

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

» Osnova



- 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



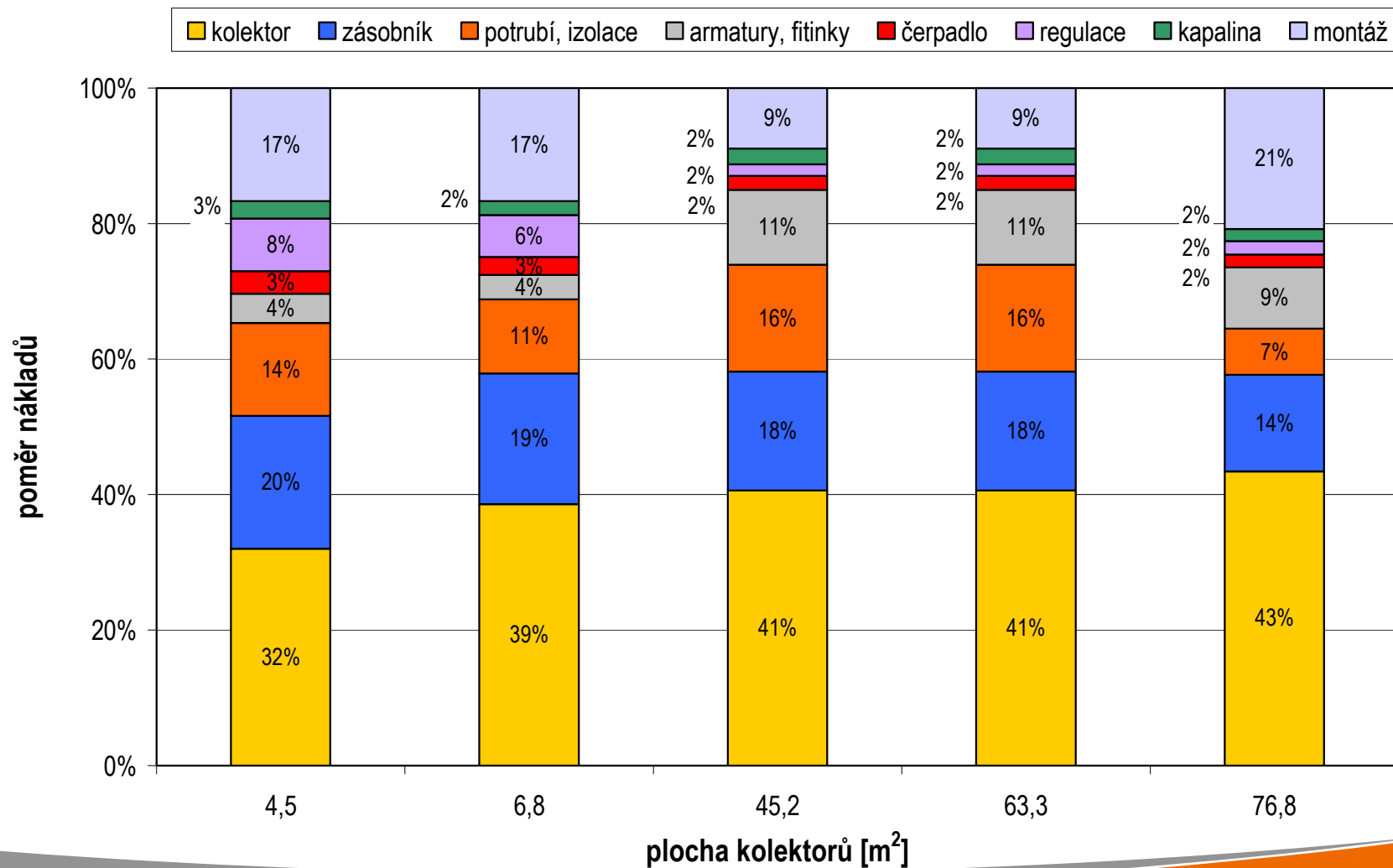
Údaje nutné pro ekonomickou bilanci a návrh solárního systému

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/m²
- čím větší solární soustava, tím více se odvíjejí od ceny solárních kolektorů
- pro **velké soustavy** nad 100 m²: kolektory 50 % investice
 - maloplošné solární soustavy **25 až 30 tisíc Kč/m²**
 - velkoplošné solární soustavy **15 až 20 tisíc Kč/m²**

➤ Rozdělení investičních nákladů

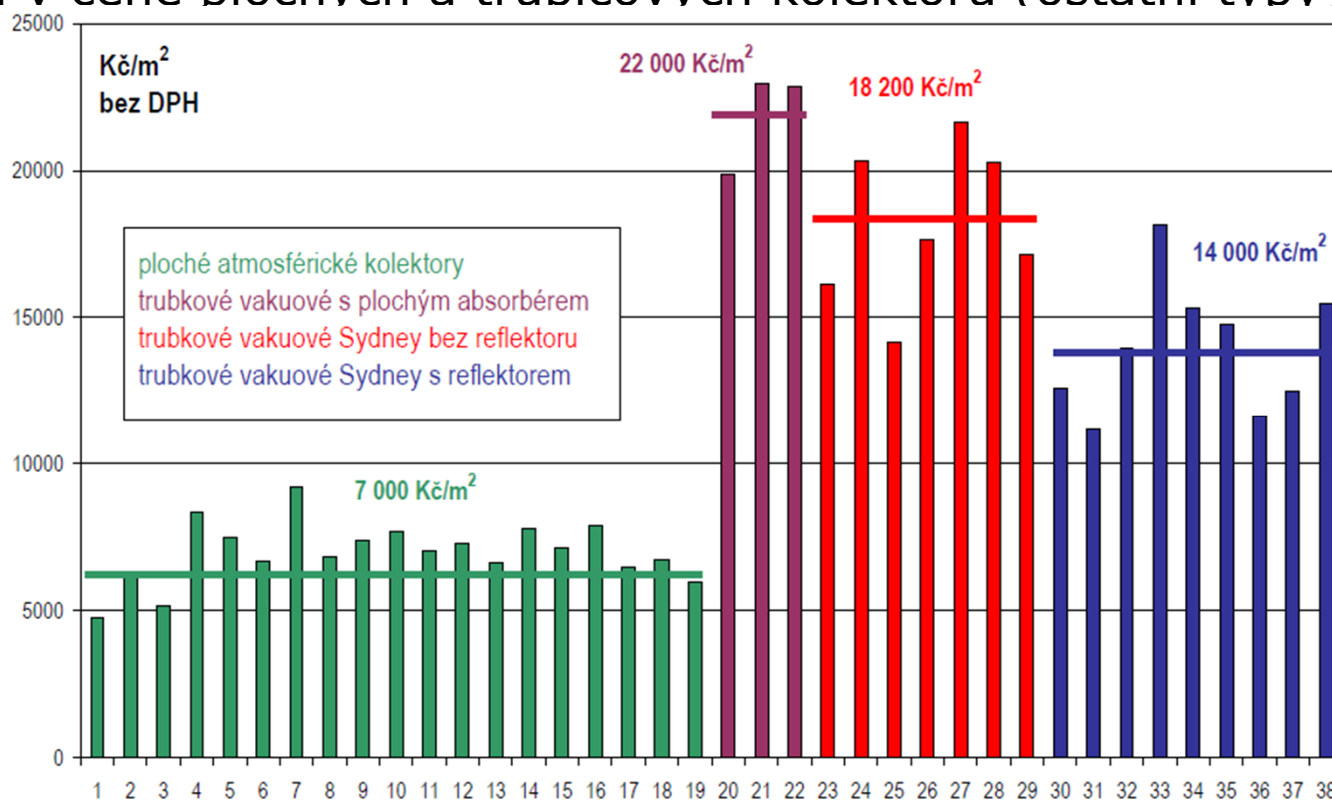


➤ Vstupy pro ekonomické hodnocení



Solární kolektory:

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

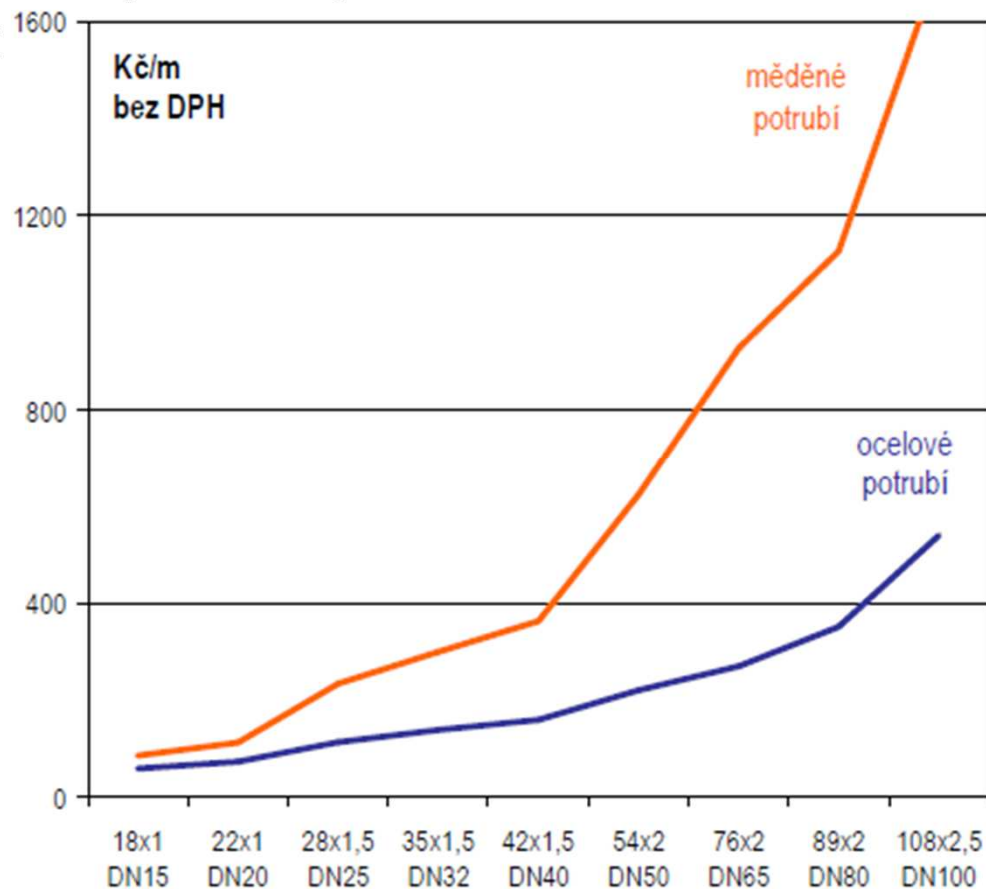


» Vstupy pro ekonomické hodnocení



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:

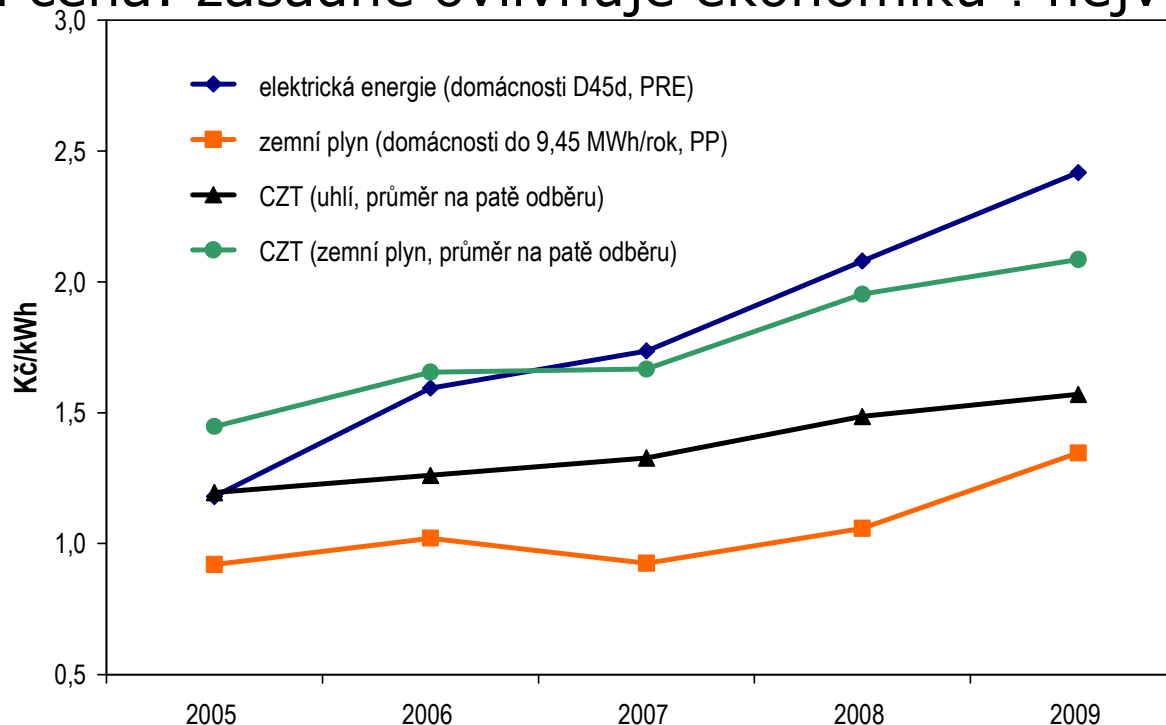
- roční využití instalovaného výkonu
- typ stávajícího paliva pro přípravu TV a vytápění
- stávající cena energie pro přípravu TV a vytápění (vývoj ceny energie)
- úroková sazba případného úvěru
- vlastní zdroje investora pro financování investice
- předpokládaný meziroční růst ceny energie
- sazba daně z přidané hodnoty
- provozní náklady (pomocná energie, náklady na údržbu a provoz, pojištění)

- revize, opravy, obnova – systém řízení zařízení (reinvestice zásadně ovlivňují ekonomiku projektu)

» Vstupy pro ekonomické hodnocení



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.

► Výpočty ekonomického vyhodnocení



- 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

» Výpočty ekonomického vyhodnocení



- 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*

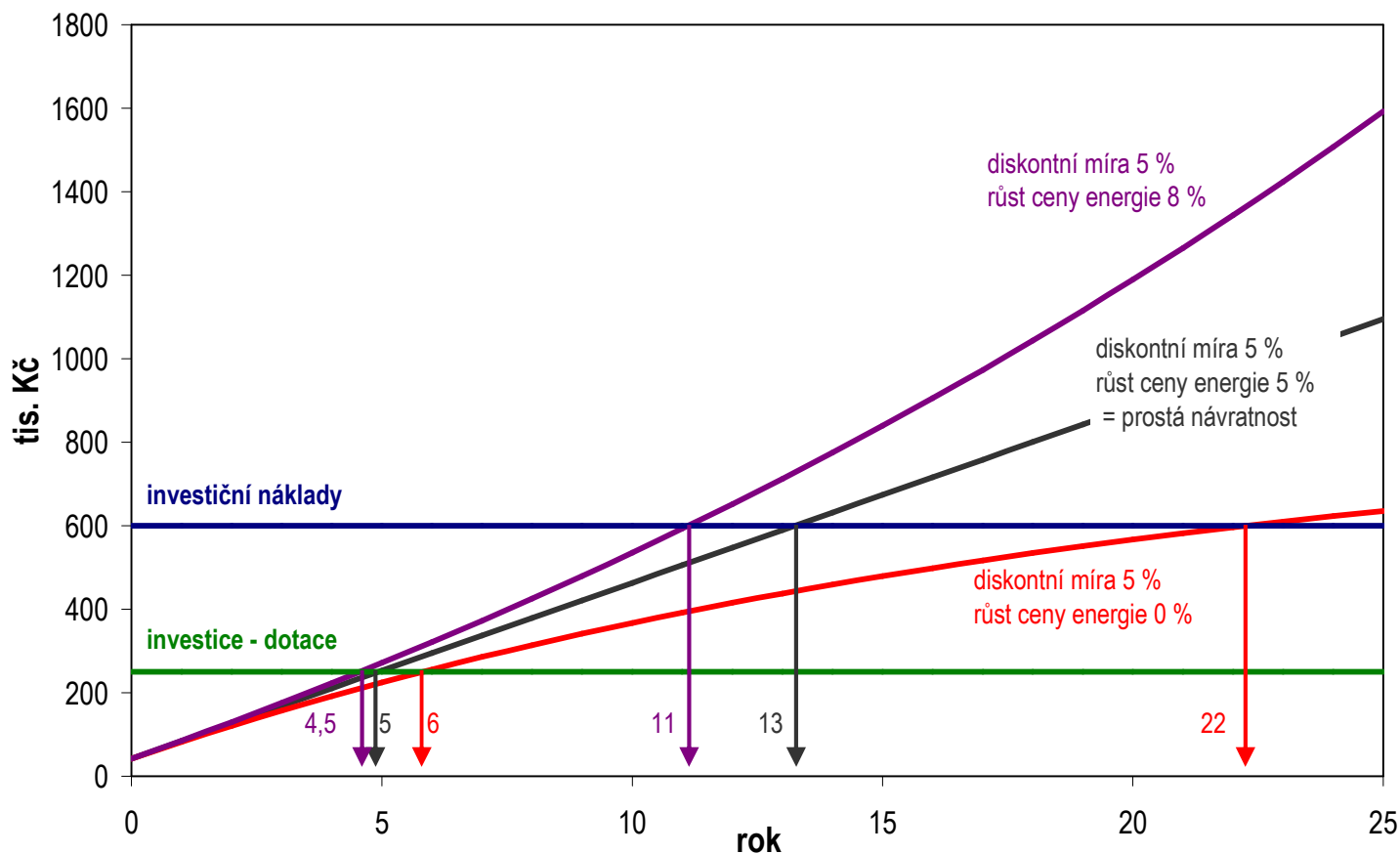
vlastní peníze uložené v bance

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

» Výpočty ekonomického vyhodnocení



- 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)

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

kde: $T_{\dot{z}}$ doba životnosti (hodnocení) projektu

» Výpočty ekonomického hodnocení



- 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 ₂
Hnědé uhlí	0,36
Černé uhlí	0,33
Těžký topný olej	0,27
Lehký topný olej	0,26
Zemní plyn	0,20
Biomasa	0
Elektrina	1,17

Emisní faktory jsou uvedeny v tunách CO₂/MWh výhřevnosti paliva. Ostatní emisní faktory (tuhé látky, NO_x, CO, SO₂, organické látky) vycházejí z NV č. 352/2002 Sb. a jeho aktualizací

» Příklad návrhu



- 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**.

► Příklad návrhu – vstupní informace



Bytový dům – příprava teplé vody

Denní spotřeba TV	cca 5000 l/den
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	
Příprava teplé vody a vytápění		
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 ρ	0,1	Příprava teplé vody a vytápění, od 50 do 200 m ²
Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody z	0,15	Zásobníkový ohřev bez cirkulace
Vytápění objektu - použít data z výpočtu podle ČSN EN 13790		
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	
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy v	5	%
Bazén		
Plocha vodní hladiny bazénu A_b	0	m ²
Typ bazénu	Vnitřní - mimo doby provozu zakrývaný	
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 τ_p	12	h
Počet návštěvníků za měsíc		osob/měs

přirážka CZT
2

► Příklad návrhu – výpočet 2



Parametry solárních kolektorů

Optická účinnost η_0	0,788	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,48	W/m ² .K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,005	W/m ² .K ²
Počet kolektorů	32	ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2,26	m ²
Celková plocha apertury kolektorů	72,32	m ²
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	40	°C Příprava teplé vody, 35 % < pokrytí < 70 %
Sklon kolektoru β	45	°
Azimut kolektoru γ (jih = 0°)	30	°

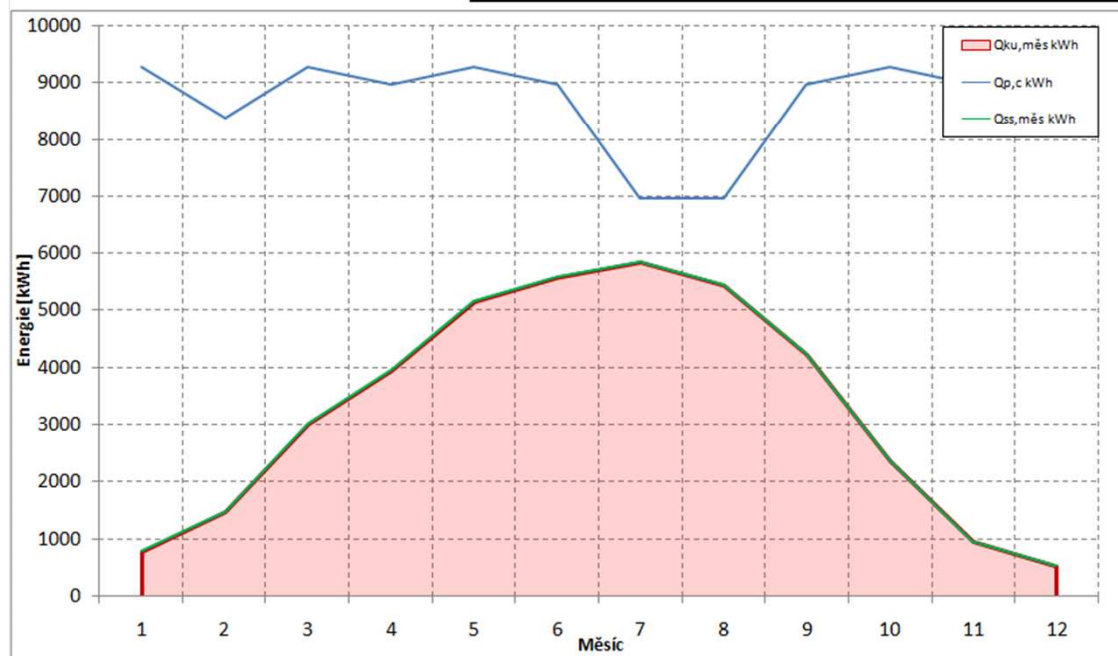
Vyhodnocení

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

➤ Příklad návrhu



měsíc	n	t _{ep}	t _{es}	G _{T,m}	η _k	H _{T,den}	H _{T,měs}	Q _{ku,měs}	Q _{p,TV}	Q _{p,VYT}	Q _{A,baz}	Q _{p,c}	Q _{ss,měs}
	dny	°C	°C	W/m2	–	kWh/m ² .den	kWh/m ²	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
							1119	39490	104548	0	0	104548	39490



► 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 m ² kolektorové plochy	546	kWh/rok
Úspora CO ₂	14,21	t

» Příklad návrhu - financování



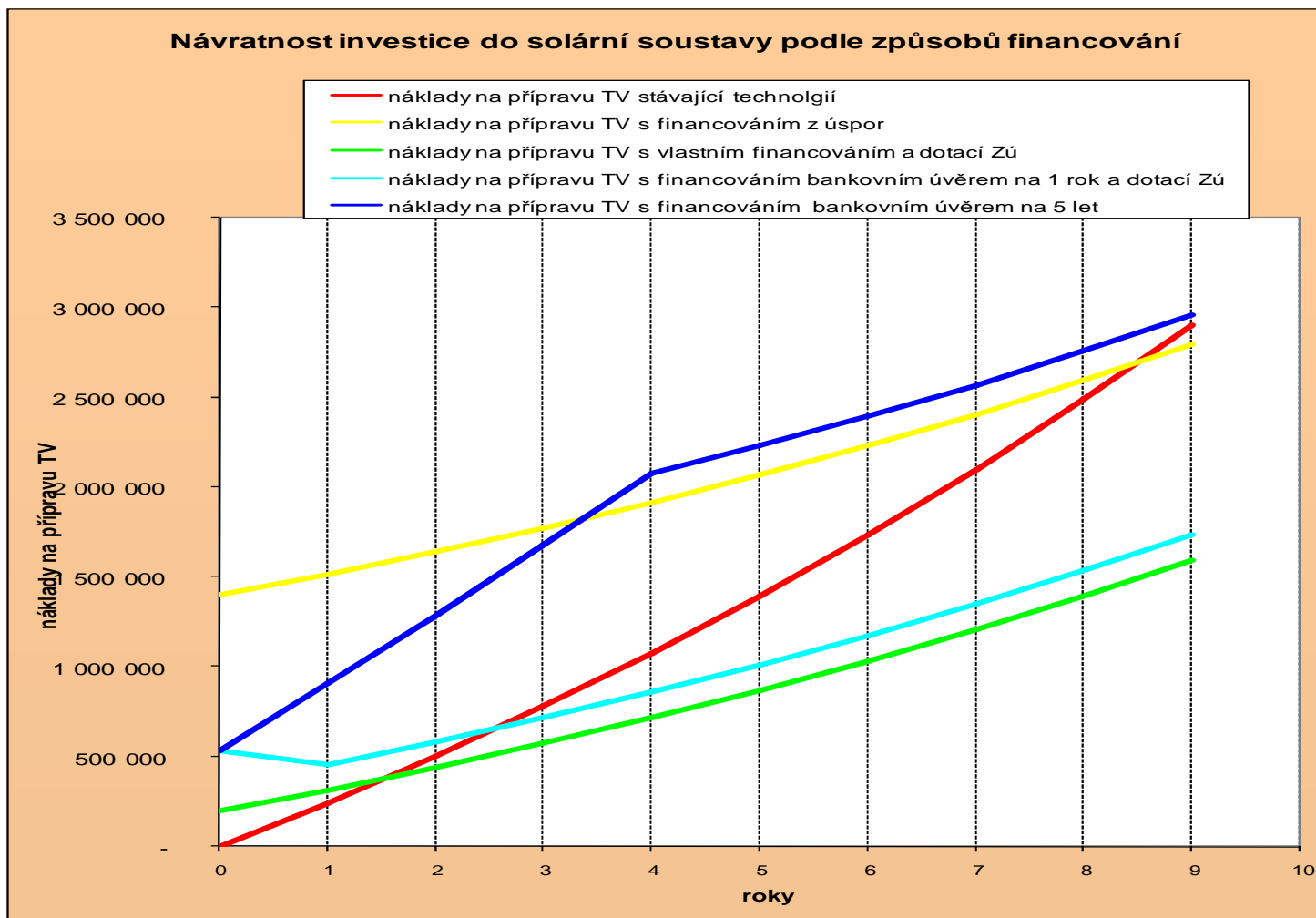
- Základní podmínky investičního úvěru
 - splatnost úvěru do 15 let
 - úroková sazba 5 – 6%
 - jednorázové čerpání úvěru / postupné
 - splácení úvěru postupné i anuitní, max 5% neplatičů z celkových 142 osob
 - 20% spoluúčast z vlastních zdrojů
 - měsíční splátka úvěru = max. 80% měsíční platby do fondu 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%
Varianta s bankovním úvěrem 5 let bez dotace a vlastními zdroji 20 %		
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
Varianta s bankovním úvěrem 1rok s dotací a vlastními zdroji 20 %		
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
Varianta s bankovním úvěrem 1/2 roku s dotací a vlastními zdroji 20 %		
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
Adresa:	Velim 333	Spotřeba na jednotku:	40	l/jedn.den
		Je snižena spotřeba tepla v letních měsících u obytných budov	ANO	5
Příprava teplé vody a vytápění				
		Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}(15^{\circ}C / 60^{\circ}C)$	200	l/den
		Studená voda t_{sv}	10	$^{\circ}C$
		Teplá voda t_{TV}	55	$^{\circ}C$
		Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p	0,2	Příprava teplé vody, do 10 m ²
		Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody z	0,15	Zásobníkový ohřev bez cirkulace
		Vytápění objektu - použít data z výpočtu podle ČSN EN 13790	NE	
		Tepelná ztráta domu Q_z		kW
		Vnitřní výpočtová teplota t_{iv}		$^{\circ}C$
		Venkovní výpočtová teplota t_{ev}		$^{\circ}C$
		Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění)	běžný standard, vyhláškou požadované tepelné vlastnosti konstrukcí	
		Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy v	5	%
Parametry solárních kolektorů				
		Optická účinnost η_0	0,77	-
		Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,681	W/m ² .K
		Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,0173	W/m ² .K ²
		Počet kolektorů	2	ks
		Plocha apertury solárního kolektoru A_{K1}	2,26	m ²
		Celková plocha apertury kolektorů	4,5	m ²
		Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{K,m}$	40	$^{\circ}C$ Příprava teplé vody, 35 % < pokrytí < 70 %
		Sklon kolektoru β	45	$^{\circ}$
		Azimut kolektoru γ (jih = 0 $^{\circ}$)	45	$^{\circ}$
Vyhodnocení				
		Potřeba tepla pro přípravu TV	4207	kWh/rok
		Potřeba tepla pro vytápění	0	kWh/rok
		Měrný využitelný zisk solární soustavy $q_{SS,U}$	415	kWh/m ² .rok
		Celkový využitelný zisk solární soustavy $Q_{SS,U}$	1878	kWh/rok
		Tepelný zisk solární soustavy využitý pro přípravu TV	1878	kWh/rok
		Tepelný zisk solární soustavy využitý pro vytápění	0	kWh/rok
		Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	45	%

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

Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.27

Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.62

Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.76

Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.77

Hodnota se vyplňuje do krycího listu verze 2.1 ř.78

VYHOVUJE podmínkám programu ZÚ v oblasti podpory C31

» 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 = $107000/8699\text{Kč} = 12,30$ let (s dotací)
Návratnost = $162000/8699\text{Kč} = 18,60$ 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 (nahodnocení účinnosti původního zdroje!)



Efektivní financování úspor energie



DĚKUJI ZA POZORNOST

Kontakt:

Ing. Lukáš Emingr

e-mail: 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

Web: www.energy-benefit.cz

