

Solární soustavy v budovách

Tomáš Matuška

Československá společnost pro sluneční energii (ČSSE)

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

<http://users.fs.cvut.cz/~matustom>



Jaký vybrat kolektor?

- **druh a typ kolektoru odpovídá aplikaci ...**
 - **bazén:** sezónní nezasklené
celoroční zasklené ploché
 - **příprava teplé vody:** ploché selektivní kolektory
trubkové vakuové (?)
 - **podpora vytápění:** ploché selektivní kolektory
trubkové vakuové kolektory

Účinnost solárního kolektoru

$$\eta = \eta_0 \left(1 - a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G} \right)$$

η_0 „optická“ účinnost [-], správně: účinnost při nulové tepelné ztrátě

a_1 součinitel tepelné ztráty (lineární) [W/(m².K)]

a_2 součinitel tepelné ztráty (kvadratický) [W/(m².K²)]

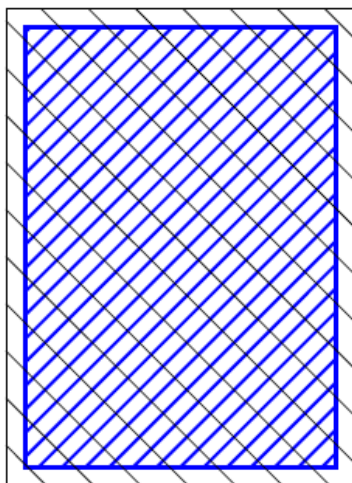
hodnoty η_0 , a_1 , a_2 udává výrobce, dodavatel kolektoru, případně zkušebna na základě **zkoušky v souladu s EN 12975-2**

konstanty odpovídají zvolené vztažné ploše (**apertura**, absorbér, hrubá plocha)

zvláště u trubkových kolektorů mohou být významné rozdíly

Plocha solárního kolektoru

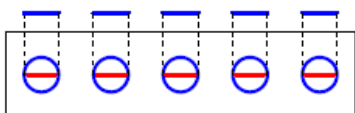
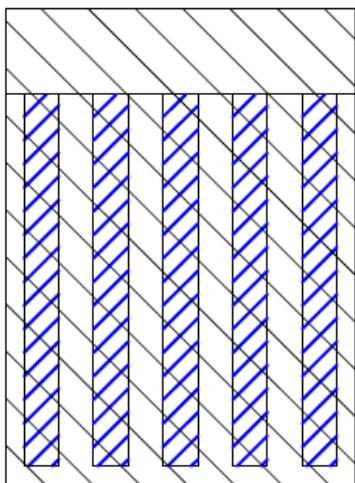
plochý



 plocha apertury

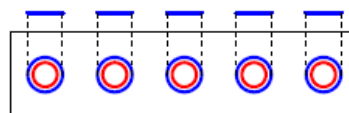
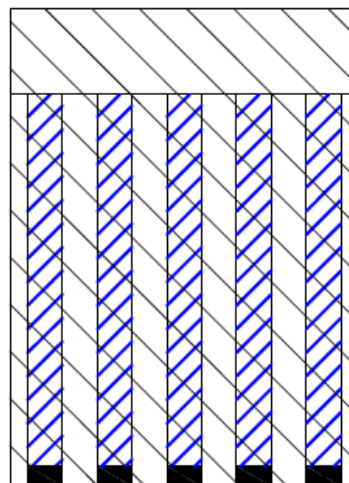
$$A_a = 0,9 A_G$$

trubkový s plochým absorberem



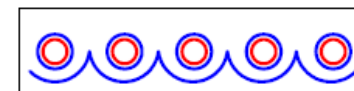
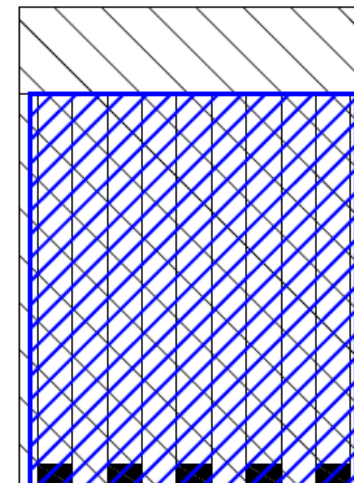
$$A_a = 0,75 A_G$$

trubkový s válcovým absorberem

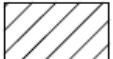


$$A_a = 0,6 A_G$$

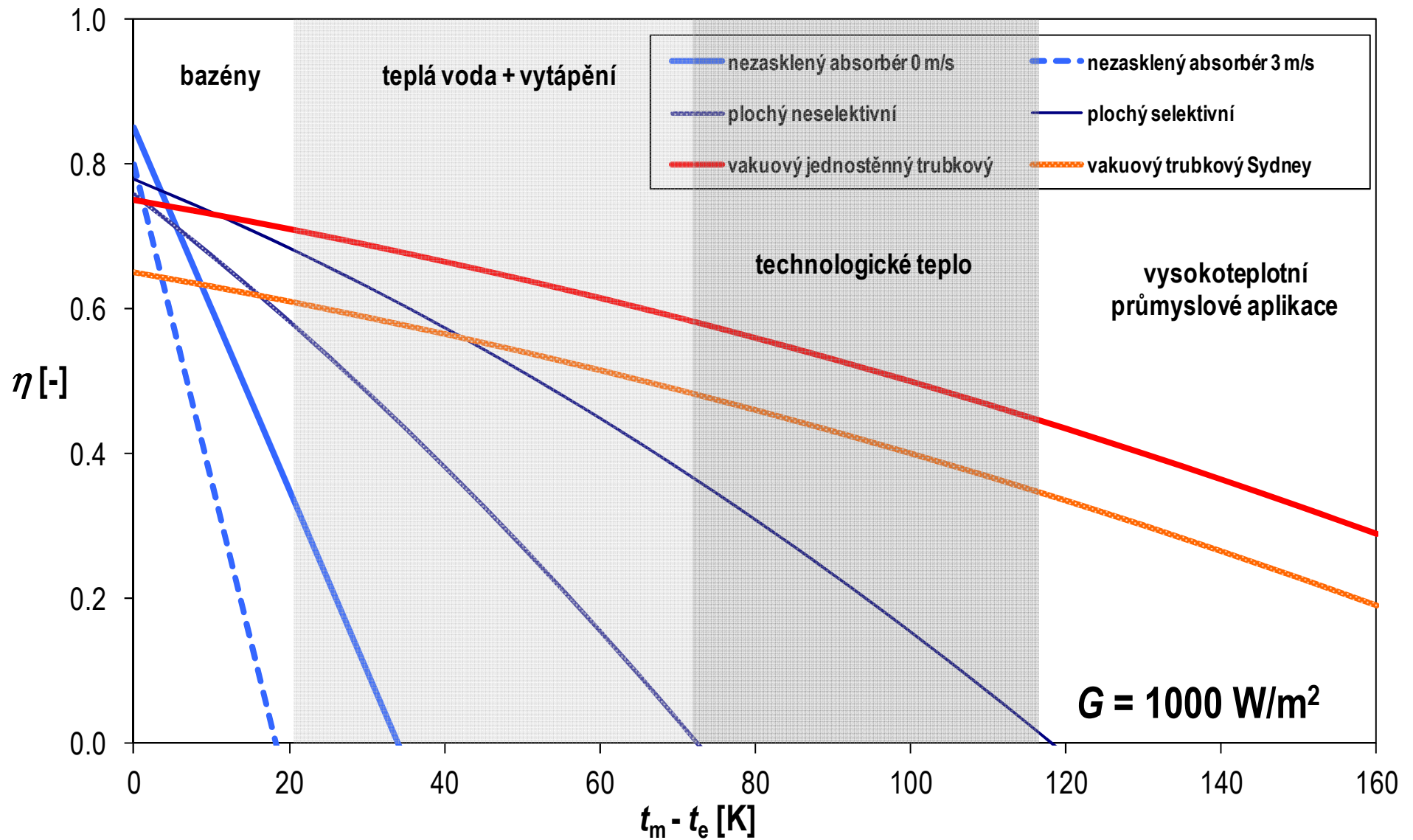
trubkový s válcovým absorberem a reflektorem



$$A_a = 0,8 A_G$$

 obrysová plocha

Solární kolektory - aplikace



Typické hodnoty

Druh kolektoru	η_0	a_1	a_2
	-	W/(m ² K)	W/(m ² K ²)
Nezasklený	0.85	20	-
Zasklený s neselektivním absorbérem	0.75	6.5	0.030
Zasklený se selektivním absorbérem	0.78	4.2	0.015
Vakuový s plochým absorbérem (1trubka)	0.75	1.5	0.008
Vakuový s válcovým absorbérem (Sydney)	0.65	1.5	0.005

Výkon solárního kolektoru

výkon solárního kolektoru (kolmý dopad, jasná obloha)

$$\dot{Q}_k = A_k [\eta_0 G - a_1 \cdot (t_m - t_e) - a_2 \cdot (t_m - t_e)^2]$$

instalovaný (nominální, jmenovitý) výkon solárního kolektoru

– pro definované podmínky (podle ESTIF):

$$G = 1000 \text{ W/m}^2$$

$$t_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_m = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

špičkový výkon kolektoru (bez tepelných ztrát)

$$\dot{Q}_k = A_k \eta_0 G$$

$$G = 1000 \text{ W/m}^2$$

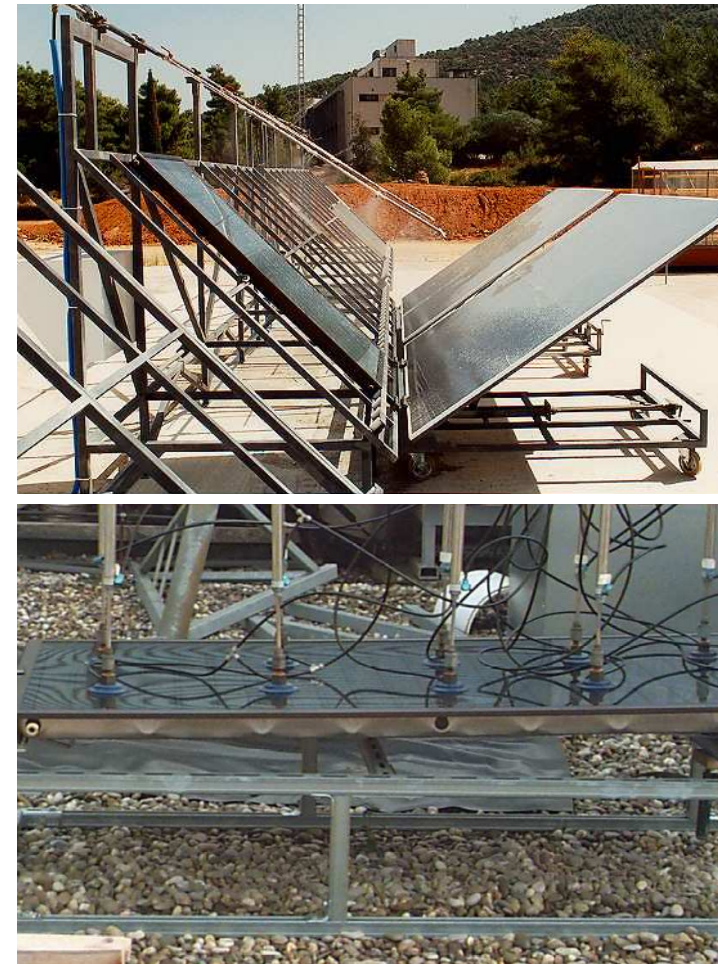
Co požadovat jako doklad o kolektoru?

- **protokol o zkoušce v souladu s ČSN EN 12975** – nejlépe z renomované zkušebny, splnění požadavků normy, **žádný jiný certifikát není potřeba**
- **výkonová zkouška** – jak je kolektor výkonný, poklady pro projektanty pro navrhování a hodnocení
- **spolehlivostní zkoušky** – kolik toho kolektor „vydrží“
- **současná legislativa nenařizuje** – norma není harmonizovaná, v současnosti v návrhu EN ISO 9806
- **Solar Keymark** – značka CEN o splnění požadavků, inspekce výroby, řízení kvality výroby podle ISO 9001



Zkoušení solárních kolektorů (podle EN)

- **protokol o zkouškách v souladu s ČSN EN 12975**
 - křivka výkonu a účinnosti
 - vnitřní přetlak
 - odolnost proti vysokým teplotám
 - vystavení vnějším vlivům
 - vnější tepelný ráz
 - vnitřní tepelný ráz
 - průnik deště (zasklené)
 - mechanické zatížení
 - odolnost proti nárazu



žádné jiné certifikáty k prokázání vlastností nejsou potřeba !

Nestačí CE značka?

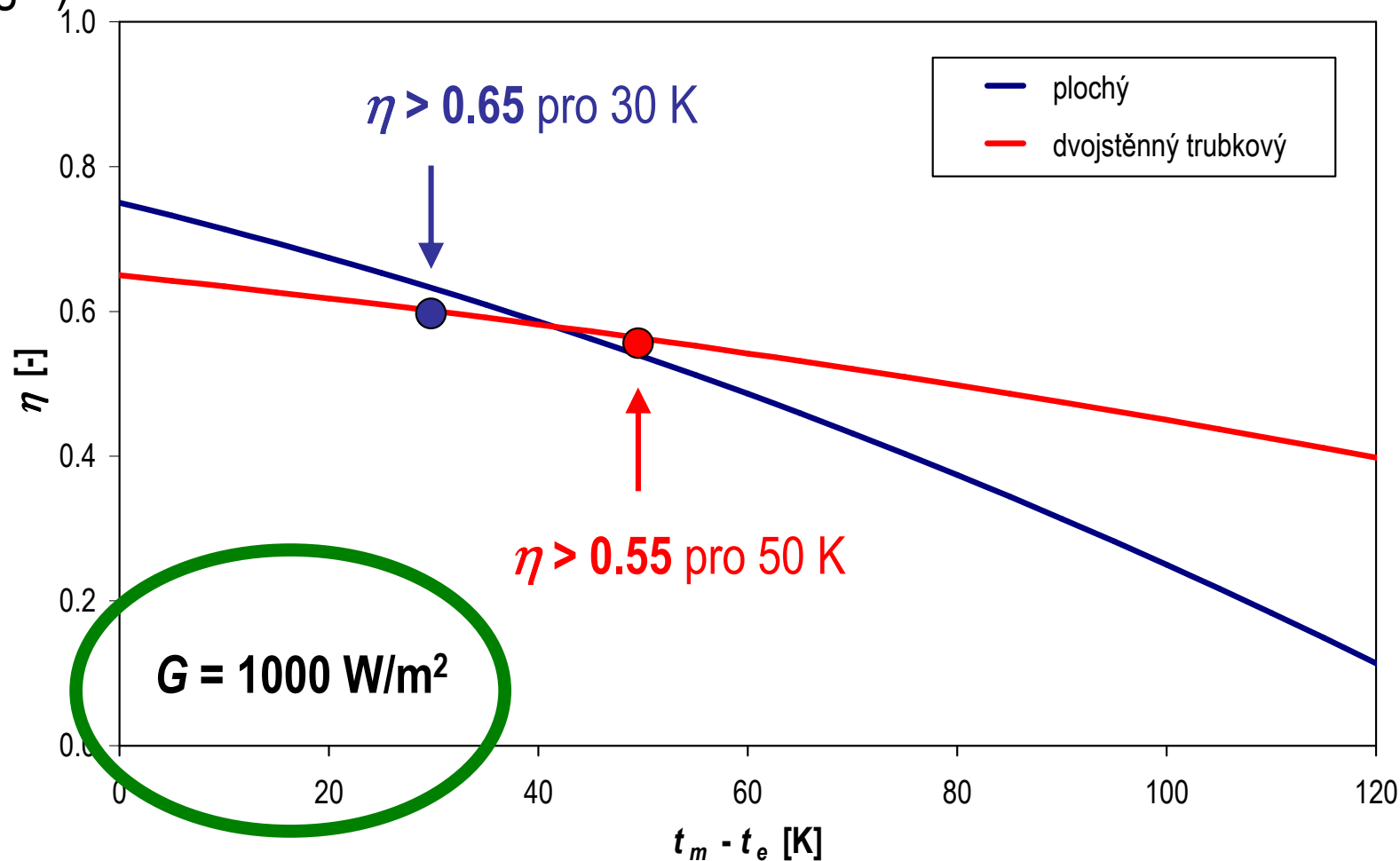


- kolektor o běžné velikosti do 3 m² nesmí (!) být označen CE
- norma EN 12975-1 (požadavky na kolektory) není harmonizovaná
- směrnice o tlakových zařízeních 27/93/EC (PED), NV 26/2003 Sb.
 - pravidla vydaná ke směrnici nepokládají SK za tlakové zařízení vzhledem k malému součinu tlak x objem < 50 bar*l
 - může se vztahovat na velkoplošné kolektory (větší objem)

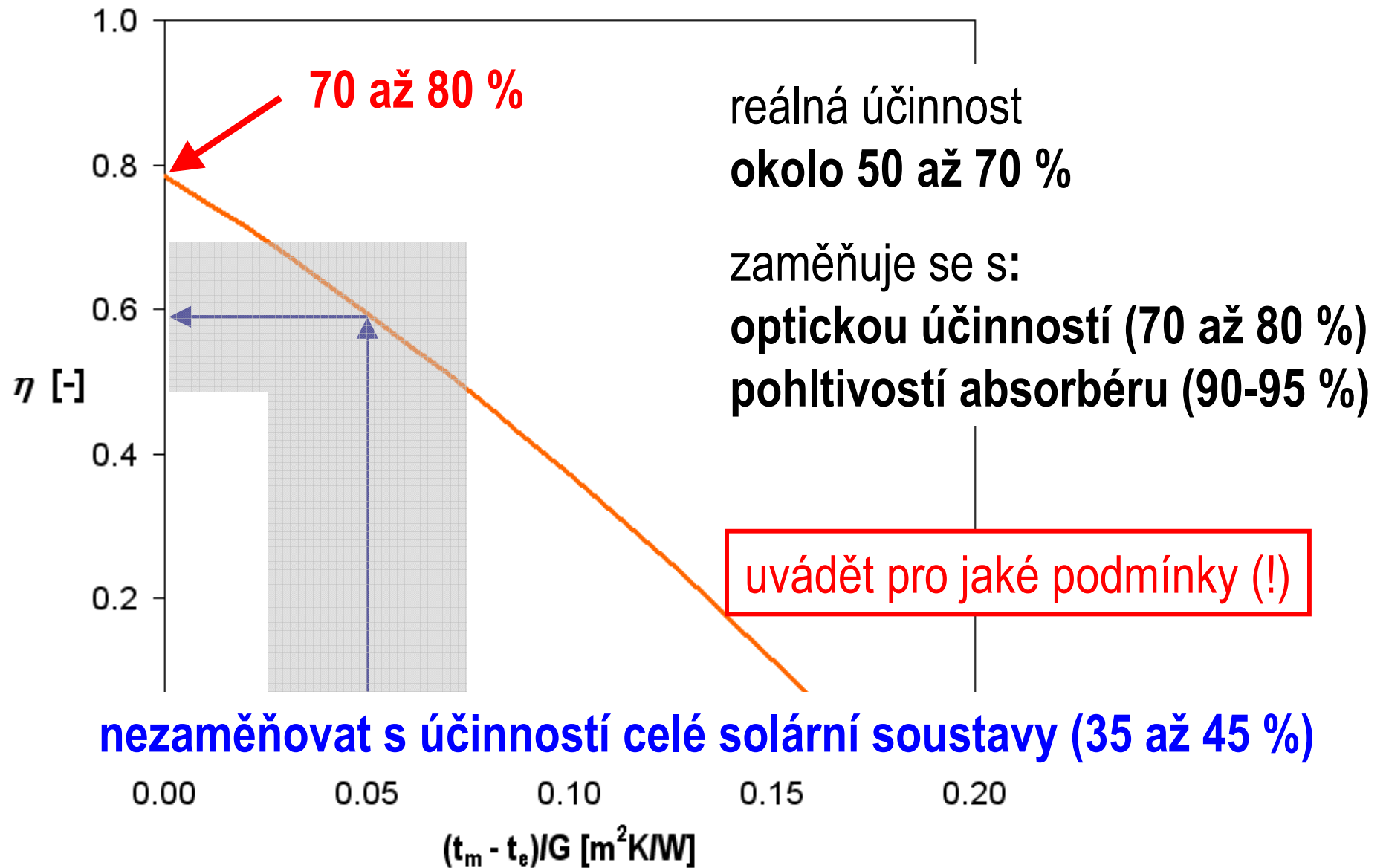
Neoprávněné označení CE může být postiženo sankcí ze strany České obchodní inspekce dle zákona č. 22/1997 Sb.

Solární kolektory – legislativní požadavky

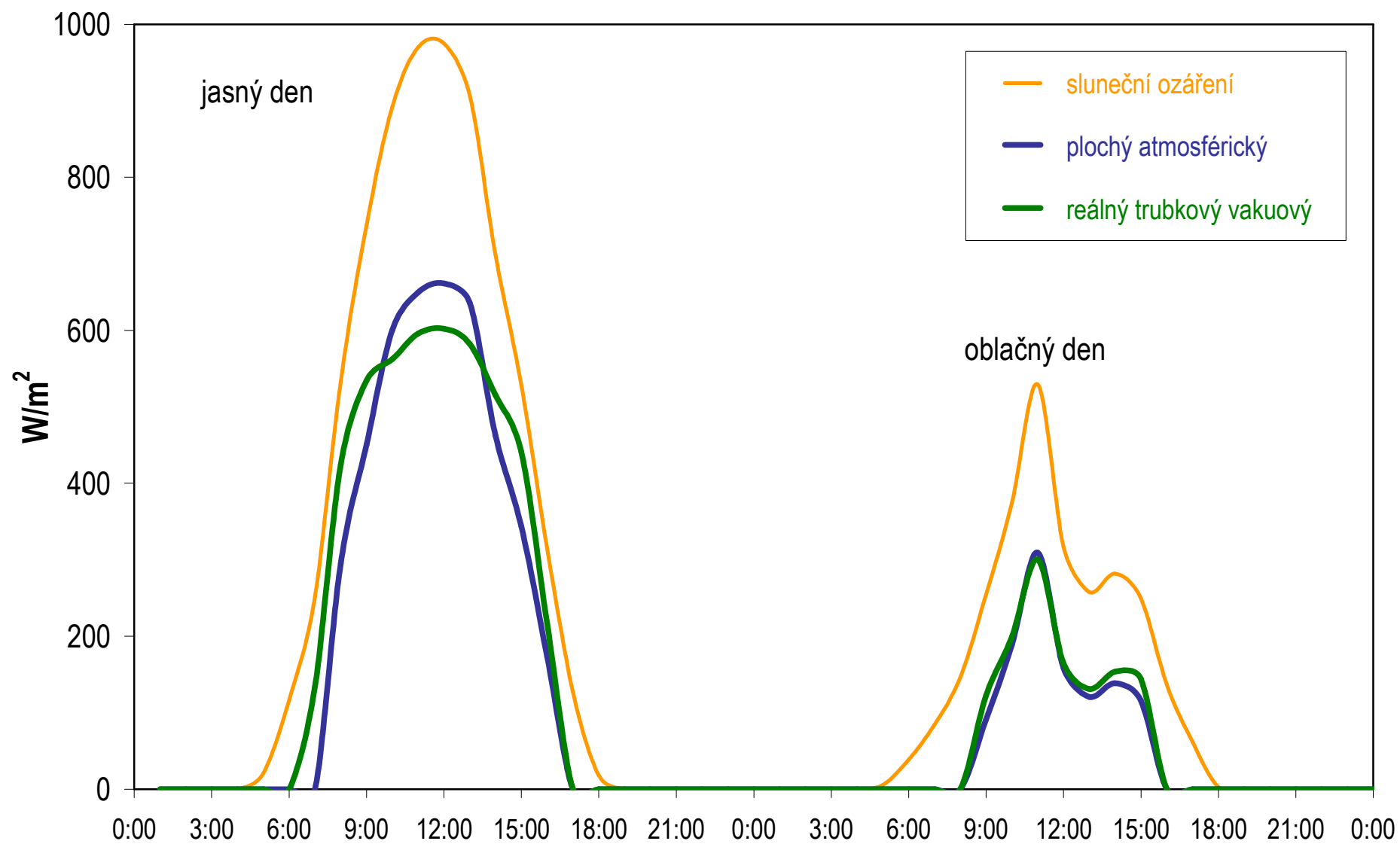
- **minimální účinnost** – vyhláška 441/2012 Sb. požaduje pro nové instalace s investiční podporou tepla z OZE (podle zákona o podporovaných zdrojích energie)



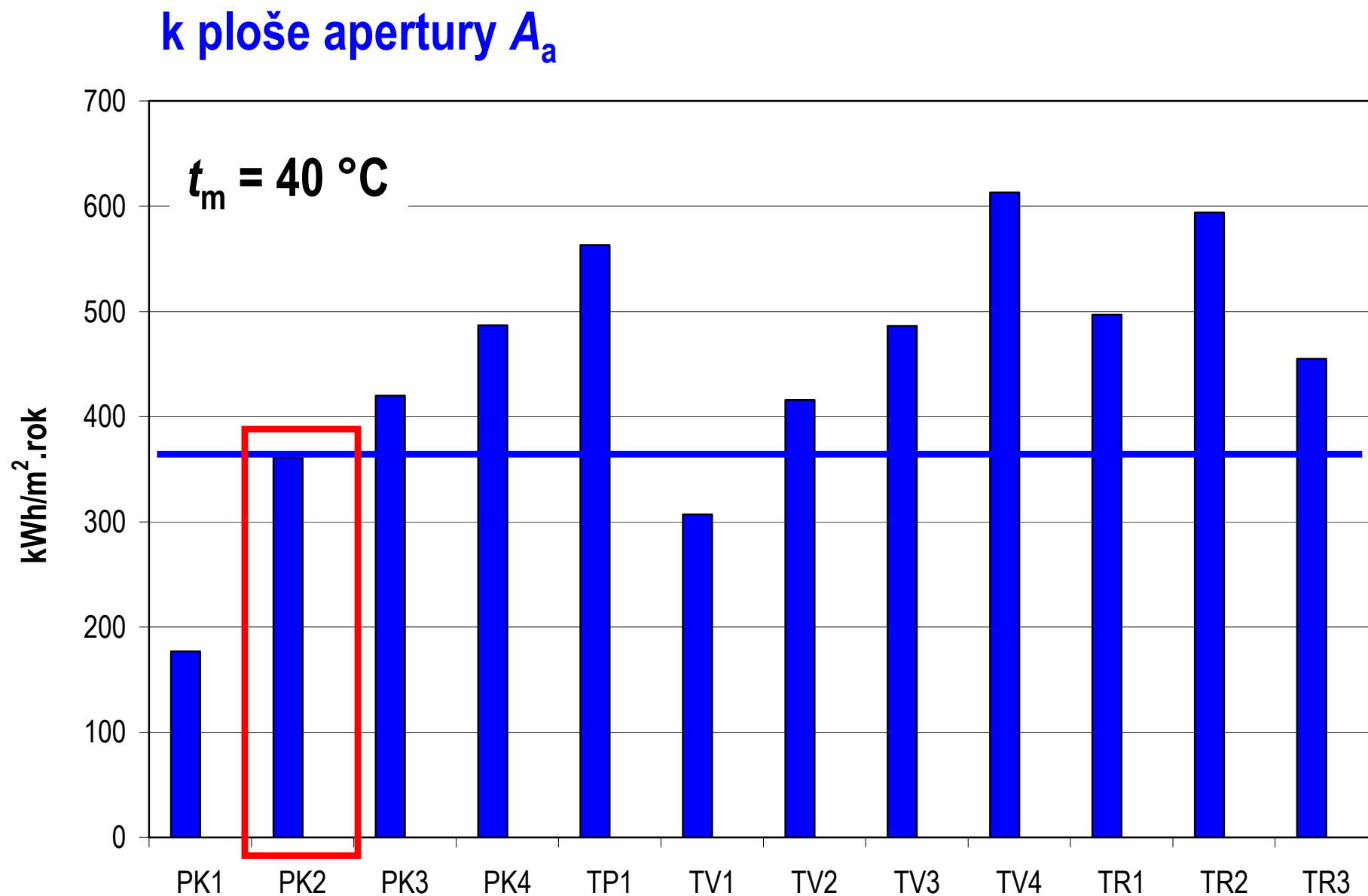
Účinnost kolektoru 80 - 90 % ?



Plochý nebo trubkový kolektor?

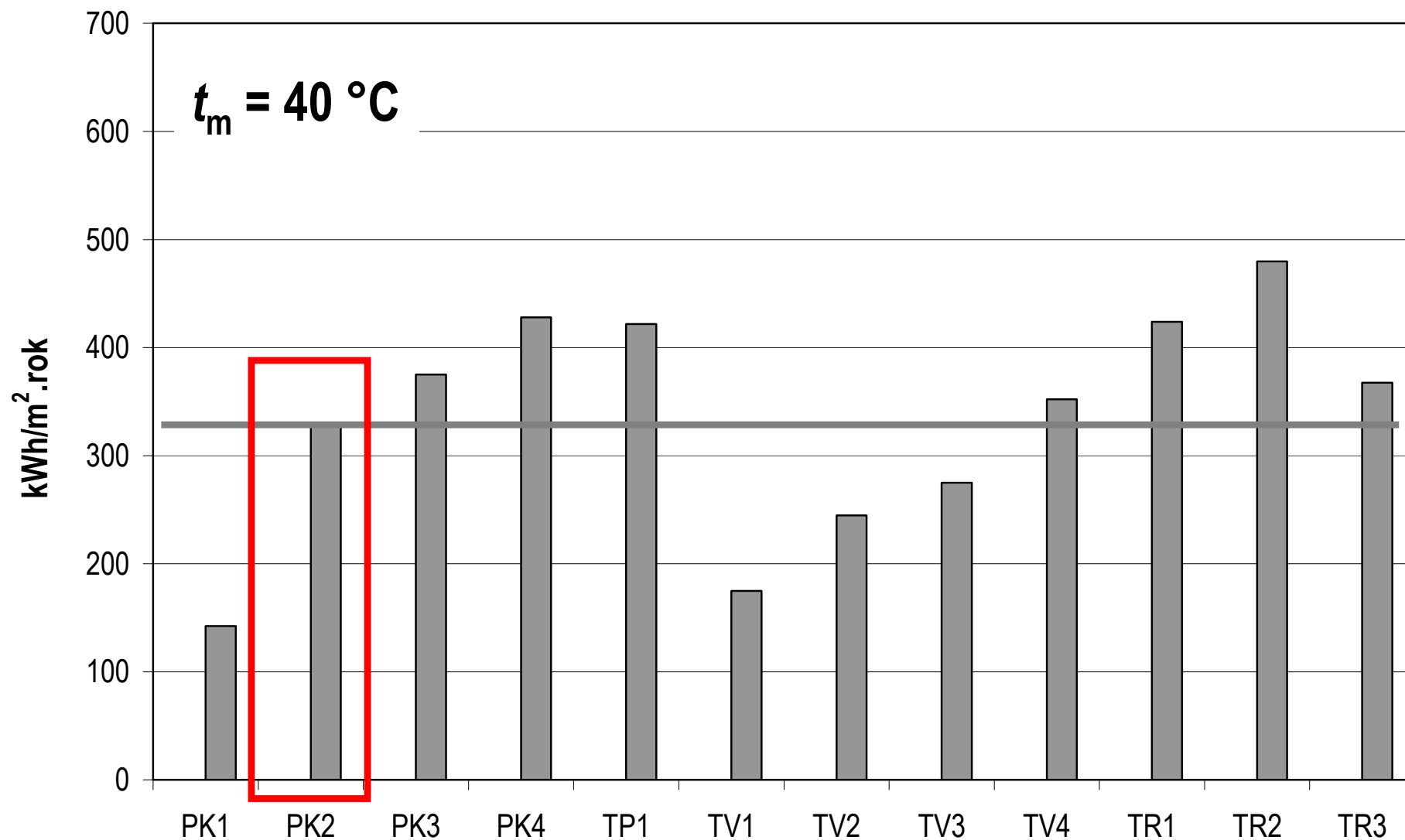


Jaký kolektor je lepší?

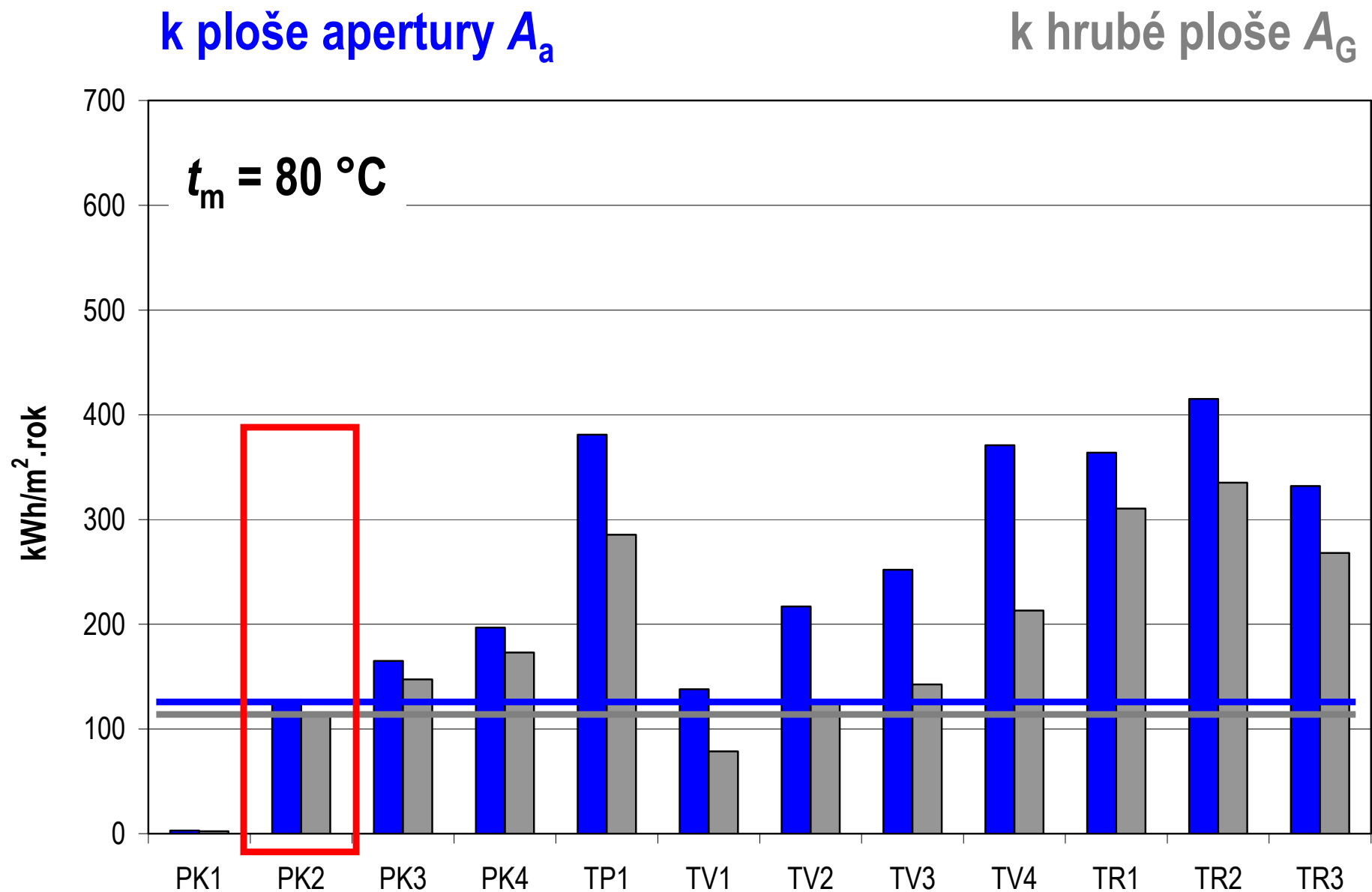


Jaký kolektor je lepší?

k hrubé ploše A_G



Jaký kolektor je lepší?



Dodavatel uvádí zisky kolektoru 525 kWh/m².rok

- hodnota je požadavkem pro splnění podmínek **Modrý anděl**
- jedná se o zisk stanovený **počítačovou simulací (!)**
- přesně definované solární soustavy pro přípravu teplé vody v lokalitě Würzburg

zásobník: objem, tloušťka izolace, tepelná vodivost izolace

potrubí: délka, průměr, tloušťka izolace, tepelná vodivost izolace

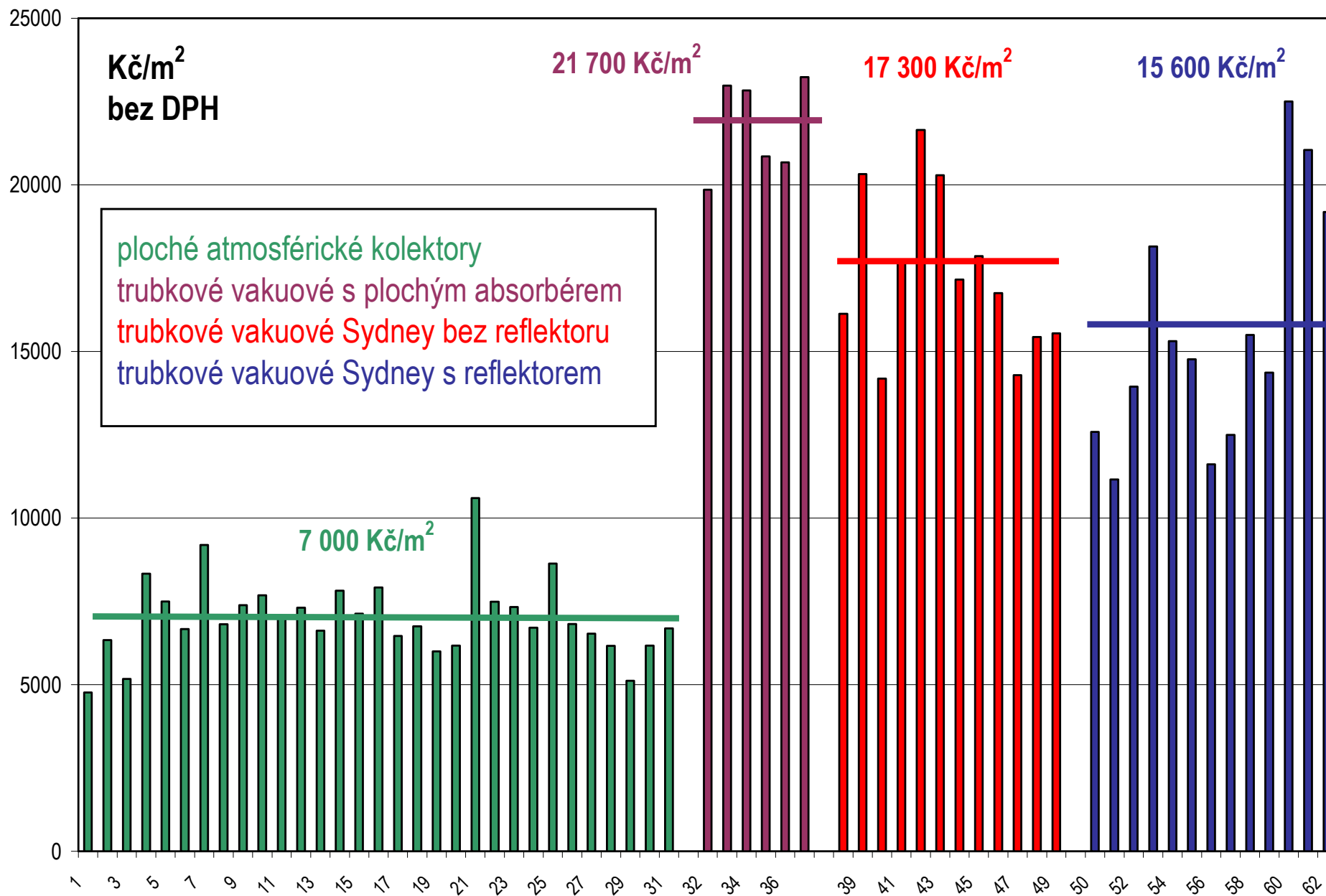
spotřeba teplé vody: množství, denní profil, ...

plocha kolektorů se volí pro **solární pokrytí 40 %**



- **99,99 % soustav pracuje v odlišných podmínkách !**

Cena kolektorů?



Předpoklady instalace solárních soustav

- **snížení spotřeby tepla na přípravu teplé vody**
 - omezení spotřeby teplé vody: měření, úsporné armatury
 - omezení tepelných ztrát: tepelné izolace rozvodů, provoz cirkulace
- **snížení spotřeby tepla na vytápění**
 - zateplení, výměna oken
 - mechanické větrání se zpětným získáváním tepla
 - pasivní využití sluneční energie, zasklení lodžii
 - rekonstrukce otopné soustavy – instalace termoregulačních ventilů, hydraulické vyvážení rozvodů otopných soustav
 - **nízkoenergetické domy, pasivní domy, energeticky nulové domy**
 - **nízkoteplotní otopné soustavy = vhodné pro solární soustavy**

Jaký sklon kolektorů

- **sklon kolektorů x sklon střechy**
 - příprava teplé vody:
 - celoroční optimum: 45°
 - sklon 90° přináší pokles zisků o cca 25 až 30 %
 - **podpora vytápění:**
 - vyšší sklony pro omezení letních přebytků, zvýšení využití v zimním období – sklon zásadně **> 40°**
 - zimní období cca 20 % roční využitelné dopadlé energie
 - **nižší zisky** i pro vyšší sklony nad 75°
 - konstrukční integrace do fasády, soustava s vysokým pokrytím potřeby tepla = srovnatelné roční zisky

Kam orientovat kolektory?

- orientace kolektorů x orientace střechy
 - zásadně orientovat jihovýchod – jih – jihozápad

	V	Z	JV	JZ
dopadlá energie	-18 %	-15 %	-6 %	-3 %
plochý kolektor zisky	-26 %	-19 %	-8 %	-4 %
trubkový kolektor zisky	-21 %	-15 %	-4 %	0 %

Jak velkou plochu kolektorů?

- **simulační nástroje**
 - podrobný výpočet s hodinách, podrobné vstupní údaje
 - Polysun, T*sol, GetSolar
- **postup podle EN 15316-4-3**
 - *f*-chart metoda = korelační výpočet na základě x1000 simulací ze 70. let
 - solární pokrytí v jednotlivých měsících = $f(X, Y)$
- **postup podle TNI 73 0302**
 - zjednodušený postup, energetická bilance po měsících
 - omezené použití od 30 do 75 %
 - Operační program životní prostředí, **Zelená úsporám**

Program Bilance SS 5.6 (TNI 73 0302)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2										
3	Akce:				Počet jednotek (osob, míst, lůžek, sprch ap.):	4	jednotek			
4					Spotřeba na jednotku:	50	l/jedn.den			
5	Adresa:				Je snížená spotřeba tepla v letních měsících u obytných budov:	NE				
6					Příprava teplé vody a vytápění					
7					Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}(15^{\circ}\text{C} / 60^{\circ}\text{C})$	200	l/den			
8	Typ budovy	Typ spotřeby	$V_{TV,den,ob}$		Studená voda t_{SV}	10	$^{\circ}\text{C}$			
9			[l/os.den]		Teplá voda t_{TV}	55	$^{\circ}\text{C}$			
10	Obytné budovy	Nizký standard	10 - 20		Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p	0,2	Příprava teplé vody vytápění, od 10 do 50 m ²			přirážka CZT
11		Střední standard	20 - 40		Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody z	0,3	Centrální zásobování teplem s řízenou cirkulací			2,1
12		Vysoký standard	40 - 80		Vytápění objektu - použít data z výpočtu podle ČSN EN 13790		ANO			
13		Nizké (letní) vytížení	$0.75 \times V_{TV}$		Tepelná ztráta domu Q_z	12	kW			
14	Nemocnice, domovy důchodců	Nizké (letní) vytížení	25 - 30		Vnitřní výpočtová teplota t_{iw}	20	$^{\circ}\text{C}$			
15		Zbylá část roku	30 - 60		Venkovní výpočtová teplota t_{ew}	-12	$^{\circ}\text{C}$			
16	Studentské domovy, koleje	Nizké (letní) vytížení	20 - 25		Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění)		pasivní standard, tepelné vlastnosti konstrukcí nad rámec: vytláčkou doporučených hodnot			
17		Zbylá část roku	25 - 50		Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy v	5	%			
18	Školy	Nizké (letní) vytížení	0		Bazén					
19		Zbylá část roku	5 - 10		Plocha vodní hladiny bazénu A_b	24	m ²			
20	Hostince, restaurace*	Nizký standard	5		Typ bazénu		Vnější - mimo doby provozu zohřívání			
21		Střední standard	15		Teplota bazénové vody v době provozu t_{wp}	24	$^{\circ}\text{C}$			
22		Vysoký standard	30		Teplota bazénové vody mimo dobu provozu t_{wn}	24	$^{\circ}\text{C}$			
23	Ubytovací zařízení**	Nizký standard	20		Teplota vzduchu v prostorech bazénu v době provozu t_{up}		$^{\circ}\text{C}$			
24		Střední standard	35		Teplota vzduchu v prostorech bazénu mimo provoz t_{un}		$^{\circ}\text{C}$			
25		Vysoký standard	70		Denní provozní doba bazénu t_p	8	h			
26	Sportovní zařízení***	Nizký standard	30		Počet návštěvníků za měsíc		osob/měs			
27		Střední standard	60		Parametry solárních kolektorů					
28		Vysoký standard	100		Optická účinnost η_0	0,78	-			
29	sprchu				Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,5	W/m ² .K			
30					Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,004	W/m ² .K ²			
31					Počet kolektorů	4	ks			
32					Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2	m ²			
33					Celková plocha apertury kolektorů	8	m ²			
34					Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	50	$^{\circ}\text{C}$	Příprava teplé vody a vytápění, pokrytí < 25 %		
35					Sklon kolektoru β	45	$^{\circ}$			
36					Azimut kolektoru α (jih = 0 $^{\circ}$)	0	$^{\circ}$			

teplá voda

vytápění

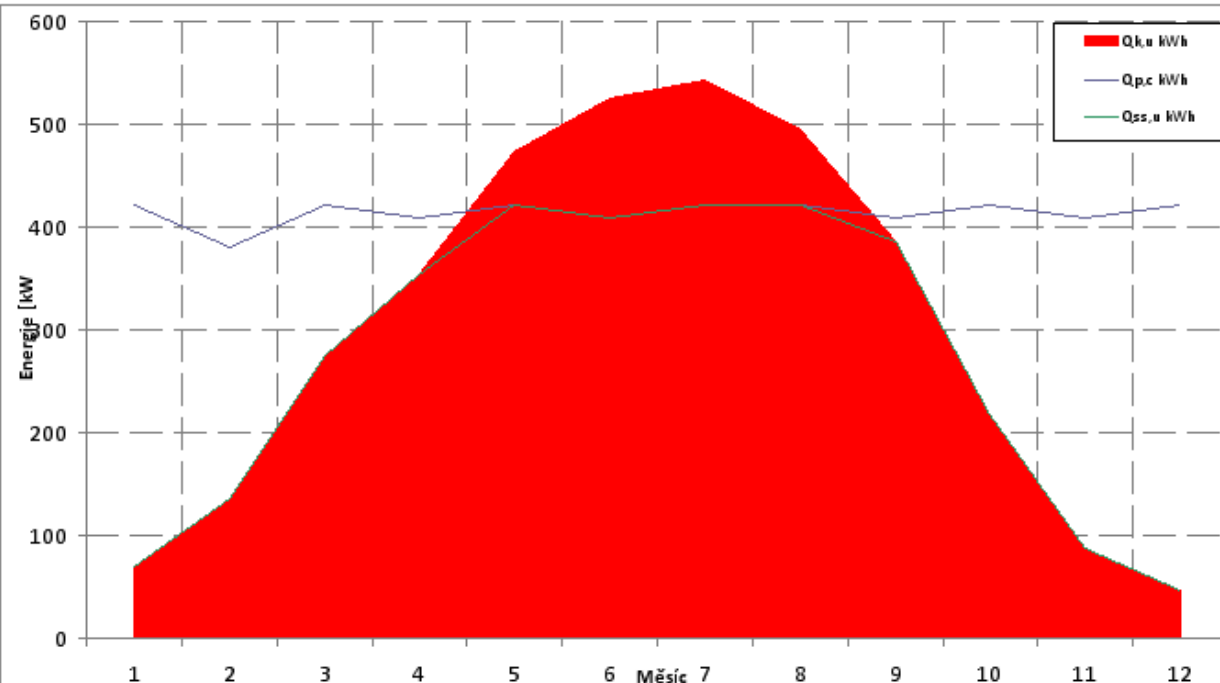
bazén

kolektory

navod a komentář | **Zadání** | VYHODNOCENÍ | BAZ | data solar | data

Program Balance SS 5.6 (TNI 73 0302)

2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
3	měsíc	n	t _{ep}	t _{es}	G _{T,m}	η _k	H _{T,den}	H _{T,měs}	Q _{k,u}	Q _{p,TV}	Q _{p,VYT}	Q _{p,BV}	Q _{p,o}	Q _{ss,u}	V _{TV,den}	Q _{p,VYT}			
4	dny	°C	°C	W/m2	–	kWh/m ² .den	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	l/den	GJ			
4	1	31	-1,5	2,2	418	0,36	1,10	34,2	70	422	0	0	422	70					
5	2	28	0	3,4	489	0,43	1,97	55,3	137	381	0	0	381	137					
6	3	31	3,2	6,5	535	0,48	3,20	99,2	275	422	0	0	422	275					
7	4	30	8,8	12,1	527	0,52	3,96	118,8	354	408	0	0	408	354					
8	5	31	13,6	16,6	521	0,55	4,84	150,1	473	422	0	0	422	422					
9	6	30	17,3	20,6	517	0,57	5,29	158,6	525	408	0	0	408	408					
10	7	31	19,2	22,5	512	0,59	5,19	160,7	543	422	0	0	422	422					
11	8	31	18,6	22,6	515	0,59	4,71	145,9	494	422	0	0	422	422					
12	9	30	14,9	19,4	516	0,57	3,95	118,4	386	408	0	0	408	386					
13	10	31	9,4	13,8	488	0,51	2,40	74,5	219	422	0	0	422	219					
14	11	30	3,2	7,3	427	0,41	1,21	36,4	87	408	0	0	408	87					
15	12	31	-0,2	3,5	387	0,34	0,77	24,0	47	422	0	0	422	47					
16								1176	3608	4967	0	0	4967	3247	0			0	



q _{ss,u}	406	kWh/m ² .rok
f	65	%
Q _{ss,u}	3247	kWh/rok

podle TNI 73 0302
zpracoval
ing. Bořivoj Šourek

Parametry solární soustavy

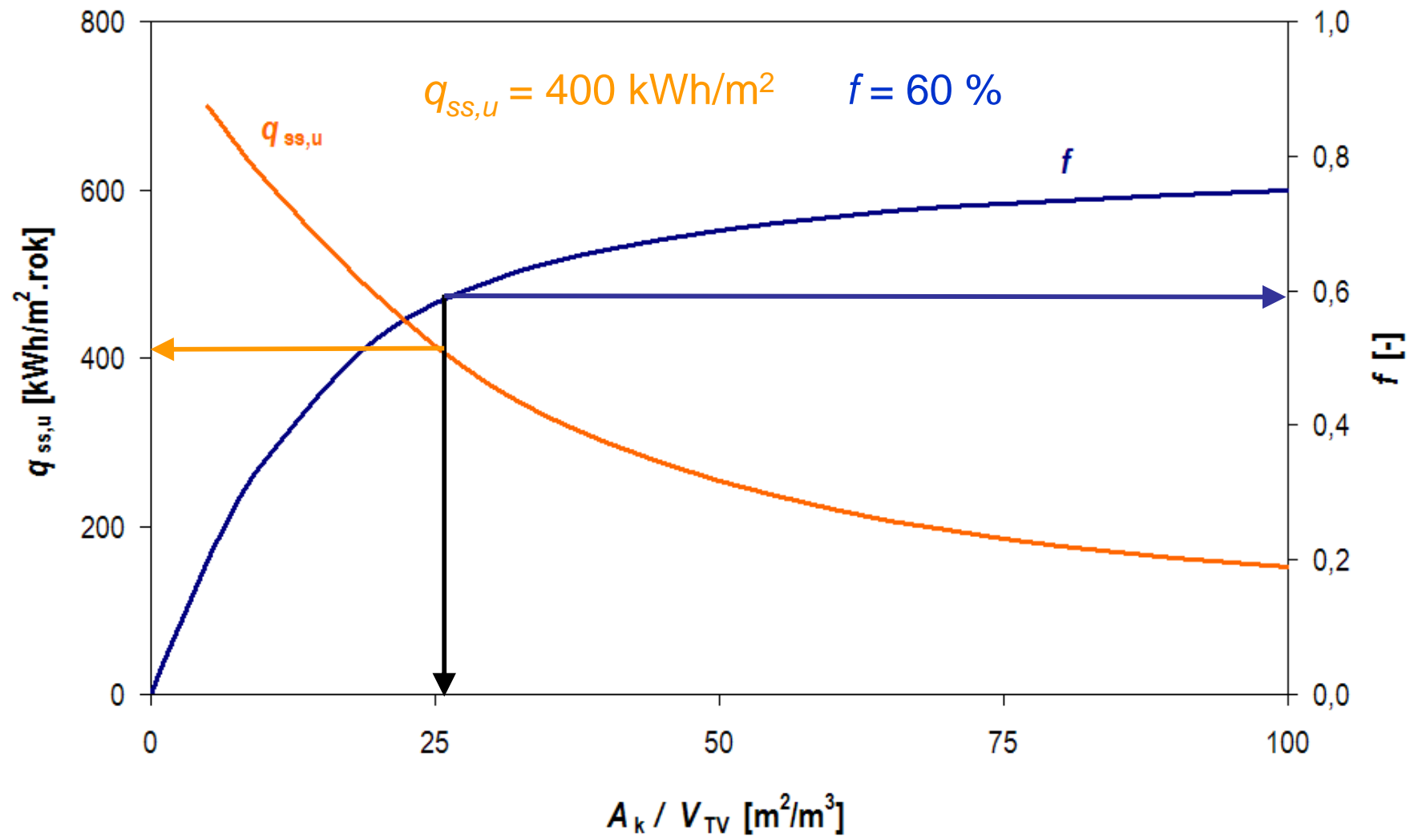
- **Roční solární zisk [kWh/rok]**
 - dodaný do odběru (spotřebiče) – využitý zisk soustavy $Q_{ss,u}$
 - **úspora energie je vyšší**, závisí na celkové účinnosti zdroje

- **Měrný roční solární zisk $q_{ss,u}$ [kWh/(m².rok)]**
 - vztažený k ploše apertury kolektoru A_a
 - měrná roční úspora nahrazované energie
 - ekonomické kritérium: úspora / m² x investice / m²

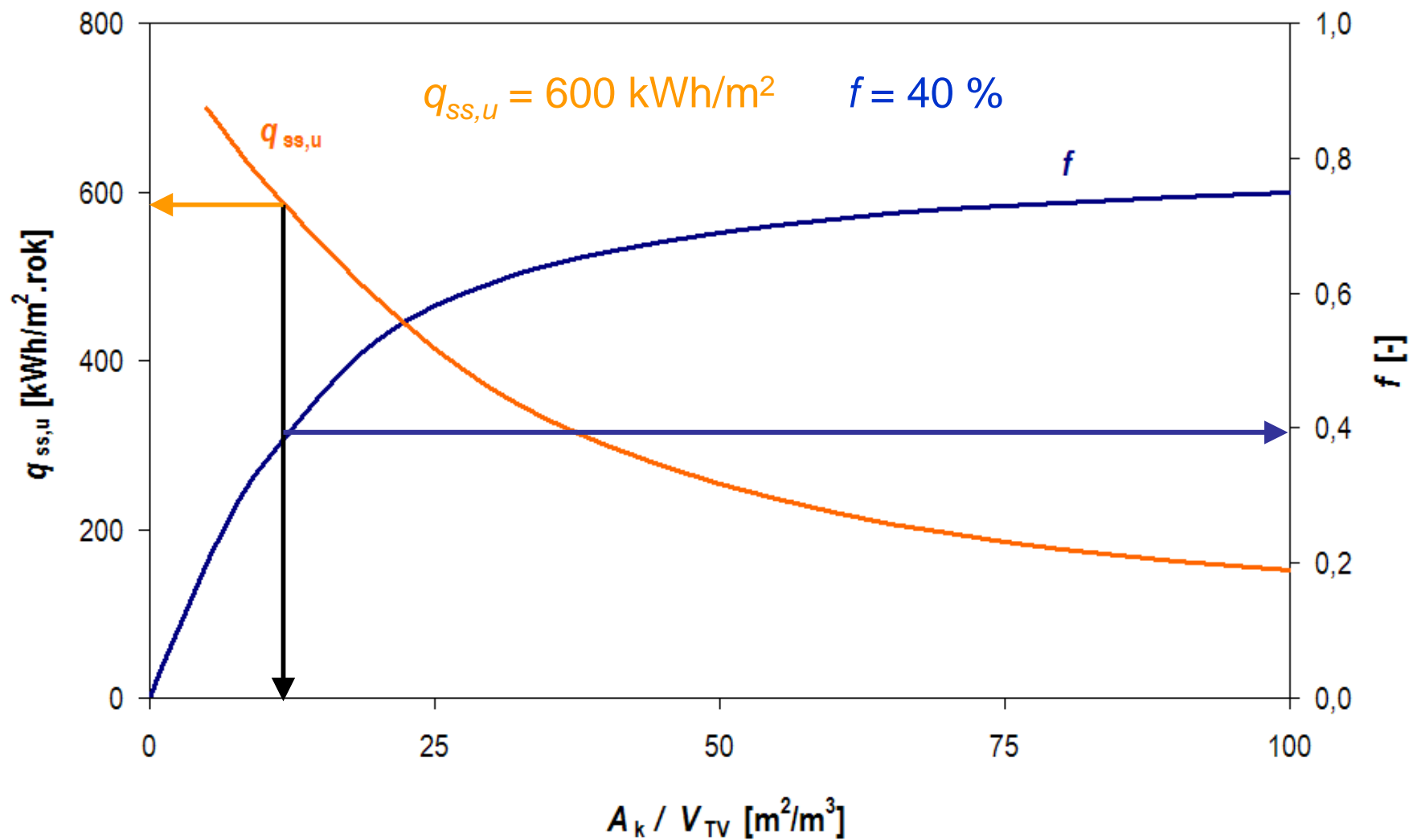
- **Solární pokrytí, solární podíl f [%]**

$f = 100 * \text{využitý zisk} / \text{potřeba tepla}$ (procentní krytí potřeby tepla)

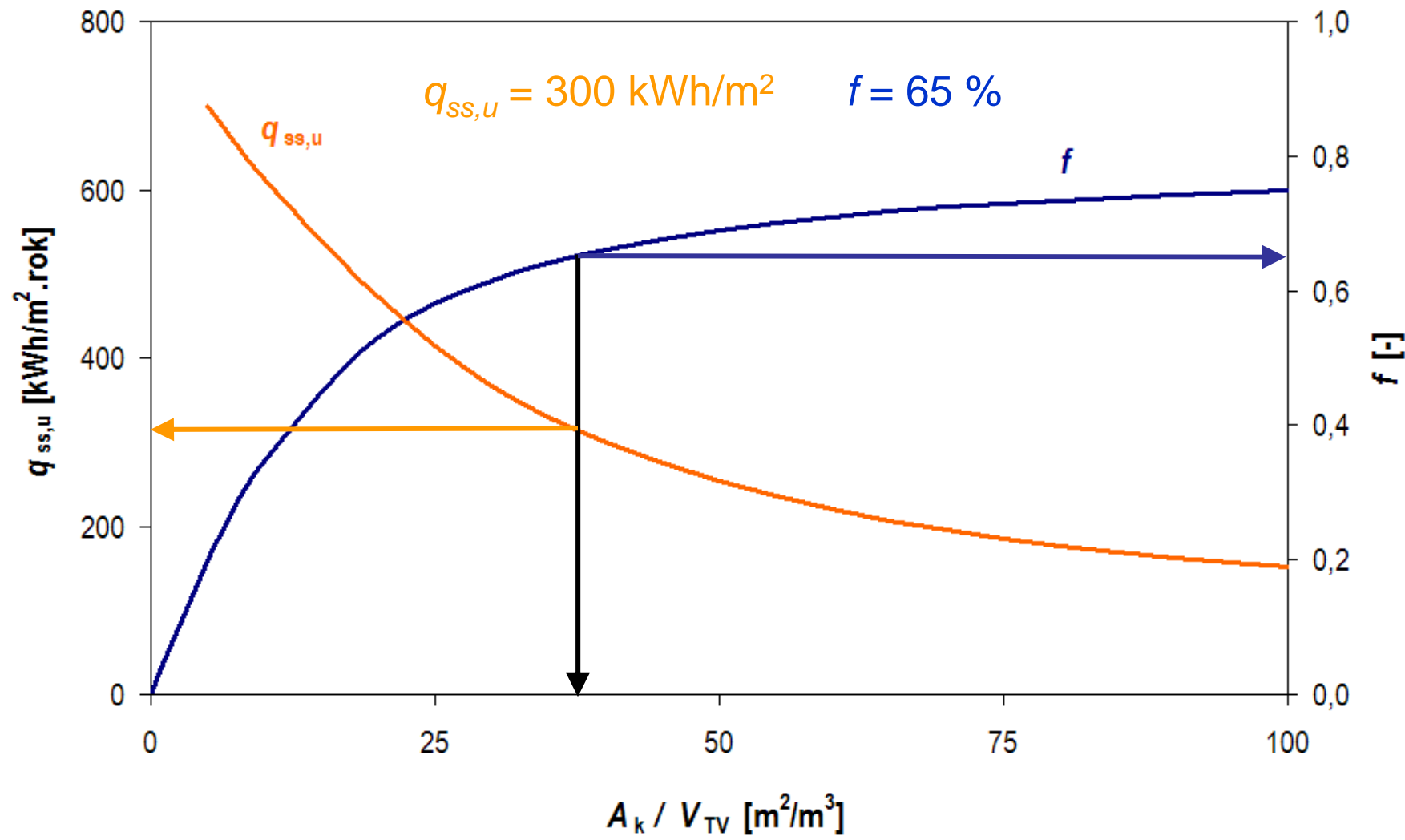
Jak velkou plochu kolektorů?



Jak velkou plochu kolektorů?

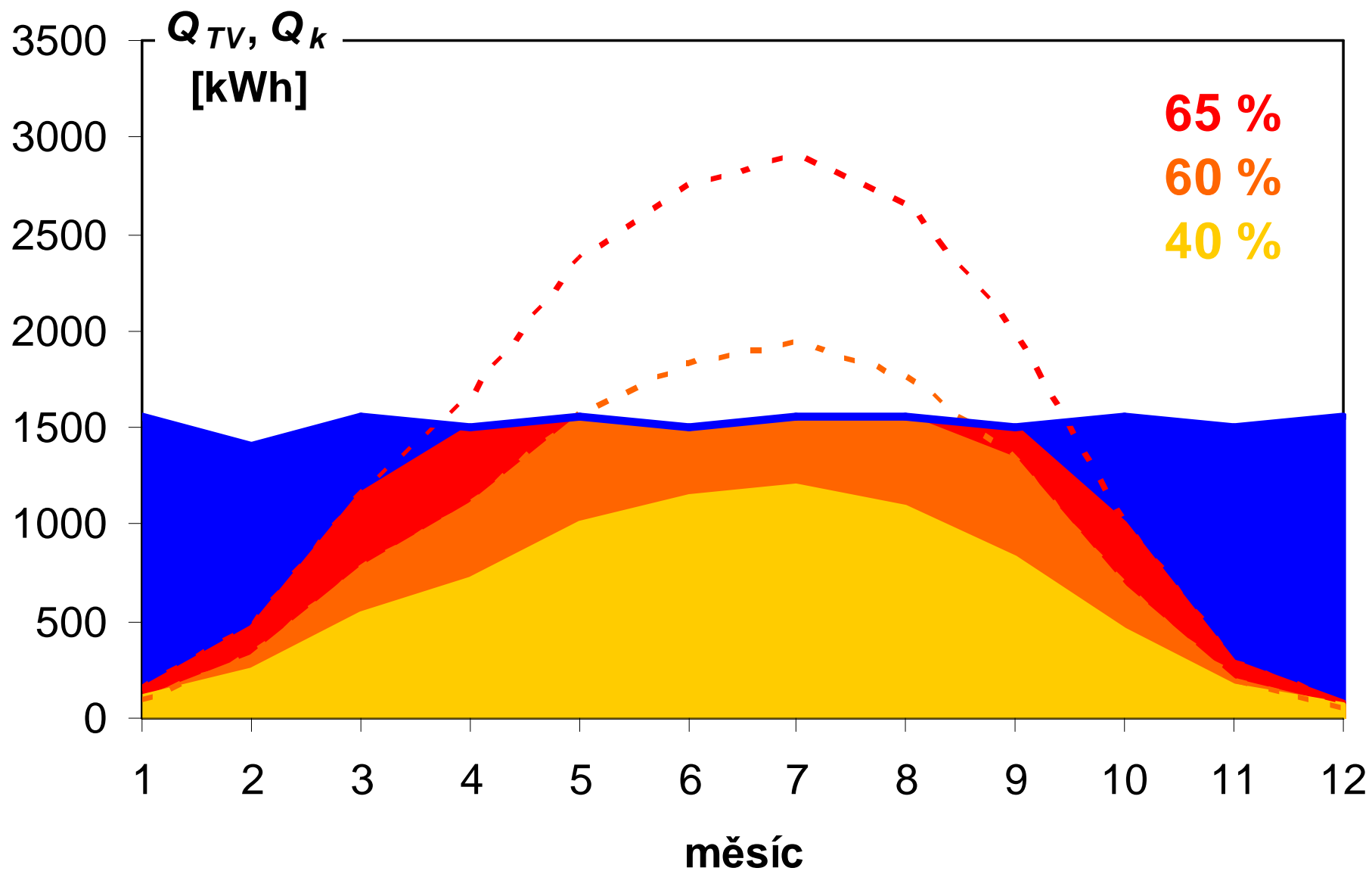


Jak velkou plochu kolektorů?



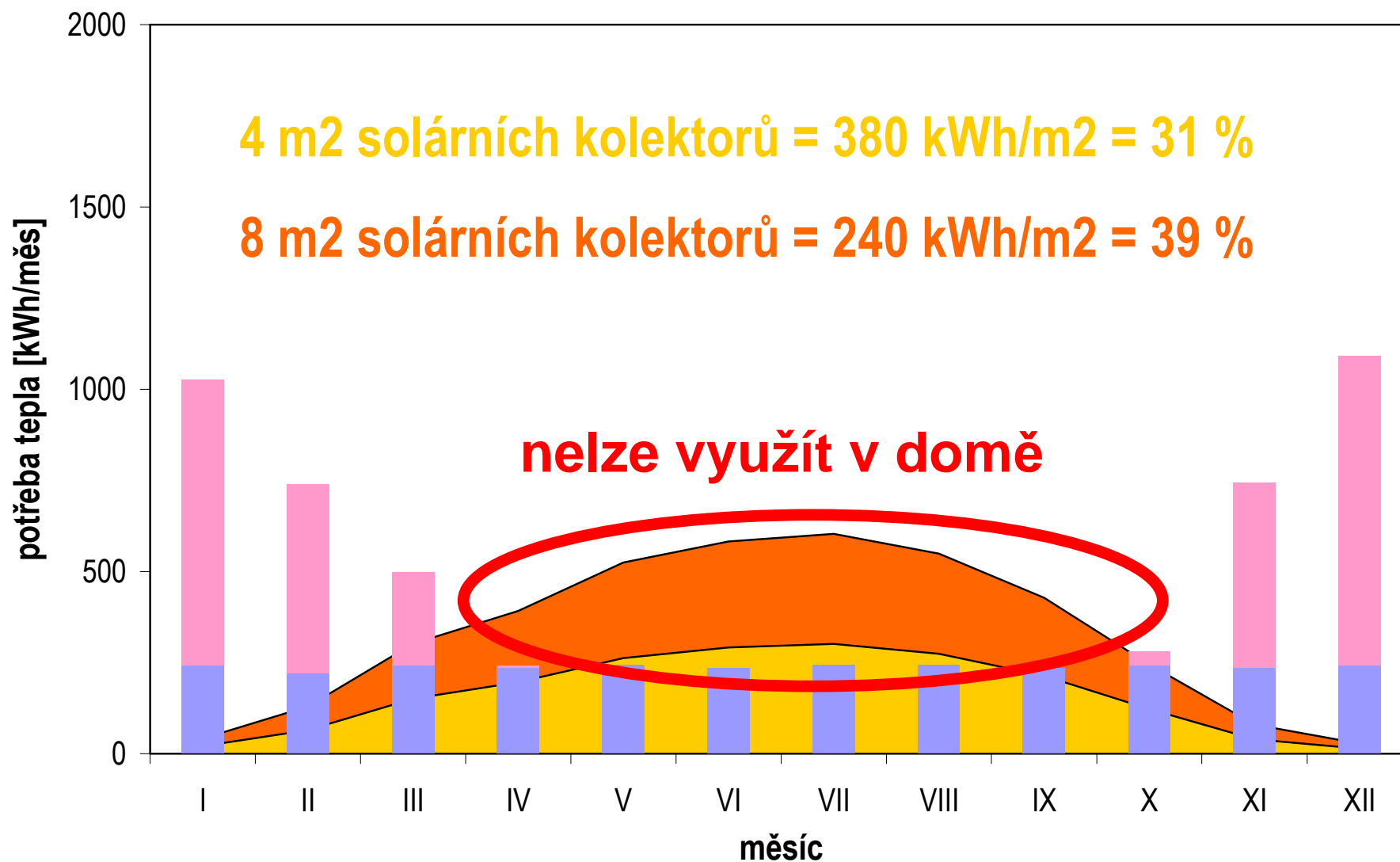
s rostoucím solárním pokrytím klesají měrné zisky soustavy

Bilance potřeby a zisků



Jak velkou plochu kolektorů?

pasivní dům (vytápění 3000 kWh, teplá voda 3000 kWh)



Jak navrhnout solární soustavu?

- **ekonomické řešení**
 - maximalizace měrných zisků solární soustavy $q_{ss,u}$ [kWh/m²rok] = minimalizace plochy kolektorů
- **ekologické řešení**
 - maximalizace solárního pokrytí f [%] = maximální nahrazení primárních paliv = maximalizace plochy kolektorů
- **omezené řešení**
 - podmínky struktury budovy, omezující parametry (velikost střechy, možný sklon a orientace kolektorů, architektonické souvislosti)

správně navržená soustava splňuje očekávání investora

... splňuje reálná očekávání investora

- **trvale vysoká teplota v kolektorech**
 - špatně pracující solární soustava!
- **zaručení teploty v zásobníku např. 60 °C**
 - kdy během roku? kdy během dne? **závislé na odběru!**
- **„funkční“ solární soustava**
 - „běží oběhové čerpadlo“, „předává se energie do zásobníku“, „kolektor v dosahuje teploty 70 °C“
 - **solární soustava dodává slíbený tepelný zisk během roku**

měření energetických zisků při definovaných podmínkách
u rodinných domů smluvně obtížně podchytitelné

Jak obstát před soudem (znalcem)?

- **výpočet**
 - výpočet předpokládaného zisku pro konkrétní podmínky instalace
 - výpočet hydrauliky
- **držet se obvyklého dimenzování**
 - nejvíce sporů probíhá o kombinované solární soustavy
 - pokud se nevejde potřebná plocha na střechu, raději pouze TV
- **neslibovat provoz při zatažené obloze**
 - typické pro dodavatele trubkových vakuových kolektorů
- **orientace a sklon**
 - i sebelepší kolektor je omezen dopadající sluneční energií

Jak obstát před soudem (znalcem)?

- **volba vhodných solárních zásobníků**
 - pro kombinované soustavy
- **jednoduchost systémů = základ úspěchu**
 - překombinované soustavy nefungují, jsou poruchové, ovlivňují komfort (regulace, spolupráce se zdroji, ...)
- **nasazení (jednoduchého) měření přínosů**
 - dnes běžné, regulátory solárních soustavy obsahují
 - **zákazník a dodavatel** mají rámcovou kontrolu nad efektivitou provozu
 - zákazník si stěžuje „systém nepracuje“ x měření ukazuje zisk větší než původně vypočtený

Solární soustavy pro přípravu TV

■ rodinné domy

- plocha 4 až 8 m²
- objem zásobníku 200 až 400 l
- solární pokrytí 40 až 65 %
- solární zisky **300 až 400 kWh/(m².rok)**

■ bytové domy

- plochy od 20 až 200 m²
- objem zásobníku 1 až 8 m³
- solární pokrytí 40 až 50 %
- solární zisky **400 až 500 kWh/(m².rok)**



Solární kombinované soustavy

■ rodinné domy

- plocha 5 až 12 m²; objem zásobníku 400 až 1200 l
- solární pokrytí nízkoenergetické domy 10 až 20 %
 pasivní domy 25 až 35 %
- solární zisky **200 až 350 kWh/(m².rok)**

■ bytové domy

- plocha 40 to 200 m²; objem zásobníku 3 až 16 m³
- solární pokrytí 10 až 20 %
- solární zisky **350 až 450 kWh/(m².rok)**

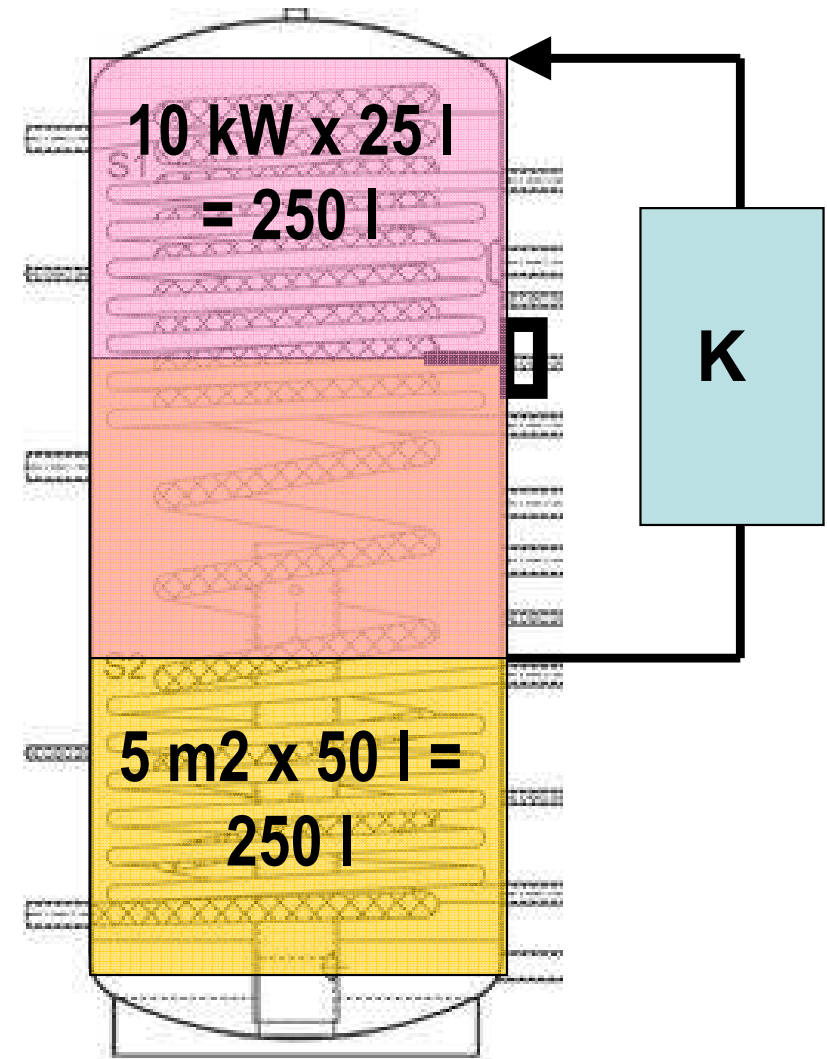
Jak velký solární zásobník ?

- **příprava teplé vody**
 - 50 l/m² kolektorové plochy
- **podpora vytápění**
 - 50 až 70 l/m² kolektorové plochy
 - závisí, zda je zároveň zásobníkem pro jiný zdroj tepla
 - dřevokotel s ručním přikládáním 50 l/kW
 - automatický na pelety 25 l/kW
 - tepelné čerpadlo 30 l/kW
 - plynový kotel kondenzační 25 l/kW



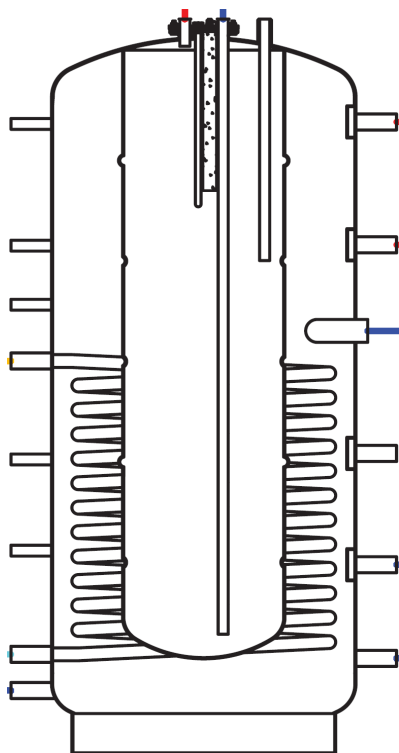
Jak velký solární zásobník ?

- **kombinovaný zásobník**
 - společný pro solární soustavu a hlavní zdroj tepla
- **příklad**
 - solární soustava 5 m²
 - kotel na pelety nebo kondenzační plynový kotel
 - 2/3 objemu = cca 250 l
 - zásobník 400 l



Jaký kombinovaný solární zásobník ?

nádrž v nádrži

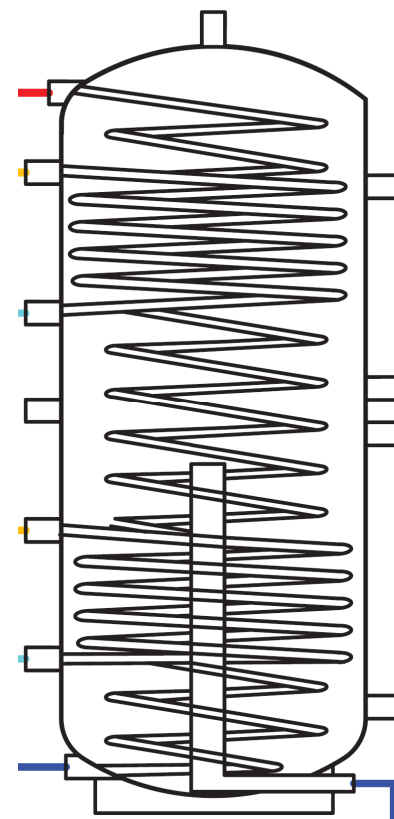


malá teplosměnná plocha

malé odběry

1 – 2 osoby

trubkový výměník



více než 2x větší plocha

větší odběry

3 - 4 osoby

Nová Zelená úsporám


- **věcný záměr schválen vládou**
- **cíle programu**
 - náhrada tuhých paliv v domácnostech (350 tis. domácností)
- **oblasti programu**
 - **A:** snížení spotřeby energie na vytápění realizací komplexního zateplení ve stávajících objektech pro bydlení a budovách veřejného sektoru
 - **B:** podpora výstavby budov s velmi nízkou energetickou náročností
 - **C:** výměna lokálních neekologických zdrojů tepla za ekologicky efektivní šetrné zdroje a instalace fototermických solárních systémů na přípravu teplé vody s možností podpory vytápění

Nová Zelená úsporám

- **výměna zdroje**
 - pouze náhrada za spalování **tuhých fosilních paliv**
 - v kombinaci s komplexním zateplením (A+C)
 - samostatně (C) pouze pro budovy s určitou kvalitou – vazba na maximální měrnou potřebu tepla
 - podpora kotlů na biomasu, tepelných čerpadel, **plynových kondenzačních kotlů**
- **instalace solárně termických systémů**
 - pro teplou vodu nejsou stanoveny žádné další vazby na potřebu tepla
 - podmínky pro zápis do SVT
 - podmínky pro udělení dotace

Dokumentace Programu v přípravě ... konec března

Děkuji za pozornost



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

<http://www.solarnispolecnost.cz>

ÚVOD O NÁS SOLÁRNÍ TEPLO AKTUALITY AKCE KE STAŽENÍ FOTOGALERIE ISES ODKAZY



AKTUALITY

11.1.2011

Snížení dotací na Slovensku

Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky plánuje znížiť výšku dotácie pre domácnosti na kúpu ...



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 Vídea 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

Československá společnost pro sluneční energii (ČSSE)

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Česká republika

info@solarnispolecnost.cz



Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Technická 4, Praha 6

tomas.matuska@fs.cvut.cz