



---

# Trendy v akumulaci tepla pro obnovitelné zdroje energie

**Tomáš Matuška**

Ústav techniky prostředí

Fakulta strojní, ČVUT v Praze



# Akumulace tepla pro OZE

---

- **solární tepelné soustavy**
  - nezbytný předpoklad pro využití solárního tepla
- **tepelná čerpadla**
  - snižuje počet startů, zvyšuje životnost, překlenuje blokaci
  - snižuje potřebný výkon, odděluje TČ od tepelné soustavy
- **kotle na biomasu**
  - snižuje počet startů, snižuje emise, zvyšuje účinnost provozu, zvyšuje uživatelský komfort
  - hydraulicky odděluje kotle od tepelné soustavy, umožňuje kombinaci se solární soustavou, snižuje potřebný výkon



# Druhy akumulace – vývojové trendy

## ■ akumulace s využitím citelného tepla

- využití tepelné kapacity látek, úměrné rozdílu teplot
- hustota akumulace: **100 až 300 MJ/m<sup>3</sup>**

**komerčně dostupné  
tepelné ztráty**

## ■ akumulace s využitím skupenského tepla

- využití změny skupenství tání-tuhnutí (při konst. teplotě) + tepelné kapacity
- hustota akumulace: **200 až 500 MJ/m<sup>3</sup>**

## ■ akumulace s využitím sorpčního tepla

- akumulace vodní páry v tuhé (adsorpce)  
nebo kapalně (absorpce) látce, uvolňování tepla při sorpci
- hustota akumulace: **500 až 1000 MJ/m<sup>3</sup>**

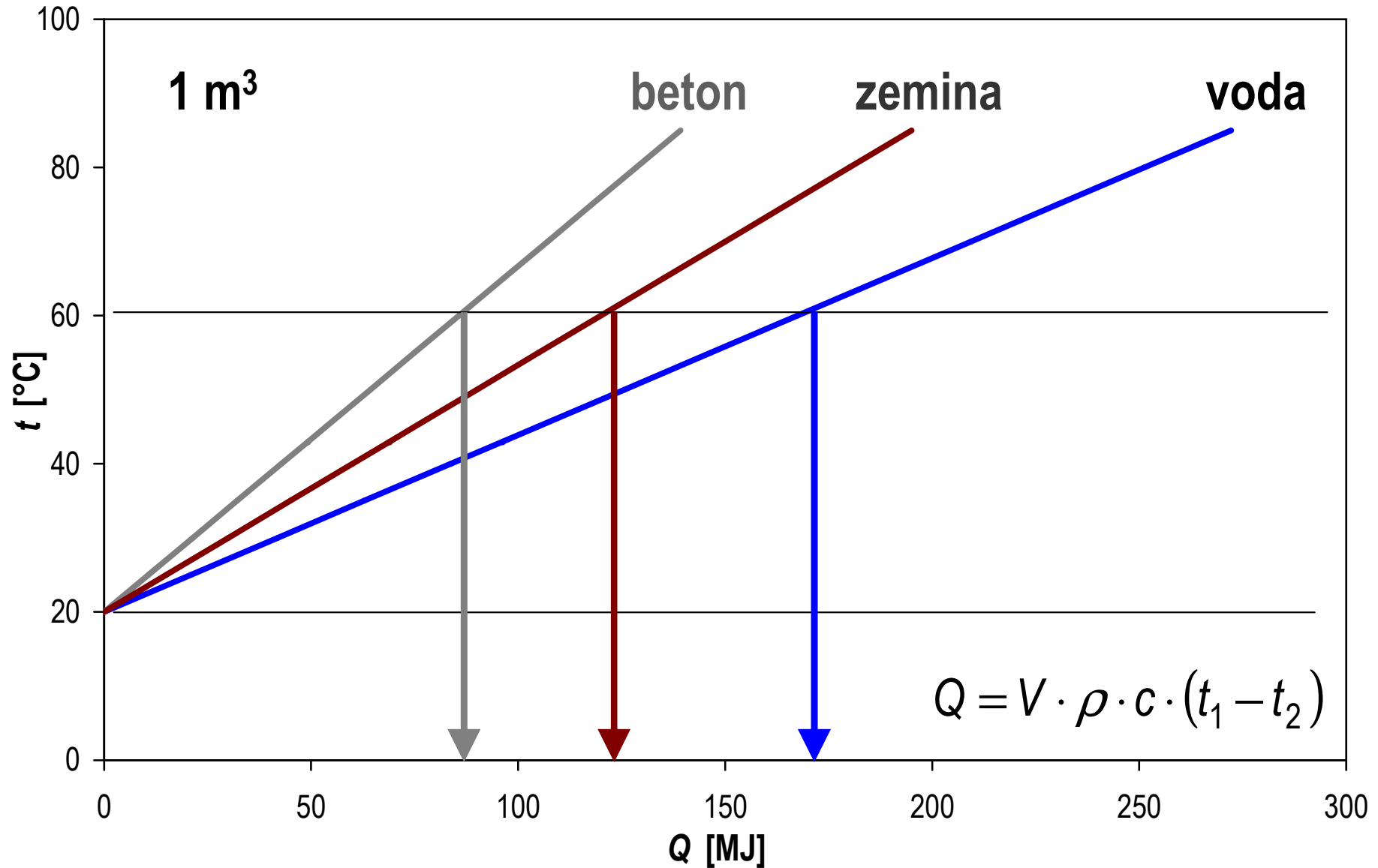
**ve vývoji, bezztrátové  
skladování tepla**

## ■ akumulace s využitím chemických reakcí

- vratné chemické reakce doprovázené jímáním – uvolňováním tepla
- hustota akumulace: **1000 až 3000 MJ/m<sup>3</sup>**



# Akumulace s využitím citelného tepla

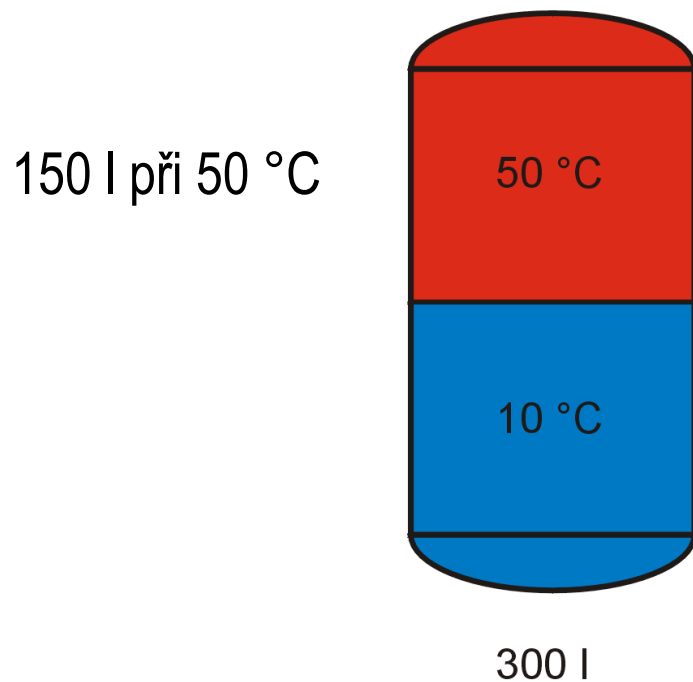




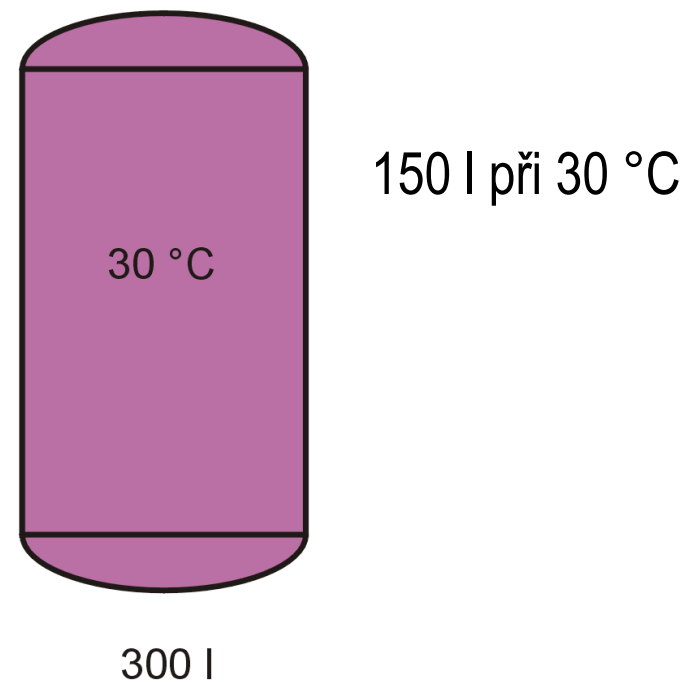
# Vodní zásobníky - vrstvení podle teploty

využitelnost naakumulované energie ~ využitelné teplotě

teplotně rozvrstvený



zcela promíchaný

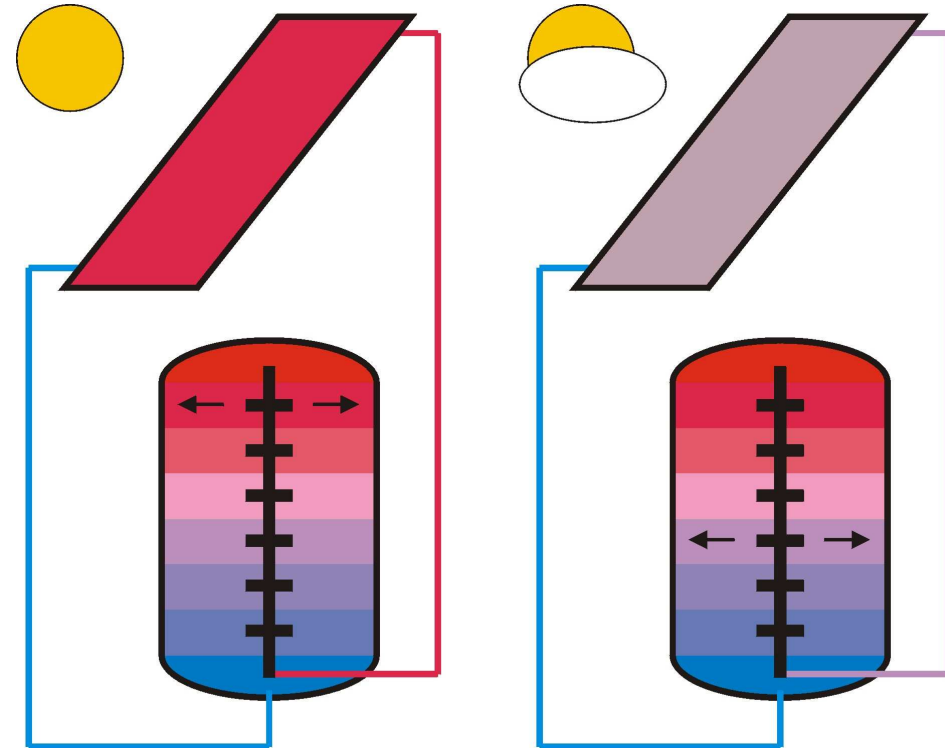


**teplotní vrstvení = vysoká účinnost, vysoké pokrytí**



# Zásobníky tepla se řízeným vrstvením

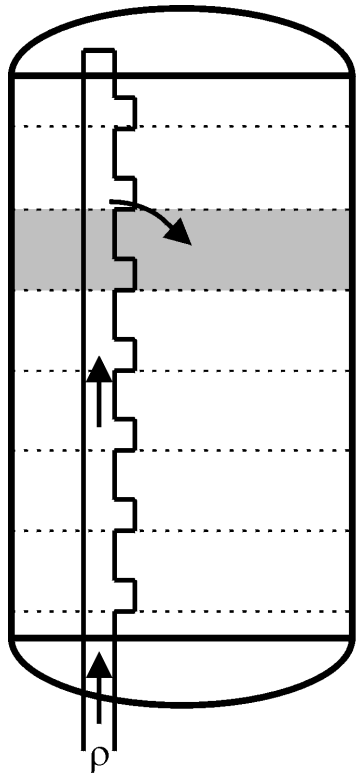
- **stratifikace** (teplotní vrstvení) objemu zásobníku podle teploty – ukládání tepla do vrstev o podobné teplotě
- v horní části je výrazně vyšší teplota než ve spodní části (udržuje se studená)
- snížení potřeby dodatkové energie
- zvýšení využití solárních zisků



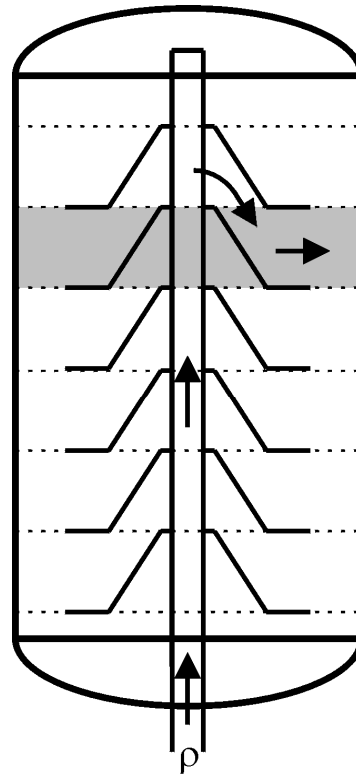
**zvýšení solárního podílu**



# Řízené teplotní vrstvení

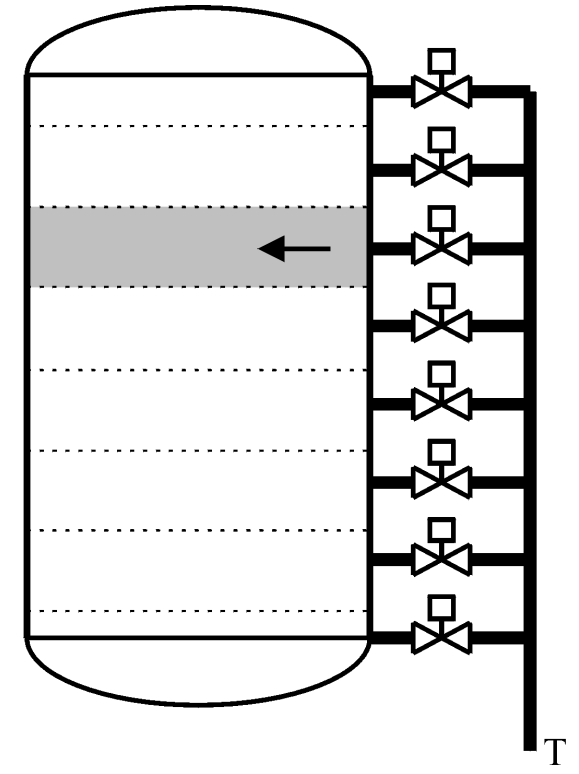


$\rho_7 < \rho$   
 $\rho_6 > \rho$   
 $\rho_5 > \rho$



$\rho_7 < \rho$   
 $\rho_6 > \rho$   
 $\rho_5 > \rho$

$T_7 > T$   
 $T_6 < T$   
 $T_5 < T$

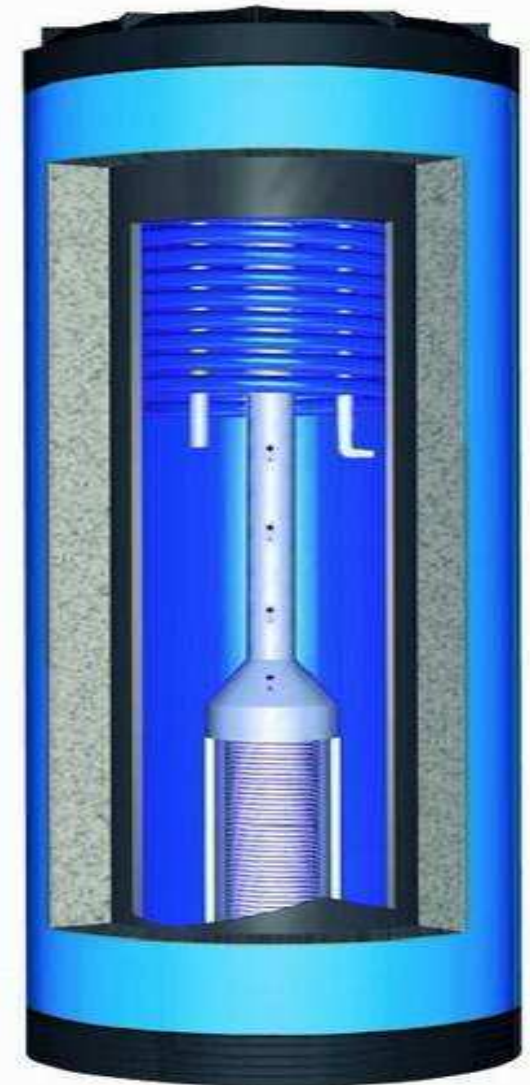
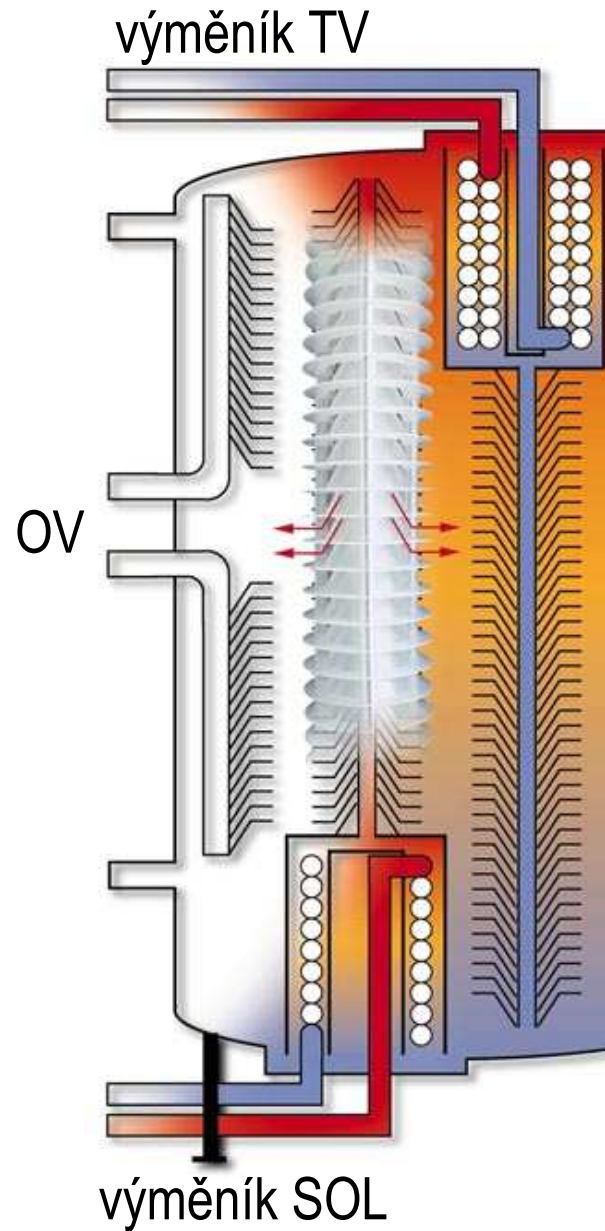
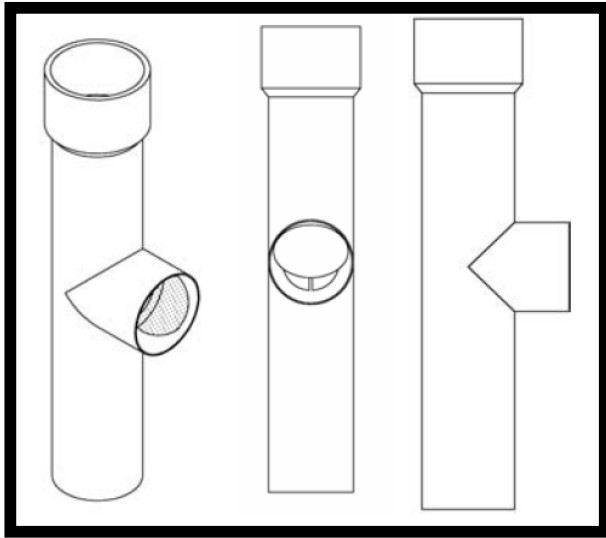


přívod do teplotně podobné vrstvy na základě podobné hustoty (pasivní)

pokročilá regulace aktivní prvky



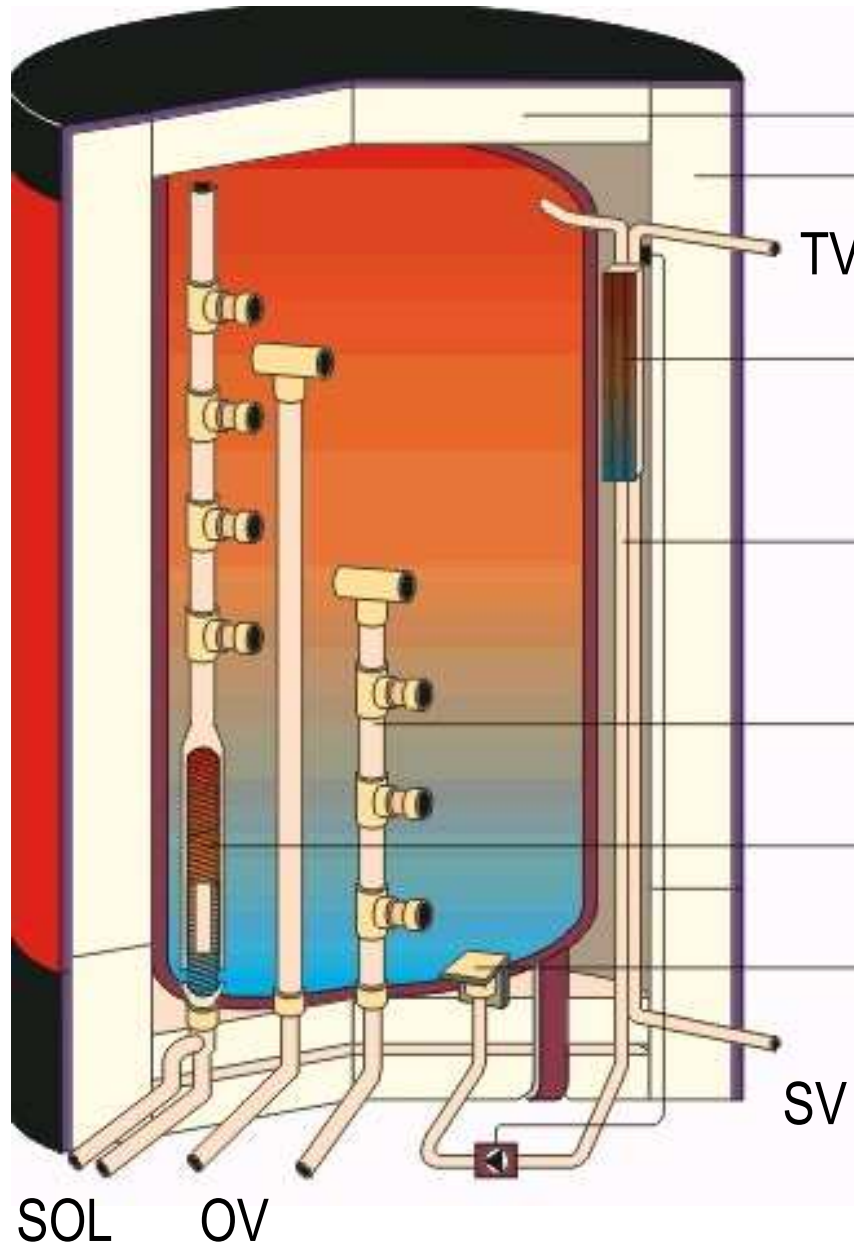
# Stratifikační vestavby







# Stratifikační vestavby



izolace

TV

výměník pro přípravu teplé vody (TV)

potrubí

stratifikace zpátečky otopné vody (OV)

stratifikační vestavba s integrovaným  
výměníkem

přívod vychlazené vody z výměníku TV

SV

SOL

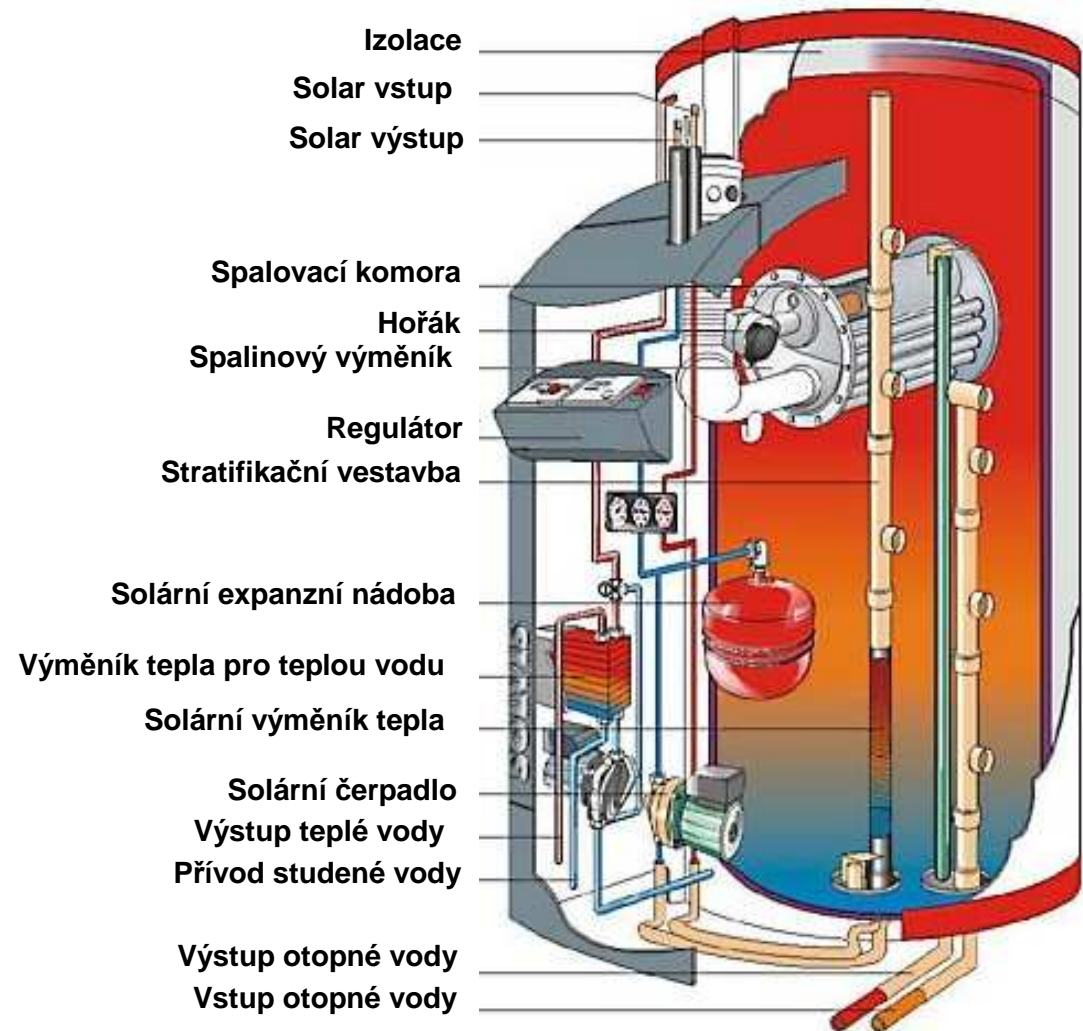
OV

zdroj: Solvis



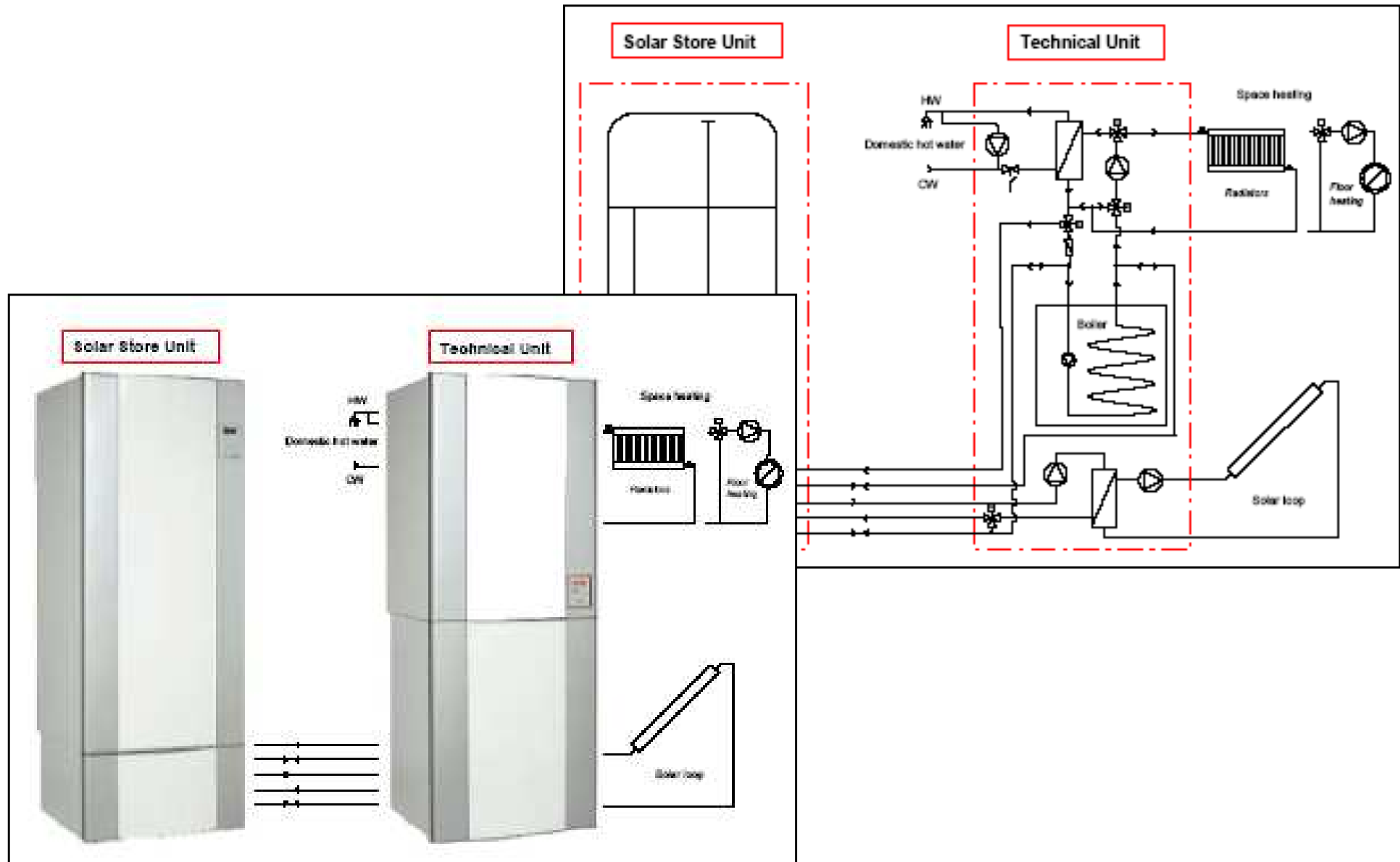
# Kompaktní řešení

- minimalizace chyb montáže
- optimalizovaná hydraulika
- vysoká účinnost soustavy
- úspora místa
- umístění do pobytových prostor





# Unifikované řešení



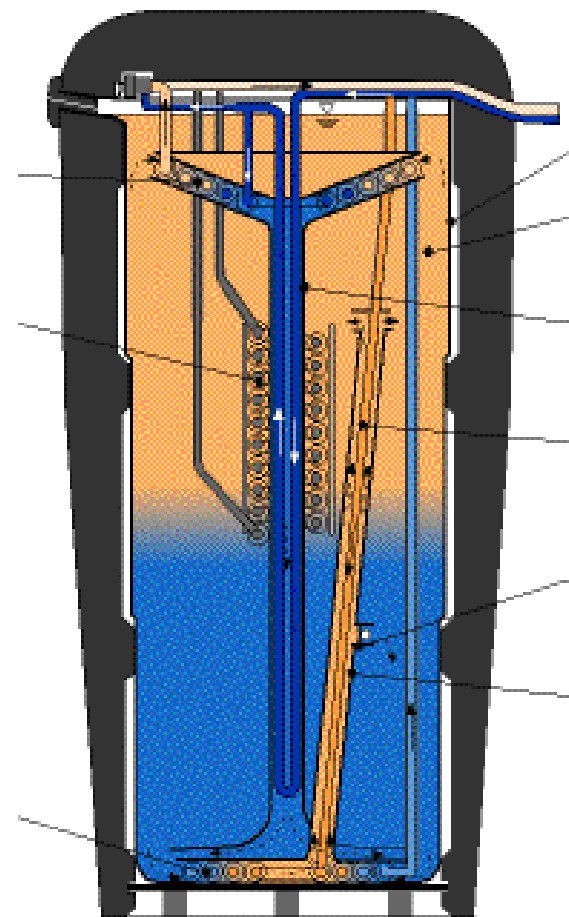
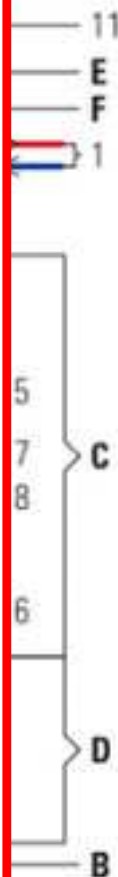
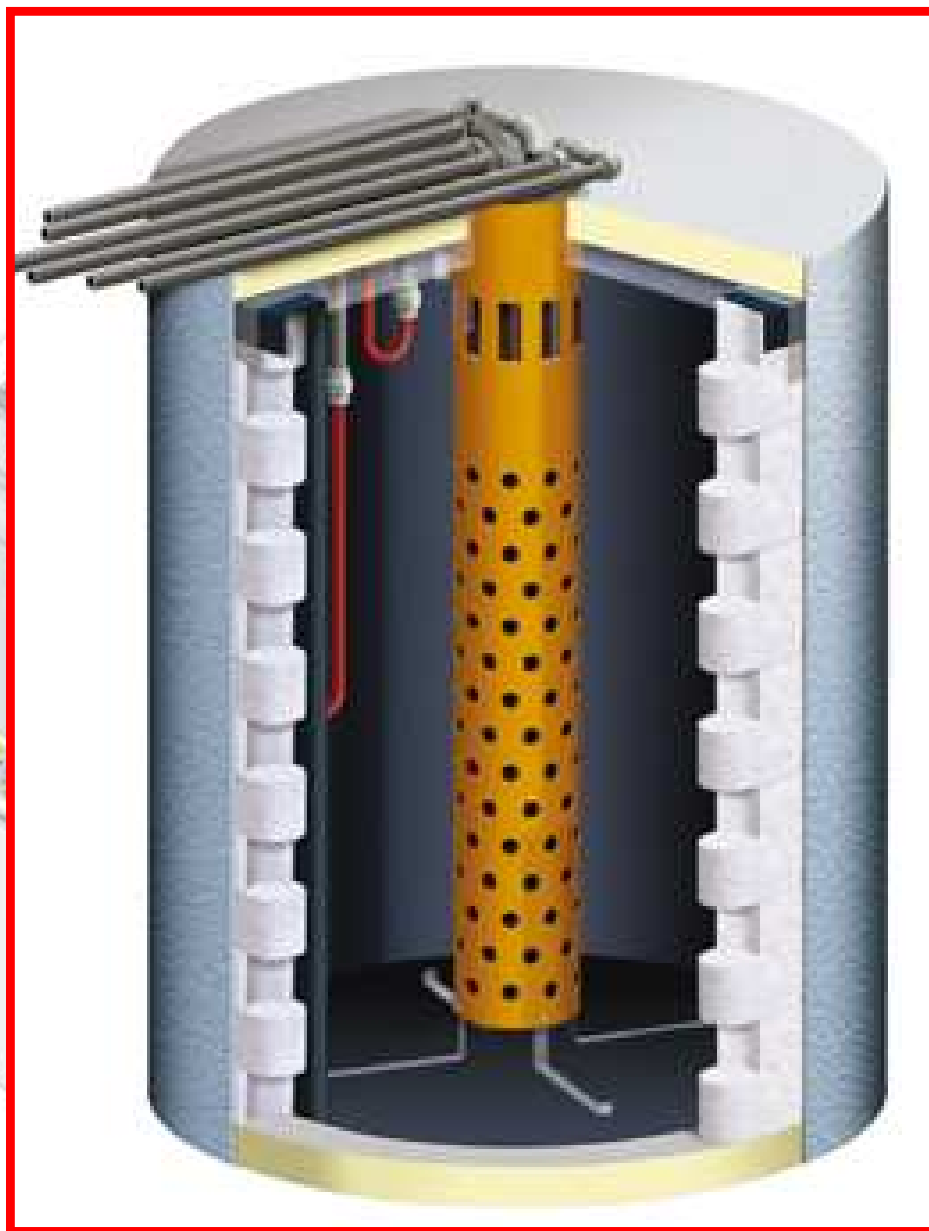


# Unifikované řešení, estetické řešení





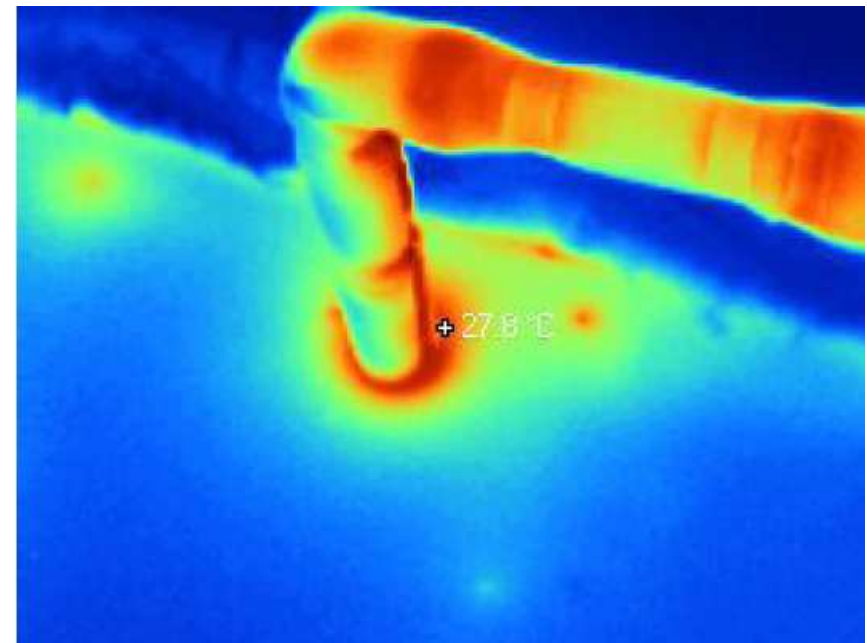
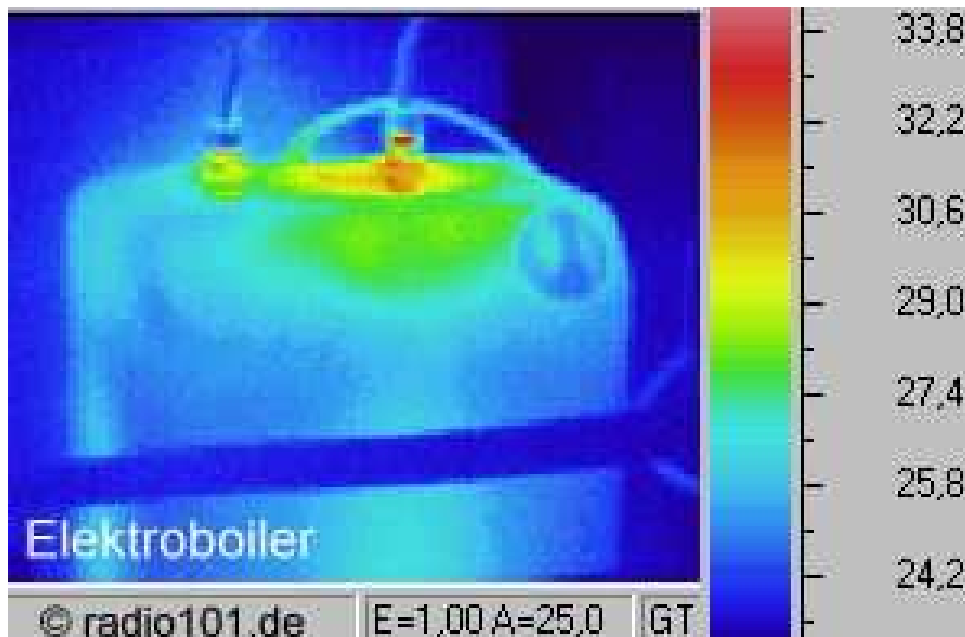
# Plastové netlakové zásobníky





# Tepelné ztráty

- ovlivňují zásadně účinnost akumulace
- tepelná izolace zásobníků
- provedení přípojek – tepelné mosty
- provedení přípojek – degradace teplotního vrstvení





# Tepelné ztráty zásobníků

---

## vyhláška 193/2007

### § 8

#### *zásobníky teplé vody:*

tl. 100 mm při  $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$

nebo  $U \leq 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### *zásobníky tepla (pasivní):*

tl. 100 mm při  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$

nebo  $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### *dlouhodobé zásobníky tepla:*

optimalizační výpočet

## vyhlášky Švýcarsko, Itálie

$$UA < 0,16\sqrt{V}$$

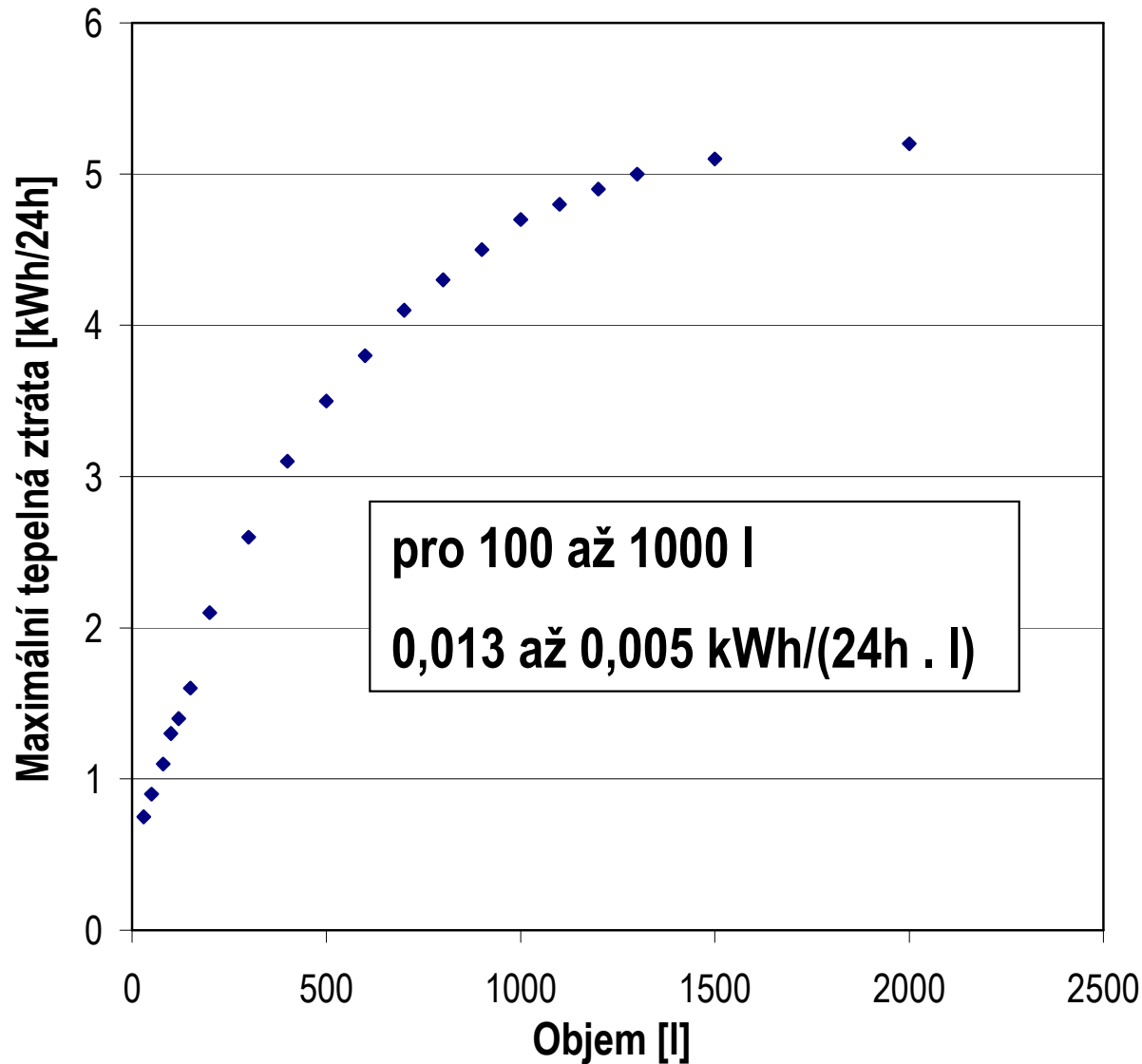
**postačuje i tl. 5 cm izolace !**



# Tepelné ztráty zásobníků

ČSN EN 15450 Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly

vyhláška 442/2004 o štítkování (mj. el. ohřivačů)



Třída	kWh/(24h.l)
A	< 0,005
B	0,005-0,007
C	0,007-0,009
D	0,009-0,011
E	0,011-0,013
F	0,013-0,015
G	>0,015

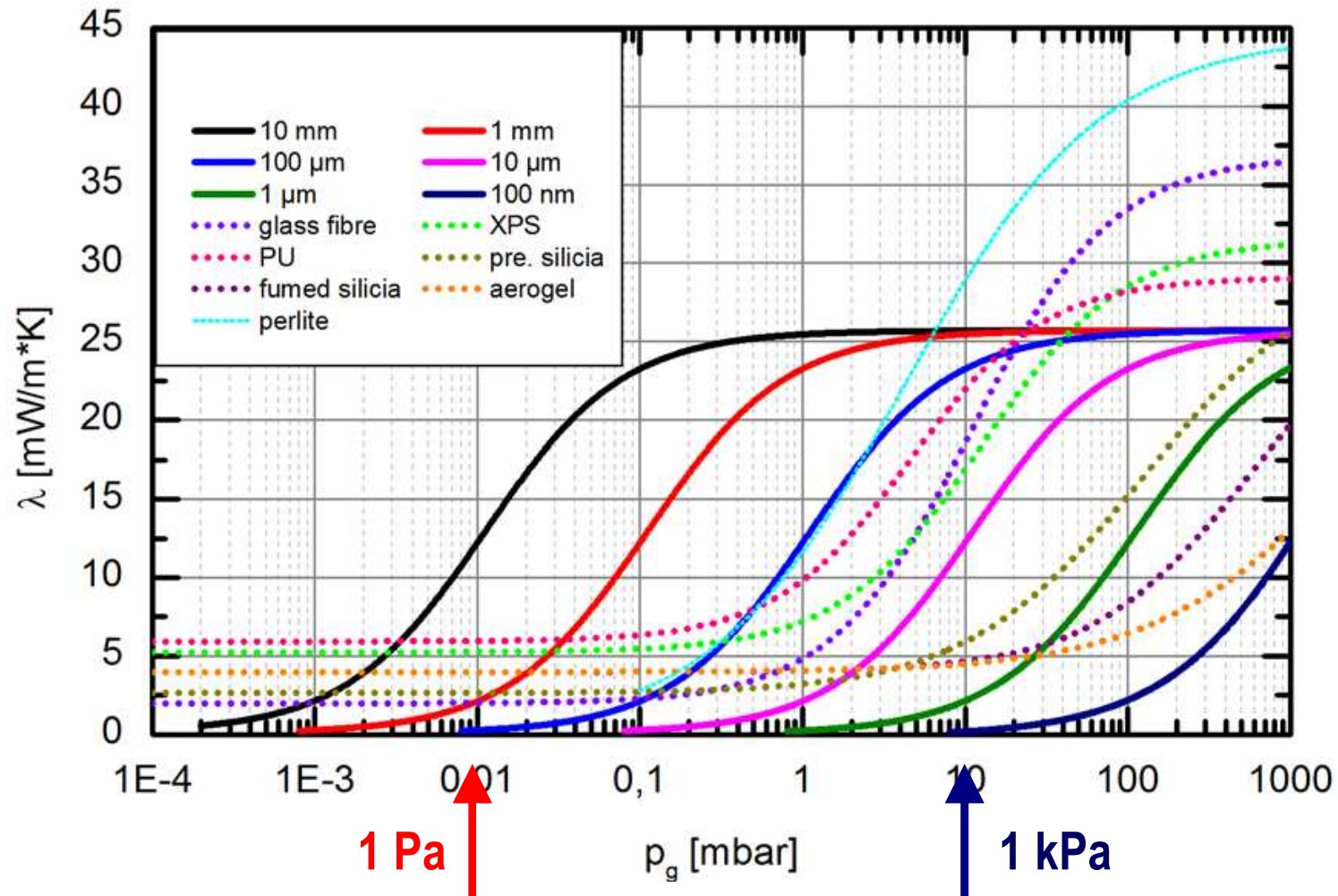




# Tepelné ztráty zásobníků

vakuové izolace: expandovaný perlit vakuovaný na **1 Pa**

0,004 až 0,008 W/mK,  **$U = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$**





# Akumulace s využitím změny skupenství

- změna skupenství doprovázená jímáním / uvolňováním tepla
- kapalina – plyn: nevhodná změna objemu
- **kapalina – tuhá látka:** vhodné (tání – tuhnutí)

$$Q = V \cdot \boxed{\rho_p \cdot c_p (t_t - t_1)} + \boxed{\rho_t \cdot l_t} + \boxed{\rho_k \cdot c_k (t_2 - t_t)}$$

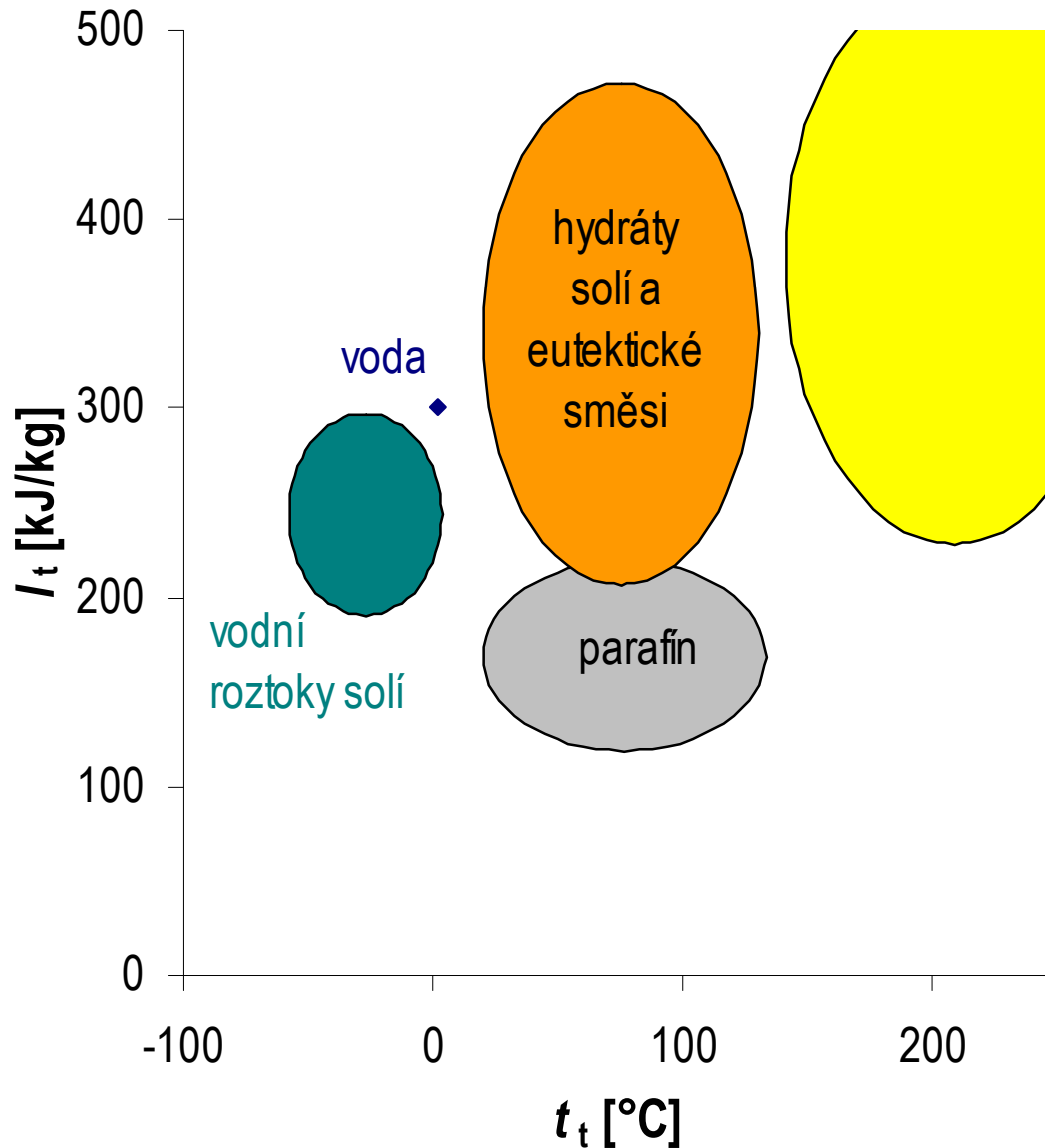
citelné teplo  
pevné skupenství      skupenské  
teplo      citelné teplo  
kapalné skupenství

kde  $t_t$  ... teplota změny skupenství       $t_1 < t_t < t_2$

$l_t$  ... skupenské teplo tání - tuhnutí



# Látky se změnou skupenství (PCM)



## anorganické PCM:

hydráty solí

+ vysoké teplo tání

+ vysoká tepelná vodivost

- korozivní

- podchlazování

- segregace fází

## organické PCM:

vosky, parafíny, mastné kys.

+ chemický a tepelně stabilní

+ nekorozivní

- nízká tepelná vodivost

- nízké teplo tání



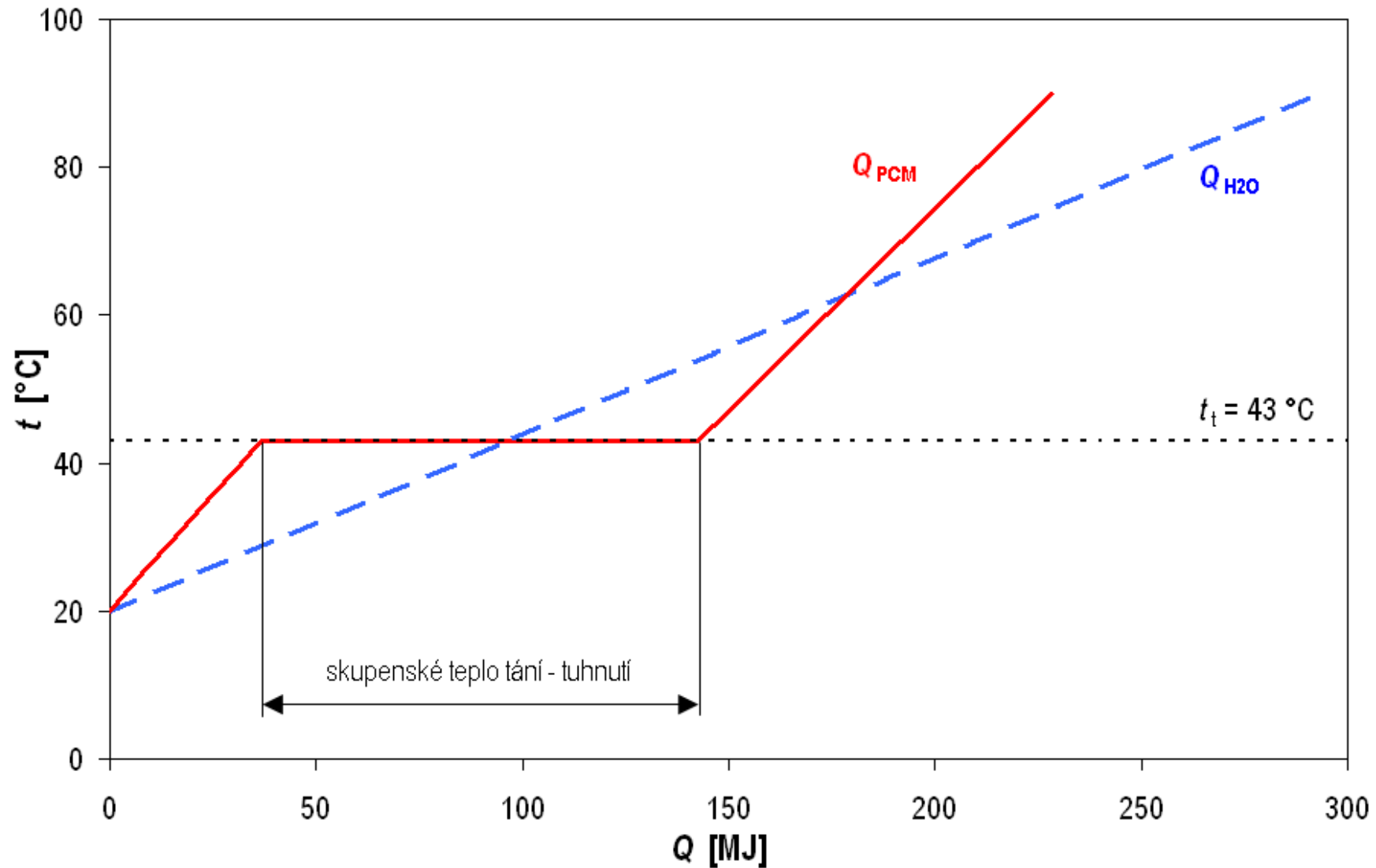
# Parafíny

Product	Melting point <sup>1</sup>	Heat storage capacity <sup>2</sup>
	[°C]	[kJ/kg]
RT 4	-4	179
RT 3	4	198
RT 4	4	182
RT 5	5	198
RT 6	6	175
RT 21	21	134
RT 27	27	179
RT 31	29	169
RT 42	41	174
RT 50	49	168
RT 52	52	173
RT 55	55	172
RT 58	58	178
RT 60	60	144
RT 62	61	146
RT 65	65	152
RT 82	82	176
RT 100	100	124



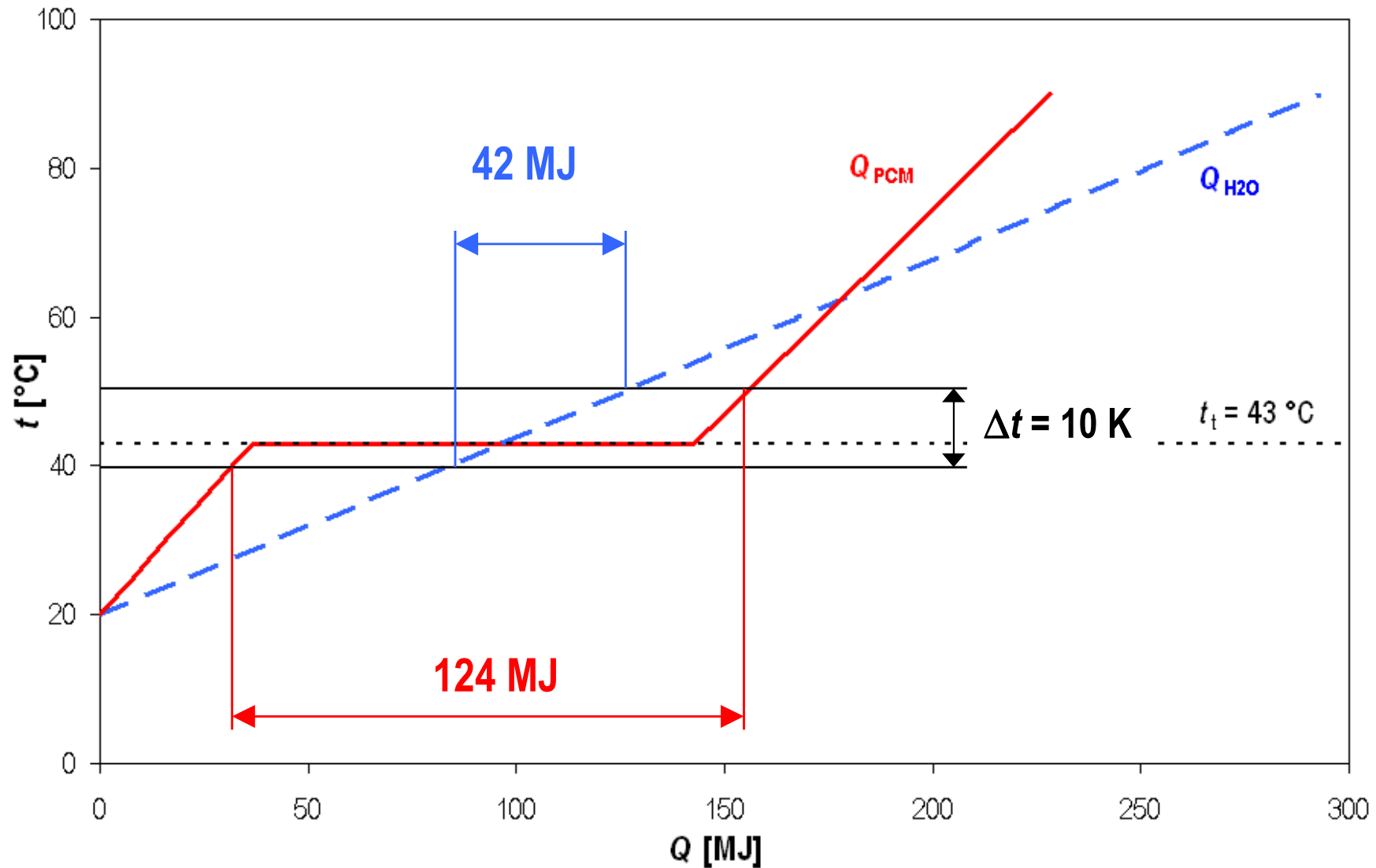


# Akumulace s využitím změny skupenství



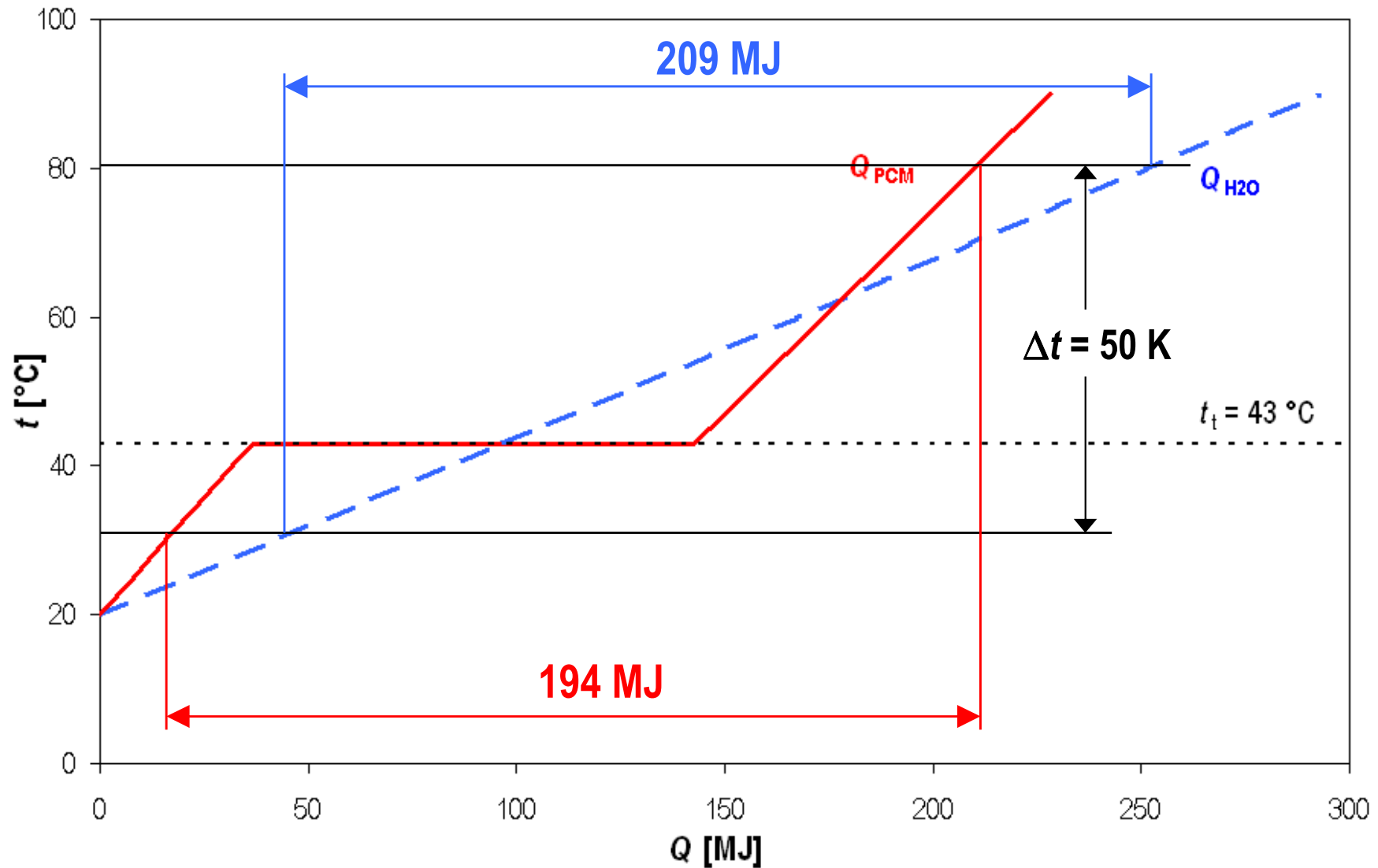


# Akumulace s využitím změny skupenství



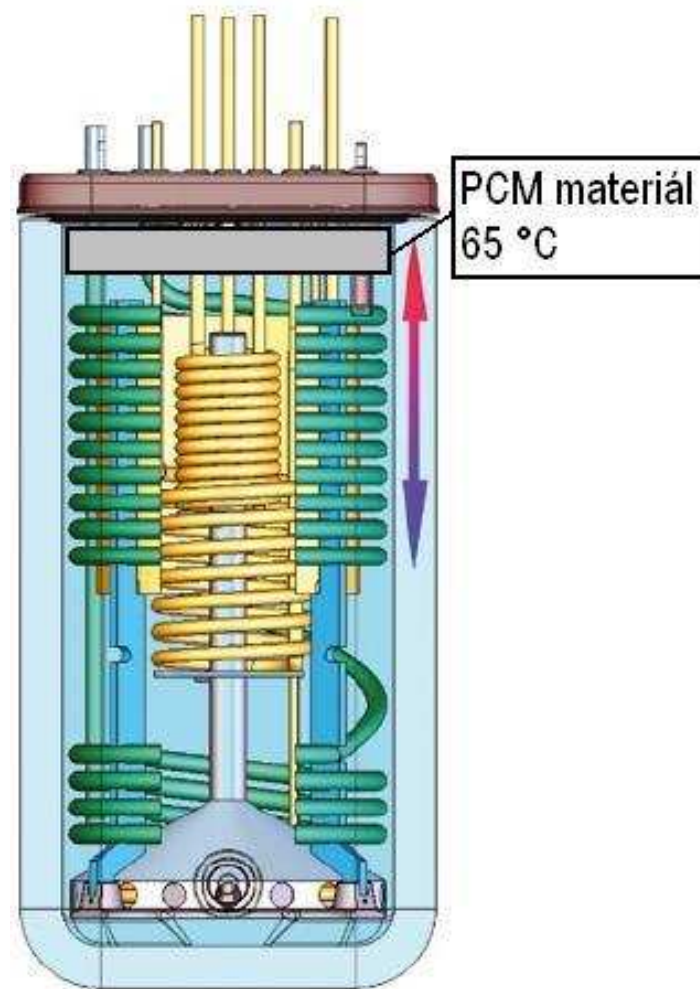
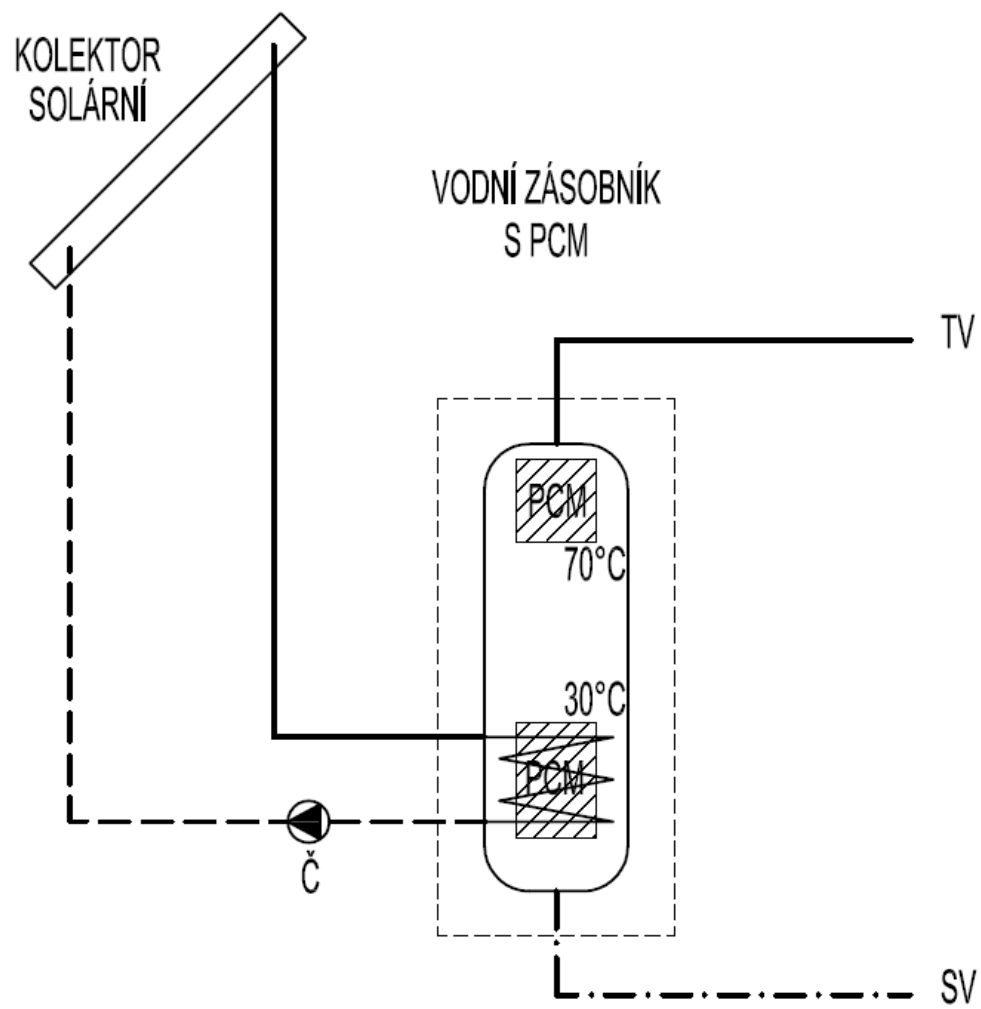


# Akumulace s využitím změny skupenství





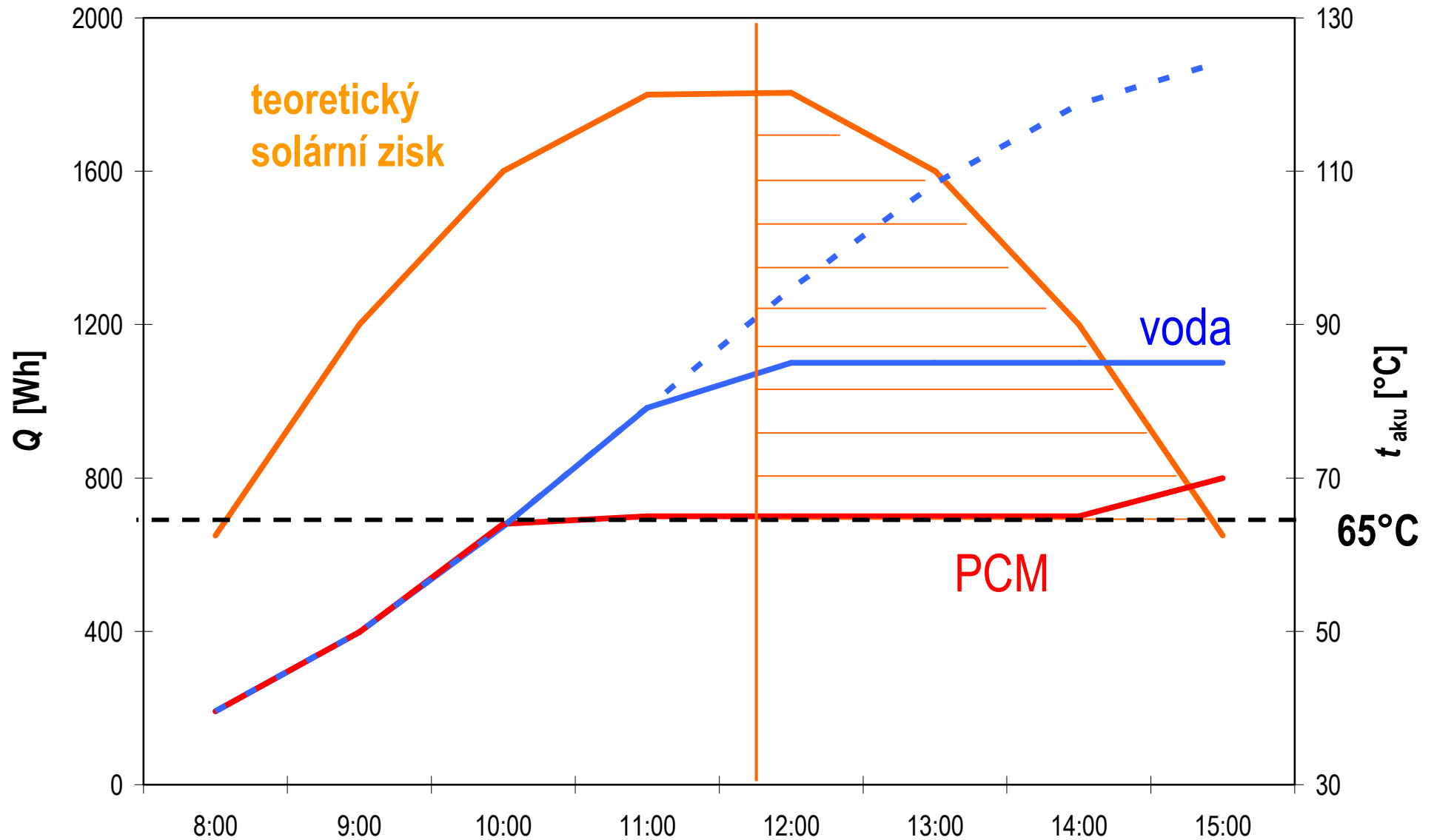
# Využití PCM pro solární soustavy







# Využití PCM pro solární soustavy





# Děkuji za pozornost

**Tomáš Matuška**

Ústav techniky prostředí

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Technická 4, 166 07 Praha 6

[tomas.matuska@fs.cvut.cz](mailto:tomas.matuska@fs.cvut.cz)

Československá společnost pro  
sluneční energii (národní sekce  
ISES)

<http://www.solarnispolecnost.cz>

<http://www.solar-info.cz>

Solární laboratoř ÚTP FS ČVUT v Praze

<http://solab.fs.cvut.cz>



**SOLAB**

Solární laboratoř Ústavu techniky prostředí  
Fakulty strojní ČVUT v Praze

