



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

REKONSTRUKCE RODINNÉHO DOMU ZA PODPORY PROGRAMU ZELENÁ ÚSPORÁM

Robin Fišer

Střední průmyslová škola stavební Valašské Meziříčí

Máchova 628, Valašské Meziříčí

Poděkování:

Děkuji mému konzultantovi Ing. Petru Pobořilovi za podnětné připomínky a obětavou pomoc při zpracování práce, dále děkuji partnerským firmám, se kterými jsem spolupracoval tj. firmě SWHG s.r.o. a firmě Tepelná čerpadla IVT s.r.o.

Použité podklady:

Internet:

www.tzb-info.cz

www.zelenausporam.cz

www.isover.cz

www.oknostyl.cz

www.cerpadla-ivt.cz

Literatura:

Technická zařízení budov – Ústřední vytápění I

Doc. Ing. Jiří Cihlář, CSc.

Ing. Gunter Gebauer, CSc.

Ing. Marcela Počínková

Podklady od firem

1. Úvod	4
2. Posouzení rodinného domu před rekonstrukcí.....	5
2.1 Vstupní údaje	5
2.2 Výpočet potřeby tepla	5
2.2.1 Výpočet tepelných odporů konstrukcí R, resp. součinitele prostupu tepla U, otvory v konstrukcích	5
2.2.2 Výpočet tepelných ztrát	7
2.2.3 Výpočet potřeby tepla	9
2.3. Posouzení rodinného domu před rekonstrukcí	10
3. Návrh vhodného opatření pro stávající rodinný dům	10
3.1 Návrh zateplení objektu	11
3.2 Návrh vhodných výplní otvorů	12
3.3 Návrh obnovitelných zdrojů energie	13
3.3.1 Návrh vhodného typu tepelného čerpadla	14
3.3.2 Návrh primárního okruhu	15
3.3.3 Návrh solárního trubicového kolektoru	15
3.3.4 Schéma zapojení	17
4. Posouzení rodinného domu po rekonstrukci	18
4.1 Výpočet potřeby tepla	18
4.1.1 výpočet tepelných ztrát	18
4.1.2 Výpočet potřeby tepla	19
4.2 Posouzení rodinného domu po rekonstrukci	29
5. Porovnání ekonomických nákladů	21
5.1 Náklady na provoz domu za 1 rok před rekonstrukcí	21
5.2 Náklady na rekonstrukci domu	21
5.3 Náklady na provoz domu za 1 rok po rekonstrukci	23
5.4 Graf porovnání nákladů na provoz domu před a po rekonstrukci	23
5.5 Návratnost investice do rekonstrukce domu s ohledem na provozní náklady.....	24
5.6 Návratnost investice do tepelného čerpadla v porovnání s jinými zdroji tepla.....	25
6. Závěr	25

1. Úvod

V dnešní době vám snad každý řekne: „*Je důležité šetřit energii!*“ O tomto faktu se doslýcháme z různých médií, jako jsou televize, noviny, internet atd. Také výrobci používají tuto větu k tomu, aby lidé uvažovali o úspornějším řešení v jejich domě, a kupovali si tak jejich výrobky. Doslýcháme se o různých způsobech šetření energie, avšak mnozí lidé jsou po této stránce nedůvěřiví a okamžitě nějakou možnost jak ušetřit, tedy získat něco „*zadarmo*“, zavrhnou. Pravděpodobně je to právě proto, že s touto problematikou nejsou dostatečně obeznámeni a nedostává se jim praktických příkladů.

Je tedy známo, že pomocí obnovitelných zdrojů šetříme energii, bereme to jako fakt, avšak nabízí se otázky: „*Kolik vlastně ušetřím?*“ a „*Vrátí se mi to vůbec?*“ Právě na tyto otázky bych chtěl najít odpověď a dokázat tak smysl celého šetření.

Cílem mé práce tedy bylo obeznámit Vás o smyslu šetření energie, avšak nezvolil jsem, dnes obvykle používanou teoretickou metodou, zvolil jsem způsob, kde smysl ukážu na rekonstrukci fiktivního rodinného domu, obvykle stavěného v 70. letech minulého století. Na tento dům navrhnu vhodné řešení, kde budou jednak využity *obnovitelné zdroje energie* (dále už jen OZE), ale i řešení, kde navrhnu vhodné opatření, aby tento dům splňoval dnešní požadavky na *energetickou náročnost budov*. Následně stav před a po rekonstrukci porovnáme v jakémisi ekonomickém porovnání, z kterých bude patrná finanční úspora při využití OZE v rodinném domě.

Zaujala mě možnost získání dotace *Zelená úsporám*, proto jsem si dal za cíl využít v mé práci tuto dotaci, a seznámit Vás tak o možnosti úspory nemalé částky, při rekonstrukci rodinného domu.

Má práce je založena spíše na praktických věcech, proto se již tolik nezabývám teorií této problematiky, tak jako minulý rok. Teorie je již obecně známá a běžně dostupná na internetu.



2. Posouzení rodinného domu před rekonstrukcí

Prvním úkolem tedy bylo zhodnotit stávající stav rodinného domu, tuto část jsem rozdělil do několika bodů, při čemž v posledním z nich je samotné zhodnocení objektu.

2.1 Vstupní údaje

místo: Rožnov pod Radhoštěm

rok výstavby: 1969

plocha domu: 107,1 m²

objem budovy V: 848,12 m³

celková podlahová plocha A_c: 230 m²

průměrná vnitřní teplota: 19°C

průměrná venkovní teplota během topného období: 3,6°C

výpočtová venkovní teplota: -15°C

počet vytápěných dnů: 236

počet osob k přípravě TUV: 4

topný systém: dvou-trubkový s radiátory

zdroj tepla: kotel na uhlí

2.2 Výpočet potřeby tepla

Důležitým výpočtem byl v části posouzení stávajícího objektu *tzv. výpočet potřeby tepla*, protože pomocí těchto výsledků budu v závěru porovnávat ekonomické výhody pro navrhovaný dům. Nejdříve bylo důležité vypočítat součinitele prostupu tepla, následně výpočet tepelných ztrát a poté samotnou potřebu tepla. Tento postup je obsažen v následujících bodech.

2.2.1 Výpočet tepelných odporů konstrukcí R, resp. součinitele prostupu tepla U, otvory v konstrukcích

- Příklad výpočtu prostupu tepla konstrukcí SO1-stěna obvodová (ručně):

Tabulka č.1: Skladba

materiál	tloušťka (mm)	souč. tep. vodivosti λ
omítka vápenocementová	15	0,99
cihla plná	450	0,78
omítka vápenná	15	0,88

Výpočet:

$$R_c = R_i + R + R_e$$

$$R_c = \frac{1}{8} + \left(\frac{0,015}{0,99} + \frac{0,45}{0,78} + \frac{0,015}{0,88} \right) + \frac{1}{23}$$

$$R_c = 0,778 \text{ m}^2 \text{KW}^{-1}$$

$$U_c = \frac{1}{R_c}$$

$$U_c = 1,285 \text{ Wm}^{-2} \text{K}^{-1}$$

(1)

- Příklad výpočtu prostupu tepla konstrukcí SO1-stěna obvodová (program PROTECH):

Vypočítané hodnoty:

Tabulka č.2 : Výpočet součinitele prostupu tepla v programu Protech

1	2	4	14	15	16	16a	17	18	7	19	20
č.v.	Položka KC	Materiál	Vr	d mm	\square W/m·K	\square_{ekv} W/m·K	R m ² ·K/W	\square_s °C	\square	R _d ·10 ⁻⁹ m/s	P _d Pa
1	105-02	Omítka vápenocement.	V1	15,00	0,990	0,990	0,015	15,0	19,0	1,51	1 368
2	151-011	CP 290/140/65 (1700)	V1	450,00	0,780	0,780	0,577	14,3	8,6	20,56	1 285
3	105-01	Omítka vápenná	V1	15,00	0,880	0,880	0,017	-12,4	6,0	0,48	165

Závěr:

Součinitel prostupu tepla - **konstrukce nevyhovuje**

$$U = 1,283 > U_N \text{ požadovaný} = 0,380 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}; U_N \text{ doporučený} = 0,250 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Korekce součinitele prostupu tepla $\square U = 0,000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Vnitřní povrchová teplota $\square_{si} = 15,0 \text{ °C}$; $\square_w = 11,6 \text{ °C}$; $\square \square_{si} = 3,4 \text{ °C}$

Tabulka č.3 : Přehled jednotlivých konstrukcí

Označení	Účel	Součinitel prostupu tepla U [Wm ⁻² K ⁻¹]		
		Stávající	Normovaná	Normovaná (doporučená)
SO1	stěna obvodová	1,285	0,300	0,200
SO2	stěna přilehlá k zemině do 1m	1,233	0,300	0,200
SO3	stěna přilehlá k zemině nad 1m	0,521	0,450	0,300
SN1	stěna vnitřní nosná	1,115	2,700	1,800
SN2	stěna vnitřní nenosná	1,763	2,700	1,800
PDL1	podlaha přilehlá k zemině	0,669	0,450	0,300
PDL2	podlaha 1NP	0,285	1,050	0,700
PDL3	podlaha 2NP	0,604	2,200	1,450
STR1	strop nad suterénem	0,285	1,050	0,700
STR2	strop nad 1NP	0,607	2,200	1,450
STR3	strop pod nevytápěným prostorem	0,755	0,300	0,200
SCH1	Střecha	0,472	0,240	0,160

Pozn.: Hodnoty označené červeně jsou dle ČSN 73 0540 nevyhovující.

- Otvory v konstrukcích:

- V domě byla původně instalována zdvojená dřevěná okna a balkonové dveře se součiniteli prostupu tepla:

$$U = 2,9 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

- Dále zde byly instalovány domovní dveře se součinitelem prostupu tepla:

$$U = 4,1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

2.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Tabulka č.4: Příklad výpočtu místnosti 101-obývací pokoj (ručně)

Označení stěny	Tloušťka	Plocha stěny						Základní tepelná ztráta				Přirážky			Celková tepelná ztráta W
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu "U"	Rozdíl teplot Δt	U. Δt	Tepelná ztráta Q_0	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na světovou stranu	1+p1+p3	
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ² .K ¹	K	W.m ²	W	p ₁	p ₃		Q _c =Q _p +Q _v	
101 Obývací pokoj $t_i = 20^\circ\text{C}$, $V = 71,55 \text{ m}^3$, $\sum S = 112,38 \text{ m}^2$															
SO1	45	5,3	3,3	17,49	1	2,25	15,24	1,285	35	44,98	685	$U_c = \frac{1868}{112,38 \cdot 35} = 0,475$			
OZ1		1,5	1,5	2,25			2,25	2,9	35	101,5	228				
SO1	45	4,1	3,3	13,53	3	5,59	7,94	1,285	35	44,98	357				
OZ7		0,5	1,97	0,99			0,99	2,9	35	101,5	100				
DO3		1,85	1,97	3,64			3,64	2,9	35	101,5	369				
OZ8		2,75	0,35	0,96			0,96	2,9	35	101,5	97				
PDL2	30	5,3	4,26	22,6			22,6	0,285	5	1,425	32				
										1868	0,07	0	1,07	2450 W	
$Q_p = \sum Q_0 \cdot (1+p_1+p_3) = 1868 \cdot 1,07 = 1998 \text{ W}$															
$Q_v = 1300 \cdot (\bar{x}_h/3600 \cdot V_m) \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot (0,5/3600 \cdot 71,55) \cdot (20 - (-15)) = 452 \text{ W}$															

Tabulka č.5: Příklad výpočtu místnosti 101-obývací pokoj (program PROTECH)

$$B = 8 \text{ Pa}^{0,67} \quad t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C} \quad p_2 = 0 \text{ } \% \quad t_{ib} = \text{ }^\circ\text{C}$$

Místnost	OK	Var	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	□t K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t _{si} °C
101	SO1	V1	5,30	3,30	1,283	1,00	1	35	17,5	2,3	15,2	684,6	14,4
	OT1	V1	1,50	1,50	2,900	1,00	1	35	2,3	2,3	2,3	228,4	7,3
	SO1	V1	4,10	3,30	1,283	1,00	3	35	13,5	3,5	10,0	449,5	14,4
	OT7	V1	0,50	1,97	2,900	1,00	1	35	1,0	1,0	1,0	100,0	7,3
	DO3	V1	0,80	1,97	2,700	1,00	1	35	1,6	1,6	1,6	148,9	8,2
	OT8	V1	2,75	0,35	2,900	1,00	1	35	1,0	1,0	1,0	97,7	7,3
	PDL2	V1	4,10	5,30	0,285	1,00	0	5	21,7	0,0	21,7	30,9	19,8
Q_{cm} = 2474 W													

Tabulka č.6: Jednotlivé místnosti a celkové tepelné ztráty

č.m.	úsek	O m ³	S _p m ²	Q _{pm} W	Q _{zm} W	Q _{im} W	Q _z W	Q _{cm} W	Q _v W	Q _{vr} W	Q _{cmv} W
003	N	34,30	12,3	17	17	0		17			17
004	N	40,51	14,5	32	32	0		32			32
□ úsek N		74,8	26,7	48	48	0	0	48	0	0	48
001	1	63,22	22,6	490	490	306		796			796
002	1	76,25	27,2	507	507	369		876			876
005	1	0,00	0,0	404	404	0		404			404
101	1	71,71	21,7	1 863	1 863	611		2 474			2 474
102	1	52,54	15,9	1 515	1 515	378		1 893			1 893
103	1	23,39	7,1	810	810	299		1 110			1 110
104	1	25,57	7,7	631	631	214		845			845
105	1	13,56	4,1	343	343	214		557			557
106	1	47,74	14,5	1 701	1 701	397		2 099			2 099
107	1	22,70	6,9	2	2	130		133			133
108	1	19,08	5,8	520	520	193		712			712
201	1	52,01	23,1	1 390	1 390	278		1 668			1 668
202	1	48,67	21,6	1 411	1 411	334		1 745			1 745
203	1	29,14	9,9	1 409	1 409	362		1 770			1 770
204	1	9,34	4,1	-19	-19	43		24			24
205	1	36,18	14,5	1 295	1 295	197		1 492			1 492
206	1	13,82	4,7	114	114	77		191			191
207	1	13,15	6,1	476	476	334		810			810
□ ÚSEK 1		618,1	217,6	14 864	14 864	4 735	0	19 599	0	0	19 599 W
□ budovy		692,9	244,3	14 912	14 912	4 735	0	19 647	0	0	19 647 W

2.2.3 Výpočet potřeby tepla

Tabulka č.7: Výpočet potřeby tepla

Lokalita	Vsetín
Výpočtová venkovní teplota	-15°C
Délka topného období	236 dnů
Průměrná venkovní teplota během topného období	3,6 °C

- Vytápění:

Tepelná ztráta:	19,65 kW
Průměrná vnitřní teplota:	19°C
$Q_{vyt,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_i - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$	
$Q_{vyt,r} = 42,7 \text{ MWh rok}^{-1}$	

- Ohřev TUV:

Teplota studené vody:	10 °C
Teplota ohřáté vody:	55°C
Celková potřeba teplé vody za 1 den pro 4 osoby (na osobu uvažováno 82 litrů)	0,328 m ³ den ⁻¹
$Q_{tuv,r} = 8,2 \text{ MWh rok}^{-1}$	

- Celková spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV:

$$Q_r = Q_{vyt,r} + Q_{tuv,r}$$

$$Q_r = 50,9 \text{ MWh rok}^{-1}$$

- Pomocí tohoto výsledku je možno přesně vykalkulovat náklady na vytápění a ohřev TUV za 1 rok. S tímto výsledkem budu dále pracovat při závěrečné kalkulaci.

2.3. Posouzení rodinného domu před rekonstrukcí:

Pomocí těchto výsledků obsažených v bodu 2. *Posouzení stávajícího objektu*, jsem došel k tomuto závěru:

- Nevyhovující jednotlivé konstrukce budovy
 - SO1 Stěna venkovní ochlazovaná, tl. 450 mm z plných cihel pálených
 - SO2 Stěna pod úrovní terénu do 1m, tl. 450 mm z plných cihel pálených
 - SO3 Stěna pod úrovní terénu nad 1m, tl. 450 mm z plných cihel pálených
 - PDL1 Podlaha přilehlá ke zemině
 - STR3 Strop pod nevytápěným prostorem (půdou)
 - SCH1 Střecha
- Nevyhovující výplně otvorů

Z hlediska šetrnosti domu k životnímu prostředí jsem shledal ještě jeden nevyhovující prvek a to:

- Kotel na tuhá paliva (uhlí)

Když pomyslíme na to, že na rok činí potřeba černého uhlí asi 14,5 tuny, tak je to i značně nekomfortní z hlediska dopravy a uložení pro uživatele tohoto zdroje tepla.

Objekt byl vytápěn pomocí článkových radiátorů. Rozvody topné vody byly instalovány z ocelových trubek závitových. Stávající otopný systém byl navržen s teplotním spádem 90/70°C.

V důsledku těchto nevyhovujících prvků jsem z výpočtu tepelných ztrát, a následného výpočtu potřeby tepla, zjistil, že z hlediska dnešních energetických požadavků na rodinné domy, by objekt nevyhovoval, a nesplňoval tak požadavky *energetické náročnosti budov*.

3. Návrh vhodného opatření pro stávající rodinný dům

Mým úkolem tedy bylo navrhnout na tento nevyhovující rodinný dům vhodné opatření. Chtěl jsem, aby dům splňoval podmínky programu Zelená úsporám, proto jsem byl nucen splnit hodnotu v žebříčku energetického štítku obálky budovy. Prvky, kterými jsem se tedy při rekonstrukci (návrhu) zabýval, byly tyto:

1. Návrh zateplení objektu
2. Návrh výplní otvorů
3. Návrh zdroje tepla
4. Návrh slunečního kolektoru

Nyní jednotlivé body podrobně rozeberu v následujících bodech.

3.1 Návrh zateplení objektu

Uvažoval jsem se zateplením těchto konstrukcí:

- SO1 Stěna venkovní ochlazovaná, tl. 450 mm z plných cihel pálených
- SO2 Stěna pod úrovní terénu do 1m, tl. 450 mm z plných cihel pálených
- SO3 Stěna pod úrovní terénu nad 1m, tl. 450 mm z plných cihel pálených
- PDL1 Podlaha přilehlá k zemině
- STR3 Strop pod nevytápěným prostorem (půdou)
- SCH1 Střecha

Tyto konstrukce tvoří tzv. obálku budovy, a proto mají největší vliv na tepelnou ztrátu objektu - prostupem. Navrhnul jsem tedy na každou z nich vhodné opatření, tak aby splňovaly doporučené normové hodnoty.

Vycházel jsem z normy ČSN 06 0210, ČSN 73 0540. Podle vzorce pro výpočet tepelného odporu jsem počítal potřebnou tloušťku příslušného izolačního materiálu.

$$Rn - \frac{1}{\alpha_i} - \frac{d1}{\lambda1} - \frac{d2}{\lambda2} - \frac{d4}{\lambda4} = \frac{d3}{\lambda3}$$

$$d3 = \left(Rn - \frac{1}{\alpha_i} - \frac{d1}{\lambda1} - \frac{d2}{\lambda2} - \frac{d4}{\lambda4} - \frac{1}{\alpha_e} \right) \cdot \lambda3 \quad (2)$$

- Příklad výpočtu vhodného opatření u SO1 (navrhovaný izolant – pěnový polystyren):

$$d3 = \left(5 - \frac{1}{8} - \frac{0,015}{0,99} - \frac{0,45}{0,78} - \frac{0,015}{0,88} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,037$$

$$d3 = 0,157 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

- Navrhované zateplení jednotlivých konstrukcí:

SO1 Stěna venkovní ochlazovaná

Hodnota součinitele prostupu tepla U [Wm ⁻² K ⁻¹]			Navrhované opatření
Původní	Normovaná (doporučená)	Skutečná	
1,285	0,200	0,196	pěnový polystyren 160 mm

SO2 Stěna přilehlá k zemině do 1 m

Hodnota součinitele prostupu tepla U [Wm ⁻² K ⁻¹]			Navrhované opatření
Původní	Normovaná	Skutečná	

	(doporučená)		
1,233	0,200	0,187	pěnový polystyren 160 mm

SO3 Stěna přilehlá k zemině nad 1 m

Hodnota součinitele prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]			Navrhované opatření
Původní	Normovaná (doporučená)	Skutečná	
0,521	0,300	0,293	pěnový polystyren 50 mm

PDL1 Podlaha přilehlá k zemině

Hodnota součinitele prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]			Navrhované opatření
Původní	Normovaná (doporučená)	Skutečná	
0,669	0,300	0,234	pěnový polystyren 100 mm

STR3 Strop pod nevytápěným prostorem (půdou)

Hodnota součinitele prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]			Navrhované opatření
Původní	Normovaná (doporučená)	Skutečná	
0,755	0,200	0,174	ISOVER Unirol profi 18 180 mm

SCH1 Střecha

Hodnota součinitele prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]			Navrhované opatření
Původní	Normovaná (doporučená)	Skutečná	
0,472	0,200	0,138	deska Orsil ORSIK alfa 160 mm ISOPHEN – 040 100 mm

3.2 Návrh vhodných výplní otvorů

Výplně otvorů tvoří u tohoto objektu $28,6 \text{ m}^2$. V objektu byla původně instalována zdvojená dřevěná okna a vchodové dveře byly kovové.

Navrhl jsem plastová okna Aluplast 8000, tedy osmi-komorová plastová okna s izolačním trojsklem. Vchodové dveře jsem navrhnul od výrobce Aluplast.

- Okna, balkonové dveře, vchodové dveře:

Hodnota součinitele prostupu tepla U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]		
Původní	Navrhovaná	
	Skla	Celková
2,9	0,5	0,78

Hodnota součinitele průvzdušnosti i [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$]
--

Původní	Navrhovaná
1,4.10 ⁻⁴	0,53.10 ⁻⁴

3.3 Návrh obnovitelného zdroje tepla

Mým dalším a nejdůležitějším úkolem, bylo navrhnout vhodný *obnovitelný zdroj tepla*. Z hlediska možnosti získání dotace Zelená úsporám se mi naskytlo hned několik možností OZE.

- a) Samostatně využít solárně-termický kolektor k vytápění i ohřevu TUV
- b) Samostatně využít tepelné čerpadlo
- c) Kotel na biomasu
- d) Větrná elektrárna
- e) Malá vodní elektrárna
- f) Tepelné čerpadlo spolu se solárními kolektory

a) Samostatně využít solárně-termický kolektor k vytápění i ohřevu TUV

První zdroj tepla jsem okamžitě zamítl. V oblasti, kde dům stojí, se nedá uvažovat o instalování termického kolektoru, který by byl samostatně využíván na vytápění a ohřev TUV, a to z důvodu toho, že ne celý rok je sluneční svit natolik intenzivní, aby se daly kolektory využívat (uvažujeme-li tedy s reálnou plochou kolektoru).

b) Samostatně využít tepelné čerpadlo

Tato možnost dnes patří, nejen při použití v rodinném domě, mezi nejúspěšnější řešení, o tom jsem se ostatně sám přesvědčil, při zpracování soutěžní práce v minulém roce. Avšak nyní bylo mým cílem do práce začlenit více obnovitelných zdrojů energie, a dosáhnout tak ještě větších úspor.

c) Kotel na biomasu

Druhý zdroj tepla již byl reálnější, avšak spíše z důvodu menšího komfortu pro uživatele jsem tento zdroj tepla nezvolil. Mezi záporné důvody patří nutnost dopravy paliva a revize komínu, i přesto však považuji tento zdroj tepla za velmi dobrou volbu při výběru zdroje tepla a v dnešní době pořád za ekonomicky výhodnou.

d) Větrná elektrárna

Třetí zdroj energie, jsem z důvodu lokality, která není na stavbu větrné elektrárny vhodná, vyloučil.

e) Malá vodní elektrárna

Čtvrtý zdroj energie, se kterým jsem uvažoval, byla malá vodní elektrárna, avšak opět kvůli absenci vhodného vodního zdroje, jsem tuto možnost zamítl.

f) Tepelné čerpadlo spolu se solárními kolektory

Vycházel jsem z mých zkušeností získaných při zpracování již zmiňované práce, o smyslu využití tepelného čerpadla v nízkoenergetickém domě, a jako nejvhodnější řešení se

mi jevílo tepelné čerpadlo využívané společně se solárními kolektory. Tuto možnost mi schválil i projektant firmy S WHG s.r.o., který má mnoho zkušeností v této oblasti.

3.3.1 Návrh vhodného typu tepelného čerpadla:

V této části jsem dlouho neváhal, a z mých vlastních zkušeností, ale i ze zkušeností konzultovaných s projektantem firmy S WHG s.r.o., jsem prakticky okamžitě věděl, že do objektu navrhnu tepelné čerpadlo od výrobce IVT, který mi v minulosti poskytl mnoho informací ke zpracování práce. Tento Švédský výrobce se mi stal sympatickým i potom, co jsem se na vlastní oči přesvědčil, že je v této zemi hojně využíván, při školní exkurzi v květnu 2009.

Nyní jsem tedy potřeboval zvolit správný typ. Výrobce IVT má na našem trhu zastoupení všech tří typů tepelných čerpadel, tedy: vzduch-voda, voda-voda a země-voda. Z důvodu nevhodné lokality, pro zřízení tepelného čerpadla voda-voda a vzduch-voda, jsem se rozhodl pro návrh tepelného čerpadla země-voda. Jak sám výrobce uvádí je to jeden z neúčinnějších způsobů odběru tepla.

Dále bylo mým úkolem zvolit konkrétní typ a výkon tepelného čerpadla. Vycházel jsem z těchto skutečností:

- Tepelná ztráta objektu: 7 kW
- Topný systém: kombinace podlahového vytápění s radiátory

Tepelné čerpadlo se navrhuje na 55 – 70 % tepelné ztráty objektu, a to z důvodu toho, že ne všechny dny v roce je venku výpočtová teplota, proto je zdroj tepla úmyslně poddimenzován. Z hlediska tepelných ztrát se mi tedy jako nejvhodnější řešení jevílo tepelné čerpadlo IVT Greenline C6. Procentuálně mi vyšlo, že je tepelné čerpadlo navrženo na 80%.

Pro dny, na které již není tepelné čerpadlo dimenzováno, tedy zbylých 20% se je v tepelném čerpadle umístěn tzv. *bivalentní zdroj energie* - elektrokotel, který se sám v případě potřeby automaticky spustí.

Uvažoval jsem, že v domě budou instalovány nové rozvody tepla pro podlahové vytápění a radiátory. Tepelné výkony budou odpovídat tepelným ztrátám jednotlivých místností.

Tabulka č.7: Informace o navrhovaném tepelném čerpadle IVT Greenline C6

Výkon při 0°C/35°C	5,9 kW
Příkon	1,3 kW
Topný faktor při 0°C/35°C	4,5
Výkon při 0°C/50°C	5,4 kW
Příkon	1,7 kW
Topný faktor při 0°C/50°C	3,2
Množství TUV (zásobníkový ohřivač	165l (celkové množství vody 225 l)

je součástí)	
Množství topné vody	60l

3.3.2 Návrh primárního okruhu

Při návrhu jsem uvažoval s oběma možnostmi získávání *nízkopotencionálního geotermálního tepla* pro typ tepelného čerpadla země-voda, a to ze zemního kolektoru nebo hlubinného vrtu.

Zemní kolektor:

Plocha	256m ²
Materiál hadice	HDPE 40 x 3,7 mm
Hloubka rozvodu	1-1,5 m
Rozteč hadice	1 m
Šířka výkopu	0,3 m

Hlubinný vrt:

Počet vrtů	1 (s jednou smyčkou)
Hloubka	84 m
Min. průměr vrtu	120 mm
Výplň otvoru	jílo-cementová směs
Sonda	HDPE sonda 40 x 3,7 (2 - trubková – 1 smyčka)

Účinnost obou způsobů získávání tepla je stejná, avšak díky tomu, že je ekonomická výhoda na straně zemního-kolektoru, budu při kalkulaci ekonomický nákladů uvažovat s tímto typem.

3.3.3 Návrh solárního trubcového kolektoru

Solární kolektor bude využíván na dohřev TUV pro 4 osoby. Uvažoval jsem se spotřebou 0,328 m³ TUV na den, což odpovídá množství 0.082 m³ vody na osobu za 1 den.

Mezi nejúčinnější solární systémy dnes patří solární kolektory s vakuovými trubnicemi. Tuto možnost jsem si opět ověřil u projektanta firmy S WHG s.r.o.

Zvolil jsem solární kolektory s vakuovými trubnicemi od firmy Schener typu GM. Vakuové trubice GM-70-1900 pracují i při zamračeném počasí, protože využívají i jiná

spektra slunečního záření než pouze přímého slunečního svitu. Toto byl hlavní důvod, proč jsem zvolil právě tento typ solárního kolektoru.

Nyní šlo o počet vakuových trubíc. Jedna trubice je na ohřev přibližně 10 litrů vody. Pokud jsem uvažoval, že součástí solárního okruhu bude bojler o objemu 250, jak popisují níže, pak lze říci, že na ohřev tohoto množství vody bude bohatě stačit 20 trubíc umístěných v nosné konstrukci.

Rozhodoval jsem se mezi dvěma možnostmi propojení solárního kolektoru s tepelným čerpadlem:

- a) Společný akumulací nádrž pro okruh solárního kolektoru i tepelného čerpadla, s průtokovým ohříváčem pro TUV.
- b) Zásobníkový ohříváč (250 litrů) zvlášť pro solární okruh a integrovaný zásobníkový ohříváč (165 litrů) v tepelném čerpadle.

Po konzultaci s projektantem firmy S WHG s.r.o., jsem se dozvěděl, že ekonomicky výhodnější a z hlediska zapojení jednodušší je navrhnout bojler zvlášť pro solární okruh a zvlášť pro okruh tepelného čerpadla.

Princip navrženého zapojení:

Navržený systém pracuje tak, že prioritně se připravuje voda v bojleru solárního okruhu. Tento bojler má objem 250 litrů. V sérii je pak zapojen bojler zabudovaný v tepelném čerpadle, ten má objem 165 l pro TUV.

Význam mého návrhu spočívá v tzv. bivalentním (záložním) zapojení ohřevu TUV. V přechodném a zvlášť v zimním období (listopad – březen) se voda v solárním okruhu předeřeje a v bojleru tepelného čerpadla se dořeje na požadovanou teplotu 55°C. V letním období systém (duben – říjen) pracuje stejně, ale hlavní podíl ohřevu TUV díky intenzitě slunečního svitu je zajištěn solárním okruhem.

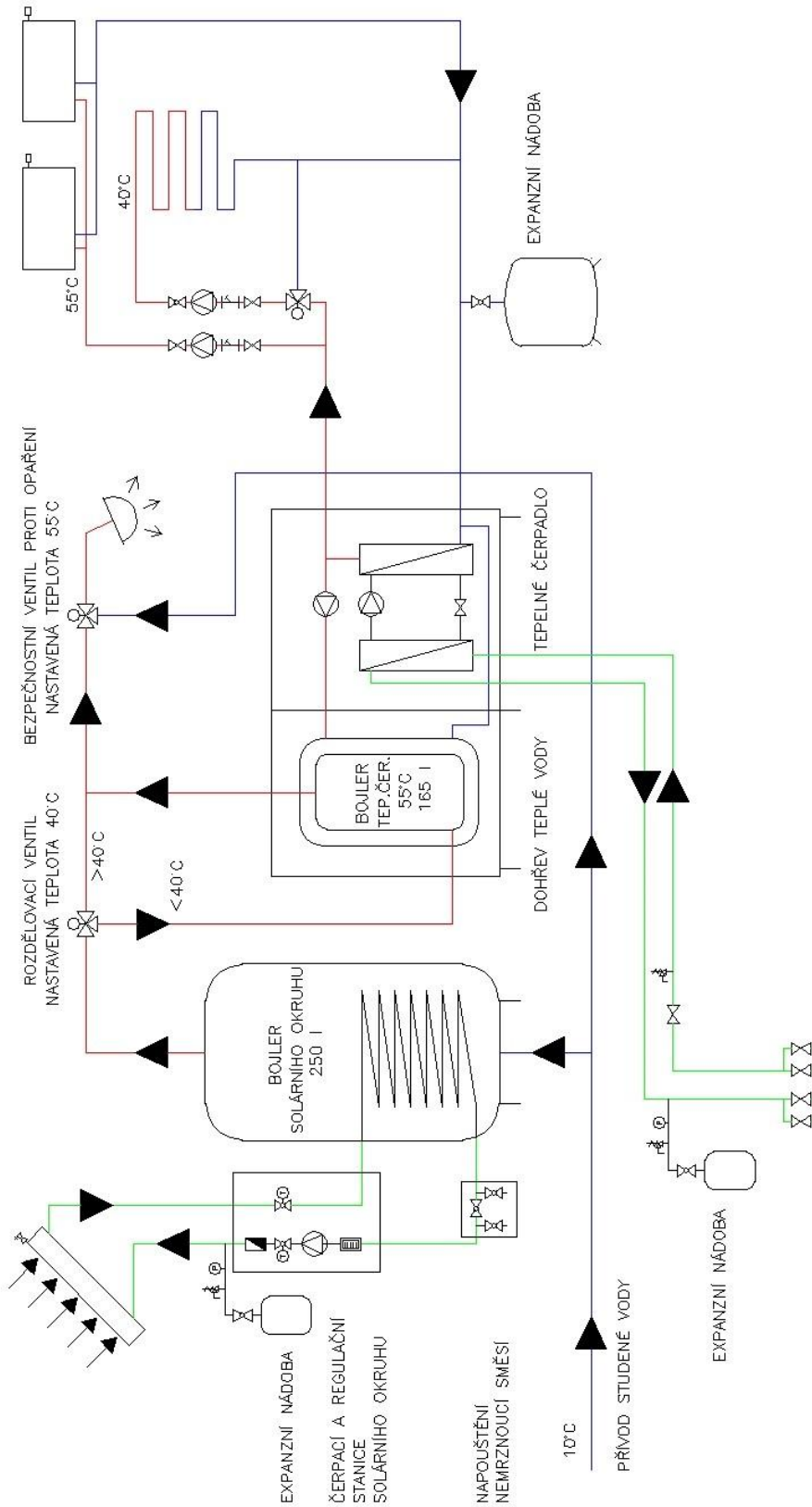
3.3.4 Schéma zapojení

- Technické schéma

SYSTÉM VYTÁPĚNÍ

OKRUH TEPELNÉHO ČERPADLA

SOLÁRNÍ OKRUH



4. Posouzení rodinného domu po rekonstrukci

4.1 Výpočet potřeby tepla

4.1.1 výpočet tepelných ztrát

V důsledku opatření došlo k celkovému zlepšení tepelných vlastností domu. Díky zateplení a novým oknům jsem dospěl k těmto závěrům v oblasti tepelných ztrát. V porovnání s původním domem jsem se dostal na hodnotu o 12 kW nižší, což je 65 % úspory v oblasti úniku tepla z budovy a tím znatelná finanční úspora na vytápění.

Tabulka č.8: Jednotlivé místnosti a celkové tepelné ztráty

č.m.	úsek	O m ³	S _p m ²	Q _{pm} W	Q _{zm} W	Q _{im} W	Q _z W	Q _{cm} W	Q _v W	Q _{vr} W	Q _{cmv} W
003	N	34,30	12,3	8	8	0		8			8
004	N	40,51	14,5	1	1	0		1			1
☐ úsek N		74,8	26,7	9	9	0	0	9	0	0	9
001	1	63,22	22,6	101	101	306		407			407
002	1	76,25	27,2	114	114	369		482			482
005	1	0,00	0,0	239	239	0		239			239
101	1	71,71	21,7	360	360	412		772			772
102	1	52,54	15,9	211	211	302		512			512
103	1	23,39	7,1	412	412	299		712			712
104	1	25,57	7,7	-70	-70	126		56			56
105	1	13,56	4,1	29	29	117		146			146
106	1	47,74	14,5	316	316	384		700			700
107	1	22,70	6,9	2	2	130		133			133
108	1	19,08	5,8	135	135	110		245			245
201	1	52,01	23,1	280	280	278		558			558
202	1	48,67	21,6	220	220	260		480			480
203	1	29,14	9,9	405	405	362		766			766
204	1	9,34	4,1	-28	-28	49		20			20
205	1	36,18	14,5	318	318	197		515			515
206	1	13,82	4,7	6	6	77		83			83
207	1	13,15	6,1	120	120	119		239			239
☐ ÚSEK I		618,1	217,6	3 171	3 171	3 894	0	7 065	0	0	7 065
☐ budovy		692,9	244,3	3 180	3 180	3 894	0	7 074	0	0	7 074

4.1.2 Výpočet potřeby tepla

Tabulka č.9: Výpočet potřeby tepla

Lokalita	Rožnov p. R.
Výpočtová venkovní teplota	-15°C
Délka topného období	236 dnů
Průměrná venkovní teplota během topného období	3,6 °C

Vytápění:

Tepelná ztráta:	7 kW
Průměrná vnitřní teplota:	19°C
$Q_{vyt,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_i - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$	
$Q_{vyt,r} = 15,2 \text{ MWh rok}^{-1}$	

Ohřev TUV:

Teplota studené vody:	10 °C
Teplota ohřáté vody:	55°C
Celková potřeba teplé vody za 1 den:	0,328 m ³ den ⁻¹
$Q_{tuv,r} = 8,2 \text{ MWh rok}^{-1}$	

Celková spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV:

$$Q_r = Q_{vyt,r} + Q_{tuv,r}$$

$$Q_r = 23,4 \text{ MWh rok}^{-1}$$

- Stejně jako při výpočtu potřeby tepla u stávajícího domu budu s tímto výsledkem dále pracovat při závěrečné kalkulaci nákladů na vytápění a ohřev TUV za 1 rok.

4.2 Posouzení rodinného domu po rekonstrukci

Díky vhodným úsporným opatřením jsem dosáhl v *energetickém štítku obálky budovy* hodnoty „B“. K tomuto závěru jsem dospěl pomocí online kalkulačky úspor a dotací na webu www.tzb-info.cz. Určující pro kalkulaci dotací byl údaj - *roční potřeba energie na vytápění*. Pro vyšší dotaci na zateplení je nutné splnit hodnotu měrné roční potřeby energie na vytápění 40 kWh/m², pro nižší je nutno splnit 70 kWh/m². Podmínkou je také dosažení úspory min. 40% oproti původnímu stavu.

V mém případě jsem dosáhl celkové úspory 70%. Hodnota měrné roční potřeby energie mi vyšla 48.5 kWh/m², což postačí na druhou z možností, a to splnit min. 70 kWh/m².

Díky této úspoře bych si mohl zažádat o dotaci 365 500 Kč na zateplení a nová okna.

ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	159.8 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	48.5 kWh/m ²

ZELENÁ ÚSPORÁM - VÝŠE PODPORY PRO

RODINNÉ DOMY ▾

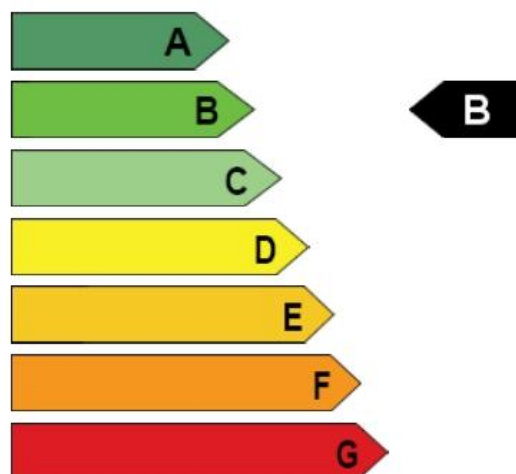
Úspora: 70%

Máte nárok na dotaci v rámci části programu A.1 - celkové zateplení.

Dotace ve vašem případě činí 1550 Kč/m² podlahové plochy, to je 356500 Kč.

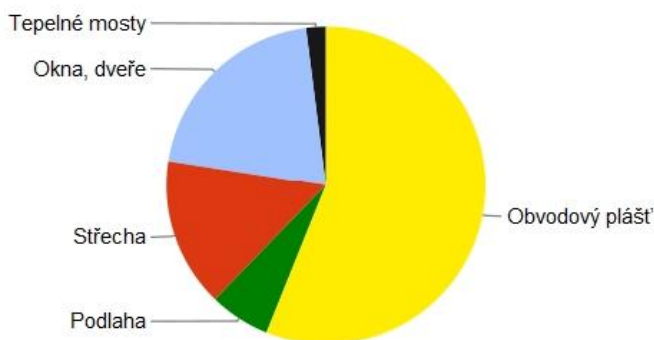
Pro získání vyšší dotace musíte dosáhnout minimální potřeby tepla na vytápění 40 kWh/m².

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY



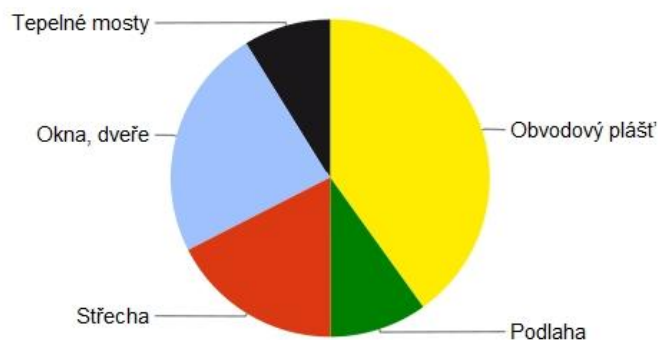
STAVEBNĚ - TECHNICKÉ HODNOCENÍ

Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi - před zateplením



Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	8359
Podlaha	917
Střecha	2271
Okna, dveře	3059
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	299
Větrání	4851
--- Celkem ---	19756

Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi - po zateplení



Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	1357
Podlaha	334
Střecha	593
Okna, dveře	802
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	299
Větrání	3671
--- Celkem ---	7056

5. Porovnání ekonomických nákladů

5.1 Náklady na provoz domu za 1 rok před rekonstrukcí

Z vypočítané *potřeby tepla na vytápění* (část 2.2.3 *Výpočet potřeby tepla*) a dalším zdroji jsem vyvodil tyto výsledky. Celkové náklady na provoz původního domu tedy činily 78 710 Kč za rok.

Tabulka č.10: Tabulka nákladů na provoz domu za 1 rok před rekonstrukcí

Náklady na vytápění	48 422 Kč
Náklady na ohřev TUV	9 288 Kč
Ostatní (svícení apod.)	18 000 Kč
Stálý plat	1 200 Kč
Revize komínu	2x900 Kč
Celkové náklady	78 710 Kč

5.2 Náklady na rekonstrukci domu

Zde jsem zpracoval výpis nákladů na rekonstrukci domu. Díky tomu, že jsem splnil bod A.1 dotačního programu *Zelená úsporám*, měl bych možnost žádat o dotaci ve výši 365 500 Kč na zateplení domu a nová okna.

Dále bych mohl žádat o dotaci na OZE, jednalo by se o části C.1 - 75 000 Kč na tepelné čerpadlo a C.3 - 55 000 Kč na solární kolektor.

Kombinace tepelného čerpadla a solárního kolektoru mi zajistila další možný přínos, a to v podobě bonusu A + C.3 – 20 000 Kč. V tabulce je taky uvedena částka 15 000 Kč na podporu projektu, avšak ta není v celkové částce započtena.

V tabulce jsou přehledně zobrazeny jednotlivé náklady na rekonstrukci bez i s dotací programu *Zelená úsporám*.

Procentuálně mi vyšlo tak, že dotace pokryje 58 % veškeré investice do rekonstrukce domu.

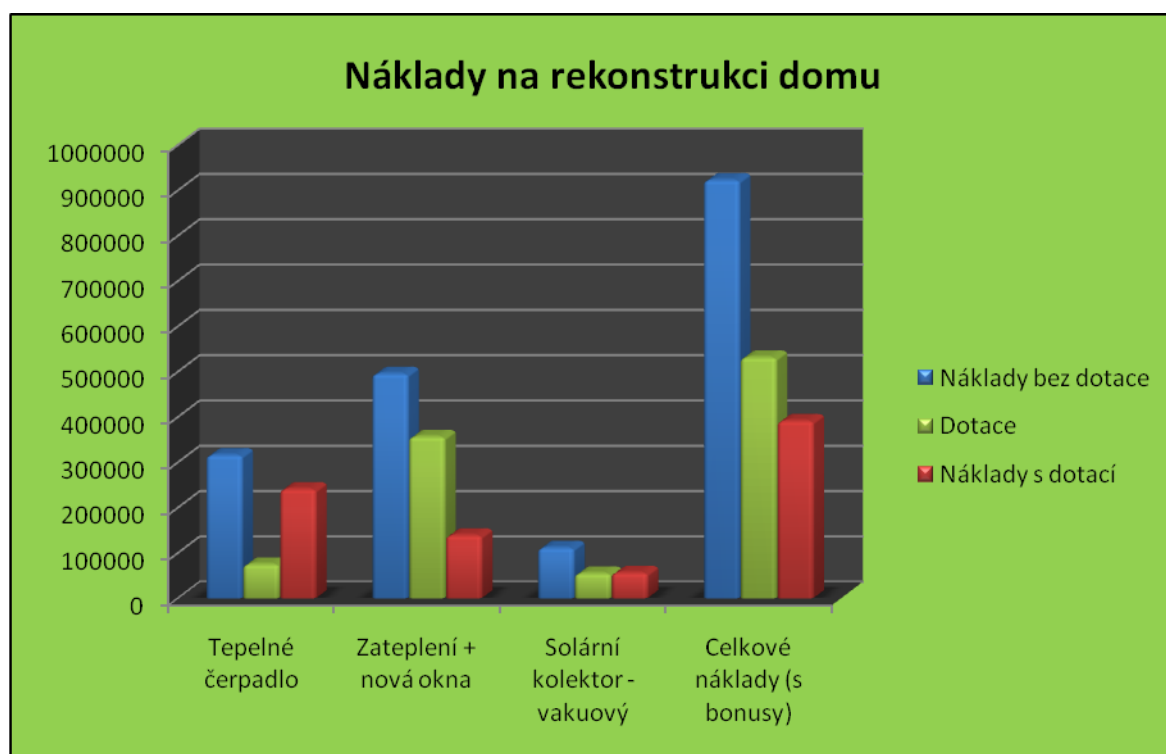


Tabulka č.11: Tabulka nákladů na rekonstrukci domu

Prvek	Náklady bez dotace	Dotace/oblast podpory	Náklady s dotací
Tepelné čerpadlo	316 000 Kč	75 000 Kč / C.1	241 000 Kč
Zateplení	372 095 Kč	356 500 Kč / A.1	138 951 Kč
Nová okna a dveře	123 356 Kč		
Solární kolektor - vakuový	111 370 Kč	55 000 Kč / C.3	56 370 Kč
Bonus A+C1 (zateplení + tepelné čerpadlo)	-	20 000 Kč	- 20 000
Energetické hodnocení	-	10 000 Kč	- 10 000
Projektová dokumentace, kontrola provedení	-	15 000 Kč	-
Celkové náklady	922 821 Kč	531 500 Kč	391 321 Kč

Zde jsem zobrazil jednotlivé položky kalkulace investičních nákladů v grafu. Z grafu je patrné kolik by dotace pokryla nákladů na jednotlivé prvky rekonstrukce, v součtu to dává již zmiňovaných 58%.

Graf č.1: Náklady na rekonstrukci domu



5.3 Náklady na provoz domu za 1 rok po rekonstrukci

Podobně jako u kalkulace celkových nákladů na provoz původního domu jsem vyvodil výsledky i u navrženého řešení (dle výpočtu potřeby tepla, část 4.1.2 *Výpočet potřeby tepla*). Celkové náklady na provoz rodinného domu by byly 27 140 Kč, což je v porovnání s původními náklady úspora 51 570 Kč, procentuálně úspora činí 75%.

Tabulka č.12: Náklady na provoz domu za 1 rok po rekonstrukci

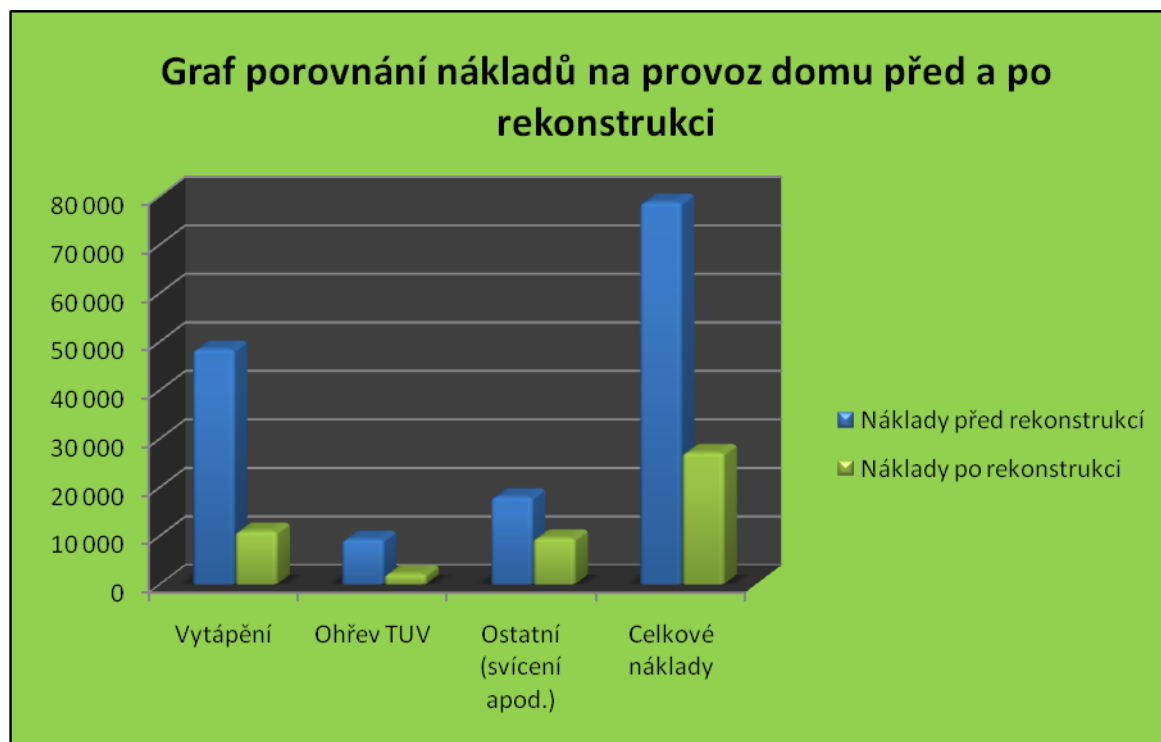
Náklady na vytápění	10 935 Kč
Náklady na ohřev TUV	2 173 Kč (6 623 Kč – 4450) *
Ostatní (svícení apod.)	9 548 Kč
Stálý plat	4 484 Kč
Celkové náklady	27 140 Kč

* Poznámka: Náklady na ohřev TUV jsou sníženy z důvodu využití slunečních trubcových kolektorů. Počítal jsem s průměrným solárním ziskem 1900 kWh/rok (tj. cca 67% z nákladů na ohřev TUV pomocí tepelného čerpadla).

5.4 Graf porovnání nákladů na provoz domu před a po rekonstrukci

Zde jsem pro přehlednost zobrazil rozdíl v celkových nákladech na provoz domu za 1 rok pomocí grafu.

Graf č.2: Graf porovnání nákladů na provoz domu před a po rekonstrukci



5.5 Návratnost investice do rekonstrukce domu s ohledem na provozní náklady

Uvažoval jsem s rychlostí růstu ceny za energii +7% ročně. V grafu je zaznamenán průběh vývoje ceny za provoz rodinného domu během 15 let. Jak je vidět, i přestože byla počáteční investice do rekonstrukce poměrně vysoká, tak po cca 6 letech se křivka protne s křivkou původního vývoje cen (bez rekonstrukce). V ten moment se investice do přestavby vrátí, a dům už na sobě začíná vydělávat v porovnání s původním stavem. Můžete tedy vidět, že následně se rozdíl křivek značně rozchází a tím roste i finanční úspora:

Návratnost bez dotace:

celkové investice do rekonstrukce:	17,8 let
tepelné čerpadlo:	7,8 let
solární kolektor:	25 let

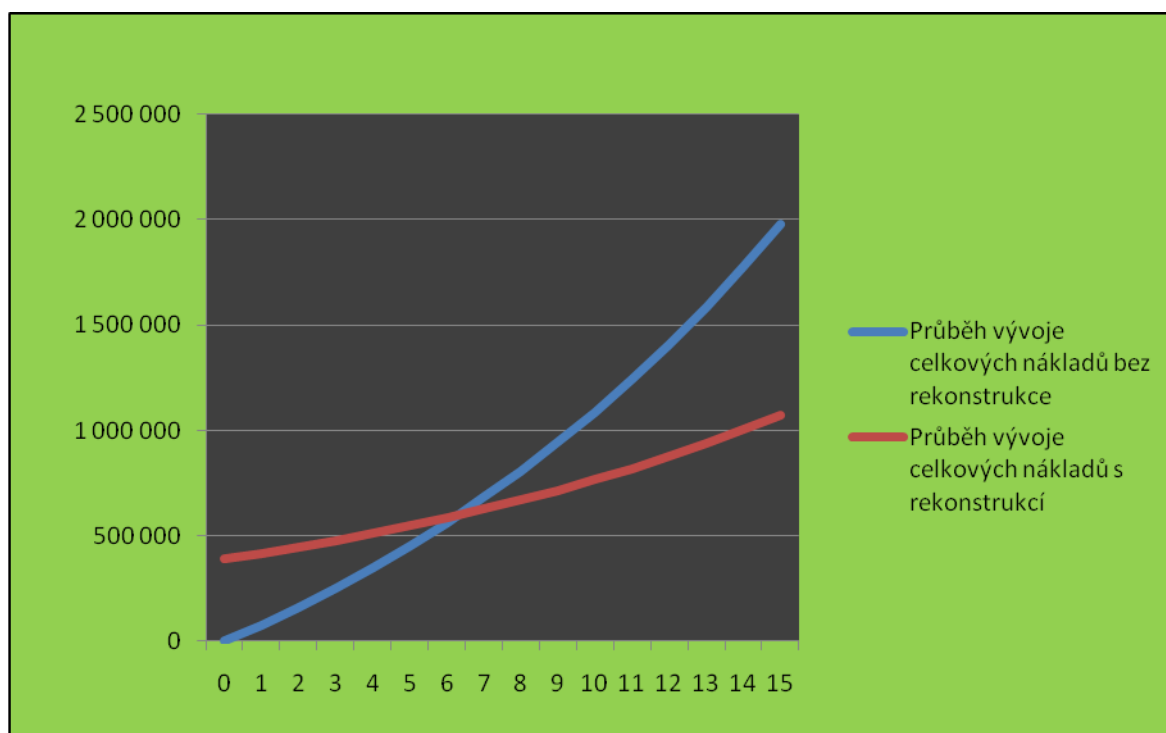
Návratnost s dotací:

celkové investice do rekonstrukce:	7,5 let
tepelné čerpadlo:	6 let
solární kolektor:	12 let

Úspora:

po 10 letech:	176 491 Kč
po 15 letech:	701 634 Kč

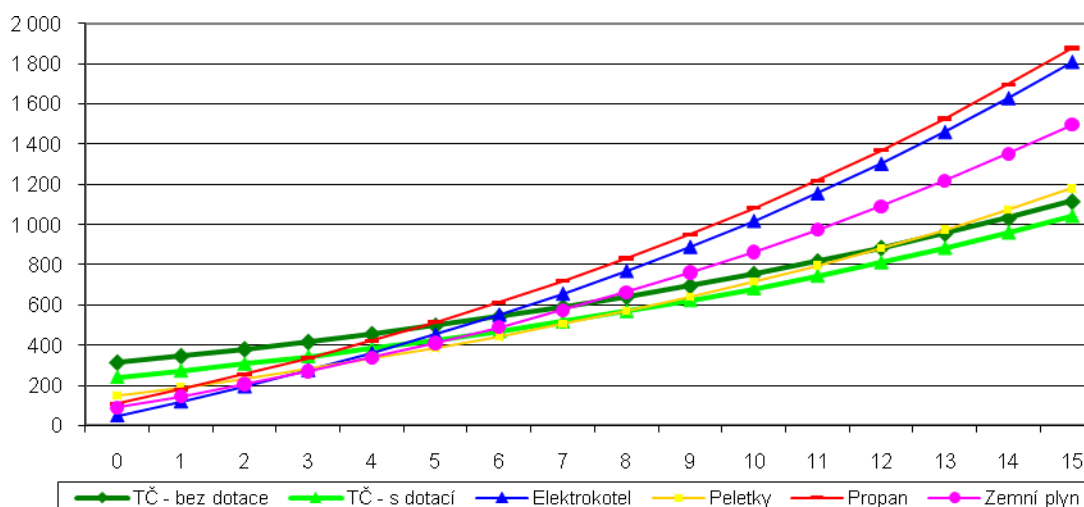
Graf č.3: Návratnost investice do rekonstrukce domu s ohledem na provozní náklady



5.6 Návratnost investice do tepelného čerpadla v porovnání s jinými zdroji tepla

Pro zdůraznění výhody využití tepelného čerpadla zde uvádím graf průběhu vývoje celkových nákladů na instalaci a následný provoz různých zdrojů tepla. Křivky vývoje cen u tepelného čerpadla jsou zde zobrazeny tmavě zelenou (bez dotace) a světle zelenou (s dotací) barvou a jsou porovnány s křivkami průběhu vývoje cen s různými zdroji tepla. Křivky začínají na příslušných počátečních investicích.

Náklady na instalaci tepelného čerpadla		316 000 Kč
Dotace	75 000 Kč	Náklady s dotací 241 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny na propan		110 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny na peletky		150 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny na zemní plyn		90 000 Kč
Náklady na instalaci kotelny s elektrokotlem		50 000 Kč



6. Závěr

Mým cílem bylo Vás seznámit se smyslem šetření energie pomocí *obnovitelných zdrojů energie*, avšak ne teoretickou metodou, jak je běžně praktikováno, ale cestou praktického příkladu. Mým cílem bylo zjistit odpovědi na otázky, které se nabízí při zamyšlení nad touto problematikou, a sice: „Kolik vlastně ušetřím a vrátí se mi to vůbec?“ Na tyto otázky jsem našel odpovědi, z kterých jsem byl sám mile překvapen.

V mé práci jsem se také zabýval dotačním programem *Zelená úsporám*. Ukázalo se, že díky využití tohoto prvku, bych měl nárok žádat na dotaci nemalé hodnoty, tím bych podstatně snížil náklady na rekonstrukci a tím i návratnost celého opatření.

Překvapila mě návratnost celé rekonstrukce s využitím dotace, která by byla cca 7,5 let. Dále jsem byl překvapen obrovskou úsporou peněz, která by po 15 letech činila 701 634 Kč.

Myslím si, že právě tyto finanční úspory jsou důvodem proč využívat OZE, a taky proč využít dotaci programu *Zelená úsporám*. Dalším neméně důležitým důvodem je možnost chovat se ekologicky k naší planetě, protože ať chceme nebo ne, doba využívání neekologických paliv se pomalu krátí.