

## Klimastyring i vanntekniske anlegg

I høydebasseng, vannverk, brønner og pumpeverk dannes det ved manglende klimastyring under bestemte driftsforhold kondensvann på de kalde overflatene til de vannførende anleggsdelene og konstruksjonene. Fuktighetsangrep kan også forekomme i vegger på grunn av diffunderende luftfuktighet og dermed forårsake store skader på konstruksjoner.

Denne tekniske informasjonen forklarer de viktigste grunnene til klimatisering og luftavfuktingen og gir anvisninger for valg av riktige avfuktingsapparater.

- Problem** Kondensvann (**fig.1**) forårsaker særlig
- Korrosjon og skader (rust) på maskinelle og elektriske innretninger (**fig. 2**)
  - Elektriske feil på grunn av kortslutning og feilstrømmer som kan føre til anleggssvikt
  - Fuktskader og korrosjon på konstruksjoner (**fig. 3**)
  - Muggdannelse på overflater og vegger (**fig. 4**)
  - Uhygieniske tilstander i høydebasseng, pumpeverk, sjakter og vannverk.

### Eksempler

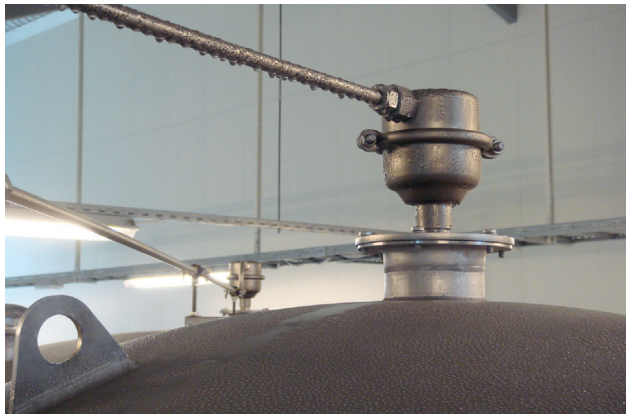


Fig.1: Kondensvanndannelse



Fig.2: Korrosjon og rust



Fig.3: Fuktskader

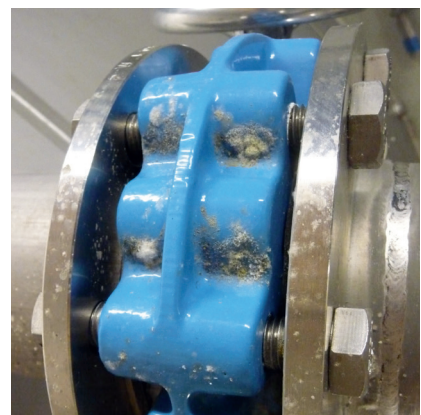


Fig.4: Muggdannelse

**Luftavfukting** Ved hjelp av kontrollert luftavfukting kan duggvannsdannelse unngås permanent. Luftavfukting bidrar også til varig opprettholdelse av verdien til anlegg og bygninger som ofte er av høy kvalitet.

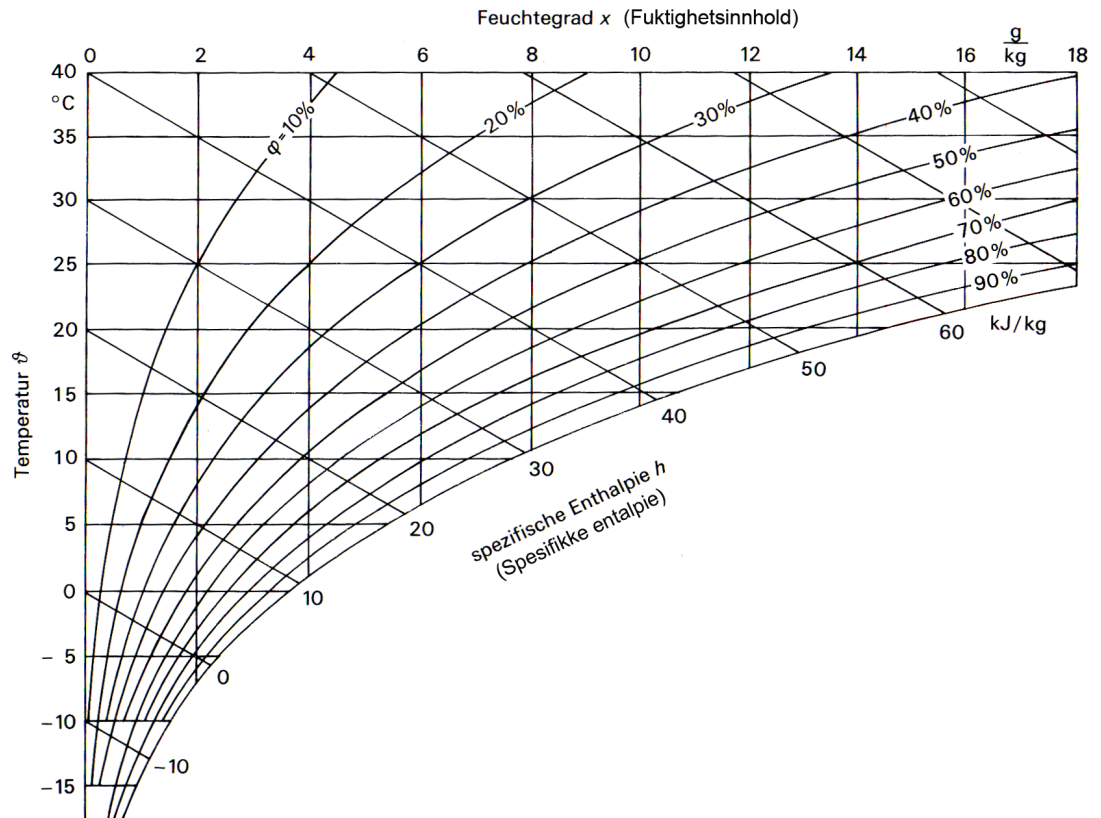
## Luftfuktighet

### Fuktighetsinnhold

Normal omgivelses- og romluft inneholder alltid vanndamp på grunn av naturlig fordampning. Mengden maksimalt vanndampinnhold (metning) i luften avhenger av temperaturen og angis i g/kg som absolutt luftfuktighet. Men luften er som regel ikke mettet. Forholdet mellom den gjeldende absolutte luftfuktigheten og maksimal mulig luftfuktighet kalles relativ luftfuktighet (RF) og uttrykkes i prosent. Ettersom vanndampinnholdet er avhengig av temperaturen, endres også den relative luftfuktigheten med temperaturen. Når varm, fuktig luft avkjøles, økes den relative fuktigheten til inntil 100 %. Ved avkjøling utover dette oppstår dugg- eller kondensvanndannelse. Dette punktet betegnes som duggpunkt, og den tilhørende temperaturen som duggpunkttemperatur.

Hvis duggpunktet i luften synker under vanntemperaturen, skjer det vannfordampning og tørking.

### Mollier-h-x-diagram



Sammenhengen mellom temperatur, fuktighet og den spesifikke entalpien for fuktig luft er sammenfattet i det såkalte Mollier-h-x-diagrammet.

Tabell 1 viser viktige punkter fremstilt sammen med aktuelle tilstandsstørrelser. Det er lett å se at duggpunktet avhenger av lufttemperaturen og den relative fuktigheten.

**Tabell 1** Vanninnhold [g/kg], spesifikk entalpi [kJ/kg] og duggpunkttemperatur [°C] avhengig av lufttemperaturen [°C] og den relative fuktigheten [%].

	40% RF		50% RF		60% RF		70% RF		80% RF		90% RF		100% RF	
30 °C	10,61 g/kg	57,3 kJ/kg	13,32 g/kg	64,2 kJ/kg	16,05 g/kg	71,2 kJ/kg	18,8 g/kg	78,2 kJ/kg	21,58 g/kg	85,3 kJ/kg	24,38 g/kg	92,5 kJ/kg	27,21 g/kg	99,7 kJ/kg
	14,9 °C		18,4 °C		21,4 °C		23,9 °C		26,2 °C		28,2 °C		30 °C	
25 °C	7,89 g/kg	45,2 kJ/kg	9,89 g/kg	50,3 kJ/kg	11,9 g/kg	55,4 kJ/kg	13,93 g/kg	60,6 kJ/kg	15,97 g/kg	65,8 kJ/kg	18,03 g/kg	71 kJ/kg	20,1 g/kg	76,3 kJ/kg
	10,5 °C		13,8 °C		16,7 °C		19,1 °C		21,3 °C		23,2 °C		25 °C	
20 °C	5,8 g/kg	34,8 kJ/kg	7,27 g/kg	38,5 kJ/kg	8,75 g/kg	42,3 kJ/kg	10,23 g/kg	46 kJ/kg	11,72 g/kg	49,8 kJ/kg	13,21 g/kg	53,6 kJ/kg	14,71 g/kg	57,4 kJ/kg
	6,0 °C		9,3 °C		12 °C		14,4 °C		16,4 °C		18,3 °C		20 °C	
15 °C	4,22 g/kg	25,8 kJ/kg	5,29 g/kg	28,4 kJ/kg	6,36 g/kg	31,1 kJ/kg	7,43 g/kg	33,9 kJ/kg	8,5 g/kg	36,6 kJ/kg	9,58 g/kg	39,3 kJ/kg	10,67 g/kg	42 kJ/kg
	1,5 °C		4,7 °C		7,3 °C		9,6 °C		11,6 °C		13,4 °C		15 °C	
10 °C	3,04 g/kg	17,7 kJ/kg	3,8 g/kg	19,6 kJ/kg	4,56 g/kg	21,5 kJ/kg	5,33 g/kg	23,5 kJ/kg	6,1 g/kg	25,4 kJ/kg	6,87 g/kg	27,4 kJ/kg	7,64 g/kg	29,3 kJ/kg
	< 0 °C		0,1 °C		2,6 °C		4,8 °C		6,7 °C		8,4 °C		10 °C	
8 °C	2,65 g/kg	14,7 kJ/kg	3,32 g/kg	16,4 kJ/kg	3,98 g/kg	18,1 kJ/kg	4,65 g/kg	19,7 kJ/kg	5,32 g/kg	21,4 kJ/kg	5,99 g/kg	23,1 kJ/kg	6,67 g/kg	24,8 kJ/kg
	< 0 °C		< 0 °C		0,7 °C		2,9 °C		4,8 °C		6,5 °C		8 °C	
6 °C	2,31 g/kg	11,8 kJ/kg	2,89 g/kg	13,3 kJ/kg	3,47 g/kg	14,7 kJ/kg	4,05 g/kg	16,2 kJ/kg	4,63 g/kg	17,7 kJ/kg	5,22 g/kg	19,1 kJ/kg	5,8 g/kg	20,6 kJ/kg
	< 0 °C		< 0 °C		< 0 °C		1 °C		2,8 °C		4,5 °C		6 °C	

**Eksempel** Vanntemperaturen i et vannverk ligger på 10 °C, romtemperaturen er om vinteren ca. 12 til 15 °C ved en relativ fuktighet på 60 %. Ifølge tabell 1 ligger duggpunktet på 7,3 °C, noe som betyr at det ikke skjer noen kondensvanndannelse. Om sommeren øker temperaturen i luften til 20 °C ved samme relative fuktighet.

Det tilhørende duggpunktet ligger imidlertid nå på 12 °C med det resultatet av det skjer kondensvanndannelse. For å unngå duggpunktunderskridelse må i dette tilfellet den relative fuktigheten i luften senkes til under 50 %.

## Luftavfukting og duggpunkt i vannverk

I vannverk ligger overflatetemperaturen for de vannførende rørledningene, armaturene og beholderne for det meste i området fra 8 til 12 °C, i ekstreme tilfeller mellom 1 og 20 °C. Som allerede forklart kan det særlig i den varme årstiden oppstå duggvannsdannelse ved kontakt mellom varm, fuktig luft og kalde overflater. For å forebygge duggvann- og muggdannelse på en sikker måte, bør luftfuktigheten i vannverk ikke være høyere enn 75 % RF over lang tid.

Jo større forskjell det er mellom lufttemperaturen og overflatetemperaturen, desto lavere må den relative luftfuktigheten være for å unngå duggpunktunderskridelser. Dette gjelder også den andre veien: Jo lavere temperaturforskjellen er, desto høyere kan luftfuktigheten være.

**Ekstern hygrostat** Særlig i vannverk med ofte store rom må koblingsenhetene (hygrostat eller duggpunkt-føler) monteres eksternt hvis mulig. Ideelt for hygrostater er steder i ca. 1,5 m høyde, og uten påvirkning av apparatet eller andre luftstrømninger (oppvarming, spillvarme fra motor osv.). Hygrostater må stilles inn slik at duggpunktet ligger ca. 4-5 K eller maks. 75 % RF under overflatetemperaturen til kondenseringsflatene. I anlegg med større svingninger i lufttemperaturen og/eller vanntemperaturen er en fast innstilt hygrostat for fuktighetsregulering bare delvis egnet.

**Duggpunktfølere** Via eksterne duggpunktfølere som er montert direkte i kondenssonen, for eksempel på røroverflaten, kan luftavfuktere drives etter behov og dermed energikostnadsoptimert. Duggpunktfølere registrerer faren for duggpunktunderskridelse allerede før det skjer kondensering, uavhengig av lufttemperaturen. De må stilles inn på maks. 75 % relativ fuktighet.

## Dimensjonering og valg av apparat

For luftavfukting i vannverk kan kondenseringsavfukter eller adsorpsjonsavfukter benyttes. Avfuktere etter kondenseringsprinsippet arbeider generelt svært økonomisk. Ved hjelp av en kuldemaskin genereres en kjølig plate, som kan avkjøle luften som strømmer forbi, kondensere og lede bort fuktigheten.

Avfuktingskapasiteten og dermed effektiviteten for disse apparatene reduseres med økende temperatur (fare for isdannelse / automatisk tining påkrevd). I det lavere temperaturområdet (< 3 °C) brukes derfor fortrinnsvis adsorpsjonstørker.

**Dimensjonering av avfuktingsapparater** Det ideelle er at luftavfuktere arbeider i sirkulasjonsdrift, dvs. at bare luften i rommet avfuktes **og** tilførsel av uteluft hindres. Også i lukkede rom skjer det ved vannverksdrift normalt en delvis luftveksling (innstrømming av uteluft). Alt etter hvor tett bygningen er, kan man gå ut fra en luftveksling per time  $L_W$  på 25 til 40 % av romvolumet  $V_R$ .

Den nødvendige avfuktingskapasiteten  $L_E$  beregnes grovt sett som følger:

**Formel**  $L_E = V_R \cdot \text{tetthet} \cdot L_W \cdot \text{differanse vandampinnhold} \cdot 1/1000$  [kg vann/t]

**Eksempel** Romvolum  $V_R = 2800 \text{ m}^3$ , luftens tetthet ca.  $1,25 \text{ kg/m}^3$ , luftveksling  $L_W = 0,4$ , utelufttemperatur  $25 \text{ °C}$  ved 50 % rel. fuktighet, tilstrebet duggpunkt  $8 \text{ °C}$ . Den nødvendige avfuktingskapasiteten per time blir da:

$$L_E = 2800 \text{ m}^3 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \cdot (9,89 - 6,67 \text{ g/kg}) = 4508 \text{ g bzw. } 4,5 \text{ kg/t}$$

Varmemengden som ledes bort av kuldemaskinen  $Q_{ENT}$  ved dette driftspunktet, beregnes ut fra forskjellen i de tilhørende entalpiene multiplisert med den bortledede varmemengden.

Den kan for eksempel være (i henhold til tabell 1):

$$Q_{ENT} = (50,3 - 24,8 \text{ kJ/kg}) \cdot 4,5 \text{ kg/t} = 114,75 \text{ kJ/t}$$

**Effektopptak for avfuktere** Maksimal effektopptak for en luftavfukter fremkommer av vifteeffekten og motorytelsen for kuldeanlegget minus eventuelle varmebatterier til tiningen. Den nødvendige kuldeeffekten henger direkte sammen med temperaturen eller den spesifikke entalpien for luften som skal avfuktes (se tabell eller Mollier-h-x-diagrammet og eksemplet ovenfor).

Ved høy temperatur må det trekkes ut betydelig mer varme enn ved lav temperatur. For å sammenligne luftavfuktere er derfor en ensidig fokusering på avfuktingseffekten eller effektopptaket uegnet. Til slutt arbeider alle kondenseringstørker etter det samme prinsippet og er underlagt de samme fysiske lovene. Fakta er: Uavhengig av den angitte motoreffekten eller maks. strømforbruk bruker en kondenseringstørker i tillegg til

vifteeffekten i det vesentlige bare den kuldeeffekten som til enhver tid er nødvendig for bortledning av varmemengden.

**Luftsirkulasjon** I tillegg til den optimale avfuktingen spiller luftsirkulasjonen - særlig i store og høye bygninger - en stor rolle. Gjennom temperatursjikt og dårlig gjennomstrømmede områder kan det likevel forekomme delvis kondensvanndannelse. For luftsirkulasjonen er også den statiske pressingen av luften i utløpsrørene for å overvinne luftmotstanden avgjørende.

For apparater med høy pressing ( $> 300$  Pa) og med luftutløpsrør til målrettet strømningsføring er det i de fleste brukstilfeller tilstrekkelig med ett sentralt oppstilt apparat i stedet for to diametralt oppstilte, vanlige apparater.

Avfuktingskapasiteten for disse apparatene er som regel mer enn tilstrekkelig.

For høye bygninger som høydebasseng av rustfritt stål bør det fortrinnsvis brukes apparater med luftutløp oppover eller via justerbare rør eller buer for innstilling av en retningsorientert strømning. Disse avfukterne kan stilles opp i midten og ideelt sett drives ved hjelp av duggpunktfølere.



**Beregning av sirkulasjonsvolumet** For å sikre god luftavfukting bør romvolumet i den lukkede bygningen eller rommet som skal avfuktes, sirkuleres ca. en gang per time. Fullstendig luftsirkulasjon er viktig, for bare på den måten er det mulig med god fuktighetstransport ved hjelp av naturlige konveksjonsprosesser.

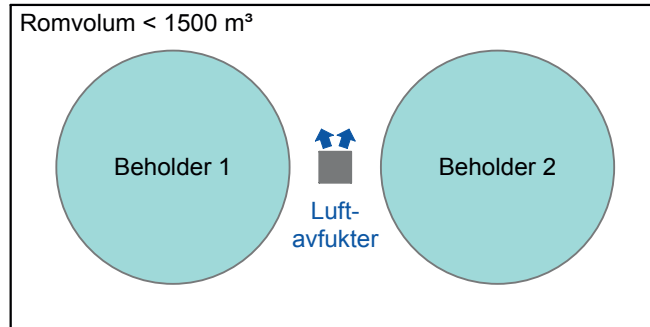
Siderom eller romområder med dårlig gjennomstrømning må ved behov betjenes av separate avfuktere. Luftsirkulasjonen for disse apparatene må tilpasses de aktuelle romstørrelsene. Luftavfukterne må plasseres slik at kortslutningsstrømninger unngås og at det oppnås god sirkulasjon. Ved store flater (stort volum og lavere rom) er det en fordel med rørledninger for målrettet strømningsføring.

Ved stasjonær oppstilling må det monteres tilstrekkelig dimensjonerte avluftsledninger for kondensavløpsledningen (fare for groing).

Romvolumet  $V_R$  fremkommer ut fra bruttovolumet minus volumet for montert utstyr, som for eksempel beholdere osv.

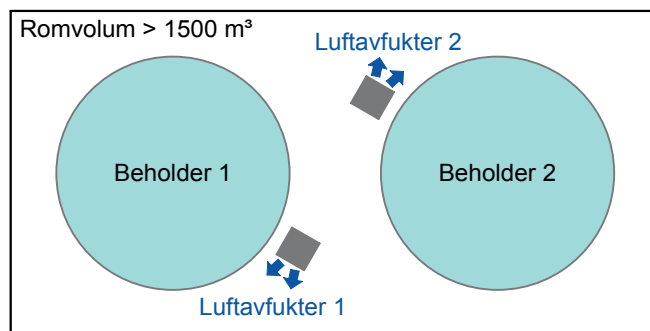


**Antall apparater** Ved et romvolum på inntil ca. 1500 m<sup>3</sup> kan det sikres tilstrekkelig luftavfukting med en sentralt oppstilt avfukter. Sirkulasjonskapasiteten må da være lik eller større enn romvolumet (se datablad for luftavfukter).



Oppstilling av en luftavfukter

Ved større romvolum enn 1500 m<sup>3</sup> må det brukes flere avfuktere. Større avfuktere bør av energigrunner prinsipielt kobles eller drives ved hjelp av en duggpunktfølør. Da kan eventuelt flere apparater styres via én følør. Ved større romvolum bør det utelukkende brukes apparater med høyere pressing.



Oppstilling av to luftavfuktere

**Lufting og oppvarming** En luftveksling kan under bestemte forutsetninger være nødvendig ved vannverksdrift (tilførsel og bortledning av kjøleluft, avledning av gasser og damp, luftutligning ved vannspeilendringer i beholdere osv.).

For ikke å påvirke avfuktingen gjennom luftingen må det stilles opp tilsvarende anleggsdeler i separate rom eller atskilt, og luftes direkte ut i det fri. Naturlig lufting er stedvis bare vanlig ved sjakter, og da er det også her en fordel med luftavfukting - ved behov kombinert med tvangslufting via vifter. Av energigrunner bør oppvarming av drifts- og kjemikalierom (f.eks. natronlutlagring osv.) og kontrollrom begrenses. Til luftavfukting er oppvarming av energigrunner ikke egnet.

**Oppsummering** Avfuktingsapparater gir mer nytte enn de koster. De er stort sett vedlikeholdsfrie under drift. Apparat, filter og avløpsledninger må rengjøres, eventuelt skiftes ut regelmessig. Apparatene må utstyres med driftstimetellere for å kunne registrere effektreduksjon eller for høye driftstider på grunn av feilinnstillinger.

**Tidvis utkobling av luftavfuktere bør absolutt unngås med tanke på et jevnt og kontinuerlig romklima.**

## Avfukter for vannverk

Luftavfukteren i serien HDE er utviklet både for profesjonelle bruksområder og for vannverk. Derfor er avfukteren utstyrt med et hus av rustfritt stål med beskyttelsesklasse IP54 og ekstra store og stabile transporthjul. De stort dimensjonerte viftene sørger for rikelig med luftsirkulasjon og dermed glimrende avfukningskapasitet også i store og høye rom. Den helelektriske reguleringen sikrer effektiv avfukningsprosess også ved lave driftstemperaturer.

Eksterne hygrostater eller duggpunktfølere kan kobles til. Kondensatet ledes permanent bort via en slange. Samtlige tilkoblinger og brytere er plassert beskyttet på baksiden av huset.

**Bruksområder** Drift under normale atmosfæriske betingelser og omgivelsestemperaturer mellom 1 °C til 35 °C, ved en relativ luftfuktighet mellom 40% og 99%.

- Utførelse**
- Hus i rustfritt stål
  - Varmgasstining
  - Beskyttelsesklasse IP54
  - Helelektronisk regulator
  - Luftfilter som kan rengjøres
  - Visning av driftstimer i regulatoren
  - Støtbeskyttet filter/fordamper
  - Kjølemedium R410A
  - Kondensatpumpe mulig som tilleggsutstyr
  - Ekstern hygrostat, duggpunktføler som tilleggsutstyr

HDE 150 / HDE 210



HDE 370



**Tekniske data -  
Avfukter**

Avfukter	HDE150	HDE210	HDE370
HE-artikkelnummer	151614	151615	151616
Avfukningskapasitet ved 8 °C / 70% RF [l/d]	11,9	26,2	30,9
Avfukningskapasitet ved 12 °C / 70% RF [l/d]	15,9	32,1	38,8
Avfukningskapasitet ved 20 °C / 60% RF [l/d]	21,5	39,4	48,0
Avfukningskapasitet ved 27 °C / 60% RF [l/d]	29,6	53,0	65,3
Avfukningskapasitet maks. 30 °C / 80% RF [l/d]	40,8	71,7	93,2
Effektøptak ved 10 °C / 70% RF ca. [W]	200	770	920
Effektøptak maks. [W]	330	1010	1510
Spenning [V / Hz]	230 / 50	230 / 50	230 / 50
Luftsirkulasjon maks. [m³/t]	600	800	1000
Økt pressing ekst. [Pa]	-	-	300
Lydtrykknivå [dB(A)]	47	48	57
Vekt, netto [kg]	50	56	82
Mål inkludert hjul og håndtak (høyde x bredde x dybde) [mm]	915 x 545 x 490	965 x 545 x 490	1100 x 610 x 635

Leveringsomfang: Romluftavfukter med tilkoblingsklar ekstern hygrostat

**Advarsel** Det er helt nødvendig å montere strømningsretteren (2 x buer i rustfritt stål med muffert eller deflektorer), som er inkludert i leveringsomfanget for HDE370. Drift uten strømningsretter fører til høy overstrøms hastighet på fordampere, og dette kan føre til at effekten reduseres.

**Duggpunktmonitor  
TW Ö/S**

Ved hjelp av en duggpunktmonitor kan luftavfukteren drives svært effektivt og dermed økonomisk. Duggpunktmonitoren monteres på kalde overflater eller direkte på rørledningene. Den kan brukes som fuktighetsføler, duggpunktføler eller grenseverdi-bryter og dermed avfukter drives slik at grenseverdi-bryteren blir aktivert gjennom koblingsutgangen til duggpunktmonitoren allerede før dugging på røroverflaten. For drift av duggpunktmonitoren kreves det en 24 VAC spenningsforsyning fra avfukteren.



**Tekniske data -  
Duggpunktmonitor**

Duggpunktmonitor	TW Ö/S
HE-artikkelnummer	151617
Kapasitiv føler	For arbeidsområdet 75-100% RF
Temperaturområde	0-50 °C
Utgangssignal	Potensialfri vekselkontakt 24 V AC
Beskyttelsesklasse	IP65