu} = 300,00 \text{ W/m/K}$

$Pp.:1/k = 1/44 + 0,0003/0,18 + 1/40 = 0,0494 \quad K = 20,24$

$Al:1/k = 1/44 + 0,0003/300,00 + 1/40 = 0,0477 \quad K = 20,96$

Verskil : $(20,96 - 20,24)/20,24 = 0,72/20,24 \times 100\% = 3,5\%$ bij een wanddikte van 0,3 mm

- temperaturen kan worden bereikt dan bij nattebolkoeling. Bij een zelfde luchtdebiet betekent dit een grotere koelcapaciteit;
- gebaseerd op 'terug naar de basis' wordt bij indirect werkende dauwpuntkoeling vergaand gebruik gemaakt van algemeen aanvaarde natuurkundige begrippen, zoals de grote verdampingswaarde van water, de hygroscopische werking, adhesie, zwaartekracht, middelpuntvliedende kracht en het principe van de vallende film. De absorptiesnelheid en de waterafgiftesnelheid worden daarbij beïnvloed door het gekozen hygroscopische materiaal;
 - het bij dauwpuntkoeling fabrikantafhankelijk benutten van de externe drukval (in luchtkanalen en inblaasroosters na de koeler), maakt een aparte procesventilator overbodig;
 - kenmerkend voor dauwpuntkoeling is dat bij een gelijkblijvend absoluut vochtgehalte en een oplopende buitentemperatuur, de koelcapaciteit stijgt bij een gelijkblijvend energiegebruik. Dit terwijl bij een conventionele luchtgekoelde installatie het energiegebruik toeneemt en de koelcapaciteit juist sterk daalt.

■ MATERIAALKEUZE

De gekozen materialen mogen bij het gebruik van een bevochtigingpakket en/of een hygroscopische laag in een vochtig milieu niet als voedingsbodemp kunnen functioneren voor levende organismen. Dit houdt in dat bij voor-

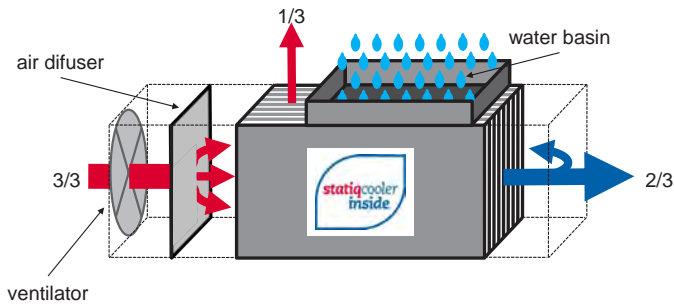
keur geen natuurlijke materialen zoals katoen, wol, cellulose en viscose mogen worden toegepast. Het gebruik van het kunststofproduct bij Autohaas sluit de kans op corrosie uit. Bovendien is kunststof voor veel bacteriën een slechte voedingsbodemp. Door een zeer dunwandig materiaal te kiezen, wordt het bezwaar van een slechte warmteoverdracht nagenoeg gecompenseerd. De koelers zijn opgebouwd uit dunwandige polypropylene platen (<0,2 mm) met daarop een ook volledig uit kunststof bestaande hygroscopische laag (<0,1 mm). Uit het voorbeeld in het kader blijkt dat zodra een dunne wand wordt gebruikt het verschil ten opzichte van bijvoorbeeld aluminium niet groter is dan ongeveer 3,5%.

Bevochtiging koelerblok

Het koelsysteem kent een eenvoudige en robuuste manier van bevochtigen. Het water wordt eenmalig gebruikt. Dat wil zeggen, systemen zonder recirculerend water, zonder watervoorraad, zonder pomp, vlotter en spuiinrichting. Er is geen noodzaak voor het gebruik van waterbehandeling met chemicaliën en/of een uv-lamp. Bij hard water moet er wel worden onthard.

Legionella, bacteriën en onderhoud

Boven elke discussie verheven is dat het systeem Legionellaveilig moet zijn. Hiervoor is gevraagd naar een risicoanalyse van TNO, of een conformiteitsverklaring betreffende het



-Figuur 3- Statische dauwpuntkoeling voorzien van één ventilator en het benutten van de middelpuntvliedende kracht, door 180 graden draaien van de proceslucht

DAUWPUNKKOELING MET CONVENTIONELE KOELING

Binnen het Agentschap NL-programma 'Reductie Overige Broeikasgassen' heeft een bedrijf in Schiedam dauwpuntkoeling in combinatie met een fancoilstelsysteem aangeschaft. Het bedrijf wenste bepaalde ruimten op 18 tot 20 °C te houden. Deze temperatuur kan niet gegarandeerd worden met dauwpuntkoeling. Alle ventilatielucht gaat bij het bedrijf via de luchtbehandelingkast met dauwpuntkoeling. Als de koeling van deze kast onvoldoende is, wordt in de ruimte de fancoilunit bijgeschakeld. Dauwpuntkoeling is hier alleen een investering in extra energiebesparing. Er wordt geen HFK-koudemiddel uitgefaseerd. Deze gekozen combinatie voldoet bij deze de klant

voldoen aan VDI-Richtlijn 6022, VDI 3803 en DIN EN 13779. Statische dauwpuntkoelsystemen, voorzien van een kunststof warmtewisselaar en zonder watervoorraad, voldoen aan de hygiëne-eisen van VDI.

Het 180 graden omkeren van de stroom proceslucht leidt er bovendien toe dat kleine deeltjes (vuil) die zich in de lucht bevinden niet in de processtroom terechtkomen en zodoende ook niet in het bevochtigde deel van de warmtewisselaar. De ervaring leert dat het oppervlak aan de proceskant daardoor niet vervuult, hetgeen resulteert in lagere onderhoudskosten.

Voedingskabel

Door het ontbreken van een conventionele koelinstallatie en de toepassing van verdampingskoeling is het meestal niet nodig om de voeding te verzwaren. Dit geeft ten opzichte van het gebruik van traditionele koeling een aanzienlijk financieel voordeel.

OPDRACHT & SUBSIDIE

De installatie voor de nieuwbouw van Autohaas is geleverd door Burgers Ergon. De luchtbehandelingkast is gebouwd door Thermo Air. De dauwpuntkoeling is van StatiqCooling. Vanuit het Agentschap NL programma Reductie Overige Broeikasgassen is subsidie verleend op het project. Tevens komt het pand in aanmerking voor de MIA-regeling 'Zeer duurzaam utiliteitsgebouw'.

ERVARINGEN IN DE GEBRUIKSFASE

De showroom werd door zijn hoogte als laagste ruimte beschouwd. Er is geïnvesteerd in verdringsventilatie. Dit concept werkt naar

behoren. Bij de opening waren er in de showroom enkele honderden gasten en was er een 'catwalk' van bijzondere Audi's. De rookgassen werden snel afgevoerd en daarmee bleef het binnenklimaat goed.

Het afgelopen jaar zijn de prestaties gemonitord via het besturingssysteem van Schneider Electric. Op de verandering van de binnen- en buitentemperatuur wordt direct geregeld. Op een koude zonnige voorjaarsochtend is eerst de wtw nog in bedrijf waarna deze vloeiend overgaat in de koelmodus.

Het eerste leerpunt was de plaats van de temperatuuropmeter van de buitenlucht. Deze was zodanig geplaatst dat door invloed van de zon de temperatuur 5 tot 10 te hoog was. Hierdoor ontstond een verkeerd beeld van de prestaties van het systeem.

Een tweede leerpunt was de plaats van de temperatuuropmeter van de retourlucht. Op de luchtbehandelingkast zijn drie hoofdgebruikers aangesloten: showroom, werkplaats en kantoor. De showroom heeft ongeveer twee derde van het luchtvolume, het kantoor een kwart en de rest is voor de werkplaats. De inblaasttemperatuur wordt geregeld op basis van de retourtemperatuur. In eerste instantie stond de temperatuuropmeter van de retourlucht in het centrale retourkanaal. Omdat de warmtelast op het kantoor veel sneller fluctueert dan die van showroom, liep de temperatuur in het kantoor te hoog op. De kast 'dacht' op basis van de retourlucht dat de temperatuur 22 °C was, maar dit bleek 24 °C te zijn. De 24 °C werd gemengd met de 21 °C uit de showroom en dat resulteerde in 22 °C.

Nadat de voeler verplaatst is naar de snelste regelkringloop, het kantoor, is dit probleem verholpen.

Elke ruimte is voorzien van een ruimtethermostaat. Deze stuurt alleen de vloerverwarming aan, die qua regeling losstaat van de luchtbehandeling. Kantoorpersoneel denkt terecht dat draaien aan een knop direct resulteert in een andere inblaasttemperatuur van de lucht. De eenvoud in de regeling geeft hier misverstanden.

In het kantoor is gekozen voor plafondunits. Deze hebben als nadeel dat een deel van de ingeblazen nuttige koude reeds is opgewarmd voordat de lucht de gebruiker bereikt. Tevens blijkt dit concept redelijk gevoelig te zijn voor tochtklachten. Bij 6 à 7 K kouder dan de binnentemperatuur ontstaan er al tochtklachten. Hierdoor kan netto minder nuttige koude in het kantoor gebruikt worden dan in de showroom. Een ander minpunt is dat er een beperkte kortsluitstroom is tussen de ingeblazen en afgezogen lucht. Ook dit snoept een stuk koelcapaciteit weg.

TOT SLOT

Met dit alles is de recent opgeleverde nieuwbouw van Autohaas een energiezuinig utiliteitsgebouw geworden en één van de eerste duurzame autoshowrooms van Nederland. Het concept voldoet volledig aan het vergunningenbeleid, dat is gericht op de verplichting om energiebesparende maatregelen te nemen. Het begrip duurzaam en topkoeling wekt hoge verwachtingen bij mensen die in het pand werken. Ook is er onvoldoende aandacht besteed aan de uitleg van het systeem. Dit alles heeft geleid tot een kritische klant. Door twee keer per dag de receptie de kwaliteit van het binnencomfort te laten mailen naar de adviseur en de installateur zijn minpunten in het ontwerp ontdekt en verbeteringen doorgevoerd.

REFERENTIES

1. Energetisch verantwoorde koeling van industriële en grote gebouwen. ISSO ThemaTech nr. 17, september 2009.
2. Technical Workshop: A closer look at evaporative Adiabatic Wet Bulb Cooling and Diabatic Dew-point Cooling, using water (R718) as refrigerant. 9th Gustav Lorentzen conference on Natural Working Fluids, Sydney Australia April 12-14 -2010
3. Parameters affecting the performance of a dewpoint cooler consisting of a counter flow heat exchanger using water as refrigerant. 9th Gustav Lorentzen conference on Natural Working Fluids, Sydney Australia April 12-14 -2010

Met dank aan Peter Uges voor het opgeven van de technische details van de gebruikte techniek van StatiqCooling