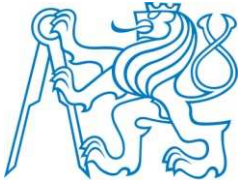


Provozní chování solárních soustav a jejich měření

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze

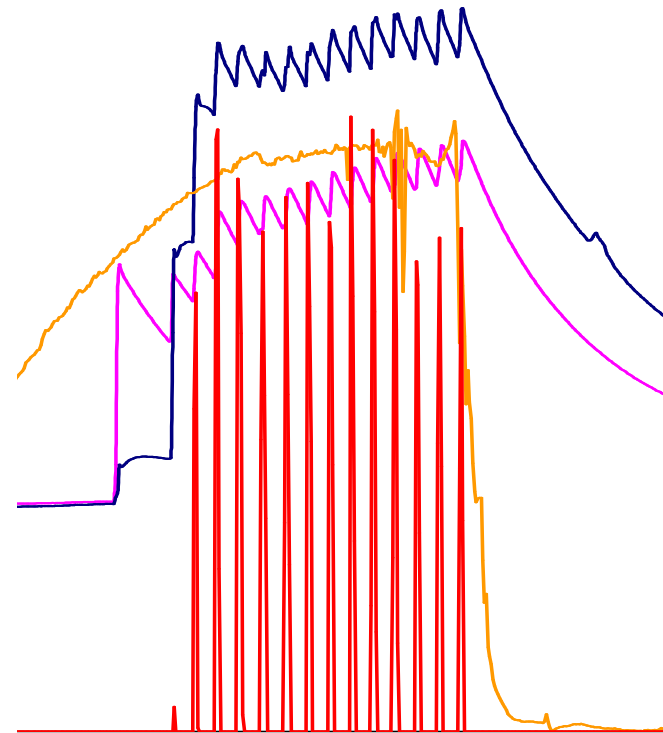


Proč měřit?

Co měřit?

Kde měřit?

Jak měřit?





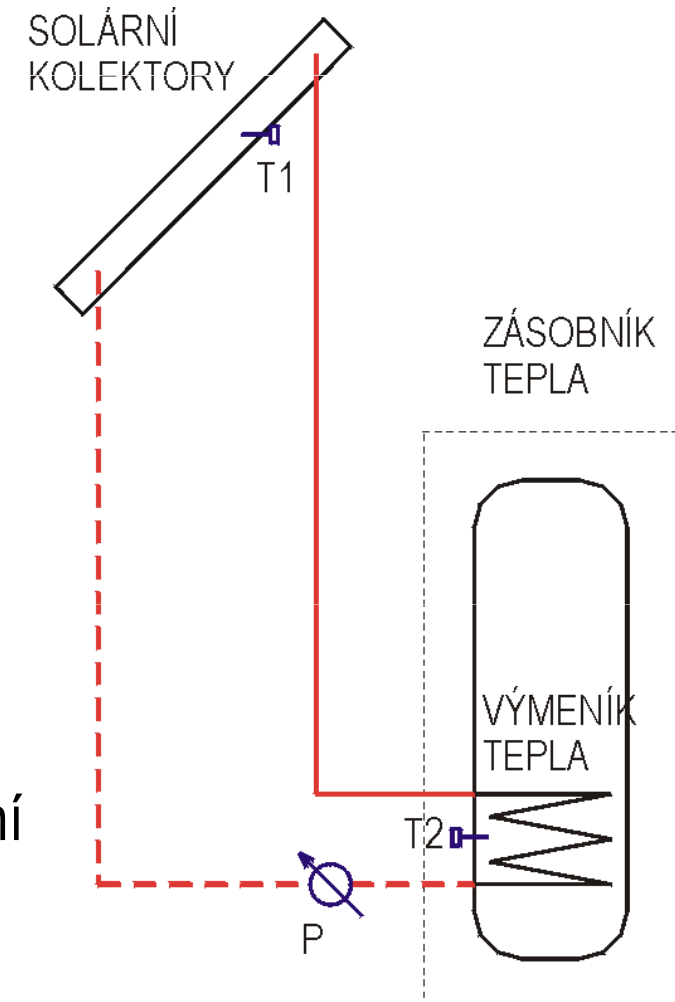
Proč měřit?

- **měření**
 - pro zajištění funkce (provoz solární soustavy, spínání čerpadla, atd.)
 - pro kontrolu funkce (kontrola teplot, průtoku)
 - identifikace špatné funkce částí soustavy a možnost opravy
 - pro určení efektivity provozu a přínosu
 - garance úspory x smluvní vazba
 - **solární zisky, reálná úspora**
 - **solární pokrytí**



Solární soustava – základní měření

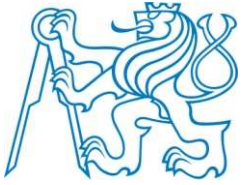
- **teplota v kolektoru (T1)**
 - zvláštní jímka v kolektoru
 - čidlo zasunuté do horní sběrné trubky
- **teplota v zásobníku (T2)**
 - spodní část zásobníku
 - horní část zásobníku (2. výměník)
- **průtok (P)**
 - plovákový průtokoměr / orientační nastavení



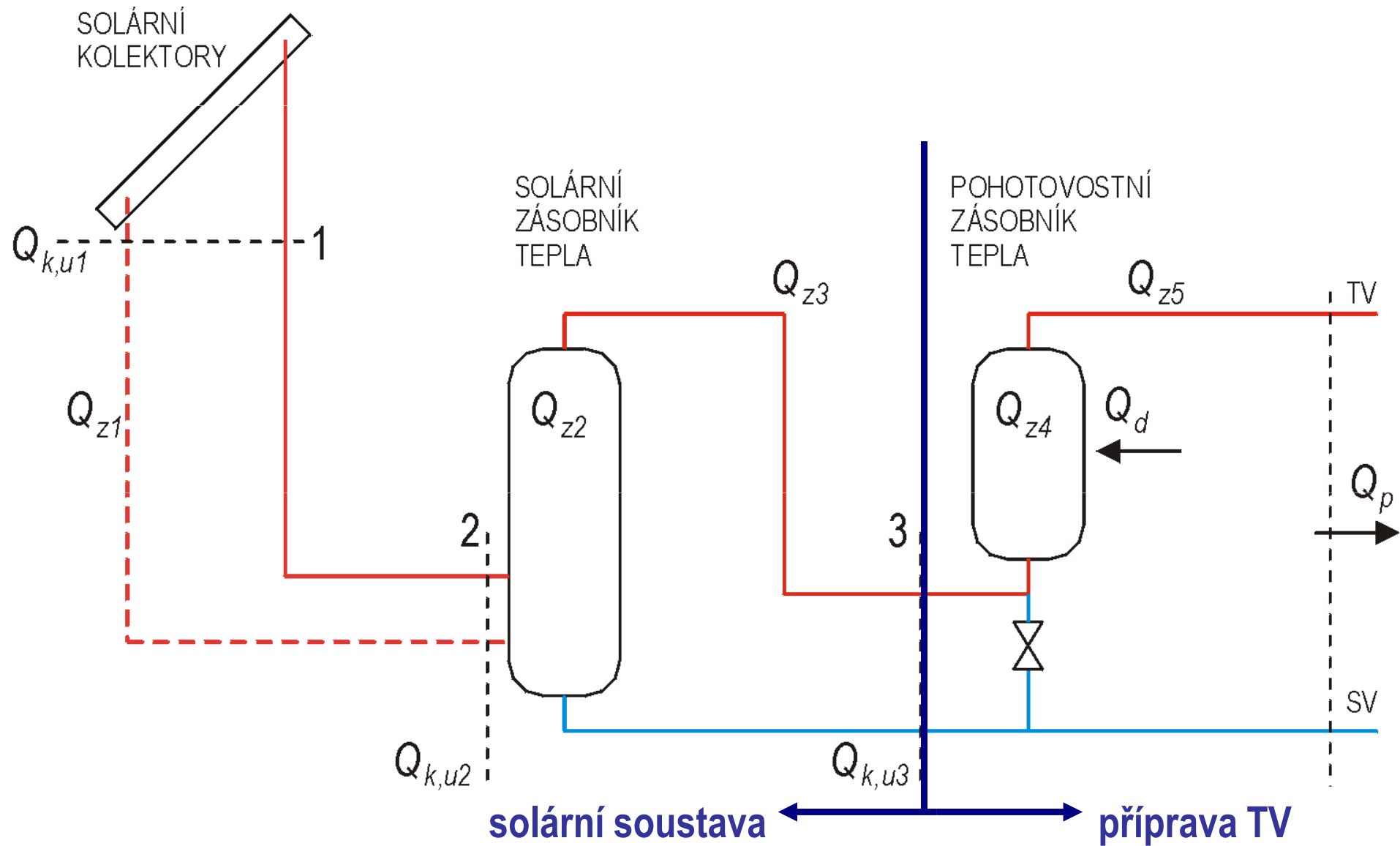


Solární soustava – bilanční měření

- **vyhodnocování využitelných zisků $Q_{ss,u}$ [kWh] nebo $q_{ss,u}$ [kWh/m²]**
 - přímo – měření dodaných zisků solární soustavou
 - nepřímo – měření energie dodané nahrazovaným zdrojem Q_d [kWh]
- **vyhodnocování účinnosti η**
 - vyhodnocování dopadlé sluneční energie Q_s [kWh]
 - vztažení ke kolektoru, vztažení k systému (stupeň využití, mařená energie)
- **vyhodnocování solárního pokrytí f [%]**
 - měření skutečné potřeby tepla $Q_{p,c}$ [kWh] ? = měření $Q_{ss,u} + Q_d$

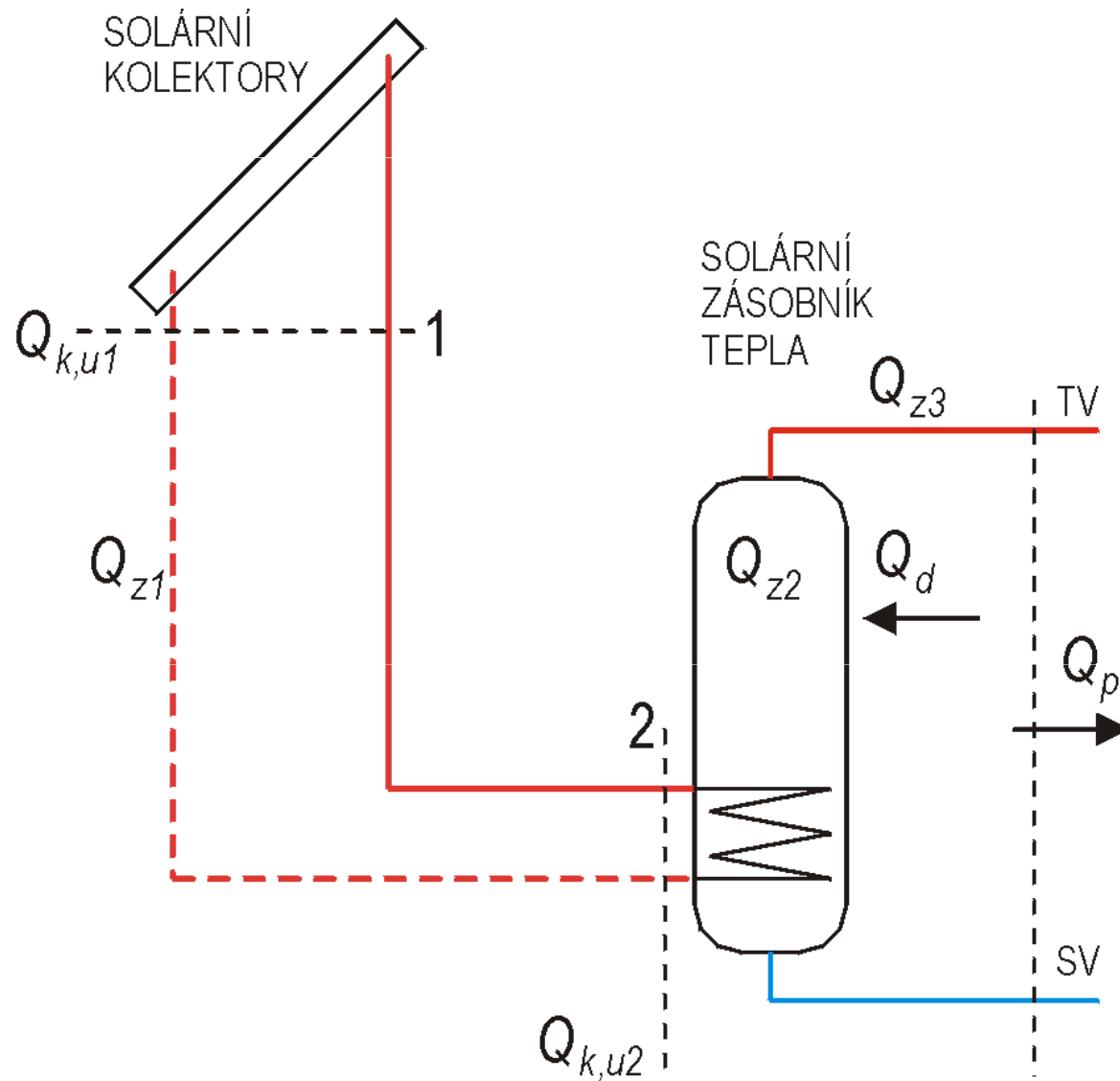


Solární soustava - bilance



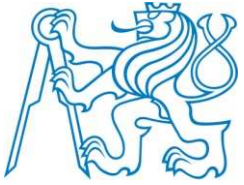


Solární soustava - bilance

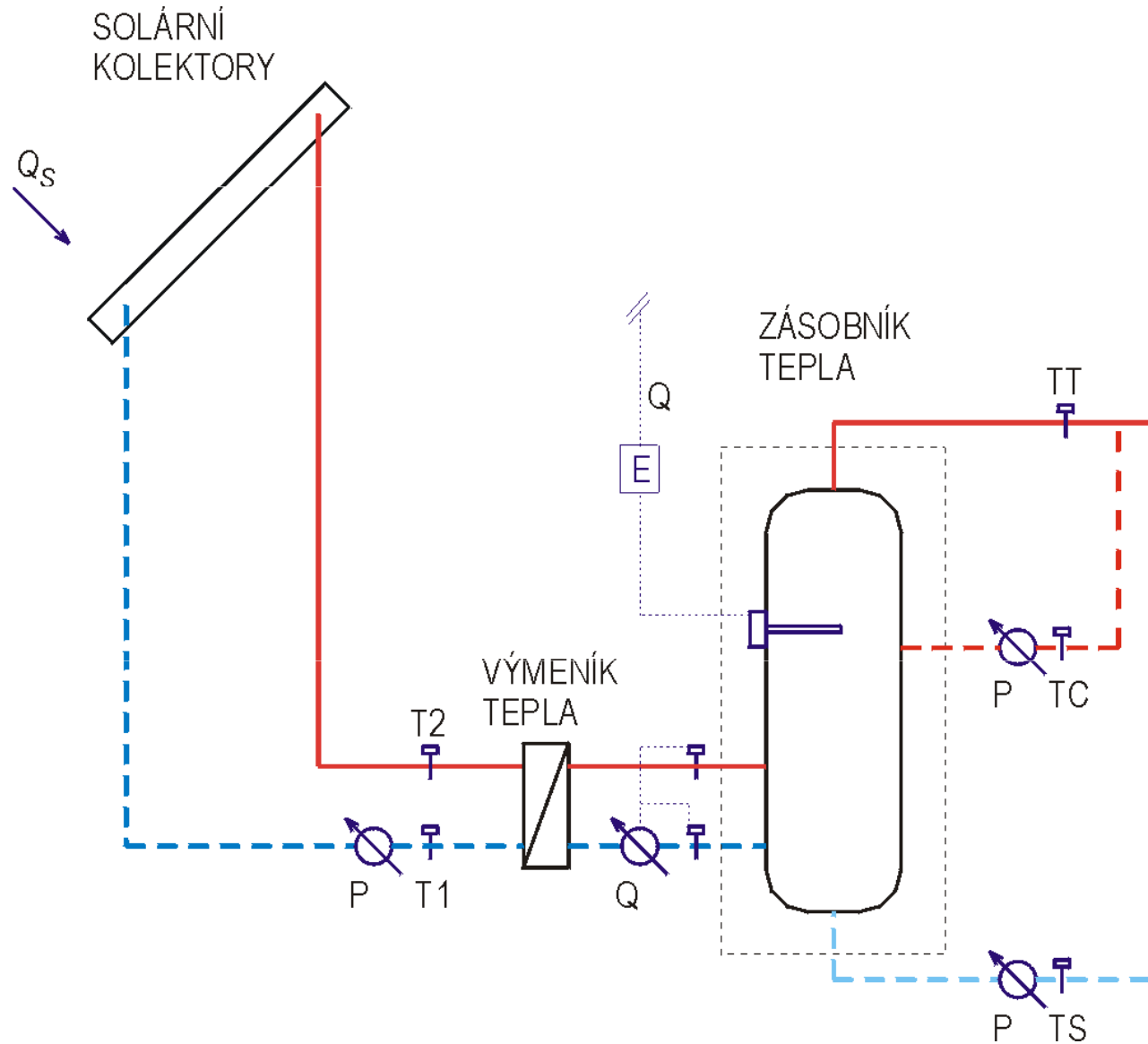


nesnadné oddělení ztrát solární soustavy a nahrazovaného zdroje tepla

nelze jasně říci jaká část ztrát zásobníku tepla jsou ztráty solární soustavy a nemají být zahrnuty do potřeby vlastní aplikace



Měřené veličiny – měřicí přístroje



teplota t

- teplotní čidla

průtok \dot{V}

- průtokoměry

teplo $Q = V\rho c(t_2 - t_1)$

- kalorimetry

- elektroměry

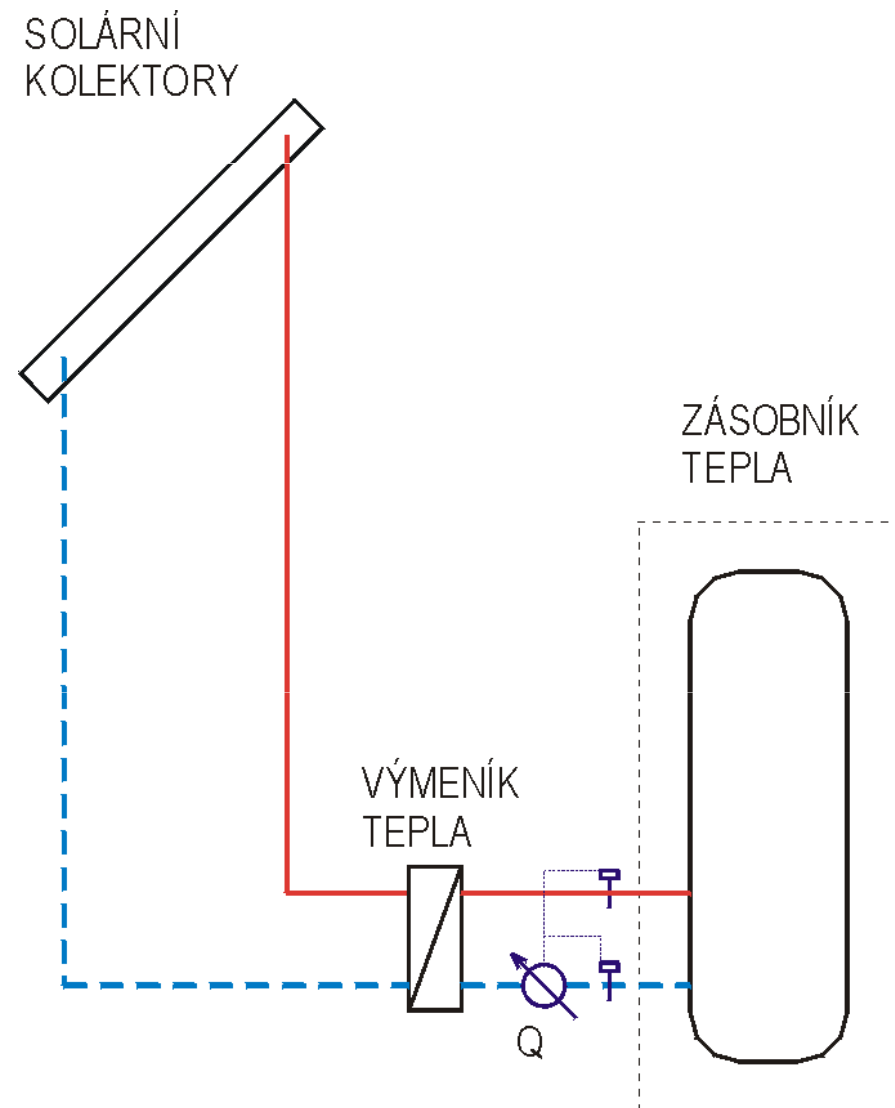
sluneční ozáření G

- pyranometry



Měření tepla na vodním okruhu

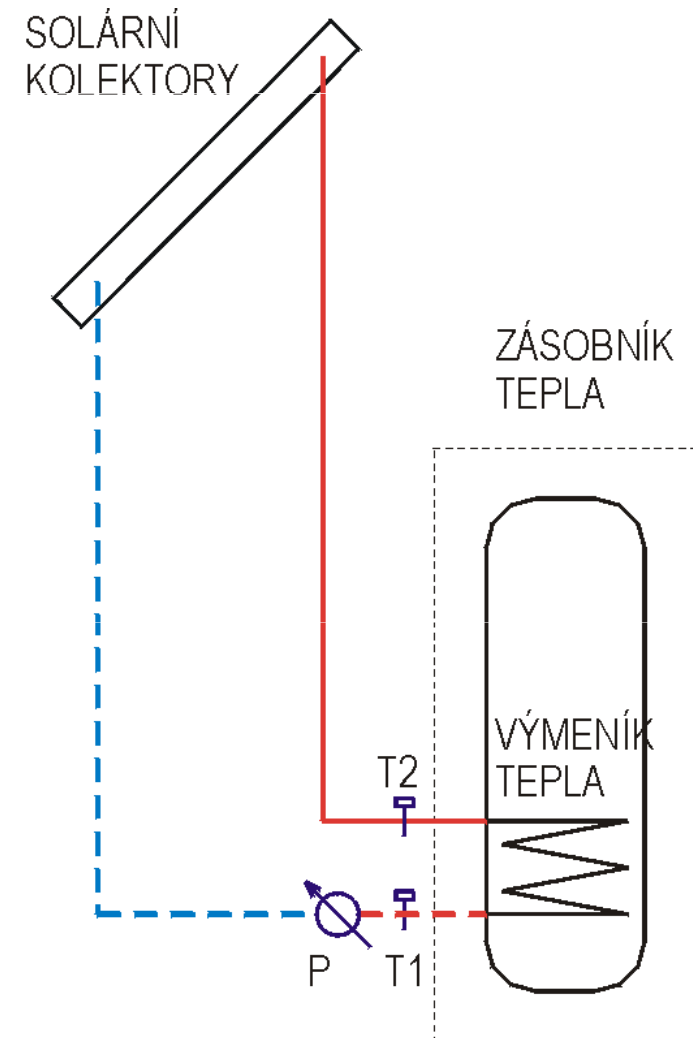
- **kompaktní kalorimetr (průtokoměr + spárovaná teplotní čidla)**
 - cejchované na vodě (zkušebna, certifikace)
 - entalpická korekce
 - paměť – datalogger, vyvolání měsíčních údajů za rok
 - kompaktní provedení





Měření tepla na primárním okruhu

- **průtokoměr + teplotní čidla + externí datalogger (regulátor)**
 - měření na primárním okruhu
 - regulátor zajišťuje výpočet Q podle programu a vložených charakteristik kapaliny $\rho \cdot c$
 - často pouze sumační údaj (!!!)
 - paměť – datalogger, ukládání a vyvolání údajů za zvolený časový úsek
 - **Ize měřit běžným kalorimetrem?**



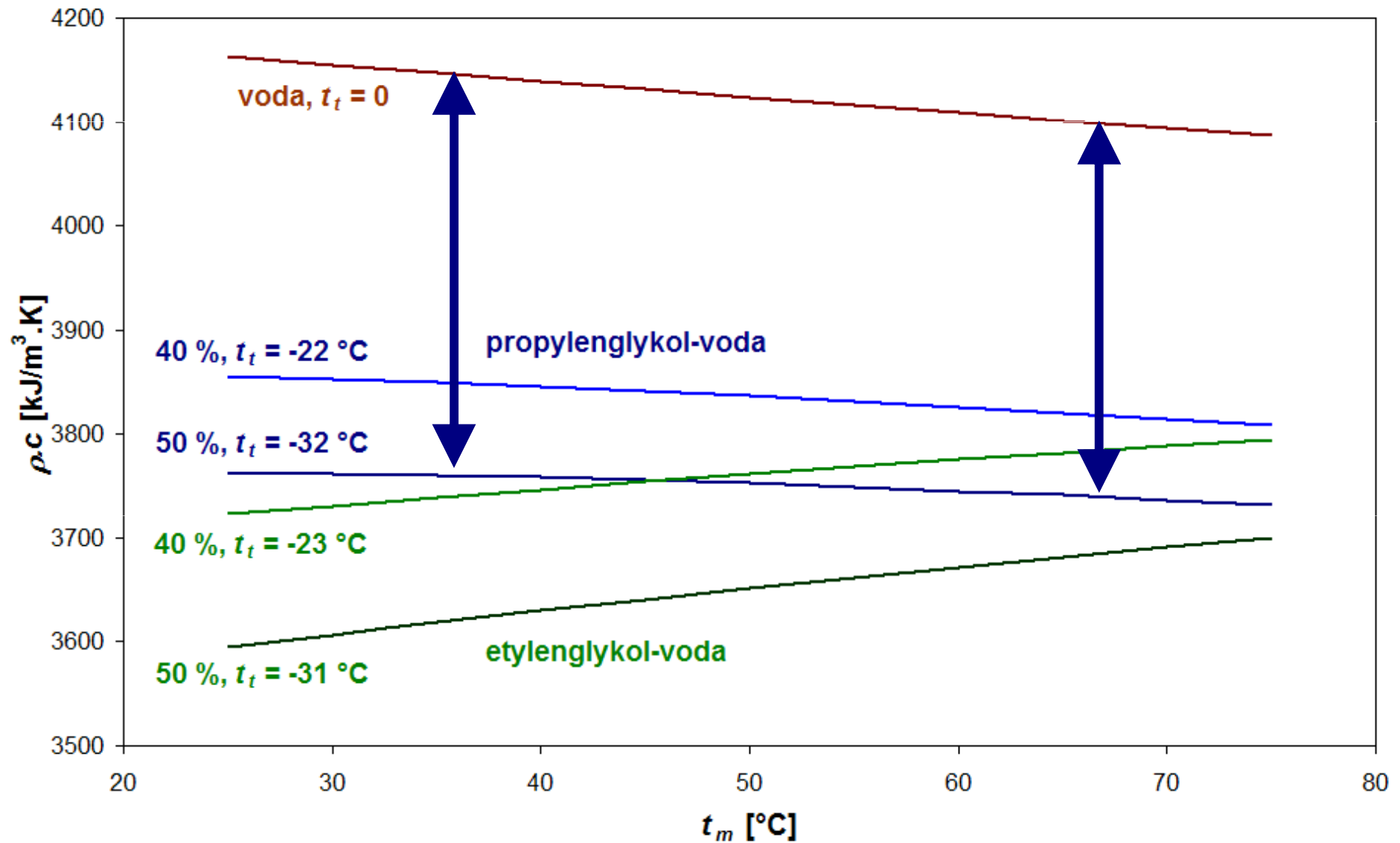


Tepelná kapacita solárních kapalin

- **teplonosné látky solárních soustav**
 - směs propylenglykol-voda
 - tepelná kapacita $\rho \cdot c$ se liší od vody
 - hodnoty výrazně závislé na poměru ředění
 - regulátor musí mít naprogramován komplex charakteristik



Tepelná kapacita směsí glykol-voda

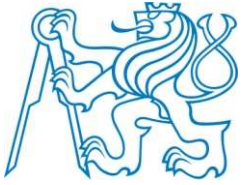




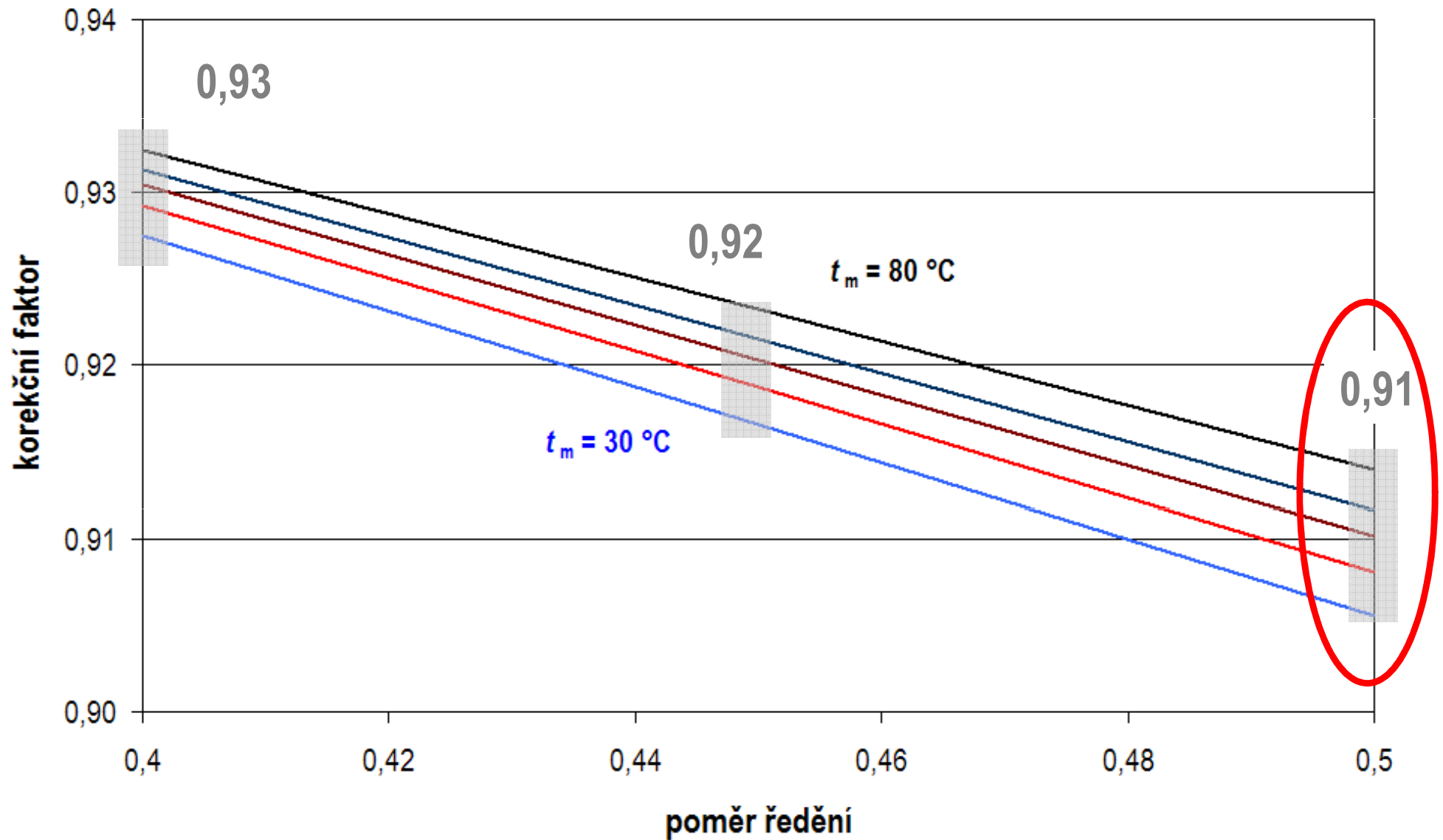
Měření kalorimetry (voda) na PG

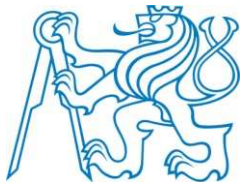
- měření solárních soustav s propylenglykolem kalorimetrem cejchovaným na vodu + **korekční součinitel**
 - tepelná kapacita $\rho \cdot c$ se liší od vody, nicméně její závislost na teplotě je téměř identická (pouze posunutá)
 - výrazná závislost vlastností na poměru ředění – tabelární vyjádření korekčních součinitelů

t_t [°C]	poměr ředění	$t_m = 30 \text{ °C}$	$t_m = 40 \text{ °C}$	$t_m = 50 \text{ °C}$	$t_m = 60 \text{ °C}$	$t_m = 80 \text{ °C}$
-22	0,40	0,927	0,929	0,930	0,931	0,932
-27	0,45	0,917	0,919	0,920	0,921	0,923
-32	0,50	0,906	0,908	0,910	0,912	0,914



Tepelná kapacita PG-voda x voda





RD Mnichovice – srovnávací měření



solární kombinovaná soustava
sklon kolektorů 60°





RD Mníchovice – srovnávací měření

měřicí ústředna



**regulátor +
průtokoměr**



kalorimetr





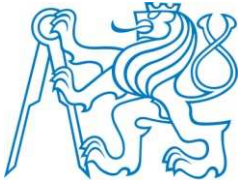
RD Mnichovice – srovnávací měření

	ústředna	kalorimetr	ústředna / kalorimetr
	kWh/měs	kWh/měs	-
září 08	185	203	0,91
říjen 08	156	171	0,91
listopad 08	48	53	0,90
prosinec 08	40	43	0,92
leden 09	32	36	0,90
únor 09	25	27	0,90
březen 09	64	70	0,91
duben 09	329	363	0,91
květen 09	217	240	0,90

ředění 47 %

$t_m = 50 \text{ °C}$

korekční faktor 0,915



Vliv provozních podmínek na zisky



Teoretická analýza

- **rodinný dům 5 m²**

200 l teplé vody denně

měrné zisky 350 kWh/(m².rok), solární pokrytí 57 %

- **bytový dům 42 m²**

3 m³ teplé vody denně

měrné zisky 450 kWh/(m².rok), solární pokrytí 42 %

- **typický meteorologický rok (TMY, Meteonorm), 1056 kWh/(m².rok)**

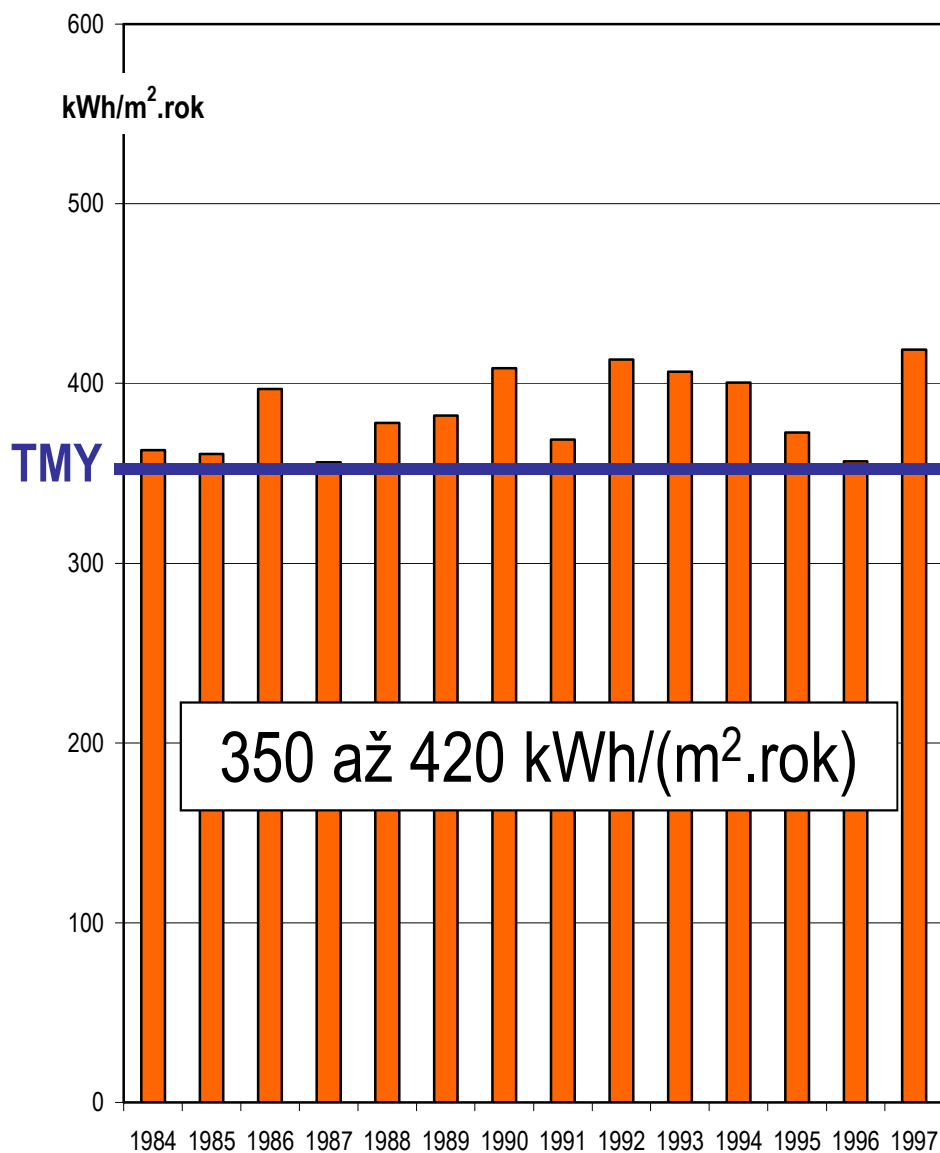
sklon 45°, orientace jih

statický hodinový výpočet, většina „simulačních“ programů

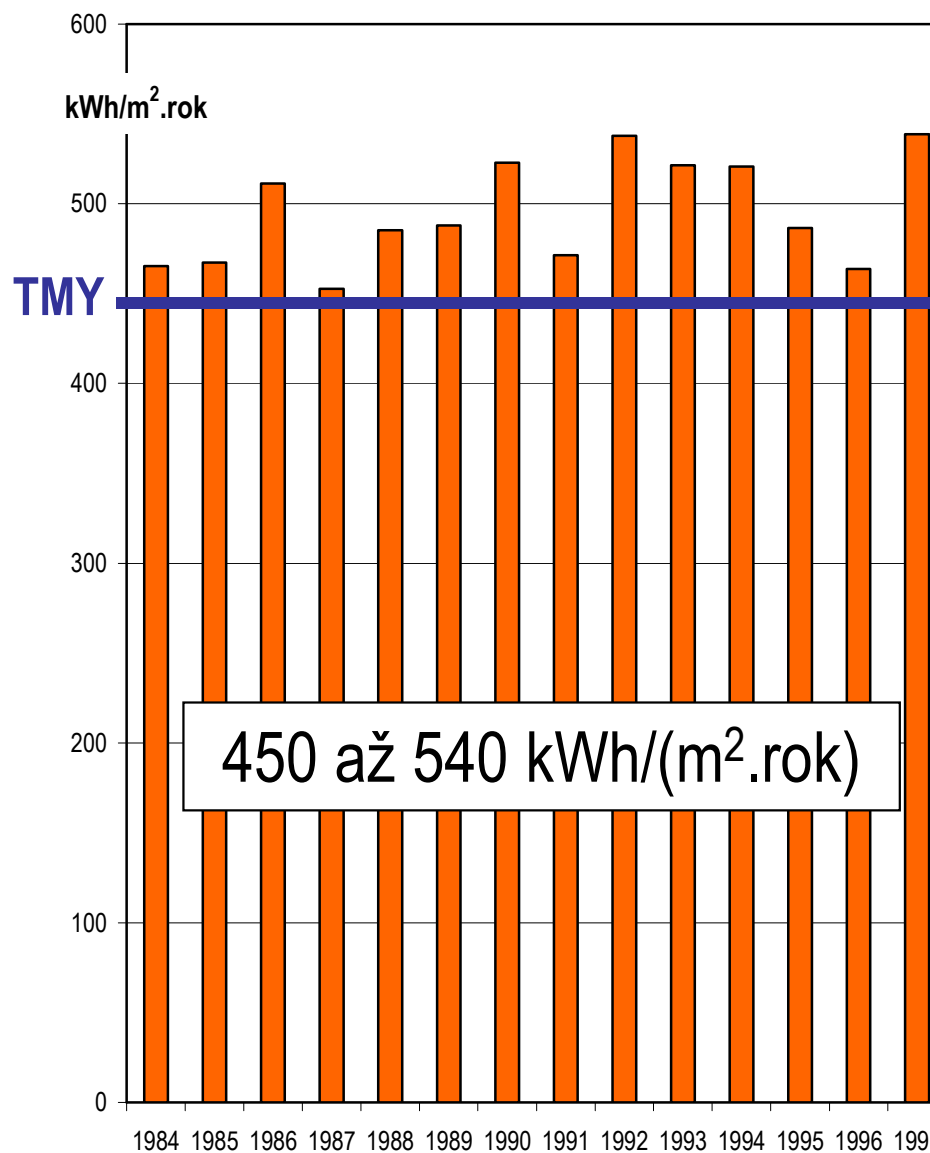


Vliv klimatických podmínek

rodinný dům



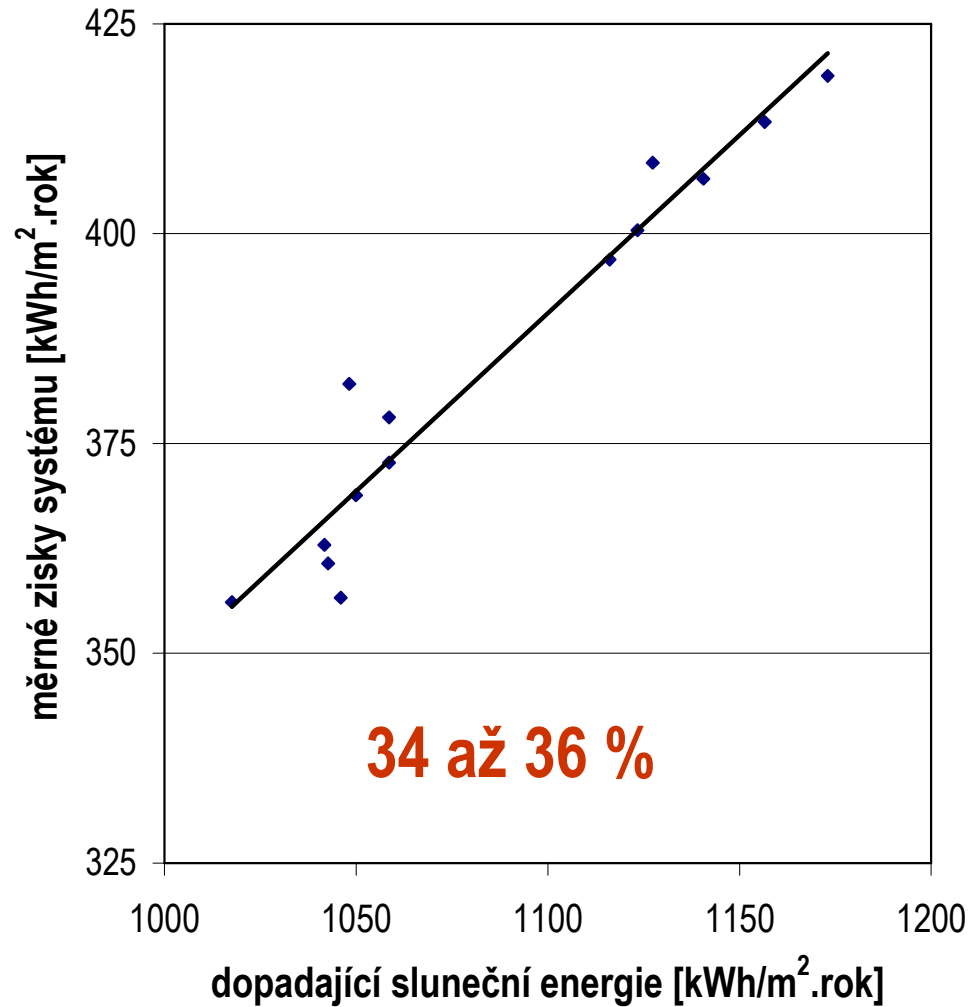
bytový dům



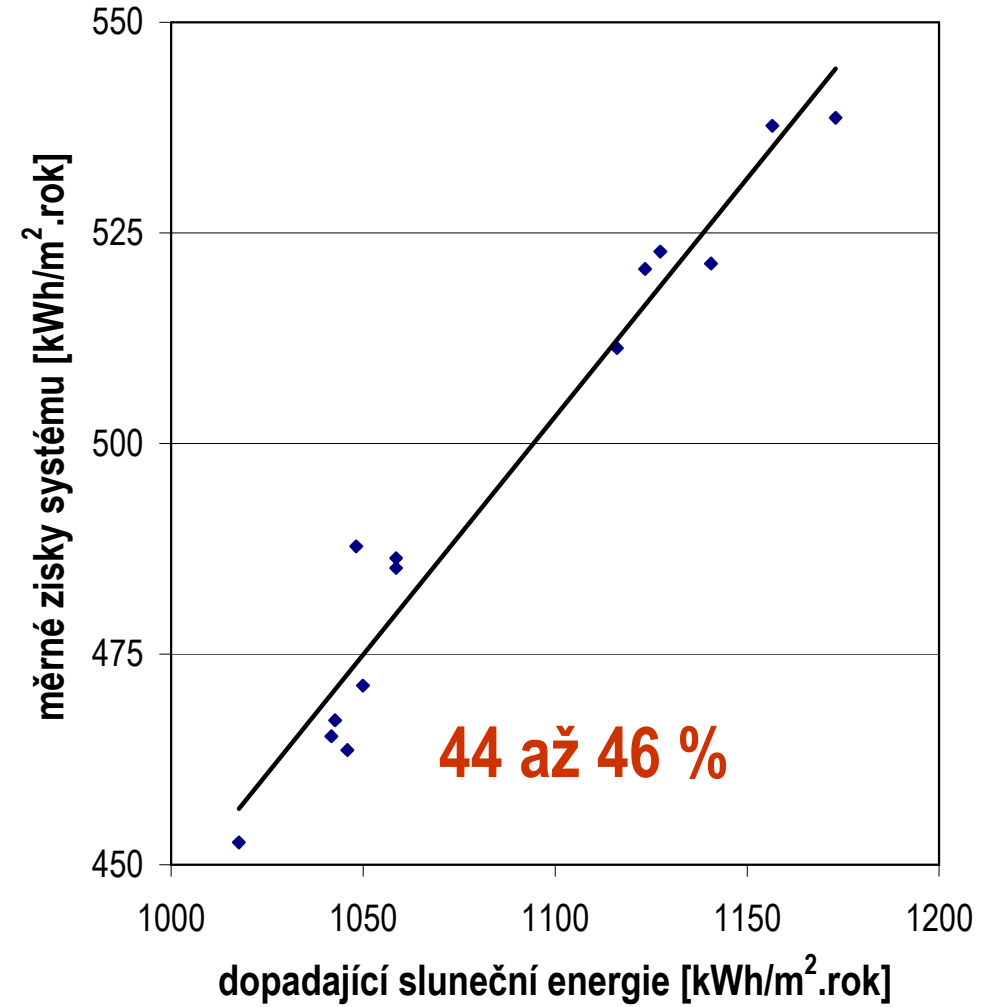


Účinnost solární soustavy (roční)

rodinný dům



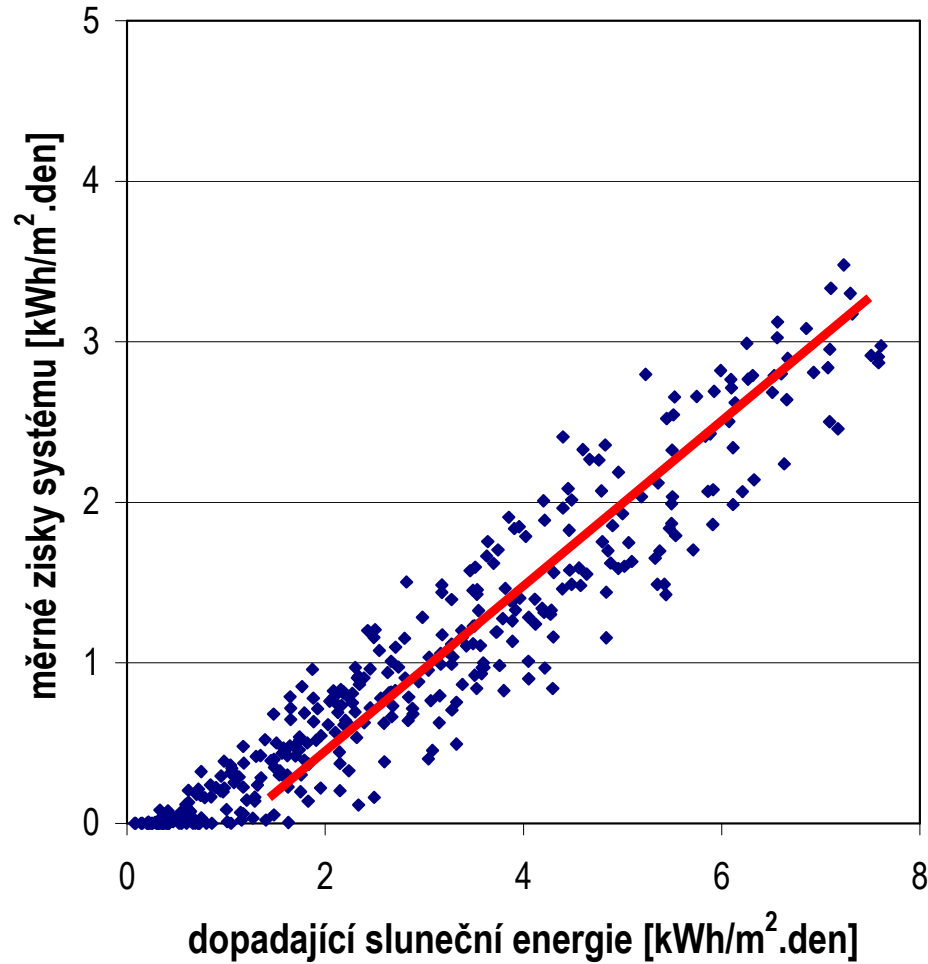
bytový dům



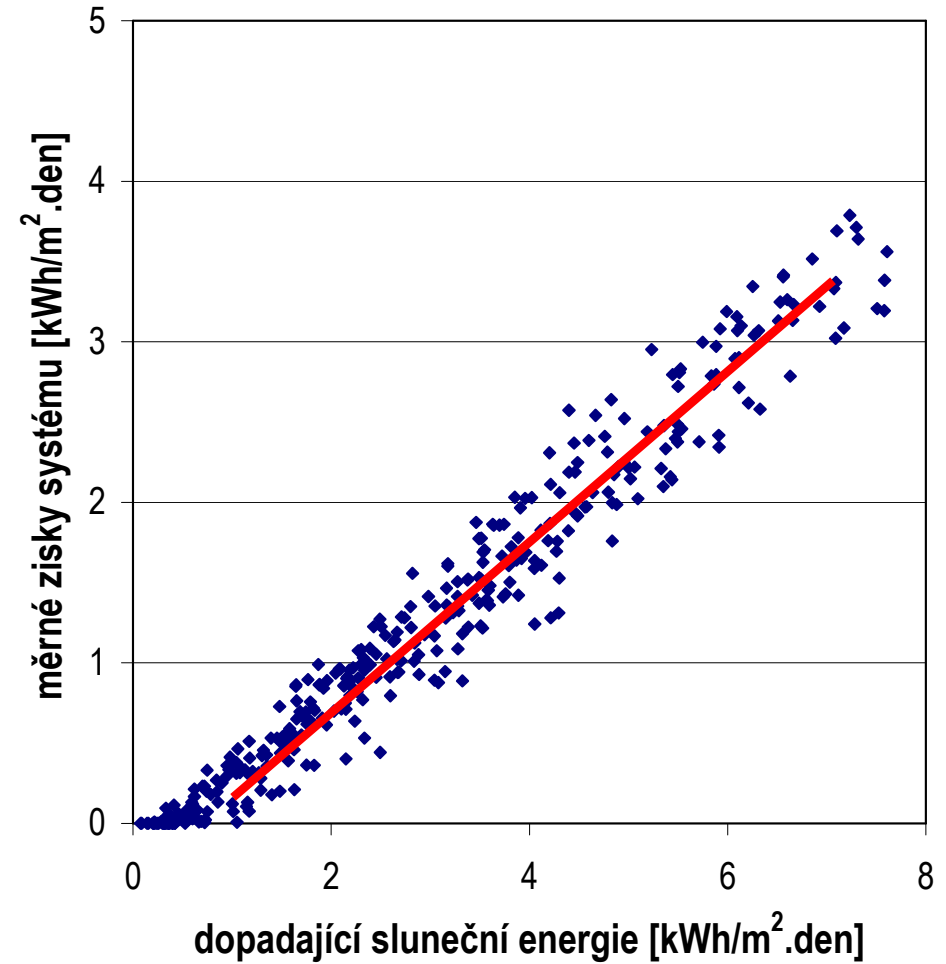


Účinnost solární soustavy (denní)

rodinný dům



bytový dům





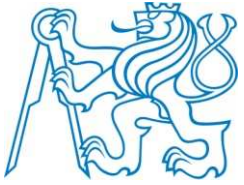
Měření pro odhalení závad

- **denní zisk je proporcionální denní dopadlé energii**
- více / méně jednoduchý model pro výpočet (odhad) denního zisku na základě klimatických podmínek
- použití: kontrola správné funkce solární soustavy
- porovnání: naměřené hodnoty zisku = očekávaný odhad zisku ?
 - ANO:** soustava pracuje správně = očekávatelně
 - NE:** pravděpodobný problém, selhání soustavy

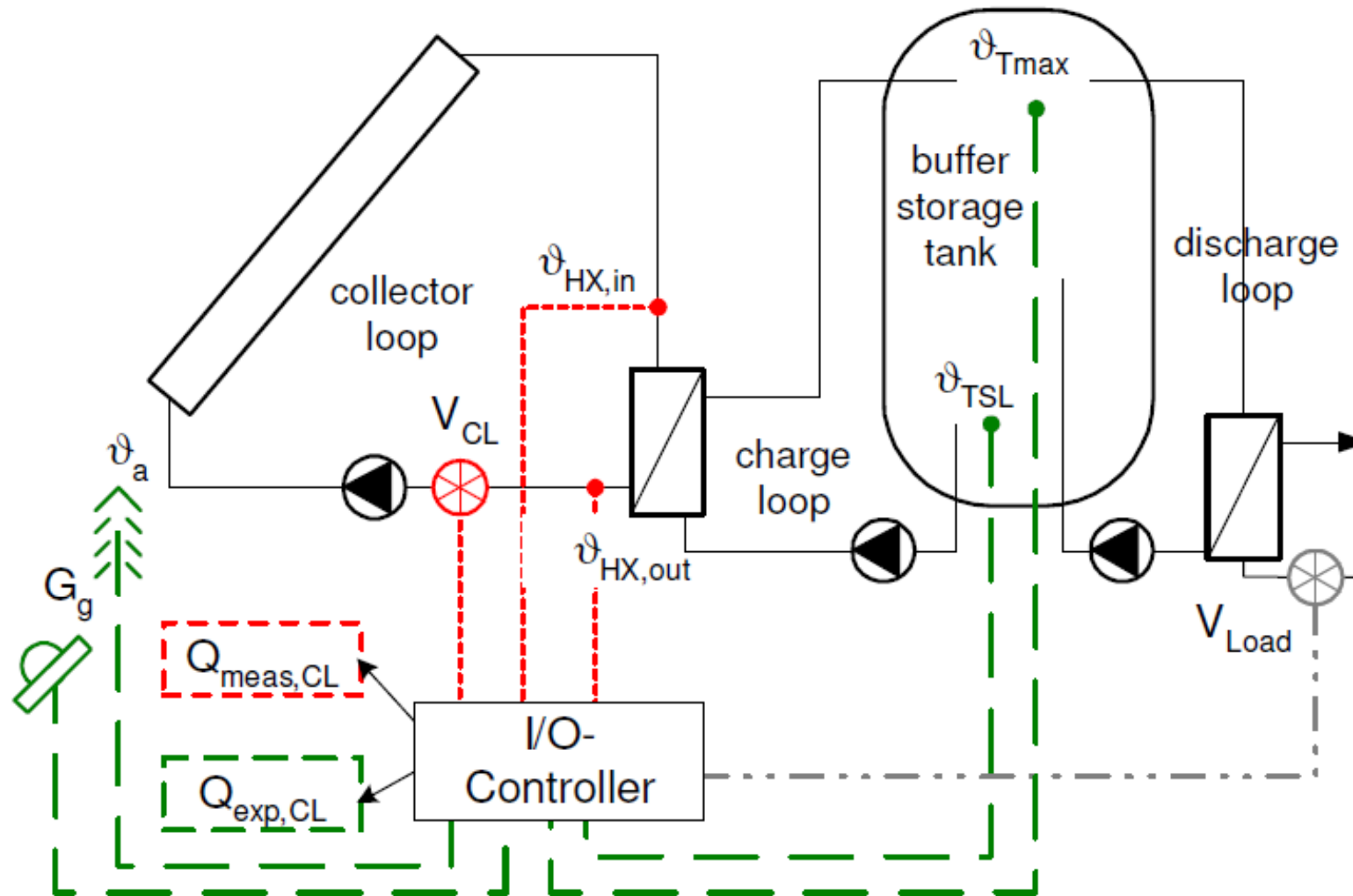


Input / Output metoda

- **měření dodané energie** solárním okruhem: teplo předané z okruhu kolektoru do zásobníku
- **teoretický výpočet předané energie (output)**: zjednodušený matematický model na základě měřených klimatických údajů (**input**: sluneční ozáření, venkovní teploty, teplota zásobníku, parametry kolektoru, aj.)
- porovnání dodané x očekávané (vypočtené)
- nesoulad vyhodnocen – pravděpodobné selhání
- nefunkční čidlo? uzavřená větev? vadné oběhové čerpadlo? ...

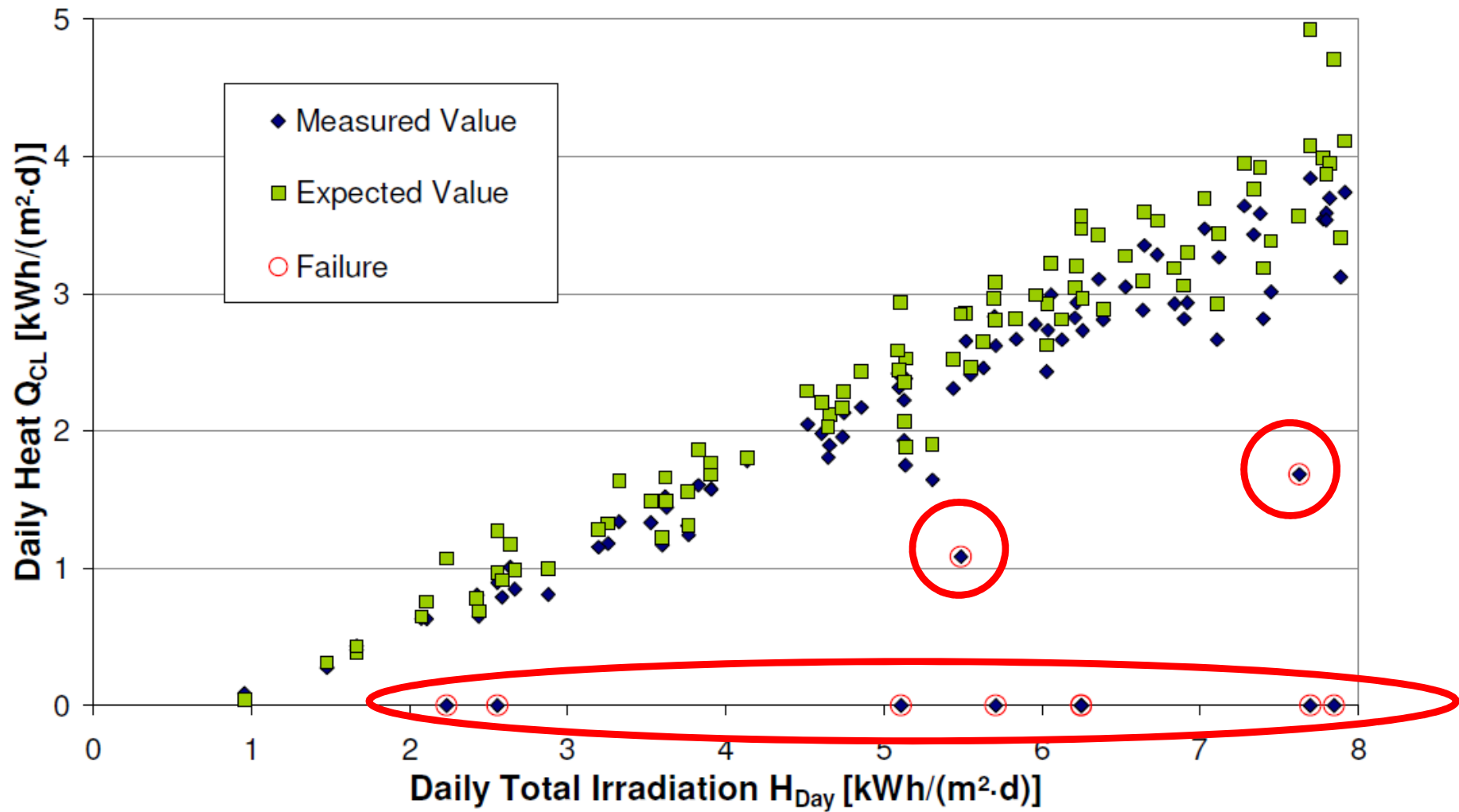


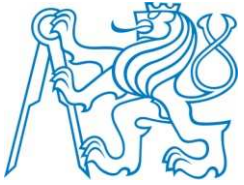
Input / Output metoda





Input / Output metoda



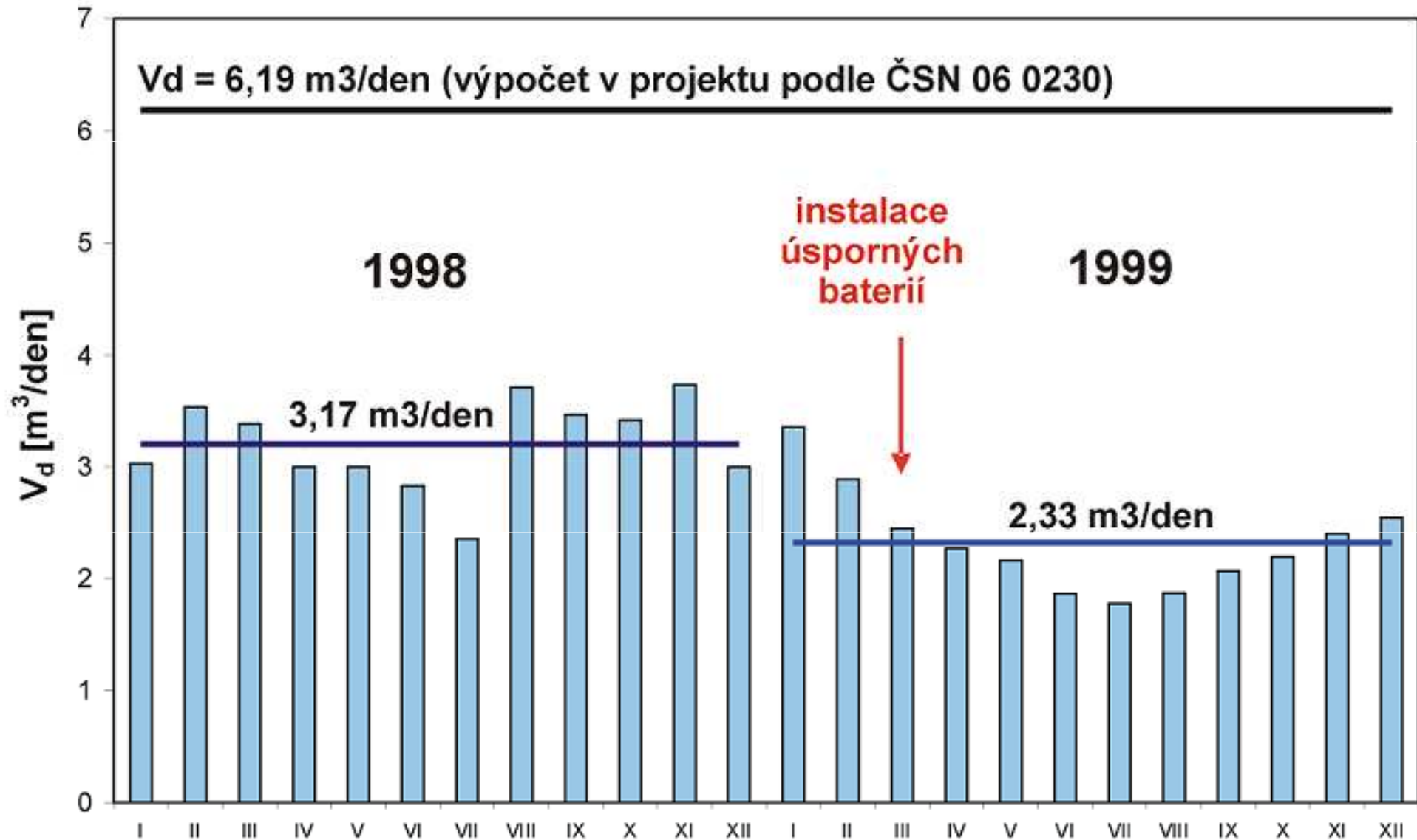


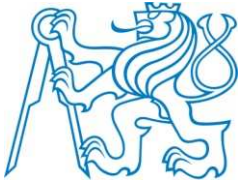
Vliv potřeby tepla

- snížení potřeby tepla oproti projektované
 - špatný odhad potřeby tepla
 - rekonstrukce, úsporná opatření snižující potřebu
 - změna provozu, snížení počtu zásobovaných míst
- i přes původně správný návrh
 - solární soustava se stává předimenzovanou
 - absolutní úspora se snižuje
 - návratnost se prodlužuje

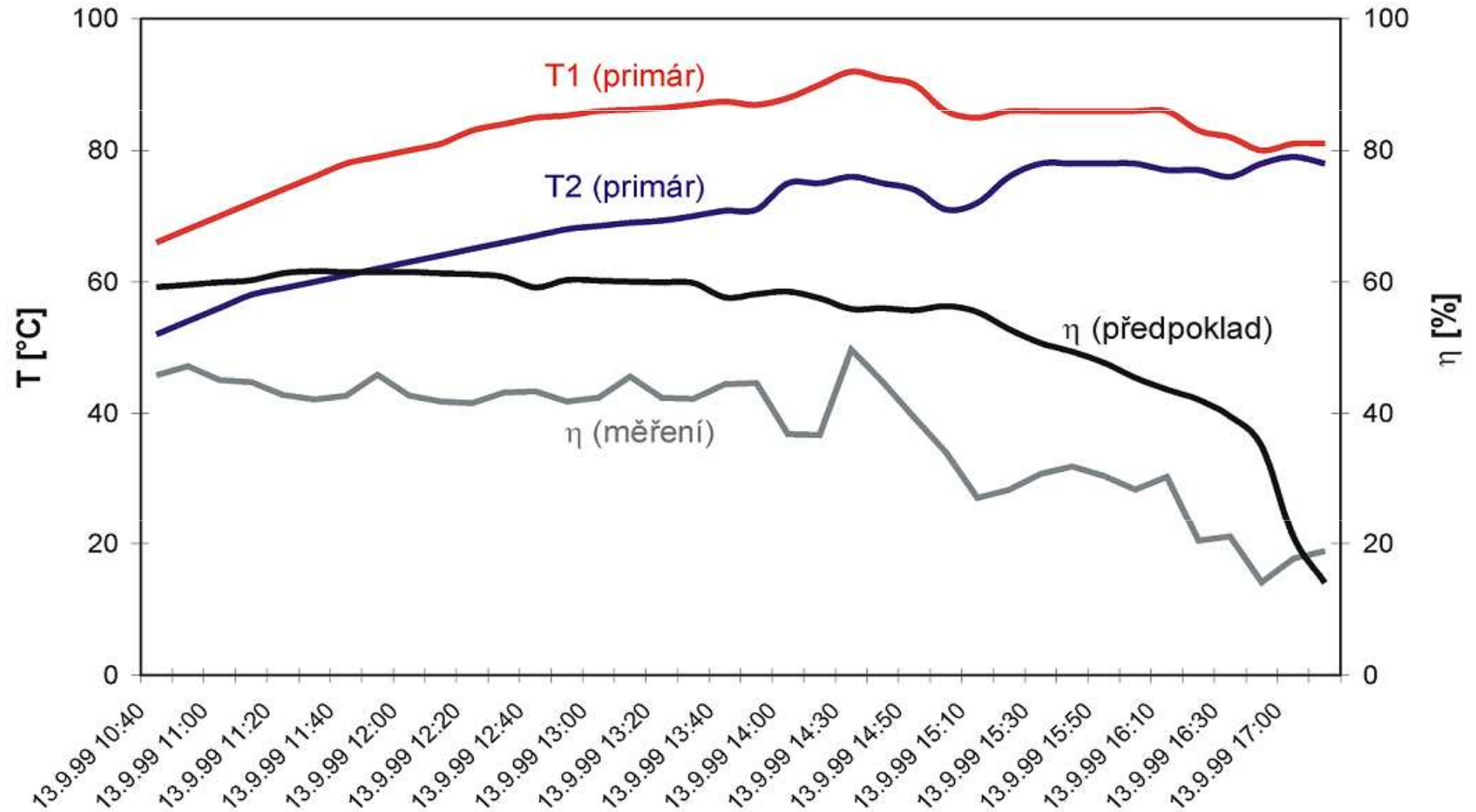


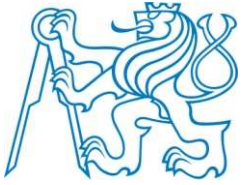
Předimenzovaná soustava



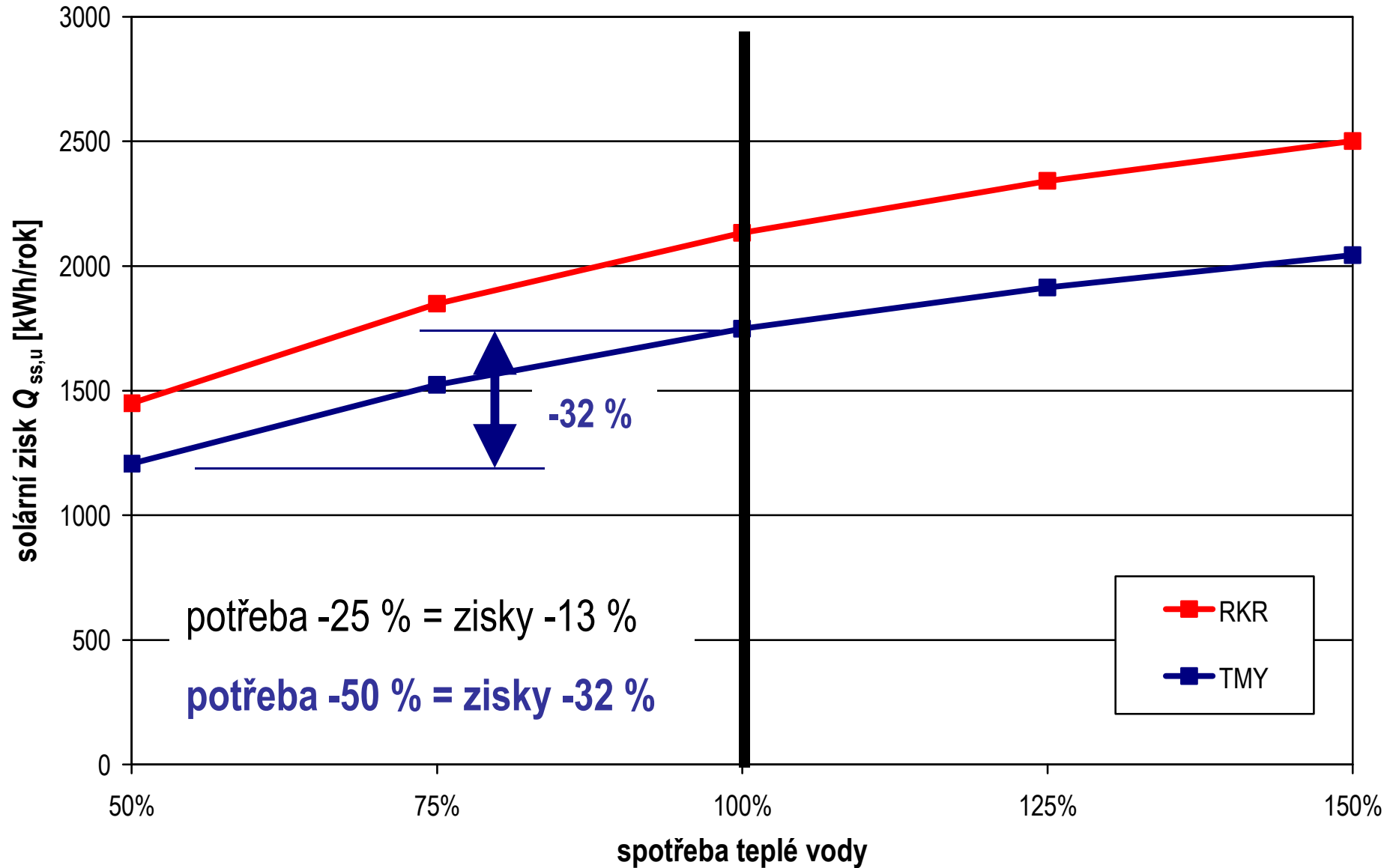


Předimenzovaná soustava



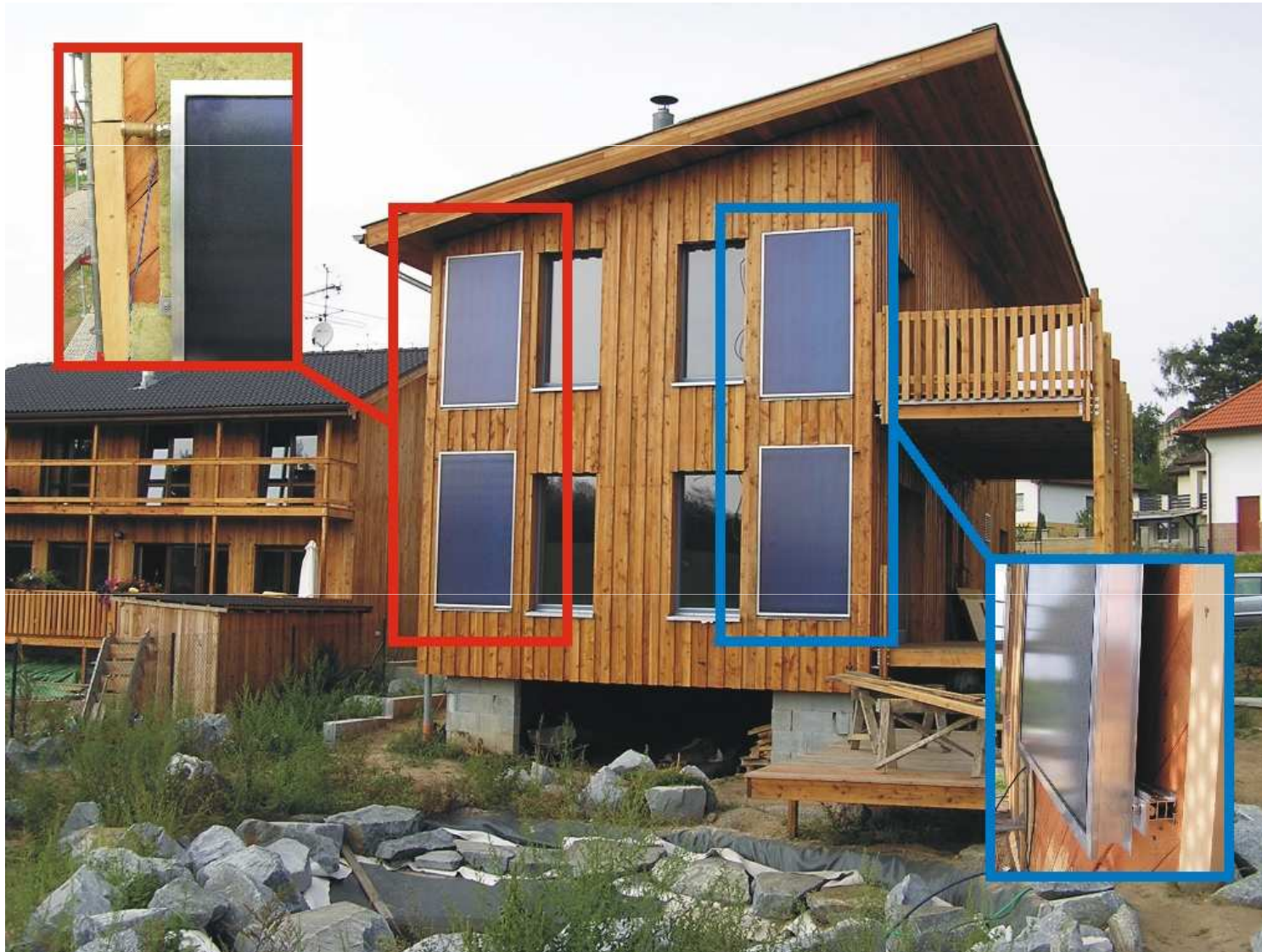


Analýza pro rodinný dům





Příklad za všechny - RD Čerčany



dřevostavba

NE dům, 4.7 kW

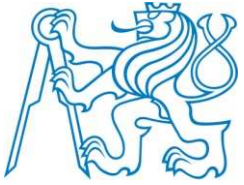
teplovzdušné
vytápění

centrální zásobník
(elektro)

solární
kombinovaná
soustava TV+VYT

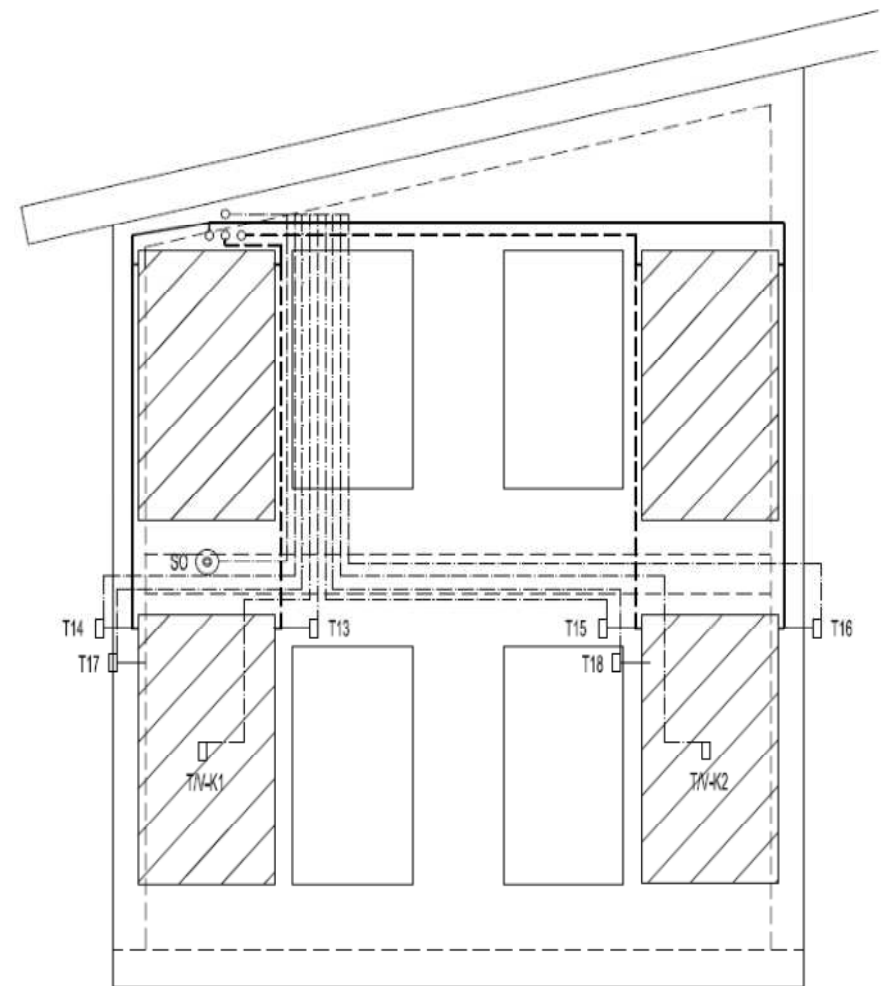
fasádní kolektory

4 x 2.3 m² = **9.2 m²**



Monitorování – fasáda

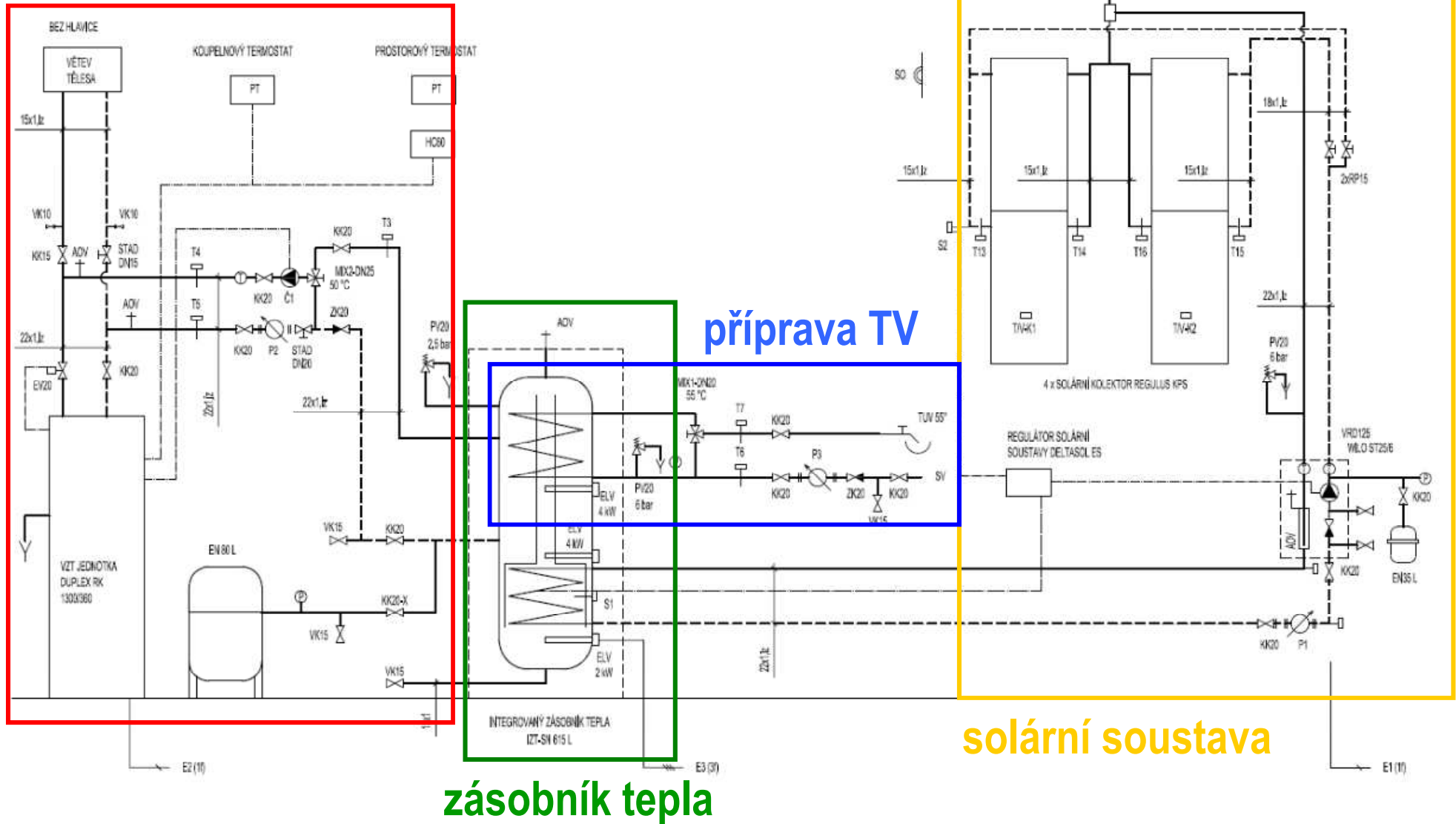
- čidlo slunečního ozáření – pyranometr
- kombinovaná čidla teplota-vlhkost pod kolektory (izolace, vzduch.mezera)
- teplotní čidla vstup-výstup kolektoru
- teplotní čidla uvnitř kolektoru





Monitorování – soustava

otopná soustava





Bilance v letním období

		V_{TV} spotřeba TV [l]	Q_{TV} teplo pro TV [kWh]	Q_{VYT} teplo pro vytápění [kWh]	Q_p celková spotřeba [kWh]	$Q_{k,u}$ využitelné zisky [kWh]	Q_s dopadlá energie [kWh]
26.5.2008	8.6.2008	191	6	13	19	28	407
X.X.XXXX	X.X.XXXX	X	X	X	X	X	X
7.7.2008	20.7.2008	206	7	0	7	8	253
21.7.2008	3.8.2008	336	10	0	10	14	362
4.8.2008	17.8.2008	187	6	0	6	18	356
18.8.2008	31.8.2008	188	6	0	6	39	458
1.9.2008	14.9.2008	201	7	0	7	32	475

spotřeba teplé vody: 16 l/den, přepočteno na 15/60 °C: **10 l/den**

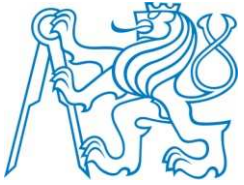
využitelné solární zisky soustavy: $Q_{k,u} = 111 \text{ kWh}$ x $Q_{TV} = 36 \text{ kWh}$

$$\eta_s = 6 \%$$

spotřeba elektrické energie dohřev: $Q_{el} = 250 \text{ kWh}$

$$Q_z = 9 \times Q_{TV}$$

$$f_{rok} = 31 \%$$



Proč měřit?



Garance přínosů solárních soustav

- garantovaný zisk jako kontrolovatelný (měřitelný) parametr
 - v případě sporu je problematické bez měření rozhodnout
- zisk soustavy jako smluvní parametr
 - stanovený pro danou **smluvní potřebu tepla**
 - simulačním softwarem
 - pro adekvátní klimatické údaje, konzervativní hodnoty (TMY)
 - pro konkrétní projekční řešení
 - **v případě změny (potřeby, zapojení, ...) – nutné přepočítat**

bonus při výběrových řízeních – nejen cena ale i záruka úspory



Děkuji za pozornost



ČESKOSLOVENSKÁ SPOLEČNOST
PRO SLUNEČNÍ ENERGII (ČSSE)
NÁRODNÍ SEKCE INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY (ISES)

<http://www.solarnispolecnost.cz>

ÚVOD

O NÁS

SOLÁRNÍ TEPLA

AKTUALITY

AKCE

KE STAŽENÍ

FOTOGALERIE

ISES

ODKAZY

SLUNEČNÍ ENERGIE
- ENERGIE PRO VŠECHNY



AKTUALITY

11.3.2011

Evropské dny Slunce v ČR

Ve dnech 1. až 14. 5. 2011 proběhnou v ČR tzv. Evropské dny Slunce, které mají za cíl zvýšit ...

2.3.2011

Kurz Solární tepelné soustavy 2011

V roce 2011 proběhne kurz k projektování solárních soustav jak v Čechách (květen) tak na Moravě ...



RSS | Mapa stránek

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

TZB-INFO

STAVBA

VYTÁPĚNÍ

VĚTRÁNÍ
KLIMATIZACE

VODA
KANALIZACE

OBNOVITELNÁ
ENERGIE

ELEKTROTECHNIKA

VÝTAHY

Aqua-therm

>>

Firmy

Výrobky

Kalendář

Diskuse

Výpočty

Práce

Zákony

Normy

Publikace

Časopisy

Slovník

Videa

E-shopy

PROJEKT 2011



SOLÁRNÍ
KOLEKTORY

OBOROVÉ RUBRIKY

- ▣ Normy a právní předpisy
- ▣ Teorie
- ▣ Energetická politika

Solární kolektory

Nová rubrika **Solární kolektory** na TZB-info shrnuje nejnovější poznání o **solárních kolektorech** a celých **solárních soustavách** určených k **vytápění**, **přípravě teplé vody**, **ohřevu bazénové vody** a **chlazení**. Určena je jak investořům, kterým pomůže s výběrem **solárního kolektoru** a usnadní rozhodnutí



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>



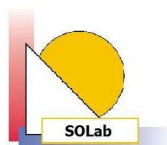
Solární laboratoř ÚTP FS ČVUT v Praze

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



SOLAB

Solární laboratoř Ústavu techniky prostředí
Fakulty strojní ČVUT v Praze



opětovné zprovoznění během Vánoc!