

---

# **III. Preventivní konzervace parametry prostředí – teplota a relativní vlhkost vzduchu**

**Ing. Alena Selucká**

---

---



# Teplota - definice

- V obecném významu teplota určuje, jak horké nebo chladné materiály jsou - teplota vyjadřuje pohyb molekul v materiálu.
  - Se vzrůstající teplotou se pohyb molekul zvyšuje – materiál se roztahuje; s klesající teplotou se jejich pohyb zmenšuje a materiál se zkracuje.
- Teplota (t) se měří ve stupních Celsia ( $^{\circ}\text{C}$ ), v USA a VB ve stupních Fahrenheita ( $^{\circ}\text{F}$ ); ve fyzice se používá jednotka Kelvin (K).



# Vliv teploty vzduchu

- Rychlost chemických reakcí se zvyšuje s teplotou – **urychlení degradačních mechanismů.**
  - Každé navýšení teploty o  $10^{\circ}\text{C}$  zdvojnásobí rychlost většiny chemických reakcí
- Teplota vždy souvisí s relativní vlhkostí (RV) – **pokud se mění T, mění se i RV** – viz. dále Mollierův diagram; **změna o  $+1^{\circ}\text{C}$  znamená pokles RV o zhruba 3 % - platí i obráceně.**
- **Rozměrové změny** vlivem různé teplotní roztažnosti materiálů
- **Křehnutí materiálů, mrazové trhání,** změny struktury při nízké teplotě
- **Biologická aktivita** se zvyšuje se vzrůstající teplotou.

# Horní a spodní limity teploty

Hodnota teploty by neměla přesáhnout zejména horní nebo spodní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:

- Za nebezpečnou horní hranici se považují **teploty nad 30 °C**
  - Magnetická média (např. video pásky, diskety) přestávají být funkční, nitrát celulózy žloutne, rozpadá se; tištěný **fotografický materiál bledne** (i v tmavém prostředí), **acetátové filmy** (označ. safety film) podléhá zvýšené autodegradaci; guma a polyuretanové pěny křehnou, slepují se;
  - **Kyselý papír** (např. novinový papír, knihy s nízkou kvalitou papíru) žloutne, přírodní materiály (textil, useň) okyselené polutanty se zeslabují a mohou se rozpadat.
    - Každý pokles teploty o 5°C zhruba zdvojnásobuje životnost těchto materiálů (acetátové filmy: při 21°C a RV 60 % životnost 30 let; při 13°C a RV 30 % životnost 300 let).
    - Velmi poškozené **celuloidové filmy** se mohou samovznítit při teplotě nad 38 °C!
  - Měknutí vosků a pryskyřic (např. parafinový vosk 44 – 65°C, včelí vosk 60 °C, karnaubský vosk 80 °C)
  - Při teplotě nad 4°C začínají být aktivní plísně, nad 10 °C hmyz

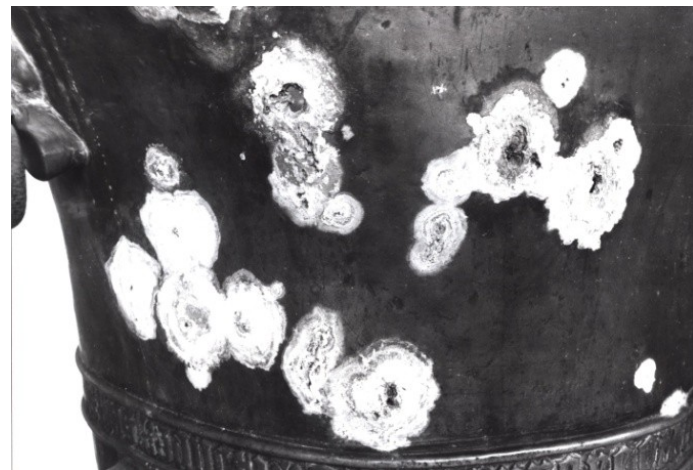


# Horní a spodní limity teploty

Hodnota teploty by neměla přesáhnout zejména horní nebo spodní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:

- Za nebezpečnou spodní hranici se považují **teploty pod 5 °C**:
  - Zejména **polymerní materiály** (moderní barvy a nátěry) **tuhnou a křehnou**, např. akrylové barvy křehnou při teplotě pod 5 °C, tyto předměty jsou velice citlivé pro manipulaci (např. nechráněný transport v zimním období může být pro akrylovou malbu nebezpečný!)
  - **Cínové předměty** by neměly být dlouhodobě vystavovány teplotě pod 13 °C (pod touto teplotou dochází k fázové přeměně  $\beta\text{-Sn} \rightarrow \alpha\text{-Sn}$ , tj. cínovému moru)
  - Při teplotě pod bod mrazu hrozí **zamrzání vody** např. v dutinách, pórech materiálů.

Pozn.: Nicméně mnoho muzejních sbírkových předmětů např. (např. sbírky z textilu, usně, kožešin) snášejí extrémně nízké teploty -30 až -40°C  
(**vymrazování škodlivého hmyzu**)



*Cínový mor na křtitelnici, foto I. Eisler*



# Výkyvy teploty

- V praxi jsou nejvíce poškozující náhlé výkyvy teploty (pro nejcitlivější materiály se považují nebezpečné změny  $\pm 2$  (popř.  $\pm 4$ ) °C během 24 hod.):
  - Náhlé změny teploty jsou nebezpečné zejména pro předměty zhotovené z více druhů materiálů (**kombinované**), s různou tepelnou roztažností. Příkladem je barevná vrstva obrazů obsahující různou skladbu organických a anorganických pigmentů a pojiv. Obdobně jsou citlivé i smaltované kovové povrchy nebo zrcadla (zhotovené kombinací skla a kovu). Tyto materiály se vlivem rychlých změn teploty stávají velice křehkými pro transport a manipulaci
- Postupná změna teplot v důsledku sezonní změny klimatu, může být považována za přijatelnou, pokud se vyskytuje v **průběhu jednoho měsíce nebo více**.
- Velké změny teplot v prostoru, kde jsou umístěny předměty, mohou být způsobeny také jejich **nevhodnou pozicí** vedle vnější stěny, na podlaze bez dostatečného prostoru pro cirkulaci vzduchu, umístěním v blízkosti topidel, klimatizačních zařízení nebo větracích otvorů nebo na přímém slunečním světl



Poškozená vrstva malby obrazu vlivem výkyvů T a RV, foto I. Fogaš

# Příčiny nesprávné teploty

- **Sluneční světlo**
  - teplota povrchu materiálů obrácených vůči přímému světlu může dosáhnout 40 – 75 °C (i vyšších hodnot v uzavřených vitrínách); většina vitrín je z materiálů (sklo, ocel), které mají špatnou tepelnou izolaci.
- **Umělé osvětlení**
  - zejména žárovky, některé halogenové lampy (vysoký podíl IČ záření)
- **Budovy** a jejich systém regulace klimatu
  - Lokální zdroje tepla, ventilátory, chladné stěny a podlahy ... (platí zejména v prostorách s nízkou cirkulací vzduchu)
- **Transport předmětů**
  - V letních měsících může být teplota uvnitř dopravních prostředků mnohem vyšší než venkovní, v zimě může teplota klesnout na nízkou hodnotu – nebezpečné zejména pro obrazy.

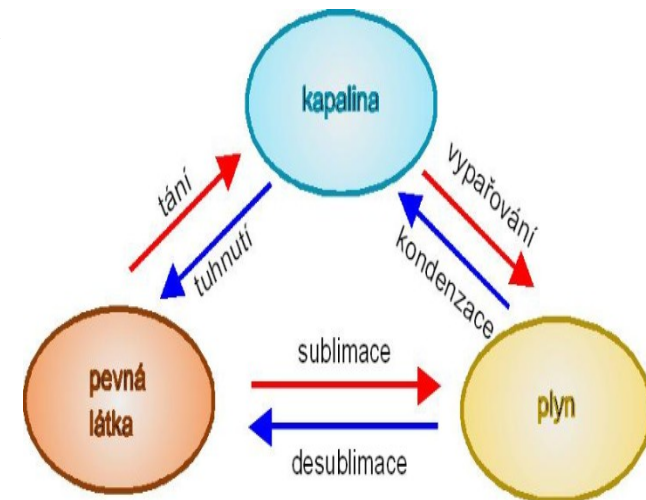
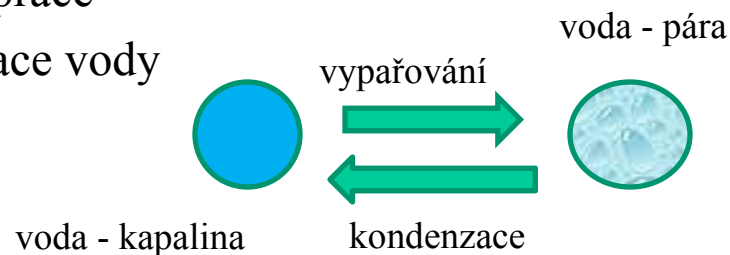
# Opatření pro regulaci nesprávné teploty

- **Nevystavovat** předměty přímému slunečnímu záření.
- Správná teplota by měla být udržována zejména **kvalitní izolací** než vytápěním a ochlazováním.
- Depozitáře by měly být pouze **temperovány** a ne vytápěny.
- Předměty umisťovat **alespoň 10 cm** od obvodových stěn, chladných podlah.
- **Přesun předmětů** přizpůsobit aktuálním klimatickým podmínkám, provádět v ochranných obalech a klimastabilních bednách.



# Vlhkost vzduchu

- Vlhkost vzduchu je základní meteorologický prvek popisující množství vodní páry ve vzduchu.
  - Zdroje vlhkosti ve vzduchu
    - Déšť, vodní zdroje
    - Vlhká půda
    - Vlhké zdi
    - Lidské tělo (člověk v klidu vyprodukuje cca 50 g vodní páry za hodinu)
    - Organické materiály (rostliny)
    - Uklízečí práce
    - Kondenzace vody



# Charakteristiky vlhkosti

- **Rosný bod** (teplota rosného bodu) je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (S – stav nasycení, RV 100 %). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává **kondenzace**.
  - Při teplotě 30°C obsahuje vzduch max.  $S = 31 \text{ g/m}^3$  vodní páry; při 20°C max.  $18 \text{ g/m}^3$ ; při 10°C max.  $10 \text{ g/m}^3$ ; při 5°C max.  $7 \text{ g/m}^3$
  - Jestliže se  $\text{m}^3$  nasyceného vzduchu při teplotě 30 °C ochladí na 20 °C, zkondenzuje 13 g vody ( $31 - 18 = 13 \text{ g}$ )

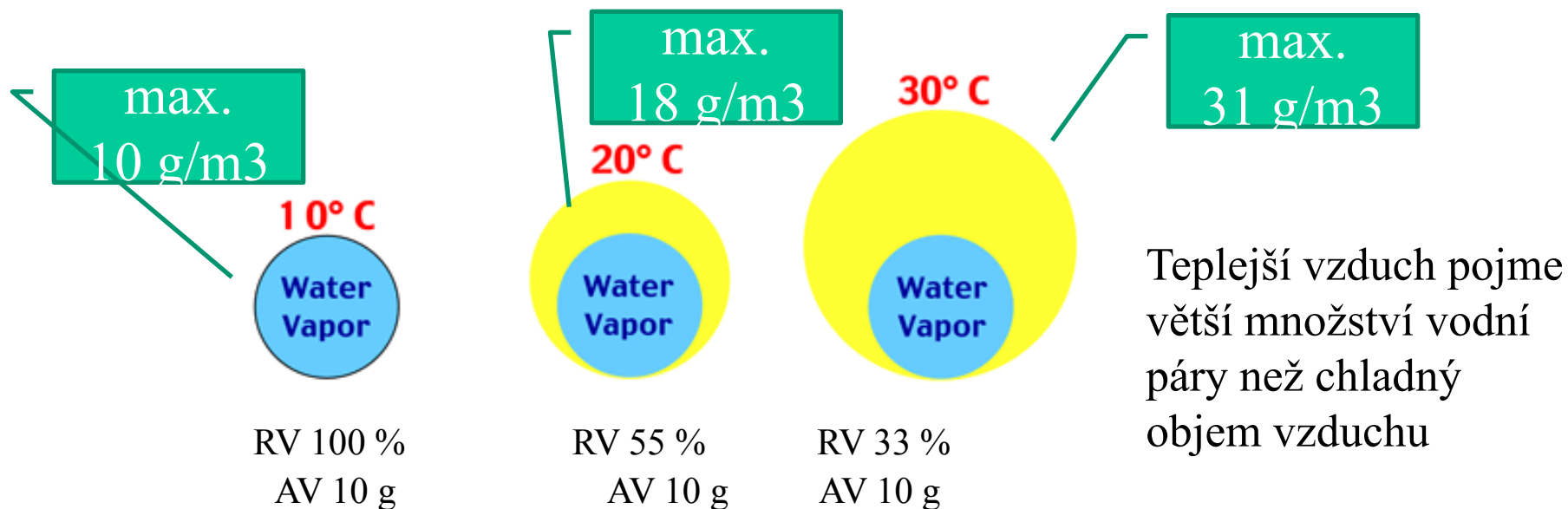
Příkladem je orosení sklenky studeného vína v letních měsících (teplý vzduch se na povrchu chladné sklenky ochladí a přebytečná vodní pára zkondenzuje)



# Charakteristiky vlhkosti

– **Absolutní vlhkost (AV)** - udává hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) (vzduch není vždy nasycen, ale obsahuje určité množství vodní páry).

- Příklad: Vitrína o objemu  $\text{m}^3$  obsahuje při  $30^\circ\text{C}$  10 g vodní páry, ochlazená na  $20^\circ\text{C}$  obsahuje stále 10 g vodní páry, stejně tak při  $10^\circ\text{C}$ . Pokud dojde ale k ochlazení na  $5^\circ\text{C}$ , bude vitrína obsahovat 7 g vodní páry a 3g zkondenzované vody (max. množství vodní páry obsažené ve vzduchu při  $5^\circ\text{C}$  je  $7\text{ g}/\text{m}^3$ ).



# Relativní vlhkost vzduchu

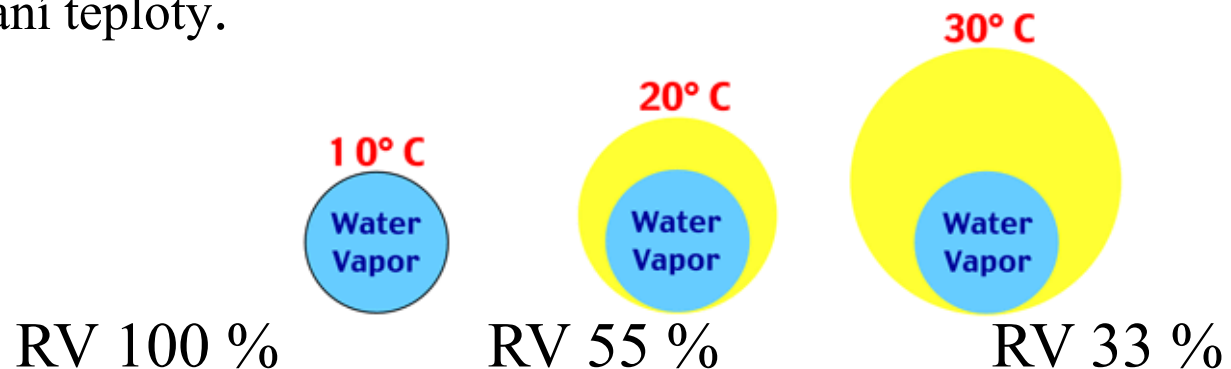
**Relativní vlhkost (RV)**, poměrná vlhkost - je mírou nasycení vzduchu vodní parou. Udává se v procentech a patří k nejčastěji používaným charakteristikám vlhkosti vzduchu.

$$RV = \frac{AV}{S} \cdot 100 \quad [\%]$$

**(absolutní vlhkost/obsah vodní páry při nasycení) . 100 [%]**

# Relativní vlhkost

- Relativní vlhkost je vždy závislá na teplotě.  
V uzavřeném systému pokud teplota stoupá, RV klesá; opačně se snižující se teplotou roste RV.
  - Při teplotě 30°C má vitrína o objemu m<sup>3</sup> obsahující 10 g vodní páry  
 $RV = (10 / 31) \cdot 100 = 33 \%$
  - Při teplotě 20°C má tato vitrína  $RV = (10 / 18) \cdot 100 = 55 \%$
  - Při 10 °C je  $RV = (10/10) \cdot 100 = 100 \%$
  - **Při 5 °C je RV 100 % (+ kondenzace 3 g vody)**
- Jak udržet konstantní RV při měnící se teplotě?
  - Přidávat do systému vodu při zvyšování teploty; odebírat vodu ze systému při snižování teploty.

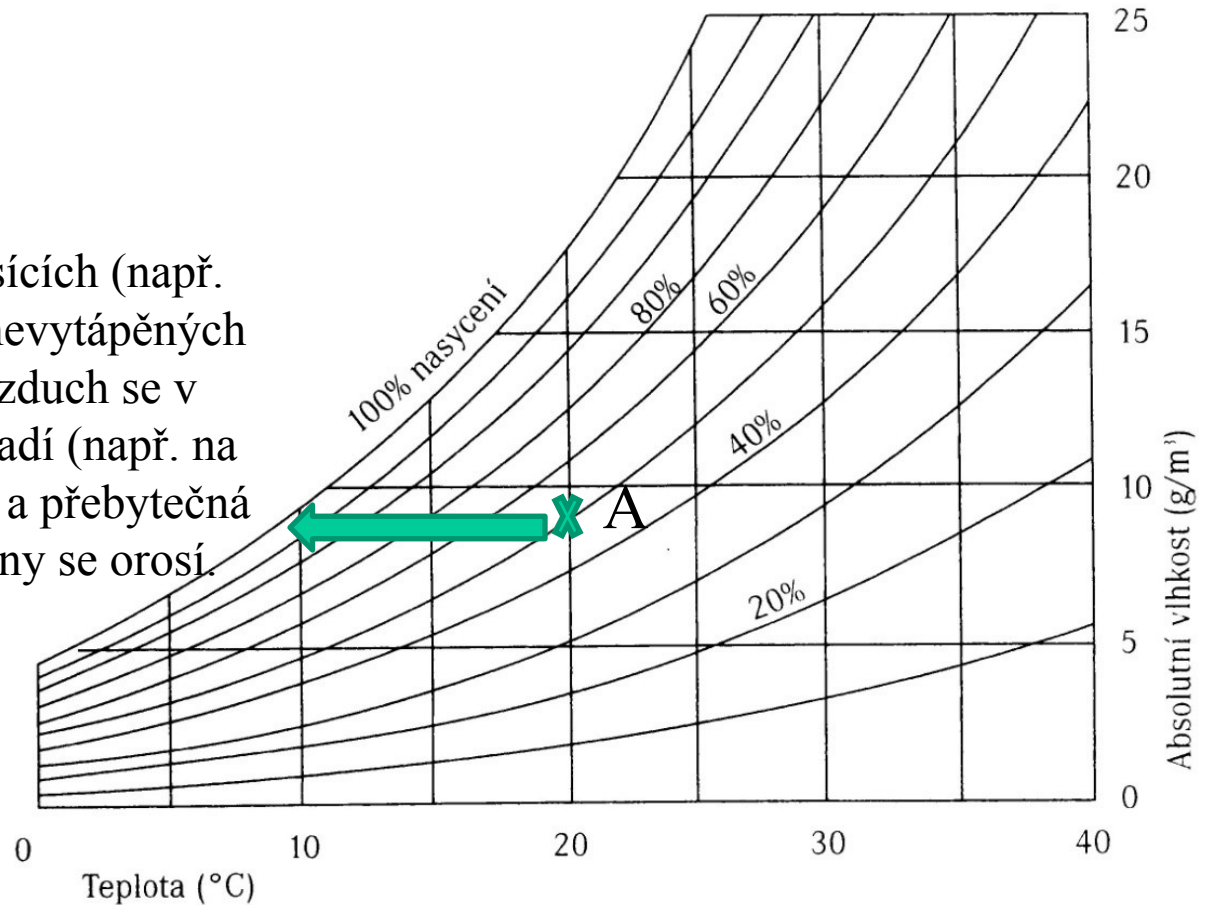


# Psychrometrický diagram

Vzájemnou závislost mezi RV, AV a teplotu udává psychrometrický diagram (popř. převrácený Mollierův diagram).

## Příklad:

Větrání v jarních teplých měsících (např. bod A:  $T\ 20^{\circ}\text{C}$ ,  $RV\ 50\%$ ) v nevytápěných objektech – teplý venkovní vzduch se v blízkosti chladných stěn ochladí (např. na  $10^{\circ}\text{C}$ ), vzroste RV na  $100\%$  a přebytečná vodní pára zkondenzuje – stěny se orosí.

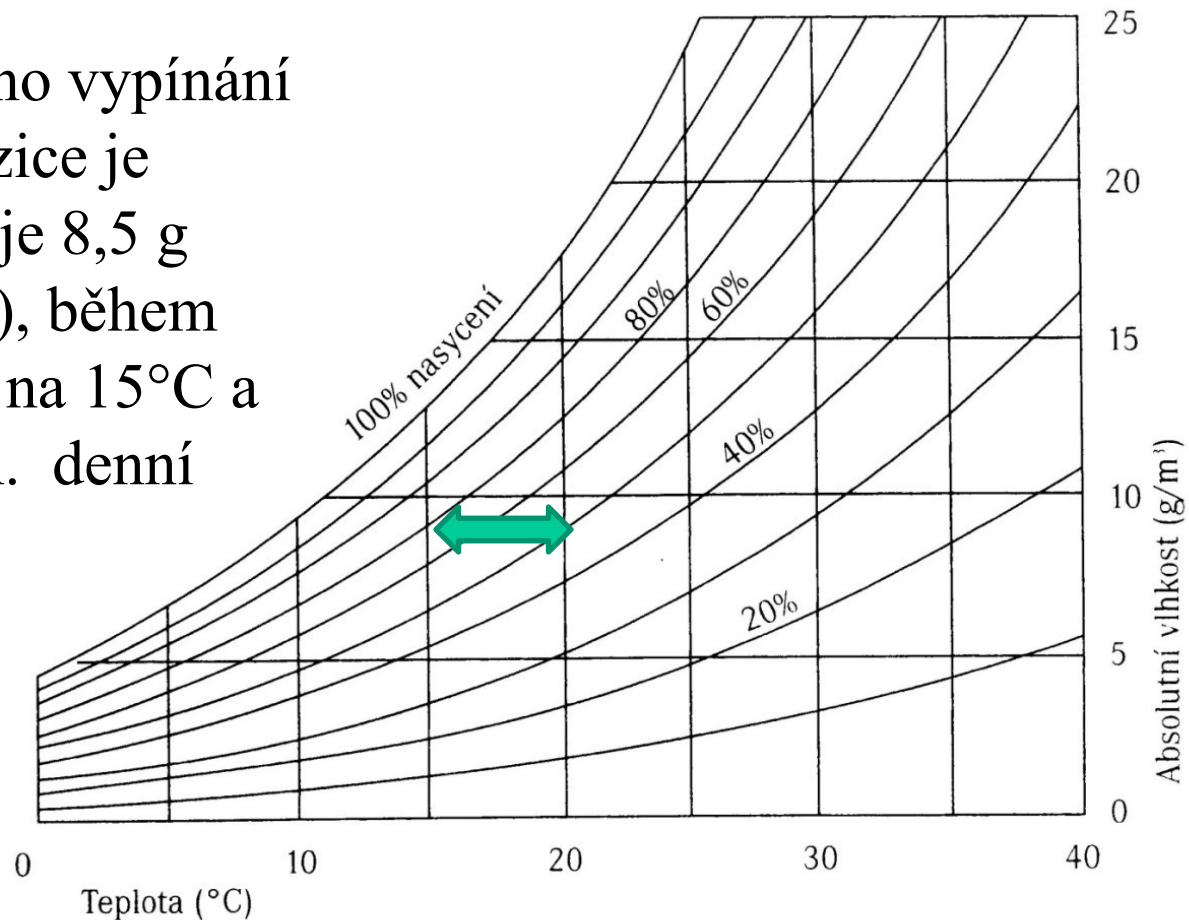




# Psychrometrický diagram

## Příklad:

Změna RV vlivem denního vypínání a zapínání topení – expozice je vytápěna na  $20^{\circ}\text{C}$  (v  $\text{m}^3$  je  $8,5 \text{ g}$  vodní páry tzn. RV  $50 \%$ ), během večera se teplota ochladí na  $15^{\circ}\text{C}$  a RV se zvýší na  $65\%$  - tzn. denní výkyv RV je  $\pm 15 \%$ !



# Vliv vlhkosti vzduchu

- Hodnota RV by neměla přesáhnout zejména horní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:
  - **Horní limit RV nad 75 %:**
    - **růst plísní** (rozklad a barevné změny usně, textilu, papíru, dřeva, malby, skla); zvýšení aktivity hmyzu
      - nejcitlivější jsou materiály obsahující proteiny, škrob, cukr (useň, kůže, pergamen); škrobený textil, prachem zanesený papír
    - **koroze kovů**
      - zejména slitiny železa a mědi obsahující chloridové soli - poškození patiny, lesklé povrchy s otisky prstů, kontakt různých kovů, slitiny Pb, Zn, Bi v přítomnosti organických kyselin
    - **rozpad nestabilního skla**
      - koroze skla – vznik irizujícího zakaleného povlaku, bílé šupinkovité krusty
      - nejvíce bývají poškozená skla z období 17. stol. a středověká skla s vysokým podílem alkalických oxidů  $\text{Na}_2\text{O}$  a  $\text{K}_2\text{O}$  – vymývání alkalických složek; koroze skla, devitrifikace skla (odskelnění – krystalizace skla)



# RV nad 75 %

- **mechanické změny**
  - bobtnání želatinových vrstev – nebezpečí slepení filmů a fotografických záznamů
  - poškození dýhovaných vrstev na nábytku, bobtnání dřeva
- **chemické poškození** (např. kyselá hydrolyza, nestabilita barviv, zbytků chemikálií)
  - zkřehnutí, hnědnutí kyselého papíru (zejména novější méně kvalitní papír)
  - zkroucení acetátových filmů, odpadávání obrazové vrstvy
  - poškození magnetických záznamů (video, audio, data, diskety)
- **kondenzace vody** na povrchu předmětů při poklesu teploty



*Krabatění kresby na papíře, ICCROM*

*deformace dřeva, poškozená dýhovaná vrstva, šicí stroj po povodních,, 2002*



# Vliv vlhkosti vzduchu

- Hodnota RV by neměla přesáhnout zejména spodní limit, který může způsobit nevratné chemické nebo fyzikální změny materiálů:
  - Spodní limit RV pod 30 %:
    - vysušení a zkřehnutí organických materiálů
      - sesychání a praskání dřeva, usně, pergamenu, slonoviny, proutěných košíků apod.
      - sesychání papíru a lepidel
    - praskání a odpadávání laků, malby, fotografické emulze
    - výkvěty solí na povrchu porézních materiálů



*Výkvěty solí na keramice,  
zdroj: Canadian Conservation Institute*

*Poškození papíru vlivem nízké a  
vysoké vlhkosti (ve srovnání se  
střední hodnotou RV), ICCROM,  
1980*

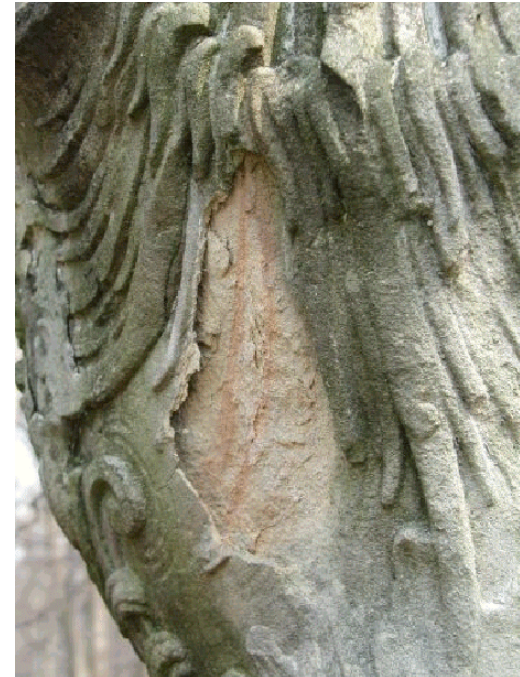




# Výkyvy RV

- K výkyvům hodnot relativní vlhkosti by nemělo docházet takovou rychlostí a v takovém rozsahu, u kterých se předpokládá vyvolání nepříjemných nevratných chemických nebo fyzikálních změn materiálům, jelikož hrozí:
  - **Objemové změny a strukturní poškození** hygroskopických materiálů:
    - Bobtnání, praskání dřeva, odlupování polychromie, intarzií, zlacení),
    - Smršťování vláken (poškození tapisérií)
    - Poškození vrstvených materiálů - knižní vazby, fotografií, negativů, magnetických záznamů; odlupování malby
  - **Mobilizace solí** uvnitř porézních materiálů
    - krystalizace ( výkvěty) solí na povrchu kamene, keramiky
    - poškození nástěnných maleb

*krystalizací solí odtržená povrchová  
krusta na kamenné plastice, foto: I.  
Berger*



# Relativní vlhkost a teplota vzduchu - mezní hodnoty

## Relative humidity and air temperature - limit values

- U většiny materiálů dochází k jejich poškození vlivem nesprávné relativní vlhkosti (RH), proto by hodnoty RV a T měly být obecně:
  - $RH < 75 \%$
  - $RH > 30 \%$
  - Min. fluctuation RH
  - $5 \text{ }^\circ\text{C} < T < 30 \text{ }^\circ\text{C}$
  - Min. fluctuation T



růst plísní  
na usňovém  
měchu



vznik krakel  
barevné vrstvy



koroze kovů (rez na železné  
desce šicího stroje)

objemové změny dřeva  
(odlupování polychromie,  
intarzií ...)



# Doporučení ICOM-CC

- **Enviromental Guidelines, 2014 (konference v Melbourne):**
  - Celoročně lze připustit pro většinu skupin předmětů (etnografické sbírky, textilie, apod.): **RV 40 – 60 %, ± 10 % /24 hod., teplota 15 – 25 °C**
  - **Pro citlivější předměty platí přísnější nastavení: teplota 15 – 25 °C, ± 4 °C / 24 hod., RV 45 – 55 %, ± 5 % / 24 hod.:**
    - Fluktuace parametrů musí být minimalizovány.
    - Některé citlivé materiály vyžadují odlišné parametry vzhledem k jejich složení, struktuře, historii používání (např. barevné fotografie, zasolené kovové archeologické nálezy apod.).
    - Nastavení vhodných parametrů prostředí (i v rámci zápůjček) musí být konzultováno s konzervátory-restaurátory.

Zdroj: 50 Years of ICOM, 2017; [http://www.icom-cc.org/ul/cms/fck-uploaded/documents/ICOM-CC\\_50\\_years\\_FINAL\\_red.pdf](http://www.icom-cc.org/ul/cms/fck-uploaded/documents/ICOM-CC_50_years_FINAL_red.pdf)



# Kategorizace muzejního prostředí dle normy ASHRAE

- V muzejní praxi byla obecně přijata americká norma **ASHRAE**, podle které se nastavuje klima pro uchovávání sbírek v různých typech budov. Tato norma realisticky vyhodnocuje možnosti nastavení krátkodobých a sezónních výkyvů  $RV$  a  $T$ .

# Muzejní standard dle ASHRAE Museum Standard -ASHRAE

Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace RV a T			Rizika
	Kategorie prostředí	Sezónní změny	Krátkodobé změny	
T 15 – 20 C  RV 50 % (nebo historicky dlouhodobý průměr – historical climate)	<b>AA</b>	+ 5 C, -5 C RV beze změny	5 %; 2 C	Bez rizik mechanického poškození většiny předmětů
	<b>A</b>	+ 5 C; -10 C RH beze změny	10 %; 2 C	Malá rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály, bez rizik pro většinu materiálů
		+ 10 %; - 10 % + 5 C, - 10 C	5 %; 2 C	
	<b>B</b>	+10 % , -10 % +10 C (pod 30 C )	10 %; 5 C	Střední rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály,
<b>C</b>	25 - 75 % T zřídka přes 30 C, většinou pod 25 C		Vysoké riziko mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály	
<b>D</b>	pod 75 %		Vysoké riziko plísní a rozsáhlé koroze	

**METODIKA  
UCHOVÁVÁNÍ PŘEDMĚTŮ  
KULTURNÍ POVAHY**



TECHNICKÉ MUZEUM V PRAZE  
NÁRODNÍ GALLERIE  
BIOBALUZSKÁ GALERIE

ASHRAE - The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Handbook 2007, Chapter 21. (**Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy, 2018, [www.mck.technicalmuseum.cz](http://www.mck.technicalmuseum.cz)**)

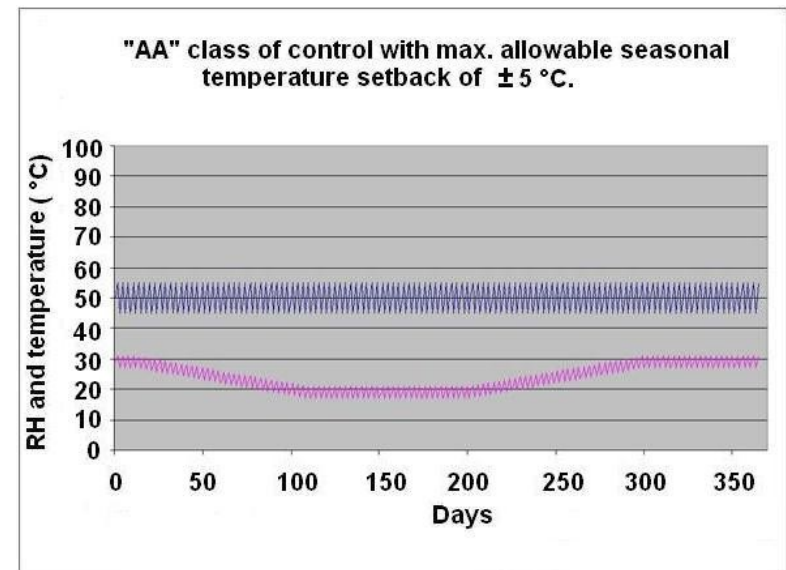
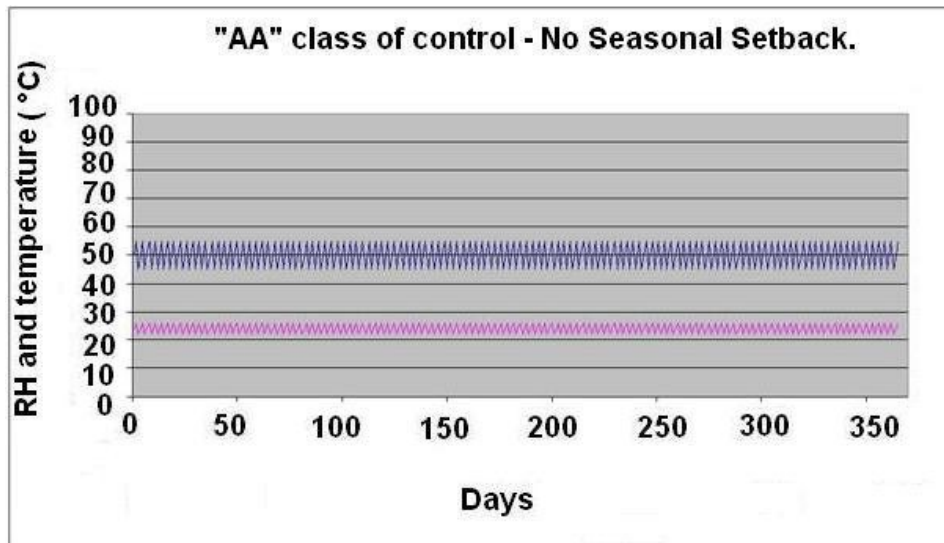
## Klasifikace prostředí v muzeích, galeriích, knihovnách a archivech

Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace včetně gradientů řízeného prostoru	Pozn.
RV: 0 - 30 %	RV nesmí přesáhnout mezní hodnotu nastavení, zpravidla 30 %	Specifické podmínky pro ukládání nestabilních kovů - např. železné předměty s aktivní chloridovou korozi

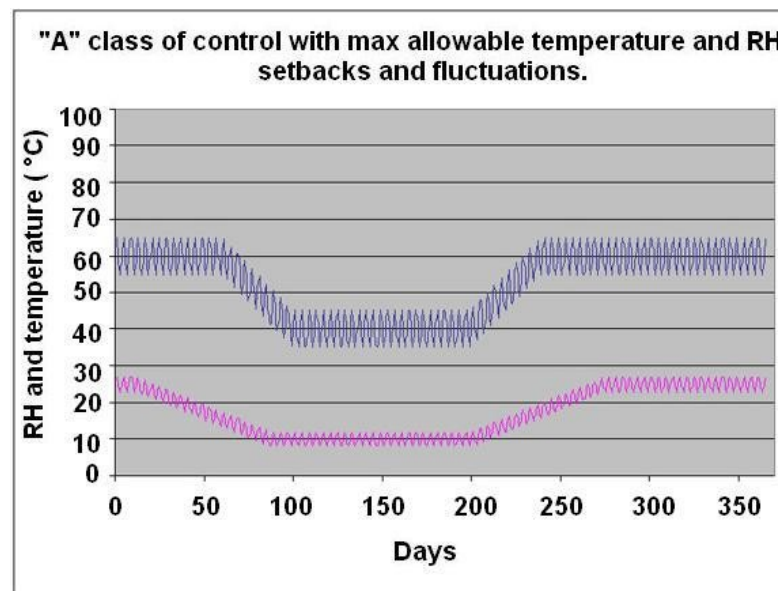
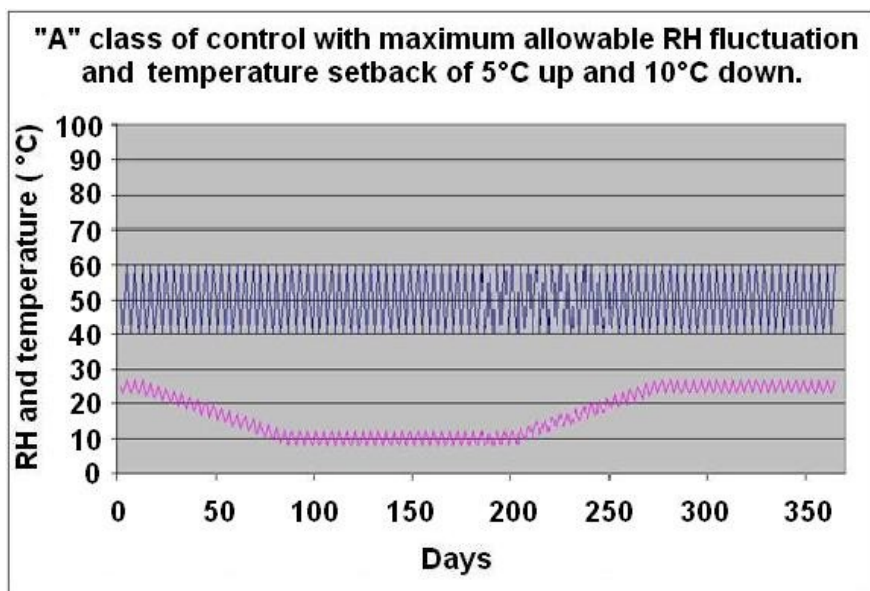
Výchozí hodnoty nastavení	Přípustné fluktuace včetně gradientů řízeného prostoru	Pozn.
Chladný depozitář (Cool Storage): T 10 C, RV 30 - 50 %	5 % RV, T ± 2 C	černobílé filmy se stříbro-želatinovou vrstvou nebo filmy na acetátové podložce, magnetické pásky, optické disky.
Depozitář s teplotou pod bodem mrazu (Cold Storage) - 20 C, RV 40 %	10 % RV, T ± 2 C	barevné filmy na acetátové podložce (stabilizace octového syndromu)

- **AA kategorie:**

- Precizní kontrola, bez možných sezónních výkyvů, se stálou celoroční hodnotou T a RV, s minimální fluktuací  $50 \pm 5 \%$  a  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (příp. sezónní nastavení  $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Typ objektu: vhodná pro nepřísnější mikroklimatické požadavky, s minimálním rizikem poškozování citlivých materiálů.
- Optimalizace prostředí: Takovéto podmínky však vyžadují odpovídající konstrukci budovy s kvalitní izolací a řízeným vnitřním klimatem (zahrnující ohřev, chlazení, kontrolu RV) a je energeticky nejnáročnější;



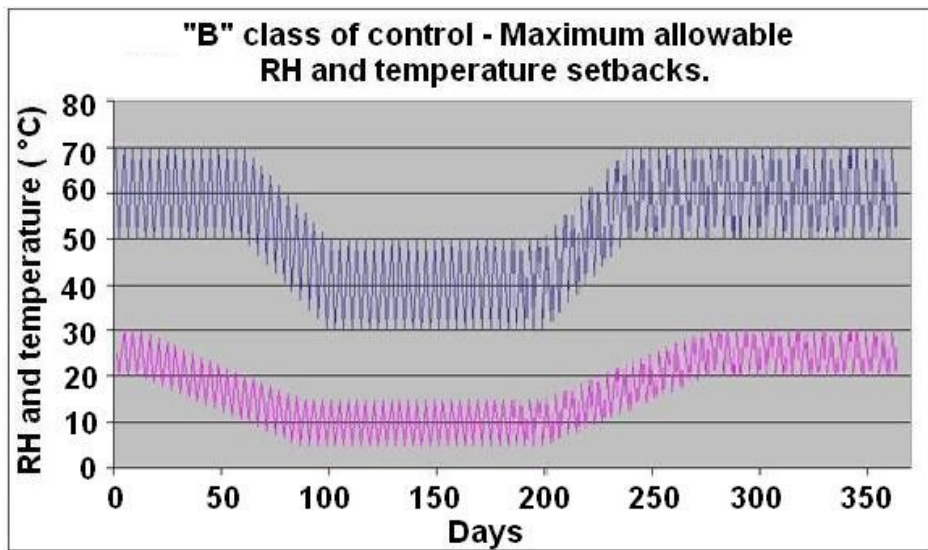
- **A kategorie (krátkodobá fluktuace  $RH \pm 10 \%$ ,  $T \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  nebo sezónní fluktuace  $RH 40 - 60 \%$ ,  $T +5^\circ\text{C}$ ,  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) :**
  - Dobrá kontrola prostředí, která připouští buď krátkodobé výkyvy anebo sezónní změny  $RH \pm 10 \%$ , ale ne obojí zároveň; vyžaduje řízení vnitřního klimatu (zahrnující ohřev, chlazení, kontrolu  $RH$ ), energeticky výhodnější skupina, optimální řešení pro většinu depozitářů muzeí a galerií.
  - Malá rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály, bez rizik pro většinu materiálů
  - Typ objektu: optimální řešení pro většinu depozitářů muzeí a galerií.
  - Optimalizace prostředí: vyžaduje řízení vnitřního klimatu (zahrnující ohřev, chlazení, kontrolu  $RH$ ), energeticky výhodnější skupina,





- **B kategorie (sezónní i krátkodobé fluktuační ± RV 10 %, T ± 5 až 10 °C) :**

- částečná kontrola prostředí, umožňující sezónní nastavení, s přípustnou krátkodobou fluktuační,
- typ objektu: možné řešení pro střední a menší muzea a galerie, historické budovy
- optimalizace prostředí: předpokládá temperování v zimním období, příp. zvlhčování; chlazení v létě, příp. odvlhčování
- střední rizika mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály,



Depozitář TMB v Brně-Židenicích

- **C kategorie (RV 25 -75 %, T pod 30 °C, nejlépe pod 25 °C):**
  - prevence rizik spojených s mezními hodnotami RV a T;
  - Typ objektu: historické budovy, menší muzea
  - Optimalizace: předpokládá se temperování v zimě, popř. **vytápění řízené humidistaty (conservation heating)**, kontrolovanou ventilací
  - Vysoké riziko mechanického poškození pro vysoce citlivé materiály



SZ Kunštát – Dolní zámek (projekt centrálního depozitáře NPÚ ?)

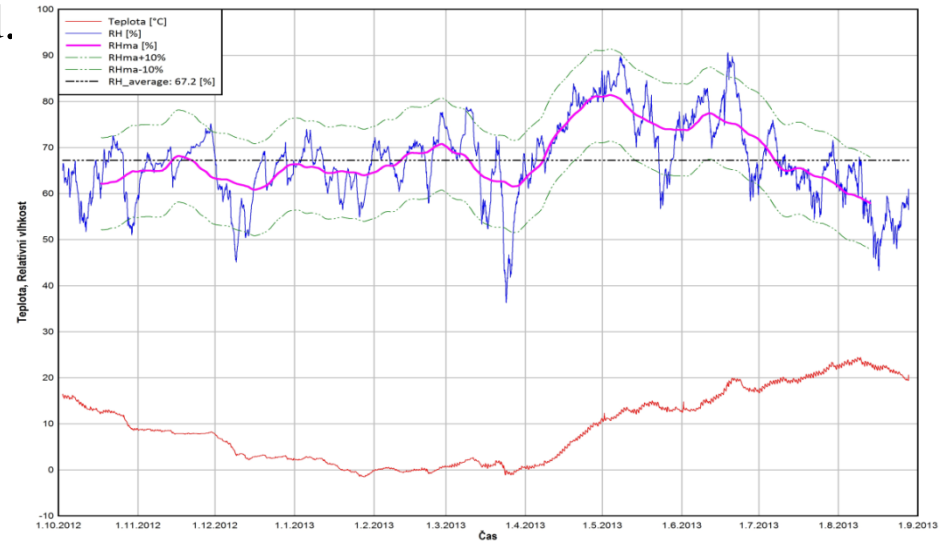
- **D kategorie (RV pod 75 %):**

- typ objektu: historické budovy, venkovská sídla, haly (sezónní využívání, bez temperování)
- optimalizace: **režimová opatření** využívající původních stavebních a technických prvků, **odstraňování běžných stavebních závad** (zatékání dešťovými žlaby, do komínů bez stříšek, nefunkčnost okenních výplní apod.), nastavení režimu větrání apod.



SZ Lednice, NPÚ

Barokní kovárna Těšany, TMB



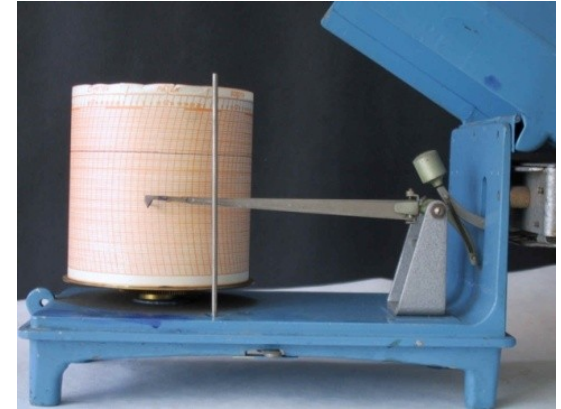
# Shrnutí

- **Stabilní mikroklimatické podmínky** zajišťují stabilní stav uchovávaných předmětů.
- Požadavky na limity RV a T musí vycházet z **kategorizace předmětů dle jejich citlivosti** na okolní klima (nejcitlivější materiály je vhodné ukládat odděleně ve specifických podmínkách prostředí).
- Pokud je prokázáno, že předměty kulturní hodnoty jsou stabilní v daném historickém klimatu a dlouhodobě adaptovány na tyto podmínky, **doporučuje se je ponechat v tomto prostředí.**
- Nastavení přípustných **sezónních a krátkodobých výkyvů RV a T** umožňuje racionálnější a energeticky výhodnější podmínky pro dlouhodobé uchovávání sbírkových předmětů.
- Pro regulaci parametrů **upřednostnit pasivní metody a nízkoenergetická řešení.**



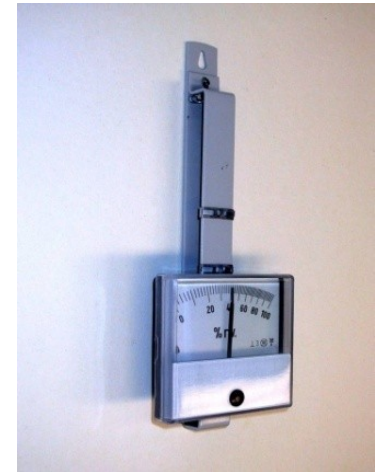
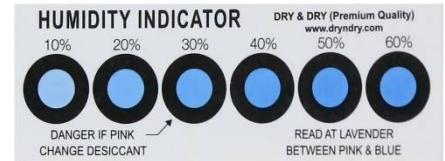
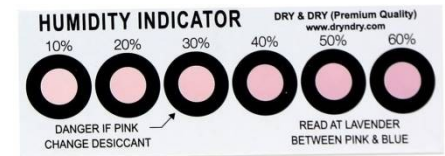
# Měřicí přístroje RV/T

- **Kontinuální měření**
  - **Termohygrograf** ( $\pm 3 \%$ , pro kontrolu elektronických čidel a okamžité odečtení hodnot, citlivé na přenášení - ponechat na jednom místě, častější kontrola přesnosti)
  - **Elektronické sensory - data-loggery**, telemetrické systémy, apod. ( $\pm 2 \%$ , lze častěji přenášet bez kalibrace, aklimatizovat v místnosti, nutné pravidelné snímání dat)



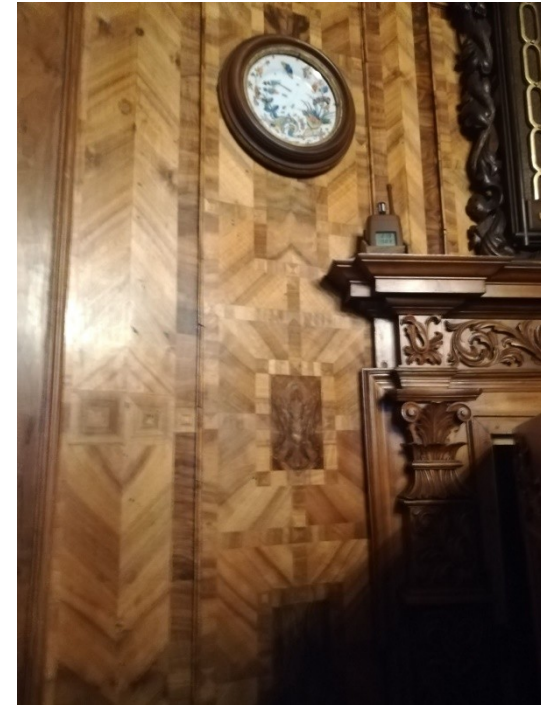
# Měřicí přístroje RV

- **Jednorázová měření:**
  - **indikační papírky** – impregnováno solemi kobaltu, rozsah 20 – 80 %, menší přesnost ve vlhkém prostředí, jednoduchá a levná aplikace, orientační měření (vhodné do boxů).
  - **vlasový vlhkoměr** - 5 %, nepřesné při 80 % < RV < 40 %, citlivý na přenos, prach ..., nutná častější kontrola
  - **Elektronické hygrometry**



# Zásady monitorování RV/T

- **Jak často?:** kontinuálně 24 hod./den (interval snímání dat 15 - 30 min.)
- **Kde?** Ve všech prostorách, kde jsou sbírky:
  - optimálně uprostřed místnosti, cca 1,5 – 1,8 m nad podlahou
  - vyhnout se: blízkost oken, dveří, topných těles, zvlhčovačů, vzduchotechniky, působení proměnlivého proudění, na podlaze x možné měření uvnitř regálů, skříní či sledovaných míst (chladné stěny apod.)
  - Neschovávat přístroje za závěsy – raději přiznat!
- Nutné **temperování přístroje** na měřené prostředí (30 – 60 min.)
- **Kontrola přístrojů:** dle druhu přístroje 0,5 až 1 x/rok
- **Kalibrace:** 1 x /rok popř. za 3 roky





# Regulace RV/T

- Obecně je vhodné využívat **pasivních regulačních prvků**:
  - Omezit tepelné ztráty budovy (popř. tepelné dotace v létě) – kvalitní izolace budovy ! Využívat orientaci vůči světovým stranám.
  - Sedlová střecha s izolovaným podkrovím
  - Krytá okna (žaluzie, energetické fólie)
  - Omezení množství lidí v místnosti
  - Umístění citlivých předmětů mimo dosah přímého světelného záření, oken, obvodových zdí, ventilátorů vzduchu, vstupních chodeb a prostor
  - Snížení teploty vytápění během zimních měsíců (lepší regulace RV) – **nastavení sezónních cyklů**
  - Ukládání předmětů v boxech, obalech, skříních ... (lepší vyrovnávání výkyvů RV/T)
  - Důsledná kontrola RV/T pro citlivé materiály (např. textilie, některé kovy, minerály apod.)

# Možnosti regulace RV/T

- řízené vytápění (chlazení)
- řízené větrání
- odvlhčovací přístroje
- zvlhčovací přístroje
- stabilní vzduchotechnická zařízení (VZT)
- klimatizační jednotky
- užití sorpčních látek modifikujících RV (silikagel, molekulární síta)

# Vytápění

- **výhody** – relativní nenáročnost na vybavení
- **nevýhody** – vhodná spíše ke snižování úrovně RV, ekonomická zátěž
  - Může dojít k nebezpečnému snížení RV ve vytápěném prostoru (např. v zimních měsících v kombinaci s větráním venkovním vzduchem)
- **nastavit sezonní cyklus** - letní (např. deponitář 18 – 20 °C) a zimní režim (16 – 18 °C)
- standardní ovládání **termostaty** (v expozicích možnost blokovat nastavenou polohu)

# Stabilní vzduchotechnická zařízení

- **Stabilní zařízení pro úpravu vzduchu VZT** (ventilátory, filtry, ohřívání a chlazení vzduchu, (ventilátory, filtry, ohřívání a chlazení vzduchu, zvlhčování/odvlhčování) – záleží na zvolené kombinaci:
  - Optimální kombinace – cirkulace vzduchu + zvlhčování/odvlhčování
  - **Centrální klimatizace** – stabilní klima:
    - Vhodné pro dobře tepelně izolované objekty, bez oken
    - Nutné garantovat dlouhodobý a spolehlivý provoz
    - Nebezpečí výpadku – náhradní generátor popř. klimatizační jednotka

# Ukládání předmětů do obalů

- Obaly (např. PE fólie) zmírňují účinky fluktuací RV, chrání předměty před prachem, polutanty, hmyzem.
  - Obaly však mohou být také příčinou zvýšené RV uvnitř obalu – např. umístění zabaleného předmětu do prostředí s výrazně nižší teplotou než je uvnitř obalu (u chladných stěn, během transportu, hubení hmyzu při nízké T apod.) – hrozí kondenzace vlhkosti !
  - Závisí to na objemu a hygroskopičnosti předmětu i těsnosti obalu.

*Obaly s malou propustností vzduchu – fólie Escal, bariérová fólie potahovaná zinkem*



# Aklimatizace předmětů

- **Klimabedny** - zhotoveny z pevného materiálu uvnitř s izolačním materiálem (ochrana proti otřesům a výkyvům RV/T):
  - Před zabalením (hedvábný papír, bublinková fólie) bednu nechat min. 24 hod. aklimatizovat na místě exponátu
  - Po příjezdu na místo – opět 24 hod. aklimatizace, po té otevřít
    - **ČSN 961507, EN 15946: Ochrana kulturního dědictví - Zásady balení pro přepravu, účinnost: 1. 3. 2012**





# Sorpční materiály

- Materiál adsorbující na svém povrchu vlhkost :
  - oxid křemíku (silikagel, Proisorb ap,) - chemicky inertní, netoxická, objemově stabilní a nekorozivní látka
  - zeolity – molekulární sítka (hlinitokřemečitanů kovů)
- Jejich adsorpční kapacita je dána velikostí pórů a RV prostředí
- Mají schopnost vlhkost pohlcovat i uvolňovat v závislosti na okolní RV



# Sorpční materiály

- Adjustace silikagelu do kazet s vyznačenou hmotností a stupněm kondicionace



Prosorb – cca 1 kazeta/m<sup>3</sup>



# Otázky k opakování

- Jaké mechanismy poškozování vyvolává působení nevhodné teploty a relativní vlhkosti vzduchu u sbírkových předmětů?
- Jaké jsou doporučené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu pro smíšené sbírky a zvláště citlivé materiály?
- Co je to psychrometrický diagram?
- Jakým způsobem můžeme udržovat stabilní hodnotu RV při ochlazování a ohřevu vnitřního prostoru?
- Jaké znáte měřicí přístroje pro monitoring RV a T?
- Co je to silikagel a k čemu se v muzeích používá?

# Literatura

- Metodika uchovávání předmětů kulturní povahy, Technické muzeum v Brně, 2018; [https://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2017/12/Metodika\\_WEB\\_final.pdf](https://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2017/12/Metodika_WEB_final.pdf); str. 17 – 26.
- Preventivní péče o předměty kulturní povahy v expozicích, depozitářích a zpřístupněných autentických interiérech, NPÚ, 2018;
- Úvod do muzejní praxe – Učební texty základního kurzu Školy muzejní propedeutiky, AMG, 2010
- THOMSON, G.: *The Museum Environment*. Oxford 2002
- KOPECKÁ, I. a kol.: Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené. Národní památkový ústav, Praha 2002.