

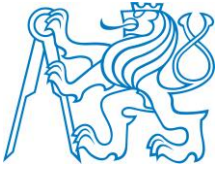


Trendy v akumulaci tepla pro obnovitelné zdroje energie

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/m³**

**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/m³**

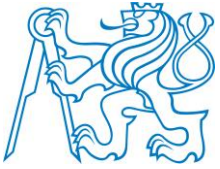
■ akumulace s využitím sorpčního tepla

- akumulace vodní páry v tuhé (**adsorpce**)
nebo kapalně (**absorpce**) látce, uvolňování tepla při sorpci
- hustota akumulace: **500 až 1000 MJ/m³**

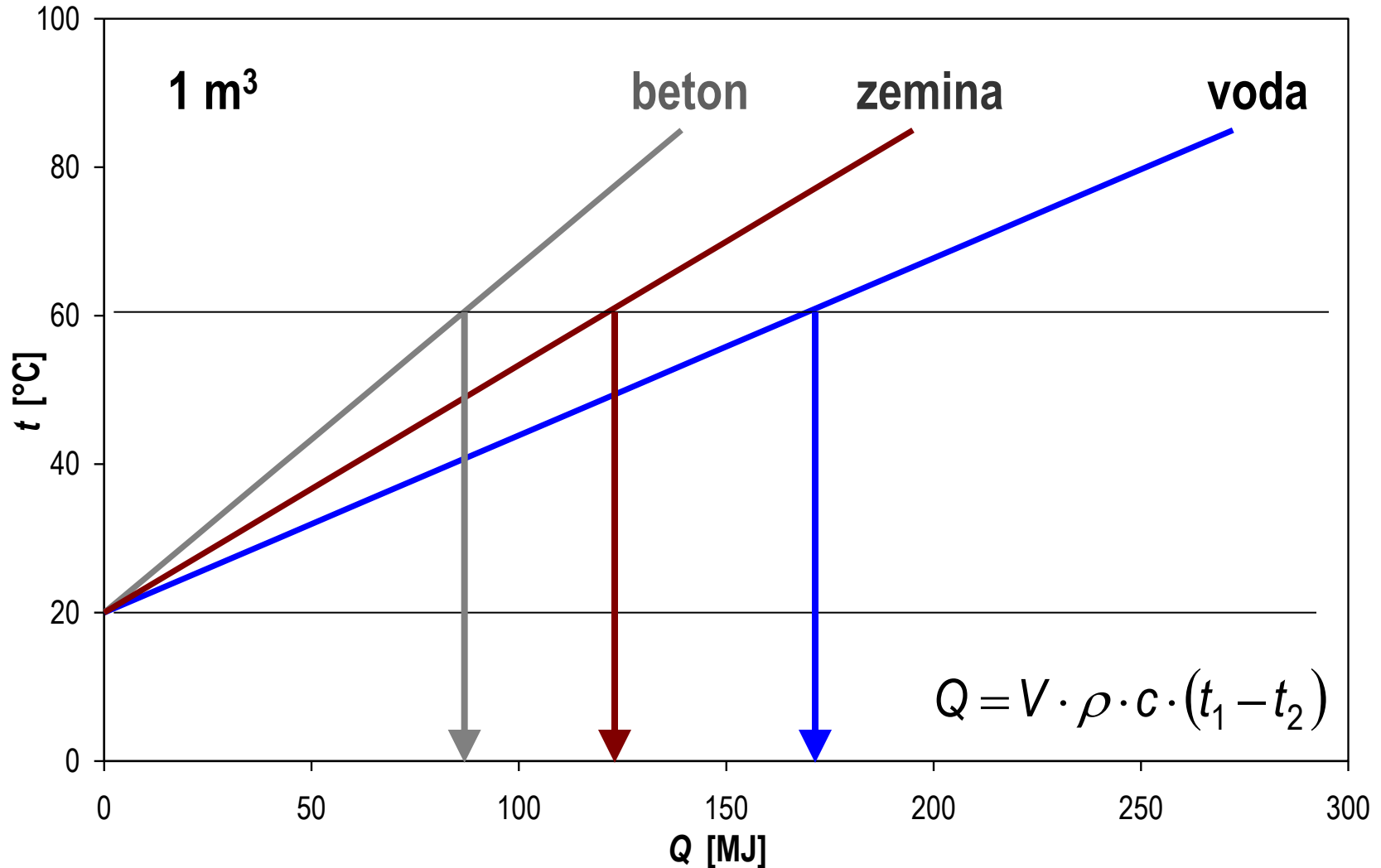
**ve vývoji, bezztrátové
skladování tepla**

■ akumulace s využitím chemických reakcí

- vratné chemické reakce doprovázené jímáním – uvolňováním tepla
- hustota akumulace: **1000 až 3000 MJ/m³**



Akumulace s využitím citelného tepla



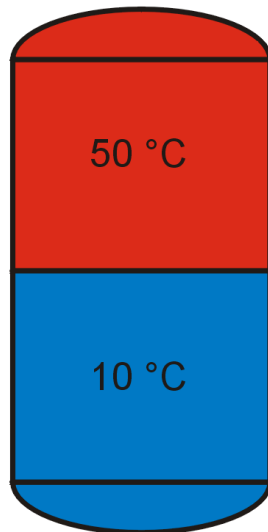


Vodní zásobníky - vrstvení podle teploty

využitelnost naakumulované energie ~ využitelné teplotě

teplotně rozvrstvený

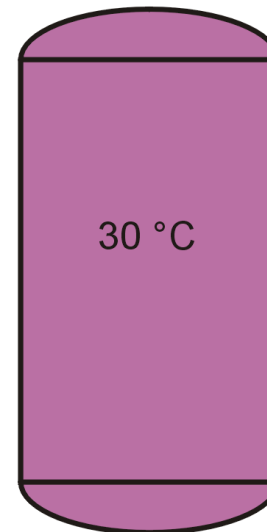
150 l při 50 °C



300 l

zcela promíchaný

150 l při 30 °C



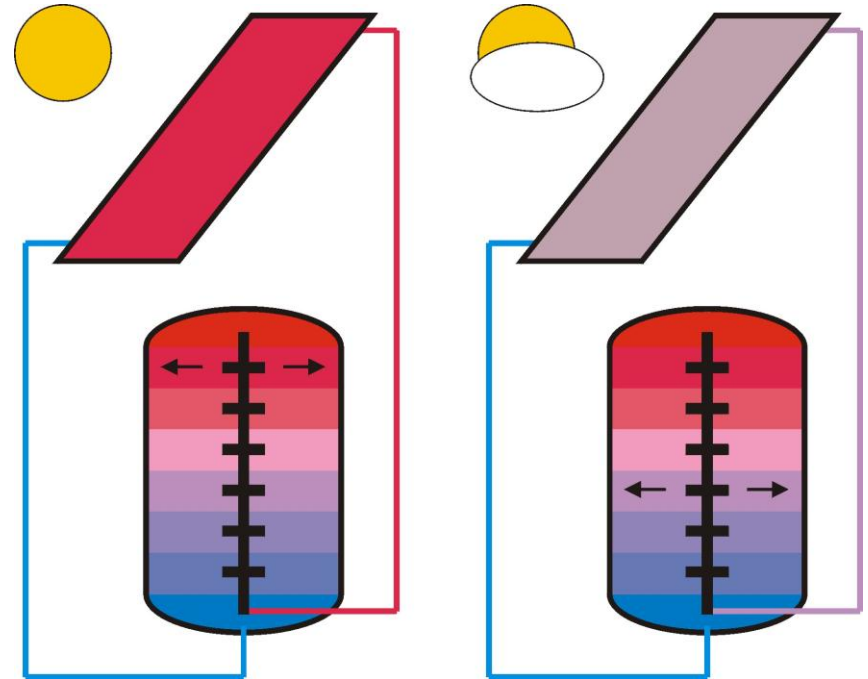
300 l

teplotní vrstvení = vysoká účinnost, vysoké pokrytí



Zásobníky tepla se řízeným vrstvením

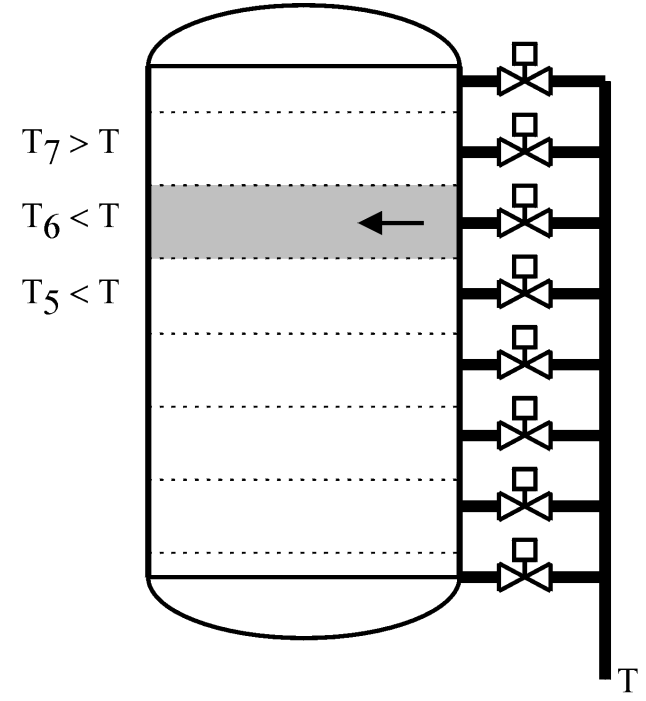
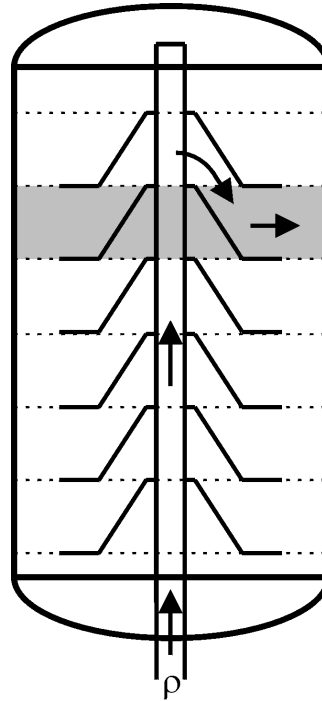
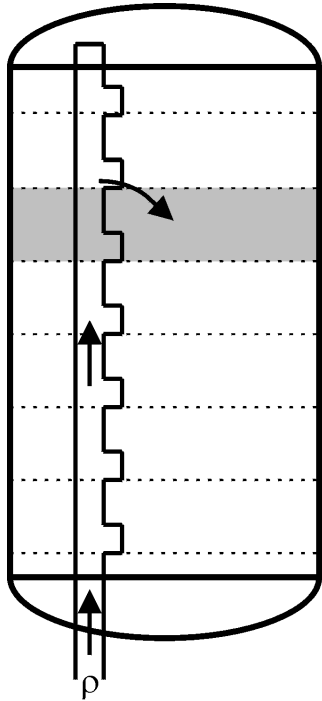
- **stratifikace** (teplotní vrstvení) objemu zásobníku podle teploty – ukládání tepla do vrstev o podobné teplotě
- v horní části je výrazně vyšší teplota než ve spodní části (udržuje se studená)
- snížení potřeby dodatkové energie
- zvýšení využití solárních zisků



zvýšení solárního podílu



Řízené teplotní vrstvení

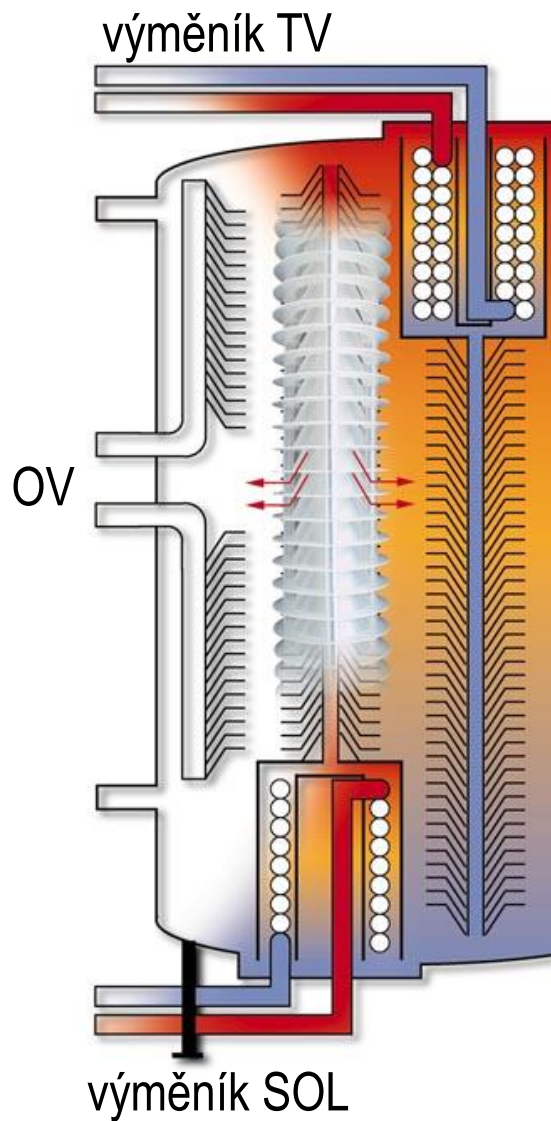
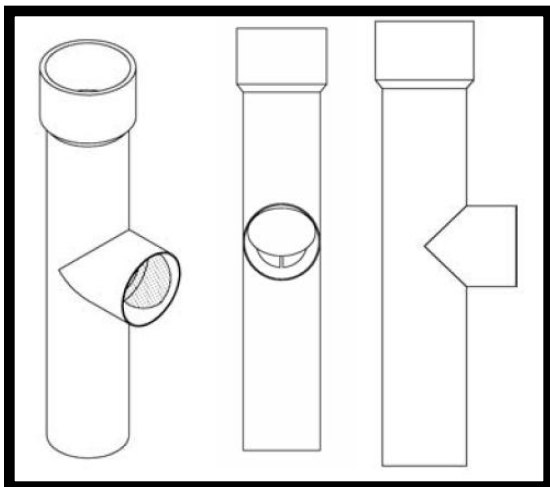


přívod do teplotně podobné vrstvy na základě podobné hustoty (pasivní)

pokročilá regulace aktivní prvky

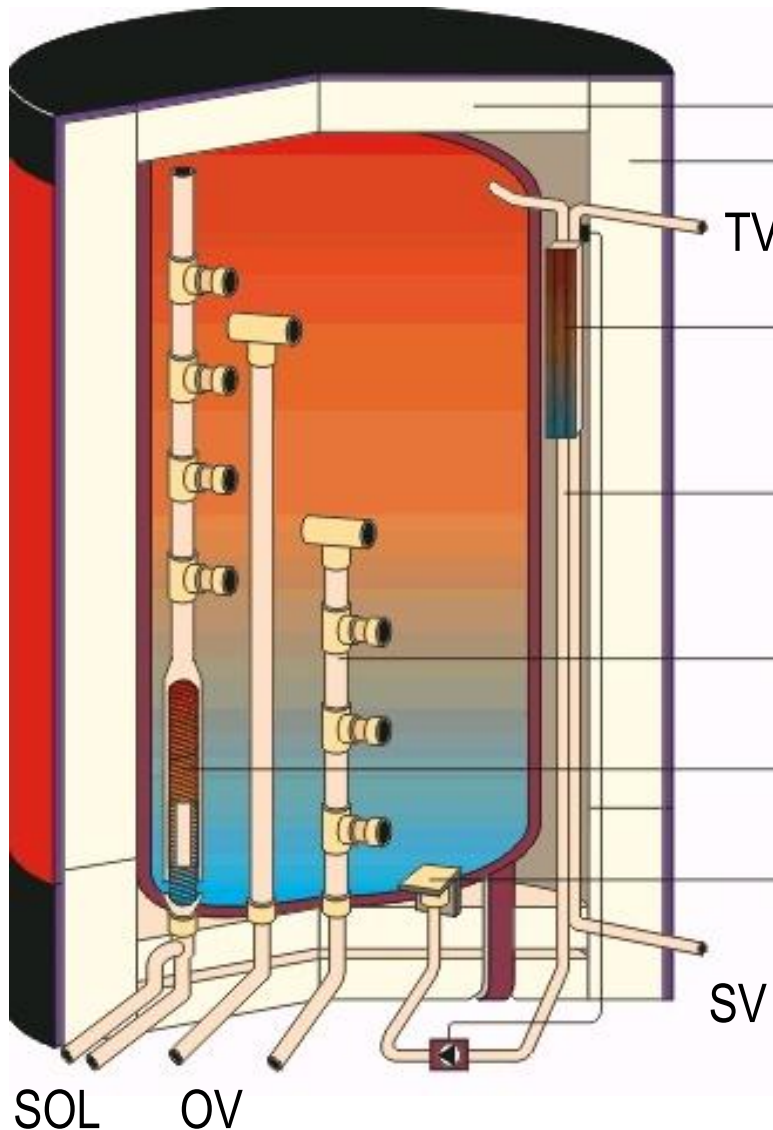


Stratifikační vestavby





Stratifikační vestavby



izolace

TV

výměník pro přípravu teplé vody (TV)

potrubí

stratifikace zpátečky otopné vody (OV)

stratifikační vestavba s integrovaným
výměníkem

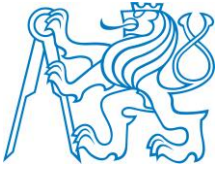
přívod vychlazené vody z výměníku TV

SV

SOL

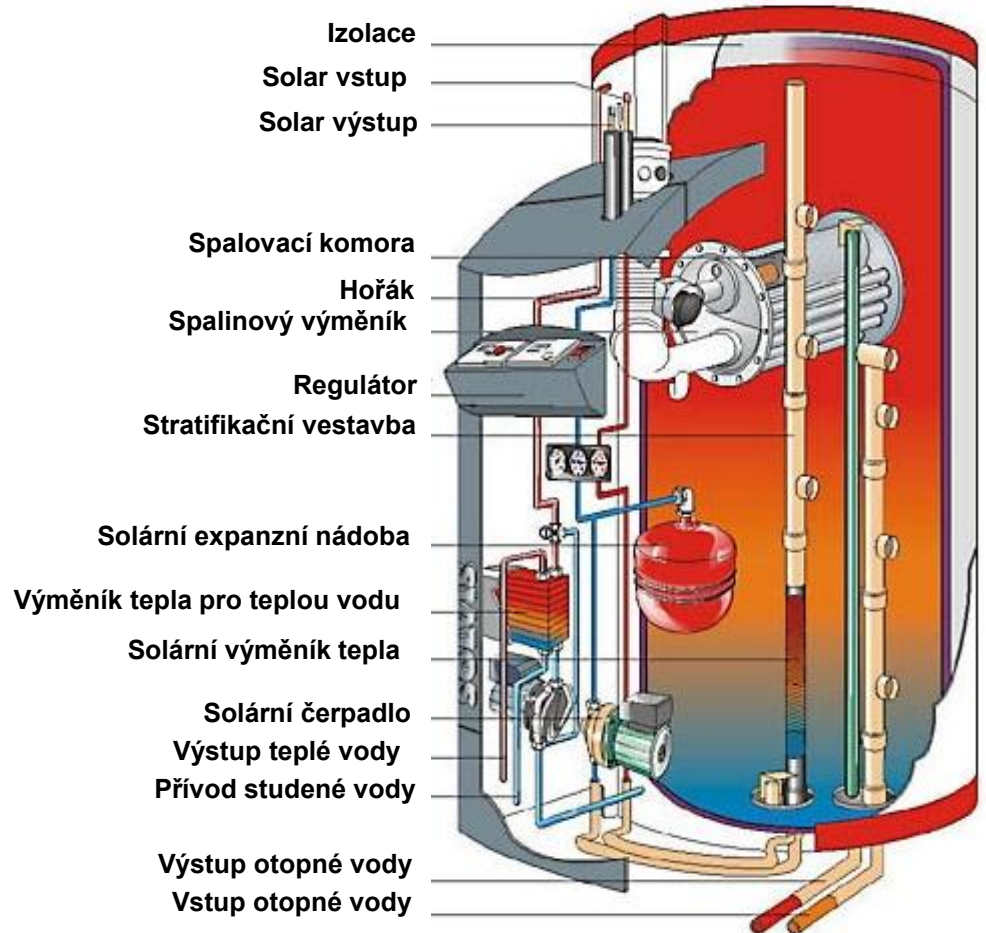
OV

zdroj: Solvis



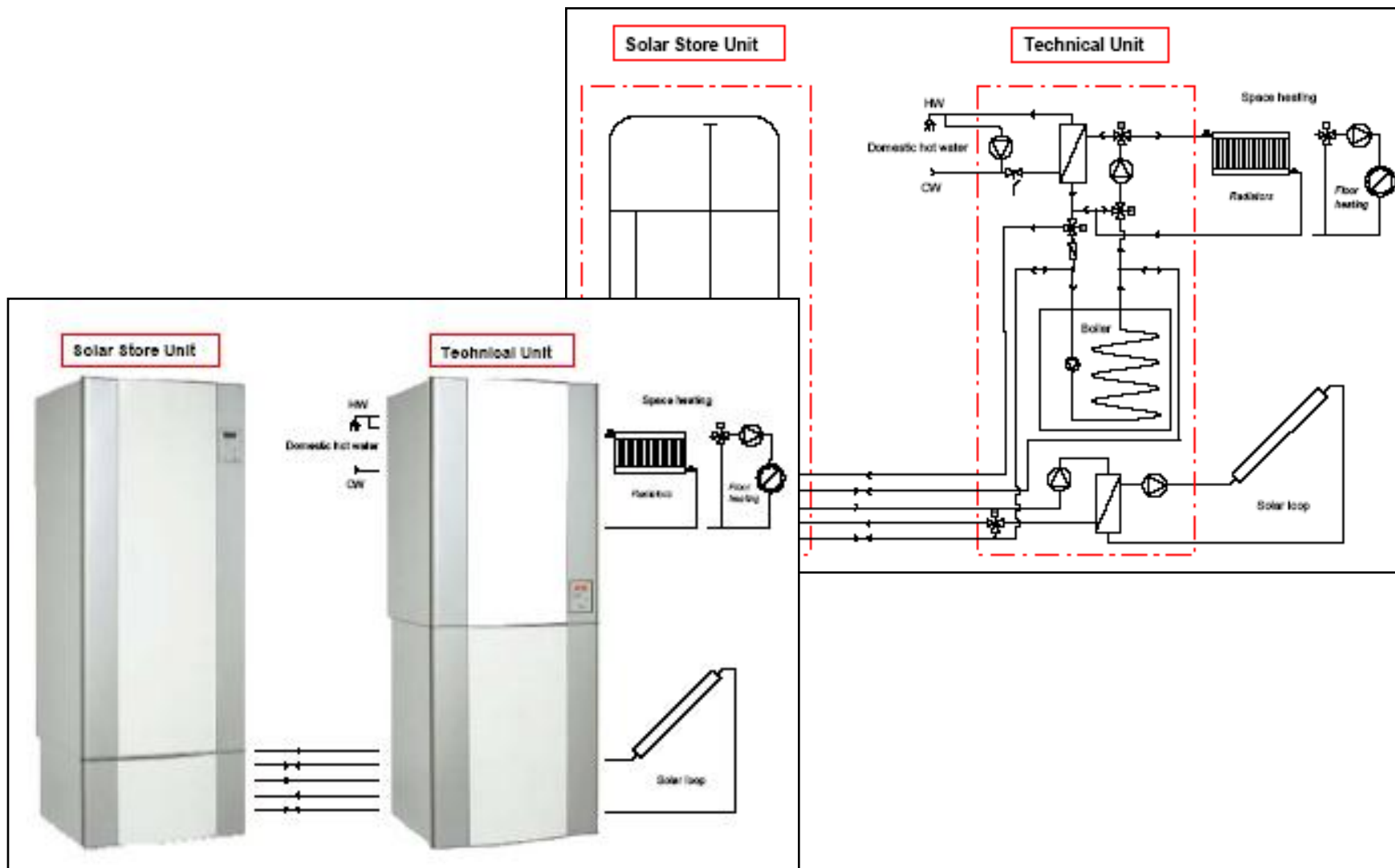
Kompaktní řešení

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



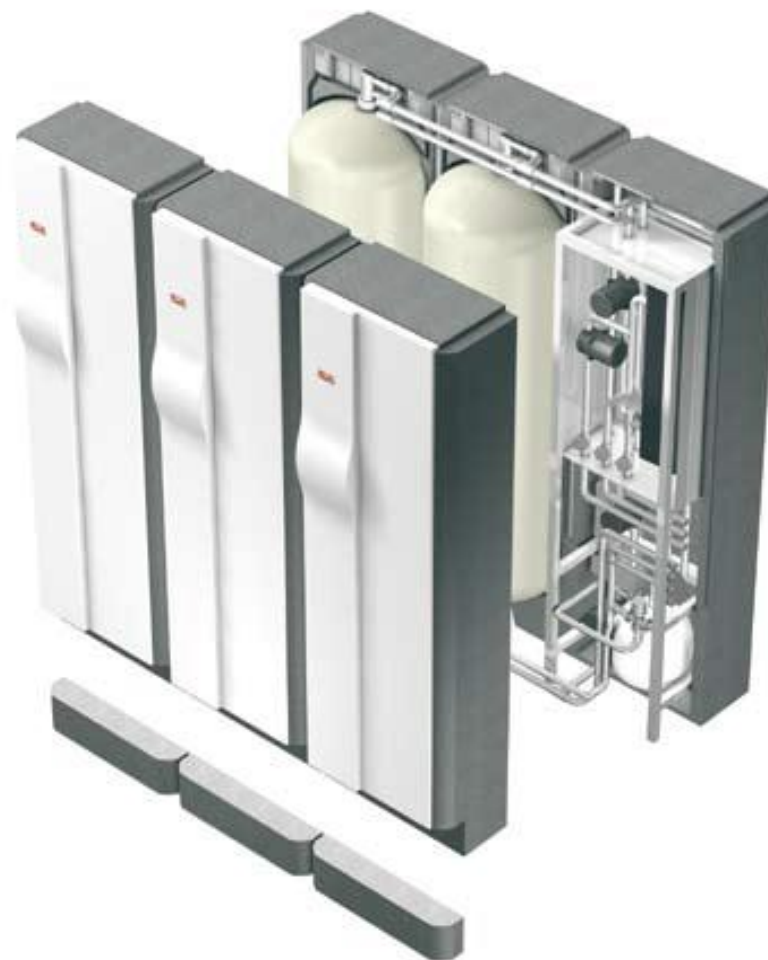


Unifikované řešení



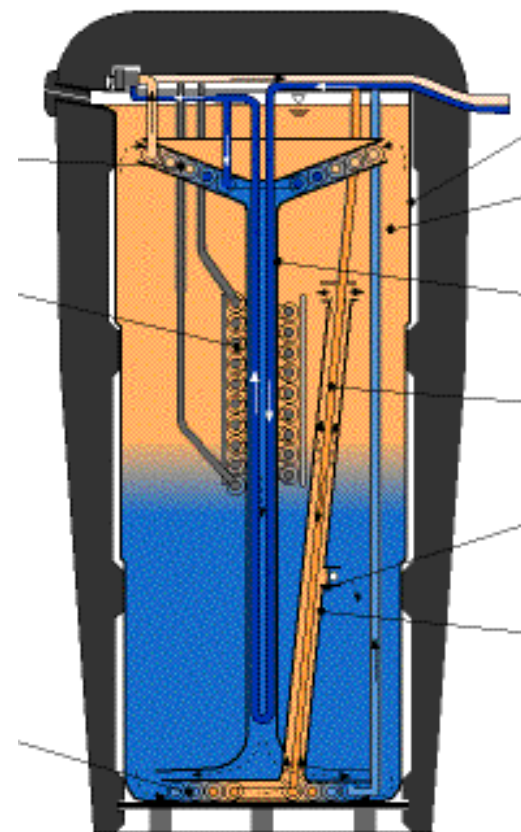
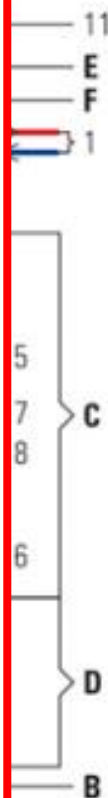
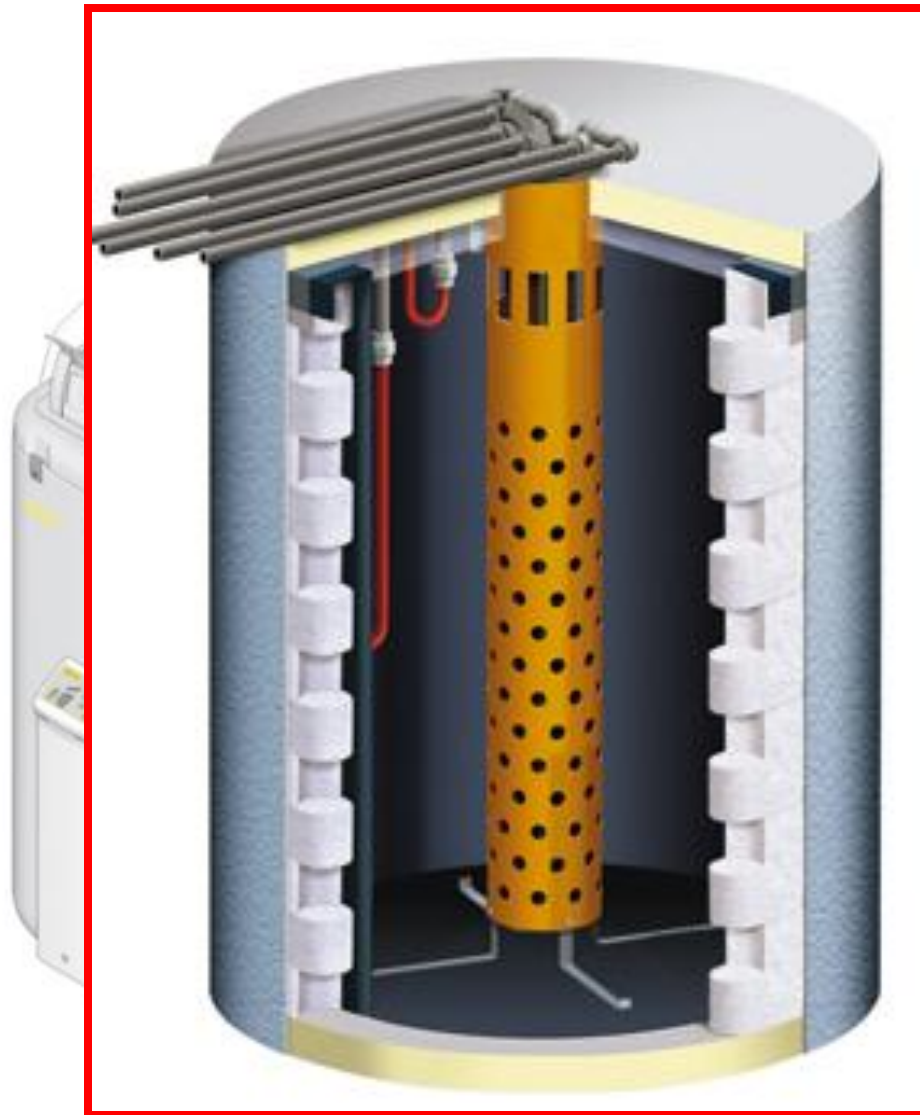


Unifikované řešení, estetické řešení





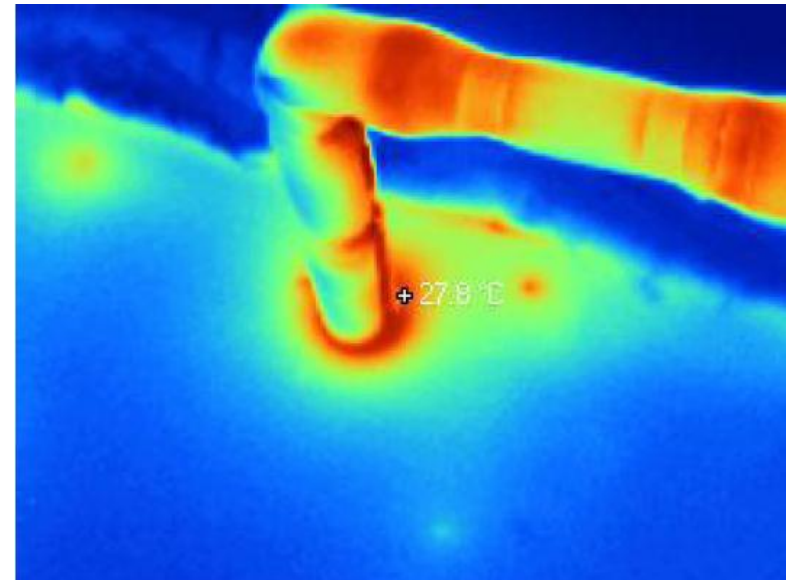
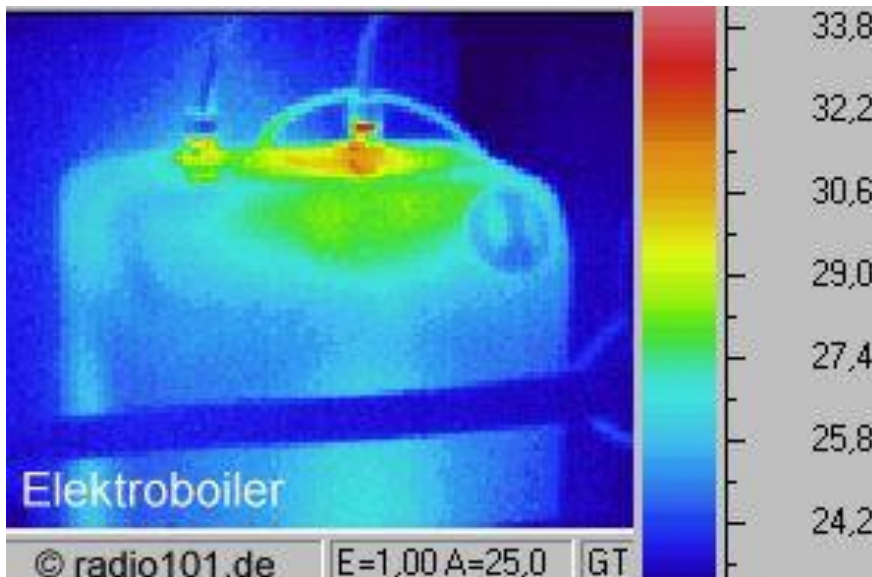
Plastové netlakové zásobníky





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

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

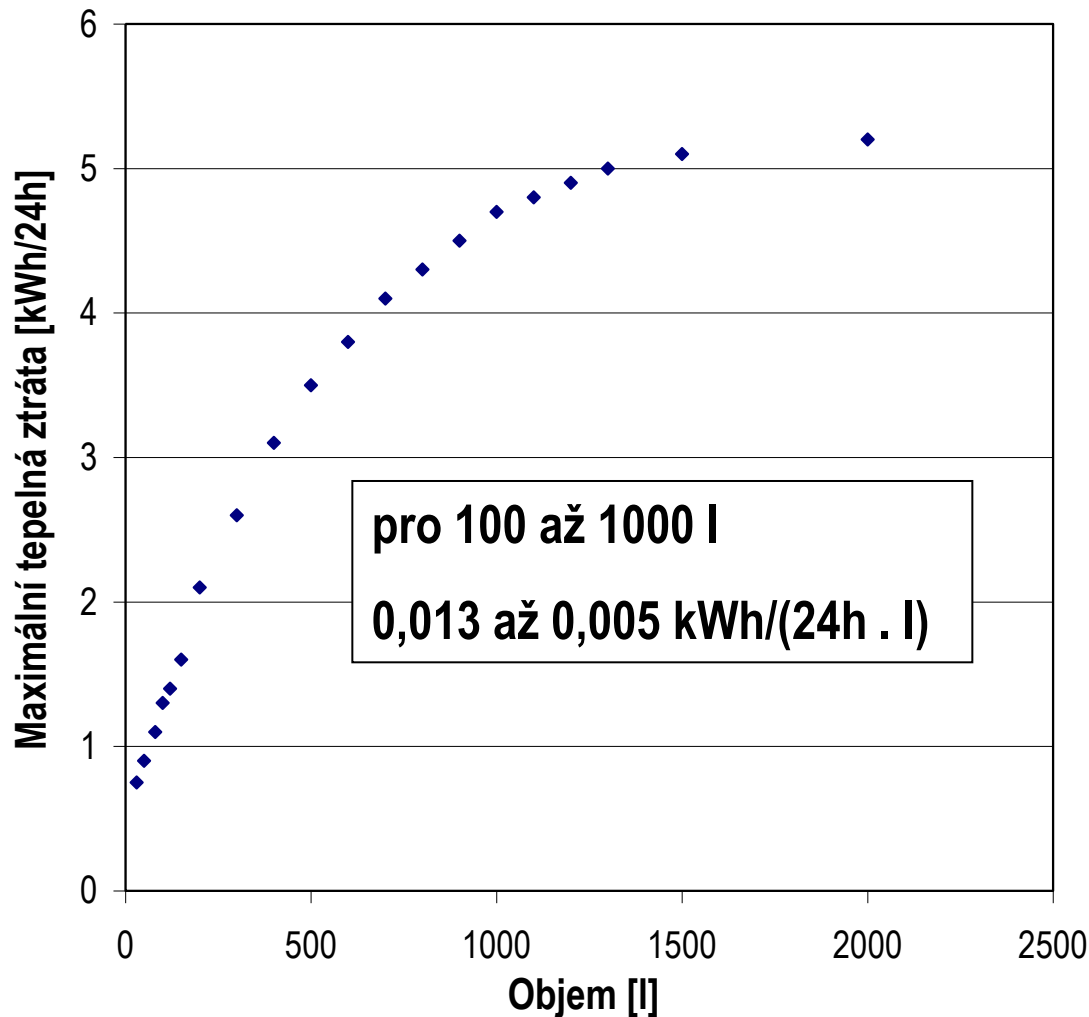
postačuje i tl. 5 cm izolace !



Tepelné ztráty zásobníků

ČSN EN 15450 Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly

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



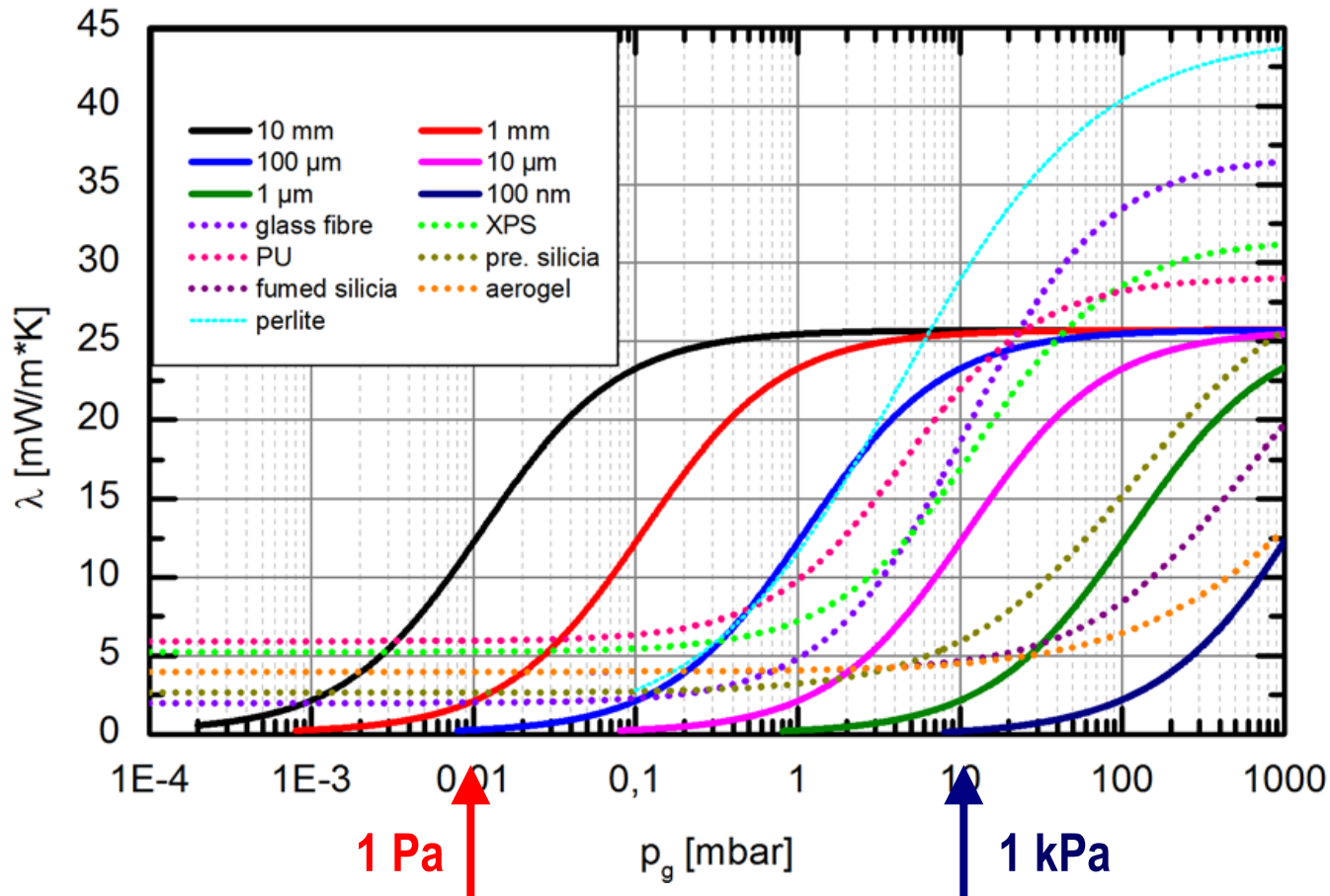
Třída	kWh/(24h.l)
A	< 0,005
B	0,005-0,007
C	0,007-0,009
D	0,009-0,011
E	0,011-0,013
F	0,013-0,015
G	>0,015

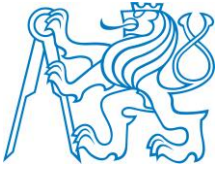


Tepelné ztráty zásobníků

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)

$$Q = V \cdot \left[\rho_p \cdot c_p (t_t - t_1) \right] + \left[\rho_t \cdot l_t \right] + \left[\rho_k \cdot c_k (t_2 - t_t) \right]$$

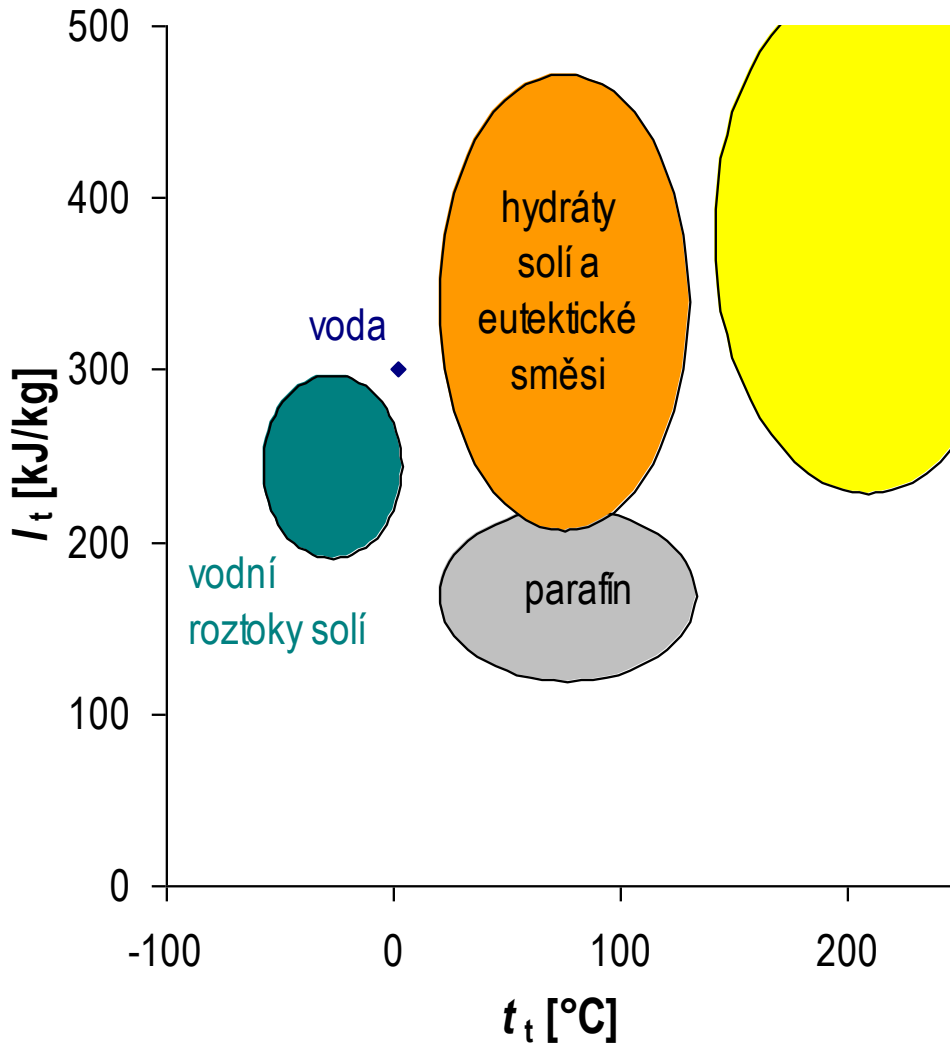
citelné teplo
pevné skupenství skupenské
teplo citelné teplo
kapalné skupenství

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

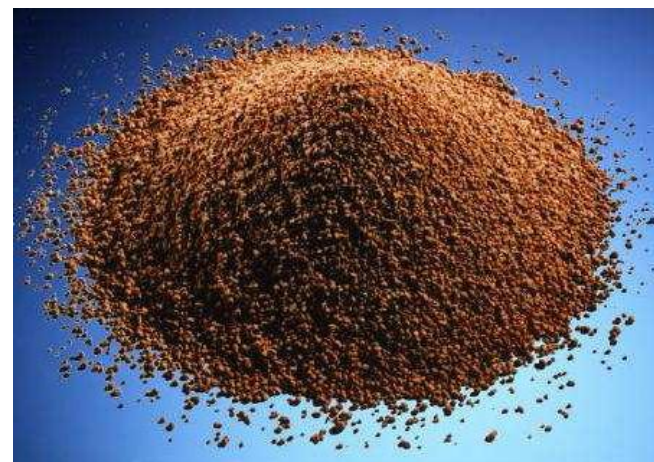
- nízká tepelná vodivost

- nízké teplo tání



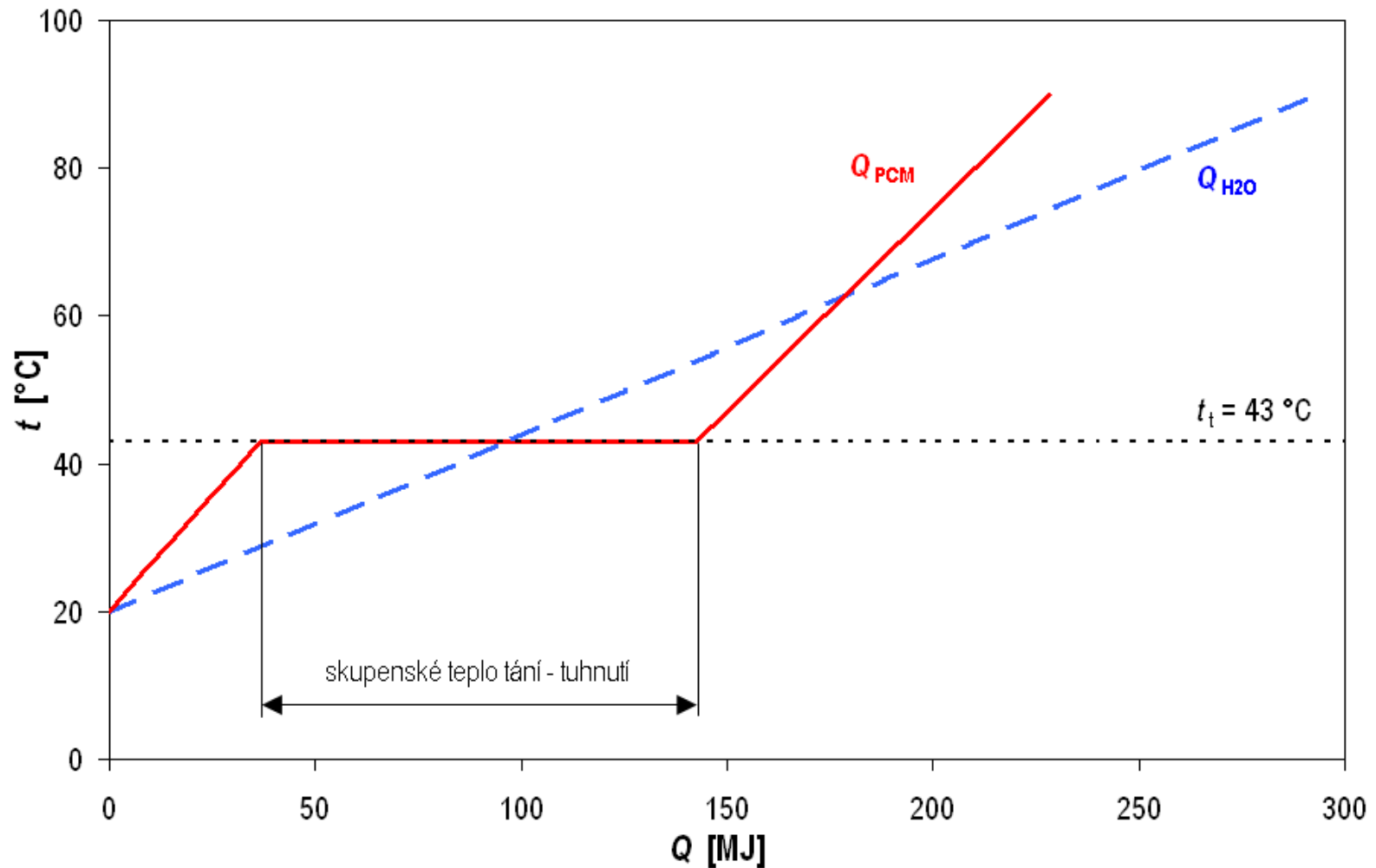
Parafíny

Product	Melting point ¹	Heat storage capacity ²
	[°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



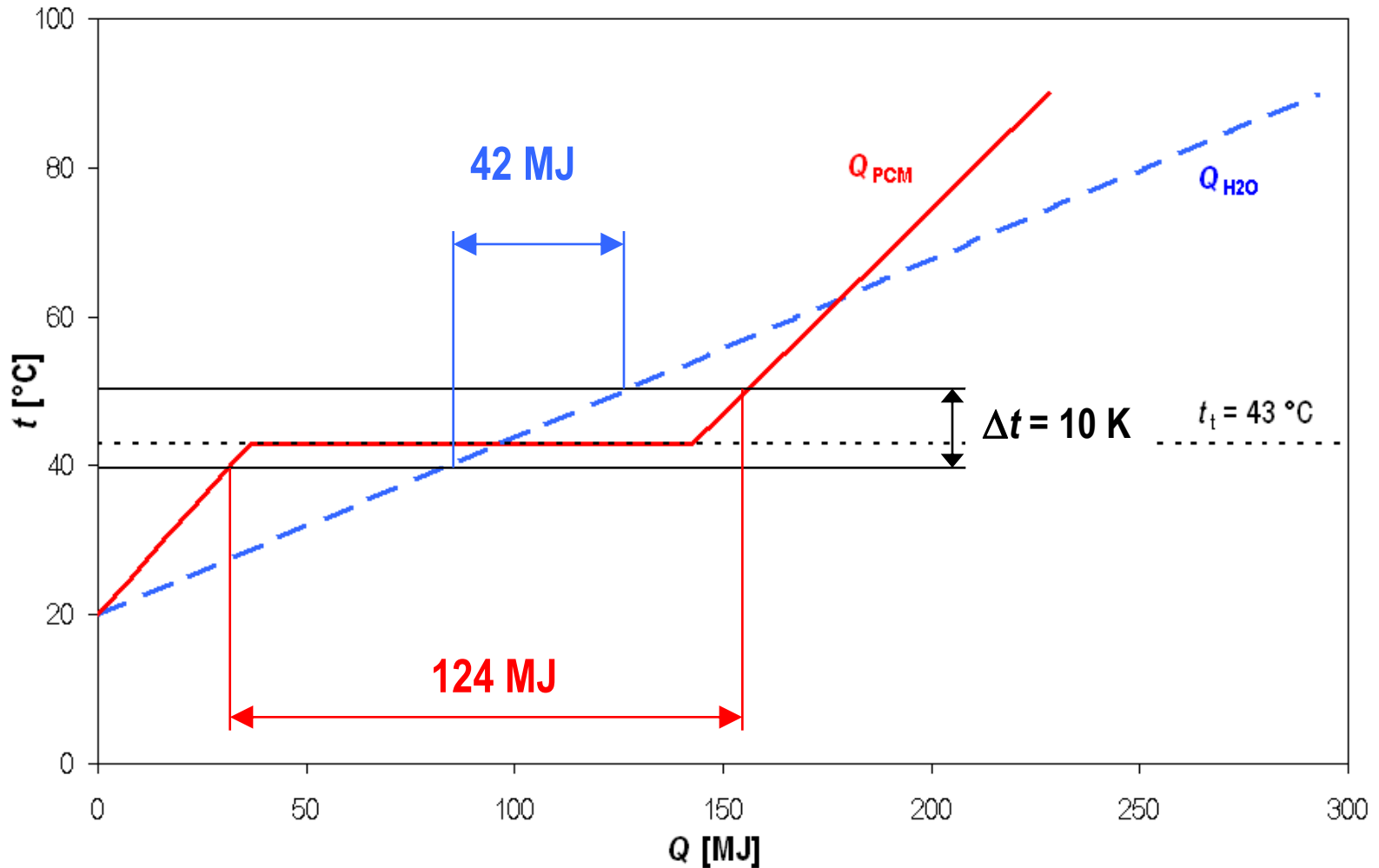


Akumulace s využitím změny skupenství



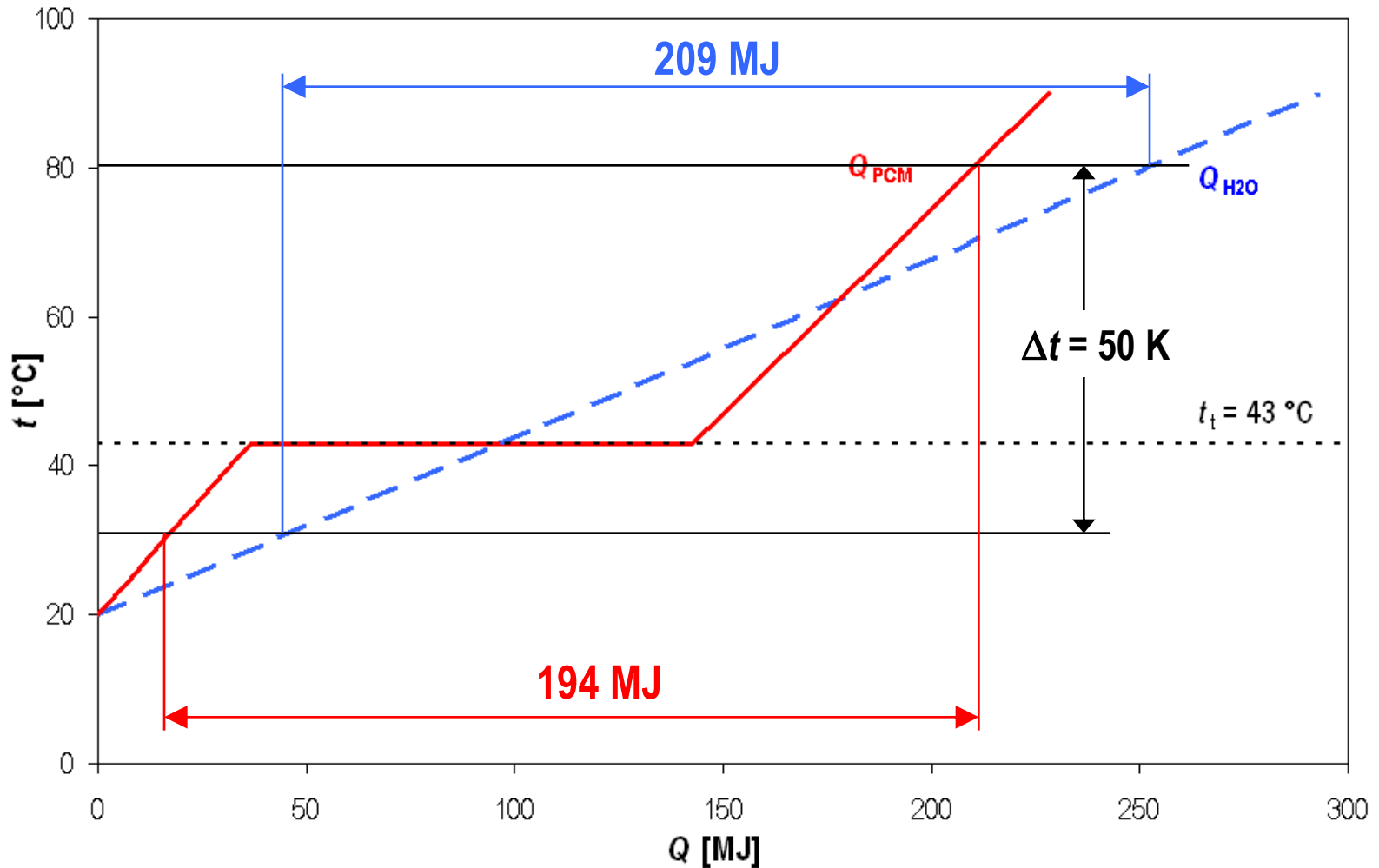


Akumulace s využitím změny skupenství



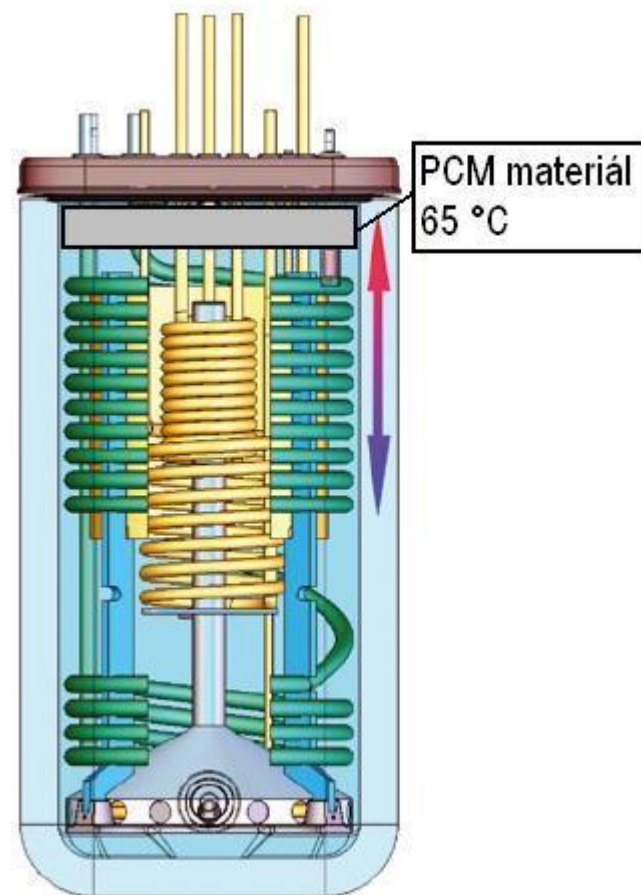
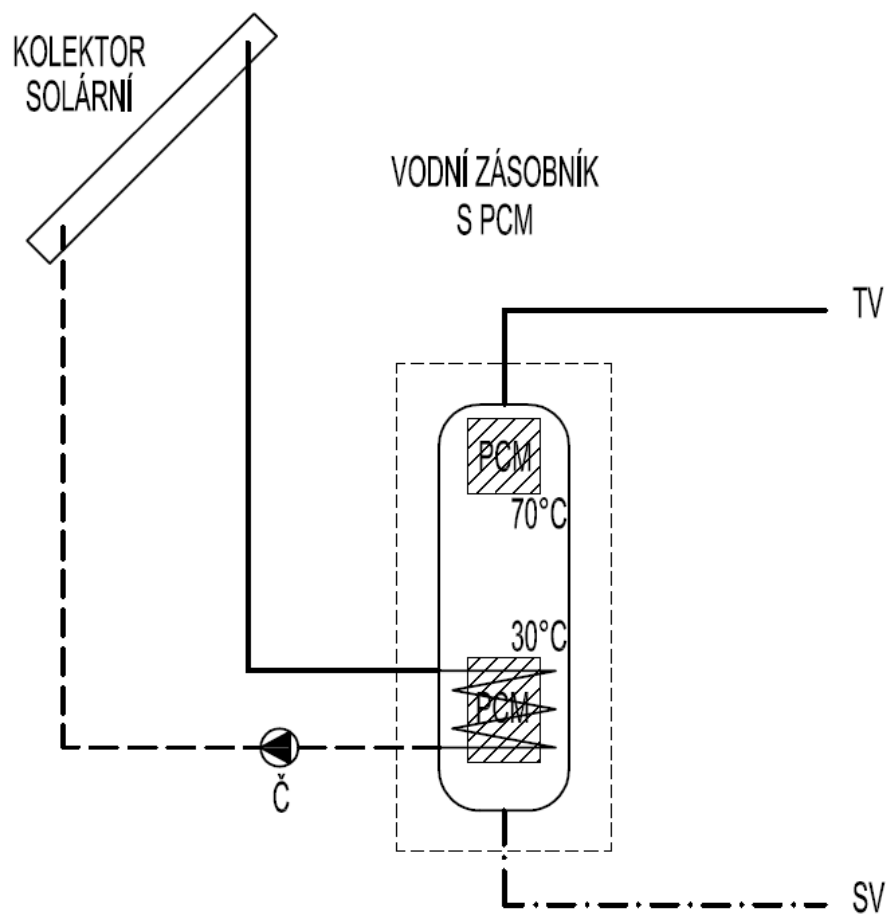


Akumulace s využitím změny skupenství



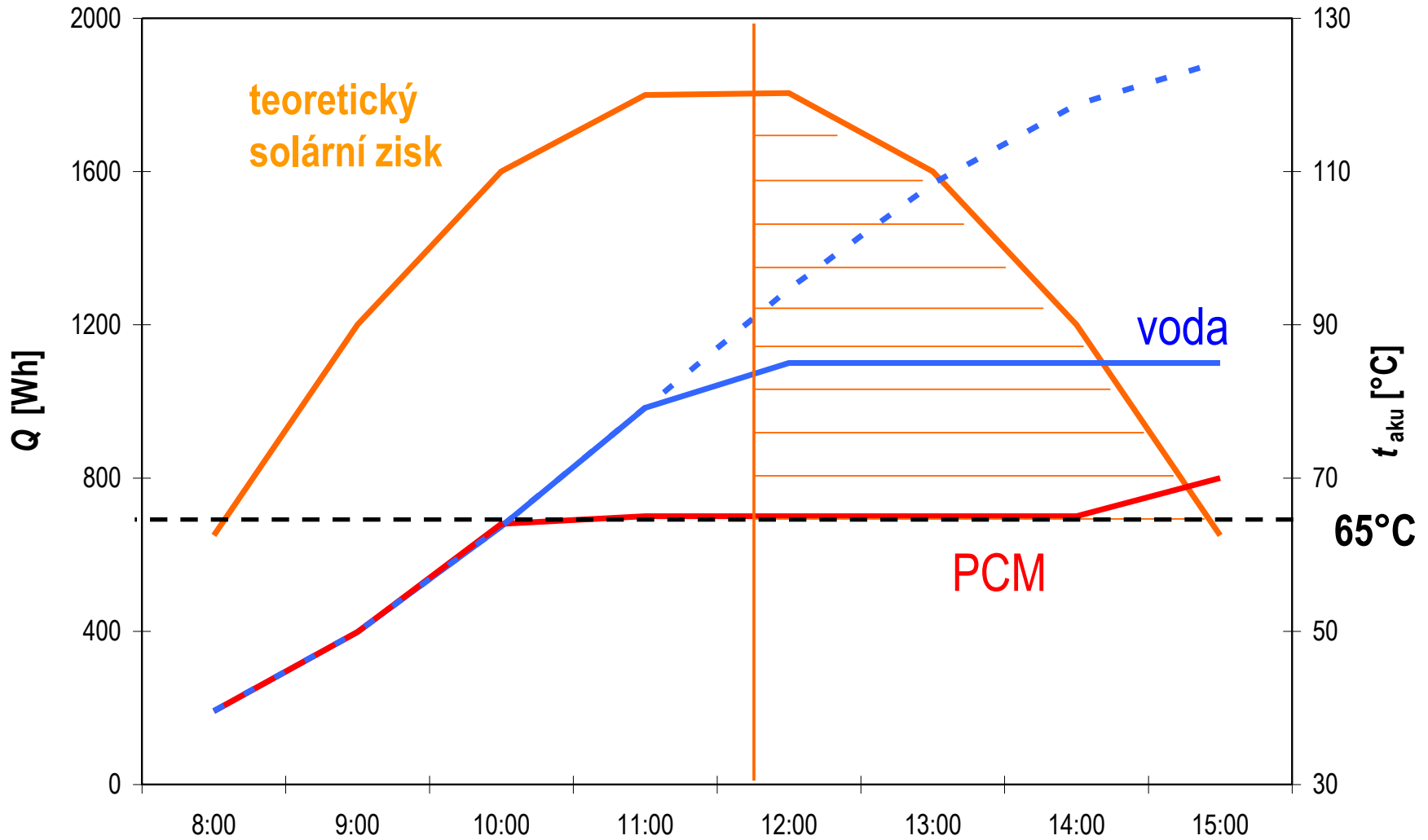


Využití PCM pro solární soustavy





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

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

