

VÝPOČTY VLHKOSTNÍCH CHARAKTERISTIK a KLASIFIKACE OBLAKŮ

Určení maximálního tlaku vodní páry (E):

- ☀ vyjadřuje nejvyšší množství vodní páry, které může vzduch obsahovat za dané teploty,
- ☀ výpočet např. dle Magnusova vztahu:

$$E = E_0 * 10^{(7,45*t)/(235+t)} \quad [\text{hPa}, ^\circ\text{C}]$$

E_0 - napětí vodní páry při teplotě 0°C (= 6.10 hPa)

t - teplota vzduchu ve $^\circ\text{C}$ v době měření

- ☀ Na čem závisí maximální tlak vodní páry???

Určení skutečného tlaku vodní páry (e):

vyjadřuje skutečné napětí vodní páry ve vzduchu,
výpočet pomocí psychrometrické rovnice:

$$e = E' - A (t - t') p \text{ [hPa, } ^\circ\text{C]}$$

E' - maximální napětí vodní páry při teplotě vlhkého
teploměru t'

t - teplota suchého teploměru

p - atmosférický tlak

A - konstanta zahrnující pohyb (rychlost)
psychrometrické charakteristiky vzduchu

VÝPOČET „e“ PŘI MĚŘENÍ AUGUSTOVÝM PSYCHROMETREM:

$$e = E' - A (t - t') * p$$

$$A = 0.00066 \text{ pro } v = 5 \text{ m.s}^{-1}$$

$$A = 0.00080 \quad v = 0.8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$A = 0.00090 \quad v = 0.5 \text{ m.s}^{-1}$$

TEDY V METEOROLOGICKÉ BUDCE:

$$e = E' - 0,0008 (t - t') * p$$

Absolutní vlhkost vzduchu (A, a):

☀ vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotkovém objemu vzduchu,

☀ při nasycení vzduchu vodní parou:

$$A = \frac{217 * E}{T} \quad [g * m^{-3}]$$

☀ při skutečném obsahu vodní páry:

$$a = \frac{217 * e}{T} \quad [g * m^{-3}]$$

T = teplota vzduchu (K) = $t(^{\circ}C) + 273.15$
 E, e = napětí vodní páry (hPa) při teplotě vzduchu $t (^{\circ}C)$

Relativní vlhkost vzduchu (r):

☀ vyjadřuje poměr mezi skutečným a maximálním obsahem vodní páry ve vzduchu při dané teplotě,

☀ výpočet dle vztahu:

$$r = \frac{e}{E} * 100 \quad \text{nebo} \quad r = \frac{a}{A} * 100 \quad [\%]$$

Ekvivalentní relativní vlhkost vzduchu (r_{ekv}):

☀ vyjadřuje stupeň nasycenosti vzduchu vodní párou vzhledem k aktivnímu povrchu, jehož teplota se liší od teploty vzduchu,

☀ výpočet dle vztahu:

$$r_{ekv} = \frac{e}{E_p} * 100 \quad \text{nebo} \quad r_{ekv} = \frac{E}{E_p} * r \quad [\%]$$

e - napětí vodní páry (hPa)

E_p – tlak nasycené vodní páry při teplotě povrchu t_p (hPa)

a) je-li $t_p \leq t$ (těleso chladnější než okolní vzduch), pak $r_{ekv} \geq r$

b) je-li $t_p \geq t$ (těleso teplejší než okolní vzduch), pak $r_{ekv} \leq r$

Sytostní doplněk (d):

- neboli tzv. „syťící schopnost vzduchu“, vyjadřuje množství vodní páry, které chybí do nasycení vzduchu vodní párou,

☀ *syťostní doplněk tlaku vodní páry*

$$d_e = E - e \quad (\text{hPa})$$

☀ *syťostní doplněk relativní vlhkosti vzduchu*

$$d_r = 100 - r \quad (\%)$$

☀ *syťostní doplněk absolutní vlhkosti vzduchu*

$$d_a = A - a \quad (\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$$

☀ *ekvivalentní syťostní doplněk*

$$d_{\text{ekv}} = E_p - e \quad (\text{hPa})$$

- **Vlhkost vzduchu**=

určité množství vodní páry ve vzduchu

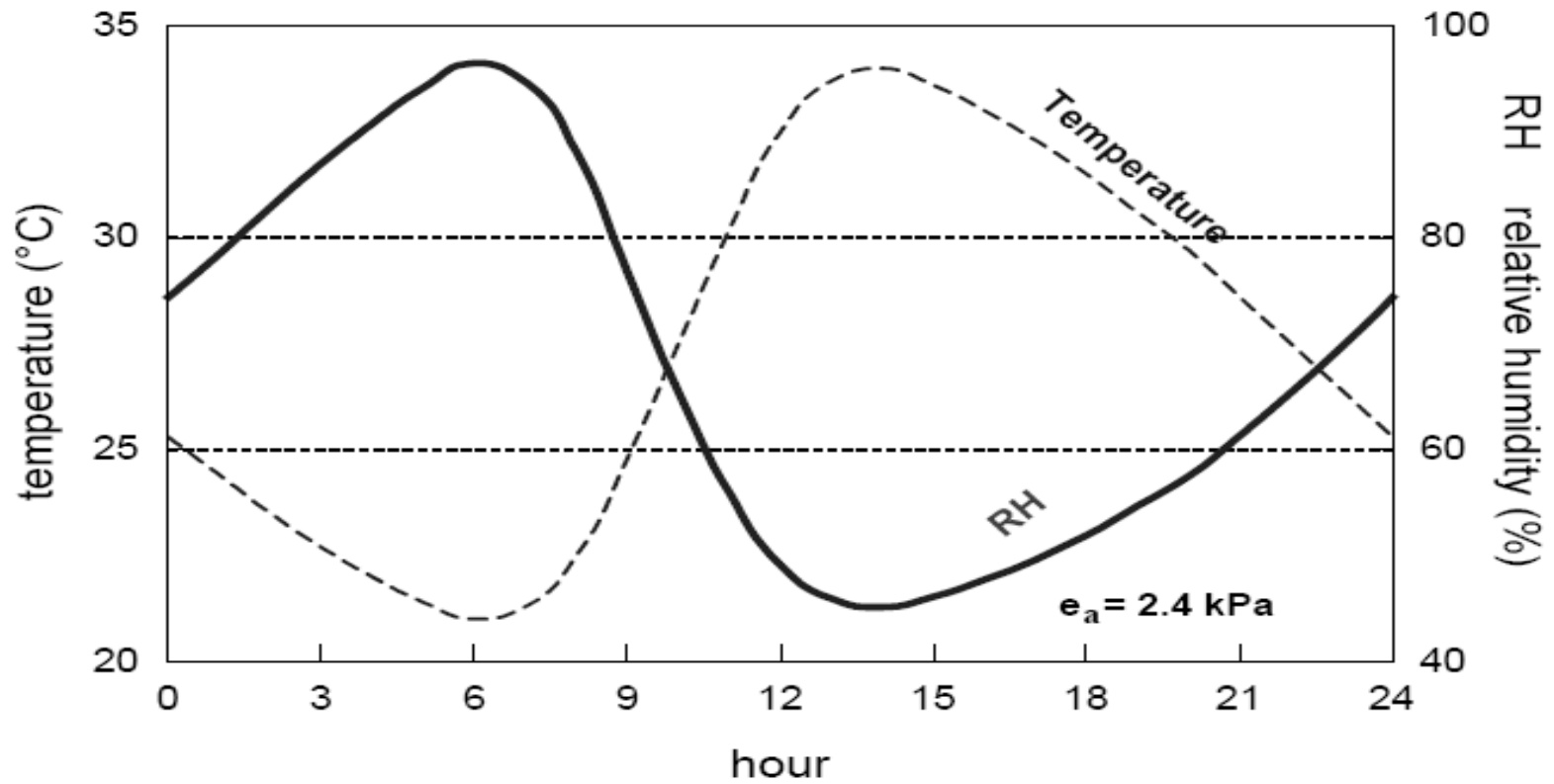
JAK VLHKOST VYJADŘUJEME?

- ☀ tlak (napětí) vodní páry
- ☀ absolutní vlhkost vzduchu
- ☀ relativní vlhkost vzduchu
- ☀ ekvivalentní relativní vlhkost vzduchu
- ☀ sytostní doplněk
- ☀ rosný bod

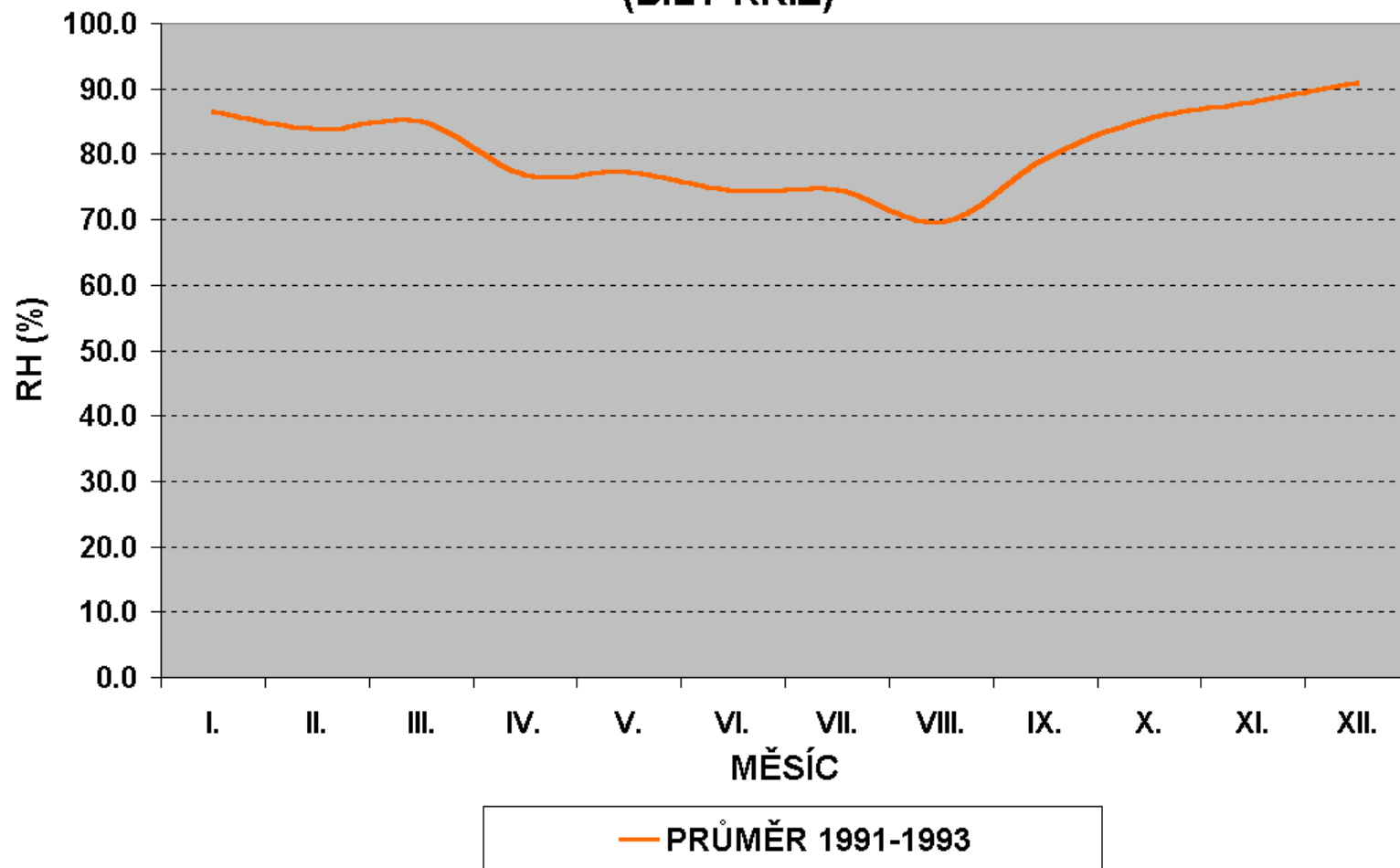
TLAK VODNÍ PÁRY – *napětí vodní páry*:

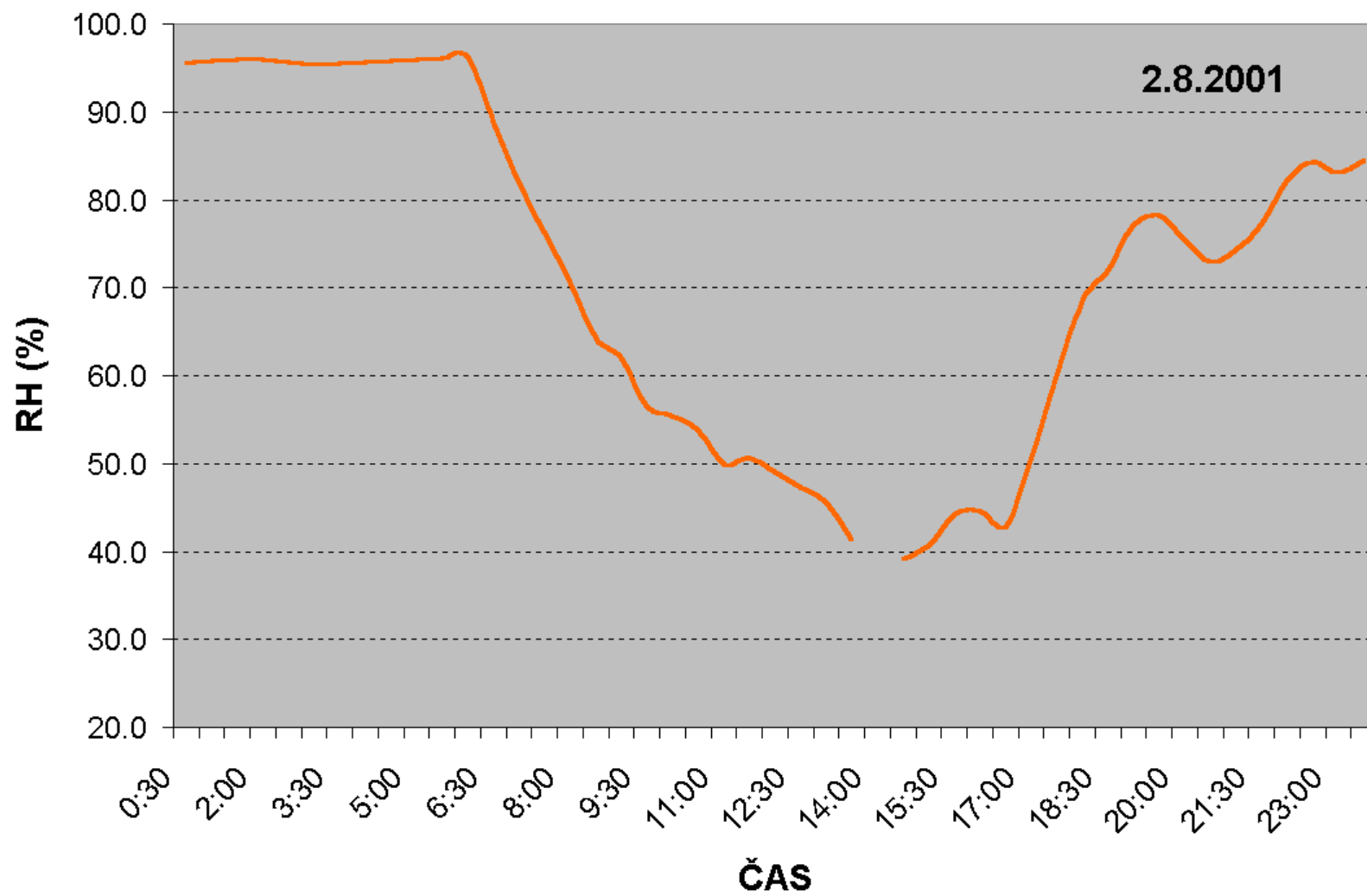
- ✿ vyjadřuje dílčí tlak vodní páry obsažené ve vzduchu:**
- ✿ nejvyšší naměřené hodnoty tlaku vodní páry: vlhké tropické oblasti (až 32,3 hPa) – roční průměr**
- ✿ nejnižší naměřené hodnoty v chladných a suchých oblastech polární oblasti (pouze 0,07 hPa)**
- ✿ průměrné roční hodnoty v ČR 4,5-10,0 hPa**

Konstantní tlak vodních par



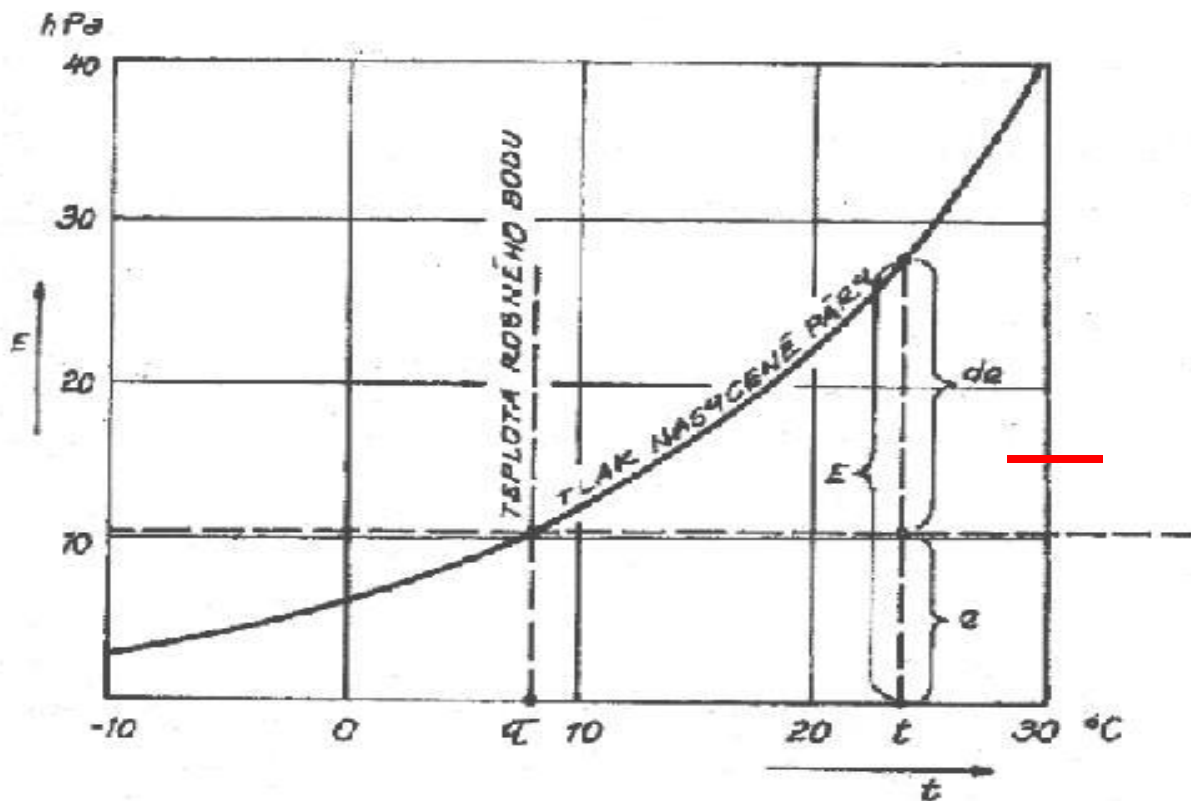
MĚSÍČNÍ PRŮMĚRY PRŮMĚRNÁ RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU (BÍLÝ KŘÍŽ)





Rosný bod (t):

- ☀ vyjadřuje teplotu, na kterou musíme izobaricky ochladit vzduch, aby se nasýtil vodní párou, která je v něm obsažená,
- ☀ stanovení z Magnusova vztahu (pro praktické použití je hodnota rosného bodu zpracována tabelárně – tzv. Psychrometrické tabulky)



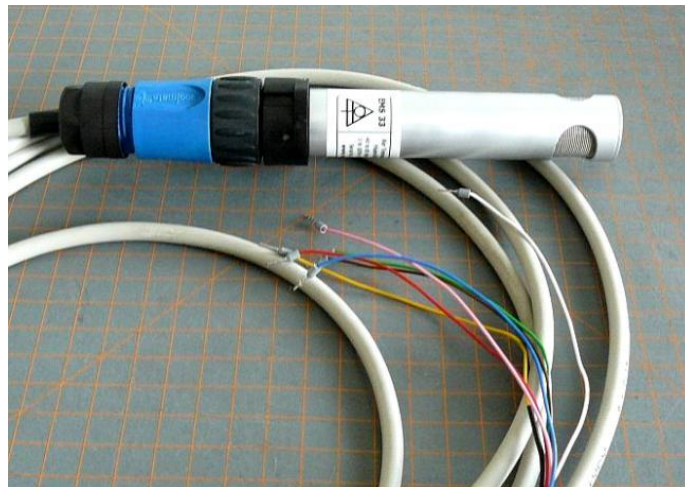
MĚŘENÍ VLHKOSTNÍCH CHARAKTERISTIK NA METEOROLOGICKÉ STANICI

v meteorologické budce:

- ☀️ Augustův psychrometr
- ☀️ vlhkoměr vlasový
- ☀️ hygrograf



MĚŘENÍ VLHKOSTNÍCH CHARAKTERISTIK NA METEOROLOGICKÉ STANICI



Ve kterém případě je vlhkost vyšší????:



teplota vzduchu: -2°C
rosný bod -2°C



teplota vzduchu: 35°C
rosný bod: 5°C

VÝPOČTY VLHKOSTNÍCH CHARAKTERISTIK

Určete maximální tlak vodní páry při teplotě

12.3hPa **t = 10°C:**

$$E = E_0 * 10^{(7,45*t)/(235+t)} \quad [\text{hPa}, ^\circ\text{C}]$$

E_0 - napětí vodní páry při teplotě 0°C (= 6.10 hPa)

t - teplota vzduchu ve °C v době měření

t = 15°C

E = ?

17,1 hPa

Určete skutečný tlak vodní páry pokud:

vlhká teplota = 10°C

suchá teplota = 15 °C

8.35 hPa **12.3hPa**

$$e = E' - A (t - t') p \text{ [hPa, °C]}$$

E' - maximální napětí vodní páry při teplotě vlhkého
teploměru **t'**

t - teplota suchého teploměru

p - atmosférický tlak = **988 hPa**

A – psychrometrická konstanta **A = 0.00080**

Jaká je relativní vlhkost vzduchu??

E (při 15°C) = 17,1hPa

$$r = \frac{e}{E} \times 100 = ?$$

$$\frac{8,35}{17,1} \times 100 = \underline{48,8 \%}$$

Vypočtete absolutní vlhkost vzduchu při nasycení vzduchu vodní párou při teplotě **15°C**:

$$12,9 \text{ g} * \text{m}^{-3} \text{ } \underset{\text{A}}{\text{A}} = \frac{217 * E \text{ (při } 15^\circ\text{C)}}{T} \quad [\text{g} * \text{m}^{-3}]$$

Vypočtete absolutní vlhkost vzduchu při teplotě vlhkého teploměru = 10°C a teplotě suchého teploměru = **15°C**:

$$6.30 \text{ g} * \text{m}^{-3} \text{ } \underset{\text{a}}{\text{a}} = \frac{217 * e}{T} \quad [\text{g} * \text{m}^{-3}]$$

T = teplota vzduchu (K) = $t(^{\circ}\text{C}) + 273.15$

E, e = napětí vodní páry (hPa) při teplotě vzduchu t ($^{\circ}\text{C}$)

Jaká je relativní vlhkost vzduchu??

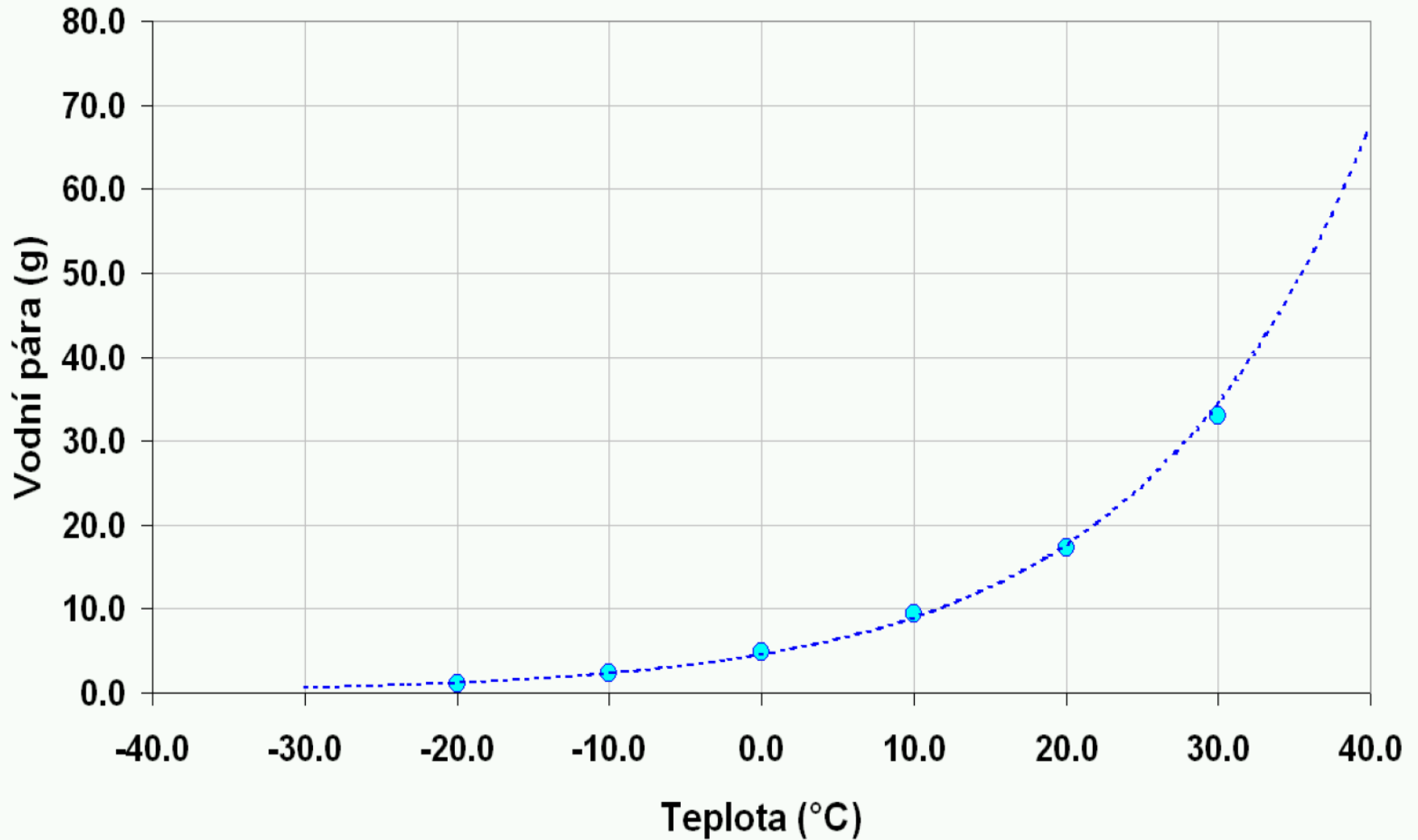
48,8 %

Maximální množství vodní páry v m³ vzduchu

Teplota (°C)	Vodní pára (g)
+30	30,3
+20	17,3
+10	9,4
0	4,8
-10	2,4
-20	1,1

Maximální množství vodní páry ve vzduchu a teplota

Nasycení vzduchu vodními parami



VZNIK OBLAKŮ - VÝCHOZÍ POZNATKY O VLHKOTI VZDUCHU

- **VÝCHOZÍ POZNATKY O VLHKOTI:**

vlhkost vzduchu udává množství vodní páry ve vzduchu

vodní pára se dostává do vzduchu vypařováním vody a sublimací sněhu a ledu

za konstantní teploty se množství vodní páry ve vzduchu nemůže neomezeně zvětšovat!

čím je teplota vzduchu vyšší – tím více vodní páry je schopen pojmut!

množství vodní páry ve vzduchu kolísá v rozmezí 0 - 4 objemová %,

OBLAKA

DEFINICE OBLAKU:

- **oblak je viditelná soustava nepatrných kapek vody, přechlazené vody a ledu (příp. kombinace) v atmosféře**

POZOROVÁNÍ OBLAKŮ:

- **množství oblaků (oblačnost),**
- **výška oblaků,**
- **hustota oblaků,**
- **směr a rychlost pohybu oblaků,**
- **klasifikace oblaků**

MNOŽSTVÍ OBLAKŮ:

v klimatologii:

- množství oblaků se vyjadřuje v desetínách
- zápis $6/10 = 60\%$ oblohy je pokryto oblaky
- stupnice oblačnosti:
 - 0,00 - 0,19 jasno
 - 0,20 - 0,80 oblačno
 - 0,81 - 1,00 zamračeno

v synoptice:

- množství oblaků se vyjadřuje v osminách,
- stupeň oblačnosti:
 - 0 jasno
 - 1-2 skoro jasno
 - 3-4 polojasno
 - 5-6 oblačno
 - 7 skoro zataženo
 - 8 zataženo

- Cirrus = řasa
- Stratus = sloha
- Cumulus = kupa

KLASIFIKACE OBLAKŮ (podle WMO)

1. Vysoká oblaka (6 – 18 km)

- Cirrus (Ci)
- Cirrostratus (Cs)
- Cirrocumulus (Cc)

2. Střední oblaka (2 – 6 km)

- Altostratus (As)
- Altocumulus (Ac)

3. Nízká oblaka (0 – 2 km)

- Stratus (St)
- Stratocumulus (Sc)
- Nimbostratus (Ns)

4. Oblaka s vertikálním vývojem (300m – 18 km)

- Cumulus (Cu)
- Cumulonimbus (Cb)

Vysoká oblaka (6 – 18 km)

-  **Cirrus (Ci)**
-  **Cirrostratus (Cs)**
-  **Cirrocumulus (Cc)**

☀ Cirrus (Ci) – jemná vlákna, plošky či pruhy (oddělené)



☀ Cirrocumulus (Cs) – podoba zrněk či vlněk apod.

– odděleně nebo souvisle



☀ Cirrostratus (Cs) – průsvitný bělavý závoj, úplně nebo částečně zakrývající oblohu



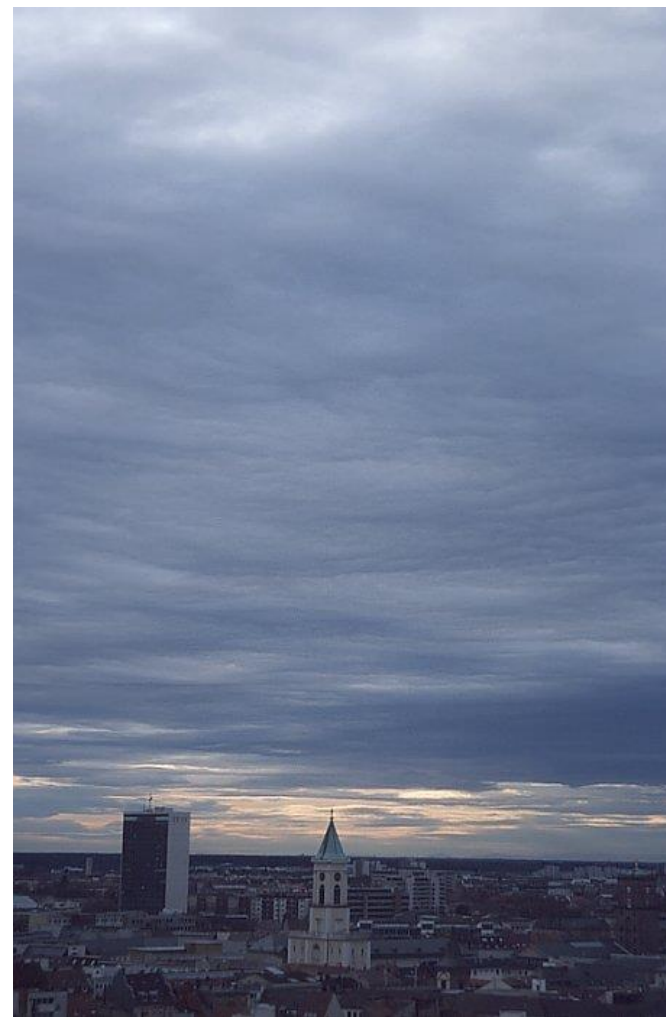
☀ kondezační čáry – „contrails“



☼ Střední oblaka (2 – 6 km)

- ☼ Altostratus (As)
- ☼ Altocumulus (Ac)

- ☼ **Altostratus (As)** – vláknitá, žebrovitá nebo bez struktury
- Pokrývají úplně nebo částečně oblohu
- Tenká – patrné obrysy Slunce



✿ **Alto cumulus (Ac)** – vlny, oblázky, valouny apod.



☼ **Alto cumulus (Ac)**
lenticularis



● **Nízká oblaka (0 – 2 km)**

- **Stratus (St)**
- **Stratocumulus (Sc)**
- **Nimbostratus (Ns)**

- **Stratus (St)** – šedý, jednotvárná základna (mrholení, ledové jehličky, sněhová zrna)





- **Stratocumulus (Sc) –**
oblázky valounky, dlaždice,
- Má tmavá místa**
- Nevláknitá (mimo Virga)**





● Nimbostratus (Ns)

-Šedá – matná

-Vypadávají srážky

-Poloha Slunce není
patrná



■▶ Oblaka s vertikálním vývojem (300m – 18 km)

■▶ Cumulus (Cu)

■▶ Cumulonimbus (Cb)



► Cumulus (Cu)

-osamocené,

-Kupy, kupole a
věže





► Cumulonimbus (Cb)

- mohutný, hustý, značný vertikální vývoj
- Věže, kovadliny
- Srážky (i Virga)



► Cumulonimbus (Cb)

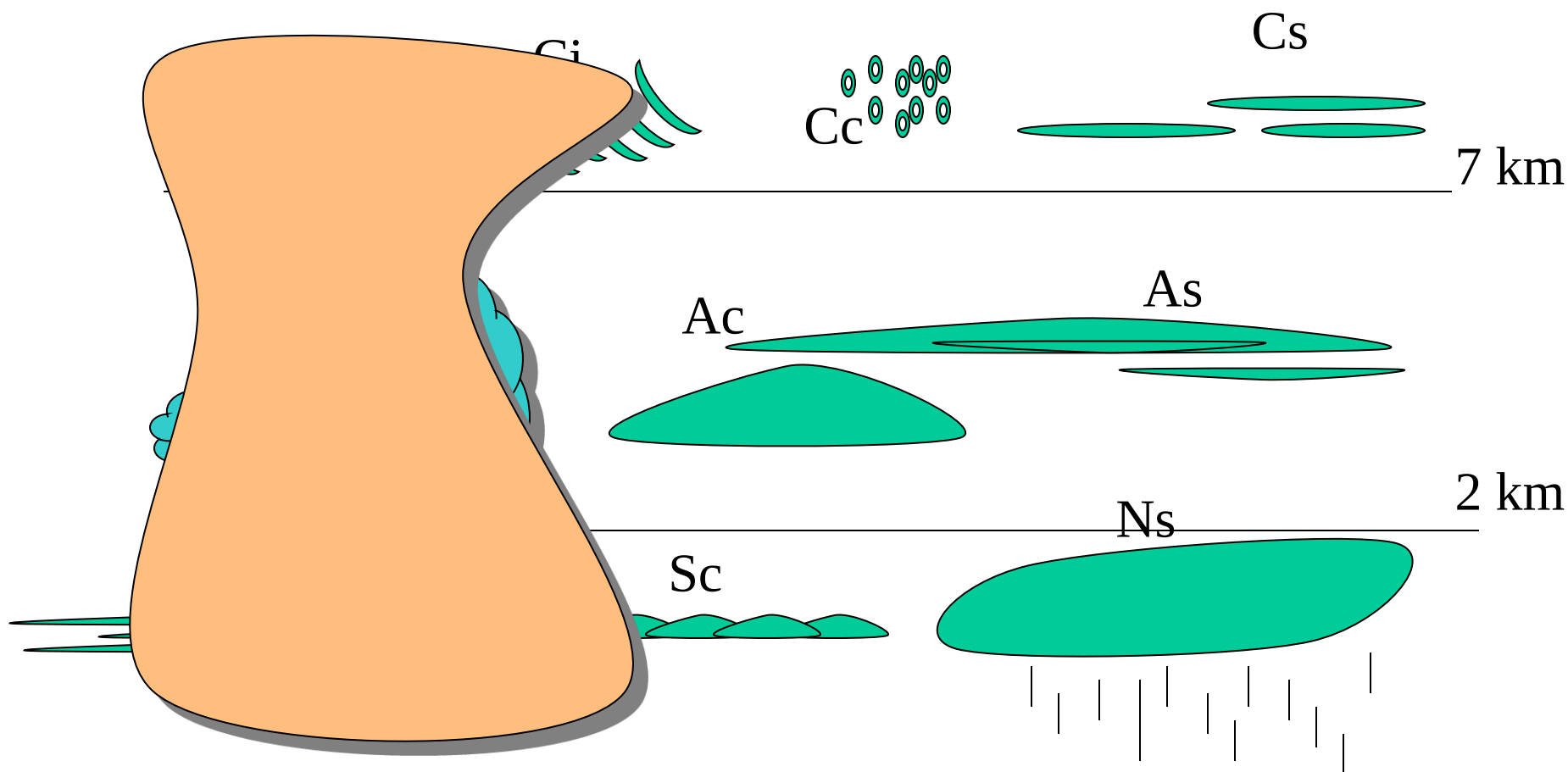




Orografická oblaka:



Oblaka – výškový profil



























Děkuji za pozornost!!