

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

OPTIMALIZACE PLYNOVÉ KOTELNY BYTOVÉHO DOMU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá optimalizací plynové kotelny bytového domu. Součástí diplomové práce je sestavení analytického modelu potřeby tepla, porovnání teoretické a skutečné potřeby tepla za dané období s následným návrhem opatření jak pro optimalizaci provozu zdrojů tepla, tak i eventuálně pro návrh dalších alternativních zdrojů energie.

SUMMARY

The thesis deals with the optimization of the gas boiler room of a residential building. Part of the thesis is to build an analytical model of the heat demand, comparing the theoretical and actual heat demand in a given period followed by a design measures for optimizing the operation of heat sources, as well as possibly a proposal for alternative energy sources.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci s názvem: „Optimalizace plynové kotelny bytového domu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 12. 7. 2016

Bc. Jakub Jandourek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Romanu Vavříčkovi Ph.D., za odborné vedení, sdílené zkušenosti a cenné připomínky při realizaci mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při řešení práce pomáhali.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN	7
1. ÚVOD	9
1.1 Základní informace o objektu	10
1.1.1 Identifikační údaje o budově	10
1.1.2 Rekonstrukce a modernizace kotelny	13
2. SESTAVENÍ ANALYTICKÉHO MODELU POTŘEBY TEPLA A PALIVA	16
2.1 Součinitel prostupu tepla	17
2.2 Vnitřní stav budovy	18
2.2.1 Součinitel tepelné ztráty	19
2.2.2 Intenzita větrání	20
2.2.3 Střední vnitřní výpočtová teplota	21
2.2.4 Solární zisky	21
2.2.5 Vnitřní zisky	24
2.3 Potřeba energie na vytápění	25
2.4 Průběh venkovních teplot	28
2.5 Celková potřeba tepla	29
3. VÝSLEDNÁ BILANCE POTŘEBY TEPLA A PALIVA	34
4. BILANCE NA SOLÁRNÍ KOLEKTORY	39
4.1 Plochý deskový kolektor Logasol SKN 4.0-s	42
4.2 Trubicový vakuový kolektor Logasol SKR6.1 CPC	46

5. VARIANTA ZDROJŮ TEPLA.....	50
5.1 Nástěnný kondenzační kotel + deskový kolektor	52
5.2 Nástěnný kondenzační kotel + trubicový kolektor	53
5.3 Stacionární kondenzační kotel + deskový kolektor	54
5.4 Stacionární kondenzační kotel + trubicový kolektor	55
5.5 Nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo (TV)	56
5.6 Roční náklady na vytápění a teplou vodu.....	57
5.7 Diskontní doba návratnosti	65
6. ZÁVĚR.....	67
LITERATURA.....	69
SEZNAM PŘÍLOH - CD	70
SEZNAM TABULEK	75
SEZNAM OBRÁZKŮ	76

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

<i>označení</i>	<i>název</i>	<i>jednotka</i>
a_H	bezrozměrný číselný parametr závisující na časové konstantě	(-)
$a_{H,0}$	bezrozměrný referenční parametr	(-)
A	plocha	(m ²)
$A_{celk.,p}$	celková pohledová plocha zaskleného prvku	(m ²)
$A_{celk.,n}$	celková pohledová plocha neprůhledného prvku	(m ²)
$A_{f,a}$	podlahová plocha místností	(m ²)
$A_{sol,orient}$	účinná solární sběrná plocha	(m ²)
b	činitel teplotní redukce	(-)
COP_{TV}	topný faktor – teplá voda	(-)
C_M	vnitřní tepelná kapacita budovy	(J/K)
C_p	měrná tepelná kapacita vzduchu	(J/kg·K)
C_v	měrná tepelná kapacita vody	(J/kg·K)
d	počet pracovních dní soustavy	(den)
d_d	počet dní	(den)
DCF	diskontované peněžní toky v jednotlivých letech	(Kč)
e_i	opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty větráním	(-)
e_t	opravný součinitel na snížení vnitřní teploty	(-)
e_d	opravný součinitel na zkrácení doby provozu	(-)
F_F	podíl plochy rámu	(-)
$F_{sh,ob,k}$	korekce na stínění externí překážky	(-)
$F_{sh,gl}$	korekční činitel stínění pro pohyblivá stínící zařízení	(-)
F_w	korekce pro nerozptylové zasklení	(-)
g_n	celková propustnost zasklení	(-)
H_T	součinitel tepelné ztráty prostupem	(W/K)
H_V	součinitel tepelné ztráty větráním	(W/K)
H_U	výhřevnost paliva	(MJ/m ³)
IN	investice	(Kč)
n_p	průměrná obsazenost bytového domu	(osoba)
n	intenzita větrání	(1/h)
$Q_{d,VYT\ teor}$	teoretická potřeba tepla pro vytápění	(J/den)
$Q_{d,VYT\ skut}$	skutečná potřeba tepla pro vytápění	(J/den)
$Q_{d,TV\ teor}$	teoretická potřeba tepla pro teplou vodu	(J/rok)
$Q_{d,TV\ skut}$	skutečná potřeba tepla pro teplou vodu	(J/rok)
$Q_{H,int}$	celkové vnitřní zisky	(kWh)
$Q_{H,gn}$	celkové tepelné zisky	(kWh)
$Q_{H,c}$	celkové množství přeneseného tepla	(kWh)
$Q_{sol,p}$	tepelný tok solárních zisků průsvitnými konstrukcemi	(kWh)
$Q_{sol,n}$	tepelný tok solárních zisků neprůsvitnými konstrukcemi	(kWh)
$Q_{H,sol}$	celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc	(kWh)

r	rok, ke kterému se DCF počítá	(rok)
R	tepelný odpor přestupu tepla konstrukce	(m ² ·K/W)
R_{si}	tepelný odpor přestupu tepla na vnitřním povrchu	(m ² ·K/W)
R_{se}	tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu	(m ² ·K/W)
$SCOP_{TV}$	sezónní topný faktor – teplá voda	(-)
t	diskont	(-)
t_i	vnitřní teplota i-té místnosti	(°C)
t_{is}	střední vnitřní výpočtová teplota	(°C)
$t_{e,p}$	průměrná venkovní teplota	(K)
$t_{e,d}$	denní venkovní teplota	(°C)
t_e	venkovní výpočtová teplota	(°C)
T_{ds}	diskontovaná doba návratnosti	(rok)
U	součinitel prostupu tepla	(W/m ² ·K)
U_{osoba}	průměrná potřeba teplé vody na osobu	(l/osoba·den)
$U_{d,VYT\ skut}$	skutečná potřeba paliva pro vytápění	(m ³ /den)
$U_{d,TV\ skut}$	skutečná potřeba paliva pro teplou vodu	(m ³ /rok)
\dot{V}	objemový průtok vzduchu	(m ³ /s)
V_i	objem i-té místnosti	(m ³)
V	objem budovy (pouze přímo větratelné místnosti)	(m ³)
V_{2p}	potřeba teplé vody	(m ³ /osoba·den)
z	poměrný koeficient	(%)
X	cena	(Kč)
řecká abeceda		
α_{se}	pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků	(-)
ρ_a	hustota vzduchu	(kg/m ³)
ρ_v	hustota vody	(kg/m ³)
$\Phi_{H,tr}$	tepelná ztráta objektu	(W)
Φ_{int}	celkové vnitřní zisky	(W)
$\Phi_{int,s}$	tepelný tok od osob a spotřebičů	(W/m ²)
Φ_{si}	celkové solární záření za měsíc	(kWh/m ²)
η_k	účinnost kotle	(%)
η_R	účinnost rozvodů	(%)
η_O	účinnost obsluhy (regulace)	(%)
η_{TV}	účinnost přípravy teplé vody	(%)
Δt	teplotní rozdíl	(K)
τ	časová konstanta	(h)
τ_h	počet hodin	(hod)
$\tau_{H,0}$	referenční časová konstanta	(h)

1. ÚVOD

Problematika optimalizace kotelny bytových domů byla řešena od počátku její existence, kdy v minulosti byly při výstavbách bytových domů použity komponenty tepelné techniky odpovídající své době. Při rychlém vývoji tepelné techniky jsou tyto komponenty v současnosti neadekvátním zařízením provozu. Stále větší nároky na efektivnost a hospodárnost provozu nutí majitele bytových domů se zabírat myšlenkou optimalizace kotelny a tím snahu ušetřit náklady na provoz zařízení. Proto bytové domy v poslední době řeší situaci, která by se mohla nazvat „staré nehospodárné za nové úsporné“.

Diplomová práce se zabývá právě touto myšlenkou – optimalizací plynové kotelny bytového domu. Bytový dům bude popsán z dispozičního a technického pohledu tj. stav před a po rekonstrukci a s tím spojenou výměnu nehospodárné kotelny za novou moderní kotelnu.

Pro optimalizaci provozu kotelny je nutné určit potřebu tepla a paliva daného bytového domu za celé hodnotící období (2005 – 2014). K tomu bude sestaven analytický model. Analytický model zhodnotí jednotlivé spotřeby energií v hodnotícím období a ukáže, jaké jednotlivé energetické toky budova spotřebovává. Na základě toho bude možné predikovat budoucí potřebu energie s ohledem optimální využití zdrojů tepla.

Součástí optimalizace plynové kotelny bude návrh alternativních zdrojů energie jako rozšíření stávajícího stavu bytového domu. Bude provedena simulace a bilance solárních kolektorů pro přípravu teplé vody a jejich doporučení pro následnou realizaci. Společně s variantami návrhu tepelných čerpadel.

V poslední části diplomové práce budou popsány varianty zdrojů tepla, které by vedly k optimalizaci již stávajícího stavu. Různé varianty zdrojů tepla budou porovnány z hlediska ekonomického s následným doporučením pro možnou realizaci.

1.1 Základní informace o objektu

1.1.1 Identifikační údaje o budově

Řešený bytový dům obdélníkového půdorysu je situován v okolí sídliště Na Dobešce v blízkosti ulice Točitá v Praze 4 – Krč. Objekt má 6 nadzemních podlaží, které slouží k pobytu osob a jedno podlaží částečně pod úrovní terénu, které slouží pro zázemí domu, kde je umístěna kotelna pro daný objekt. V každém nadzemním patře se nachází 10 bytů dispozičně 5x 2+1 a 5x 1+1. Bytový dům má celkem 60 bytů a průměrná obsazenost činí 95 osob. Střecha objektu je plochá.

Dva vstupy do objektu jsou situovány na západním průčelí. Na východním a západním průčelí objektu jsou lodžie navazující na obytný prostor. Bytový dům byl zkolaudován v roce 1986. V letech 1986 – 2005 byl bytový dům majetkem městské části, ale v roce 2005 došlo k privatizaci objektu, kde od tohoto roku je objekt ve vlastnictví společenství vlastníků jednotek.



Obr. 1 Pohled na celkovou situaci řešeného bytového domu

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle ČSN 06 02 30 pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -12 \text{ °C}$ [2] (Praha) a teplot místností v bytovém domu. Tepelná bilance objektu byla v původním stavu 4,85 kWh na vytápění a 1,84 kWh na ohřev teplé vody za den.

Původní stav

Bytový dům v původním stavu měl neadekvátní tepelně-technické vlastnosti tj. zdvojená dřevěná okna s vysokým součinitelem prostupu tepla $U \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$ a byl bez vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému.

Obvodové konstrukce štítových stěn o tl. 300 mm (včetně polystyrénové vložky ve skladbě 150 + 80 + 60) a průčelní stěny o tl. 250 mm (včetně polystyrénové vložky ve skladbě 100 + 80 + 60) jsou tvořeny železobetonovými panely (Obr. 2). V objektu je převážný výskyt ochlazovaných nosných konstrukcí.



Obr. 2 Bytový dům v původním stavu

Rekonstrukce bytového domu

Projektant v říjnu roku 2006 ve spolupráci s montážní firmou provedl návrh a následnou realizaci zaregulování otopné soustavy. V květnu roku 2007 vznikla v objektu zcela nová plynová kotelna. V srpnu tohoto roku došlo navíc k celkové výměně oken – dřevěná okna byla nahrazena moderními plastovými okny z tvrzeného PVC od společnosti Salamander. V roce 2008 došlo k zateplení obvodové konstrukce (Obr. 3) celého objektu od společnosti REVITA, Zateplení obvodového pláště bylo navrženo z tepelné izolace polystyrénu EPS 70 F tl. 70 mm, u ostění otvorů byl namontován izolační polystyrén EPS 70 F – fasádní o tl. 20 mm (dle technických možností v návaznosti na již vyměněná okna). Pohledové stěny lodžii jsou zatepleny deskou EPS 70 F o tl. 50 mm.



Obr. 3 Bytový dům po rekonstrukci

Tab. 1 Spotřeby zemního plynu za hodnotící období

Objekt v majetku MĚTSKÉ ČÁSTI				Objekt po privatizaci							
Kotelna v původním stavu				Rekonstrukce 05-06/2007	Zateplení 04/2008	Po rekonstrukci					
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Spotřeba zemního plynu v m³											
58226	60910	63463	60182	39349	26802	25950	27806	24164	24350	25871	22829

1.1.2 Rekonstrukce a modernizace kotelny

Původní stav

V samostatné místnosti (Obr. 4) v přízemí bytového domu byl navržen zdroj pro vytápění a ohřev teplé vody. Zdrojem tepla byly původně tři stacionární teplovodní kotle od maďarské společnosti Vállalat typ Hoterm ETI 75E o jmenovitém výkonu 87 kW (celkový instalovaný výkon byl 261 kW). Kotle byly vystrojeny dle ČSN 07 0240. Zdroje tepla byly umístěny vedle sebe, na společném vyvýšeném betonovém základu. Stacionární kotle byly zabezpečeny dvěma expanzními nádobami od společnosti Zilmet a pojistnými ventily. Ohřev teplé vody byl realizován pomocí zásobníku typu OVL o objemu 4 000 litrů. Provoz a výstroj zařízení bylo dle ČSN 06 0830. OVL byl opatřen tepelnou izolací se sádrovým krytem.

Do celého objektu jsou navržena litinová článková otopná tělesa typu KALOR (rozměr 500/160 mm) a na tělesech byly instalovány na přívodu ventil a na zpátečce šroubení.

Výrazná spotřeba elektrické energie byla v původní kotelně způsobena zejména původními oběhovými čerpadly Sigma a neefektivním způsobem osvětlení. Z pohledu spotřeby tepla byla v původní kotelně podceňována otázka tepelné izolace horizontálních rozvodů (izolováno pomocí rohože ze skelné či čedičové vlny) pro centrální rozvod otopné soustavy a soustavy rozvodů teplé vody. Řízení otopné soustavy a teploty otopné vody zajišťoval systém Komextherm RVT-H v kombinaci se čtyřcestnými směšovacími armaturami s elektropohonem. Kotle byly připojeny kouřovodem z pozinku včetně přerušovače tahu na komínový průduch typu Schiedel.

Kotelna byla navržena s teplotním spádem 92,5/67,5 °C (23 °C). Jedná se o systém se spodním rozvodem. Hlavní rozvody jsou vedeny pod suterénem k jednotlivým stoupačkám, které jsou vedeny volně při zdi. Otopná voda byla regulovaná ekvitermně pomocí čtyřcestného směšovače DUOMIX.



Obr. 4 Původní nevhodná kotelna

Rekonstrukce a modernizace kotelny

Původní kotelna byla v roce 2007 kompletně vybourána a zdroj tepla pro ohřev teplé vody a vytápění byl nově umístěn do samostatné místnosti (Obr. 5), kde dříve bylo měření plynu. Novým zdrojem tepla pro bytový dům byly navrženy dva nástěnné kondenzační kotle Buderus typ Logamax GB 162-100 s přípojovací skupinou, o jmenovitém výkonu 99 kW (celkový instalovaný výkon nové kotelny je 198 kW), jedná se tedy o kotelnu III. kategorie dle ČSN 07 0703. Zdroj tepla a otopná soustava jsou jištěny pojistnými ventily a tlakovou expanzní nádobou.

Po modernizaci kotelny zůstala otopná tělesa zachována, ale byly osazeny termostatické regulační ventily s termostatickými hlavicemi a na výstupu z otopných těles byla instalována regulační šroubení. Na patách vertikálních stoupacích rozvodů otopné soustavy jsou v objektu osazeny regulační ventily STAD.

Otopný systém a příprava teplé vody v kotelně je regulována pomocí kompaktní stanice KPS Systherm. Kompaktní stanice je napojena na termohydraulický rozdělovač a obsahuje trojcestný směšovací ventil s elektropohonem pro jeden otopný okruh a jeden okruh pro přípravu teplé vody s deskovým výměníkem a zásobníkovou nerezovou nádrží.

Měření spotřeby tepla pro přípravu teplé vody je zajištěno pomocí osazení ultrazvukového měřiče tepla za zdroji tepla v kotelně. Měření a regulace jsou zajištěna pomocí systému Safir. Regulace umožňuje ekvitermní regulaci (čidlo na severní straně fasády) celého objektu včetně řízení kaskády a modulace výkonu kotlů.

Odkouření kondenzačních kotlů je provedeno kaskádovým systémem odkouření pro dva kotle. Odkouření je plastové a je kompletně sestaveno z komponentů firmy Buderus dle technických podkladů výrobce.

Potrubí je izolováno izolačními trubicemi Isover IS-HA v tl. 30 mm. Rozvody zdravotní techniky budou izolovány izolačními trubicemi Tubolit DG v tl. 20 mm.



Obr. 5 Modernizovaná kotelna

2. SESTAVENÍ ANALYTICKÉHO MODELU POTŘEBY TEPLA A PALIVA

Pro optimalizaci kotelny bytového domu bylo nutné sestavit model pro výpočet potřeby tepla a paliva (příloha 1). Analytický model bude použit k vyjádření bilance potřeby tepla pro vytápění a teplou vodu, kde verifikace bude provedena na základě fakturací v období 2005 – 2014. Do výpočetního programu byly zahrnuty všechny údaje týkající se zadaného bytového domu tj. stav bytového domu a kotelny před a po rekonstrukci. Potřebné údaje poskytlo společenství vlastníků a jednotek z výkresové dokumentace.

Pro celé hodnotící období 2005 – 2014 je analytický model sestaven v časovém kroku 24 hodin. Pro analytický model byly použity denní venkovní teploty z měřícího místa Praha-Karlov.

V analytickém modelu jsou vypočteny parametry bytového domu např. součinitel tepelné ztráty prostupem H_T (W/K), součinitel tepelné ztráty větráním H_V (W/K), model intenzity větrání n (1/h) a střední vnitřní výpočtová teplota t_{is} (°C). Dále jsou počítány parametry, které ovlivňovali celkovou potřebu tepla bytového domu, tj. vnitřní tepelné zisky $\Phi_{H,int}$ (kWh) a vnější tepelné zisky $\Phi_{H,sol}$ (kWh).

Při sestavení potřeby tepla a paliva byl analytický model nastaven na výpočet hodnotících parametrů jako jsou aktuální tepelná ztráta objektu $\Phi_{H,tr}$ (W) a s tím spjaté celkové množství přeneseného tepla na vytápění $\Phi_{H,c}$ (kWh).

Pro výpočet potřeby tepla pro přípravu teplé vody bylo nutné ověřit hodnoty průměrné obsazenosti n_p (osoba), denní dávku teplé vody na osobu U_{osoba} (l/osoba·den), kde byly použity reálné odběry celého bytového domu. Dále byly zahrnuty parametry poměrného koeficientu – ztráty z (%) a účinnosti přípravy TV η_{TV} (-). Z těchto parametrů byl proveden výpočet pro teoretickou potřebu tepla $Q_{d,TV\ teor}$ (GJ/den), skutečnou potřebu tepla $Q_{d,TV\ skut}$ a potřebu paliva $U_{d,TV,skut}$ (m³/rok).

Analytický model byl sestaven jako zcela univerzální program pro následné aplikování na jakýkoliv bytový dům. Dále budou popsány jednotlivé kroky a zvolení těchto parametrů pro celkový výpočet.

2.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce a je definován vztahem [3]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} (W/m^2 \cdot K) \quad (1)$$

kde:

R_{si} tepelný odpor přestupu tepla na vnitřním povrchu ($m^2 \cdot K/W$);

R tepelný odpor přestupu tepla konstrukce ($m^2 \cdot K/W$);

R_{se} tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu ($m^2 \cdot K/W$);

Pro bytový dům byly zjištěny tři případy součinitelů prostupu tepla na obálce budovy. První byl vypočítán pro původní stav objektu v letech 1986 – 2006. Druhý případ byl počítán jen pro rok 2007, kdy byla vyměněna dřevěná okna za moderní plastová okna a třetí pro období 2008 až po současnost, kdy bylo provedeno k výměně oken i celkové zateplení objektu.

Součinitelé prostupu tepla U ($W/m^2 \cdot K$) pro třetí případ byly zvoleny z protokolu k průkazu energetické náročnosti budovy (Tab. 2), který byl vystaven v roce 2015. Bytový dům je ve vlastnictví společenství vlastníků jednotek a podle zákona 406/2000 §7 musí od 1. ledna 2015 mít průkaz energetické náročnosti budovy.

Tab. 2 Požadavky na součinitel prostupu tepla – průkaz energetické náročnosti budovy

Konstrukce obálky budovy	Plocha	Součinitel prostupu tepla			Činitel tepl. redukce	Měrná ztráta prostupem tepla
		Vypočtená hodnota	Referenční hodnota	Splněno		
	A_j (m ²)	U_j (W/m ² ·K)	$U_{N,rc,j}$ (W/m ² ·K)		b (-)	$H_{\tau,j}$ (W/K)
Střecha	504,00	0,390	0,500	ano	1,00	196,60
Okna - vyměněná	459,36	1,300	1,500	ano	1,00	597,20
Průčelní dílce	259,00	0,280	0,500	ano	1,00	72,50
Štítové dílce	363,00	0,320	0,500	ano	1,00	116,20
Lodžiové příločky	141,00	0,500	0,500	ano	1,00	70,50
Podlaha nad tech. podl.	504,00	0,500	0,500	ano	0,57	143,50
MIV - průčelí	43,00	0,250	0,500	ano	1,00	10,80
MIV - lodžie	43,00	0,310	0,500	ano	1,00	13,30
Lodžie - průčelí	186,00	0,320	0,500	ano	1,00	59,50
Tepelné vazby	225,20			ano	1,00	225,20
Celkem	2502,4	x	x	x	x	1505,2

2.2 Vnitřní stav budovy

K sestavení analytického modelu potřeby tepla a paliva bylo nutné řešit vnitřní stav budovy. Vnitřní stav budovy a kvalita prostředí budou mít dominantní vliv na tepelnou pohodu a zdravotní stav člověka, proto jsou hodnoty jednotlivých faktorů sledovány – vnitřní teplota, vlhkostní podmínky, osvětlení, prašnost a podstatnou částí také solární a vnitřní zisky. Všechny tyto faktory jsou ovlivněny jak činností člověka, tak vlastní stavbou – konstrukcí budovy i vybavením interiéru. Většinu z nich dokážeme ovlivnit větráním vnitřních prostorů a proto všechny vnitřní prostory, ve kterých se člověk pohybuje, musí být větratelné. Tepelné podmínky a celkově vnitřní stav budovy budou mít mnohem větší vliv na subjektivní pocit pohody než např. hluk či nežádoucí škodliviny. Předpoklad je vyrovnaný stav mezi člověkem a prostředím ve kterém se nachází a proto je třeba zajistit optimální stav prostředí tak, aby vyhovoval všem lidem v daném objektu.

2.2.1 Součinitel tepelné ztráty

Součinitel tepelné ztráty je složen ze dvou parametrů – prostupem a větráním. Součinitel tepelné ztráty prostupem byl počítán, jak již bylo zmíněno pro tři konkrétní případy. Součinitelé prostupu tepelné ztráty prostupem budou pro jednotlivé roky konstantní v závislosti na změnách v objektu. První a druhý případ součinitelů tepelné ztráty byly počítány podle stavby jednotlivých konstrukcí. Pro třetí případ byly hodnoty pro součinitel tepelné ztráty prostupem H_T (W/K) vzaty z průkazu energetické náročnosti budov.

Součinitel tepelné ztráty větráním bude záviset na objemovém průtoku vzduchu tj. intenzitě větrání daného objektu.

Součinitel tepelné ztráty prostupem se počítá dle vztahu:

$$H_T = A \cdot U \cdot b \text{ (W/K)} \quad (2)$$

kde:

H_T součinitel tepelné ztráty prostupem (W/K);

A plocha (m²);

U součinitel prostupu tepla (W/m²·K);

b činitel teplotní redukce (-).

Součinitel tepelné ztráty větráním se počítá dle vztahu:

$$H_V = \rho \cdot c_p \cdot \dot{V} \text{ (W/K)} \quad (3)$$

kde:

H_V součinitel tepelné ztráty větráním (W/K);

ρ hustota vzduchu – 1,2 (kg/m³);

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu – 1010 (J/kg·K);

\dot{V} objemový průtok (m³/s).

Objemový průtok se počítá dle vztahu:

$$\dot{V}_{min} = \frac{n \cdot V}{3600} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (4)$$

kde:

\dot{V} objemový průtok (m³/s);

n intenzita větrání (1/h);

V objem budovy (pouze přímo větratelné místnosti) (m³).

Objemový průtok větracího vzduchu v prostoru musí splňovat hygienické a technologické požadavky, které určují potřebnou intenzitu výměny venkovního vzduchu za hodinu.

2.2.2 Intenzita větrání

Intenzita větrání byla zvolena (Tab. 3) odhadem s ohledem na to, jak často bude uživatel bytu otevírat okna v závislosti (3) na venkovní teplotě, aby byla splněna intenzita výměny vzduchu pro daný objekt. Těžko zjištělné chování uživatelů bude mít velký vliv na celkovou tepelnou ztrátu objektu (11) a s tím i na celkovou potřebu tepla na vytápění. Průměrná intenzita výměny vzduchu n (1/h) daného objektu za celé hodnotící období byla $n = 0,3$ (1/h). Model intenzity větrání vychází z předpokladu, že v chladnějším období obyvatelé domu větrají méně než v teplejším období.

Tab. 3 Intenzita větrání v závislosti na venkovní teplotě

Venkovní teplota	Intenzita větrání
t_e (°C)	n (1/h)
(-12;-10)	0,15
(-9;-6)	0,1
(-5;-1)	0,2
(0;4)	0,25
(5;15)	0,3
(16;25)	0,35
(26;30)	0,4
(31;35)	0,45
(35;40)	0,5

2.2.3 Střední vnitřní výpočtová teplota

Střední vnitřní výpočtová teplota je vypočítána jako vážený průměr objemů jednotlivých vytápěných místností objektu, kde se jedná o kuchyně, obývací pokoje a ložnice. Nemohla být použita návrhová vnitřní teplota $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, protože neodpovídala skutečnému vnitřnímu stavu budovy. Střední vnitřní výpočtová teplota bude předpokládána konstantní za celé hodnotící období.

Střední vnitřní teplota se vypočítá dle váženého průměru objemů jednotlivých místností ze vztahu:

$$t_{is} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (5)$$

kde:

t_{is} průměrná vnitřní teplota objektu ($^\circ\text{C}$);

V_i objem i-té místnosti (m^3);

t_i vnitřní teplota i-té místnosti ($^\circ\text{C}$).

2.2.4 Vnější tepelné zisky

Do výpočetního modelu bylo potřeba zahrnout vnější tepelné zisky, které výrazně ovlivňují celkovou bilanci potřeby energie na vytápění. Byla zvolena měsíční a sezónní metoda [1]. Výpočtem podle výkresové dokumentace byla zjištěna celková plocha obvodových zdí a oken a jak jsou situována vůči světové straně.

Vnější tepelné zisky jsou definovány jako:

Tepelné zisky vznikající jako důsledek slunečního záření obvykle dostupného v dané lokalitě jsou závislé na orientaci sběrných ploch, trvalého a pohyblivého stínění, propustnosti a pohltivosti slunečního záření a na vlastnostech charakterizující přenos sběrných ploch. Parametr zahrnující vlastnosti a plochu sběrného povrchu (včetně vlivu stínění) se nazývá efektivní sběrná plocha [1].

Celková a měsíční metoda

U měsíční a sezónní metody je součet tepelných zisků ze solárních zdrojů pro uvažovaný měsíc nebo období $Q_{H,sol}$, vyjádřený v kWh.

Celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc se počítá dle vztahu:

$$Q_{H,sol} = Q_{sol,p} + Q_{sol,n} \text{ (kWh)} \quad (6)$$

kde:

$Q_{H,sol}$ celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc (kWh);

$Q_{sol,p}$ tepelný tok solárních zisků průsvitnými konstrukcemi (kWh);

$Q_{sol,n}$ tepelný tok solárních zisků neprůsvitnými konstrukcemi (kWh).

Tepelný tok solárními zisky průsvitnými konstrukcemi

Solární tepelný tok přes k -tý prvek $Q_{sol,p}$, vyjádřený v kWh se počítá dle vztahu:

$$Q_{sol,p} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,orient} \cdot \Phi_{si} \text{ (kWh)} \quad (7)$$

kde:

$F_{sh,ob,k}$ korekce na stínění externí překážky (-);

$A_{sol,orient}$ účinná solární sběrná plocha (m^2);

Φ_{si} celkové solární záření za měsíc (kWh/m^2).

kde:

$$A_{sol,orient} = A_{celk.} \cdot F_{sh,gl} \cdot g_n \cdot F_w \cdot (1 - F_F) \text{ (} m^2 \text{)} \quad (8)$$

kde:

$A_{celk.}$ celková pohledová plocha zaskleného prvku (m^2);

$F_{sh,gl}$ korekční činitel stínění pro pohyblivá stínící zařízení (-);

g_n celková propustnost zasklení (-);

F_w korekce pro nerozptylové zasklení (-);

F_F podíl plochy rámu (-).

Tepelný tok solárními zisky neprůsvitnými konstrukcemi

Solární tepelný tok přes k -tý prvek $Q_{sol,n}$, vyjádřený v kWh, je dán rovnicí:

$$Q_{sol,p} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,orient} \cdot \Phi_{si} \quad (\text{kWh}) \quad (9)$$

kde:

$F_{sh,ob,k}$ korekce na stínění externí překážky (-);

$A_{sol,orient}$ účinná solární sběrná plocha (m^2);

Φ_{si} celkové solární záření za měsíc (kWh/m^2) (Tab. 4).

kde:

$$A_{sol,orient} = A_{celk.} \cdot \alpha_{se} \cdot R_{se} \cdot U \quad (\text{m}^2) \quad (10)$$

kde:

$A_{celk.}$ celková pohledová plocha neprůhledného prvku (m^2);

α_{se} pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků (-);

R_{se} tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$).

Tab. 4 Celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc

Měsíc	Tepelný zisk solárních zisků								Celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc	
	Průsvitné konstrukce				Neprůsvitné konstrukce					
	Sever	Jih	Východ	Západ	Sever	Jih	Východ	Západ		
	Q_{sol}								$Q_{H,sol}$	
(kWh)								(kWh)	(MJ)	
Leden	86	850	1100	1372	7	29	12	12	3468	12486
Únor	139	1275	2043	2547	11	44	23	23	6106	21981
Březen	268	1850	3694	4605	22	64	41	41	10584	38103
Duben	386	2150	5815	7250	31	75	64	64	15836	57009
Květen	525	2175	6837	8524	42	75	75	75	18330	65989
Červen	557	1900	7073	8818	45	66	78	78	18615	67015
Červenec	547	1950	6601	8230	44	68	73	73	17586	63309
Srpen	450	2400	6287	7838	36	83	69	69	17234	62042
Září	311	1950	4165	5193	25	68	46	46	11804	42493
Říjen	204	1850	3065	3821	16	64	34	34	9088	32717
Listopad	96	1125	1415	1764	8	39	16	16	4478	16120
Prosinec	64	725	864	1078	5	25	10	10	2781	10012

2.2.5 Vnitřní tepelné zisky

Pro výpočet bylo potřeba zahrnout vnitřní tepelné zisky a ty jsou definovány jako:

- metabolické teplo od obyvatel a teplo uvolňované z přístrojů;
- teplo uvolňované z osvětlovacích zařízení;
- teplo uvolňované z rozvodů teplé a studené vody a kanalizačních systémů, nebo teplo do nich pohlcované;
- teplo uvolněné ze systémů vytápění, chlazení a větrání, nebo do nich pohlcované [1].

Vnitřní zisky jsou počítány dle vztahu:

$$Q_{H,int} = A_{f,a} \cdot \Phi_{int,s} (W) \quad (11)$$

kde:

Q_{int} celkové vnitřní zisky (W);

$A_{f,a}$ podlahová plocha místností (m²);

$\Phi_{int,s}$ tepelný tok od osob a spotřebičů (W/m²) (Tab. 5).

Podlahová plocha jednotlivých místností byla změřena (příloha 2).

Tab. 5 Tepelný tok od osob a spotřebičů [1]

Místnost	Tepelný tok od osob a spotř.
	$\Phi_{int,s}$ (W·m ²)
obývací pokoj	9
kuchyň	9
ložnice	3
koupelna	9
WC	9

Celkové zisky

Součtem vnějších tepelných zisků $Q_{H,sol}$ (kWh) a vnitřních tepelných zisků $Q_{H,int}$ (kWh) jsou dány celkové tepelné zisky $Q_{H,gn}$ (kWh), které jsou pak korigovány faktorem využitelnosti.

2.3 Potřeba energie na vytápění

Tepelná ztráta objektu

Analytický model byl nastaven tak, je-li venkovní teplota větší nebo rovna střední vnitřní výpočtové teplotě, nemůže docházet k tepelné ztrátě objektu tj. bude nulové celkové množství přeneseného tepla a tím nulová potřeba tepla. Pro přirozené větrání objektu je předpoklad, že přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti venkovního vzduchu. Tepelná ztráta je úměrná rozdílu teplot střední vnitřní výpočtové teploty a denní venkovní teploty a byla počítána dle ČSN EN 12 831 dle vztahu:

$$\Phi_{H,tr} = (H_T \cdot H_V) \cdot (t_{is} - t_e) \text{ (W)} \quad (12)$$

kde:

$\Phi_{H,tr}$ tepelná ztráta objektu (W);

H_T součinitel tepelné ztráty prostupem (W/K);

H_V součinitel tepelné ztráty větráním (W/K);

t_{is} střední vnitřní výpočtová teplot (K);

$t_{e,d}$ denní venkovní teplota (K).

Celkové množství přeneseného tepla

Průběžné výpočty byly podle normy [1] udávány převážně v W (wattech), převedeme (12) na kWh (kilowatthodina) dle vztahu:

$$Q_{H,c} = \Phi_{H,tr} \cdot \frac{1000}{24} \text{ (kWh)} \quad (13)$$

kde:

$Q_{H,c}$ celkové množství přeneseného tepla (kWh);

$\Phi_{H,tr}$ tepelná ztráta objektu (W).

Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění

Do výpočetního programu byly zahrnuty nutné zahrnout tzv. faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění (14) a bilanční poměr pro vytápění (15). Bude-li nulové celkové množství přeneseného tepla $Q_{H,c}$, tj. nebude potřeba tepla na vytápění, tak dle rovnice (15) bude nulový i bilanční poměr.

Bezrozměrný faktor využitelnosti tepelných zisků pro režim vytápění $\eta_{h,gn}$ je funkcí bilančního poměru Υ_H a číselného parametru a_h , který závisí na tepelné ztrátě setrvačnosti budovy a počítán dle vztahu [1]:

$$\eta_{h,gn} = \frac{1 - \Upsilon_H^{a_h}}{1 - \Upsilon_H^{a_h + 1}} \quad (-) \quad (14)$$

kde:

$\eta_{h,gn}$ bezrozměrný faktor využitelnosti tepelných zisků pro režim vytápění (-);

Υ_H bilanční poměr pro vytápění (-).

Bilanční poměr pro vytápění je dán podílem celkových tepelných zisků vůči celkovému množství přeneseného tepla.

$$\Upsilon_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,c}} \quad (-) \quad (15)$$

kde:

$Q_{H,gn}$ celkové tepelné zisky (kWh);

$Q_{H,c}$ celkové množství přeneseného tepla (kWh).

Časová konstanta

Další parametr pro výpočet byla časová konstanta budovy τ , vyjádřená v hodinách charakterizující tepelnou setrvačnost prostoru pro režim vytápění.

Časová konstanta byla počítána dle vztahu:

$$\tau = \frac{c_M}{H_T + H_V} \quad (\text{h}) \quad (16)$$

kde:

τ časová konstanta (h);

C_M vnitřní tepelná kapacita budovy (J/K);

H_T součinitel tepelné ztráty prostupem (W/K);

H_V součinitel tepelné ztráty větráním (W/K).

Pro daný bytový dům je c_M stanovena dle vztahu:

$$C_M = 165\,000 \cdot A_{f,A} \quad (\text{J/K}) \quad (17)$$

kde:

$A_{f,A}$ podlahová plocha místností – vytápěné místnosti (m²).

Bezrozměrný číselný parametr závisející na časové konstantě τ

Bezrozměrný číselný parametr závisející na časové konstantě určený dle vztahu:

$$a_H = a_{H,0} \cdot \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (\text{kWh}) \quad (18)$$

kde:

a_H bezrozměrný číselný parametr závisející na časové konstantě (-);

$a_{H,0}$ bezrozměrný referenční parametr - zvoleno 1 (měsíční metoda) (-)[1];

τ časová konstanta (h);

$\tau_{H,0}$ referenční časová konstanta – zvoleno 15 hod (měsíční metoda) (h) [1].

Potřeba energie na vytápění

Vypočtením těchto nezbytně důležitých parametrů byla zjištěna potřebná potřeba energie na vytápění budovy za jeden den a byla počítána dle vztahu:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,c} - (Q_{H,gn} \cdot \eta_{h,gn}) \text{ (kWh)} \quad (19)$$

kde:

$Q_{H,nd}$ potřeba energie na vytápění (kWh);

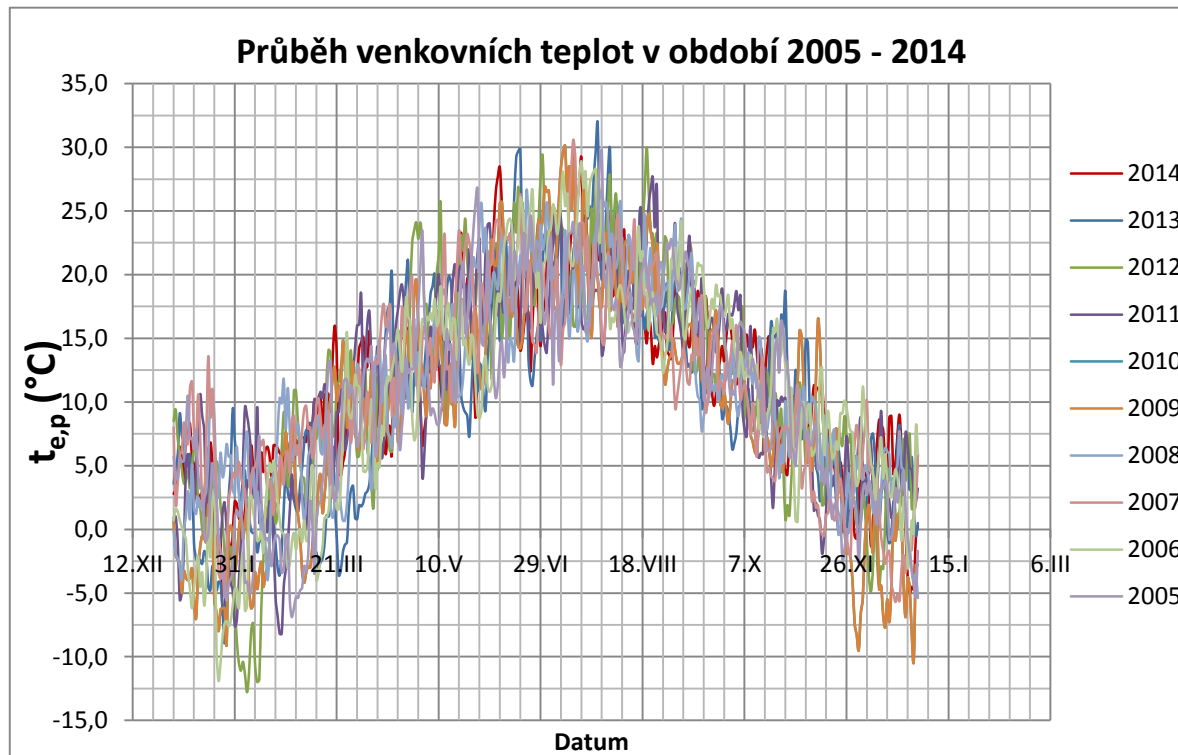
$Q_{H,c}$ celkové množství přeneseného tepla (kWh);

$Q_{H,gn}$ celkové tepelné zisky (kWh);

$\eta_{h,gn}$ bezrozměrný faktor využitelnosti tepelných zisků pro režim vytápění (-).

2.4 Průběh venkovních teplot

Pro sestavení analytického modelu byly použity denní venkovní teploty za celé hodnotící období ze stanice Praha – Karlov.



Obr. 6 Průběh venkovních teplot

2.5 Celková potřeba tepla

Výsledná celková potřeba tepla byla vypočítána pro vytápění a teplou vodu. Byla zjištěna denní teoretická, skutečná potřeba tepla a dále skutečná potřeba paliva. Tyto údaje byly porovnány se skutečně naměřenými hodnotami, které poskytlo společenství vlastníků bytového domu.

Vytápění

Jak již bylo zmíněno výpočet potřeby tepla a paliva pro vytápění byl stanoven s 24 hodinovým časovým krokem, kde součtem všech dnů otopného období bude celková potřeba tepla a paliva za kalendářní rok. Další parametr byl při výpočtu skutečné potřeby tepla odhad daných účinností kotle, rozvodů a obsluhy (regulace).

- η_k **účinnost kotle (%)**

Účinnost kotle je významným parametrem, který udává hospodárnost provozu a míru využití energie paliva. Špičkové hodnoty účinností je třeba brát s určitou rezervou, protože výrobce kotlů udává účinnost kotle při optimálních podmínkách, které byly dosaženy na zkušebně. Navíc maximální tepelný výkon kotle, pro který je výrobcem účinnost stanovena, je v průběhu otopného období využíván pouze krátkou dobu.

Pro výpočet byly zvoleny dvě hodnoty účinnosti kotlů. První byla zvolena pro účinnosti kotlů umístěných v nevhodné kotelně a druhá pro kotle umístěných v moderní kotelně. Porovnání těchto účinností bude diametrálně odlišné, protože je třeba zdůraznit, že teplovodní kotle v nevhodné kotelně byly v provozu beze změny od roku 1986 a byly vyměněny za moderní kondenzační kotle.

V nevhodné kotelně byly umístěny kotle ETA 85 E. Z důvodu nenalezení příslušných projekčních podkladů přesně pro tento typ kotle, byla účinnost jednotlivých kotlů zvolena dle kotle stejného výrobce a podobného typu.

Moderní kotle Buderus disponují funkcí protikorozní ochranou patentovanou termoglazurou DuoClean, kde je při pravidelném servisu čistěn výměník vodou a tím je účinnost kotle stejná jako při začátku instalace kotlů v roce 2007. Výrobce uvádí minimální životnost kotlů 15 let. Účinnost kotlů byla zvolena 0,93 dle katalogových listů konstantní od výstavby až po současnost.

η_R účinnost rozvodů (%)

Rozvody byly v bytovém nezměněny od výstavby v roce 1986, kde byla izolace pomocí rohože ze skelné či čedičové vlny. Hodnota účinnosti rozvodů byla zvolena 0,8.

Při rekonstrukci kotelny byly rozvody opatřeny izolačními trubicemi Isover a účinnost rozvodů se zlepšila na cca 0,9.

- η_O účinnost obsluhy (regulace) (%)

Bytový dům je regulován po celou dobu ekvitermní regulací, kde teplota otopné vody je regulována dle geometrické venkovní teploty.

Do roku 2007 byla regulace s horšími parametry a byla zvolena hodnota 0,8. V roce 2007 kdy byla vybudována nová kotelna a provedeny patřičné úpravy např. nainstalování termostatických hlavicek na otopná tělesa a byla zvolena hodnota 0,93.

Skutečná potřeba tepla na vytápění počítána dle vztahu:

$$Q_{d,VYT\ skut} = \frac{Q_{d,VYT\ skut}}{\eta_K \cdot \eta_R \cdot \eta_O} \left(\frac{J}{den} \right) \quad (21)$$

kde:

$Q_{d,VYT\ skut}$ skutečná potřeba tepla na vytápění (J/den);

η_K účinnost kotle (%);

η_R účinnost rozvodů (%);

η_O účinnost obsluhy (regulace) (%).

Výpočet skutečné potřeby tepla závisí na výhřevnosti paliva. Provozované kotle spalují zemní plyn $H_U = 34,2$ (MJ/m³).

Skutečná spotřeba paliva na vytápění dle vztahu:

$$U_{d,VYT\ skut} = \frac{Q_{d,VYT\ skut} \cdot 1000}{H_U} (\text{m}^3/\text{den}) \quad (22)$$

kde:

H_U výhřevnost paliva – zemní plyn (MJ/m³);

Teplá voda

Celkové množství připravované teplé vody bylo vypočteno z celkového počtu osob a denní dávky teplé vody. Pro letní měsíce bylo uvažováno se snížením množství teplé vody s ohledem na nižší počet osob pro odběr TV (dovolené, letní prázdniny atd.)

Potřeba teplé vody byla zjištěna dle fakturačních údajů bytového domu. Byly použity náměry vodoměrů všech 60 bytů v bytovém domě pro jednotlivý rok, které odečetlo společenství vlastníků jednotek. Součtem jednotlivým bytů byla dána celková potřeba pro určitý rok. Průměrná obsazenost celého bytového domu byla stanovena na 95 osob, z které byla vypočtena průměrná denní dávka teplé vody na osobu za den (Tab. 6).

Další dílčí parametry byly zvoleny následovně:

- z **poměrný koeficient – ztráta (%)**

Vysoký poměrný koeficient byl zvolen pro nevhodnou kotelnu (2005 – 2007) z důvodu neúspěšných oběhových čerpadel Sigma, kdy ztráta byla zvolena 85 %.

Pro moderní kotelnu byl zvolen poměrný koeficient 70 %, kvůli jednoduchému oběhovému čerpadlu, kde regulace čerpadlo lze regulovat je pomocí změny otáček.

- V_{2p} **potřeba teplé vody (m³/osoba·den)**

Tab. 6 Denní dávka teplé vody za období 2009 – 2014

1724 + 1725										
TEPLÁ VODA										
rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
U (m ³ /rok)	1200	1200	1100	1100	1060	1068	1011	1036	1014	943
U _{osoba} (m ³ /osoba·rok)	12,63	12,63	11,58	11,58	11,16	11,25	10,65	10,91	10,68	9,92
U _{osoba} (m ³ /osoba·den)	0,0346	0,0346	0,0317	0,0317	0,0306	0,0308	0,0292	0,0299	0,0292	0,0272
U _{osoba} (l/osoba·den)	35	35	32	32	31	31	29	30	29	27

Teoretická potřeba tepla pro teplou vodu počítána dle vztahu:

$$Q_{d,TV\ teor} = (1 + z) \cdot \rho \cdot c_v \cdot V_{2p} \cdot \Delta t \cdot n \cdot d \left(\frac{J}{rok} \right) \quad (23)$$

kde:

z poměrný koeficient (%);

ρ hustota vody - 1000 (kg/m³);

c_v měrná tepelná kapacita vody - 4186 (J/kg·K);

V_{2p} potřeba teplé vody - zvolena dle (m³/osoba·den);

Δt teplotní rozdíl – 45 (K);

n_p průměrná obsazenost bytového domu – 95 (osoba);

d počet pracovních dní soustavy - 365 (den).

V Tab.6 si lze všimnout postupného poklesu průměrné denní dávky teplé vody na osobu za den. Tento pokles může být způsobem např. tím, že v bytovém domě nyní žijí převážně lidé v duchovém věku, kteří mají nyní menší nároky na potřebu teplé vody než na začátku celého hodnotícího období tj. více než před 10 lety.

- η_{TV} **účinnost přípravy teplé vody (%)**

Účinnost přípravy teplé vody byla zvolena 0,8 pro ne hospodárnou kotelnu a 0,85 pro moderní kotelnu. Nárůst 5 % byl zvolen z důvodu lepších provozních podmínek.

Skutečná potřeba tepla pro teplou vodu počítána dle vztahu:

$$Q_{d,TV\ skut} = \frac{Q_{d,TV\ teor}}{\eta_{TV}} \left(\frac{J}{rok} \right) \quad (24)$$

kde:

η_{TV} účinnost přípravy teplé vody (%)

Skutečná spotřeba paliva pro teplou vodu dle vztahu:

$$U_{d,TV\ skut} = \frac{Q_{d,TV\ skut} \cdot 1000}{H_U} \text{ (m}^3\text{/rok)} \quad (25)$$

kde:

$Q_{d,TV\ skut}$ skutečná potřeba paliva pro teplou vodu (J/rok);

H_U výhřevnost paliva – zemní plyn (MJ/m³).

3. VÝSLEDNÁ BILANCE POTŘEBY TEPLA A PALIVA

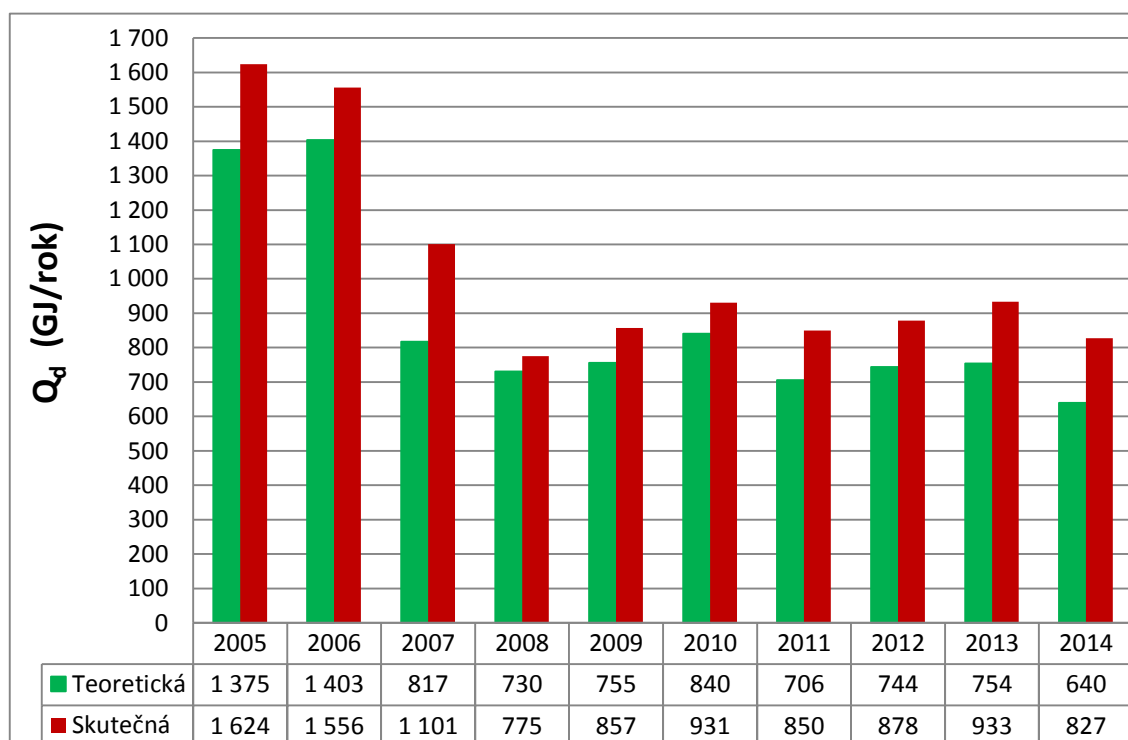
Po sestavení analytického modelu byla provedena celková výsledná bilance potřeby tepla a paliva za celé hodnotící období 2005 – 2014 v bytovém domě.

Celkové potřeby tepla a paliva byly jak pro teoretickou, tak pro skutečnou brány součtem potřeb pro vytápění a teplou vodu. Teoretická potřeba tepla byla vypočtena dle analytického modelu a skutečná byla zjištěna dle verifikace odečtených a naměřených hodnot, které byly fakturovány v bytovém domě.

Tab. 7 Celkový souhrn teoretické a skutečné potřeby tepla a paliva

Rok	TEORETICKÁ	SKUTEČNÁ	Odhylka (%)	Rok	TEORETICKÁ	SKUTEČNÁ	Odhylka (%)
	Potřeba paliva				Potřeba tepla		
	CELKEM (VYT+TV)				CELKEM (VYT+TV)		
	$U_{d,skut}$ (m ³ /rok)				Q_d (GJ/rok)		
2005	38 857	63463	39	2005	1 329	1 624	18
2006	38 964	60182	35	2006	1 333	1 556	14
2007	23 212	39 349	41	2007	794	1 101	28
2008	20 418	26 802	24	2008	698	775	10
2009	21 752	25 950	16	2009	744	857	13
2010	24 153	27 806	13	2010	826	931	11
2011	20 330	24 164	16	2011	695	850	18
2012	21 411	24 350	12	2012	732	878	17
2013	21 703	25 871	16	2013	742	933	20
2014	18 433	22 829	19	2014	630	827	24

V (Tab. 7) lze vidět celkový souhrn teoretické a skutečné potřeby tepla a paliva s následnými odchylkami. Celkové změny v bytovém domě – rekonstrukce kotelny a stavební úpravy dosáhly postupného snížení potřeby tepla a paliva jak ukazuje graf na (Obr. 7).



Obr. 7 Potřeba tepla ve sledovaném objektu

Odchytky v hodnotícím období

V letech 2005 – 2006 byly odchylky v potřebě tepla okolo 16 %. Odchytky byly způsobeny neznalostí určitých parametrů při sestavování analytického modelu v konkrétních letech např. účinnost kotlů a rozvodů. Lze také vidět z grafu na (Obr. 7) teoretická potřeba tepla byla nejvyšší za celé hodnotící období v roce 2005 $Q_d = 1\,375$ GJ/rok a roce 2006 dokonce $Q_d = 1\,403$ GJ/rok.

Roky 2005 – 2006 jsou podle průměrné venkovní teploty považovány za jedny z teplejších a to mělo mít dopad na celkové chování uživatelů z hlediska větrání a celkovou tepelnou pohodu a s tím spjatou celkovou potřebu tepla.

Celková rekonstrukce kotelny a snížení tepelně technických vlastností bytového domu v roce 2007 měly zcela zásadní vliv na snížení potřeby tepla a paliva. Tento rok je považován za „rok změn“. Z tohoto důvodu byla odchylka mezi teoretickou potřebou tepla a paliva největší za celé hodnotící období.

Naopak nejmenší odchylka byla vypočtena v roce 2008 a to 10 %. Průběh roku 2008 lze považovat za optimální.

V letech 2009, 2011 a 2012 byly odchylky vypočteny okolo 16 %. Důvod zvýšení odchylek může být ve zvýšené intenzitě větrání uživatelů bytového.

Rok 2010 byl z důvodu nižší průměrné teploty rokem studenějším. Z tohoto důvodu byla vyšší teoretická potřeba tepla $Q_d = 840$ GJ/rok a odchylka byla vypočtena 11 %. Zde se ukazuje, že sestavený analytický model je v nejlepší shodě po celkových změnách, které v budově byly provedeny v roce 2007.

Naopak v letech 2013 a 2014 byly vypočteny odchylky okolo 22 %. Nárůst oproti letům předešlým může být způsobem odlišným chováním uživatelů nejen při větrání budovy, ale také zároveň v důsledku větší sledovanosti indikace spotřeby tepla. To mohlo mít za následek změnu přístupu uživatelů k provozu otopné soustavy.

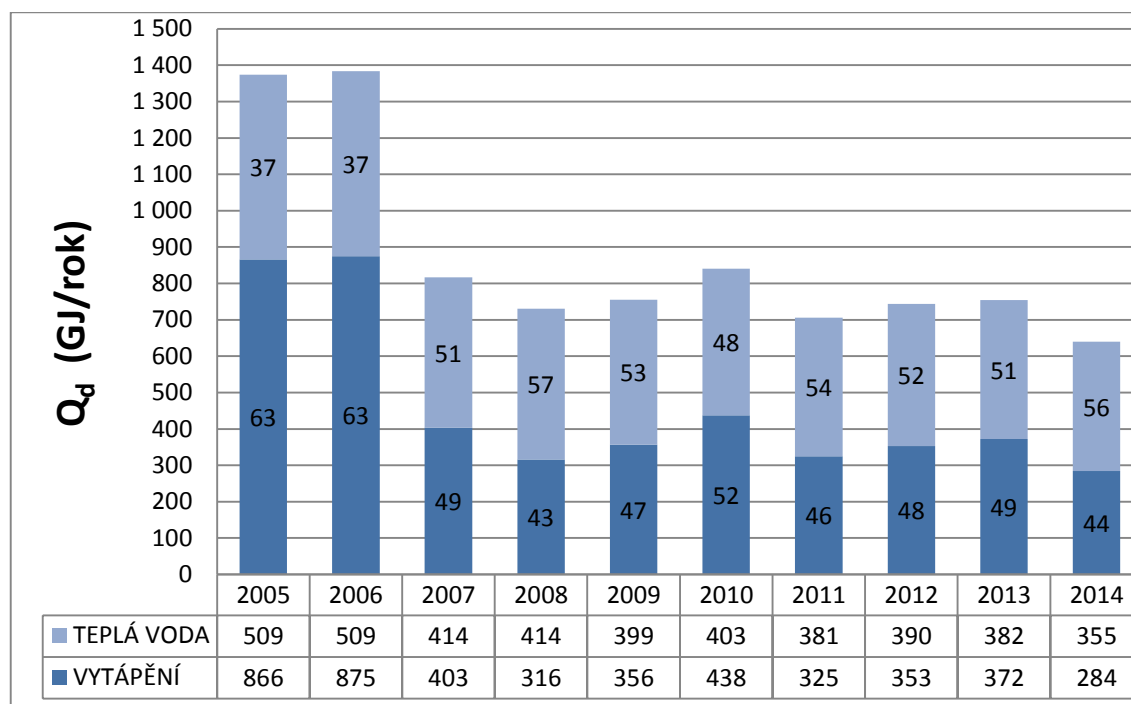
Obecně odchylky mezi teoretickými a skutečnými hodnotami mohou být ovlivněny mnoho faktory. Ten největší ale bude odvíjet od chování uživatelů intenzivně větrat. Do ovlivňujících faktorů mohou být zahrnuty také poruchy systému a různé opravy v bytovém domě.

Celkové změny v bytovém domě z hlediska spotřeby zemního plynu

Pokud by v roce 2007 nebyly provedeny technické změny v kotelně a bytovém domě (tj. rekonstrukce kotelny, zaregulování otopné soustavy a celková výměna oken), byl by předpoklad lineární nárůst spotřeby energií a tím by se zdražovaly náklady na výrobu tepelné energie. Bez zásahu do kotelny a bytového domu by předpokládaná spotřeba plynu v roce 2007 zvýšila z 63 463 m³ až na 72 422 m³, avšak skutečná spotřeba v roce 2007 byla 39 349 m³ a po zateplení objektu v roce 2008 se spotřeba plynu výrazně snížila z 63 463 m³ až na 26 802 m³. V roce 2014 byla spotřeba plynu 22 829 m³ nejmenší za celé období od výstavby bytového domu.

Procentuální podíl teplé vody a vytápění

Výsledná bilance byla provedena i jako vyjádření procentuálního podílu složek vytápění a teplé vody v celém hodnotícím období jak lze vidět z grafu na Obr. 8, kde procentuální podíl jsou čísla ve sloupcích.

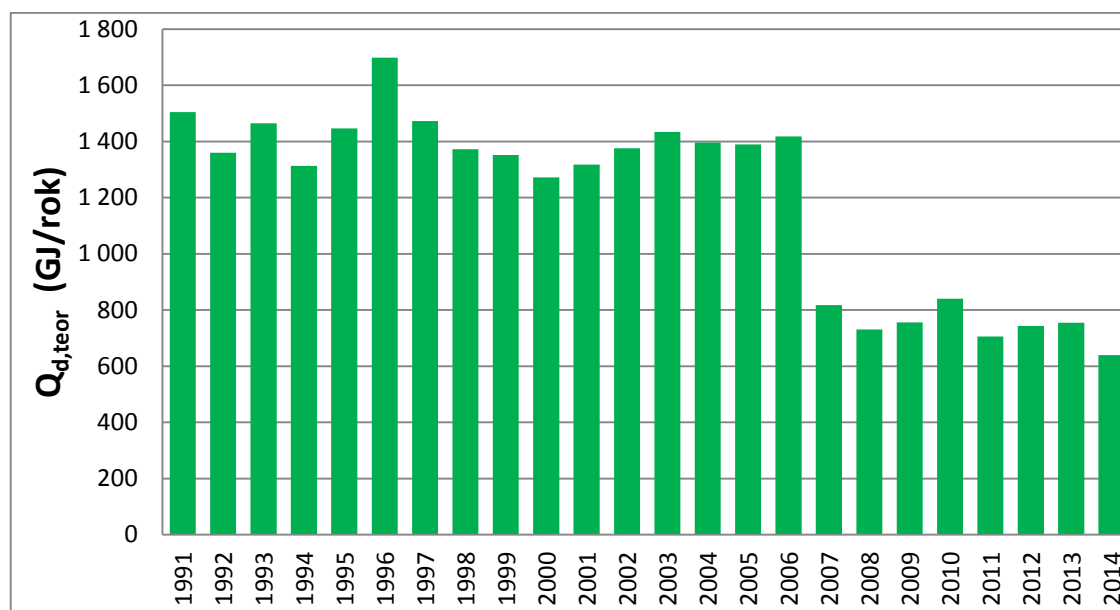


Obr. 8 Teoretická potřeba tepla - TV / VYT

Od rekonstrukce v roce 2007 až po rok 2014 byl procentuální podíl ve všech letech konstantní, kdy průměrně byl podíl teplé vody o něco vyšší 53 % a pro vytápění 47 %. Je tedy vidět, že po úpravách na obálce budovy je z celkové potřeby tepla pro budovu cca 50 % tepla potřeba pro otopnou soustavu a cca 50 % pro přípravu teplé vody. To je zcela zásadní závěr, který ukazuje, že optimalizace provozu kotelny bude směřována zejména do oblasti přípravy teplé vody, kde je možné využít alternativních zdrojů tepla.

Teoretická potřeba tepla za období 1991 – 2014

Pro sestavení analytického modelu a následné bilance byly použity venkovní teploty v období 2005 – 2014 z důvodu poskytnutí fakturačních údajů. Denní průměrné venkovní teploty byly poskytnuty pro období 1991 – 2014 a z analytického modelu byla vypočtena teoretická potřeba tepla pro toto období, jak lze vidět z grafu na Obr. 9.



Obr. 9 Teoretická potřeba tepla

Průběh teoretické potřeby tepla odpovídá průběhu rekonstrukce kotelny a bytového domu. Na Obr. 9 lze vidět dramatický pokles teoretické potřeby tepla v roce 2007, kde tento rok je považován za rok změn.

4. BILANCE NA SOLÁRNÍ KOLEKTORY

V další části diplomové práce budou popsány bilance solárních kolektorů pro přípravu teplé vody a jejich následná doporučení pro samostatnou realizaci v bytovém domě.

Ohřev teplé vody představuje nejvíce rozšíření způsobu využití solárního systému se slunečními kolektory a prakticky v každém regionu České republiky lze využít solární energii, která přináší úspory energie a šetří životní prostředí.

Pro bytový dům byla potřeba teplé vody konstantní po celý rok, proto ji lze kombinovat se solární energií. Pro ohřev teplé vody v letních měsících poskytuje solární zařízení zcela plné pokrytí, ale na druhou stranu konvekční zdroj tepla musí být navrhnut nezávisle na solárním systému. Mohou nastat období špatného počasí, během kterého musí být rovněž zajištěn komfort teplé vody.

Všechny komponenty solární techniky budou od firmy Buderus z důvodu sjednocení s komponenty a příslušenstvím v moderní kotelně, kde byly instalovány dva nástěnné kondenzační kotle o jmenovitém výkonu 98 kW (celkový instalovaný výkon kotelny je 198 kW).

T*SOL 2016

Simulace byla provedena v simulačním programu pro tepelné solární zařízení T*SOL 2016. Simulace je provedena pomocí matematického výpočetního programu. Skutečné tepelné zisky se můžou lišit na základě výkyvu počasí, reálné energetické potřeby a jiných faktorů. Simulace v programu byla provedena po měsících.

Bilance solární soustavy

Simulace v programu T*SOL 2016 byly porovnány s výpočtovým nástrojem z technické normalizační informace TNI 73 0302 *Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup* od autorů T. Matuška a B. Šourek. Výpočtový program bilance solární soustavy slouží jako zjednodušená měsíční metoda pro bilancování solárních tepelných soustav.

Zjednodušená měsíční bilanční metoda je obecně fyzikálně zřetelným postupem energetického hodnocení solárních soustav, který vede ke stanovení ročních tepelných zisků solární soustavy na základě porovnání teoreticky využitelných tepelných zisků solárních kolektorů a potřeby tepla, která má být kryta v jednotlivých měsících. Ve výpočtu se zohledňuje konkrétní typ solárního kolektoru, tepelné ztráty solární soustavy ve vazbě na její velikost, dimenzování vůči potřebě tepla a teplotní úroveň v soustavě. Nevyužitelné zisky nejsou započítány do bilance [4].

Vstupní údaje pro simulaci

Klimatická data:

- Lokalita: Praha Libuš
- Roční úhrn záření na 1m^2 : $1065,199\text{ kWh/m}^2$
- Zeměpisná šířka: 50°
- Zeměpisná délka: $-14,45^\circ$

Teplá voda:

- Průměrná denní spotřeba U: 2850 l/den – průměr $U_{\text{osoba}} = 30\text{ (l/osoba}\cdot\text{den)}$
- Průměrná obsazenost bytového domu n_p : 95 osob
- Teplota studené vody: únor $6,5^\circ\text{C}$
Srpen $12,5^\circ\text{C}$
- Cirkulace: ano

Vybavení systému:

- Nástěnný kotel: 2x Buderus Logamax GB162-100
- Objem zásobníku na teplou vodu: 750 l

Dispozice:

- Počet kolektorů: 25 kolektorů – rozměry střechy dispozičně odpovídají umístění příslušného počtu solárních kolektorů na střechu
- úhel sklonu kolektoru: 45°

Bilance solárních kolektorů bude provedena dva typy:

Plochý deskový kolektor Logasol SKN 4.0-s

Jednodílná vana kolektoru Logasol SKN4.0 je z plastu vyztuženého skelnými vlákny. Kolektor je zakrytý 3,2 mm silným jednodílným bezpečnostním sklem. Toto odlévané sklo s nízkým obsahem železa má vysokou světelnou prostupnost (91 % světelná propustnost). Velmi dobré tepelně izolační vlastnosti a vysokou účinnost zaručuje izolace z minerální vaty o tloušťce 50 mm na zadní straně kolektoru. Je odolné vůči teplotním změnám a proti exhalacím plynů. Celoplošný hliníkový absorbér je s vysoce selektivní vrstvou. Pro dobrý přenos tepla je absorbér svařen s měděným potrubím ve tvaru harfy ultrazvukovými sváry. Pro jednoduché a rychlé hydraulické připojení má kolektor čtyři hadicové vsuvky. Připojení je ve spojení s kolektory dimenzováno na teploty do 170 °C a pro tlaky do 6 bar. Náplň inertního plynu mezi absorbérem a zasklením podstatně snižuje tepelné ztráty. Uzavřený prostor tepelně izolačního zasklení je naplněn těžkým inertním plynem argonem zpomalujícím reakce. Díky hermeticky těsné konstrukci je absorbér chráněn před vlivy okolního prostředí, jako je vlhký vzduch, prach či znečišťující látky [5].

Vakuový trubicový kolektor Logasol SKR6.1 CPC

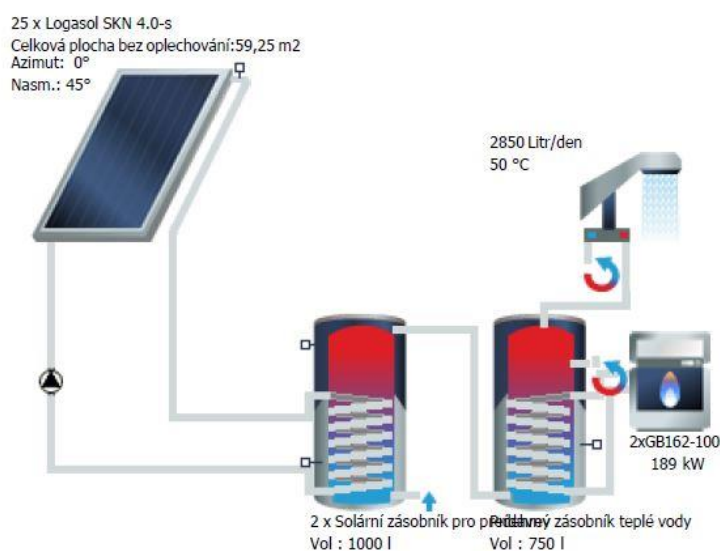
Vakuová trubice je optimalizovaný výrobek, co se týče geometrie a výkonu. Trubice se skládá ze dvou koncentrických skleněných trubic, které jsou vždy na jedné straně uzavřeny ve tvaru polokoule a na druhé straně jsou spolu zataveny. Z prostoru mezi trubicemi se odsaje vzduch a trubice se hermeticky uzavře (izolace pomocí vakua). V každé vakuové trubici je přímo protékána U-trubice, která je připojena ke sběrnému potrubí. Tím jsou zajištěny shodné hydraulické odpory jednotlivých trubic. Tato U-trubice je přitisknuta na vodící tepelný plech na vnitřní straně vakuové trubice. Pro maximální využití solární energie, je na vnějším povrchu vnitřní skleněná trubice nanášena vysoce selektivní vrstvou, která slouží jako absorbér. Tato vrstva je chráněna v evakuovaném meziprostoru. Jedná se o vrstvu nitridu hliníku, která se vyznačuje velmi nízkými emisemi a vysokou absorpcí [5].

Pro zvýšení účinnosti vakuových trubcových kolektorů je u Logasol SKR6 umístěn pod trubkami vysoce reflexní, povětrnostním vlivům odolávající zrcadlový plech CPC (Compound Parabolic Concentrator). Speciální tvarování zrcadel zaručuje, aby přímé a rozptýlené sluneční záření dopadlo na absorbér i při nepříznivých úhlech dopadu paprsků. To výrazně zlepšuje energetický zisk solárního kolektoru [5].

4.1 Plochý deskový kolektor Logasol SKN 4.0-s

Simulace pro plochý deskový kolektor byla provedena v programu T*SOL 2016 a byla následně porovnána s Bilancí SS (analytický model v prostředí MS Excel). Do simulace programu T*SOL 2016 byly použity všechny vstupní údaje - klimatická data, teplá užitková voda, vybavení systému a dispozice.

V programu T*SOL 2016 byly určeny výstupy - schéma zapojení deskového kolektoru (Obr. 10), výsledky roční simulace deskového kolektoru, podíl solární energie na celkové spotřebě a denní maximální teploty v kolektoru.



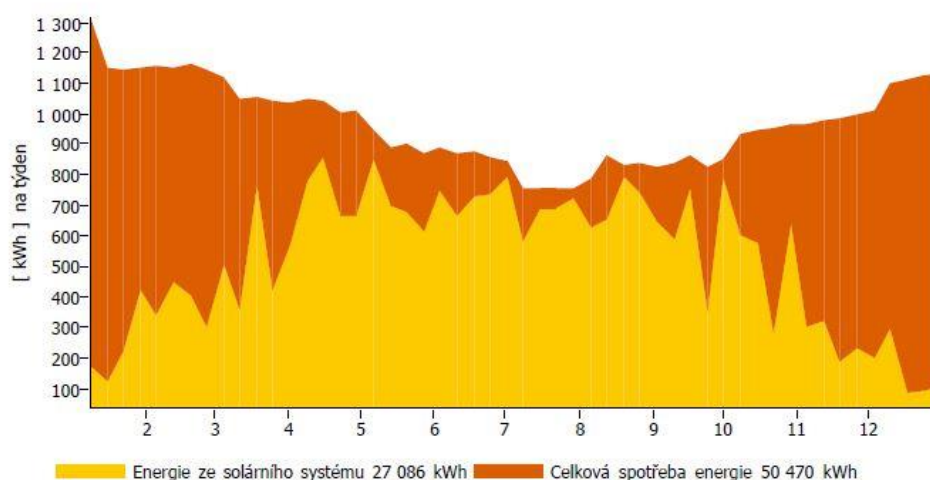
Obr. 10 Schéma zapojení deskového kolektoru

Z programu T*SOL byly vypočteny výsledky roční simulace deskového kolektoru. V Tab. 8 lze vidět určité parametry získané ze simulace. Základním parametrem pro výslednou bilanci byl procentuální podíl solární energie na přípravě teplé vody, který je podle simulace 54,3 %.

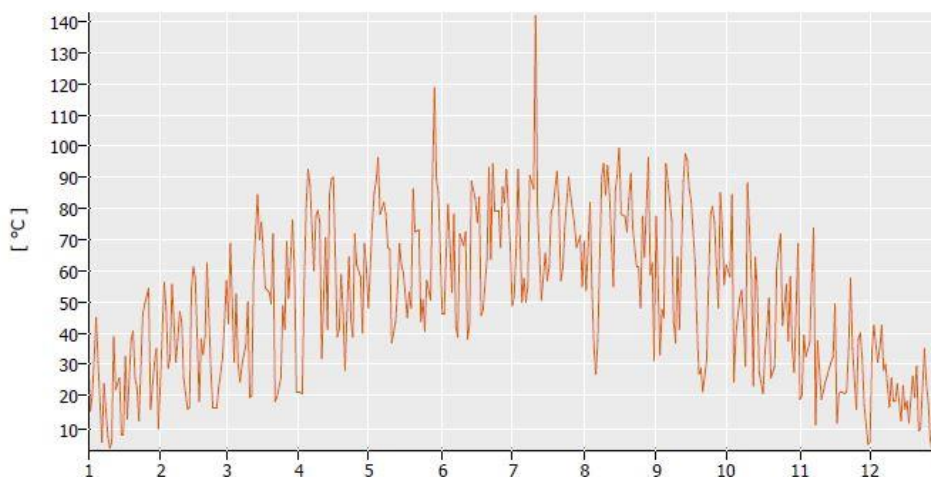
Tab. 8 Výsledky roční simulace deskového kolektoru

Výkon instalovaných kolektorů	41,48	kW
Celková kolektorová plocha:	59,25	m²
Záření na plochu apertury:	66 856,43	kWh/m ²
Energie získaná z kolektoru:	28 137,21	kWh/m ²
Energie získaná z kolektorového okruhu:	27 724,26	kWh/m ²
Energie na přípravu teplé vody:	48 743,23	kWh
Energie ze solárního systému na ohřev TV:	27 085,97	kWh
Energie z doplňkového zdroje:	23 384,30	kWh
Úspora:	3 200,20	m ³
Ušetřené emise CO ₂ :	6 767,28	kg
Podíl solární energie na přípravě TV:	54,30	%
Stupen využití systému:	40,50	%

Z grafu na Obr. 11 lze vidět průběh získané energie ze solárního kolektoru a celkové potřebě energie, kde v letních měsících solární energie pokryje z větší části celou potřebu energie na přípravu teplé vody.

**Obr. 11** Podíl solární energie na celkové potřebě teplé vody dle T^*SOL

P Průběh denních maximálních teplot v kolektoru byl podle simulace očekávaný, avšak v letních měsících jak ukazuje graf na Obr. 12 dochází ke krátké stagnaci. Míra stagnace systému solárních kolektorů, bude záležet na skutečném průběhu odběru TV a skutečných provozních ztrátách rozvodů TV.



Obr. 12 Denní maximální teploty v kolektoru

Další simulace průběhu využití solárních kolektorů z analytického modelu Bilance SS je zobrazena na Obr. 13. Při porovnání modelů T*SOL 2016 a Bilance SS je vidět, že procentuální podíl solární soustavy na přípravě teplé vody je podle programu T*SOL 54,3 % a podle Bilance SS 50,8 %. Celková odchylka je tedy cca 3,5 %.

Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné soustavy verze 2015/02

Akce: Vypracoval:
 Adresa: Datum:
 Kontakt:

Příprava teplé vody		Vytápění		Bazén																																																																												
Vypočítat ze zadaných údajů		Měsíční údaje jsou známy		Měsíční údaje jsou známy																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td>6011</td></tr> <tr><td>Úno</td><td>5429</td></tr> <tr><td>Bře</td><td>6011</td></tr> <tr><td>Dub</td><td>5817</td></tr> <tr><td>Kvě</td><td>6011</td></tr> <tr><td>Čer</td><td>5817</td></tr> <tr><td>Čvc</td><td>4508</td></tr> <tr><td>Srp</td><td>4508</td></tr> <tr><td>Zář</td><td>5817</td></tr> <tr><td>Ríj</td><td>6011</td></tr> <tr><td>Lis</td><td>5817</td></tr> <tr><td>Pro</td><td>6011</td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]	Led	6011	Úno	5429	Bře	6011	Dub	5817	Kvě	6011	Čer	5817	Čvc	4508	Srp	4508	Zář	5817	Ríj	6011	Lis	5817	Pro	6011	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>$Q_{p,VVT}$ [kWh/měs]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td></td></tr> <tr><td>Úno</td><td></td></tr> <tr><td>Bře</td><td></td></tr> <tr><td>Dub</td><td></td></tr> <tr><td>Kvě</td><td></td></tr> <tr><td>Čer</td><td></td></tr> <tr><td>Čvc</td><td></td></tr> <tr><td>Srp</td><td></td></tr> <tr><td>Zář</td><td></td></tr> <tr><td>Ríj</td><td></td></tr> <tr><td>Lis</td><td></td></tr> <tr><td>Pro</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	$Q_{p,VVT}$ [kWh/měs]	Led		Úno		Bře		Dub		Kvě		Čer		Čvc		Srp		Zář		Ríj		Lis		Pro		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Měsíc</th> <th>$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Led</td><td></td></tr> <tr><td>Úno</td><td></td></tr> <tr><td>Bře</td><td></td></tr> <tr><td>Dub</td><td></td></tr> <tr><td>Kvě</td><td></td></tr> <tr><td>Čer</td><td></td></tr> <tr><td>Čvc</td><td></td></tr> <tr><td>Srp</td><td></td></tr> <tr><td>Zář</td><td></td></tr> <tr><td>Ríj</td><td></td></tr> <tr><td>Lis</td><td></td></tr> <tr><td>Pro</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Měsíc	$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]	Led		Úno		Bře		Dub		Kvě		Čer		Čvc		Srp		Zář		Ríj		Lis		Pro	
Měsíc	$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]																																																																															
Led	6011																																																																															
Úno	5429																																																																															
Bře	6011																																																																															
Dub	5817																																																																															
Kvě	6011																																																																															
Čer	5817																																																																															
Čvc	4508																																																																															
Srp	4508																																																																															
Zář	5817																																																																															
Ríj	6011																																																																															
Lis	5817																																																																															
Pro	6011																																																																															
Měsíc	$Q_{p,VVT}$ [kWh/měs]																																																																															
Led																																																																																
Úno																																																																																
Bře																																																																																
Dub																																																																																
Kvě																																																																																
Čer																																																																																
Čvc																																																																																
Srp																																																																																
Zář																																																																																
Ríj																																																																																
Lis																																																																																
Pro																																																																																
Měsíc	$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]																																																																															
Led																																																																																
Úno																																																																																
Bře																																																																																
Dub																																																																																
Kvě																																																																																
Čer																																																																																
Čvc																																																																																
Srp																																																																																
Zář																																																																																
Ríj																																																																																
Lis																																																																																
Pro																																																																																
Počet osob: <input type="text" value="95"/> os Potřeba teplé vody: <input type="text" value="30"/> l/os.d Teplota SV: <input type="text" value="10"/> °C Teplota TV: <input type="text" value="55"/> °C Letní snížení potřeby: <input type="text" value="25"/> % Přirážka na ztráty: <input type="text" value="30"/> % Centrální zásobníkový ohřev: <input type="text"/>	Tepelná ztráta: <input type="text"/> kW Návrhová vnitřní teplota: <input type="text"/> °C Návrhová venk. teplota: <input type="text"/> °C Teplota při vodní vodě: <input type="text"/> °C Přirážka na ztráty: <input type="text"/> % Korekční součinitel: <input type="text" value="0,75"/> Běžný standard: <input type="text"/>	Vnější zakrývaný: <input type="text"/> Plocha bazénu: <input type="text"/> m ² Provozní doba: <input type="text"/> h/den Teplota vody (den): <input type="text"/> °C Teplota vzduchu (den): <input type="text"/> °C Teplota vody (noc): <input type="text"/> °C Teplota vzduchu (noc): <input type="text"/> °C Počet návštěvníků: <input type="text"/> os/m																																																																														

Specifikace solárního kolektoru a solární soustavy

Druh: Typ:

Optická účinnost η_0	<input type="text" value="0,78"/> -	Příprava teplé vody	<input type="text"/>
Koeficient ztráty a_1	<input type="text" value="3,25"/> W/m ² K	Střední denní teplota v solárních kolektorech	<input type="text" value="35"/> °C
Koeficient ztráty a_2	<input type="text" value="0,016"/> W/m ² K ²	Srážka z tepelných zisků vlivem tepelných ztrát	<input type="text" value="9"/> %
Vztažná plocha kolektoru	<input type="text" value="2,35"/> m ²	Plocha apertury kolektoru	<input type="text" value="2,30"/> m ²
Počet kolektorů	<input type="text" value="25"/> ks	Sklon kolektorů	<input type="text" value="45"/> °
Plocha kolektorového pole	<input type="text" value="58,8"/> m ²	Azimut kolektorů	<input type="text" value="0"/> °

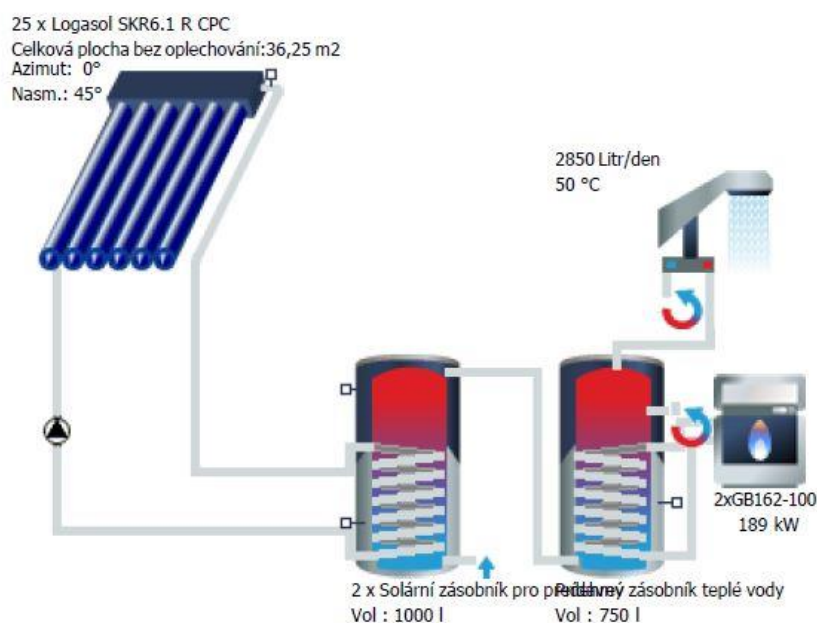
Výsledky výpočtu PŘEPOČET HODNOT A KONTROLA								Souhrnné výsledky			
Měsíc	t_{ext} °C	G_m W/m ²	H_1 kWh/m ²	η_k -	Q_p MWh	$Q_{k,u}$ MWh	Q_{sol} MWh	Energetický zisk soustavy	<input type="text" value="34,43"/> MWh/rok		
Led	1,8	418	36	0,48	6,01	0,83	0,83	Měrný solární zisk	<input type="text" value="599"/> kWh/m ² .rok		
Úno	2,7	489	57	0,54	5,43	1,47	1,47	Solární pokrytí	<input type="text" value="50,8"/> %		
Bře	6,3	535	93	0,58	6,01	2,61	2,61				
Dub	10,7	527	127	0,62	5,82	3,77	3,77				
Kvě	16,0	521	147	0,65	6,01	4,63	4,63				
Čer	18,6	517	136	0,67	5,82	4,40	4,40				
Čvc	20,5	512	137	0,68	4,51	4,51	4,51				
Srp	21,1	515	148	0,69	4,51	4,91	4,51				
Zář	17,1	516	105	0,66	5,82	3,34	3,34				
Ríj	11,7	488	86	0,61	6,01	2,51	2,51				
Lis	6,4	427	46	0,54	5,82	1,19	1,19				
Pro	3,6	387	29	0,48	6,01	0,67	0,67				
Celkem			1147		67,77		34,43				

Výpočetní nástroj v souladu s TNI 73 0302:2014 Autoři: T. Matuška, B. Šourek, 2015

Obr. 13 Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné techniky

4.2 Trubicový vakuový kolektor Logasol SKR6.1 CPC

Simulace pro trubicový vakuový kolektor byla provedena opět v programu T*SOL 2016 a byla následně porovnána s Bilancí SS. Schéma zapojení trubicových kolektorů ukazuje Obr. 14. Výsledky roční simulace trubicových kolektorů, podíl solární energie na celkové spotřebě pak znázorňuje tabulka 10 a průběh denních maximálních teplot v kolektoru pak gran na obr. 15.



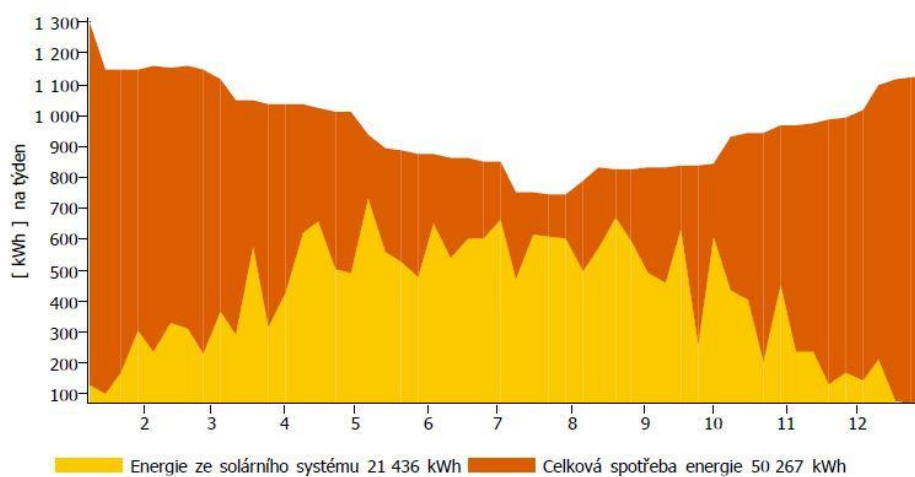
Obr. 14 Schéma zapojení trubicového kolektoru

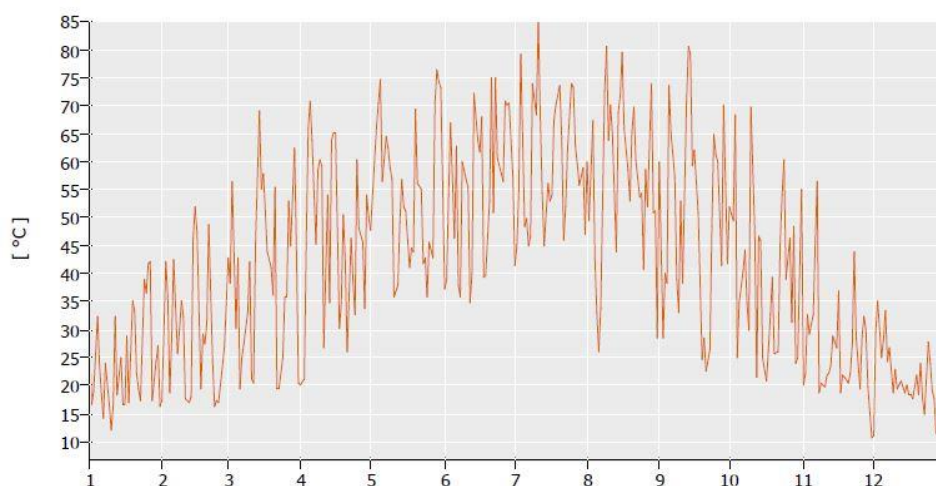
Procentuální pokrytí potřeby tepla pro přípravu teplé vody pro navržené trubicové kolektory je dle modelu T*SOL 42,6 %.

Tab. 9 Výsledky roční simulace trubcového kolektoru

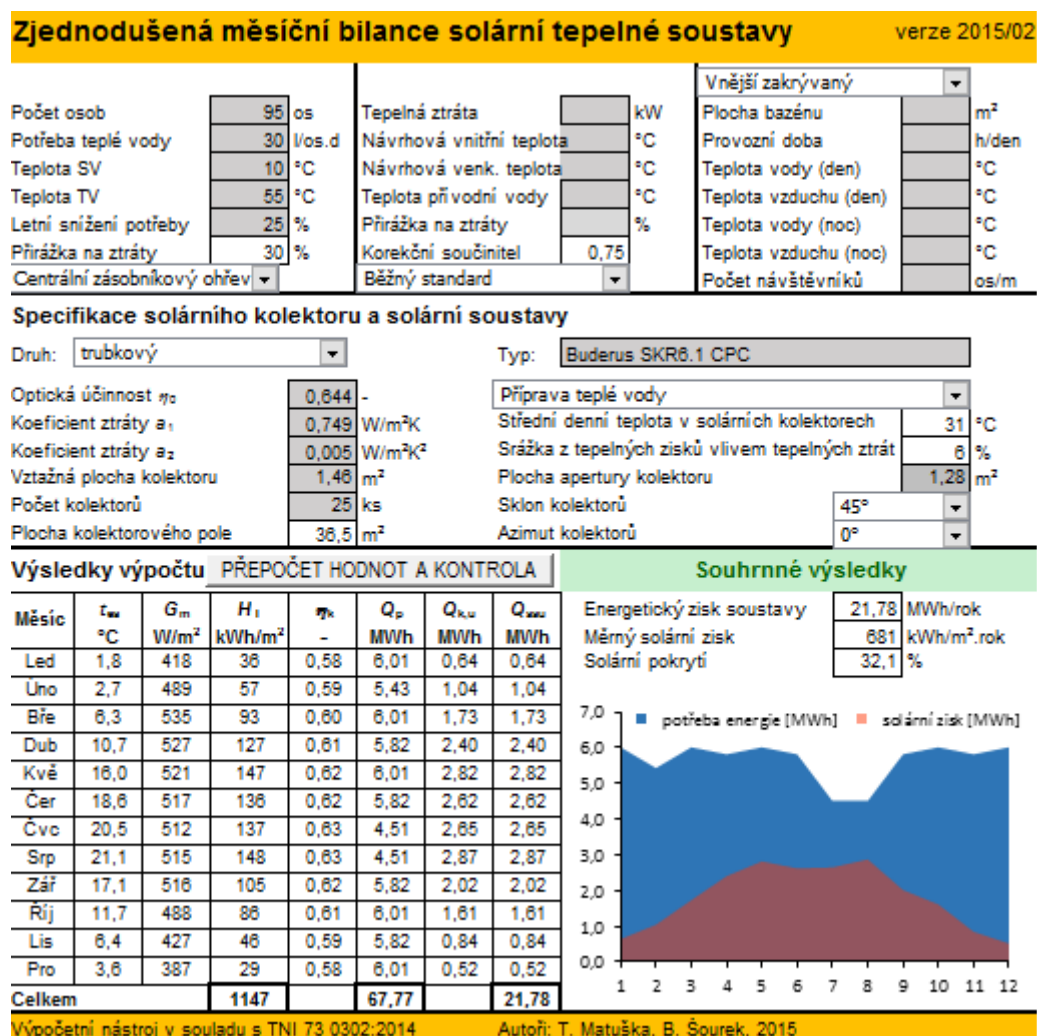
Výkon instalovaných kolektorů	25,38	kW
Celková kolektorová plocha:	36,25	m²
Záření na plochu apertury:	38 033,88	kWh/m ²
Energie získaná z kolektoru:	21 998,87	kWh/m ²
Energie získaná z kolektorového okruhu:	21 676,83	kWh/m ²
Energie na přípravu teplé vody:	48 743,23	kWh
Energie ze solárního systému na ohřev TV:	24 436,33	kWh
Energie z doplňkového zdroje:	28 830,20	kWh
Úspora:	2 555,60	m ³
Ušetřené emise CO ₂ :	5 404,07	kg
Podíl solární energie na přípravě TV:	42,60	%
Stupeň využití systému:	56,40	%

Z grafu na Obr. 15 lze vidět průběh získané energie ze solárního kolektoru a celkové spotřeby energie. Na rozdíl od varianty s deskovými kolektory sice v letních měsících nedochází k plnému pokrytí potřeby tepla pro přípravu teplé vody ze solárních kolektorů, ale na druhou stranu nedochází ke stagnaci kolektorového pole (viz. Obr. 16).

**Obr. 15** Podíl solární energie na celkové potřebě teplé vody dle T*SOL



Obr. 16 Denní maximální teploty v kolektoru



Obr. 17 Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné techniky

Solární pokrytí podle programu T*SOL 2016 je 42,6 %, podle Bilance SS 32,1 %. Celková odchylka bilance obou výpočetních programů byla 10,5 %.

Výsledná bilance solárních kolektorů byla provedena za účelem doporučení typu kolektoru pro následnou realizaci v bytovém domě. Hlavní hledisko bylo procentuální vyjádření podílu solární energie na přípravě teplé vody a možnosti umístění daného typu kolektoru. Celkový počet kolektorů byl stanoven dle rozměrů horizontální střechy bytového domu a maximálního dispozičního umístění kolektorů na střechu.

Při zadaném stejném počtu kolektorů byl rozdílný celkový instalovaný výkon, celková kolektorová plocha (u deskových vyšla podle programu T*SOL 59,25 m² a podle bilance SS 36,25 m²) i energie získaná z kolektoru.

Z pohledu porovnání jak varianty s deskovými a trubicovými kolektory lze shrnout výsledky simulací takto:

Plochý deskový kolektor

- T*SOL 2016: 54,3 %
- Bilance SS: 50,8 %

Trubicový vakuový kolektor

- T*SOL 2016: 42,6 %
- Bilance SS: 32,1 %

Jako efektivnější variantou se dle výše uvedeného jeví použití deskových kolektorů před trubicovými, proto mají vyšší procentuální využití. Nicméně do celkového rozhodování musí následně vstoupit také ekonomické zhodnocení variant.

5. VARIANTA ZDROJŮ TEPLA

V další části diplomové práce budou popsány různé varianty zdrojů tepla pro řešený bytový dům. S ohledem na polohu a dispozici bytového domu bude pak vybrána optimální varianta pro možnou realizaci.

Varianty zdrojů tepla budou určeny způsobem, zda některá varianta bude investičně a provozně lepší než varianta, která se v současnosti nachází v kotelně.

Varianty zdrojů tepla budou porovnávány pouze z finančního hlediska. Výsledkem bude vybrána varianta s nejmenší diskontovanou dobou návratnosti. Výběr nejlepší varianty byl proveden porovnáním investičních nákladů, provozních nákladů na základě skutečného zpracování různých cenových nabídek.

Investiční (pořizovací) náklady obsahují:

- celkové náklady na koupi zařízení;
- náklady na instalaci zařízení;
- náklady na uvedení zařízení do provozu;
- na rozvody topné vody.

Provozní náklady obsahují:

- náklady na energii a paliva;
- náklady na služby (údržba).

Vybrané varianty jsou následující:

- nástěnný kondenzační kotel + plochý deskový kolektor
- nástěnný kondenzační kotel + trubicový vakuový kolektor
- stacionární kondenzační kotel + plochý deskový kolektor
- stacionární kondenzační kotel + trubicový vakuový kolektor
- nástěnný kotel (vytápění) + tepelné čerpadlo (teplá voda)

Všechny cenové nabídky a komponenty budou od firmy Buderus. Nabídky obsahují ceníkové ceny výrobce.

Stávající stav moderní kotelny obsahuje dva nástěnné kondenzační kotle Buderus Logamax GB162-100 o jmenovitém výkonu 99 kW (celkový instalovaný výkon kotelny je 198 kW).

Kotelna obsahuje dva topné okruhy - vytápění objektu a přípravu teplé vody. Objem zásobníků byl volen dle stávajícího stavu potřeby teplé vody bytového domu.

Tab. 10 Celkový přehled cen potřeby tepla a paliva v hodnotícím období

Rok	Skutečná potřeba paliva	Skutečná potřeba tepla					
		Celkem	Cena	VYT	Cena	TV	Cena
		$U_{d,skut}$ (m ³ /rok)	Q_d (GJ/rok)	X (Kč)	$Q_{d,VYT,skut}$ (GJ/rok)	X (Kč)	$Q_{d,TV,skut}$ (GJ/rok)
2005	63 463	1 624	586 957	546	389 719	1 078	197 238
2006	60 182	1 556	666 938	538	435 656	1 018	231 282
2007	39 349	1 101	442 385	433	268 440	668	173 945
2008	26 802	775	415 081	391	236 650	384	178 431
2009	25 950	857	441 778	396	239 676	461	202 102
2010	27 806	931	529 477	412	297 112	519	232 365
2011	24 164	850	396 249	369	226 140	481	170 109
2012	24 350	878	456 861	387	257 510	491	199 351
2013	25 871	933	529 505	392	298 497	541	231 008
2014	22 829	827	492 366	376	270 694	451	221 672

Celkový přehled cen potřeby tepla a paliva poskytuje reálnou představu kolik vlastníci společenství vlastníků jednotek za vytápění a teplou vodu. Tab. 10 poukazuje na to, že nejvíce peněz vlastníci společenství vlastníků jednotek zaplatilo v roce 2006, kdy byla ve výstavbě nevhodná kotelna, a nebylo provedeno zateplení obálky budovy. Modernizací kotelny a rekonstrukcí bytového domu bylo docíleno snížení ceny přibližně o 200 000 Kč.

5.1 Nástěnný kondenzační kotel + deskový kolektor

První varianta obsahuje dva nástěnné kondenzační kotle Logamax GB162-100 o jmenovitém výkonu 99 kW (celkový instalovaný výkon je 198 kW), 25 plochých deskových kolektorů Logasol SKN 4.0-s. Tato zařízení obsahují veškeré příslušenství pro přípravu teplé vody a vytápění nutné k provozu.

Poz.	Popis	Obj. číslo	Poč.	Jednotková cena bez DPH	Ceniková cena bez DPH
1	Nástěnný kondenzační kotel Logamax plus GB162-100	7736700887	2	110 000,00 Kč	220 000,00 Kč
2	Přípojovací čerpadlová skupina: K přímému připojení na kotel GB162, vč. oběhového čerpadla Wilo Stratos Para 25/18, pojistného ventilu 4 bary, plynového kohoutu, uzavíracích kohoutů, zpětné klapky, manometru, přípojky pro externí MAG, kohoutu KFE, izolace	7736700103	2	19 400,00 Kč	38 800,00 Kč
3	Kaskádová jednotka pro dva kotle vedle sebe, anuloid do 17 m ³ /h, výstup, zpátečka 2 1/2", plynové potrubí 2"	7114064	1	47 100,00 Kč	47 100,00 Kč
4	Zásobník teplé vody Logalux SU1000/5 W C	7736502273	2	72 300,00 Kč	144 600,00 Kč
5	Termohydraulický rozdělovač HVDT ETL, vel. 3, 12 m ³ /hod	15510203	1	9 600,00 Kč	9 600,00 Kč
6	Regulace				
7	Regulační přístroj Logamatic 4323	7747310523	1	18 540,00 Kč	18 540,00 Kč
8	Kaskádový modul FM456 pro 2 kotle	30009038	1	4 390,00 Kč	4 390,00 Kč
9	Funkční modul FM441 pro přípravu TV	30004858	1	5 900,00 Kč	5 900,00 Kč
10	Solární unčkní smodul FM443	30006382	1	5 740,00 Kč	5 740,00 Kč
11	Čidlo výstupní teploty FV/FZ	5991376	1	540,00 Kč	540,00 Kč
12	Odvod spalin				
13	Základní stavební sada DN200 se spalinovými klapkami	7 736 700 114	1	20 700,00 Kč	20 700,00 Kč
14	Kaskádová sada šachty DN200	87090086	1	9 530,00 Kč	9 530,00 Kč
15	Trubka revizní DN200	87090686	1	3 560,00 Kč	3 560,00 Kč
16	Trubka DN200 délka 2 m dle konkrétní dispozice	87 090 412	3	2 250,00 Kč	6 750,00 Kč
17	Úprava vody				
18	Měřák vodivosti	7747208557	1	4 580,00 Kč	4 580,00 Kč
19	Solární technika				
20	Deskový kolektor SKN4.0-s	8718530938	25	15 900,00 Kč	397 500,00 Kč
21	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, základní sada	8718531031	2	7 290,00 Kč	14 580,00 Kč
22	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, rozšiřovací sada	8718531032	23	4 150,00 Kč	95 450,00 Kč
23	KS0120 solární stanice bílá	7747009489	1	21 100,00 Kč	21 100,00 Kč
24	Solární kapalina Solar Fluid, L20, 20 litrů	8718660881	10	2 290,00 Kč	22 900,00 Kč
25	SP1-ochr.regulace před bleskem	83006120	1	860,00 Kč	860,00 Kč
26	Expanzní nádoba 80 l	80432048	1	2 600,00 Kč	2 600,00 Kč
27	OVE ventil k expanzní nádobě 1"	82567100	1	420,00 Kč	420,00 Kč
Celkem					1 095 740 Kč

Obr. 18 Cenová nabídka - nástěnný kotel + deskový kolektor

5.2 Nástěnný kondenzační kotel + trubicový kolektor

Druhá varianta obsahuje dva nástěnné kondenzační kotle Logamax GB162-100 o jmenovitém výkonu 99 kW (celkový instalovaný výkon je 198 kW), 25 trubicových vakuových kolektorů Logasol SKR6.1 CPC. A je opět včetně příslušenství pro přípravu teplé vody a vytápění.

Poz.	Popis	Obj. číslo	Poč.	Jednotková cena bez DPH	Ceníková cena bez DPH
1	Nástěnný kondenzační kotel Logamax plus GB162-100	7736700887	2	110 000,00 Kč	220 000,00 Kč
2	Připojovací čerpadlová skupina: K přímému připojení na kotel GB162, vč. oběhového čerpadla Wilo Stratos Para 25/18, pojistného ventilu 4 bary, plynového kohoutu, uzavíracích kohoutů, zpětné klapky, manometru, přípojky pro externí MAG, kohoutu KFE, izolace	7736700103	2	19 400,00 Kč	38 800,00 Kč
3	Kaskádová jednotka pro dva kotle vedle sebe, anuloid do 17 m ³ /h, výstup, zpátečka 2 1/2", plynové potrubí 2"	7114064	1	47 100,00 Kč	47 100,00 Kč
4	Zásobník teplé vody Logalux SU1000/5 W C	7736502273	2	72 300,00 Kč	144 600,00 Kč
5	Termohydraulický rozdělovač HVDT ETL, vel. 3, 12 m ³ /hod	15510203	1	9 600,00 Kč	9 600,00 Kč
6	Regulace				
7	Regulační přístroj Logamatic 4323	7747310523	1	18 540,00 Kč	18 540,00 Kč
8	Kaskádový modul FM456 pro 2 kotle	30009038	1	4 390,00 Kč	4 390,00 Kč
9	Funkční modul FM441 pro přípravu TV	30004858	1	5 900,00 Kč	5 900,00 Kč
10	Solární unčnický smodul FM443	30006382	1	5 740,00 Kč	5 740,00 Kč
11	Čidlo výstupní teploty FV/FZ	5991376	1	540,00 Kč	540,00 Kč
12	Odvod spalin				
13	Základní stavební sada DN200 se spalinovými klapkami	7 736 700 114	1	20 700,00 Kč	20 700,00 Kč
14	Kaskádová sada šachty DN200	87090086	1	9 530,00 Kč	9 530,00 Kč
15	Trubka revizní DN200	87090686	1	3 560,00 Kč	3 560,00 Kč
16	Trubka DN200 délka 2 m dle konkrétní dispozice	87 090 412	3	2 250,00 Kč	6 750,00 Kč
17	Úprava vody				
18	Měřák vodivosti	7747208557	1	4 580,00 Kč	4 580,00 Kč
19	Solární technika				
20	Trubicový kolektor SKR6.1R CPC	8718530548	25	20 500,00 Kč	512 500,00 Kč
21	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, základní sada	8718531031	2	7 290,00 Kč	14 580,00 Kč
22	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, rozšiřovací sada	8718531032	23	4 150,00 Kč	95 450,00 Kč
23	KS0120 solární stanice bílá	7747009489	1	21 100,00 Kč	21 100,00 Kč
24	Solární kapalina Solar Fluid, L20, 20 litrů	8718660881	10	2 290,00 Kč	22 900,00 Kč
25	SP1-ochr.regulace před bleskem	83006120	1	860,00 Kč	860,00 Kč
26	Expanzní nádoba 80 l	80432048	2	2 600,00 Kč	5 200,00 Kč
27	OVE ventil k expanzní nádobě 1"	82567100	1	420,00 Kč	420,00 Kč
Celkem					1 213 340 Kč

Obr. 19 Cenová nabídka - nástěnný kotel + trubicový kolektor

5.3 Stacionární kondenzační kotel + deskový kolektor

Třetí varianta obsahuje dva stacionární kotle GB312-90 o jmenovitém výkonu 84 kW (celkový instalovaný výkon je 168 kW) včetně příslušenství pro vytápění a 25 plochých deskových kolektorů Logasol SKN 4.0-s včetně příslušenství pro přípravu teplé vody.

Poz.	Popis	Obj. číslo	Poč.	Jednotková cena bez DPH	Ceniková cena bez DPH
1	Nástěnný kondenzační kotel Logamax plus GB312-180 kaskáda	3110203 CZ	1	333 000,00 Kč	333 000,00 Kč
2	Pojistná skupina KSS (pojistný ventil 3bar, odvzdušňovač, tlakoměr)	7747003386	2	3 720,00 Kč	7 440,00 Kč
3	Termohydraulický rozdělovač HVDT ETL, max 8000 l/h, DN65	15510202	1	7 600,00 Kč	7 600,00 Kč
4	Oběhové čerpadlo Wilo Stratos 30/1-6, 230 V	2013520	2	18 403,00 Kč	36 806,00 Kč
5	Zásobník teplé vody Logalux SU1000/5 W C	8718541330	2	72 300,00 Kč	144 600,00 Kč
6	Regulace				
7	Regulační přístroj Logamatic 4323	7747310523	1	18 540,00 Kč	18 540,00 Kč
8	Kaskádový modul FM458 pro 2 kotle	7747310206	1	5 360,00 Kč	5 360,00 Kč
9	Funkční modul FM441 pro přípravu TV	30004858	1	5 900,00 Kč	5 900,00 Kč
10	Solární unčnický smodul FM443	30006382	1	5 740,00 Kč	5 740,00 Kč
11	Logamatic PM10 pro řízení modulačního čerpadla v kotlovém okruhu	7736600643	2	5 950,00 Kč	11 900,00 Kč
12	Čidlo výstupní teploty FV/FZ	5991376	1	540,00 Kč	540,00 Kč
13	Odvod spalin				
14	Základní stavební sada DN200 se spalinovými klapkami	7 736 700 114	1	20 700,00 Kč	20 700,00 Kč
15	Kaskádová sada šachty DN200	87090086	1	9 530,00 Kč	9 530,00 Kč
16	Trubka revizní DN200	87090686	1	3 560,00 Kč	3 560,00 Kč
17	Trubka DN200 délka 2 m dle konkrétní dispozice	87 090 412	3	2 250,00 Kč	6 750,00 Kč
18	Úprava vody				
19	Měřák vodivosti	7747208557	1	4 580,00 Kč	4 580,00 Kč
20	Solární technika				
21	Deskový kolektor SKN4.0-s	8718530938	25	15 900,00 Kč	397 500,00 Kč
22	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, základní sada	8718531031	2	7 290,00 Kč	14 580,00 Kč
23	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, rozšiřovací sada	8718531032	23	4 150,00 Kč	95 450,00 Kč
24	KS0120 solární stanice bílá	7747009489	1	21 100,00 Kč	21 100,00 Kč
25	Solární kapalina Solar Fluid, L20, 20 litrů	8718660881	10	2 290,00 Kč	22 900,00 Kč
26	SP1-ochr.regulace před bleskem	83006120	1	860,00 Kč	860,00 Kč
27	Expanzní nádoba 80 l	80432048	1	2 600,00 Kč	2 600,00 Kč
28	OVE ventil k expanzní nádobě 1"	82567100	1	420,00 Kč	420,00 Kč
Celkem					1 177 956 Kč

Obr. 20 Cenová nabídka - stacionární kotel + deskový kolektor

5.4 Stacionární kondenzační kotel + trubicový kolektor

Čtvrtá varianta obsahuje dva stacionární kotle GB312-90 o jmenovitém výkonu 84 kW (celkový instalovaný výkon je 168 kW) včetně příslušenství pro vytápění a 25 trubicových vakuových kolektorů Logasol SKR6.1 CPC včetně příslušenství pro přípravu teplé vody.

Poz.	Popis	Obj. číslo	Poč.	Jednotková cena bez DPH	Ceniková cena bez DPH
1	Nástěnný kondenzační kotel Logamax plus GB312-180 kaskáda	3110203 CZ	1	333 000,00 Kč	333 000,00 Kč
2	Pojistná skupina KSS (pojistný ventil 3bar, odvzdušňovač, tlakoměr)	7747003386	2	3 720,00 Kč	7 440,00 Kč
3	Termohydraulický rozdělovač HVDT ETL, max 8000 l/h, DN65	15510202	1	7 600,00 Kč	7 600,00 Kč
4	Oběhové čerpadlo Wilo Stratos 30/1-6, 230 V	2013520	2	18 403,00 Kč	36 806,00 Kč
5	Zásobník teplé vody Logalux SU1000/5 W C	8718541330	2	72 300,00 Kč	144 600,00 Kč
6	Regulace				
7	Regulační přístroj Logamatic 4323	7747310523	1	18 540,00 Kč	18 540,00 Kč
8	Kaskádový modul FM458 pro 2 kotle	7747310206	1	5 360,00 Kč	5 360,00 Kč
9	Funkční modul FM441 pro přípravu TV	30004858	1	5 900,00 Kč	5 900,00 Kč
10	Solární unčkní smodul FM443	30006382	1	5 740,00 Kč	5 740,00 Kč
11	Logamatic PM10 pro řízení modulačního čerpadla v	7736600643	2	5 950,00 Kč	11 900,00 Kč
12	Čidlo výstupní teploty FV/FZ	5991376	1	540,00 Kč	540,00 Kč
13	Odvod spalin				
14	Základní stavební sada DN200 se spalinovými klapkami	7 736 700 114	1	20 700,00 Kč	20 700,00 Kč
15	Kaskádová sada šachty DN200	87090086	1	9 530,00 Kč	9 530,00 Kč
16	Trubka revizní DN200	87090686	1	3 560,00 Kč	3 560,00 Kč
17	Trubka DN200 délka 2 m dle konkrétní dispozice	87 090 412	3	2 250,00 Kč	6 750,00 Kč
18	Úprava vody				
20	Měřák vodivosti	7747208557	1	4 580,00 Kč	4 580,00 Kč
21	Solární technika				
22	Trubicový kolektor SKR6.1R CPC	8718530548	25	20 500,00 Kč	512 500,00 Kč
23	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, základní sada	8718531031	2	7 290,00 Kč	14 580,00 Kč
24	Mont.sada SKY-C/T-s,plochá, rozšiřovací sada	8718531032	23	4 150,00 Kč	95 450,00 Kč
25	KS0120 solární stanice bílá	7747009489	1	21 100,00 Kč	21 100,00 Kč
26	Solární kapalina Solar Fluid, L20, 20 litrů	8718660881	10	2 290,00 Kč	22 900,00 Kč
27	SP1-ochr.regulace před bleskem	83006120	1	860,00 Kč	860,00 Kč
28	Expanzní nádoba 80 l	80432048	2	2 600,00 Kč	5 200,00 Kč
29	OVE ventil k expanzní nádobě 1"	82567100	1	420,00 Kč	420,00 Kč
Celkem					1 295 556 Kč

Obr. 21 Cenová nabídka - stacionární kotel + trubicový kolektor

5.5 Nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo (TV)

Pátá varianta obsahuje dva nástěnné kotle GB162-70 o jmenovitém výkonu 69,5 kW (celkový instalovaný výkon je 139 kW) včetně příslušenství pro vytápění a dvě vzduchová tepelná čerpadla Logatherm WPL 25 A (celkový instalovaný výkon je 50 kW) včetně příslušenství pro přípravu teplé vody. Tepelná čerpadla vzduch/voda WPL 25 A jsou určena pro venkovní instalaci. Vzduch jako zdroj tepla se při venkovní instalaci získává volným nasáváním z prostoru.

Nástěnné kondenzační kotle budou navrženy na stávající teplotní spád 65/55 °C otopné soustavy. Tepelná čerpadla budou navržena pro přípravu teplé vody pro výstupní teplotu 55 °C.

Poz.	Popis	Obj. číslo	Poč.	Jednotková cena bez DPH	Ceníková cena bez DPH
1	Tepelné čerpadlo WPL 25 A "CZ" vč. reg.	7738571340	2	379 800 Kč	759 600 Kč
2	Tepelné čerpadlo WPL 25 A "CZ"	8738201986	2		
3	HMC 20 C "CZ" regulace WPL10-25 A	8738202033	2		
4	Záruční list WPL 10 až 31 A	7738500907	2		
5	Instalační sada INPA 1 1/2	7738600220	2	3 690 Kč	7 380 Kč
6	Čerp. WILO Yonos MAXO 30/0,5-10 PN10	7738576328	2	15 960 Kč	31 920 Kč
7	Elektrické propojovací vedení EVL 10 m	7738600200	2	2 760 Kč	5 520 Kč
8	Kabel kaskády KKB 5m	7738600172	1	380 Kč	380 Kč
9	Akumulační zásobník Reflex Recon 1000	7735500158	1	57 000 Kč	57 000 Kč
10	Zásobník ohřevu teplé vody Reflex AF 750/2	7710777011	2	75 000 Kč	150 000 Kč
11	Zásobník teplé vody Logalux SU500/5 W C	8718541330	1	72 300,00 Kč	72 300,00 Kč
12	Izolace pro zásobníky	7710777011	3	10 000 Kč	30 000 Kč
13	Nástěnný kondenzační kotel Logamax plus GB162-70	7736700887	2	87 500,00 Kč	175 000,00 Kč
14	Připojovací čerpadlová skupina: K přímému připojení na kotel GB162, vč. oběhového čerpadla Wilo Stratos Para 25/18, pojistného ventilu 4 bary, plynového kohoutu, uzavíracích kohoutů, zpětné klapky, manometru, přípojky pro externí MAG, kohoutu KFE, izolace	7736700103	2	19 400,00 Kč	38 800,00 Kč
15	Kaskádová jednotka pro dva kotle vedle sebe, anuloid do 17 m ³ /h, výstup, zpátečka 2 1/2", plynové potrubí 2"	7114064	1	47 100,00 Kč	47 100,00 Kč
16	Termohydraulický rozdělovač HVDT ETL, vel. 3, 12 m ³ /hod	15510203	1	9 600,00 Kč	9 600,00 Kč
17	Regulace				
18	Regulační přístroj Logamatic 4323	7747310523	1	18 540,00 Kč	18 540,00 Kč
19	Kaskádový modul FM456 pro 2 kotle	30009038	1	4 390,00 Kč	4 390,00 Kč
20	Funkční modul FM441 pro přípravu TV	30004858	1	5 900,00 Kč	5 900,00 Kč
21	Čidlo výstupní teploty FV/FZ	5991376	1	540,00 Kč	540,00 Kč
22	Odvod spalin				
23	Základní stavební sada DN200 se spalinovými klapkami	7 736 700 114	1	20 700,00 Kč	20 700,00 Kč
24	Kaskádová sada šachty DN200	87090086	1	9 530,00 Kč	9 530,00 Kč
25	Trubka revizní DN200	87090686	1	3 560,00 Kč	3 560,00 Kč
26	Trubka DN200 délka 2 m dle konkrétní dispozice	87 090 412	3	2 250,00 Kč	6 750,00 Kč
Celkem					694 910 Kč

Obr. 22 Cenová nabídka - nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo (TV)

Monoenergetický způsob provozu

Monoenergetický způsob zohledňuje skutečnost, že špičkové výkony nejsou zcela pokryty tepelným čerpadlem, ale jsou kryty pomocí elektrické energie. Tepelné čerpadlo má integrovanou topnou elektrickou tyč. Z důvodu použití nástěnných kondenzačních kotlů pro režim vytápění budou použity i jako monoenergetický způsob pro přípravu teplé vody.

Schéma zapojení variant

Pro každou variantu bylo vytvořeno schéma zapojení (příloha 3) uvedené na konci diplomové práce.

- Příloha 3A: nástěnný kotel + deskový kolektor
- Příloha 3B: nástěnný kotel + trubicový kolektor
- Příloha 3C: stacionární kotel + trubicový kolektor
- Příloha 3D: stacionární kotel + deskový kolektor
- Příloha 3E: nástěnný kotel (vytápění) + tepelné čerpadlo (teplá voda)

5.6 Roční náklady na vytápění a teplou vodu

Pro vyjádření diskontní doby návratnosti byly spočítány celkové roční provozní náklady všech variant na provoz vytápění a přípravu teplé vody.

Roční náklady pro kotle byly určeny s cenami a poplatky od společnosti RWE. Cena paliva zemního plynu byla zjištěna jako 1,23 Kč/kWh, měsíční poplatek činí 181,5 Kč a součet cen kapacit je 137 Kč/m³. Ceny jsou platné k 1. 1. 2016.

Roční náklady pro tepelná čerpadla byly určeny s cenami od společnosti RWE. Cena elektrické energie byla zjištěna 2,42 Kč/kWh a měsíční stále sazby za jistič nad 3x25A do 3x35A včetně činí 711,1 Kč. Ceny jsou platné k 1. 1. 2016.

Roční náklady varianty kotlů s kolektory byly počítány z vypočtené potřeby tepla na vytápění a teplou vodu, kdy při přípravě teplé vody byl zahrnut podíl solární energie.

Dále budou popsány výsledné roční náklady jednotlivých variant.

Nástěnný kotel + deskový kolektor**Tab. 11** Roční provozní náklady nástěnný kotel + deskový kolektor

Potřeba tepla na vytápění		
Teoretická potřeba tepla	Q_d [GJ/rok]	212
Skutečná potřeba tepla	$Q_{d,skut}$ [GJ/rok]	275
Skutečná potřeba paliva	$U_{d,skut}$ [m ³ /rok]	8049

Potřeba tepla pro ohřev TV		
Teoretická potřeba tepla	$Q_{d,TV}$ [GJ/rok]	302
Skutečná potřeba tepla	$Q_{d,TV,skut}$ [GJ/rok]	355
Skutečná potřeba paliva	$U_{d,TV,skut}$ [m ³ /rok]	10383
Skutečná potřeba paliva - (s kolektory)	$U_{d,TV,skut}$ [m ³ /rok]	4745

Kolektory		
Záření na plochu apertury:	[kWh/m ²]	66 856
Energie získaná z kolektoru:	[kWh/m ²]	28 137
Energie získaná z kolektorového okruhu:	[kWh/m ²]	27 724
Energie na přípravu teplé vody:	[kWh]	48 743
Energie ze solárního systému na ohřev TV:	[kWh]	27 086
Energie z doplňkového zdroje:	[kWh]	23 384
Podíl solární energie na přípravě TV:	[%]	54,3

Cena paliva za 1 kWh	[Kč/kWh]	1,230
Roční odběr energie	[kWh/rok]	134 980
Fixní cena za měsíc	[Kč/měsíc]	181,50
Fixní cena za rok	[Kč/rok]	2 178
Celková skutečná potřeba tepla	[GJ/rok]	630
Celková skutečná potřeba paliva	[m ³ /rok]	12 794
Roční náklady VYT + TV vč. fixních	[Kč/rok]	168 204

Roční provozní náklady pro provoz nástěnných kotlů a plochých deskových kolektorů byly stanoveny na 168 204 Kč.

Nástěnný kotel + trubicový kolektor**Tab. 12** Roční provozní náklady nástěnný kotel + trubicový kolektor

Potřeba tepla na vytápění		
Teoretická potřeba tepla	Q_d [GJ/rok]	212
Skutečná potřeba tepla	$Q_{d,skut}$ [GJ/rok]	275
Skutečná potřeba paliva	$U_{d,skut}$ [m ³ /rok]	8049

Potřeba tepla pro ohřev TV		
Teoretická potřeba tepla	Q_d [GJ/rok]	302
Skutečná potřeba tepla	$Q_{d,skut}$ [GJ/rok]	355
Skutečná potřeba paliva	$U_{d,skut}$ [m ³ /rok]	10383
Skutečná potřeba paliva - (s kolektory)	$U_{d,TV,skut}$ [m ³ /rok]	5960

Kolektory		
Záření na plochu apertury:	[kWh/m ²]	38 034
Energie získaná z kolektoru:	[kWh/m ²]	21 999
Energie získaná z kolektorového okruhu:	[kWh/m ²]	21 677
Energie na přípravu teplé vody:	[kWh]	48 743
Energie ze solárního systému na ohřev TV:	[kWh]	21 436
Energie z doplňkového zdroje:	[kWh]	28 830
Podíl solární energie na přípravě TV:	[%]	42,6

Cena paliva za 1 kWh	[Kč/kWh]	1,230
Roční odběr energie	[kWh/rok]	147 797
Fixní cena za měsíc	[Kč/měsíc]	181,50
Fixní cena za rok	[Kč/rok]	2 178
Celková skutečná potřeba tepla	[GJ/rok]	630
Celková skutečná potřeba paliva	[m ³ /rok]	14 009
Roční náklady VYT + TV vč. fixních	[Kč/rok]	183 969

Roční provozní náklady pro provoz nástěnných kotlů a vakuových trubicových kolektorů byly stanoveny na 183 969 Kč.

Stacionární kotel + deskový kolektor**Tab. 13** Roční provozní náklady stacionární kotel + deskový kolektor

Potřeba tepla na vytápění		
Teoretická potřeba tepla	Q_d [GJ/rok]	212
Skutečná potřeba tepla	$Q_{d,skut}$ [GJ/rok]	288
Skutečná potřeba paliva	$U_{d,skut}$ [m ³ /rok]	8409

Potřeba tepla pro ohřev TV		
Teoretická potřeba tepla	Q_d [GJ/rok]	302
Skutečná potřeba tepla	$Q_{d,skut}$ [GJ/rok]	355
Skutečná potřeba paliva	$U_{d,skut}$ [m ³ /rok]	10383
Skutečná potřeba paliva - (s kolektory)	$U_{d,TV,skut}$ [m ³ /rok]	4745

Kolektory		
Záření na plochu apertury:	[kWh/m ²]	66 856
Energie získaná z kolektoru:	[kWh/m ²]	28 137
Energie získaná z kolektorového okruhu:	[kWh/m ²]	27 724
Energie na přípravu teplé vody:	[kWh]	48 743
Energie ze solárního systému na ohřev TV:	[kWh]	27 086
Energie z doplňkového zdroje:	[kWh]	23 384
Podíl solární energie na přípravě TV:	[%]	54,3

Cena paliva za 1 kWh	[Kč/kWh]	1,230
Roční odběr energie	[kWh/rok]	138 777
Fixní cena za měsíc	[Kč/měsíc]	181,50
Fixní cena za rok	[Kč/rok]	2 178
Celková skutečná potřeba tepla	[GJ/rok]	643
Celková skutečná potřeba paliva	[m ³ /rok]	13 154
Roční náklady VYT + TV vč. fixních	[Kč/rok]	172 874

Roční provozní náklady pro provoz stacionárních kotlů a plochých deskových kolektorů byly stanoveny na 172 874 Kč.

Stacionární kotel + trubicový kolektor**Tab. 14** Roční provozní náklady stacionární kotel + trubicový kolektor

Potřeba tepla na vytápění		
Teoretická potřeba tepla	Q _d [GJ/rok]	212
Skutečná potřeba tepla	Q _{d,skut} [GJ/rok]	288
Skutečná potřeba paliva	U _{d,skut} [m ³ /rok]	8409

Potřeba tepla pro ohřev TV		
Teoretická potřeba tepla	Q _d [GJ/rok]	302
Skutečná potřeba tepla	Q _{d,skut} [GJ/rok]	355
Skutečná potřeba paliva	U _{d,skut} [m ³ /rok]	10383
Skutečná potřeba paliva - (s kolektory)	U _{d,TV,skut} [m ³ /rok]	5960

Kolektory		
Záření na plochu apertury:	[kWh/m ²]	38 034
Energie získaná z kolektoru:	[kWh/m ²]	21 999
Energie získaná z kolektorového okruhu:	[kWh/m ²]	21 677
Energie na přípravu teplé vody:	[kWh]	48 743
Energie ze solárního systému na ohřev TV:	[kWh]	21 436
Energie z doplňkového zdroje:	[kWh]	28 830
Podíl solární energie na přípravě TV:	[%]	42,6

Cena paliva za 1 kWh	[Kč/kWh]	1,230
		151
Roční odběr energie	[kWh/rok]	594
Fixní cena za měsíc	[Kč/měsíc]	181,50
Fixní cena za rok	[Kč/rok]	2 178
Celková skutečná potřeba tepla	[GJ/rok]	643
Celková skutečná potřeba paliva	[m ³ /rok]	14 369
		188
Roční náklady VYT + TV vč. fixních	[Kč/rok]	639

Roční provozní náklady pro provoz stacionárních kotle a plochých deskových kolektorů byly stanoveny na 188 639 Kč.

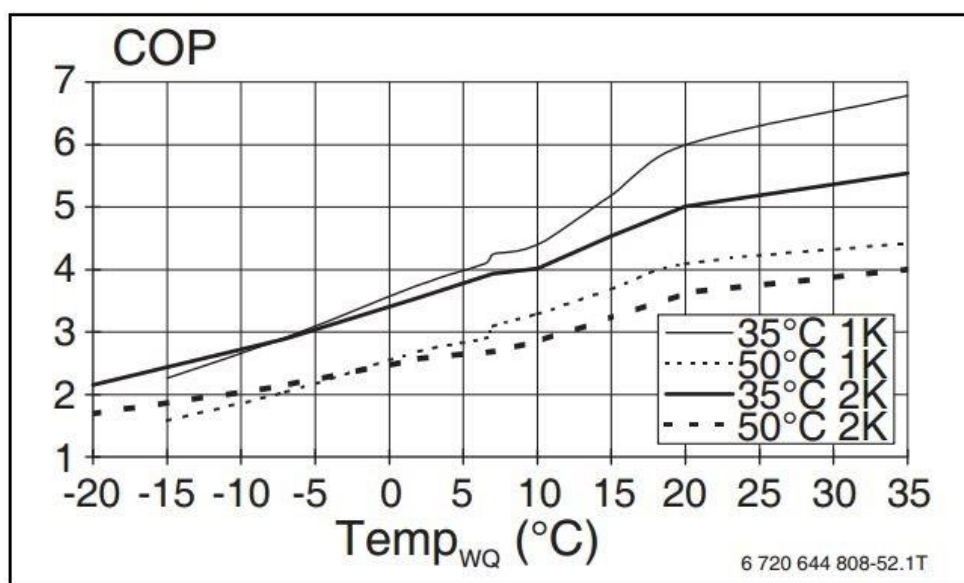
Nástěnný kotel (vytápění) a tepelné čerpadlo (teplá voda)

Pro stanovení ročních nákladů nástěnných kondenzačních kotlů na vytápění byla stanovena skutečná potřeba tepla (Příloha 1). Pro stanovení ročních provozních nákladů tepelného čerpadlo pro přípravu teplé vody bylo nejprve nutné stanovit křivku venkovní teploty pro oblast Praha a sezónní topný faktor tepelných čerpadel. Po stanovení křivky venkovní teploty byl zjištěn počet hodin při zadané venkovní teplotě.

Tab. 15 Počet hodin při zadané venkovní teplotě pro oblast Praha

t_e (°C)	τ_t (hod)
-12	0
-11	1
-10	7
-9	22
-8	52
-7	99
-6	169
-5	267
-4	397
-3	562
-2	763
-1	1000
0	1271
1	1572
2	1898
3	2242
4	2598
5	2958
6	3316
7	3668
8	4008
9	4332
10	4636
11	4919
12	5175
13	5400

Z grafu na Obr. 23 byly pomocí programu AutoCAD ve vhodně zvoleném měřítku zjištěny výkonová čísla pro přípravu teplé vody – výstupní teplota 55 °C.



COP Výkonové číslo
Temp_{wQ} Teplota vzduchu
1K TČ s jedním kompresorem
2K TČ s dvěma kompresory

Obr. 23 Výkonové křivky Logatherm WPL 25 A

Z výkonových čísel a počtu dnů při zadané venkovní teplotě pro oblast Praha byly zjištěny sezónní topné faktory.

Tab. 16 Sezónní topný faktor Logatherm WPL 25 A pro přípravu teplé vody

Venkovní teplota t_e [°C]	COP TV (55°C)	Počet dní	Počet hodin	SCOP TV (55°C)
-10	2,01	0,29	7	3,34
-5	2,21	11,54	267	
0	2,56	52,96	1217	
5	2,91	123,21	2958	
10	3,32	193,17	4636	
13	3,82	225	5400	

Tab. 17 Roční provozní náklady nástěnný kotel (vytápění) + tepelné čerpadlo (příprava teplé vody)

Potřeba tepla na vytápění - nástěnný kotel		
Teoretická potřeba tepla	Q _d [GJ/rok]	212
Skutečná potřeba tepla	Q _{d,skut} [GJ/rok]	275
Skutečná potřeba paliva	U _{d,skut} [m ³ /rok]	8049
Cena paliva za 1 kWh	[Kč/kWh]	1,230
Roční odběr energie	[kWh/rok]	84 918
Fixní cena za měsíc	[Kč/měsíc]	181,50
Fixní cena za rok	[Kč/rok]	2 178
Celková skutečná potřeba tepla	[GJ/rok]	275
Celková skutečná potřeba paliva	[m ³ /rok]	8 049
Roční náklady vytápění vč. fixních	[Kč/rok]	106 627
Potřeba tepla pro přípravu teplé vody - tepelné čerpadlo a dodat. zdroj kotel		
TEPELNÉ ČERPADLO		
Skutečná potřeba paliva	(GJ/rok)	355
Skutečná potřeba paliva	(J/rok)	21 332 021 001
Roční potřeba tepelné energie	(kWh/rok)	5926
Roční spotřeba elektrické energie	(kWh/rok)	1775
Stálé sazby - jistič	(Kč/rok)	8532
Cena na 1 kWh	(Kč/kWh)	2,42
Roční náklady - elektrická energie z TČ	(Kč/rok)	12828
NÁSTĚNNÝ KOTEL		
Roční potřeba tepelné energie - kotel	(kWh/rok)	2150
Cena paliva za 1 kWh	[Kč/kWh]	1,230
Fixní cena za měsíc	[Kč/měsíc]	181,50
Fixní cena za rok	[Kč/rok]	2 178
Roční náklady - tepelná energie z kotle	[Kč/rok]	4823
Roční náklady teplá voda vč. fixních	[Kč/rok]	124 278

Roční provozní náklady pro provoz nástěnných kotlů primárně určených pro vytápění a vzduchových tepelných čerpadel primárně určených pro přípravu teplé vody s dodatkovým zdrojem v podobě nástěnných kotlů byly stanoveny na 124 278 Kč.

5.7 Diskontní doba návratnosti

Jedná se o obdobné kritérium jako prostá doba návratnosti, ale s tím rozdílem, že není založena na prostém peněžním toku, nýbrž na peněžním toku diskontovaném. Diskontovaný peněžní tok lze spočítat dle následujícího vzorce [6] :

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF} (-) \quad (25)$$

kde:

T_{ds} diskontovaná doba návratnosti (-);

IN investice (Kč);

DCF diskontované peněžní toky v jednotlivých letech (Kč).

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^t} \text{ (Kč)} \quad (26)$$

kde:

t diskont (-);

t rok, ke kterému se DCF počítá (rok).

Pro vyjádření diskontní doby návratnosti byly vypočteny provozní a investiční náklady a diskont 6 %. Diskontované peněžní toky se počítají k desátému roku.

Tab. 18 Diskontní doba návratnosti

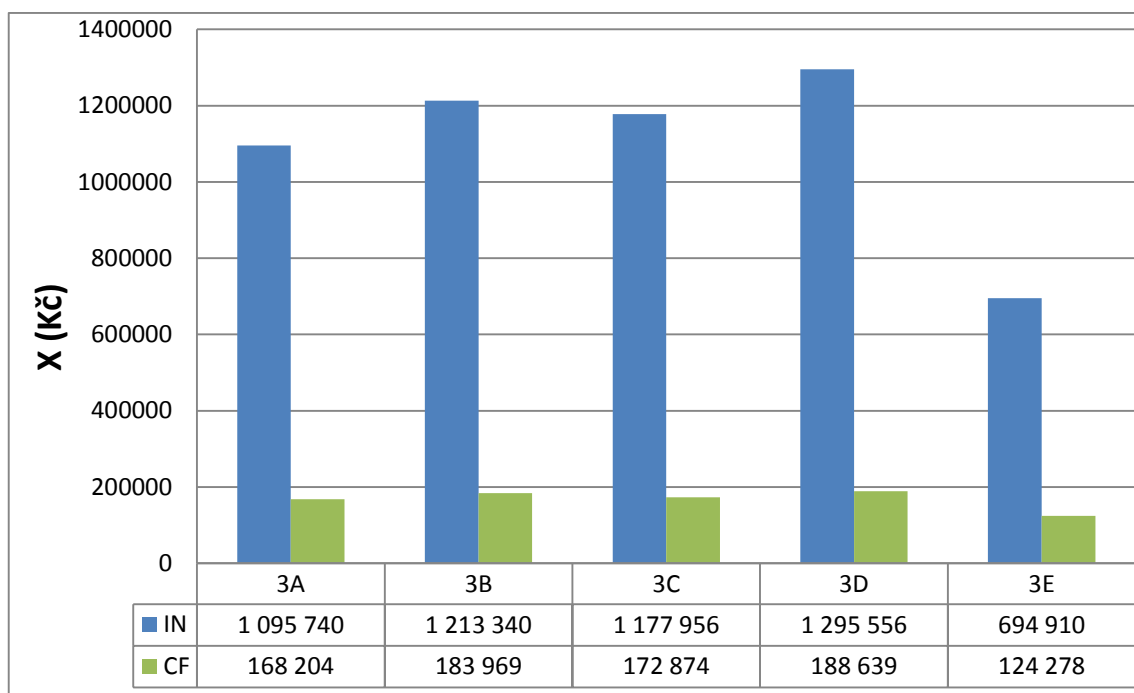
	PROVOZNÍ NÁKLADY - CF	INVESTICE - IN	r - diskont	t	DCF	T _{DS}
	(Kč)	(Kč)	(-)	(rok)	(Kč)	(rok)
Nástěnný kotel + deskový kolektor	168 204	1 095 740	0,06	10	93924	11,67
Nástěnný kotel + trubicový kolektor	183 969	1 213 340			102727	11,81
Stacionární kotel + deskový kolektor	172 874	1 177 956			96532	12,20
Stacionární kotel + trubicový kolektor	188 639	1 295 556			105335	12,30
Nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo (TV)	124 278	694 910			69396	10,01

Varianta s nejmenší diskontovanou dobou návratnosti byla stanovena varianta pátá tj. nové nástěnné kondenzační kotle primárně určených pro vytápění a vzduchová tepelná čerpadla primárně určena pro přípravu teplé vody s dodatkovým zdrojem v podobě nástěnných kondenzačních kotlů (schéma zapojení - 3E).

Varianta s druhou nejmenší diskontovanou dobou návratnosti byla stanovena varianta první tj. návrh nových nástěnných kotlů pro vytápění a přípravu teplé vody a doplnění zdroje tepla o deskové solární kolektory (schéma zapojení - 3A).

Varianta s nejmenší diskontovanou dobou návratnosti byla stanovena varianta třetí tj. návrh stacionárních kotlů pro vytápění a přípravu teplé vody a doplnění zdroje tepla o deskové solární kolektory (schéma zapojení – 3C).

Varianty s největší diskontovanou dobou návratnosti byly varianty s použitím dodatkovým zdrojem tepla v podobě trubicových kolektorů.



Obr. 24 Investiční a provozní náklady variant zdrojů tepla

Z grafu na Obr. 24 lze vidět celkové zhodnocení investičních a provozních nákladů jednotlivých variant, kdy byla vybrána varianta pátá – nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo (TV), která má nejnižší investiční a provozní náklady.

6. ZÁVĚR

Na úvod byly uvedeny identifikační údaje o budově a popsány stavební změny bytového domu od výstavby v roce 1986 až po současnost, kdy největší změny přišly v roce 2007. Byla vyměněna okna a v následujícím roce 2008 došlo k celkovému zateplení obálky budovy. V důsledku těchto změn v roce 2007 byla také popsána rekonstrukce nevhodné kotelny za novou moderní kotelnou odpovídající současnému vývoji tepelné techniky.

Velkou částí diplomové bylo popsání výpočetního programu sloužícího k výpočtu potřeby tepla a paliva – analytický model. Analytický model zhodnotil jednotlivé spotřeby energií v hodnotícím období (2005 – 2014) a ukázal, jaké jednotlivé energetické toky budovy spotřebovává. S tím to bylo možné predikovat budoucí potřebu energie pro optimální využití zdrojů tepla. Výpočetní program byl vytvořen na fungující platformě excel. Tento program je součástí CD této diplomové práce. Analytický model byl sestaven s 24 hodinovým krokem a byly použity denní venkovní teploty z měřicího místa Praha – Karlov.

Po sestavení analytického modelu byly provedeny výsledné bilance potřeby tepla a paliva. Byly popsány odchylky mezi teoretickou a skutečnou potřebou tepla a paliva za celé hodnotící období. Teoretická potřeba tepla byla vypočtena dle analytického modelu a skutečná byla zjištěna dle verifikace odečtených a naměřených hodnot, které byly fakturovány v bytovém domě. Odchylky byly v letech 2005 – 2006 byly způsobeny neznalostí určitých parametrů při sestavování analytického modelu v konkrétních letech např. účinnost kotlů a rozvodů. Celková rekonstrukce kotelny a snížení tepelně technických vlastností bytového domu v roce 2007 měli velký důsledek na výsledné odchylce. Z tohoto důvodu byla odchylka mezi teoretickou potřebou tepla a paliva největší za celé hodnotící období. Naopak nejmenší odchylka byla vypočtena v roce 2008 a to 10 %. Průběh roku 2008 lze považovat za optimální. V letech 2009, 2011 a 2012 byly odchylky vypočteny okolo 16 %. Důvod zvýšení odchylek může být ve zvýšené intenzitě větrání uživatelů bytového. Rok 2010 byl z důvodu nižší průměrné teploty rokem

studenějším a odchylka byla 10 %. Zde se ukazuje, že sestavený analytický model je v nejlepší shodě po celkových změnách, které v budově byly provedeny v roce 2007. V letech 2013 a 2014 byly odchylky okolo 22 %. Nárůst může být způsoben odlišným chováním uživatelů větrat ale také v důsledku větší sledovanosti indikace spotřeby tepla.

Do výsledné bilance byl zahrnut i vyjádření procentuálního podílu složek vytápění a teplé vody. Od rekonstrukce v roce 2007 až po rok 2014 je procentuální podíl konstantní, kdy po úpravách na obálce budovy je z celkové potřeby tepla pro budovu cca 50 % tepla potřeba pro otopnou soustavu a cca 50 % pro přípravu teplé vody. Tento zcela zásadní závěr ukazuje, že optimalizace kotelny bude směřována do přípravy teplé vody, kde je možné využít alternativních zdrojů tepla.

Další kapitolou byly provedeny bilance, simulace a návrh alternativních zdrojů energie sloužící pro přípravu teplé vody. Byly popsány ploché deskové a trubicové vakuové kolektory. Simulace solárních kolektorů byla provedena v simulačním programu T*SOL a následně byla porovnána s bilancí solárních soustav od autorů T. Matuška a B. Šourek. Byly vypočteny roční simulace obou kolektorů, kdy podíl solární energie na přípravu teplé vody byl vypočten podle programu T*SOL u deskových na hodnotu 54,3 % a u trubicových vakuových na hodnotu 42,6 %. Efektivnější variantou se dle výsledků jeví použití deskových kolektorů před trubicovými, protože mají vyšší procentuální využití podílu solární energie pro přípravu teplé vody při stejném počtu kolektorů maximálně dispozičně umístěných na střeche.

V poslední kapitole byly popsány varianty zdrojů tepla pro následnou aplikaci pro bytový dům. Varianty byly posouzeny pouze z finančního hlediska, kdy byla vybrána varianta s nejmenší diskontovanou dobou návratnosti. Výběr nejlepší varianty byl proveden porovnáním investičních nákladů, provozních nákladů na základě skutečného zpracování různých cenových nabídek. Byla vybrána varianta pátá tj. návrh nových kondenzačních kotlů primárně určených pro režim vytápění a vzduchových tepelných čerpadel primárně určených pro přípravu teplé vody s dodatkovým zdrojem tepla v podobě nástěnných kondenzačních kotlů.

LITERATURA

[1] ČSN EN ISO 13790 *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. 1. Vyd. Praha: ČNI, říjen 2009

[2] *TZB info* [online]. [vid 18. 3. 2013] Dostupné z:

<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

[3] *TZB info* [online]. [vid 18. 3. 2013] Dostupné z:

<http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

[4] *Buderus – projekční podklady* [online]. [vid 15. 4. 2012] Dostupné z:

http://www.buderus.cz/files/201301290859370.PP_Solar_2013_CZ.pdf

[5] *Bilance SS – Tomáš Matuška* [online] [vid 1. 1. 2016] Dostupné z:

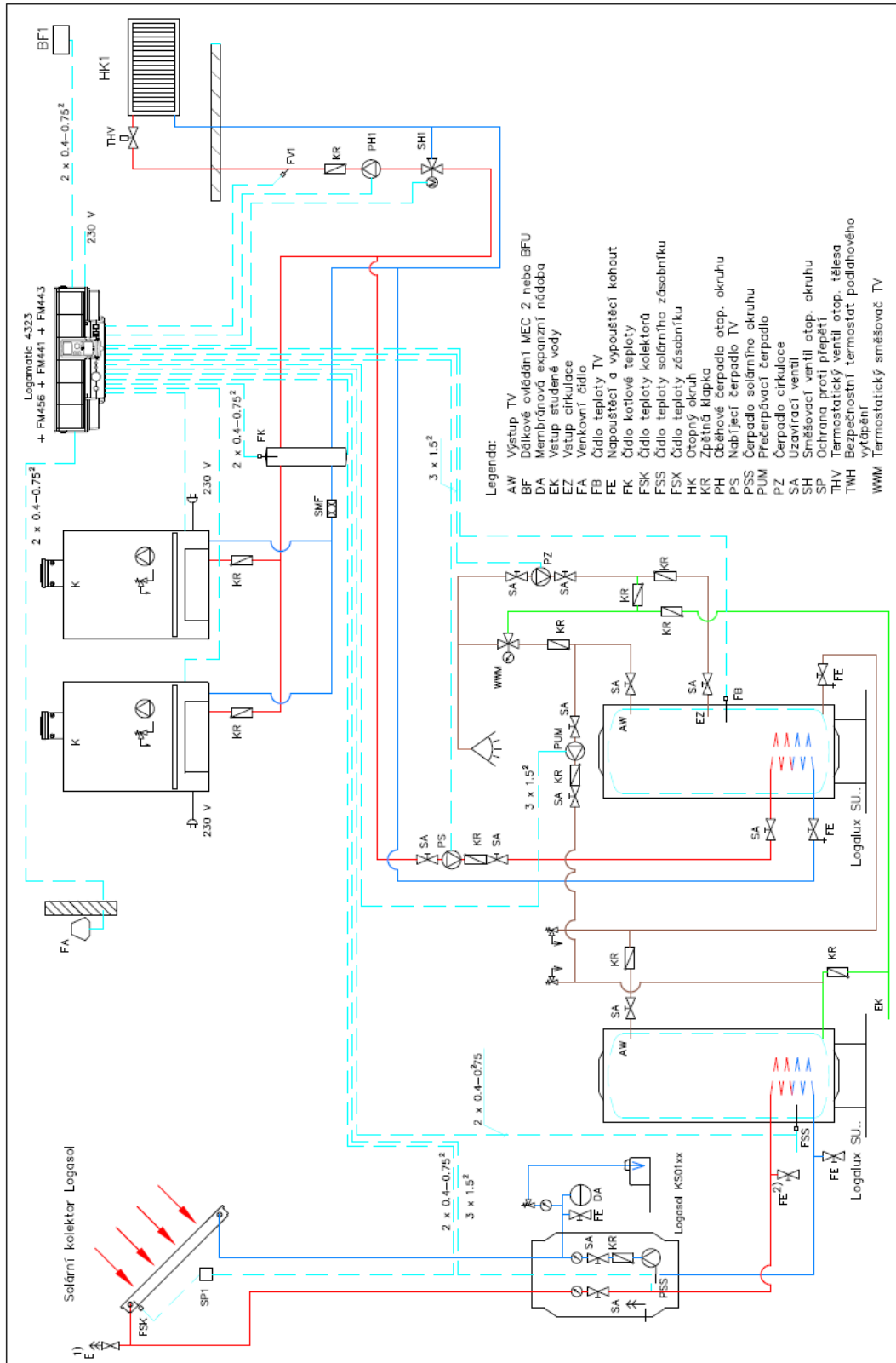
http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158

[6] *Výpočtová pomůcka EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTIC (II)* [online] [vid 17. 10. 2005]

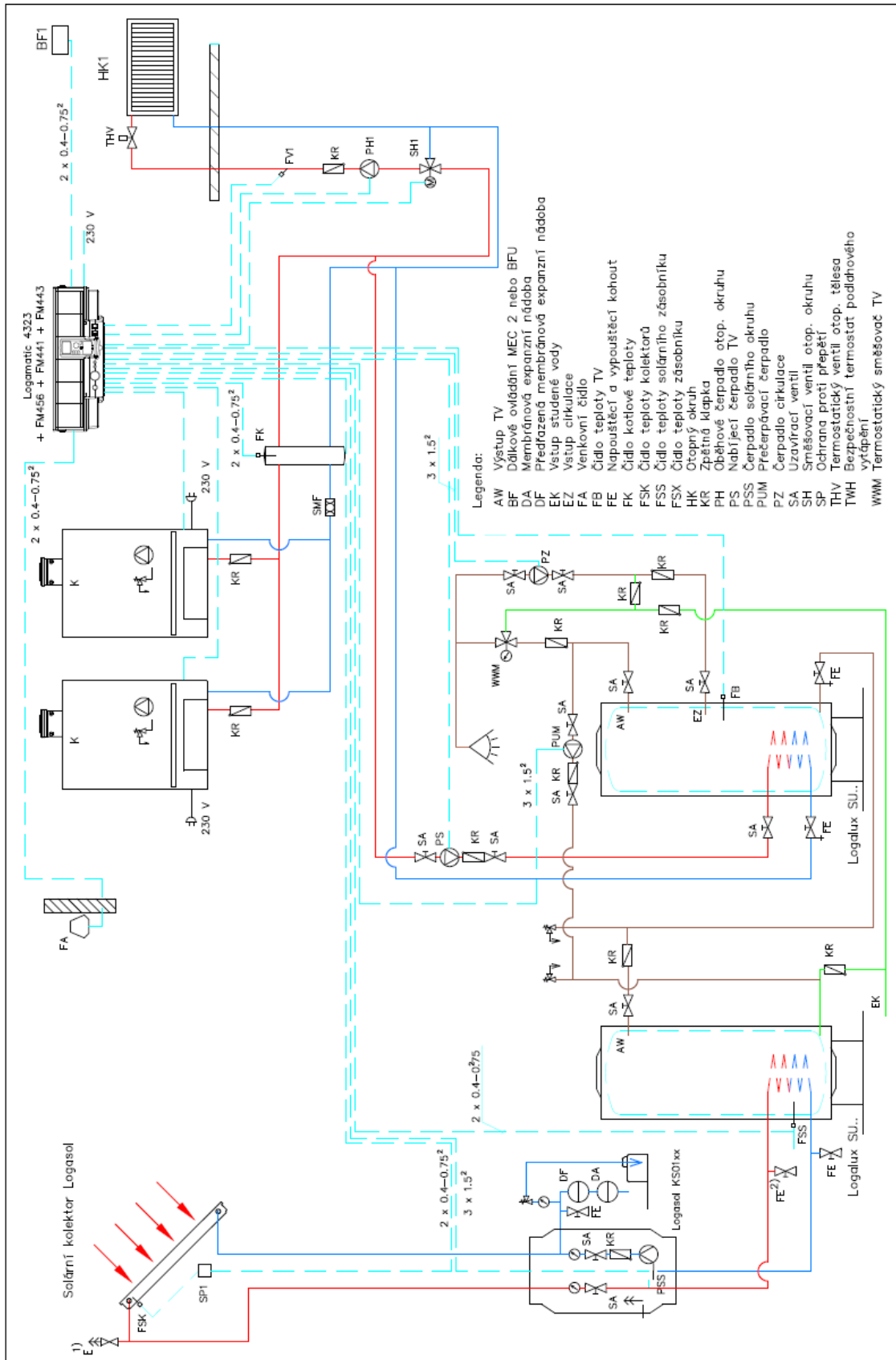
Dostupné z:

<http://www.tzb-info.cz/2786-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-ii>

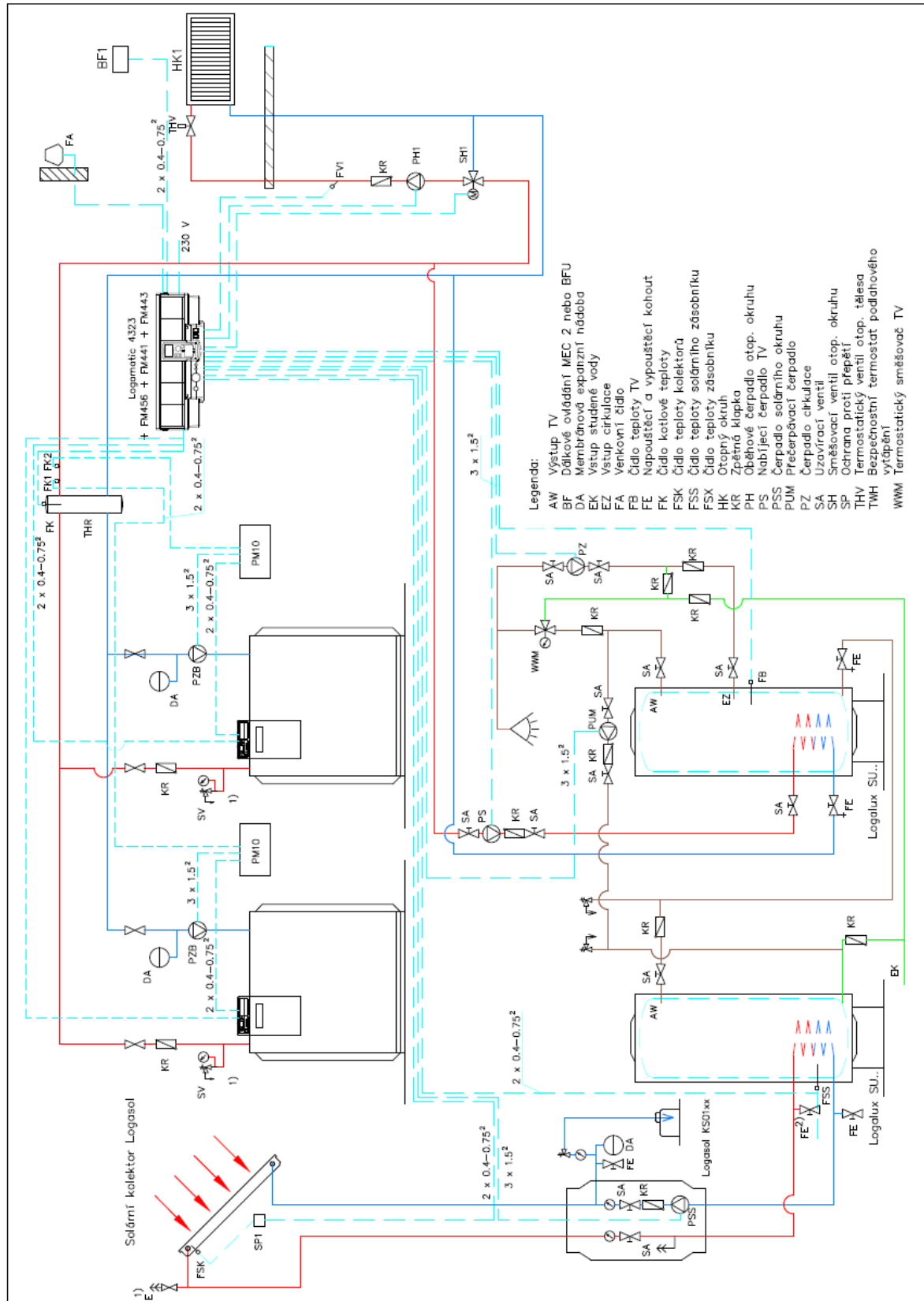
Příloha 3A – schéma zapojení nástěnný kotel + deskový kolektor



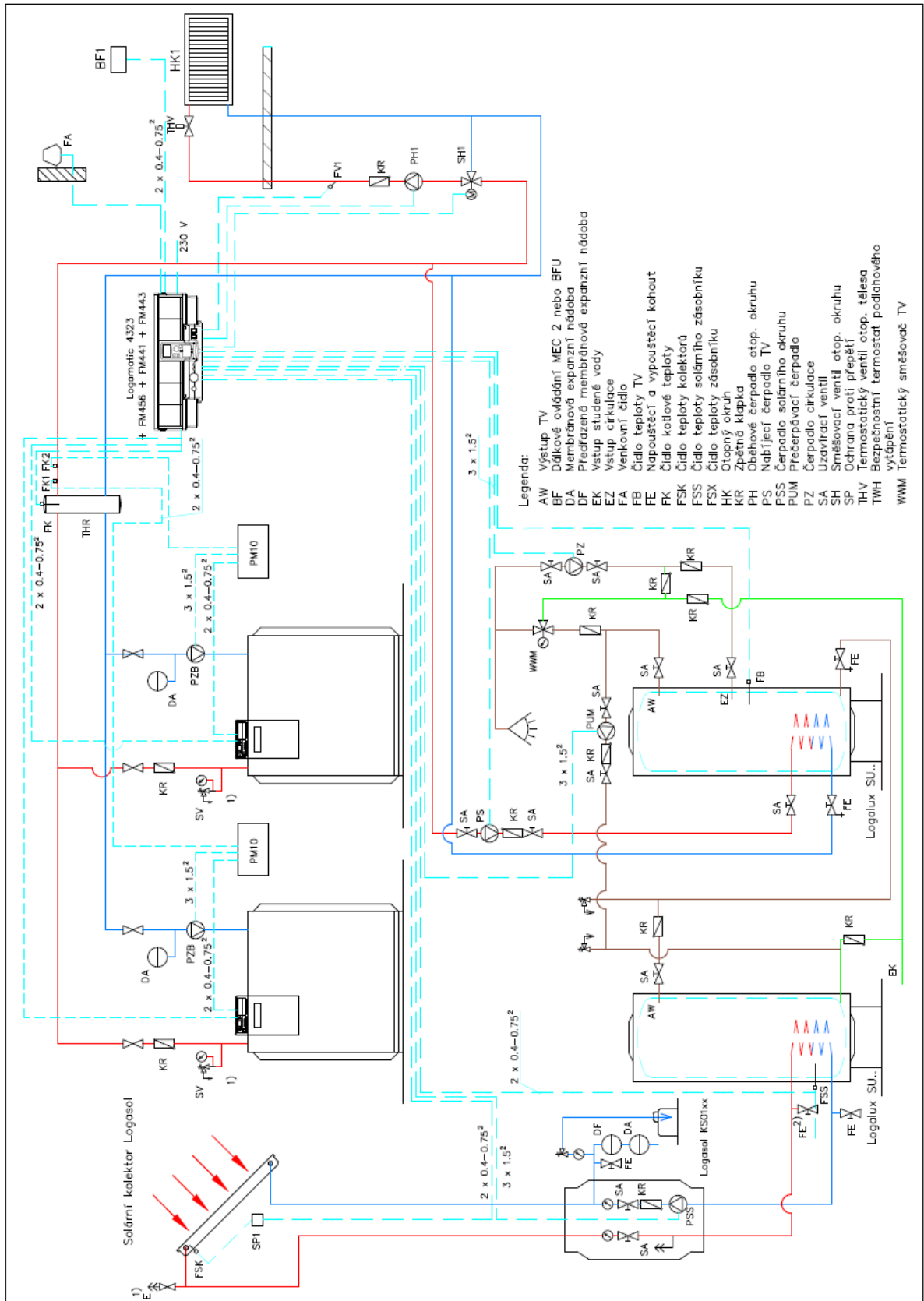
Příloha 3B – schéma zapojení nástěnný kotel + trubicový kolektor



Příloha 3C – schéma zapojení stacionární kotel + deskový kolektor



Příloha 3D – schéma zapojení stacionární kotel + trubicový kolektor



SEZNAM PŘÍLOH - CD

Příloha 1 – Analytický model

Příloha 2 – Půdorys bytového domu

Příloha 3A – schéma zapojení nástěnný kotel + deskový kolektor

Příloha 3B – schéma zapojení nástěnný kotel + trubicový kolektor

Příloha 3C – schéma zapojení stacionární kotel + deskový kolektor

Příloha 3D – schéma zapojení stacionární kotel + trubicový kolektor

Příloha 3E – schéma zapojení nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo (TV)

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Spotřeby zemního plynu za hodnotící období

Tab. 2 Požadavky na součinitel prostupu tepla – průkaz energetické náročnosti budovy

Tab. 3 Intenzita větrání v závislosti na venkovní teplotě

Tab. 4 Celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc

Tab. 5 Tepelný tok od osob a spotřebičů [1]

Tab. 6 Denní dávka teplé vody za období 2009 – 2014

Tab. 7 Celkový souhrn teoretické a skutečné potřeby tepla a paliva

Tab. 8 Roční simulace deskového kolektoru

Tab. 9 Výsledky roční simulace trubicového kolektoru

Tab. 10 Celkový přehled cen potřeby tepla a paliva v hodnotícím období

Tab. 11 Roční provozní náklady nástěnný kotel + deskový kolektor

Tab. 12 Roční provozní náklady nástěnný kotel + trubicový kolektor

Tab. 13 Roční provozní náklady stacionární kotel + deskový kolektor

Tab. 14 Roční provozní náklady stacionární kotel + trubicový kolektor

Tab. 15 Počet hodin při zadané venkovní teplotě pro oblast Praha

Tab. 16 Sezónní topný faktor Logatherm WPL 25 A pro přípravu teplé vody

Tab. 17 Roční provozní náklady nástěnný kotel (vytápění) + tepelné čerpadlo

Tab. 18 Diskontní doba návratnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1** Pohled na celkovou situaci řešeného bytového domu
- Obr. 2** Bytový dům v původním stavu
- Obr. 3** Bytový dům po rekonstrukci
- Obr. 4** Původní nevhodná kotelná
- Obr. 5** Modernizovaná kotelná
- Obr. 6** Průběh venkovních teplot
- Obr. 7** Potřeba tepla ve sledovaném objektu
- Obr. 8** Teoretická potřeba tepla - TV / VYT
- Obr. 9** Teoretická potřeba tepla
- Obr. 10** Schéma zapojení deskového kolektoru
- Obr. 11** Podíl solární energie na celkové potřebě
- Obr. 12** Denní maximální teploty v kolektoru
- Obr. 13** Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné techniky
- Obr. 14** Schéma zapojení trubicového kolektoru
- Obr. 15** Podíl solární energie na celkové potřebě teplé vody dle T^*_{SOL}
- Obr. 16** Denní maximální teploty v kolektoru
- Obr. 17** Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné techniky
- Obr. 18** Cenová nabídka - nástěnný kotel + deskový kolektor
- Obr. 18** Cenová nabídka - nástěnný kotel + deskový kolektor
- Obr. 20** Cenová nabídka - stacionární kotel + deskový kolektor
- Obr. 21** Cenová nabídka - stacionární kotel + trubicový kolektor
- Obr. 22** Cenová nabídka - nástěnný kotel (VYT) + tepelné čerpadlo
- Obr. 23** Monoenergetický způsob provozu
- Obr. 24** Investiční a provozní náklady variant zdrojů tepla