



Porovnanie prevádzkových nákladov a návratnosti adiabatického sprchovania u chladičov, kondenzátorov a kompaktných vzduchom-chladených chladičov

Peter Behúl

www.climaport.sk





Porovnanie prevádzkových nákladov a návratnosti adiabatického sprchovania u chladičov, kondenzátorov a kompaktných vzduchom-chladených chladičov

- Čo je to“Adiabatika“ ?
- Konštrukčné špecifiká a dizajn
- Vstupné údaje a analýza
- Modelové situácie a návrhy pre optimalizáciu
- Kalkulácie investícií a návratností v reálnych prípadoch
- Výpočet prevádzkových nákladov počas životného cyklu
- Výhody a nevýhody jednotlivých riešení
- Prínosy a nástrahy jednotlivých konceptov adiabatiky pre investorov a prevádzkovateľov



Čo je to “Adiabatika” ?

Adiabatika bola známa už v dávnej histórii

Ochladzovanie bolo známe už v **Rímskej ríši** – voda z Aquaduktov pretekala cez steny domov čím ich ochladzovala.

Na **Blízkom východe** používali navlhčené sieťky v oknách na ochladzovanie vzduchu v domoch a začali využívať fontány na spíjemnenie ovzdušia v centrách sídiel.

Stredoveká Perzia mala budovy s cisternami a používala veterné veže na chladenie budov počas teplejšieho obdobia. Cisterny boli veľké otvorené bazény v strede nádvorí a slúžili na zber dažďovej vody. Veterné veže mali okná, aby zachytili vietor a smerovali ho cez prúdnice ponad nádrž, aby takto ochladili vzduch.

**Adiabatickým ochladzovaním vieme
znižit' teplotu vzduchu o 3 až 8 °C**



Čo je to “Adiabatika” ?

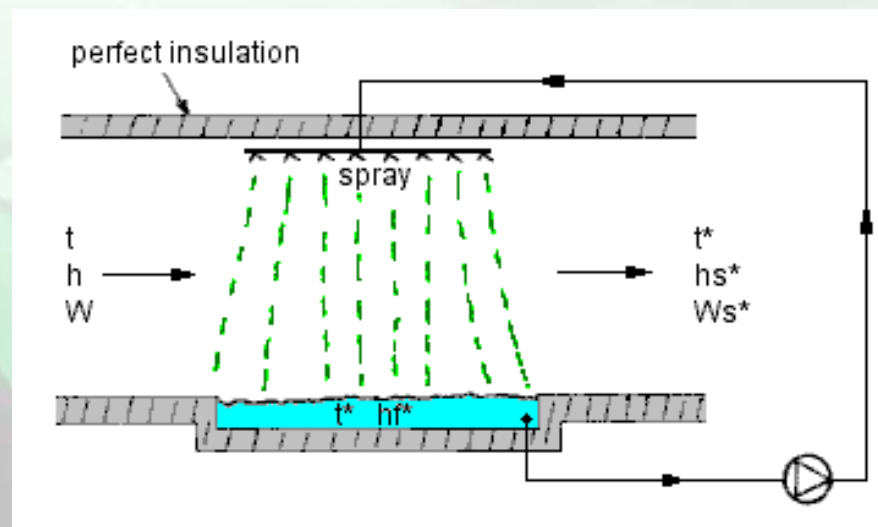
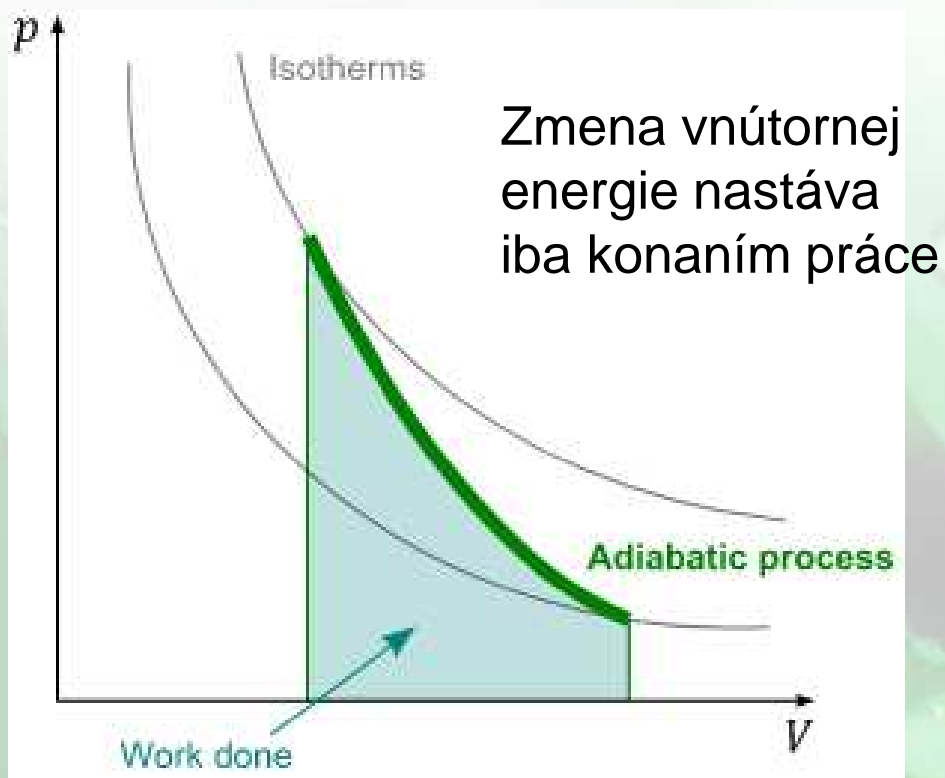
Adiabatiku stretávame v praxi aj dnes ...





Čo je to “Adiabatika” ?

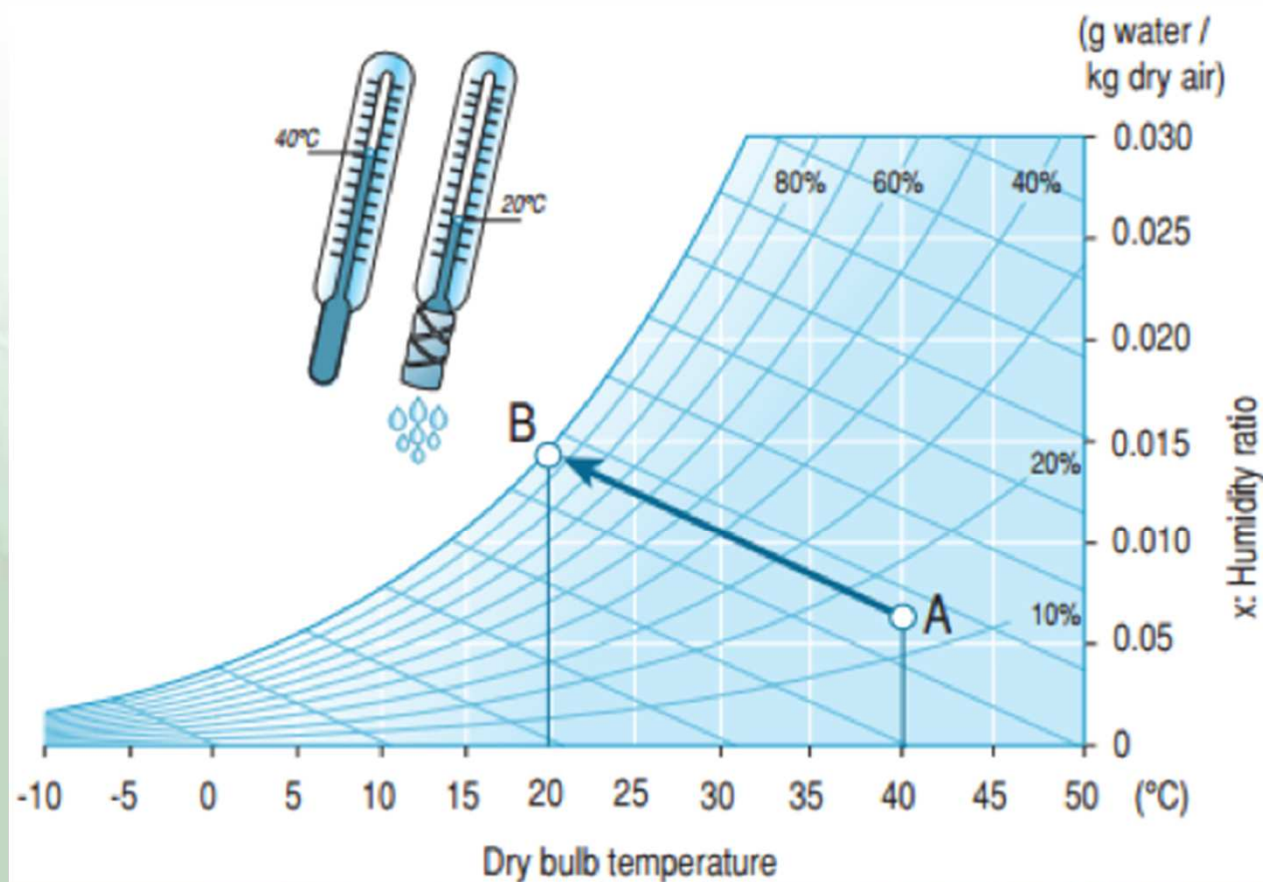
- Adiabatický dej popisuje 1. termodynamický zákon ako termodynamický proces / dej, pri ktorom nedochádza k tepelnej výmene medzi plynom a okolím ... $dQ = 0$



$$h + (W_s^* - W) = h_s^*$$



Adiabatické ochladzovanie



Ako môže byť suchý 40°C vzduch ochladzovaný sprchovanou vodou ?

Počiatočný bod „A“ ukazuje teplotu suchého teplomera, po entalpickej prívke pri 15% rv dostaneme teplotu tzv. nasýteného mokrého teplomera 20°C - bod „B“.

Takéto veľké ochladenie je iba teoretické a pracujeme s reálnou účinnosťou 70% čo predstavuje ochladenie o 5-8 °K.



Adiabatické ochladzovanie

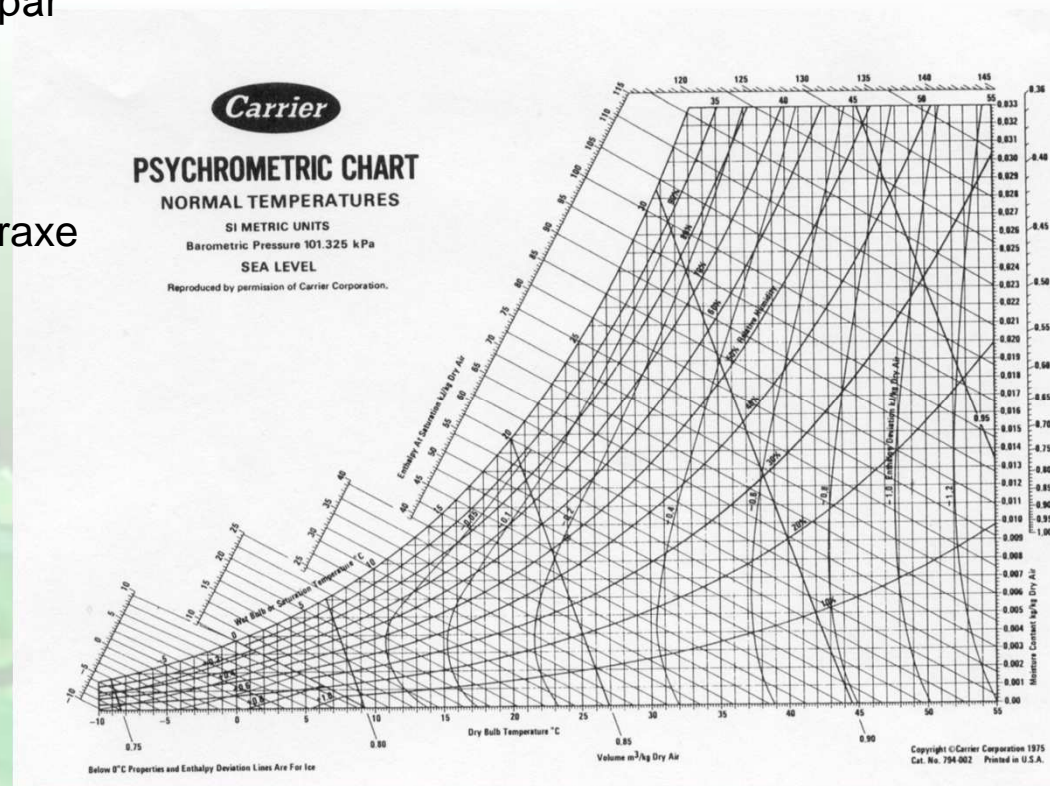
Psychrometrický diagram

Je graf termodynamických parametrov pár vzduchu pri konštantnom tlaku - často udavané pri úrovni hladiny mora.

Šýl psychrometrického diagramu používaný ASHRAE bol zavedený do praxe Dr. Willis Carrierom už v roku 1904.



*Willis H. Carrier
President ASRE 1927
President ASHVE 1931*





Čo je to “Adiabatika” ?

- **Sprchovanie** (v smere na lamely Cu/Al alebo MCHX, v smere alebo proti smeru prúdenia vzduchu)
 - väčšia spotreba vody u vysokotlakého sprchovania v smere sania vzduchu
 - menšia spotreba vody pri protiprúdovom rozstreku, menší nárok na kvalitu vody a povrchovú úpravu výmenníkov
- **Predchladzovanie odparovaním** (vytváranie hmly/oparu pred saním vzduchového výmenníka)
 - minimálna spotreba vody
 - malá náročnosť na údržbu
 - bez zvláštnych nárokov na úpravu vody
 - malý vplyv na zvýšenú ochranu výmenníkov
- **Adiabatické navlhčovanie** (navlhčovací materiál pre odparovacie ochladzovanie)
 - náročnejšie na servis a údržbu
 - spotreba materiálu



Konštrukčné špecifiká a dizajn

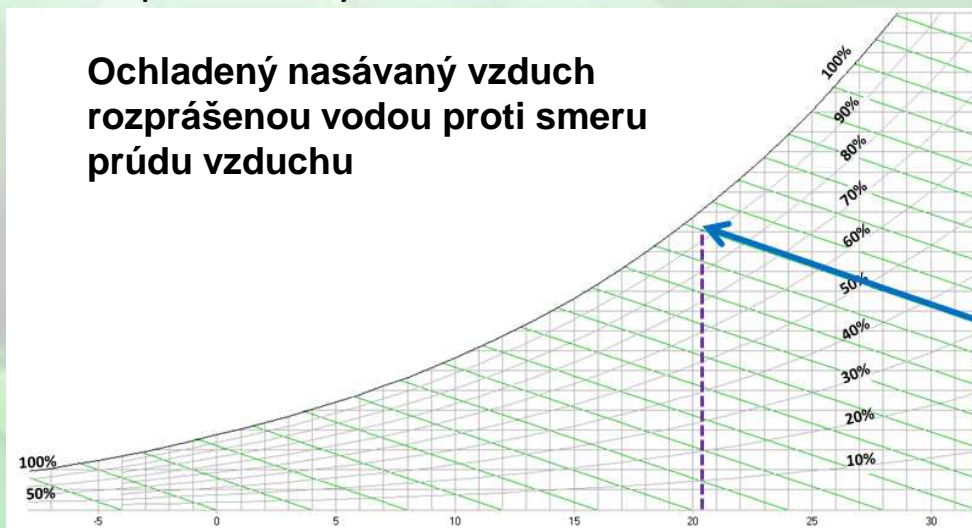
- Chladiče, suché chladiče a kondenzátory sú štandardne navrhované pri najvyšších okolitých teplotách - tj. najnevhodnejších podmienkach pre svoju prácu, kedy majú poskytnúť požadovaný výkon
- Veľmi často sa tieto podmienky vyskytujú iba veľmi zriedkavo počas roka, pri špičkových vonkajších teplotách
- Z toho vychádza predimenzovanie zariadení pri podstatnej dobe prevádzky týchto zariadení - čiže navrhnutý systém je investične predražený

... Vodné sprchovanie nám môže pomôcť vo väčšine prípadov !

Podstatné údaje, ktoré potrebujeme vedieť:

- **Teplota (°C)**
- **Relatívna vlhkosť (RH %)**

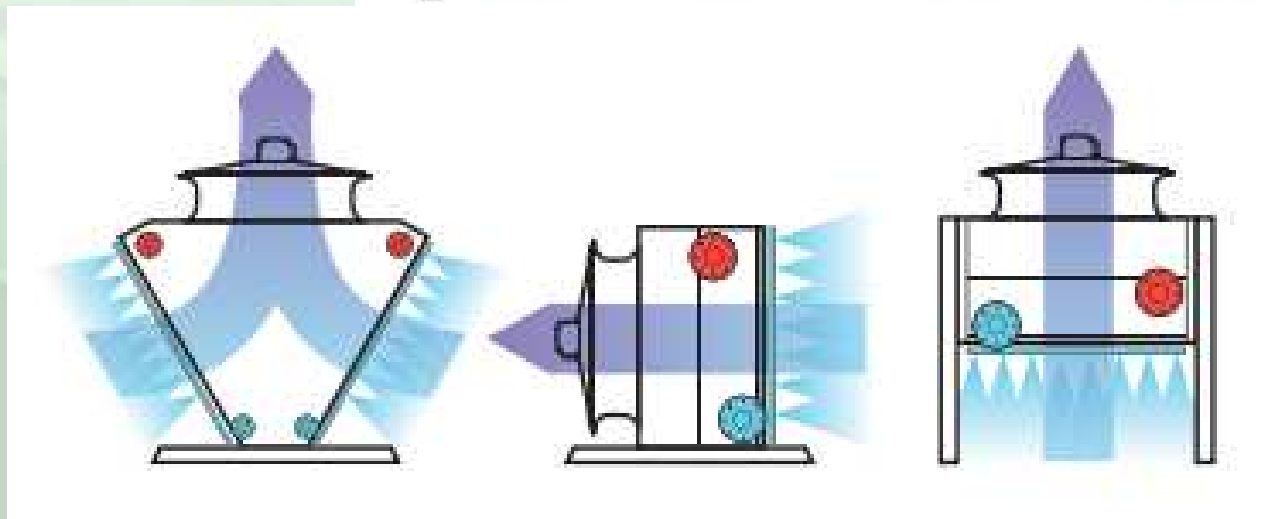
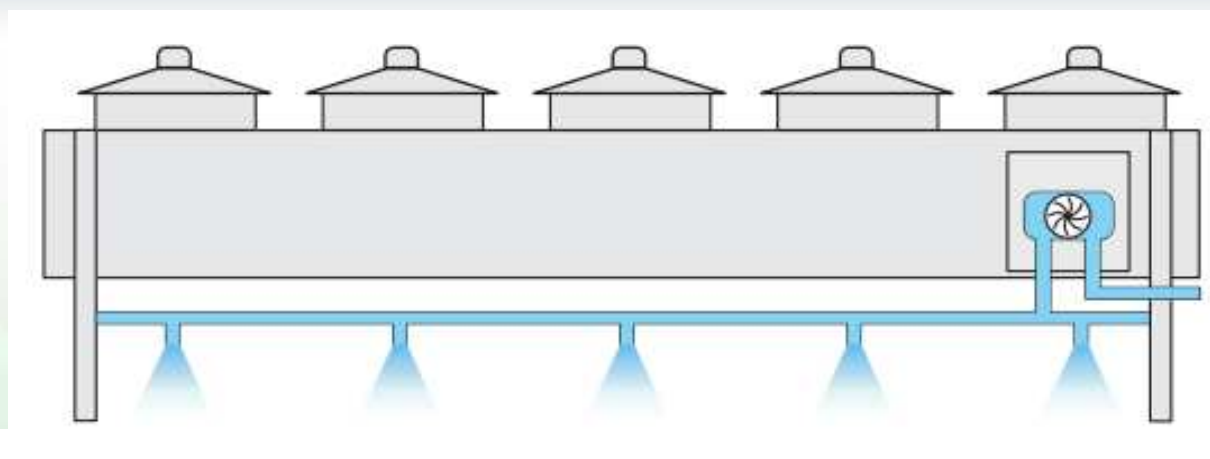
Ochladený nasávaný vzduch
rozprášenou vodou proti smeru
prúdu vzduchu





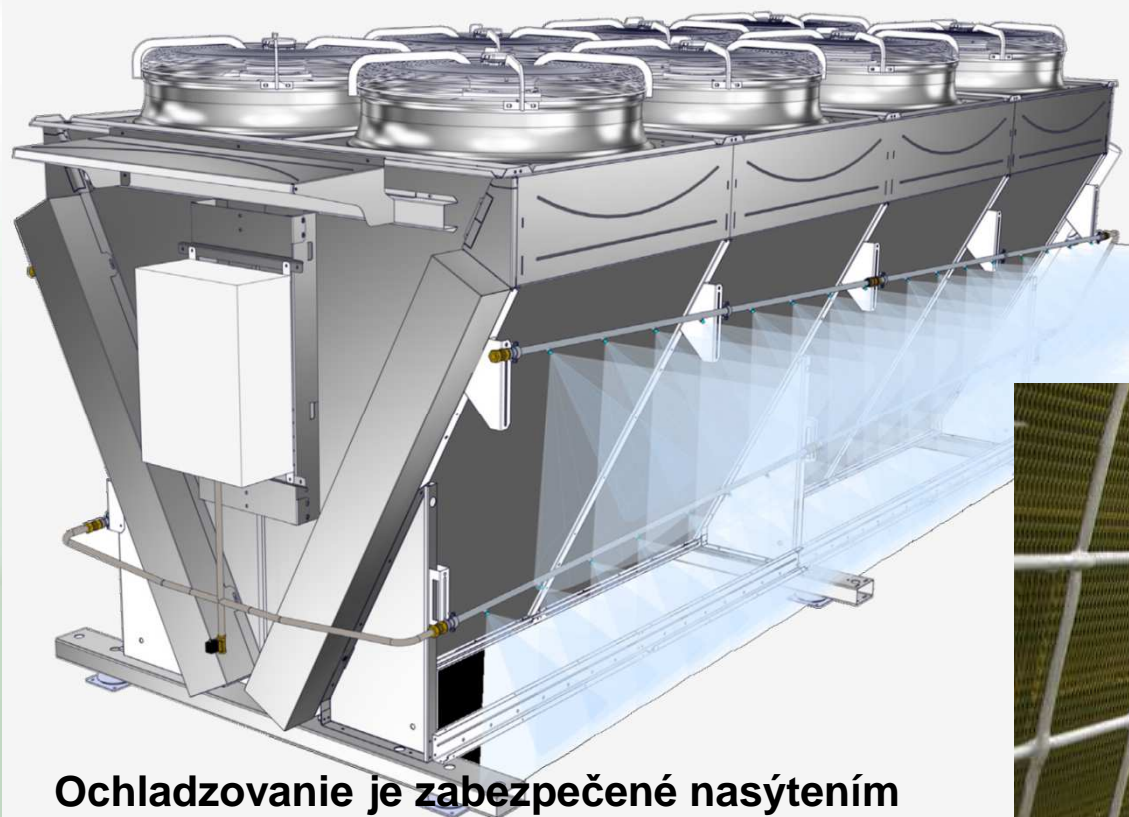
Konštrukčné špecifiká a dizajn

**Možnosti
orientácie
sprchovania**





Konštrukčné špecifiká a dizajn



**Dokonalé navlhčovanie
vzduchu rozprašovaním na
čo najmenšie častice vody -
zabraňuje stekaniu vody po
lamelách**

**Ochladzovanie je zabezpečené nasýtením
vzduchu okolo výmenníka a nedochádza k
priamemu striekaniu na lamely, čím sa znižuje
riziko korózie**





Čo nás vedie k adiabatike ?

- Návrh pre zníženie hlučnosti (deň, noc), redesign
- Návrh pre zmenšenie rozmerov (disponibilita plochy na streche)
- Návrh pre zníženie prevádzkovej alebo inštalačnej hmotnosti (OK, tiaž, žeriav)
- Návrh pre zníženie požiadavky na hlavné el. napájanie
- Návrh pre zvýšenie chladiaceho výkonu až o +41% (deficit, zvýšenie požiadavky)
- Návrh pre úsporu prevádzkových nákladov až o -37%
- Návratnosť investície (ROI) ... pri bežných admin. budovách **max. do 1 roka !!!**
- a chceme predsa tiež znižovať emisie CO₂



Vstupné údaje a analýza

➤ V-čkový suchý chladič

Zadanie:

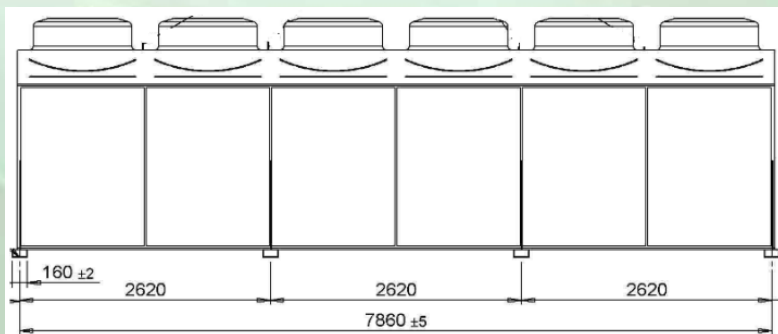
THR=800kW pri $T_{amb_max} = +35^{\circ}\text{C}$ $T_{w-IN} = +45^{\circ}\text{C}$, $T_{w-out} = +40^{\circ}\text{C}$

inštalácia: Bratislava

Priemerná max. teplota Jul/August: 26°C , $T_{max} = 33/35^{\circ}\text{C}$ (2-3 hod./deň)

Navrhované zariadenie: VDDSE806C_ICM

Cena pre konečného zákazníka: 27.070 €
(vrátane dopravy)



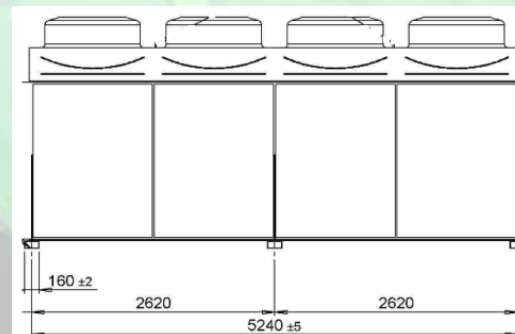
Celkový inštal. príkon: **18kW**

Hlučnosť : Lw **60dB(A)**

Dĺžka : **7,86 m**

Navrhované zariadenie : VDDSE804C_ICM
so sprchovaním (max. disp. výkon 840kW !)

Cena pre konečného zákazníka : 22.750 €
(vrátane dopravy)



Celkový inštal. príkon : **12kW** (0,55kW čerp.)

Hlučnosť : Lw **58dB(A)**

Dĺžka : **5,24 m**

**Hmotnosť
menšia o
-32%
(-475 kg)**



Ako navrhovať sprchovanie ?

Do pomocného Excel hárku zadajte:

- Vonkajšiu teplotu
- Relatívnu vlhkosť
- Prietok vzduchu (zo softvéru CAS)

a vypočítajte efekt nasýtenia pri vzatí do úvahy 70% účinnosť



Microsoft Excel
Worksheet

Sprchovací systém - kalkulácia adiabatického nasýtenia

Vstupy	Teplota suchého teplomera	[°C]	30
	Relatívna vlhkosť	[%]	50
	Prietok vzduchu	[m³/h]	262000

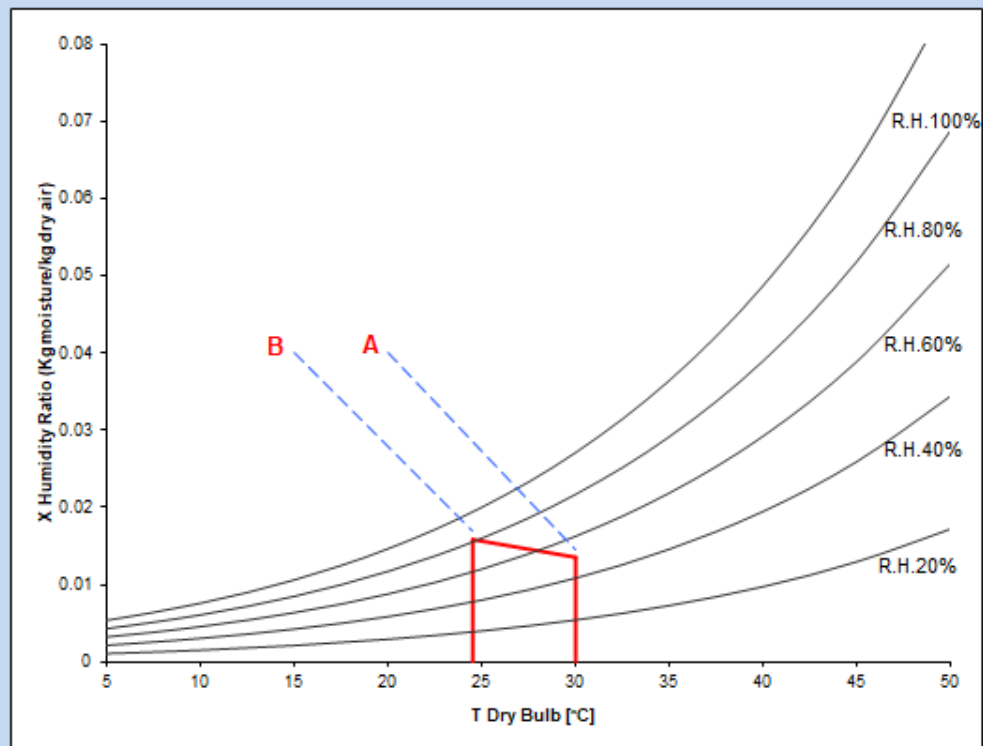
Setting	Účinnosť systému	[%]	<input type="radio"/> 100	Teoretická hodnota
			<input checked="" type="radio"/> 70	Reálna účinnosť

Detaily pre bod A	Hustota vzduchu	[Kg/m³]	1.2
	Tlak nasýtených pár	[Pa]	4240.5
	Absolútna vlhkosť nasýtenia	[g/Kg]	27.1
	Pomer vlhkosti	[g/Kg]	13.6
	Entalpia	[KJ/Kg]	65.1

Detaily pre bod B	Tlak nasýtených pár	[Pa]	2673.1
	Absolútna vlhkosť nasýtenia	[g/Kg]	16.8
	Pomer vlhkosti	[g/Kg]	15.8
	Entalpia	[KJ/Kg]	65.1

Výstup	Prietok vody	[l/h]	996.0
	Teplota nasýteného vzduchu	[°C]	24.5

Calculate

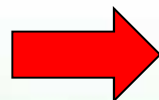


- Potrebný prietok vody - navrhnutý systém 1 m³/hod.
- Teplota nasýteného vzduchu - pre nový návrh v softvére CAS

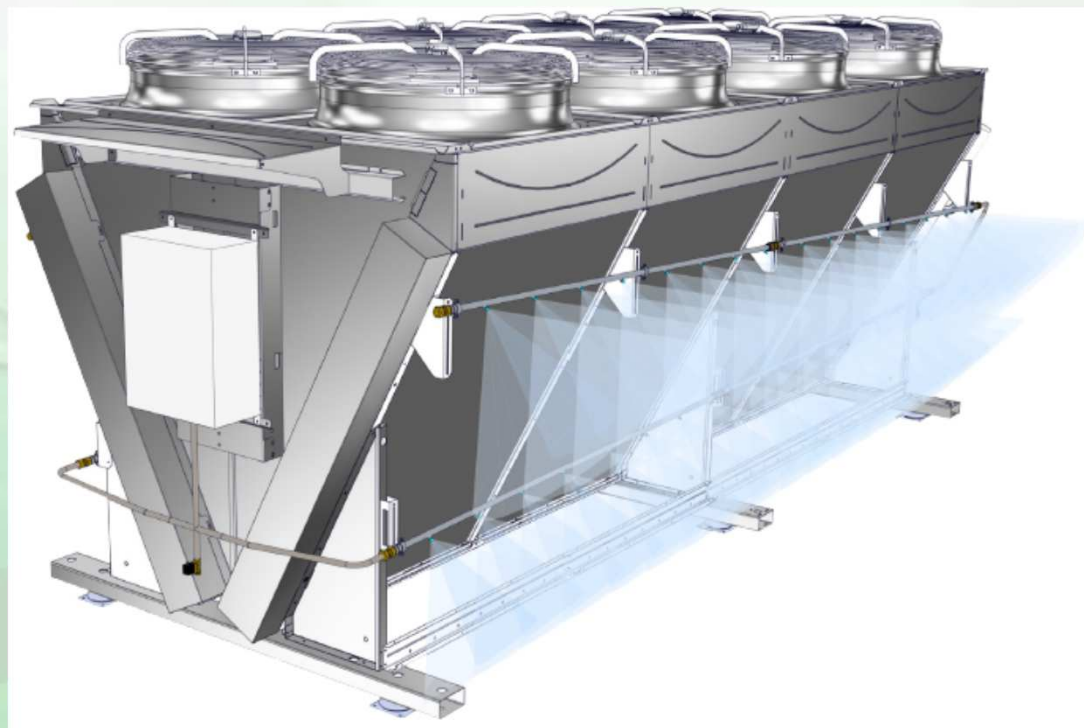


Ako navrhovať sprchovanie ?

s **Prietokom vody** a **Teplotou nasýteného vzduchu**



Navstupujte správne hodnoty do softvéru CAS
a navrhnete optimalizované zariadenie

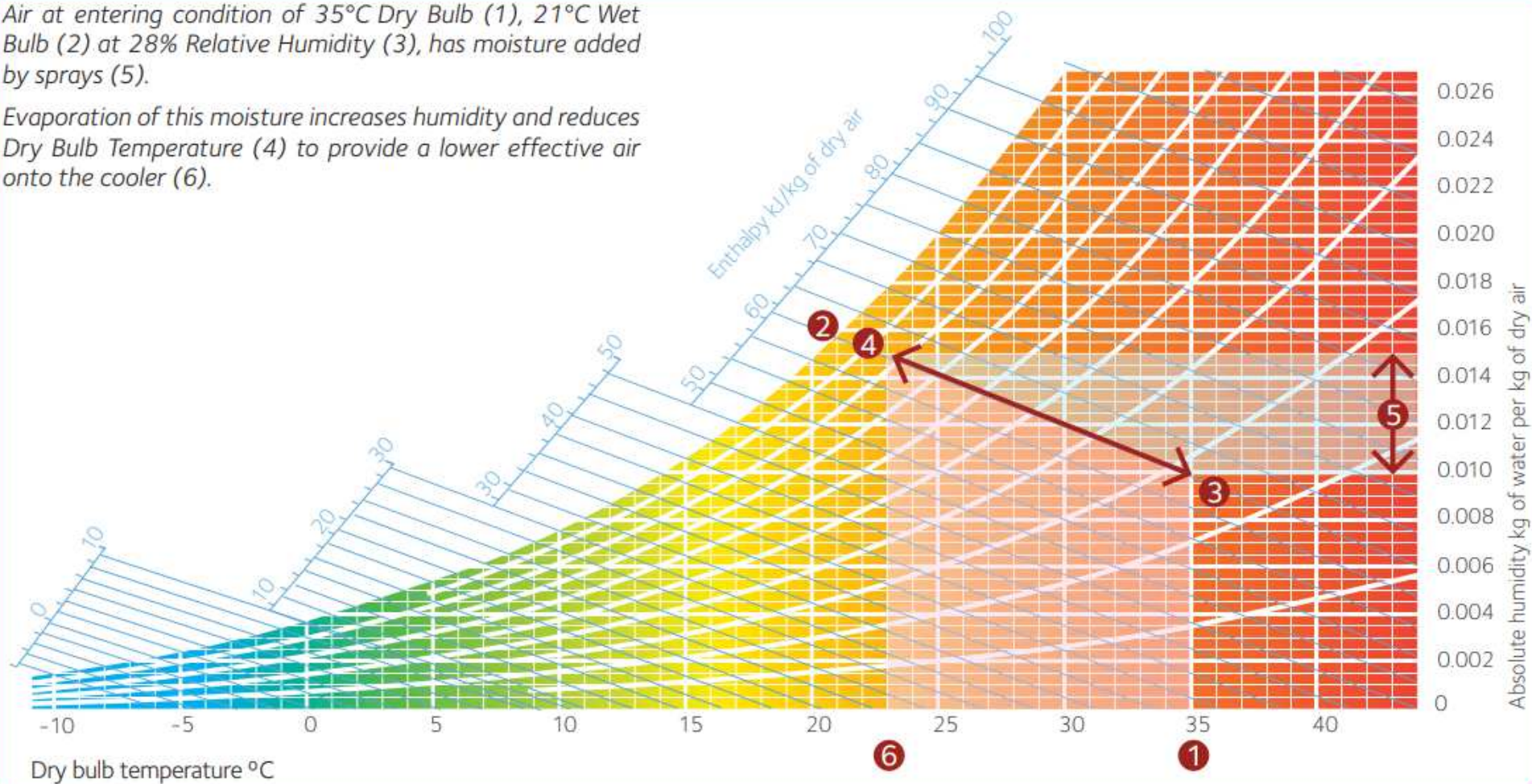




Ako navrhovať sprchovanie ?

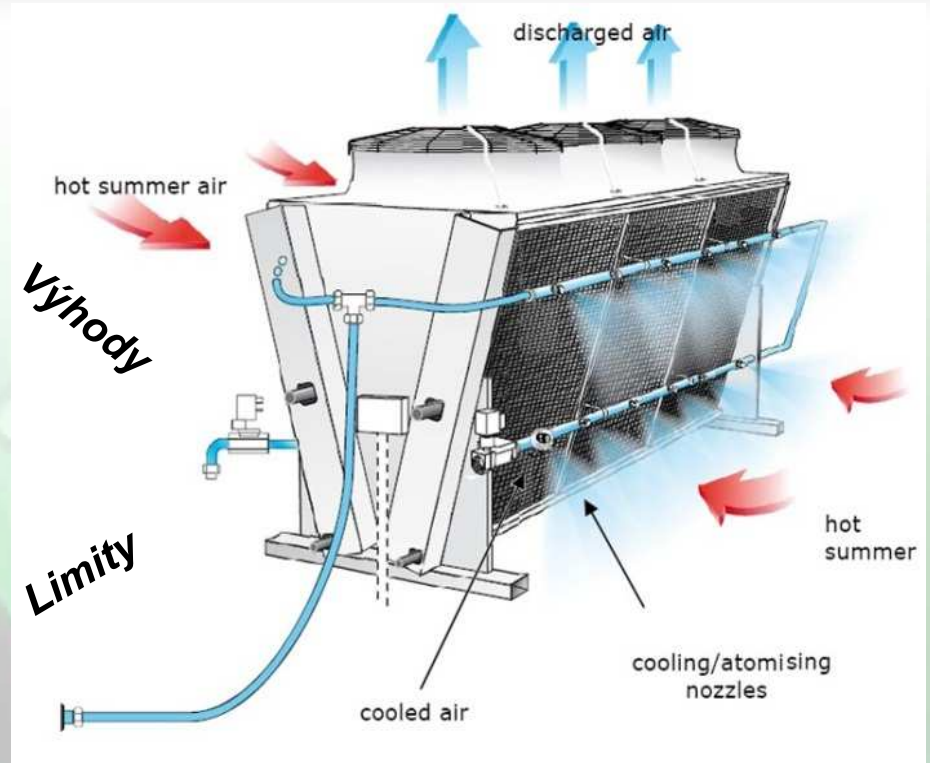
Air at entering condition of 35°C Dry Bulb (1), 21°C Wet Bulb (2) at 28% Relative Humidity (3), has moisture added by sprays (5).

Evaporation of this moisture increases humidity and reduces Dry Bulb Temperature (4) to provide a lower effective air onto the cooler (6).



Výhody a limity sprchovania

- ✓ Návrh spravený podľa reálnej potreby (bez zbytočného predimenzovania)
 - ✓ Zvýšenie účinnosti v strede sezóny
 - ✓ Kompaktnejšie /menšie/ zariadenie
 - ✓ Nižšie investičné náklady (cena zar.)
 - ✓ Menšia ocelovka
 - ✓ Nižšie náklady na dopravu a osadenie
 - ✓ Prevádzkové úspory
 - ✓ Nižšia hlučnosť
-
- ❑ Dostupnosť vody a jej kvalita
 - ❑ Obmedzená doba prevádzky (teplota)
 - ❑ ON/OFF spínanie (bez riadenia plynulou moduláciou)
 - ❑ Obmedzenie vzhľadom na relat. vlhkosť



**Pozor: zariadenia vybavené sprchovaním \neq adiabatika !
skutočná účinnosť pri sprchovaní ~70%**



Komponenty



Čerpacia stanica



Nerezové trubky
s plastovými
tryskami





Komponenty - čerpacia stanica



Rozvádzač s ochranami čerpadiel a signálmi (diaľkový povel ON/OFF a Alarm)

6 barové čerp.

Tlaková redukcia

2x Solenoid - na vstupe a výstupe

Teplotný spínač

Tlakový spínač



T-kusy a odvodnenie / drenáž /

Komponenty

VDDSE1009C - 2 m³/hod.





Komponenty





Regulácia - aktivácia sprchovania

Sprchovanie (mokrý režim) môže byť aktivované:

- 1 - Integrovaným riadiacim systémom ICM (EC vent.)**
- 2 - Master ovládačom / Ptec (EC vent.)**
- 3 - Digitálnym vstupom od externého povelu (MaR)**





Adiabatické sprchovanie - záver / suché chladiče a kondenzátory /

- ❑ Optimálny chladiaci efekt je pri RH% pod 60% (maximálny rozsah 40 - 70 % RH)
(Vonkajšia teplota a vlhkosť sú nevyhnutné vstupné údaje)
- ❑ Sprchovanie je výborné pre teplotné špičky - takmer žiadne limity na prevádzke
- ❑ Dlhšie prevádzkovanie ako 200 h./rok je odporúčané iba ak sa použije vhodná povrchová úprava (*SWR - Sea water resistance, AlMg (Al+horčík) prip. Stainless steel tubing (nerez do chemického priemyslu)*)
- ❑ Nižšie inštalačné a prepravné náklady
- ❑ Dodržanie požadovanej kvality vody (väčšinou vyhovuje pitná mestská voda, 3 Bary)
- ❑ Priame sprchovanie nebude mať nikdy takú účinnosť ako adiabatický systém



Adiabatika u kompaktných chladičov

Problémy v horúcich letných dňoch

- ✓ Vypadávanie chladenia z dôvodu extrémnych vonkajších teplôt
- ✓ Odstavovanie určitých odberových vetiev z dôvodu deficitu výkonu na zdrojoch chladu
- ✓ Prehrievanie teploty chladenej vody - nedodržanie dodávky pre nájomné prevádzky
- ✓ Zvýšená spotreba el. energie pri extrémoch počasia
- ✓ Nedodržanie povoleného odberového maxima zo siete
- ✓ Výpadok chladenie pri maximálnej záťaži kompresorov



Adiabatika u kompaktných chladičov

RIEŠENIE = Prídavné adiabatické predchladzovanie

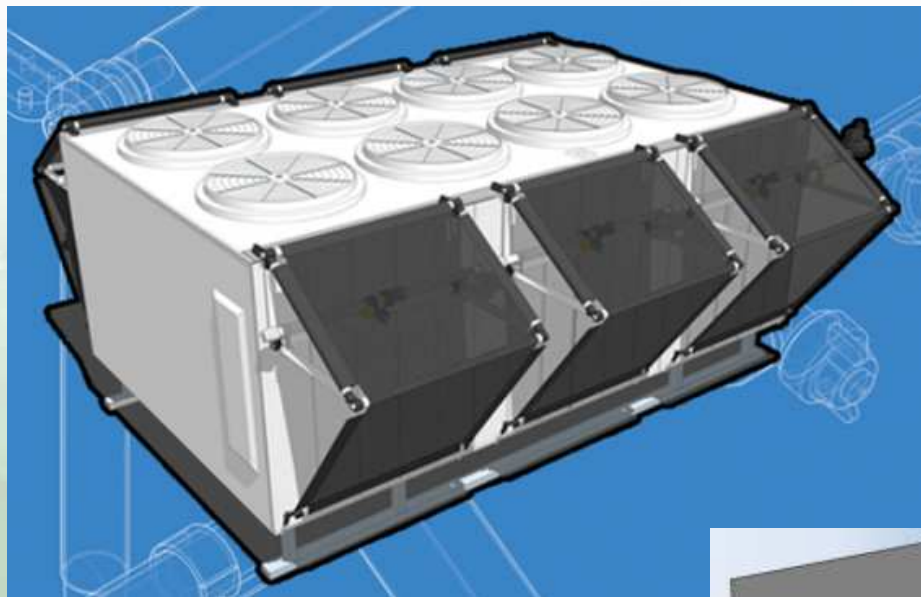
- Prídavne predchladzovanie je systém ktorý zabezpečuje **zlepšenie prevádzkových účinností pri chladení (EER, ESEER)**
- Úspora prevádzkových nákladov je vyčíslená **až na 44%**
- Technológia prídavného rozprašovania vody sa aplikuje po celom svete a po inštalovaní je prakticky bezúdržbová
- Spotreba vody je o **75% nižšia ako u chladiacich veží** (max. 7-8 l/hod./m²)
- Predĺženie životnosti kompresorov
- Jednoduchá inštalácia priamo na mieste



Adiabatika u kompaktných chladičov



Prídavné adiabatické predchladzovanie - ako to funguje ?



Využíva efekt mokrého teplomera pre jednoduché, ekonomické a bezpečné riešenie adiabatického ochladzovanie



Prídavné rozprašovanie sa aplikuje na sacej strane chladičov - proti prúdu sania



Adiabatika u kompaktných chladičov



Prídavné adiabatické predchladzovanie - ako to funguje ?



Adiabatické ochladzovanie
nastáva už na povrchu mreže /
sieťky, nie na Cu/AL alebo MCHX
výmenníkoch kondenzátorov

Prídavné rozprašovanie
sa aplikuje na sacej strane
chladičov - proti prúdu sania



Adiabatika u kompaktných chladičov

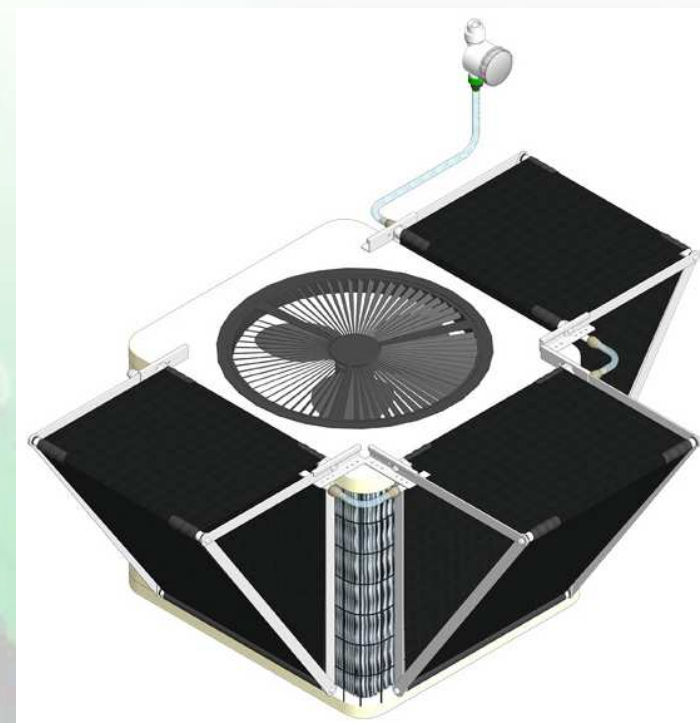
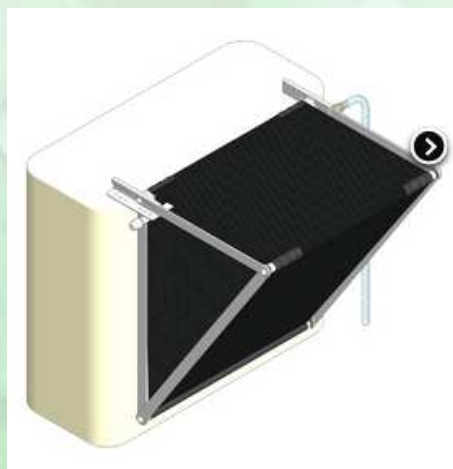


Prídavné adiabatické predchladzovanie

**Možnosť doplnenia na roof-topy
ale aj malé splitové klimatizácie**

**Žiadne zmäkčovanie
vody nie je potrebné !**

**Prípadný odpad vody
nie je zadržávaný,
preto sa neaplikujú
žiadne zdravotné
požiadavky (legionela
a pod.)**





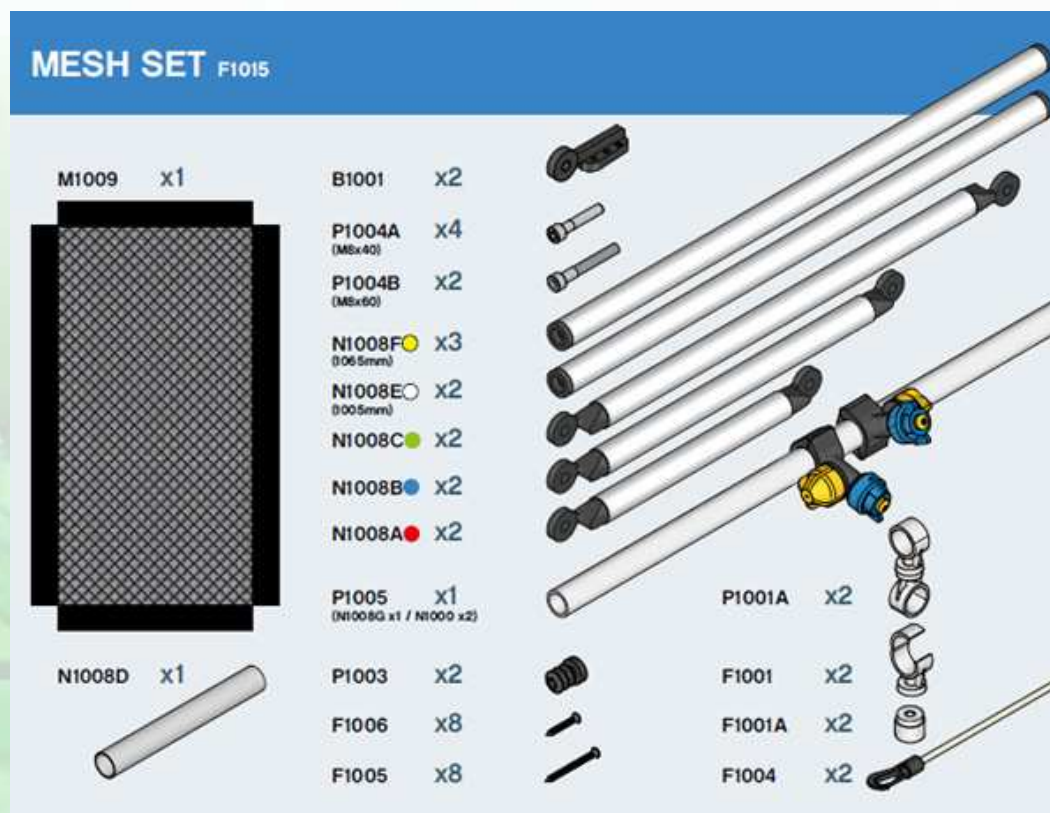
Adiabatika u kompaktných chladičov



Prídavné adiabatické predchladzovanie - komponenty

Nekovový materiál sieťky
- pevný ale flexibilný plast

Jednoduchá inštalácia na
mieste a príp. opravy alebo
rozšírenie



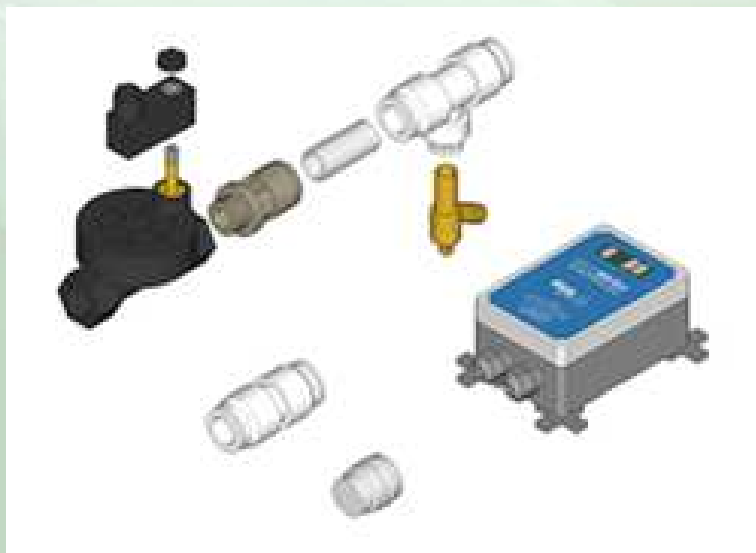


Adiabatika u kompaktných chladičov



Prídavné adiabatické predchladzovanie - komponenty

Na vytvorenie hmlového efektu na tryskách postačuje tlak vody 1,5 Bar



Regulácia cez programovateľné PLC ktoré ovláda 2-cestné ventily na vode podľa požiadavky od teplotného alebo tlakového čidla, príp. externého povelu cez bežnapäťový vstup

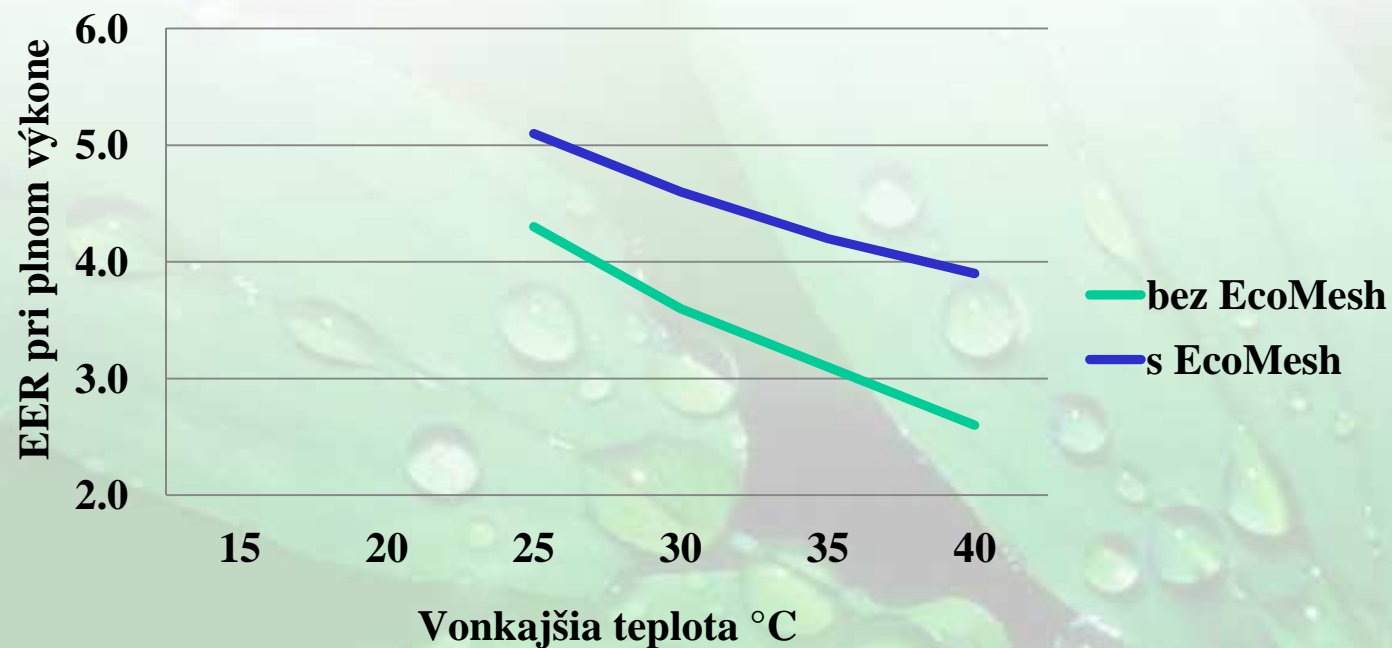


Adiabatika u kompaktných chladičov



Prídavné adiabatické predchladzovanie - ROI

Vplyv adiabatiky na EER





Adiabatika u kompaktných chladičov



Prídavné adiabatické predchladzovanie - ROI

- Chladiaci výkon (30XA1002) = 1000 kW (EER 3,1 ; ESEER 4,2)
- Úspora na elektrickom príkone (322 vs 238 kW) = 84 kWh
- Chladič pracuje na 100% 8 hodín denne = spotreba 672 kWh / deň
- Poddimenzovanie chladiča sa prejavuje 93 dní v roku = spotreba 62.496 kWh / rok
- Spotreba vyjadrená v financiách = 0,12 €/kWh x 62.496 = 7.499 €
- Spotreba vody ... 2,56 m³ / deň
- Cena spotreby vody = 2,2 € / m³ x 2,56 m³ x 93 dní = 524 € / rok
- Celkové investičné náklady do adiabatiky = 5.750 €

**Zníženie
emisií
CO₂ až o
18 ton/rok**

7.499 - 524 = úspora na energiách 6.975 €

Návratnosť investície do 3 mesiacov !!!

EcoMESH Design Data - Adiabatic evaporative cooling

Carrier

Customer

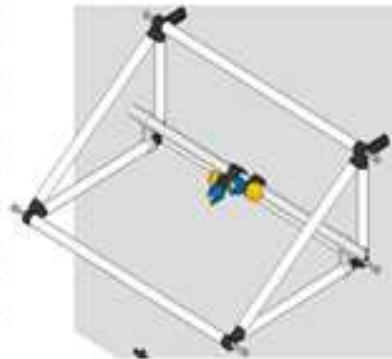
CARRIER

Temperature Range (1)

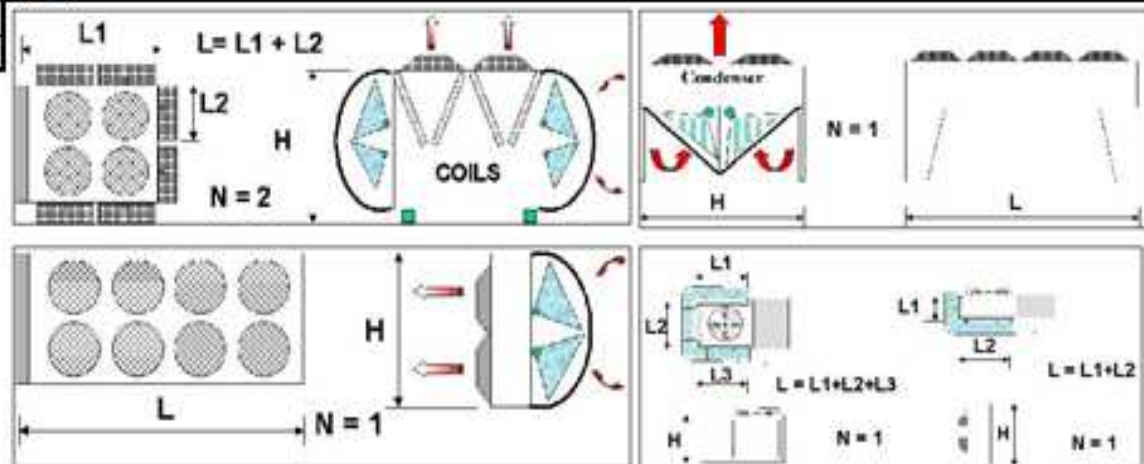
EcoMESH Kit

Mesh Kit (MK-1)	14
Header Kit (HK-1)	2
Control Kit (CK-1)	1

NOTES:



Mesh Set



CONTROL SET

Part No: CK-1



C1002



HEADER SET

Part No: HS-1



Optional Pressure Reducing Valve C1111



MESH SET

Part No: F1015



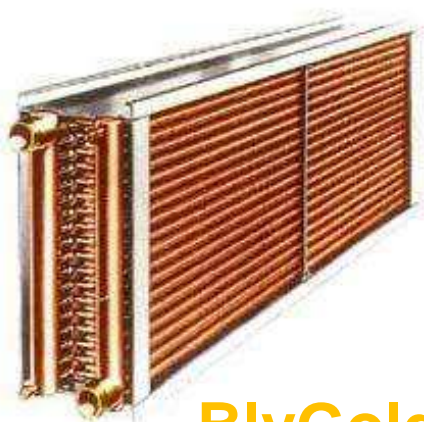


Adiabatika u kompaktných chladičov





Adiabatika u kompaktných chladičov - dodatočná povrchová úprava



BlyGold



Bluefin

Enviroshield



**Super-
Enviroshield**





Zabránenie vzniku Legionely a legislatíva pre design systémov

V súčasnosti neexistujú žiadne právne predpisy týkajúce sa adiabatických chladičov. Jeden dôležitý dokument, ktorý sa týka kontroly baktérií Legionella vo vodných systémoch, uvádza, že zatiaľ čo adiabatické chladiče nie sú pokryté, každý systém by sa mal posudzovať na základe jeho vlastných vplyvov. Na základe toho, že sú k dispozícii rôzne úrovne systému, od základných rozdeľovacích rúrok cez hornú časť jednotiek až po sofistikovaný systém, akým je náš. Ďalším dôležitým vodítkom súpodrobnejšie informácie, ktoré ponúkajú návrhy na výber zariadení, ktoré pomôžu vyhnúť sa šíreniu Legionely. Patria medzi ne:

Vyvarujte sa mŕtveho potrubia, slabých miest a iných oblastí vo vodovodnom systéme, kde voda môže počas vypínania stáť (naš systém tomu zabráňuje a tiež obsahuje funkciu automatického odvodňovania v obdobiach, kedy nie je potrebné adiabatické používanie).

Vyhýbanie sa použitiu materiálov, ako je napríklad guma (naše zariadenie používa nerezové alebo medené potrubia a zabráňuje používaniu gumovej hadice, pretože by mohlo byť prirodzenou plemennou plochou pre Legionelu).

Zabránenie dlhodobému udržiavaniu vlhkých médií, pretože majú potenciál rastu baktérií, kde sa môže hromadiť nečistota, alebo biologická hmota (naš systém je navrhnutý tak, aby poskytoval adiabatické chladenie, kde sa vlhkosť väčšinou odparuje do vzduchu pred tým, ako vzduch prichádza do výmenníka alebo vstupuje do vzduchových filtrov.

Vyhňte sa veľkosti kvapôčok vody medzi 1-5 mikróv, pretože to je veľkosť kvapôčok potrebných na prenesenie baktérií Legionella dostatočne ďaleko do ľudského tela na to, aby Legionnaireova choroba bola kontrahovaná (naše dýzy sú navrhnuté tak, aby poskytovali kvapôčky veľkosti od 50 do 100 mikróv v závislosti na chladiacom modeli).

Zatiaľ čo neexistujú žiadne právne predpisy, ktoré by špecificky pokrývali takéto vybavenie, venujeme veľkú pozornosť tomu, aby sme zabezpečili, že sa zohľadnia najnovšie všeobecné informácie pre správny návrh zariadení.



Zabránenie vzniku Legionely a legislatíva pre návrh systémov

Inaktivácia legionely pomocou UV systému

Ak chcete zabrániť systému, aby produkoval alebo vysielal Legionellu, mal by obsahovať tieto bezpečnostné opatrenia:

Distribúcia vody dodávanej do adiabatického systému by mala byť čistá, ale ak je to z akéhokoľvek dôvodu kontaminovaná, dodávajme UV systém ako štandard. Tento systém je mimoriadne účinný pri usmrcovaní baktérií Legionella (99,99 +%). Dodávané UV dezinfekčné jednotky sú určené na dávkovanie 30 mJ / cm² na konci životnosti svetelných zdrojov. To stačí na to, aby UV systém bol 99,999% účinný pri usmrcovaní baktérií Legionella (za predpokladu, že voda má UV prenos viac ako 95% v 10mm bunke pri 254nm). UV systém má životnosť 8 000 hodín.

Ultrafialová energia s vlnovou dĺžkou 253,7 nm je potrebná na 99,9% inaktiváciu. Pre ekvivalentné hodnoty v $\mu\text{WS} / \text{cm}^2$ [mikrowat sekundy / cm²] vynásobte 1000 baktériami UV dávky

Legionella bozemanii 3,5
Legionella gormanii 4,9
Legionella micdadei 3,1
Legionella longbeachae 2,9
Legionella pneumophila 12,3



Ďakujem za pozornosť

www.climaport.sk

