

Deel 3. Rekenvoorbeelden Dauwpuntkoeling

Het Mollierdiagram in theorie en praktijk

Calculation examples Evaporative Indirect Static Dew Point Cooling

Aan deze publicatie werkten mee :

H. J. L. KOUWENHOVEN (Frigidarium);
www.frigidarium.nl
H. T. HUIZINGA (Heat Transfer Holland);
www.hth-hth.nl
Ir. N. R. BOOTSVELD (TNO); www.tno.nl
Ir. M. JANSSEN (Re/gent); www.re-gent.nl
P. G. H. UGES (StatiqCooling BV);
www.gekoeldventileren.nl

Samenstelling: P. G. H. UGES

Figuur 7 geeft nogmaals schematisch de werking weer van indirectwerkende Dauwpuntkoeling weer (zie het Mollierdiagram, fig 6 in deel 2; verkleind weergegeven op laatste pagina van dit artikel).

Voorbeeld berekening benodigde luchthoeveelheid

- verhouding buitenlucht
- geconditioneerde lucht
- proceslucht

Toevoer verse buitenlucht (primair) F kg

28,0°C/50% = 57kJ/kg
18,5°C/87% = 47kJ/kg

Verschil = 10 kJ/kg

Geconditioneerde lucht C kg

28,0°C/50% = 57kJ/kg
18,5°C/87% = 47kJ/kg

Verschil = 10 kJ/kg

Process lucht (secundiar) P kg

18,5°C/87% = 47,0 kJ/kg
26,5°C/92% = 77,3 kJ/kg

= 30,3 kJ/kg

F = 1 kg lucht
10kJ/kg: 30,3 kJ/kg = 0,33:1

Hieruit volgt: ~ 3/3 van de aangezogen luchthoeveelheid

P = 0,33 kg ~ 1/3 van de aangezogen luchthoeveelheid

C = 1-0,33=0,67 ~ 2/3 van de aangezogen luchthoeveelheid

Een praktijkvoorbeeld

Een productiehof van een niet nader omschreven bedrijf.

- Vloeroppervlak 7.400 m²,
- Gemiddelde hoogte van de hal: ca.6 m (leefniveau 2,5 m)

- Totale inhoud afgerond 45.000 m³ (op leefniveau 18.500 m³).

De huidige daar opgestelde luchtbehandelingsinstallatie (LBK) heeft een luchthoeveelheid van 108.000 m³/h hetgeen neerkomt op ca. 2,4 × de inhoud (circulatievoud = 2,4).

Overige ontwerpgegevens:

- Buitenconditie 28°C/50% RV (11,9 g/kg;
- Binnen 25°C bij een maximum vochtgehalte gelijk aan de buitenlucht = 11,9 g/kg)
- Toegestane minimale inblaasttemperatuur 15°C
- Gevraagde minimum hoeveelheid buitenlucht 10.000m³/h

Zoninstraling op het dak:	107.220 W
Verlichting	64.525 W
Afgifte door personen ca. 100 man × 300 W p.p.	30.000 W
Afgifte door machines	5.000 W
Totaal afgerond:	206.745 W 207 kW

Dauwpuntkoeling in combinatie met verdringsventilatie

Indirect werkende Statische Dauwpuntkoelers worden vaak gecombineerd met verdringsventilatie of vergelijkbare ventilatie, waarbij de warmte zo veel mogelijk direct naar buiten wordt afgevoerd en zo min mogelijk vermenging optreedt. Dit betekent:

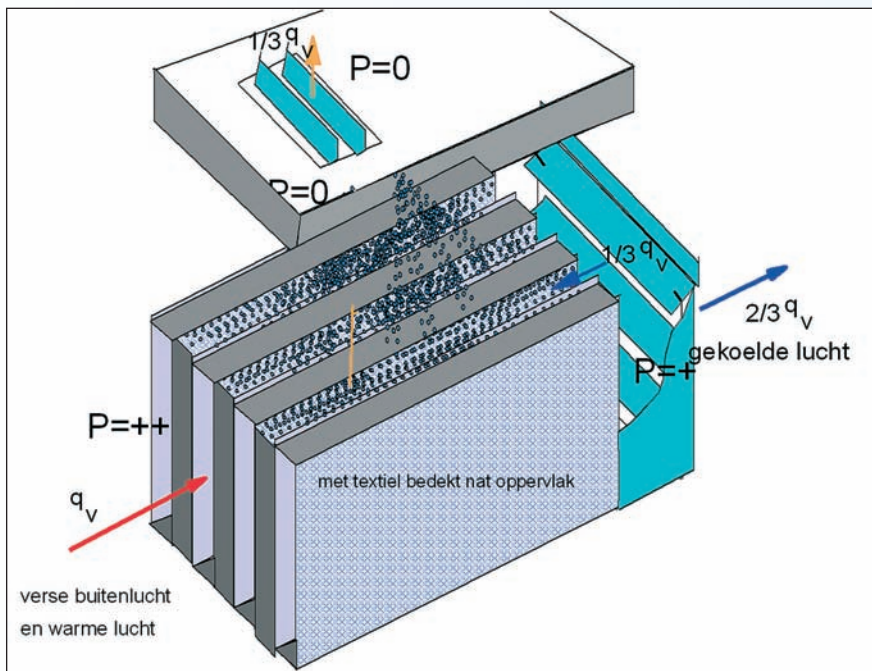
- het direct naar buiten afvoeren van de zoninstraling op het dak: hier in dit voorbeeld 107.220 W
- zo ook de verlichtingsenergie; in dit voorbeeld hier 64.525 W.

Van de berekende belasting blijft dan 206745-107220-64525=35000W (35 kW)

Summary

Evaporative Indirect Static Dew point cooling explained by means of a Mollier diagram.

A development regarding an indirect operating air conditioning system, based on the evaporation of water (R718) and consuming very little energy (up to yearly 90% less than conventional). The process takes place in a heat exchanger made of a synthetic material. Static Dew point cooling might be an alternative to the use of F-gases and an answer to the European CO2-policy. It makes cooling possible where this would hardly be feasible because of insufficient supply of energy. This article explains the physical aspects of dew point cooling by means of a Mollier diagram.



Figuur 7 – Schematische werking indirectwerkende Dauwpuntkoeling

Bij een gekozen constante inblaastemperatuur van 21 °C wordt de benodigde hoeveelheid inblaaslucht:

$$Q_v = 35 / [1,2 \times 1,0 \times (25 - 21)] = 7,29 \text{ m}^3/\text{s} = 26.250 \text{ m}^3/\text{h}$$

Hier uit blijkt dat puur gezien van uit de voelbare warmte reeds ca. 26.500 m³/h voldoende zou zijn.

Voor een dergelijke hal wordt echter vaak een wat hogere ventilatievoud gekozen.

We stellen nu in dit voorbeeld van een productiehal, het ventilatievoud op 3,4 × het volledig vervensen van de lucht/h bij een leefniveau van 2,5 m. In het gebruikte voorbeeld wordt uitgegaan van 7400 m² vloer oppervlak. Dat wil zeggen 7400 × 2,5 × 3,4 = benodigd 62.900 m³/h = afgerond 63.000 m³/h

Tijdens Freecoolbedrijf is maximaal 63.000 m³/h voldoende. Zodra echter wordt overgeschakeld naar koelbedrijf met water als koudemiddel is meer lucht nodig in verband met de dan benodigde proceslucht. De aangezogen luchthoeveelheid bij de StatiqCooler wordt dan 1,5 × 63.000 = 94.500 m³/h. zodra maximale koeling wordt gevraagd.

De nettokoelcapaciteit bij deze luchthoeveelheid wordt dan 86 kW.

Ventilatordruk

Totaal ventilator druk	990 Pa
Ventilator/motorrendement	70 %
Totaal opgenomen vermogen ventilator	36,5 kW bij vollast.

Invloed energieverbruik Indirectwerkende Dauwpuntkoeling met variabel volumesysteem

Bij indirectwerkende Statische Diabatische koeling is een inblaastemperatuur van ca. 21°C beschikbaar op zomerse zonnige dagen van bijvoorbeeld 28°C buitentemperatuur bij 50% RV (vochtgehalte ca.11,9 gr/kg).

Een groot deel van het jaar zal het vochtgehalte en/of de koelvraag lager zijn. Zodra het dauwpunt (en dus vocht-

gehalte) afneemt zal de koelcapaciteit toenemen.

Wordt dit te veel, dan kan de luchthoeveelheid worden teruggeregeld (Variabel Volumesysteem [VAV]).

Opmerking:

Zou men de luchthoeveelheid verlagen (een temperatuur tot ca. 19°C is haalbaar) om een lagere inblaastemperatuur te krijgen dan levert dat echter niet meer koelcapaciteit op.

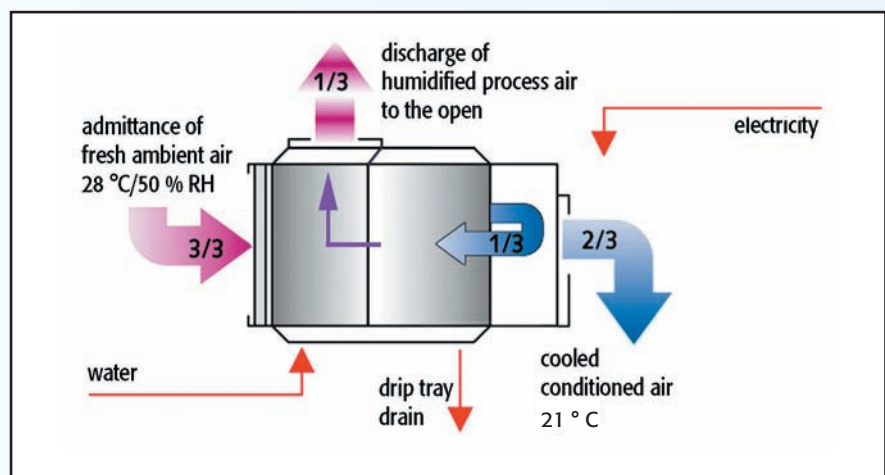
Zoals is aangegeven kan bij een dalende luchtvochtigheid maar ook bij een lagere koelvraag worden gewerkt met een kleinere luchtstroom. Hiervan gebruik makend is het mogelijk om het jaarlijkse energieverbruik nog verder terug te dringen.

De ventilator, voorzien van een frequentieregelaar, draait dan een groot deel van het jaar met een lager toerental (minder lucht), en een kleinere opvoerhoogte (VAV).

Het energieverbruik van de ventilator is ongeveer recht evenredig met de derde macht van de volumestroom, waardoor het werken met een verlaagd toerental een groot besparend effect geeft op het energieverbruik. Er van uitgaande dat slechts een paar dagen per jaar op vol koelvermogen zal moeten worden gedraaid, compenseert dit verlaagde energieverbruik grotendeels het extra ventilatievermogen nodig voor de ca. 33% proceslucht onder maximum condities en het dan ca. 200 Pa extra drukverlies vergeleken met een conventionele koeler.

Vergelijking met een DX-systeem

Voor DX systemen is zowel gemengde als verdringingsventilatie (of vergelijkbaar) toepasbaar. In industriële gebou-



Figuur 8

wen is verdringingsventilatie interessant, omdat vooral de hoogte van de ruimte hier anders een rol gaat spelen. Het voorbeeld is een situatie waarbij verdringingsventilatie voordelen kan bieden, maar ook voor de mechanische ventilatie een optie.

Om dit te illustreren zijn bijgaande berekeningen uitgevoerd.

- De eerste berekening is de mechanische koeling met gemengde ventilatie.
- In de tweede berekening is het DX-systeem met verdringingsventilatie toegepast.

Totaal ventilatordruk	850 Pa
Ventilator/motorrendement	70 %

System met mechanische koeling en gemengde ventilatie

Het systeem bestaat uit een luchtbehandelingskast met mengsectie, filter, verwarming, DX koeler, toevoerventilator. De lucht wordt centraal retour gezogen en gemengd met een minimum buitenluchtaandeel en vervolgens mechanisch gekoeld en ingeblazen. Buitenluchtaandeel variabel tussen het vereiste minimum buitenluchtaandeel en de maximale luchthoeveelheid van de unit.

Bij een inblaastemperatuur van 15°C bedraagt de benodigde luchthoeveelheid:

$$Q_v = \frac{207}{1,2 \times 1,0 \times (25 - 15)} = 17,25 \text{ m}^3/\text{s} = 62.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Inblaastemperatuur 15°C
 vochtbelasting (door infiltratie) in de ruimte 0,5 g/kg
 Totale ventilatordruk 850 Pa
 Opwarming in ventilator: 1K
 Uittredeconditie koeler 14°C verzadigd (10 g/kg)
 Hiermee wordt de retourluchtconditie 25°C met een absoluut vochtgehalte van 10,5 g/kg
 Mengcondities vóór de koeler (10/62 deel buitenlucht): 25,5°C bij 10,7 g/kg (enthalpie 52,90 kJ/kg).
 Uittredeconditie koeler: 14°C bij 10 g/kg (enthalpie 39,3 kJ/kg)
 Koelcapaciteit: 17,25 x 1,2 x (52,9 - 39,3) = 281 kW
 COP-waarde condensingunit is 3,4 (8°C verdampingstemperatuur bij 28°C luchtintrede condensor).

Opgenomen vermogen ventilator	20,9 kW
Opgenomen vermogen koelmachine:	82,6 kW

Totaal benodigde elektrisch vermogen bij vollast 103,5 kW

DX met verdringingsventilatie

Hierbij is aangenomen dat de luchthoeveelheid gelijk blijft, (62.000 m³) en dat dit voldoende koelcapaciteit geeft (86 kW) om de werkzone in de hal te koelen. Dit is 86 kW van de 207 kW totale belasting, zijnde ca. 40 procent. De werkelijke belasting onder in de hal is 35 kW. Het DX-systeem zuigt dan alleen buitenlucht aan (geen menging) en moet koelen tot 21 °C.

In principe treedt er ontvochtiging op, afhankelijk van de gebruikte koeler (oppervlaktemperatuur). In het niet reële geval van droge koeling (zonder ontvochtiging) is het totaal benodigde vermogen van de hal 65 kW (i.p.v. 103 kW in de gemengde conditie).

Bij ontvochtiging van bijvoorbeeld 1g/kg stijgt het vermogen naar 78 kW wat nog altijd een besparing is van 24 procent t.o.v. de gemengde ventilatie.

In dit voorbeeld wordt er van uitgegaan dat de COP van de DX-installatie stijgt met 15 procent omdat er op een hogere temperatuur verdampt mag worden.

Recapitulerend:

Opgenomen vermogen bij dauwpuntkoeling in combinatie met verdringingsventilatie: 36,5 kW bij vollast.

Opgenomen vermogen van een systeem met mechanische koeling en gemengde ventilatie: 103,5 kW bij vollast.

Opgenomen vermogen van een DX-systeem met verdringingsventilatie: 78 kW bij vollast, rekening houdend met een zekere ontvochtiging. □

Voor deze publicatie is gebruik gemaakt van:

- de door Frigidarium ter beschikking gestelde teksten uit het "Naslagwerk Luchtbehandeling";
- eerder gepubliceerde artikelen in Koude & Luchtbehandeling;
- de publicatie "Air Conditioning using R718 (Water) as refrigerant" (7e Gustav Lorentzen Conferentie mei 2006);
- Mollierdiagrammen, beschikbaar gesteld door Heat Transfer Holland;
- een door TNO Bouw en Ondergrond uitgevoerd onderzoek;
- de binnenkort te verschijnen ISSO voorstudie "Indirect Gekoeld Ventileren met Water als Koudemiddel";
- de ISSO/REHVA Handleiding nr. 1: "Verdringingsventilatie in niet-industriële toepassingen"; www.iss0.nl

Verkleinde afbeelding nr 6 uit deel 2: Mollier-hx-diagram voor vochtige lucht - barometerdruk 1.013 bar (0.000 m/20.000 °C / 50.000 % RV)

