

Energetické systémy pro budovy s vysokou mírou soběstačnosti

Tomáš Matuška

RP2 – Energetické systémy budov

Univerzitní centrum energeticky efektivních budov

ČVUT v Praze

- udržitelné, ekologické, šetrné, zelené, nízkoenergetické, pasivní, nulové, plusové, soběstačné, ...



Tradiční teepee, Taos,
New Mexico



Mode-Gakuen Spiral
Towers: Nagoya, Japan



- **energeticky nulová budova**

není budova bez potřeby vytápět

není budovy bez potřeby vnější energie

bilančně nulová z hlediska potřeby primární energie

roční potřeba je kompenzována roční produkcí s využitím externí sítě – významná interakce s externí sítí

- **energeticky soběstačná budova**

potřeba energie je kompenzována produkcí / akumulací

místním zdrojem v každém okamžiku / v každé hodině

minimalizace interakce s externí sítí, zvýšení nezávislosti

) VYUŽITÍ MÍSTNĚ DOSTUPNÝCH ZDROJŮ

US military, Afghanistan



- **budova**

obálka domu jako hranice

- **pozemek, zahrada**

plot jako hranice

vlastnické právo

- **správní území (district)**

územní jednotka, čtvrť, obec, ...

- **ČR, Evropa**

...

- **sluneční energie - solární zařízení**

 - solární termické soustavy

 - solární fotovoltaické systémy

- **energie okolního prostředí - tepelná čerpadla**

 - využití energie okolního vzduchu

 - využití energie zemského masivu, vč. spodní vody

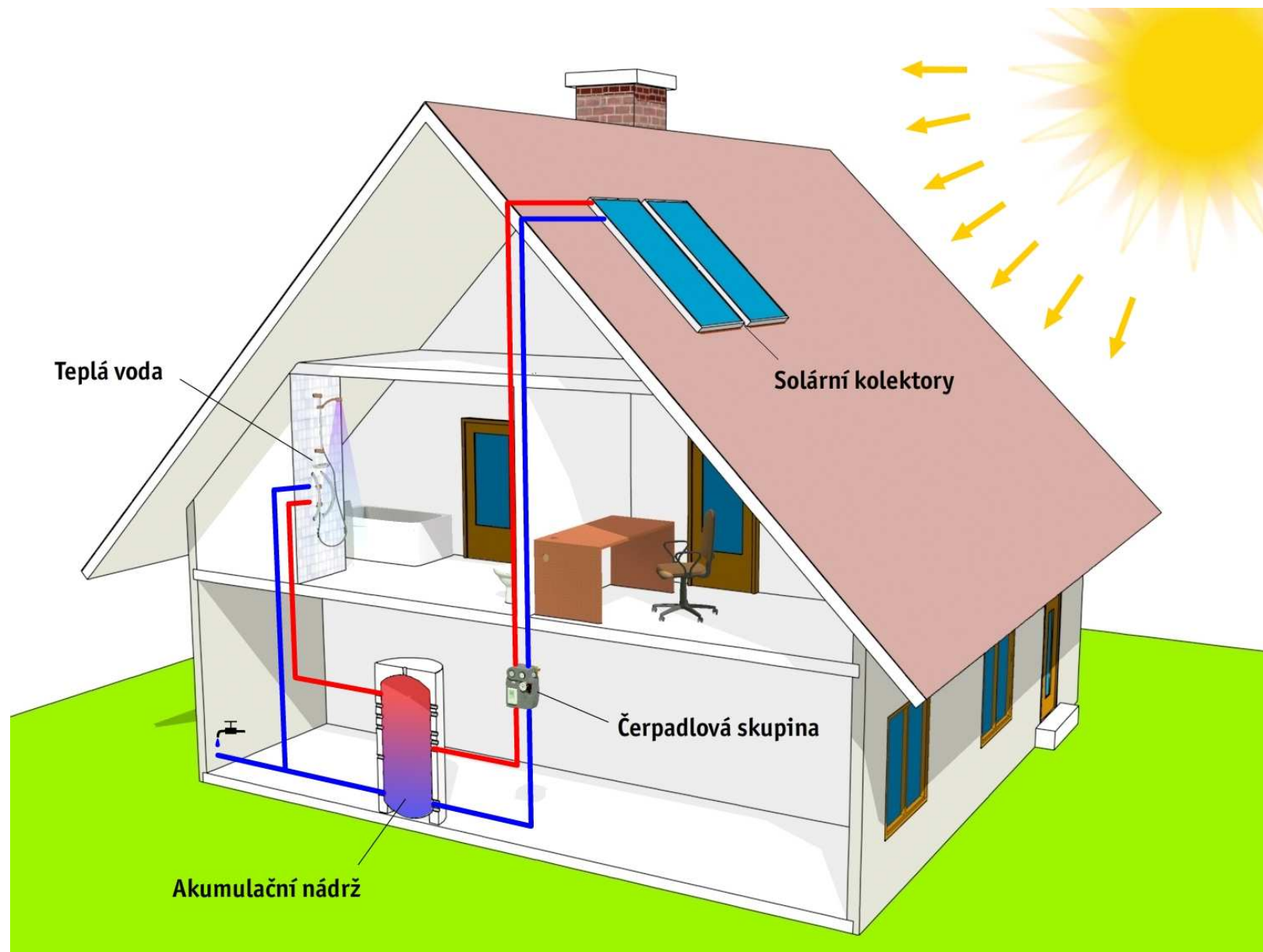
 - využití sluneční energie

- **akumulace**

 - tepla

 - elektriny

) SOLÁRNÍ TEPELNÉ SOUSTAVY



- **běžná konfigurace – spořič tepla**

úsporné opatření, částečné pokrytí potřeby tepla

snižuje energetickou náročnost přípravy teplé vody, případně vytápění

Druh solární soustavy	pokrytí [%]	roční zisky [kWh/m ²]
Solární ohřev vody	40 až 60	350 až 500
Vytápění a ohřev vody	10 až 30	300 až 400
Solární chlazení	-	150 až 250

- **hlavní zdroj tepla – 100% pokrytí**

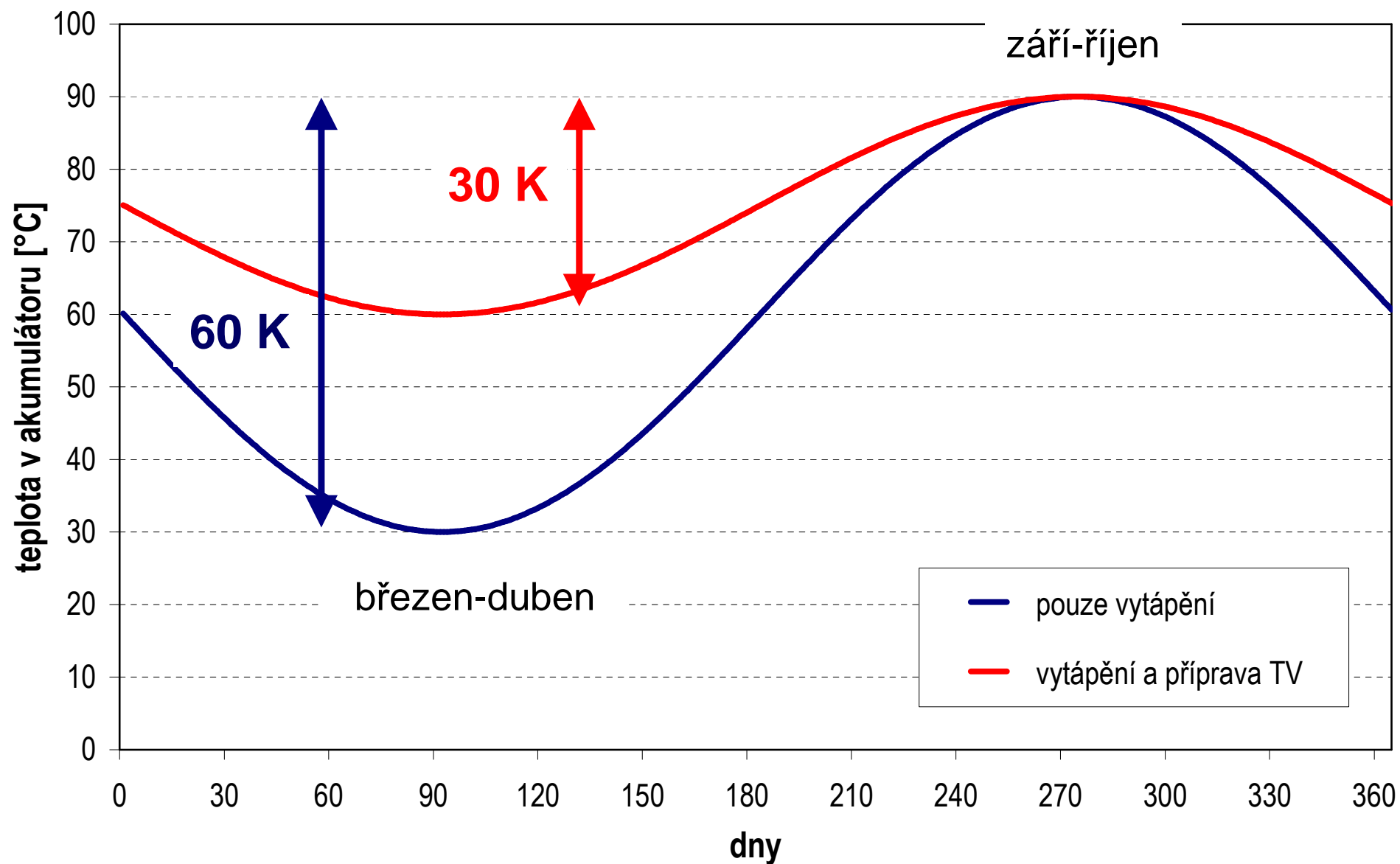
sezónní akumulace solárních zisků – přenesení z léta do zimy

výrazně předimenzovaná plocha kolektorů a objem zásobníku

ekonomicky problematické řešení, zvláště pro soustavy „vytápění a přípravy teplé vody“

- **čím vyšší pokrytí potřeby energie solární soustavou (= vyšší úspora emisí)**
- **tím nižší měrný energetický zisk (= horší ekonomika)**
- **100% pokrytí = měrné zisky pod 200 kWh/m².rok**

) 100% POKRYTÍ POTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ A TEPLOU VODU



) 100% POKRYTÍ POTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ A TEPLOU VODU

- **v každém okamžiku je k dispozici dostatek energie o požadované teplotní úrovni**
- **předpoklady**
- **nízká potřeba tepla na vytápění**
pasivní standard, ZZT z větrání
nizkoteplotní otopná soustava
- **nízká potřeba tepla na přípravu TV**
vysoce úsporné armatury, ZZT z odpadní vody
nízká teplota TV (35-37 °C)

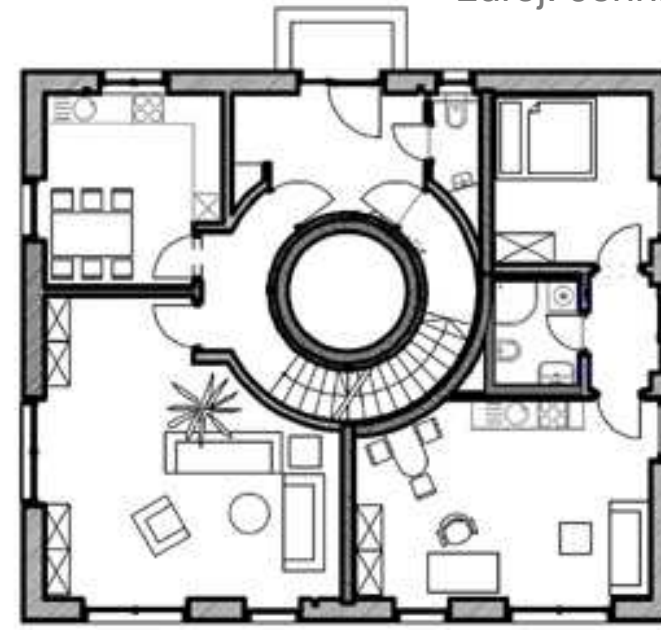


Sonnenhaus Diergardt

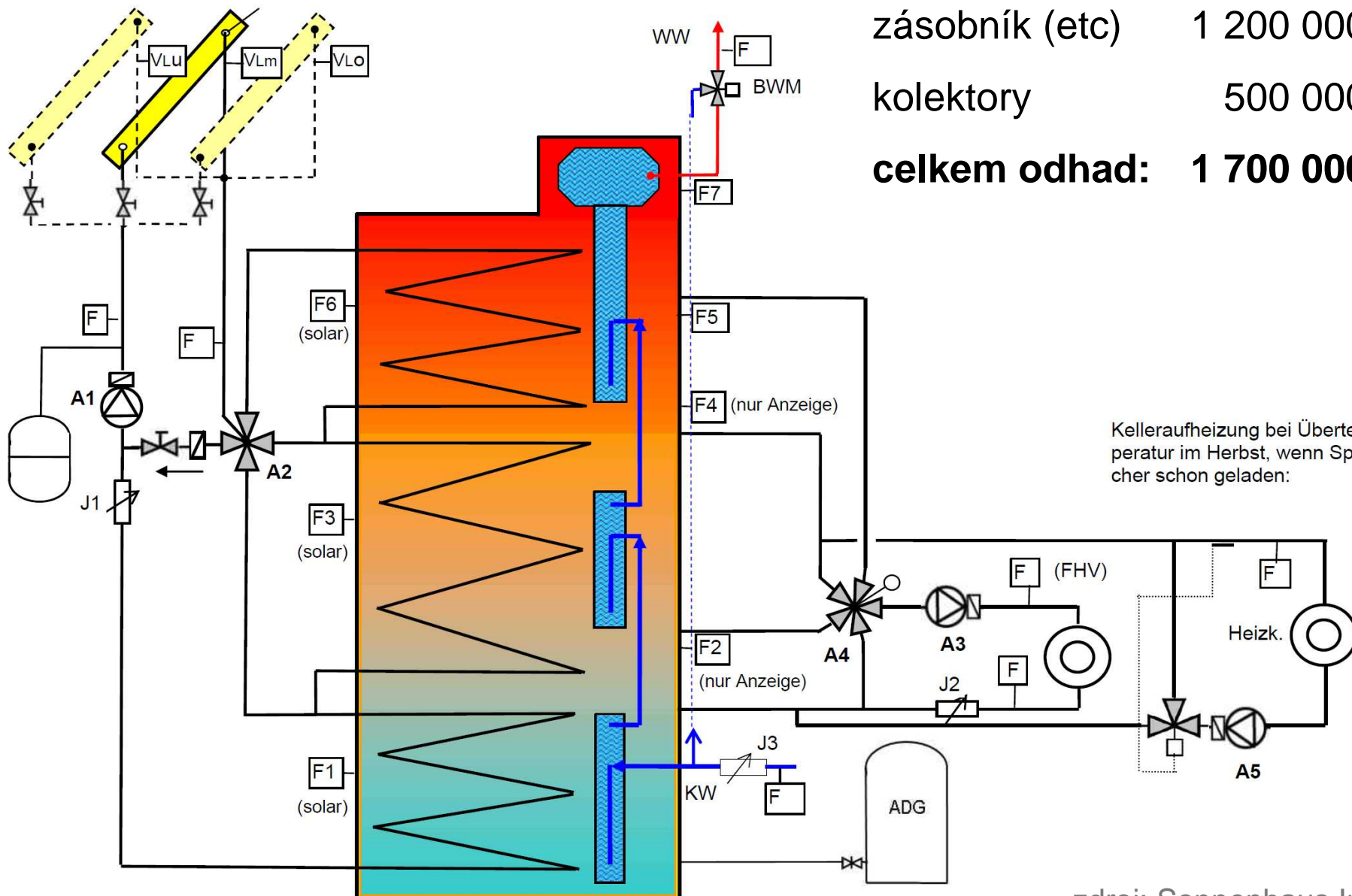
) RODINNÝ DŮM REGENSBURG



zdroj: Jenni Energietechnik



RODINNÝ DŮM REGENSBURG



zásobník (etc) 1 200 000 Kč
 kolektory 500 000 Kč
celkem odhad: 1 700 000 Kč

Kelleraufheizung bei Übertemperatur im Herbst, wenn Speicher schon geladen:

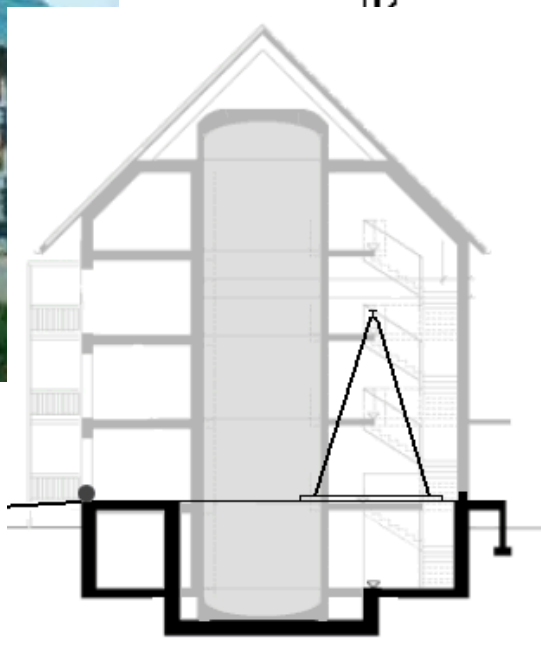
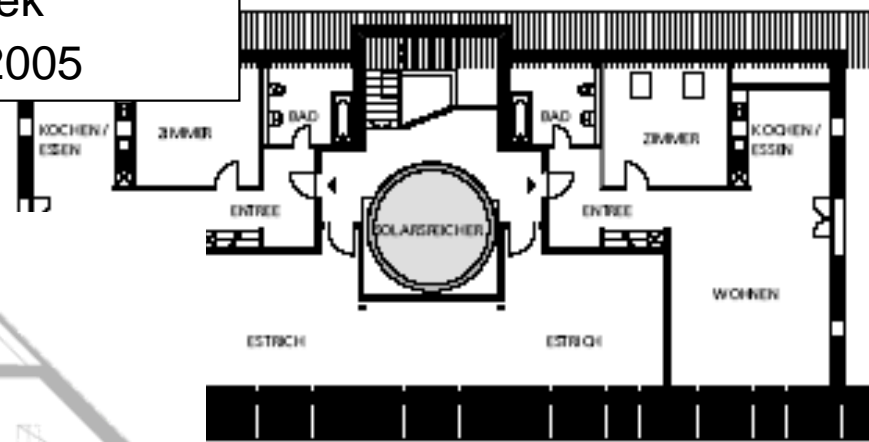
zdroj: Sonnenhaus Institut

BYTOVÝ DŮM OBERBURG

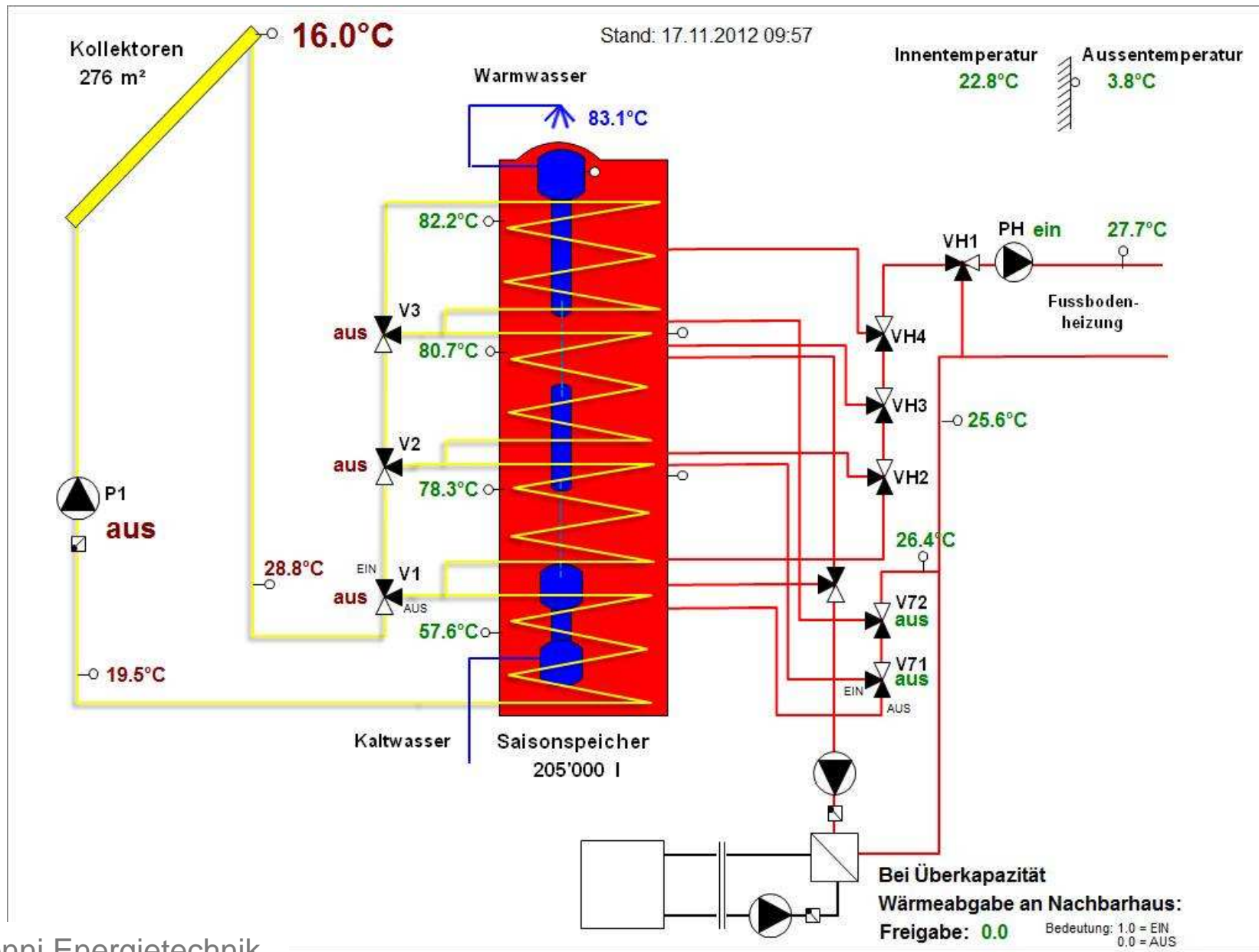


Oberburg Sonnenhaus, CH
8 bytových jednotek
205 m³, 276 m², 2005

zdroj: Jenni Energietechnik

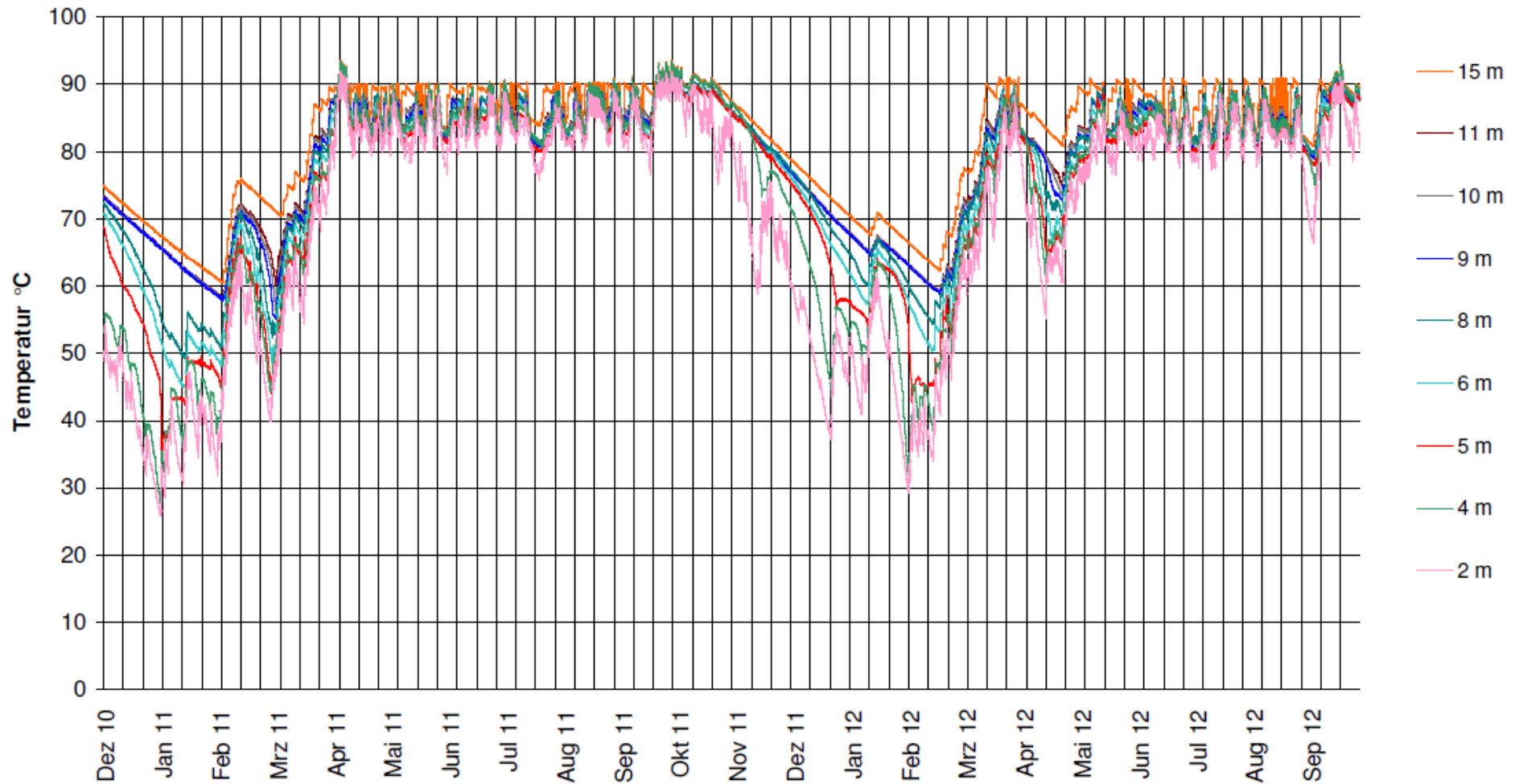


BYTOVÝ DŮM OBERBURG



zdroj: Jenni Energietechnik

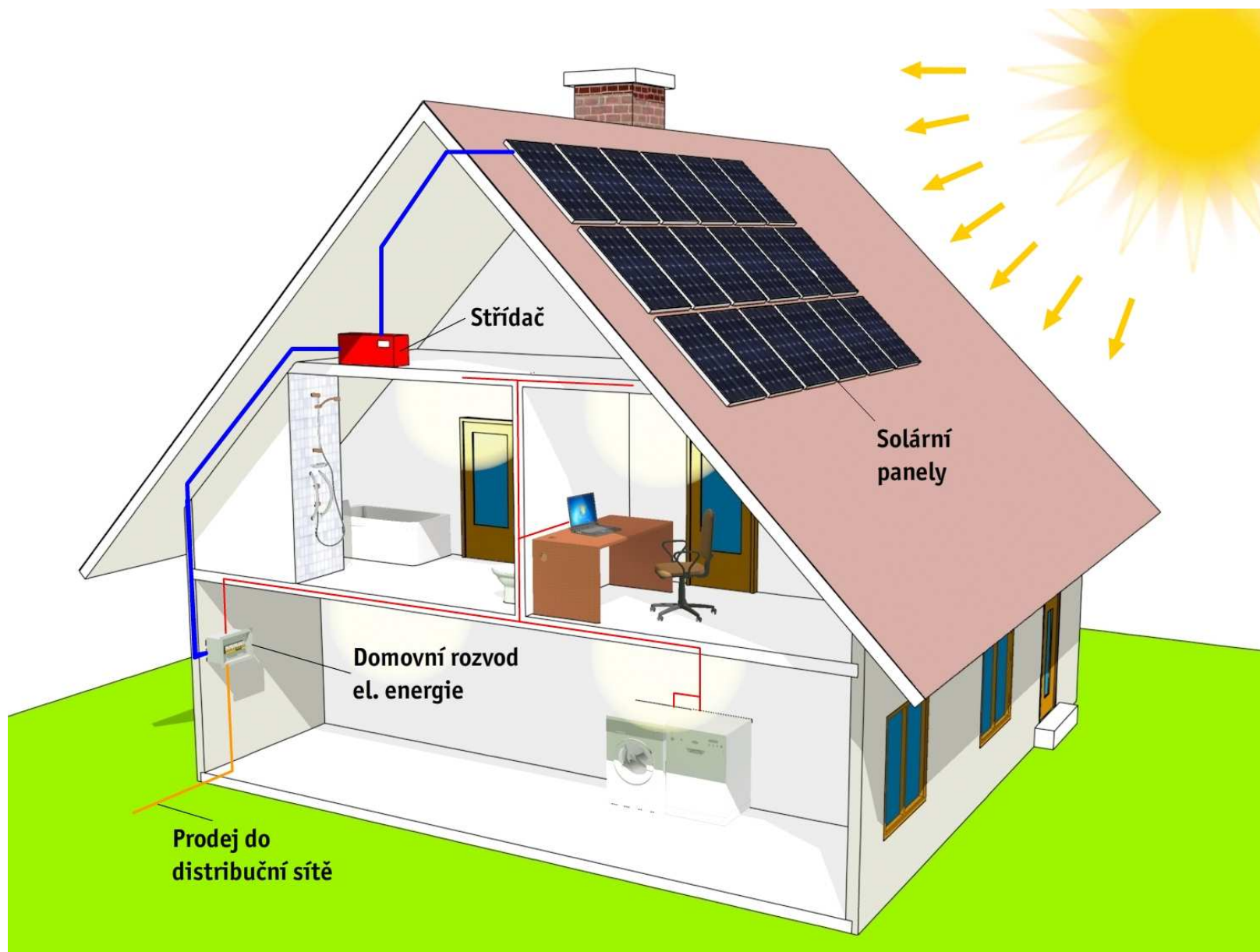
Temperaturen Speicher Solar-Mehrfamilienhaus 04.12.10 - 30.09.12



Bei genügend Wärme: Wärmelieferungen per Fernleitung an Nachbargebäude



) SOLÁRNÍ FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY



- **zdroj elektrické energie**
„nejkvalitnější“ formy energie
- jednoduchá technologie
- výrazný pokles ceny technologie v posledních letech
- možnost integrace do obvodového pláště (BIPV)
- **náročná na plochu**

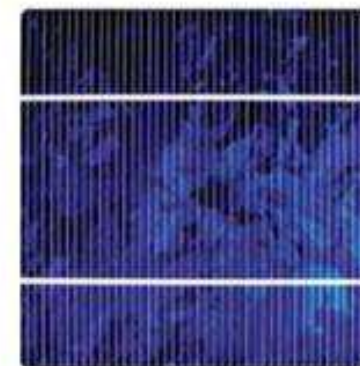


Druh FV technologie	η_{panel} [%]
Monokrystalické	18
Polykrystalické	15
Amorfní	6
Tenkvrstvé CdTe	10
Tenkvrstvé CIGS	12

účinnost FV systémů: $0.85 * \eta_{panel}$

roční zisky: $kW_p * 950$ hodin

100 až 120 kWh/m².rok



) EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ FV ELEKTŘINY

- **přímá spotřeba v době výroby**
- **odložení / načasování odběru** spotřebičů na dobu výroby za definovaných podmínek, řízené zásuvky – pračky, sušičky
 - s využitím **akumulace chladu** – ledničky s PCM
 - s využitím **akumulace tepla** – tepelná čerpadla
- **power management** v kombinaci s
 - inteligentními spotřebiči (SG: smart grids ready)
 - centrální akumulací elektřiny
- **distribuovaná akumulace elektřiny**
 - notebooky, spotřebiče se záložními bateriemi
 - LED diody s akumulátorem



- **olověné akumulátory (Pb)**
- **lithiové akumulátory (Li)**

účinnost	Pb: 65 %	Li: 85 %
životnost	Pb: do 5 let	Li: do 10 let
	500 cyklů	1500 cyklů
cena	Pb: levné	Li: drahé
	110 EUR/kWh	330 EUR/kWh

system FVE 5 kWp akumulací kapacita 8 kWh 450 tis. Kč

v současné době jsou systémy s akumulací elektřiny nenávratné

cena FV elektřiny s akumulací okolo 10 Kč/kWh

- **využívají elektrickou energii**

napojené na síť

efektivní využití FV elektřiny – zhodnocení na teplo dané *COP*

- **efektivita provozu tepelného čerpadla je závislá na**

teplotě zdroje (vzduch, země)

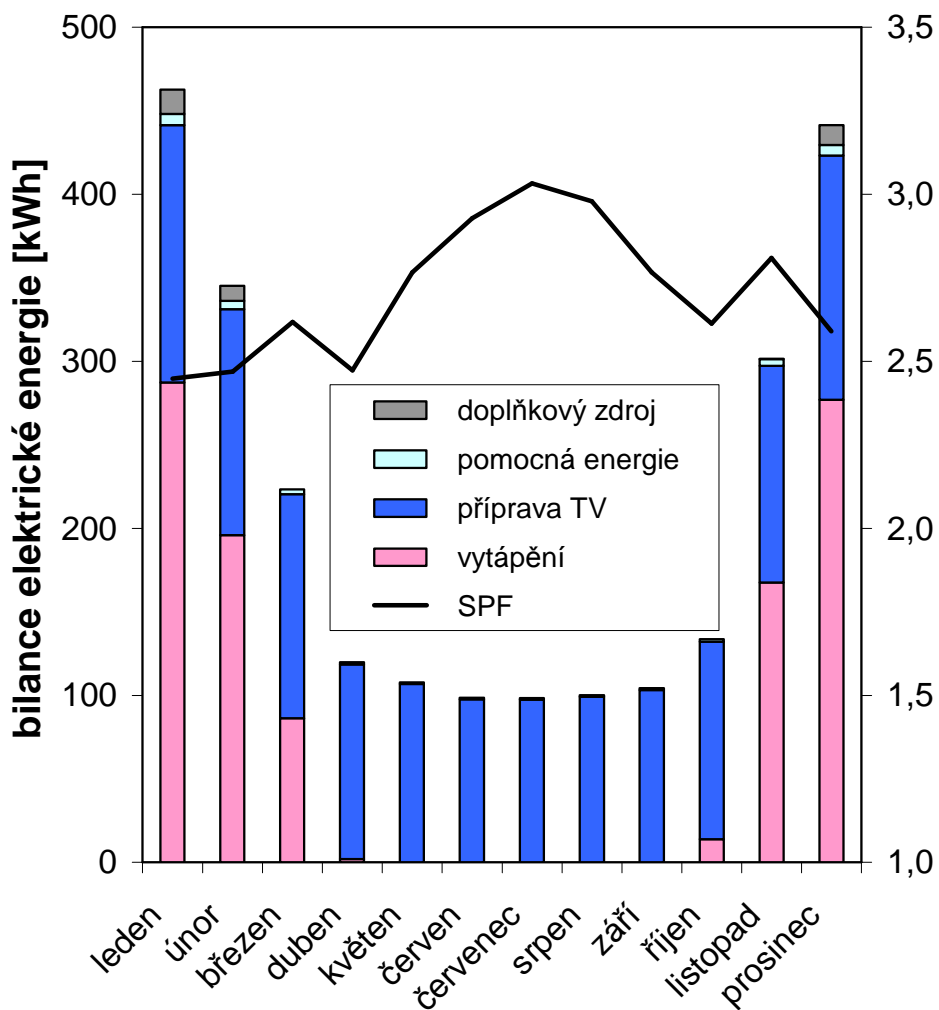
teplotě odběru

- vytápění – nízkoteplotní vytápění, 25 až 40 °C *COP* > 4,0
- příprava teplé vody – 50 až 60 °C *COP* < 2,5

v případě energeticky šetrných budov – potřeba tepla na přípravu teplé vody srovnatelná s vytápěním: nízký sezónní topný faktor systému *SPF*

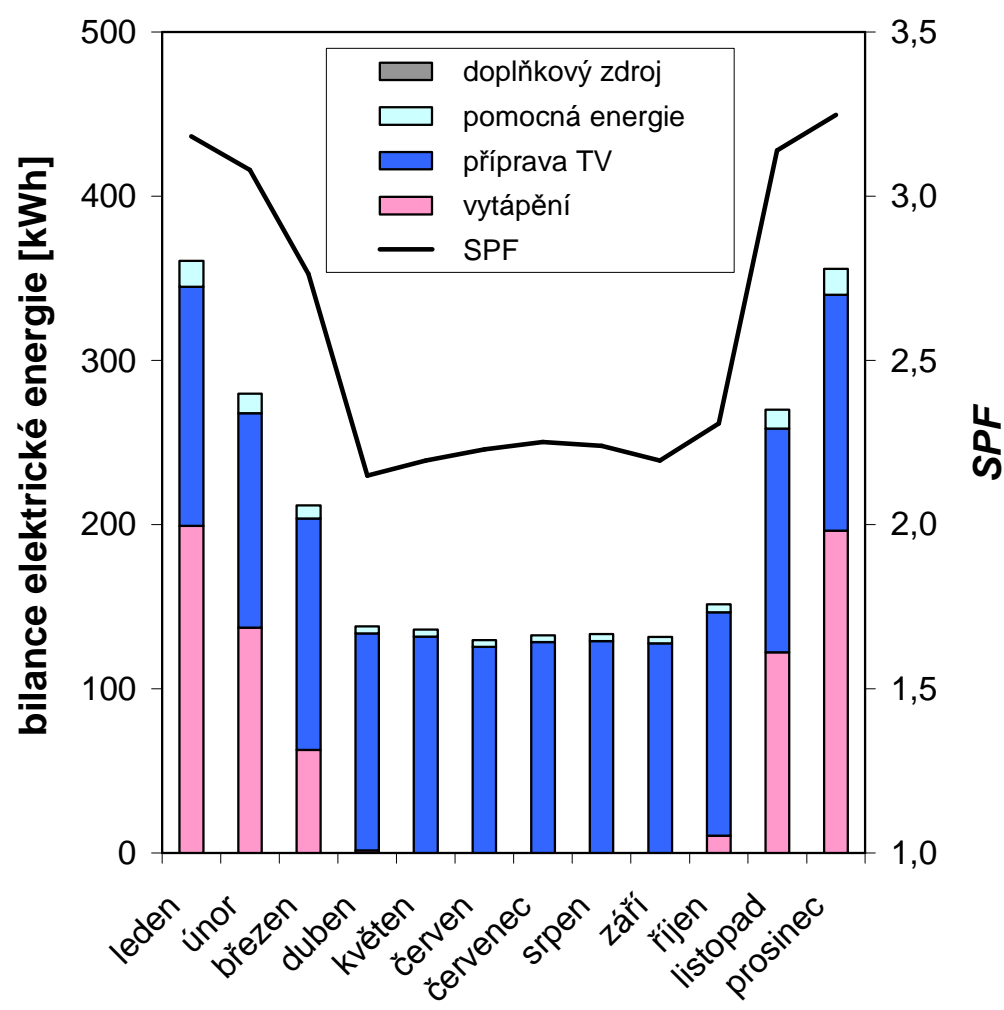
vzduch-voda

SPF = 2,63



země-voda

SPF = 2,76



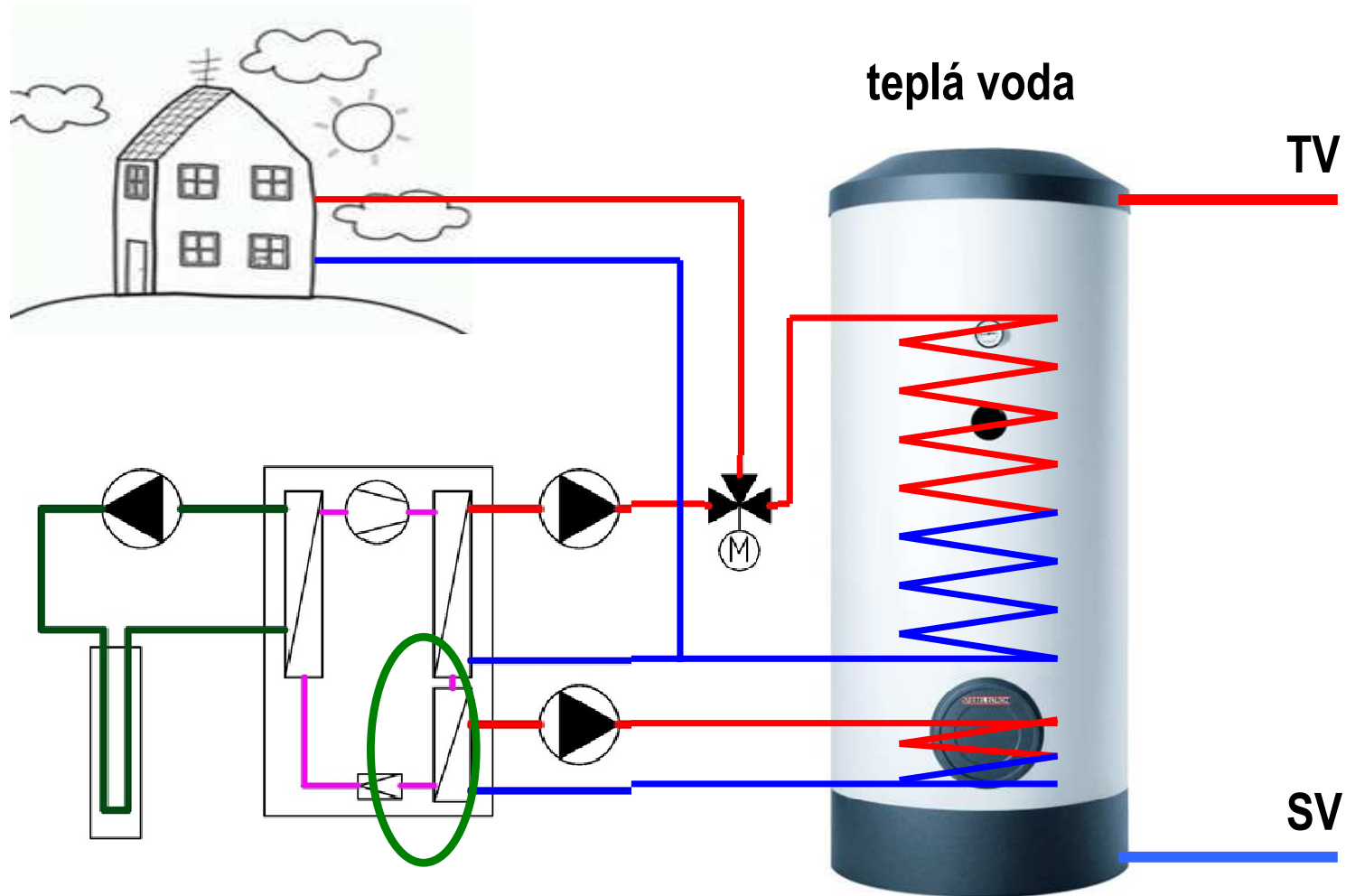
- **koncepce tepelných čerpadel pro efektivnější ohřev vody**

- příprava teplé vody na nižší teploty (45 °C), v větší objemy akumulace
 - vzduch-voda $SPF = 2.90$
 - země-voda $SPF = 3.45$
- tepelná čerpadla s **dochlazovačem chladiva** pro předeřev studené vody
 - vyšší využití energie chladiva bez zvýšení kompresní práce

- **kombinace s využitím solární energie**

- ohřev vody **solární tepelnou soustavou** ($COP > 50$)
- přímá kompenzace spotřeby elektrické energie **výrobou FV systémem**

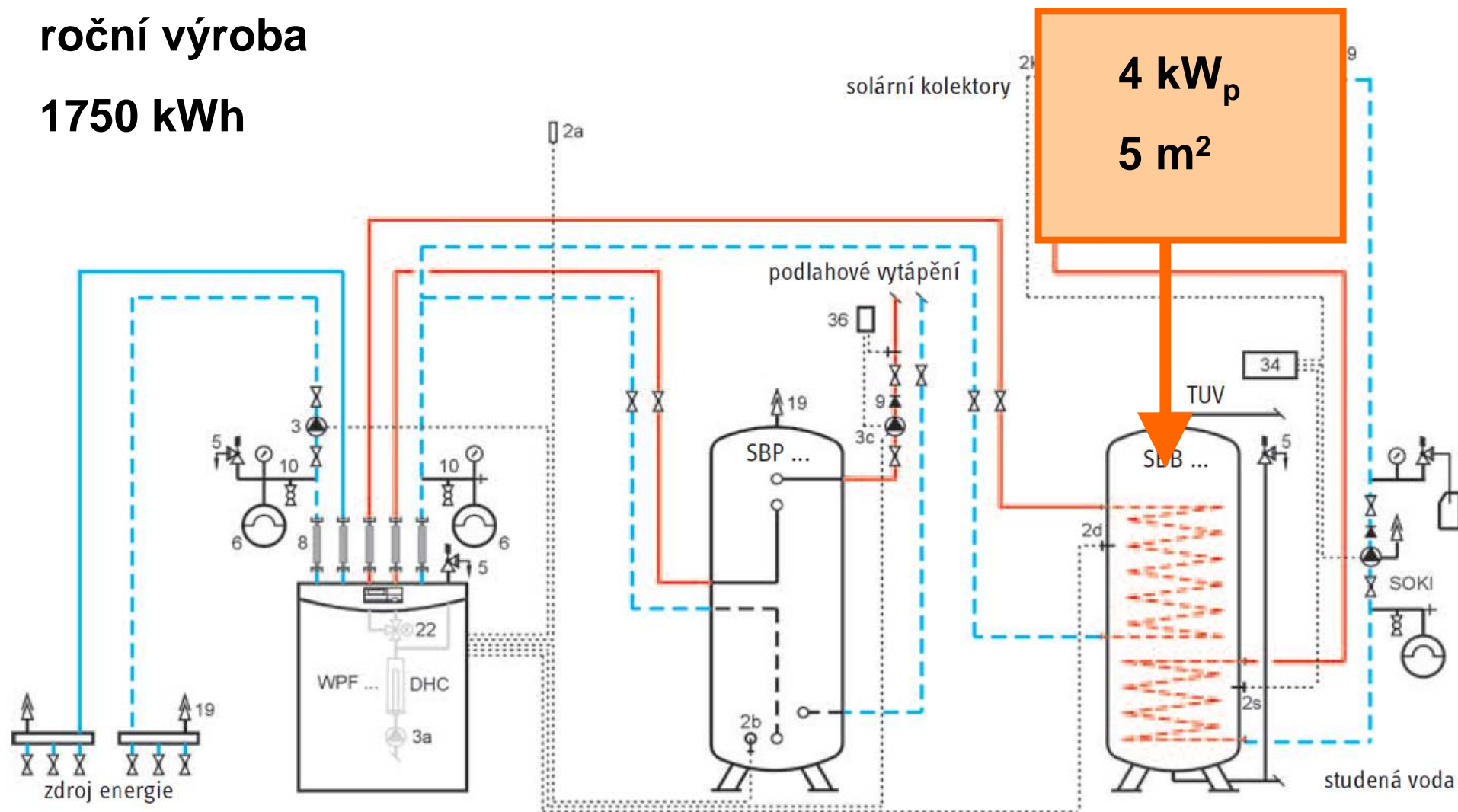
) TEPELNÉ ČERPADLO S DOCHLAZOVAČEM



využití pro předehřev studené vody v dolní části zásobníku
celkový přínos: snížení spotřeby elektrické energie o 10 až 20 %

KOMBINACE SE SOLÁRNÍ TEPELNOU SOUSTAVOU

roční výroba
1750 kWh



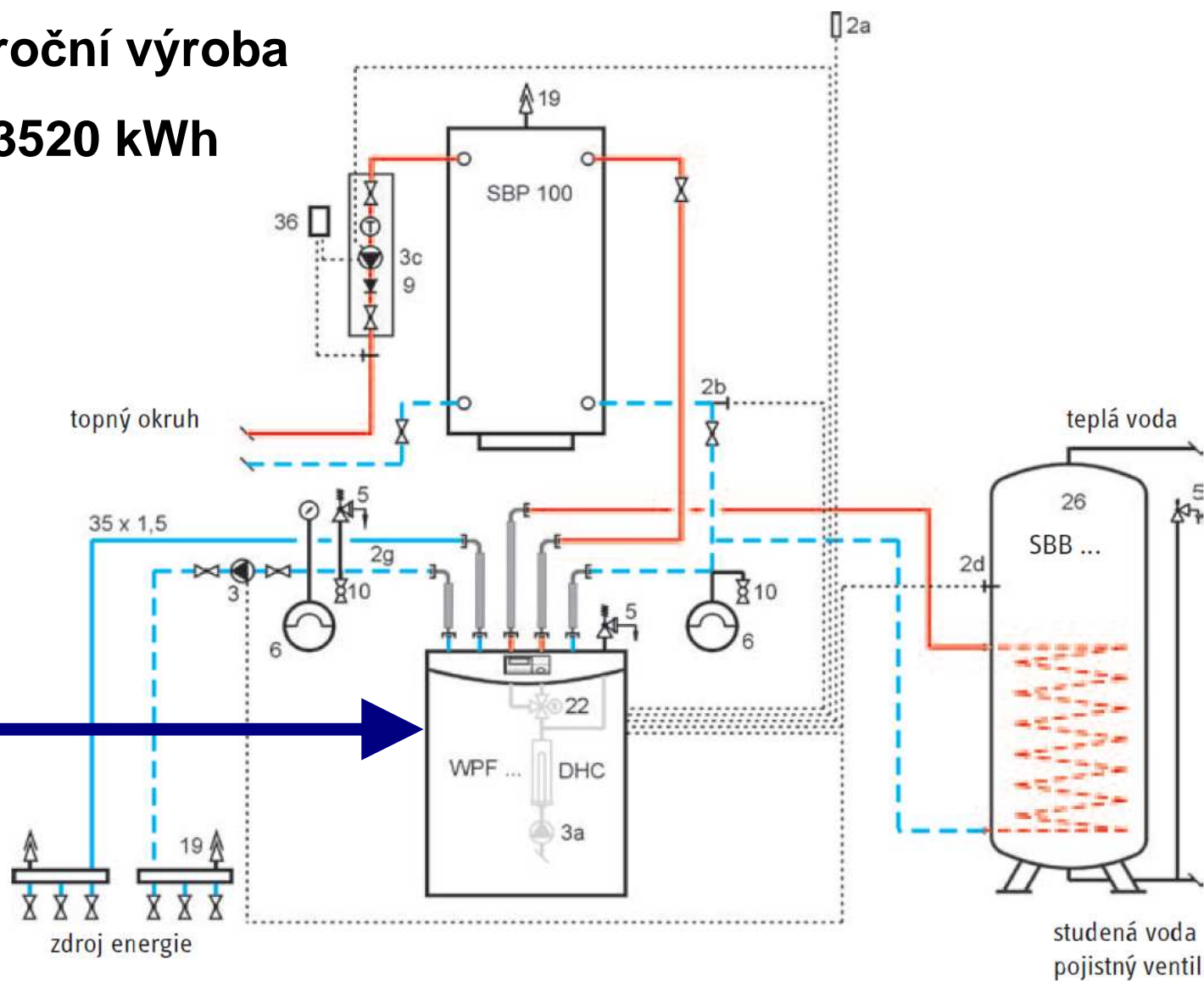
) KOMBINACE SE SOLÁRNÍ TEPELNOU SOUSTAVOU

	vzduch – voda			země - voda		
	Vytápění	TV	Celkem	Vytápění	TV	Celkem
Teplo ze solární soustavy	0	1748	1748	0	1748	1748
Teplo z tepelného čerpadla	3175	1765	4941	3201	1767	4968
Teplo z elektrokotle (ze sítě)	26	2	27	0	0	0
El. energie pro TČ (ze sítě)	1033	783	1815	730	826	1556
Pomocná el. energie (ze sítě)	16	70	86	42	86	128
Sezónní topný faktor <i>SPF</i>	2,96	4,11	3,47	4,15	3,85	3,99

KOMBINACE S FOTOVOLTAICKÝM SYSTÉMEM

4 kW_p
29 m²

roční výroba
3520 kWh



) KOMBINACE S FOTOVOLTAICKÝM SYSTÉMEM

	vzduch – voda			země - voda		
	Vytápění	TV	Celkem	Vytápění	TV	Celkem
Využitá elektřina z FV	176	470	646	140	522	662
Teplo z tepelného čerpadla	3170	3511	6681	3201	3515	6716
Teplo z elektrokotle (ze sítě)	31	4	36	0	0	0
El. energie pro TČ (ze sítě)	856	972	1828	592	1090	1682
Pomocná el. energie (ze sítě)	14	14	28	13	15	28
Sezónní topný faktor <i>SPF</i>	3,51	3,55	3,53	5,29	3,18	3,93

18 %

- pouze 10 až 20% využití FV elektřiny pro pohon čerpadla
- nízká úroveň současnosti provozu FV a TČ
- tepelné čerpadlo: krytí potřeby v zimním období pro vytápění
ohřev vody: ráno a večer
vytápění: noc
- fotovoltaika: produkce elektřiny v létě
produkce přes den
- **regulace tepelného čerpadla**
řízení příkonu kompresoru podle výroby elektrické energie
- **až 30% využití FV elektřiny při běžném objemu akumulace**

- **kombinovaný solární fotovoltaicko-tepelný kolektor**

zasklený kolektor s tepelně odolnou silikonovou laminací (do 250 °C)

zvýšení produkce tepla a elektřiny ze stejné plochy

nahrazení konvenčních solárních FV a FT kolektorů

- **triple sink heat pump**

tepelné čerpadlo s odvodem tepla na třech teplotních úrovních

smart grid ready, využití hodinových tarifů, vyjednávání o ceně energie

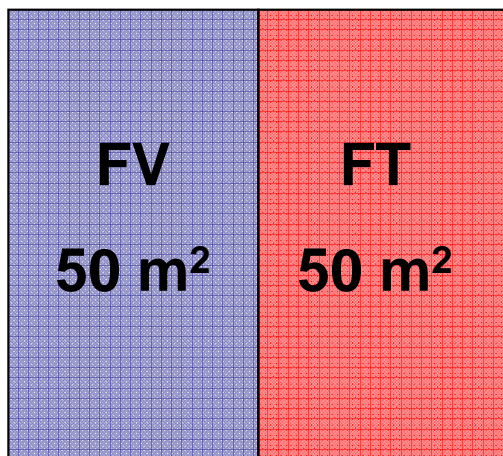
regulace příkonu kompresoru podle výroby elektrické energie

- **akumulace tepla do podzákladí domu**

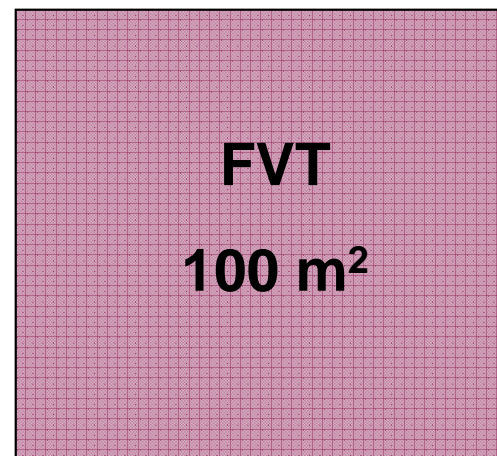
levný akumulátor v zemském masivu v prostoru izolované základy domu

vrstvené ukládání /odebírání tepla tepelným čerpadlem

- **produkce tepla a elektřiny z jedné plochy**
zvýšení energetického potenciálu střech a fasád
- **vyšší pokrytí energetických potřeb budov**
- **případová studie pro bytový dům pro určení konkurenceschopné ceny porovnání s oddělenou instalací FV a FT kolektorů**



7.5 MWh_e
31.1 MWh_t



12.4 MWh_e
46.3 MWh_t

450 EUR/m²



aplikovaný vývoj pro komerční využití

zařízení pro silikonovou laminaci FV článků pro FVT kolektory (UCEEB)

patentované řešení levného plochého solárního tepelného kolektoru

- **chladič přehřátých par**

20-30 % výkonu TČ

teploty 60-80 °C

- **kondenzátor**

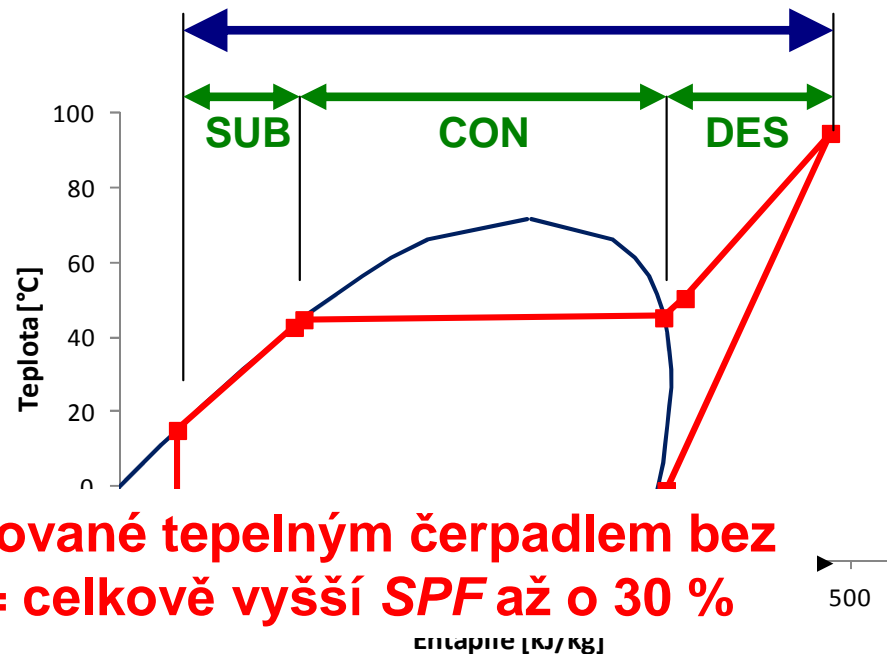
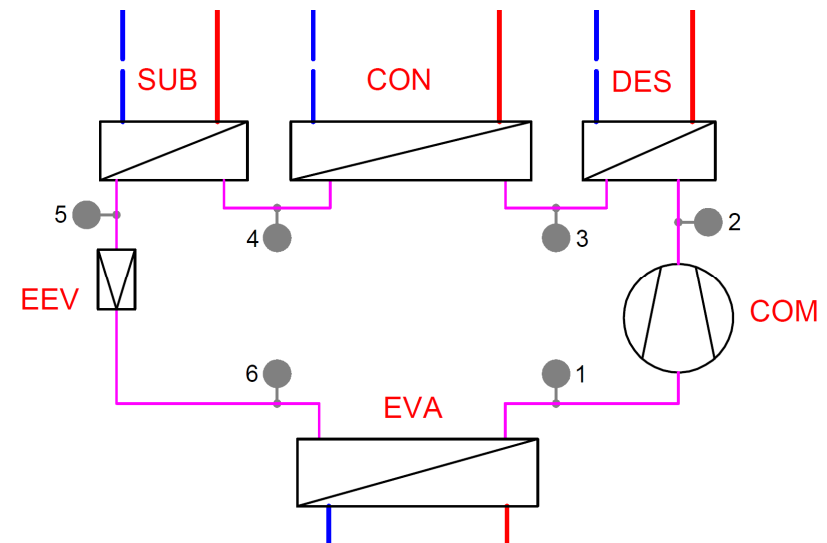
50-65 % výkonu TČ

teploty 30-60 °C

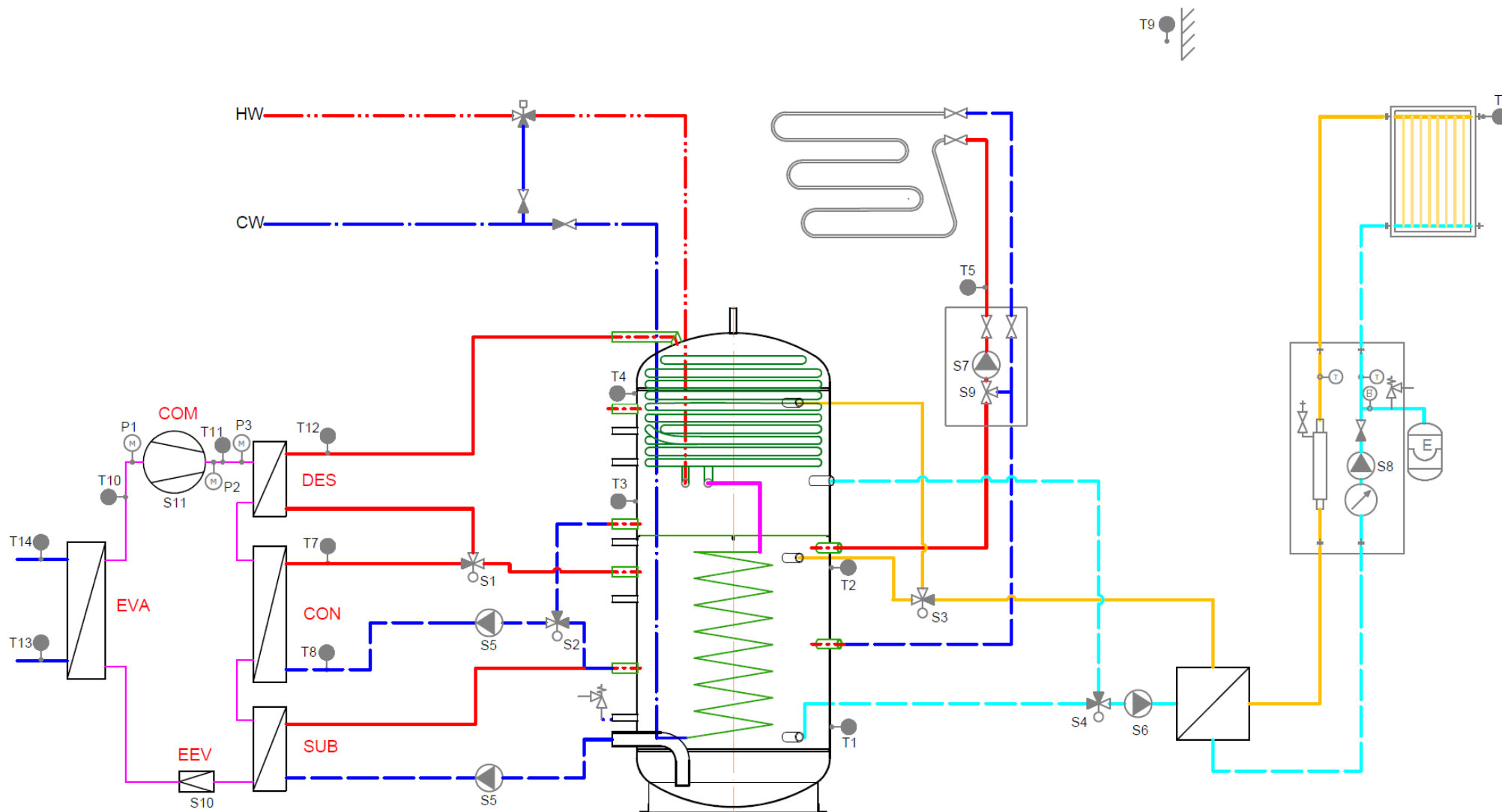
- **dochlazovač kondenzátu**

15-20 % výkonu TČ

teploty 10 až 30 °C

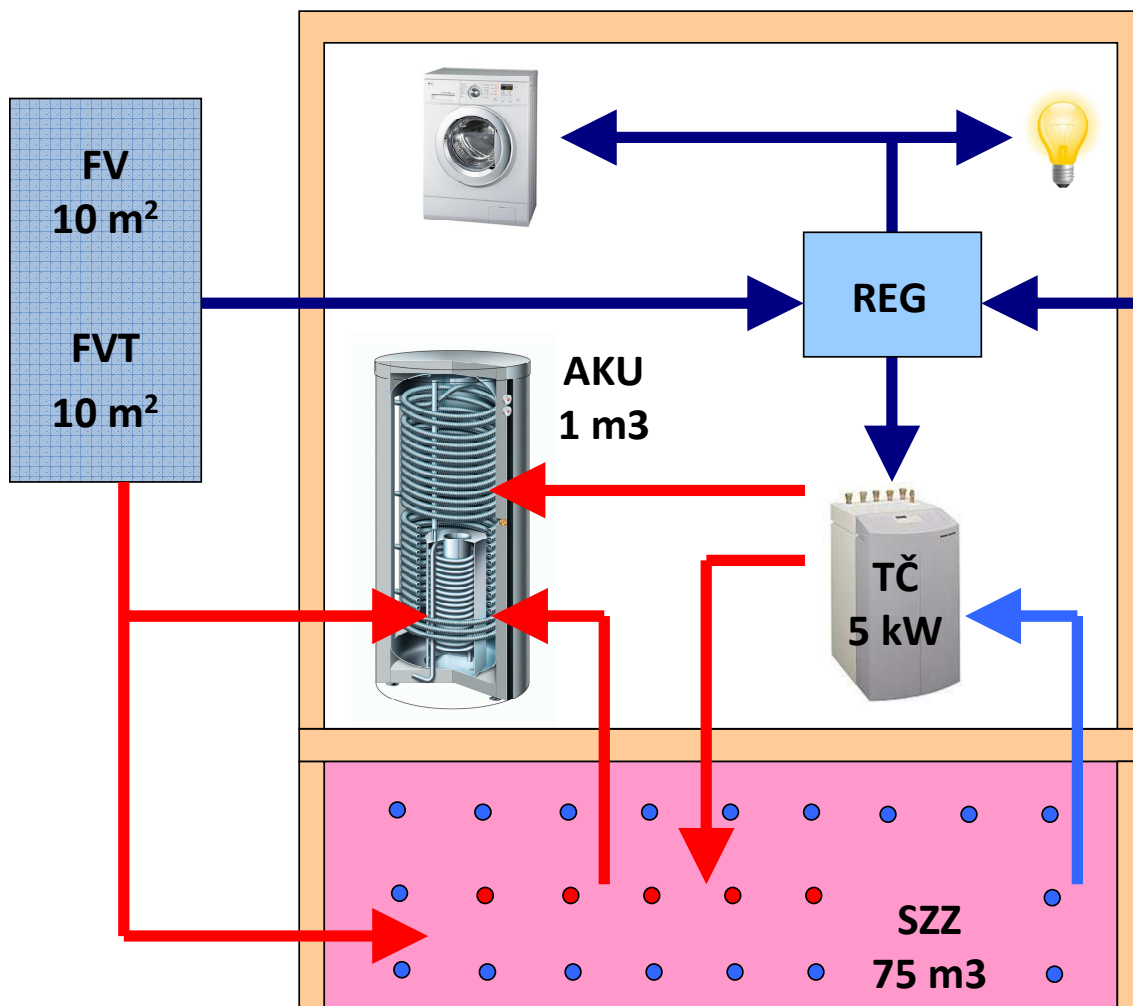


zvýšení využitelnosti energie produkované tepelným čerpadlem bez zvýšení spotřeby elektrické energie = celkově vyšší SPF až o 30 %



vývoj ve spolupráci s Regulus

ENERGETICKÝ SYSTÉM BUDOVY



3500 kWht pro vytápění
3500 kWht pro teplou vodu
2000 kWhe pro běžnou spotřebu

minimalizace odběru

výroba tepla

solar FVT 3000 kWht
TČ (COP=5) 6000 kWht
včetně sezónních ztrát

výroba elektřiny

solar FV+FVT 2000 kWhe

pokrytí

800 kWhe uživatelské
1200 kWhe tepelného čerpadla

spotřeba ze sítě 1200 kWh_e/rok

mPE: 24 kWh/m².rok



UCEEB 6.2.2014 13:00