

## Dauwpuntkoeling voor gymzaal “De Vijfhoek” Deventer



SenterNovem programma Reductie Overige Broeikasgassen  
Projectnummer ROBS08004

Subsidie aanvrager: Gemeente Deventer

Rapportage: ir. S. Lobregt, Sparkling Projects vof

"Aan dit project is in het kader van het Besluit milieusubsidies, Subsidieregeling milieugerichte technologie een subsidie verleend uit het programma Reductie Overige Broeikasgassen dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. SenterNovem beheert deze regeling"

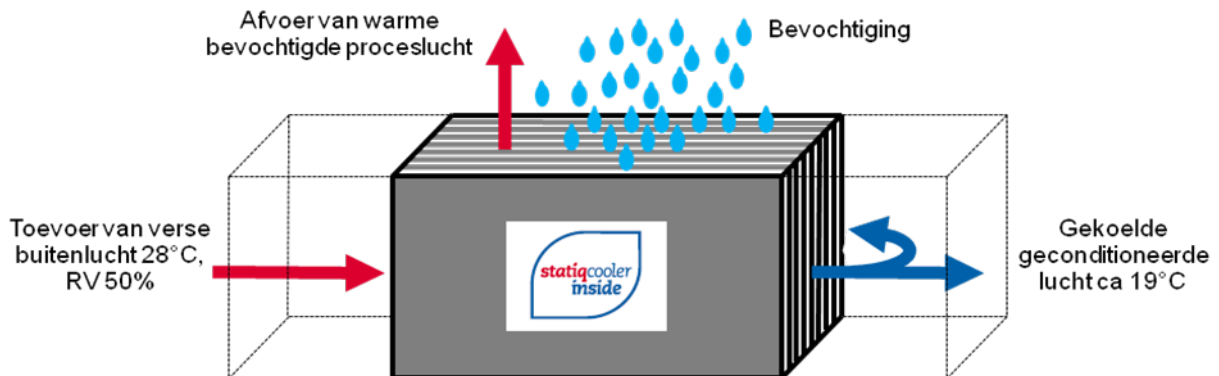
## Inhoudsopgave

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Inleiding                                       | 5  |
| 1.1 | Aanleiding en probleemstelling van het project; | 5  |
| 1.2 | Doelstelling van het project                    | 6  |
| 1.3 | Samenwerking met partners en derden             | 6  |
| 2   | Beschrijving technologie                        | 7  |
| 2.1 | Referentie                                      | 7  |
| 2.2 | Dauwpuntkoeling met verdringingsventilatie      | 7  |
| 3   | Opzet van het project                           | 10 |
| 4   | Beschrijving van de resultaten van het project  | 11 |
| 4.1 | Realisatie                                      | 11 |
| 4.2 | Monitoring                                      | 11 |
| 4.3 | Milieuprestaties                                | 13 |
| 4.4 | Economische analyse                             | 14 |
| 4.5 | Opvolging                                       | 15 |
| 4.6 | Niet technische aspecten                        | 15 |

## Samenvatting

Gymzaal "De Vijfhoek" in Deventer is in 2008 voorzien van de energiezuinige en milieuvriendelijke dauwpuntkoeling. Het binnenklimaat is aanmerkelijk verbeterd en er is een CO<sub>2</sub> reductie van bijna 60% gerealiseerd.

Het principe is hier schematisch weergegeven.



De Vijfhoek is een gebouw met 2 gymzalen met zeer veel glas. Buitenlucht wordt door de luchtbehandeling van Thermo Air aangezogen, met dauwpuntkoeling ongeveer 6K gekoeld en via luchtslangen met nozzles naar beneden geblazen. De koude lucht dringt vanaf de grond de warmte naar buiten. Zo kan met relatief weinig koude en ventilatie op de vloer toch een goed binnenklimaat gecreëerd worden.

Voor het opwekken van koude is 10.000 kWh elektra nodig. Hiermee wordt  $2 \times 20 \times 3.000 = 120.000$  kWh koude gemaakt. Dit geeft een c.o.p. van 12. Dit is een verbetering van een factor 4 ten opzichte van de aanwezige airconditioning. Het waterverbruik komt bij ontwerpcondities uit op 35 kg/h per kast. Dit is voor 3.000 uur per jaar en 2 kasten een totaal van 210 m<sup>3</sup> water jaar. De kosten voor waterverbruik zijn 3% van de energiebesparing. Met het project wordt een emissiereductie gerealiseerd van 33 ton CO<sub>2</sub> eq. per jaar. Dit is gelijk aan 58% van de emissies.

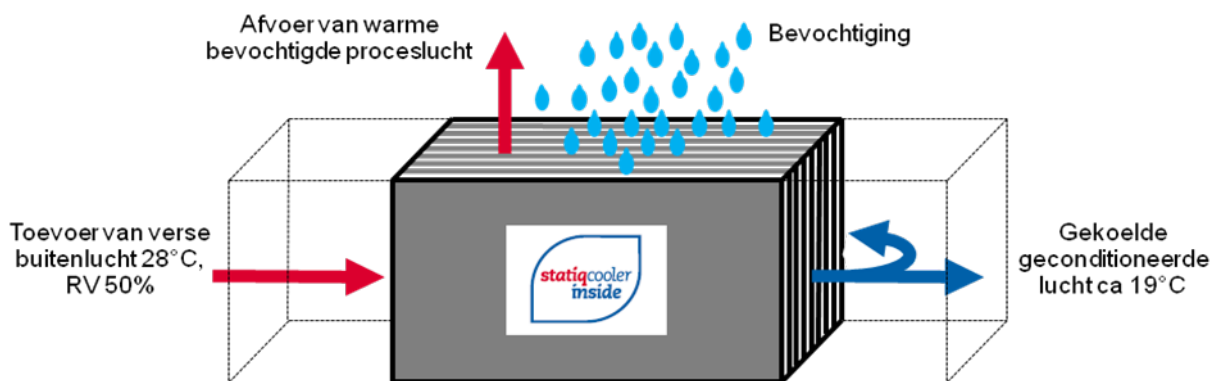
De projectkosten bedragen 146.743 euro inclusief BTW. Dit is in overeenstemming met de projectbegroting. De terugverdientijd is in de huidige situatie ongeveer 10 jaar. Zonder specifieke advieskosten wordt dit 8 jaar. Bij directe integratie bij nieuwbouwprojecten daalt de terugverdientijd naar ca 5 jaar.

Dauwpuntkoeling en verdringingsventilatie is breed toepasbaar voor sportaccommodaties, maar ook voor kantoren en werkruimten.

## Summary

In 2008 Gymnasium "De Vijfhoek" at Deventer has been provided with the energy efficient and environmentally friendly static dew point cooling. The inner climate has improved considerably and has led to a CO<sub>2</sub> emission reduction of almost 60%.

The principle is demonstrated in the drawing below



A lot of glass was used, when building "De Vijfhoek". The new dew point cooling, cools down the ambient air with about 6 degrees. The cooled air is injected into the building via air socks that are provided with nozzles that are directed downwards. The cold air comes down and supersedes the warm air inside the building. In this way, with relatively little cooling and ventilation, a comfortable indoor climate is created.

The fan in the Thermo Air unit results in an energy consumption of 10.000 kWh. The coefficient of performance for producing 120.000kWh cold is 12. A factor 4 increase in performance. The water consumption is 35 kg/h per system. For 3.000 running hours the consumption is 210 m<sup>3</sup> water per year, equal to 3% of the energy saving. The project results in an emission reduction of 33 tonnes CO<sub>2</sub> equivalent per year or 58% of the total emissions.

The project costs amount 146.743 euro, VAT included. This is in accordance with the project budget. Pay back time is about ten years. Without consultancy costs, the pay back time is reduced to 8 years. Direct integration of dew point cooling during the erection of new buildings will further reduce the pay back time towards 5 years.

Static dew point cooling and displacement ventilation can be applied in many kinds of sports accommodations, offices and workrooms.

## Trefwoorden

Dauwpuntkoeling, klimatisering, sporthal, natuurlijke koudemiddelen, energiebesparing

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en probleemstelling van het project;

Gymzaal De Vijfhoek in Deventer is gebouwd in 2001 en een vooral uit glas opgetrokken gebouw. In het gebouw zitten op de bovenste verdieping twee gymzalen. De gymzalen worden gekoeld door een conventioneel airconditioningsysteem: 29 kW per gymzaal en mechanische ventilatie van 2,4 keer per uur. Beide systemen samen kunnen de warmte onvoldoende afvoeren waardoor de temperatuur op zonnige dagen oploopt tot 45°C.

De gemeente Deventer is eigenaar van De Vijfhoek en heeft ingenieursbureau Alcedo opdracht gegeven om aan te geven op welke manieren het binnenklimaat is te verbeteren. Alcedo heeft met VABI een gebouwsimulatie gemaakt en 6 maatregelen uitgewerkt om het klimatiseringsprobleem op te lossen. Hierbij is er een criterium gesteld van een toelaatbare binnentemperatuur van 25°C, met een toegestane overschrijding van 10% van de tijd. Dit komt neer op maximaal 511 overschrijdingsuren per jaar bij een gebruikstijd van 14 uur per dag. Met VABI werd voor de bestaande situatie een overschrijding berekend van 25°C met 1358 uur per jaar.

In eerste instantie zijn de volgende maatregelen onderzocht: jaloezieën, sandwichpanelen, zeer grote ventilatie, klimaatramen, zwaardere koeling met grotere ventilatie en vaste lamellen. Op een gegeven moment bleek dat vanuit architectonisch oogpunt geen aanpassingen gedaan mochten worden aan de glazen wanden. Hierdoor was er als enige alternatief het sterk verzwaren van de koeling.

De afgelopen jaren heeft Statiq Cooling de techniek van statische dauwpuntkoeling doorontwikkeld. Dit onderzoek is gesteund vanuit het programma ROB. Bij SWB Midden Twente werd een demonstratie-installatie gerealiseerd. De aandacht die hierover ontstond resulteerde dat Alcedo deze techniek oppikte en voor "De Vijfhoek" heeft beoordeeld. De conclusies waren dat statische dauwpuntkoeling:

- geen afbreuk doet aan de architectuur van het gebouw;
- energiezuiniger is;
- duurzamer is;
- mogelijk in aanmerking zou komen voor subsidie;
- op warme vochtige dagen een knelpunt kan geven voor het binnenklimaat.

Bijkomend voordeel van een luchtbehandelingkast met dauwpuntkoeling boven de bestaande airconditioning is dat de ventilatoren buiten de ruimte geplaatst zijn, waardoor de geluiddruk in de ruimte aanmerkelijk afneemt.

## 1.2 Doelstelling van het project

Doelstelling van het project is aantonen dat met dauwpuntkoeling en verdringingsventilatie zonder mechanische koelinstallatie de gymzaal gekoeld en geventileerd kan worden binnen de gestelde klimaateisen.

Het uitsparen van mechanische koeling bespaart energie en voorkomt de emissie van synthetische koudemiddelen (HFK's) welke sterke broeikasgassen zijn.

## 1.3 Samenwerking met partners en derden

De gymzaal is eigendom van de gemeente Deventer. De gemeente ontvangt klachten van gebruikers van de zaal (scholen en verenigingen) en wil investeren in het verbeteren van het binnenklimaat.

De gemeente Deventer heeft geen specifieke kennis van het conditioneren van gymzalen. Deze kennis brengen de overige partijen in.

Alcedo heeft het haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd, de installatie aanbesteed en de gemeente begeleid gedurende de realisatie. Dit aanbesteden zorgt al voor een eerste kennisoverdracht onder lokale installatiebedrijven. Men wordt door het bestek gedwongen zich in een nieuwe techniek te verdiepen.

Disselhorst Installatietechniek uit Raalte heeft de opdracht ontvangen voor realisatie van het project.

Bouwbedrijf Van Wijnen uit Deventer heeft een constructieframe gebouwd en geïnstalleerd waarop de luchtbehandelingkast geplaatst is.

Bouwtechnisch adviesbureau Alferink-Van Schieveen heeft constructieberekeningen gemaakt.

Sparkling Projects heeft de projectadministratie en eindrapportage verzorgd.

Thermo Air en Statiq Cooling hebben op eigen kosten de installatie ingeregeld en zijn bij de monitoring en de optimalisatie van de installatie betrokken geweest.

## 2 Beschrijving technologie

### 2.1 Referentie

De gymzaal heeft door de grote hoeveelheid glas en de lichte constructie weinig thermische massa. De stralingsenergie loopt op een zonnige dag op tot  $1.000 \text{ W/m}^2$  voor een horizontaal vlak. De absorptie van warmte door het platte dak is hoog en door de ramen komt veel stralingswarmte naar binnen. Gecorrigeerd voor enige reflectie is de stralingswarmte op het dak van  $260 \text{ m}^2$  al ruim boven de  $200 \text{ kW}$ . Volgens een analyse met Vabi en het standaardreferentiejaar wordt de koellast  $55 \text{ kW}$  per gymzaal.

De beide gymzalen zijn uitgevoerd met 2 airconditioningunits. De units hebben een koelvermogen van  $15 \text{ kW}$  per stuk en gebruiken  $5 \text{ kW}$  elektra. De luchtcirculatie is  $5.700 \text{ m}^3/\text{h}$  per unit en de koudemiddelinhoud  $5,5 \text{ kg R22}$ . Aan verse lucht wordt nog  $4.000 \text{ m}^3/\text{h}$  per gymzaal ingebracht. De verversing is ongeveer  $2,4 \text{ x}$  per uur. De zeer lage capaciteit heeft tot gevolg dat de temperatuur in de gymzaal stijgt totdat er een natuurlijk evenwicht ontstaat door warmtetransmissie door de wanden en het dak. De ervaring van gebruikers van de sporthal is, dat bij zonnig weer de invloed van de airconditioning niet merkbaar is. Daarnaast is het geluidniveau van de airco's als onplezierig ervaren.

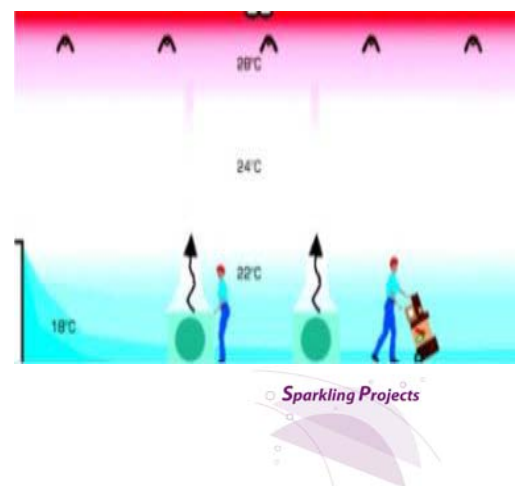
Er is vanuit gegaan dat de units ca.  $3.000$  uur per jaar op vollast draaien. Dit maakt het energiegebruik  $4 \times 5 \times 3.000 = 60.000 \text{ kWh}_e$ . De inblaas en afzuigventilatoren voor de luchtverversing nemen per gymzaal  $5 \text{ kW}$  op. Dit is bij  $3.000$  draaiuren  $30.000 \text{ kWh}$  in totaal. Hiermee is het gebruik voor de referentie  $90.000 \text{ kWh}_e$  per jaar. Dit is gelijk aan  $55 \text{ ton CO}_2$ .

De koudemiddellekkage wordt gesteld op het breed geaccepteerde kental van  $5\%$  per jaar. De Global Warming Potential van R22 bedraagt  $1.700$ . Eén kilo R22 heeft eenzelfde bijdrage aan het broeikaseffect als  $1.700$  kilogram  $\text{CO}_2$ . Dit geeft een emissie van  $5\% \times 4 \times 5,5 \text{ kg} \times 1.700 \text{ kg/kg} = 2 \text{ ton CO}_2$  equivalent per jaar.

Om de gewenste binnentemperatuur te realiseren, zal de koeling aanmerkelijk verzaamd moeten worden. Dit geeft een verhoging van de koudemiddellekkage en een forse toename van het energiegebruik.

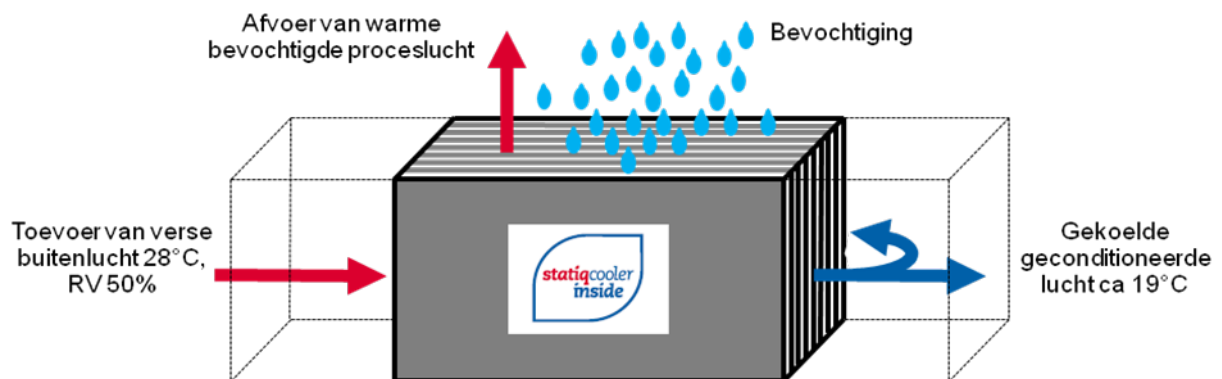
### 2.2 Dauwpuntkoeling met verdringingsventilatie

De oplossing is gevonden in dauwpuntkoeling gecombineerd met verdringingsventilatie. Het gaat erom dat de onderste  $1$  meter  $80$  van de gymzaal een aangenaam comfort heeft. Tussen de  $1,80$  en de  $6$  meter is de temperatuur niet relevant voor de sporters. Hiernaast staat een principe plaatje.



Op het dak is voor de beide gymzalen een aparte dauwpuntkoelinstallatie geïnstalleerd. De Thermo Air HR-3 unit levert netto 8.310 m<sup>3</sup>/h aan geconditioneerde lucht. Deze lucht wordt met behulp van twee airsocks (2 x 4.158 m<sup>3</sup>/h) de ruimte ingebracht zodat op een stille en gelijkmatige manier de koude over de ruimte wordt verdeeld. De koude lucht wordt via nozzles hard naar beneden geblazen en de warme lucht wordt door een eenvoudige afzuigventilator afgezogen. De verversing is daarmee met 270% toegenomen, terwijl de interne luchtcirculatie met 40% is afgenomen. Dit klinkt vreemd, maar het rondpompen van lucht door de conventionele airconditioning zorgt er alleen maar voor dat de warmte aan de wanden en langs het dak optimaal gemengd wordt in de gymzaal. Juist hierdoor ontstaat de uniforme hoge binnentemperatuur.

Dauwpuntkoeling bestaat uit een met platen opgebouwde warmtewisselaar. Per plaat is een doorlaat waartussen te koelen lucht kan worden getransporteerd. Buitenlucht wordt aangezogen en als primaire lucht afgekoeld in de warmtewisselaar. Gebruik makend van de luchtweerstand van het luchtkanaal en de inblaasroosters, wordt aan het einde van de warmtewisselaar ca. 1/3 van deze gekoelde lucht 180° omgedraaid. Deze gedraaide lucht wordt als proceslucht in tegenstroom langs de buitenkant van de platen teruggevoerd. De buitenkant van de platen is voorzien van een hygroscopische, vocht absorberende en afgeevende laag. Doordat de verdamping plaatsvindt vanuit de absorberende laag aan de buitenzijde van de platen, wordt de verdampingswarmte onttrokken aan de door de platen stromende (primaire) buitenlucht en indirect gekoeld. De proceslucht neemt het uit de hygroscopische laag verdampte vocht mee. Deze vochtige lucht wordt op haar beurt naar buiten afgevoerd en komt niet terecht in de te conditioneren ruimte. De toegevoerde energie door de ventilator wordt direct bij het binnentreden van de warmtewisselaar afgevoerd.



De prestaties van de dauwpuntkoeling zijn afhankelijk van de luchtcondities van de buitenlucht. Voor dit project is opgegeven 28°C en 14 gr vocht/kg lucht (60%r.v.). Bij deze condities kan ca. 20 kW koude geleverd worden en wordt ongeveer 6K onder de aangezogen buitentemperatuur ingeblazen. Door de combinatie met verdringingsventilatie kan met deze 20 kW een aangename binnentemperatuur gecreëerd worden.



Het energiegebruik voor de nieuwe situatie wordt:

4 kW ventilatorvermogen x 2 hallen x 3.000 uur = 24.000 kWh.

2,7 kW afzuigventilator x 2 hallen x 3.000 uur = 16.000 kWh

Totaal = 40.000 kWh.

Dauwpuntkoeling werkt met water als verdampend "koudemiddel." Dit is 100% natuurlijk en heeft geen bijdrage aan het broeikas effect.

### 3 Opzet van het project

Het project is begonnen met de detaillering van de haalbaarheidsstudie van Alcedo. De installatie is bij meerdere partijen aanbesteed. Na de aanbesteding heeft de realisatie plaatsgevonden. Disselhorst Installatietechniek uit Raalte heeft de installatie geleverd en geplaatst. Er zijn berekeningen gemaakt van de dakconstructie waarna Bouwbedrijf Van Wijnen het constructieframe heeft geplaatst.

In de monitoringfase heeft Thermo-Air de installatie verder ingeregeld. Alcedo, Disselhorst, Thermo Air, Statiq Cooling en de gemeente Deventer hebben de prestaties geëvalueerd en beoordeeld. Sparkling Projects heeft met de verkregen gegevens het eindrapport geschreven.

## 4 Beschrijving van de resultaten van het project

### 4.1 Realisatie

Voor een optimale verdringing dient de koude lucht laag bij de grond ingebracht te worden. Bouwkundig bleek het echter niet goed mogelijk luchtkanalen op vloerniveau in de gymzaal aan te brengen. Met rookproeven is daarna inzicht verkregen in de thermiek rondom de glazen gevels. Deze proeven bevestigden het vermoeden dat door de

zoninstraling langs de glazen wanden een heftige opwaarts gerichte luchtstroom ontstaat. De bij het raam binnenkomende energie werkt daarbij als een soort stuwmotor. Met verdringingsventilatie wordt de binnenkomende warmte zo veel mogelijk direct afgevoerd. De zoninstraling heeft daardoor minder invloed op de temperatuur op leefniveau. De lucht drukt de er boven liggende warmere lucht voor zich uit tot deze via een afzuigkap in het dak wordt afgevoerd.

De realisatie is zonder bijzonderheden verlopen.

### 4.2 Monitoring

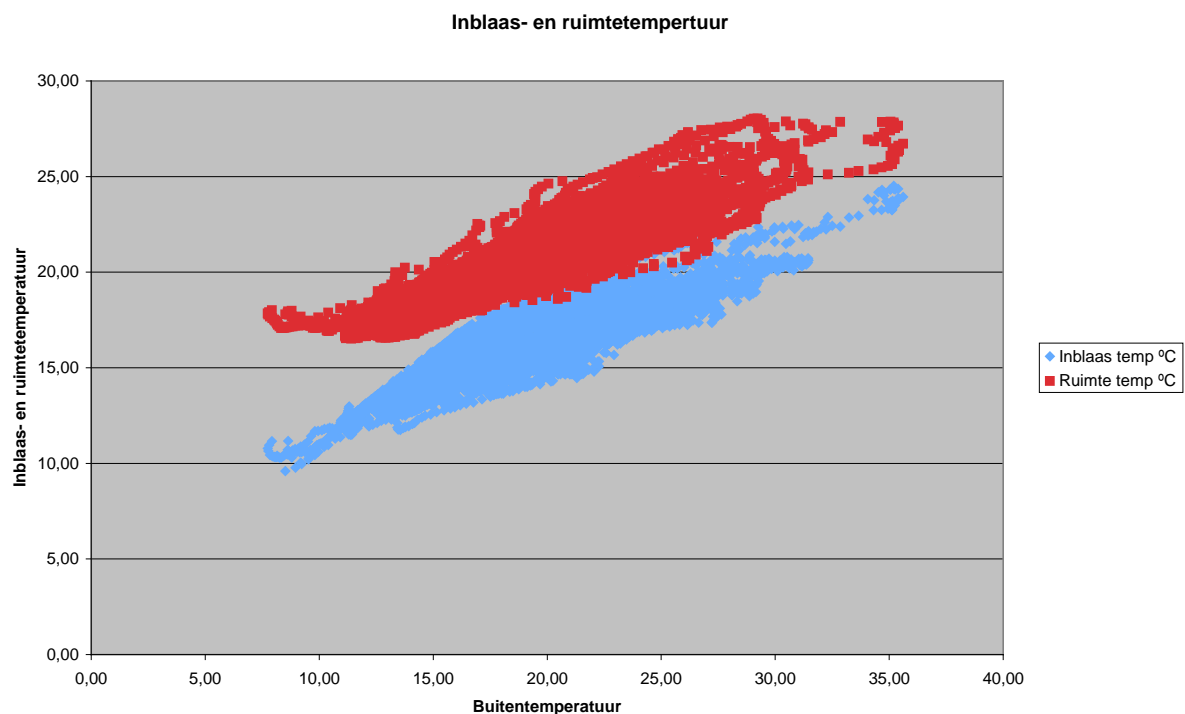
Vrij snel nadat de installatie in gebruik genomen was, bleek er onvrede over de prestaties bij de gebruikers van de gymzaal. Dit wekte bij het team verbazing, omdat de Thermo Air kast de prestaties wel leverde.

Uit onderzoek kwamen als verbeterpunten naar voren:

- Er werd met luchtzakken zonder uitblaasnozzles gewerkt. Temperatuurmetingen en rookproeven gaven aan dat de ingeblazen gekoelde lucht zich op weg naar beneden nog te veel vermengde met de aanwezige warme lucht. Hierdoor ontstond onvoldoende verdringing en kwam de koude lucht niet op de vloer bij de gebruikers. Door het aanbrengen van luchtzakken met inblaasnozzles lukte het wel om de gekoelde lucht onderin op leefniveau te krijgen.
- In het besturingsprogramma was opgenomen dat de installatie om 08.30 uur inschakelde. Immers vanaf die tijd werd er begonnen met de gymlessen. De opwarming voor 08:30 uur was op sommige dagen zo groot dat het veel te lang duurde voordat de ruimte weer afgekoeld kon. Door de starttijd te vervroegen naar 07:00 uur is er altijd voldoende koeling en ventilatie aanwezig.
- De besturing sloot onvoldoende aan op de werkwijze van de gebouwbeheerder en de gebruikers. Thermo-air heeft benamingen veranderd, sommige parameters verborgen, enkele automatische handelingen ingebouwd en temperaturen beter inzichtelijk gemaakt.

Nu de installatie ruim een jaar in gebruik is zijn er geen klachten meer. Gezien de grote onvrede die er onder de gebruikers was, betekent dit dat de installatie goed functioneert.

In onderstaande grafiek zijn inblaas- en ruimtetemperatuur weergegeven als functie van de buitentemperatuur. De monitoring beslaat de periode van 12 juli tot 22 september 2009. De inblaastemperatuur ligt op warme dagen 5 tot 10 graden onder de buitentemperatuur, de ruimtetemperatuur is in deze periode niet hoger dan 28°C geweest. Uit de gegevens blijkt ook dat de koelcapaciteit van dauwpuntkoeling toeneemt als het buiten warmer is. Dit in tegenstelling tot conventionele airconditioning.

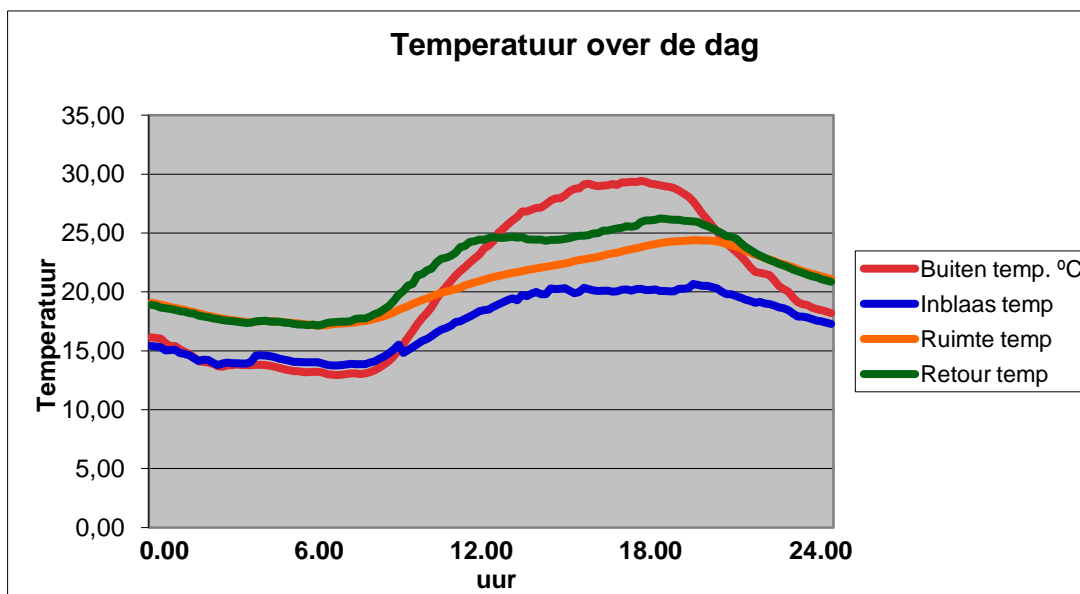


*Grafiek 1, monitoring temperatuur van 12 juli tot 22 september 2009*

Om inzicht te geven in de prestaties van dauwpuntkoeling is dinsdag 8 september 2009 weergegeven. Op deze warme dag liep de buitentemperatuur op tot ruim 28°C. In de oude situatie zou dit betekenen een forse overschrijding van de toegestane binnentemperatuur van 25°C.

De rode lijn is de buitentemperatuur. Deze lucht wordt aangezogen door de luchtbehandelingkast met dauwpuntkoeling. De blauwe lijn is de inblaastemperatuur. Deze is iets boven het dauwpunt. In de ruimte worden twee temperaturen gemeten. De oranje is de temperatuur zoals de sporters deze ervaren, de groene is de temperatuur van de afgezogen (weggedrongen) lucht.

's Nachts staat de installatie op stand-by. De binnentemperatuur is ongeveer 3 tot 5 °C boven de buitentemperatuur. Om half negen 's ochtends wordt de ventilatie ingeschakeld. De buitentemperatuur stijgt die dag tot bijna 28°C. Aan het begin van de dag is het temperatuurverschil tussen buitenlucht en gekoelde lucht uit de dauwpuntkoeling een paar graden. Het koelend effect is dan klein. Met een stijging van de buitentemperatuur loopt echter de koeling snel op tot uiteindelijk een koeling van bijna 10 graden. Omdat de warmtebelasting door de instralende zon groot is en bijna direct effect heeft, loopt de binnentemperatuur ook op. De temperatuur bij de sporters op de gymvloer licht echter 2 tot 4 graden boven de ingeblazen lucht en komt niet boven het maximum van 25°C. De lucht die afgezogen wordt is een paar graden warmer dan de ingeblazen lucht en overstijgt wel de 25°C. Aangezien dit de temperatuur ter hoogte van het plafond is heeft niemand daar hinder van.



Grafiek 2, temperatuurverloop op 8 september 2009

### 4.3 Milieuprestaties

Het elektrisch energiegebruik voor koeling wordt bepaald op basis van de koelbehoefte en een gemiddeld rendement voor koude-opwekking. De elektrische energiegebruiken van de koude-opwekking worden opgeteld en omgerekend naar primair energiegebruik.

Dauwpuntkoeling is koelen zonder netto energiegebruik. Voelbare warmte (temperatuur) wordt uitgewisseld tegen latente water (verdampend water). Geheel terecht staat dauwpuntkoeling niet in de NEN normen opgenomen bij "Opwekrendement voor koude."

Het energiegebruik voor koelen is daarmee met 100% afgenomen. In dit project een besparing van 60.000 kWh per jaar. Wat in dit project wel is toegenomen is het

gebruik voor ventilatie. Werd in de oude situatie 4.000 m<sup>3</sup> lucht ingebracht en afgezogen, nu is er sprake van netto 8.310 m<sup>3</sup>/h en nog eens ruim 4.000 m<sup>3</sup>/h proceslucht voor de werking van dauwpuntkoeling. Het energieverbruik stijgt hiermee van 30.000 kWh<sub>e</sub> naar 40.000 kWh<sub>e</sub> per jaar. De stijging is niet lineair met het luchtvolume omdat er een veel zuiniger ventilator is gebruikt. Verder is de ventilator in standen regelbaar: uit, laag, midden en hoog. De draaitijden zijn door de gebouwbeheerder vrij en op afstand via internetprotocol programmeerbaar. Er kan daardoor veel beter op het gebruik van de zaal afgestemd worden.

Omdat er geen koudemiddelen meer zijn is er geen sprake van emissie van niet CO<sub>2</sub> broeikasgassen.

De totale emissiereductie is door metingen niet vast te leggen, omdat er vanuit de oude situatie geen goede referentie is. Immers de gewenste temperaturen werden niet gehaald en nu wel. De rekenkundige benadering lijkt daarmee het betrouwbaarst.

|                                 | Airconditioning<br>(oude situatie)               | Dauwpuntkoeling<br>(nieuwe situatie)             |
|---------------------------------|--|--|
| Koudeopwekking                  | 60.000 kWh <sub>e</sub> = 37 ton CO <sub>2</sub> | 0  |
| Ventilatie                      | 30.000 kWh <sub>e</sub> = 18 ton CO <sub>2</sub> | 40.000 kWh <sub>e</sub> = 24 ton CO <sub>2</sub> |
| Koudemiddellekkage              | 1,1 kg = 2 ton CO <sub>2</sub>                   | 0  |
| Totale CO <sub>2</sub> -emissie | 57 ton CO <sub>2</sub>                           | 24 ton CO <sub>2</sub>                           |

Met het project wordt een emissiereductie gerealiseerd van 33 ton CO<sub>2</sub> eq. per jaar. Dit is gelijk aan 58%. Daarnaast is sprake van een aanmerkelijke verbetering van het binnenklimaat zodanig dat de gymzaal voldoet aan de richtlijnen voor het binnenklimaat van gymzalen.

Voor het opwekken van koude is 10.000 kWh elektra nodig. Hiermee wordt 2 x 20 x 3.000 = 120.000 kWh koude gemaakt. Dit geeft een c.o.p. van 12.

Het waterverbruik komt bij ontwerpcondities uit op 35 kg/h per kast. Dit is voor 3.000 uur per jaar en 2 kasten een totaal van 210 m<sup>3</sup> water jaar.

#### 4.4 Economische analyse

De energiekostenbesparing bedraagt 50.000 kWh × 0,15 euro/kWh = 7.500 euro per jaar. De dauwpuntkoelinstallatie kent geen bijzonder onderhoud. De luchtbehandelingkast dient 1 maal per jaar gecontroleerd te worden en filters dienen schoongemaakt te worden. Ook voor conventionele airconditioning geldt jaarlijks onderhoud. De meerkosten voor het waterverbruik zijn 210 m<sup>3</sup>/jaar × 1,15 euro/m<sup>3</sup> = 240 euro per jaar. Dit is ca. 3% van de energiebesparing.

De totale projectkosten zijn begroot op 145.718 euro (inclusief BTW). Het project is gerealiseerd voor 146.743 euro inclusief BTW en exclusief de eigen uren van de gemeente Deventer, Thermo Air en Statiq Cooling.

De projectkosten zijn in overeenstemming met de begroting. Dit is inclusief de kosten voor advies en begeleiding van het subsidietraject. Ongeveer 75% van de investering is voor de luchtbehandelingskast, de dauwpuntkoeling en de luchtverdeling, 10% voor bouwkundige voorzieningen en de overige kosten zijn advieskosten.

Indien het binnenklimaat met extra airconditioning was verbeterd zouden de kosten ca. 30.000 euro bedragen. De energiebesparing loopt dan wel op tot 10.000 à 15.000 euro per jaar. De meerkosten voor dauwpuntkoeling zijn  $146.000 - 30.000 = 116.000$  euro. De terugverdientijd is daarmee ca 10 jaar. Zonder de advieskosten is de terugverdientijd 2 jaar lager.

Indien uitgegaan wordt van volledig nieuwbouw zakt de terugverdientijd naar de 5 jaar. De referentiekosten zijn in dat geval hoger en de bouwkundige kosten worden lager.

De levensduur van de installatie is 20 jaar. De kosteneffectiviteit van het project is in de aanvraag berekend op 25 tot 30 euro per ton CO<sub>2</sub>. Het project is volgens de aanvraag gerealiseerd.

#### **4.5 Opvolging**

Nu de techniek zich na een jaar positief bewezen heeft, zal de gemeente Deventer de techniek meenemen bij andere gebouwen waar airconditioning vervangen moet worden, of bij nieuwbouw indien airconditioning geïnstalleerd wordt.

Dauwpuntkoeling is in de utiliteit breed toepasbaar als alternatief voor airconditioning en topkoeling.

#### **4.6 Niet technische aspecten**

Voor Thermo Air en Statiq Cooling is een leereffect dat de luchtverdeling na de kast essentieel is voor de perceptie van het goed functioneren van de koeling. Een tweede punt is dat op basis van dit project de besturing van het systeem verbeterd is voor eindgebruikers.

## **Colofon**

Sparkling Projects vof  
Ir. S. Lobregt  
Postbus 10209  
7301 GE Apeldoorn

Tel. 055-5401910  
Fax 055-5346074

[www.sparklingprojects.nl](http://www.sparklingprojects.nl)