

# **Ekonomika solární soustavy pro bytové domy**

- výpočet ekonomických parametrů**
- okrajové podmínky výpočtu**
- konkrétní příklady**



**Solární teplo pro bytové domy – ForArch 2011**

***Praha 23.9.2011***

***Ing. Lukáš Emingr***



- 1) Vstupní informace pro hodnocení solárních systémů
- 2) Růst cen energií, nutnost energetických úspor
- 3) Způsoby výpočtu ekonomického vyhodnocení
- 4) Stanovení úspor emisí
- 5) Konkrétní příklad z praxe
- 6) Závěry a doporučení, nejčastější chyby



### Údaje nutné pro energetickou bilanci a návrh solárního systému

- způsob využití objektu (administrativa, bydlení, školství)
- počet osob využívajících objekt (pro stanovení potřeby)
- spotřeba teplé vody (ideálně skutečný odběr)
- spotřeba energie na přípravu TV a vytápění
- stávající způsob přípravy teplé vody a vytápění objektu
- plocha, kam je možno sol. systém instalovat
- skladba střešního pláště (pro kotvení systému)
- půdorys a výška technické místnosti  
(geometrie stavby – vedení potrubí) + orientace střechy ke světovým stranám



### Údaje nutné pro ekonomickou bilanci a návrh solárního systému

- investiční náklady solární soustavy
- provozní náklady
- energetické zisky solární soustavy
- úspora energie instalací solární soustavy
- diskontní sazba (míra ceny investovaného kapitálu)
- místní cena energie a její předpokládaný růst

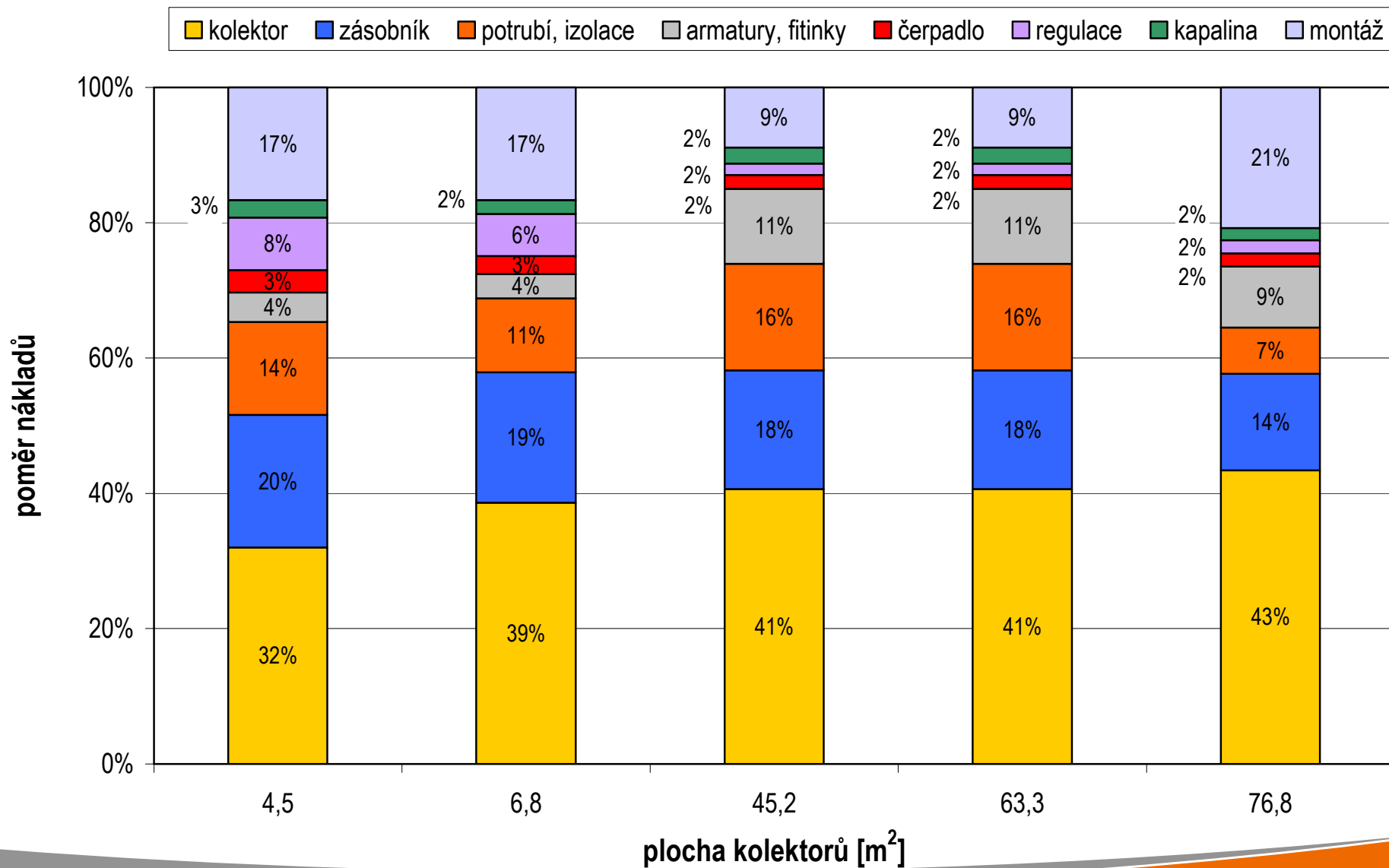


### Údaje nutné pro ekonomickou bilanci a návrh solárního systému

Investiční náklady (všechny výdaje spojené s instalací):

- studie, projektová dokumentace a příprava
  - materiál (kolektory, konstrukce, zásobníky, potrubí, izolace,... )
  - doprava a montáž (náklady na instalaci)
  - náklady na provoz a údržbu systému
  - náklady na stavební úpravy spojené s instalací systému (nezbytné)
- čím větší solární soustava, tím nižší měrné náklady v Kč/m<sup>2</sup>
- čím větší solární soustava, tím více se odvíjejí od ceny solárních kolektorů
- pro **velké soustavy** nad 100 m<sup>2</sup>: kolektory 50 % investice
- maloplošné solární soustavy **25 až 30 tisíc Kč/m<sup>2</sup>**
  - velkoplošné solární soustavy **15 až 20 tisíc Kč/m<sup>2</sup>**

# ➤ Rozdělení investičních nákladů

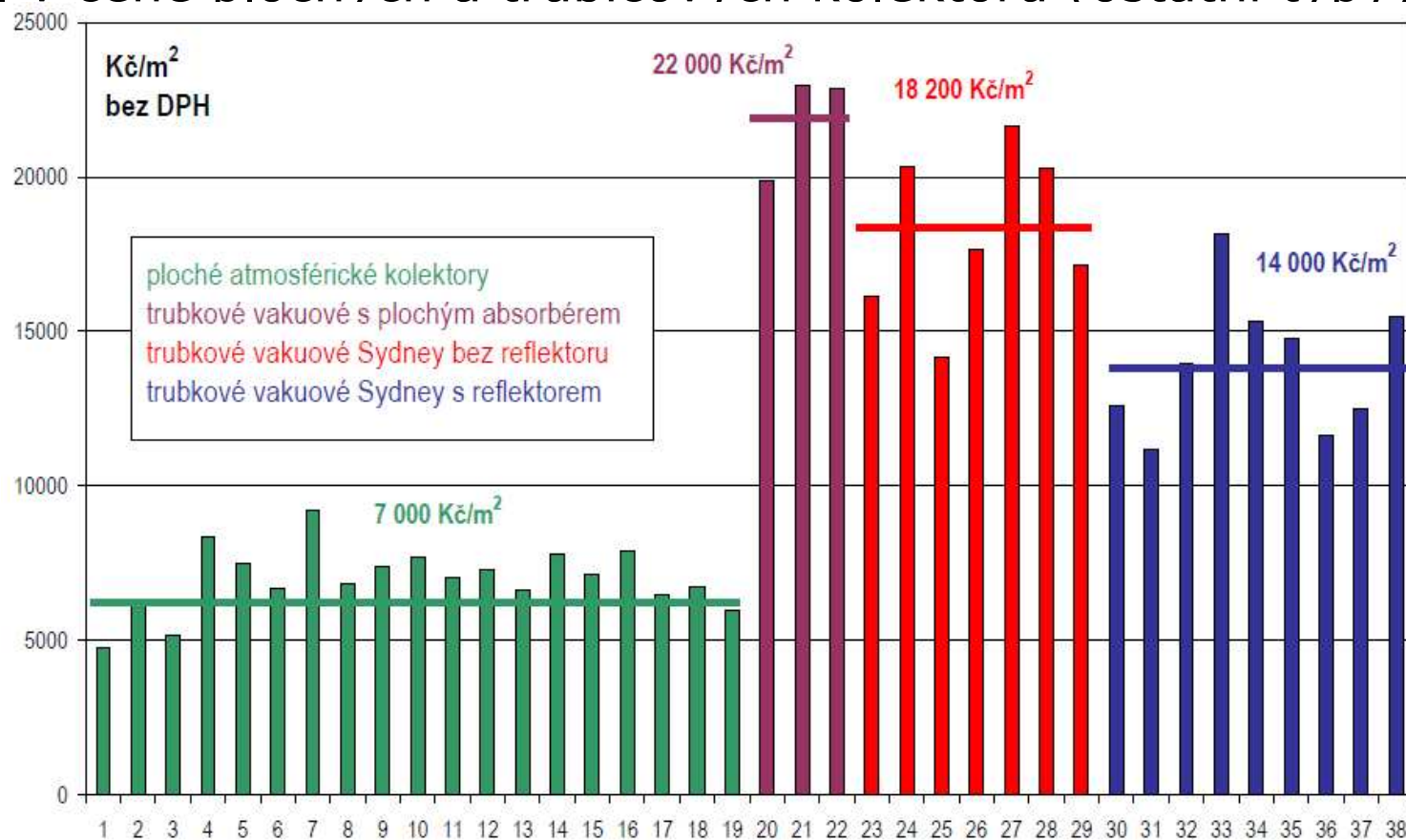


## ➤ Vstupy pro ekonomické hodnocení



### Solární kolektory:

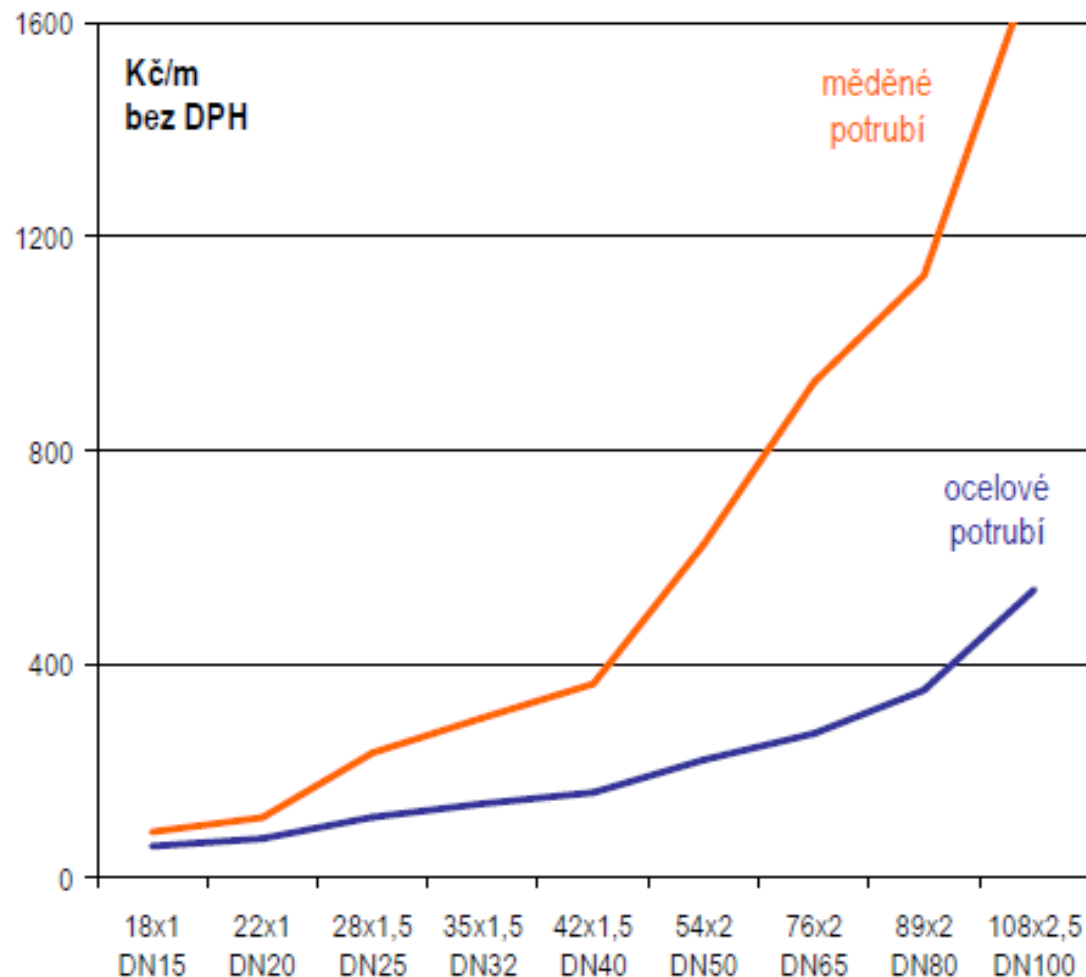
- cena solárních kolektorů výrazně ovlivňuje celkovou investici
- rozdíl v ceně plochých a trubicových kolektorů (ostatní typy)





## Ostatní investiční náklady:

- potrubí (volba materiálu a průměru)
- tepelná izolace potrubí (tloušťka, materiál)
- solární zásobník (materiál, typ)







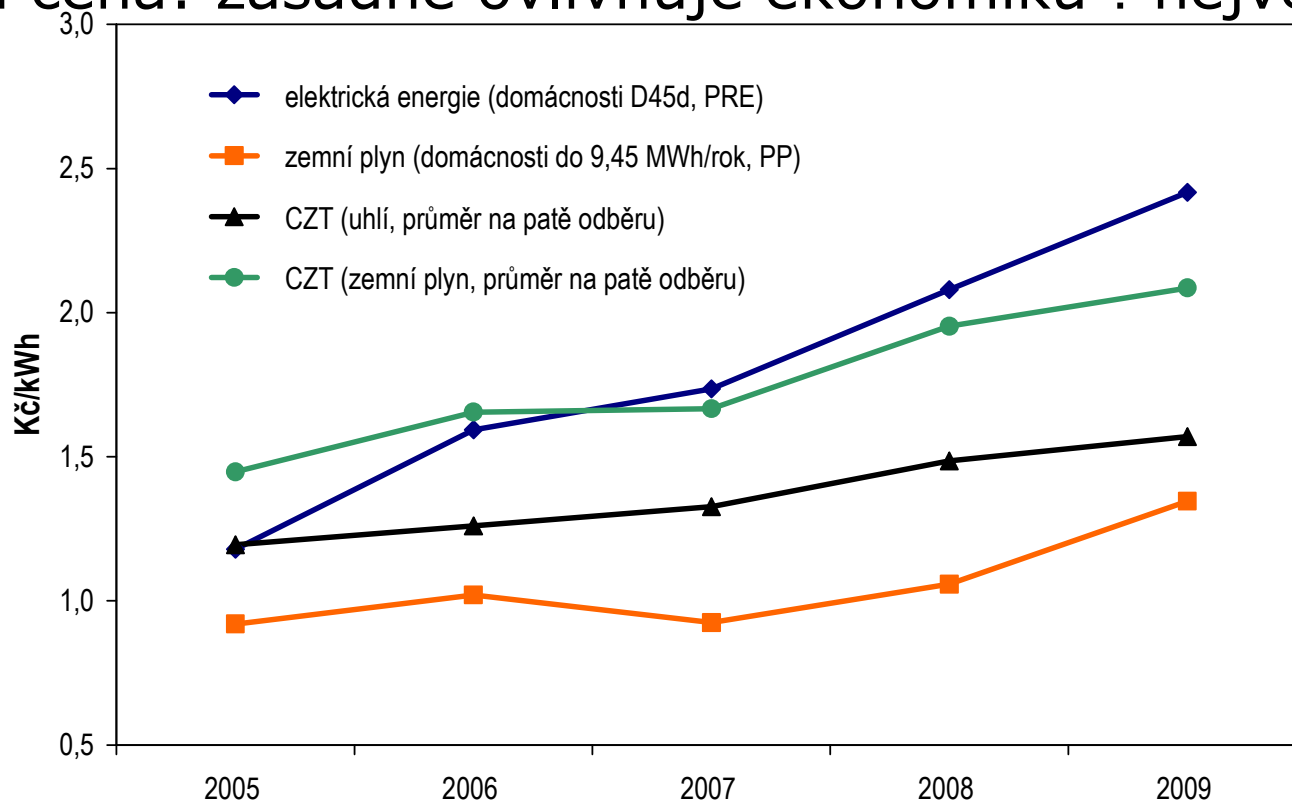
### Údaje nutné pro ekonomickou bilanci a návrh solárního systému

Ostatní vstupní informace:

- roční využití instalovaného výkonu
- typ stávajícího paliva pro přípravu TV a vytápění
- stávající cena energie pro přípravu TV a vytápění (vývoj ceny energie)
- úroková sazba případného úvěru
- vlastní zdroje investora pro financování investice
- předpokládaný meziroční růst ceny energie
- sazba daně z přidané hodnoty
- provozní náklady (pomocná energie, náklady na údržbu a provoz, pojištění)
- revize, opravy, obnova – systém řízení zařízení (reinvestice zásadně ovlivňují ekonomiku projektu)



budoucí cena: zásadně ovlivňuje ekonomiku ! největší nejistota !



***Do ceny elektrické energie pro výpočet návratnosti se nezapočítávají stálé poplatky za instalovaný jistič, neboť úsporou spotřeby energie instalací solární soustavy se nijak nemění.***



- Prostá doba návratnosti  $T_s$

- pouze pomocné kritérium
- nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz
- ukazuje pokrytí inv. nákladů příjmy z projektu

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde:  $IN$  investiční výdaje projektu

$CF$  roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků pro realizaci projektu)

- Diskontovaná doba návratnosti  $T_d$  = doba splácení investice

- zohledňuje diskont, růst ceny energie
- když diskont = růstu ceny energie,  $T_d = T_s$

$$\sum_{t=1}^{\tau_d} RU \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN$$

$RU$  = roční úspora nákladů  
 $p$  = tempo růstu ceny energie  
 $r$  = diskontní míra



- Reálná doba návratnosti  $T_{sd}$ 
  - stanovena z níže uvedené podmínky  $NPV = 0$
  - ukazuje čas, kdy příjmy z projektu vyrovnají náklady
  - uvažuje hodnotu toků peněz

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

kde:  $CF_t$  roční přínosy projektu (změna peněžních toků pro realizaci projektu)  
 $r$  diskont  
 $(1+r)^{-t}$  odúročitel

Diskont = diskontní míra = „meziroční změna hodnoty úrokové míry“ - *převádí budoucí hodnotu investice na současnou*

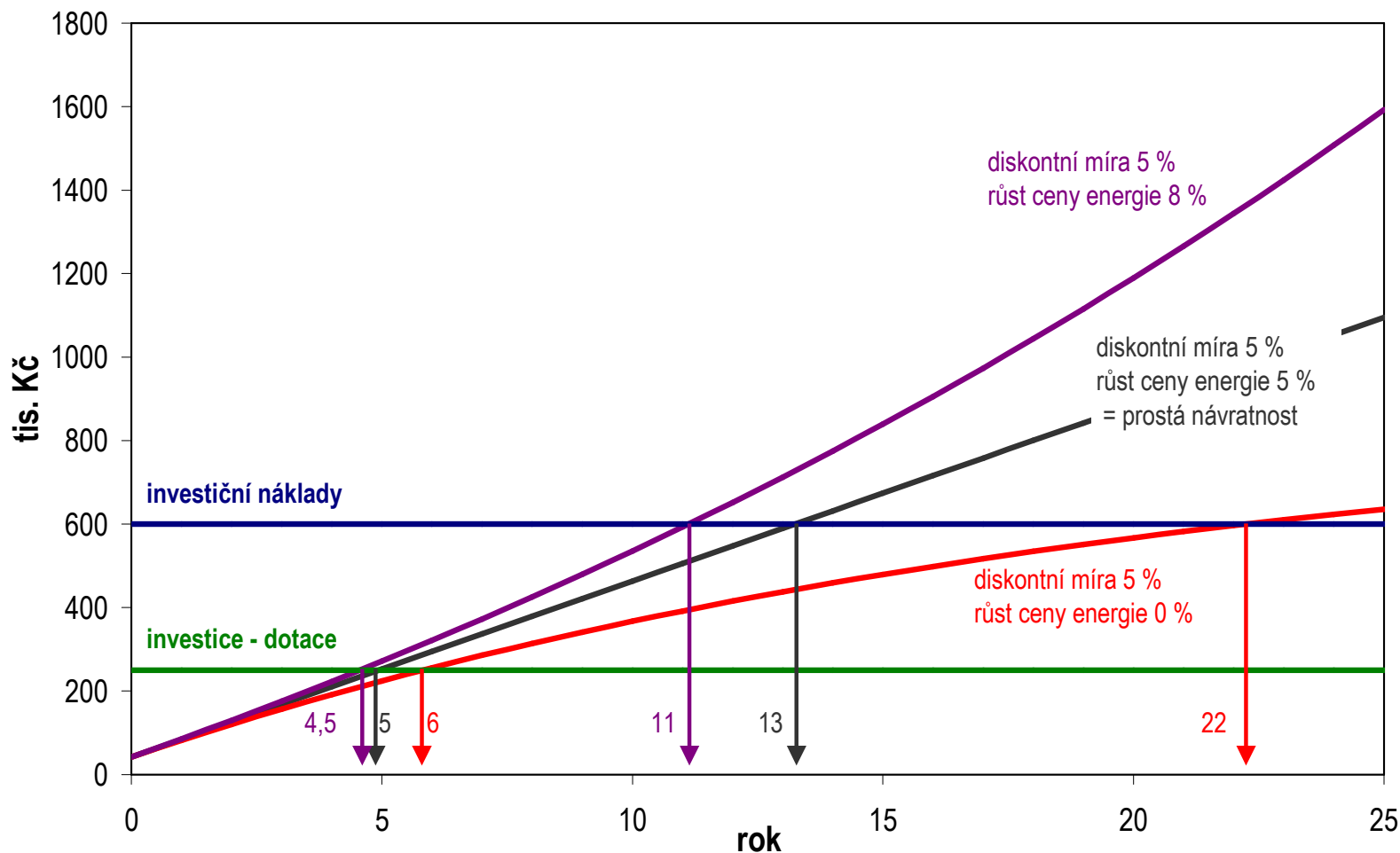
### **vlastní peníze uložené v bance**

diskontní míra = spořicí úrok v bance (často méně než 1 %)

### **půjčka, úvěr od banky**

diskontní míra = úrok úvěru (5 %)

# » Výpočty ekonomického vyhodnocení



**Vliv okrajových podmínek faktoru času při výpočtu ekonomické návratnosti**



- Čistá současná hodnota
  - diskontovaný kumulovaný tok hotovosti v posledním roce hodnocení
  - čím vyšší je hodnota NPV, tím je opatření ekonomicky výhodnější
  - pokud je NPV záporná, nelze zařízení za daných podmínek realizovat
  - srovnání několika opatření (nejvyšší vítězí)

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

kde:  $T_z$  doba životnosti (hodnocení) projektu



- Cash Flow
  - tok hotovosti CF v daném roce
$$CF = RU - IN$$
  - RU = úspory provozních nákladů vyvolaných realizací daného opatření  
(náklady před – náklady po realizaci)
  - IN = investiční náklady spojené s realizací opatření



## Údaje nutné pro hodnocení ekologických ukazatelů a pro vyčíslení úspor misí

- druh původního paliva pro přípravu TV a vytápění
- úspora energie (MWh/GJ) vzniklá přechodem na solární systém

Z emisních koeficientů (vyhláška č. 425/2004, Nařízení vlády č. 352/2002 Sb. + jeho aktualizací) a energetické úspor vzniklé přechodem na solární systém lze snadno vyčíslit úsporu emisí a tím pádem pozitivní vliv na životní prostředí





## Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého dle Vyhlášky č. 425/2004 Sb.

Druh paliva	Emisní faktor CO <sub>2</sub>
Hnědé uhlí	0,36
Černé uhlí	0,33
Těžký topný olej	0,27
Lehký topný olej	0,26
Zemní plyn	0,20
Biomasa	0
Elektřina	1,17

Emisní faktory jsou uvedeny v tunách CO<sub>2</sub>/MWh výhřevnosti paliva. Ostatní emisní faktory (tuhé látky, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, organické látky) vycházejí z NV č. 352/2002 Sb. a jeho aktualizací



- Vstupní informace
  - Spotřeba teplé vody (důležité pro návrh solárního systému)
  - Spotřeba energie (na přípravu TV i vytápění) důležité pro vyčíslení úspor (ekonomických i ekologických)
  - Investiční náklady
  - Podmínky úvěru
  - Obsazenost objektu

Pro stanovení úspor je dobré znát reálnou spotřebu TV v průběhu jednotlivých měsíců v roce (stanovit rozdíl mezi létem a zimou).  
Nejdůležitějším údajem je ale **denní spotřeba TV**.



## Bytový dům – příprava teplé vody

<b>Denní spotřeba TV</b>	<b>cca 5000 l/den</b>
Spotřeba tepla na přípravu TV	581,34 GJ
Cena 1 GJ na přípravu TV	418 Kč/GJ (CZT)
Počet bytů / počet obyvatel	48 / 142
Doplňkové informace	
Příprava TV přes CZT s výměňkovou stanicí	Rozměry technické místnosti
Skladba střešní kce. pro návrh kotvení	Rozměry a orientace střechy
Výška objektu, trasa potrubí,...	

# ► Příklad návrhu – výpočet 1



Počet jednotek (osob, míst, lůžek, sprch ap.):	142	jednotek
Spotřeba na jednotku:	35	l/jedn.den
Je snížená spotřeba tepla v letních měsících u obytných budov	ANO	<input type="button" value="▼"/>
<b>Příprava teplé vody a vytápění</b>		
Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}(15^{\circ}\text{C} / 60^{\circ}\text{C})$	4970	l/den
Studená voda $t_{sv}$	10	$^{\circ}\text{C}$
Teplá voda $t_{tv}$	55	$^{\circ}\text{C}$
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát $\rho$	0,1	Příprava teplé vody a vytápění, od 50 do 200 m <sup>2</sup> <input type="button" value="▼"/>
Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody $z$	0,15	Zásobníkový ohřev bez cirkulace <input type="button" value="▼"/>
		<b>přirážka CZT</b> 2
<b>Vytápění objektu - použít data z výpočtu podle ČSN EN 13790</b>		
Tepelná ztráta domu $Q_z$	0	kW
Vnitřní výpočtová teplota $t_{iu}$	20	$^{\circ}\text{C}$
Venkovní výpočtová teplota $t_{eu}$	-12	$^{\circ}\text{C}$
Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění)	běžný standard, vyhláškou požadované tepelné vlastnosti konstrukcí <input type="button" value="▼"/>	
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy $v$	5	%
<b>Bazén</b>		
Plocha vodní hladiny bazénu $A_b$	0	m <sup>2</sup>
Typ bazénu	Vnitřní - mimo doby provozu zakrývaný <input type="button" value="▼"/>	
Teplota bazénové vody v době provozu $t_{w,p}$	0	$^{\circ}\text{C}$
Teplota bazénové vody mimo dobu provozu $t_{w,n}$	0	$^{\circ}\text{C}$
Teplota vzduchu v prostorech bazénu v době provozu $t_{u,p}$	0	$^{\circ}\text{C}$
Teplota vzduchu v prostorech bazénu mimo provoz $t_{u,n}$	0	$^{\circ}\text{C}$
Denní provozní doba bazénu $\tau_p$	12	h
Počet návštěvníků za měsíc		osob/měs

# ► Příklad návrhu – výpočet 2



## Parametry solárních kolektorů

Optická účinnost $\eta_0$	0,788	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_1$	3,48	W/m <sup>2</sup> .K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_2$	0,005	W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup>
Počet kolektorů	32	ks
Plocha apertury solárního kolektoru $A_{k1}$	2,26	m <sup>2</sup>
Celková plocha apertury kolektorů	72,32	m <sup>2</sup>
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	40	°C
Sklon kolektoru $\beta$	45	°
Azimut kolektoru $\gamma$ (jih = 0°)	30	°

Příprava teplé vody, 35 % ≤ pokrytí ≤ 70 %

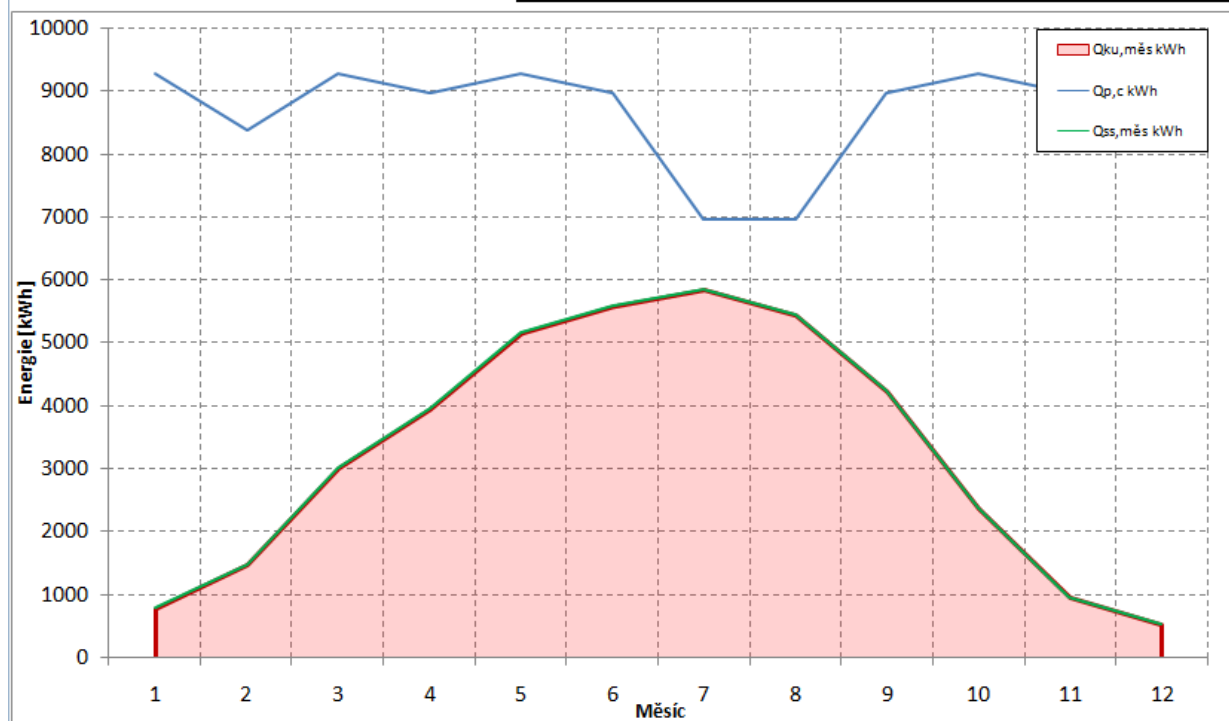
## Vyhodnocení

Měrný energetický zisk ze solární soustavy $q_{ss,\mu}$	546	kWh/m <sup>2</sup> .rok
Celkový energetický zisk ze solární soustavy $Q_{ss}$	39490	kWh/rok
Solární pokrytí (podíl solární soustavy) $f$	38	%

# ► Příklad návrhu



měsíc	n	t <sub>ep</sub>	t <sub>es</sub>	G <sub>T,m</sub>	η <sub>k</sub>	H <sub>T,den</sub>	H <sub>T,měs</sub>	Q <sub>ku,měs</sub>	Q <sub>p,TV</sub>	Q <sub>p,WY</sub>	Q <sub>A,baz</sub>	Q <sub>p,c</sub>	Q <sub>ss,měs</sub>	
	dny	°C	°C	W/m <sup>2</sup>	–	kWh/m <sup>2</sup> .den	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
1	31	-1,5	2,2	380	0,42	1,04	32,1	796	9273	0	0	9273	796	
2	28	0	3,4	451	0,49	1,85	51,9	1491	8376	0	0	8376	1491	
3	31	3,2	6,5	505	0,55	3,05	94,6	3026	9273	0	0	9273	3026	
4	30	8,8	12,1	506	0,59	3,83	114,9	3961	8974	0	0	8974	3961	
5	31	13,6	16,6	491	0,62	4,61	143,1	5169	9273	0	0	9273	5169	
6	30	17,3	20,6	478	0,64	4,95	148,5	5592	8974	0	0	8974	5592	
7	31	19,2	22,5	480	0,66	4,90	152,0	5859	6955	0	0	6955	5859	
8	31	18,6	22,6	493	0,66	4,54	140,6	5455	6955	0	0	6955	5455	
9	30	14,9	19,4	492	0,64	3,78	113,5	4241	8974	0	0	8974	4241	
10	31	9,4	13,8	454	0,58	2,27	70,3	2386	9273	0	0	9273	2386	
11	30	3,2	7,3	391	0,48	1,15	34,4	972	8974	0	0	8974	972	
12	31	-0,2	3,5	350	0,41	0,73	22,7	541	9273	0	0	9273	541	
								<b>1119</b>	<b>39490</b>	<b>104548</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>104548</b>	<b>39490</b>



## ➤ Příklad návrhu – energetická bilance



### Potřeba energie, solární zisky a úspory na přípravě TV

Potřeba energie na přípravu TV	104548	kWh/rok
Využitelný solární zisk, bez letních přebytků	39490	kWh/rok
Potřeba energie na dohřev	65058	kWh/rok
Solární podíl na přípravě TV / rok	38%	
Zisk z 1 m2 kolektorové plochy	546	kWh/rok
Úspora CO <sub>2</sub>	14,21	t

## » Příklad návrhu - financování



- Základní podmínky investičního úvěru
  - splatnost úvěru do 15 let
  - úroková sazba 5 – 6%
  - jednorázové čerpání úvěru / postupné
  - splácení úvěru postupné i anuitní, max 5% neplatičů z celkových 142 osob
  - 20% spoluúčast z vlastních zdrojů
  - měsíční splátka úvěru = max. 80% měsíční platby do fondu oprav
  - úvěr je zproštěn od poplatků za vyhodnocení žádosti a zpracování úvěru

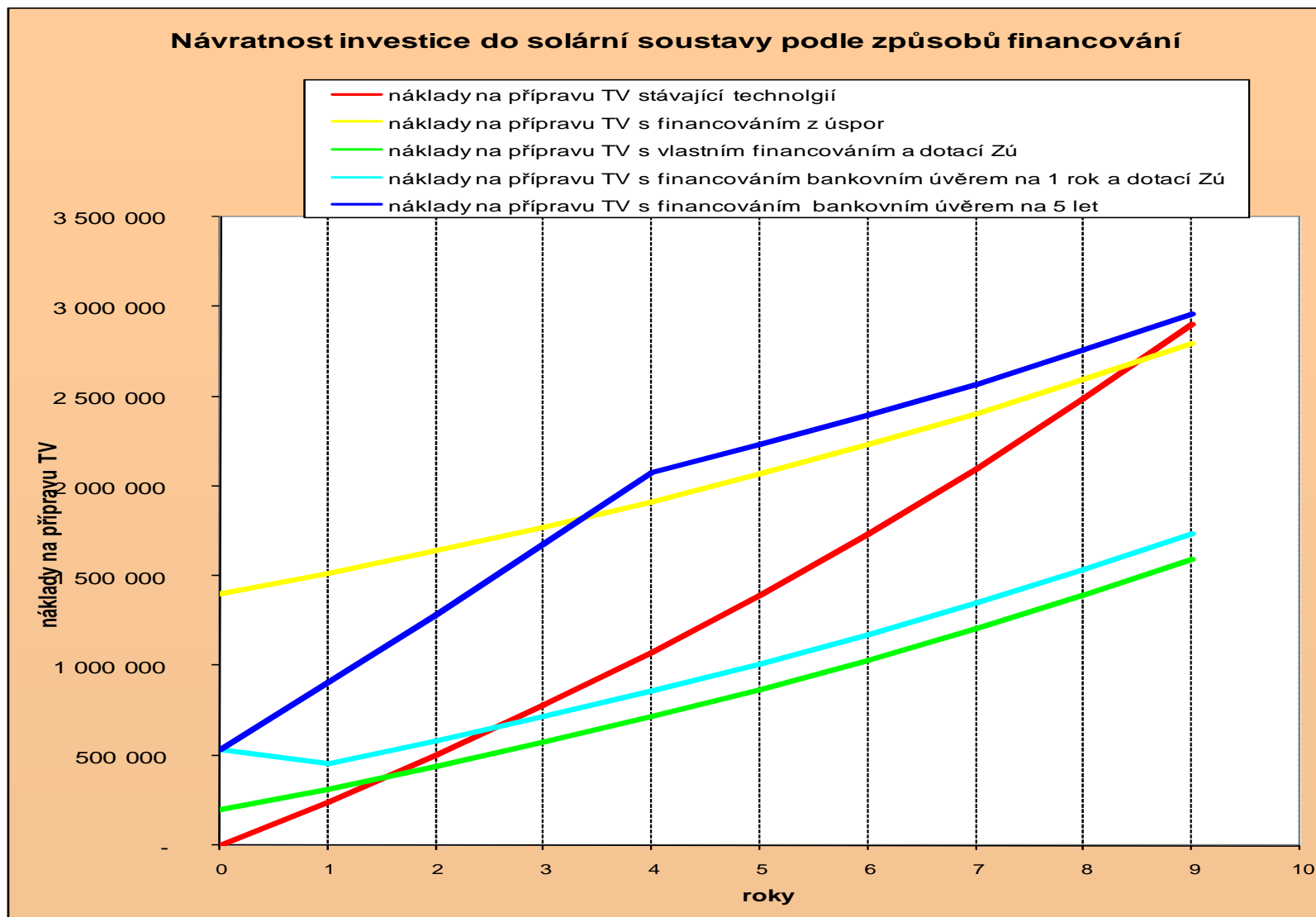


# Možnosti financování investice



Výše investice		1 400 000 Kč
Výše úvěru		1 120 000 Kč
Vlastní zdroje 20%		280 000 Kč
Úroková míra %		5,50%
<b>Varianta s bankovním úvěrem 5 let bez dotace a vlastními zdroji 20 %</b>		
Měsíční splátka		21 393 Kč
Počet splátek		60
Celkem zaplaceno		1 283 598 Kč
Celkem úspory za 5 let		725 610 Kč
Finanční náklady-úrok		163 598 Kč
<b>Varianta s bankovním úvěrem 1rok s dotací a vlastními zdroji 20 %</b>		
Měsíční splátka		21 393 Kč
Počet splátek		12
Celkem zaplaceno		256 720 Kč
Celkem úspory za 1 rok		126 177 Kč
Finanční náklady-úrok		61 600 Kč
<b>Varianta s bankovním úvěrem 1/2 roku s dotací a vlastními zdroji 20 %</b>		
Měsíční splátka		21 393 Kč
Počet splátek		6
Celkem zaplaceno		128 360 Kč
Celkem úspory za 1/2 roku		63 088 Kč
Finanční náklady-úrok		30 800 Kč

# » Návratnost investice dle financování



## ➤ Příklad 2 - RD – prostá doba návratnosti



- Vstupní údaje:
  - rodinný dům se sedlovou střechou – 2 b.j.
  - 5 osob
  - 40l/os/den
  - současná příprava TV – el. zásobník 200l
  - cena elektřiny včetně paušálů:  
2950,17 Kč/MWh
  - současná platba za přípravu TV: 14455,83Kč/rok
  - ploché sol. Kolektory (akční sady výrobců)
  - instalace: sklon 45°, odklon od jihu 45°

# » Výpočet dle ZÚ



## Bilance solárních systémů pro potřeby programu Zelená úsporám v souladu s Dodatkem č. 1 ke Směrnici MŽP č. 9/2009

Akce:	RD - Velim	Počet jednotek (osob, míst, lůžek, sprch ap.):	5	jednotek
		Spotřeba na jednotku:	40	l/jedn.den
Adresa:	Velim 333	Je snížená spotřeba tepla v letních měsících u obytných budov	ANO	5
<b>Příprava teplé vody a vytápění</b>				
		Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$ (15°C / 60°C)	200	l/den
		Studená voda $t_{SV}$	10	°C
		Teplá voda $t_{TV}$	55	°C
		Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát $p$	0,2	Příprava teplé vody, do 10 m2
		Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody $z$	0,15	Zásobníkový ohřev bez cirkulace
		<b>Vytápění objektu - použít data z výpočtu podle ČSN EN 13790</b>	NE	
		Tepelná ztráta domu $Q_z$		kW
		Vnitřní výpočtová teplota $t_{vy}$		°C
		Venkovní výpočtová teplota $t_{ev}$		°C
		Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění)	běžný standard, vyhláškou požadované tepelné vlastnosti konstrukcí	
		Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy $v$	5	%

Typ budovy	Typ spotřeby	$V_{TV,den,os}$ [l/os.den]
Obytné budovy	Nízký standard	10 - 20
	Střední standard	20 - 40
	Vysoký standard	40 - 80

### Parametry solárních kolektorů

Optická účinnost $\eta_0$	0,77	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_1$	3,681	W/m <sup>2</sup> .K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_2$	0,0173	W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup>
Počet kolektorů	2	ks
Plocha apertury solárního kolektoru $A_{K1}$	2,26	m <sup>2</sup>
Celková plocha apertury kolektorů	4,5	m <sup>2</sup>
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{KM}$	40	°C
Sklon kolektoru $\beta$	45	°
Azimut kolektoru $\gamma$ (jih = 0°)	45	°

### Vyhodnocení

Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.27	Potřeba tepla pro přípravu TV	4207	kWh/rok	VYHOVUJE podmínkám programu ZÚ v oblasti podpory C31
Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.62	Potřeba tepla pro vytápění	0	kWh/rok	
Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.76	Měrný využitelný zisk solární soustavy $q_{SS,U}$	415	kWh/m <sup>2</sup> .rok	
Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.77	Celkový využitelný zisk solární soustavy $Q_{SS,U}$	1878	kWh/rok	
Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.77	Tepelný zisk solární soustavy využitý pro přípravu TV	1878	kWh/rok	
Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.78	Tepelný zisk solární soustavy využitý pro vytápění	0	kWh/rok	
	Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) $f$	45	%	

## » Závěry hodnocení RD



- Výstupy a závěry:
  - solární podíl na přípravě TV = 45%
  - úspora 6505 Kč / rok
  - přechod z el. na plynový dohřev = spontánní úspora ze změny paliva = 2194 Kč/ rok
  - celková úspora za rok: 8699Kč

### Investice:

- nový plynový kotel = 25000 Kč
- kpl. solární systém = 137000 Kč
- celkové investiční náklady na realizaci = 162000 Kč
- dotace 55000 Kč (dotace Zelená úsporám)
- celkové náklady: 107000 Kč (po odečtení dotace)

**Návratnost = 107000/8699Kč = 12,30 let (s dotací)**

**Návratnost = 162000/8699Kč = 18,60 let (bez dotace)**

# » Závěry a doporučení



## **Ekonomika solárních soustav závisí na:**

- měrném solárním zisku (plocha kolektorů)
- investičních nákladech (co vše zahrnují)
- bivalentním zdroji (typu paliva a jeho ceně)
- způsobu zapojení systému
- způsobu využití systému (typu budovy,..)
- stavu ostatních souvisejících zařízení
- způsobu financování (diskontní míra)
- správném návrhu sol. systému
- provozu a údržbě a jejich ceně

## **Chyby ekonomického hodnocení:**

- podcenění investičních nákladů
- přecenění energetických zisků
- špatný odhad růstu ceny energií
- podcenění úspory (nadhodnocení účinnosti původního zdroje!)



## **DĚKUJI ZA POZORNOST**

### **Kontakt:**

*Ing. Lukáš Emingr*

e-mail: [lukas.emingr@energy-benefit.cz](mailto:lukas.emingr@energy-benefit.cz)

gsm: +420 731 533 817

**Energy Benefit Centre o.p.s., Thákurova 4, 160 00 Praha 6**

tel.: 270 003 308

e-mail: [kontakt@energy-benefit.cz](mailto:kontakt@energy-benefit.cz)

Web: [www.energy-benefit.cz](http://www.energy-benefit.cz)

