

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**ENERGETICKÁ NÁROČNOST  
RODINNÉHO DOMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JAN KRPEC

Č. 1-BS-2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Energetická náročnost rodinného domu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 28. 06. 2022

Jan Krpec

## **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývá energetickou náročností rodinného domu s ohledem na tepelně-technologické vlastnosti konstrukcí a potenciální využití alternativních zdrojů energie. Jedná se o tři různé projekty. Každá z variant je řešena s různou kombinací stavebních materiálů. Práce řeší energetickou náročnost na vytápění a přípravu teplé vody. V závěru jsou porovnány investiční a provozní náklady v závislosti na změně parametrů.

## **Summary**

The bachelor thesis is focused on energy intensity of family house with given thermal and technological properties and use of alternative heat sources. Three different proposals were examined. Each proposal differ in a different combinations of building material. The thesis handles energy intensity for heating and preparations of warm water. Finally, the results are compared for investment and operating cost.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Romanu Vavříčkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, četné rady a připomínky bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přítelkyni za velikou podporu během studia.

## Obsah

1. Úvod.....	11
2. Budovy s nízkou energetickou náročností.....	12
2.1. Nízkoenergetické budovy.....	12
2.2. Pasivní domy .....	12
3. Modelové budovy.....	13
3.1. Projekt Savana.....	13
3.1.1. Svislé konstrukce .....	14
3.1.2. Vodorovné konstrukce .....	14
3.2. Projekt Absolut.....	15
3.2.1. Svislé konstrukce .....	16
3.2.2. Vodorovné konstrukce .....	16
3.3. Projekt Vega 1 .....	17
3.3.1. Svislé konstrukce .....	18
3.3.2. Vodorovné konstrukce .....	19
3.4. Okna a dveře .....	20
3.5. Součinitel prostupu tepla .....	20
4. Tepelné ztráty.....	23
4.1. Tepelné ztráty prostupem.....	23
4.2. Tepelné ztráty větráním .....	24
5. Tepelné zisky .....	27
5.1. Vnitřní tepelné zisky.....	27
5.2. Vnější tepelné zisky .....	28
5.2.1 Výpočet solárních zisků neprůsvitnými prvky .....	29
5.2.2. Výpočet solárních zisků průsvitnými prvky .....	30
5.2.3. Solární zisky jednotlivých projektů.....	31
6. Celková tepelná bilance.....	33
6.1. Faktor využitelnost tepelných zisků .....	33
7. Potřeba tepla .....	36
7.1. Potřeba tepla na vytápění.....	36
7.2. Potřeba tepla na přípravu teplé vody .....	36
7.3. Celková potřeba tepla .....	38

8.	Změny izolací rodinných domů.....	40
9.	Zdroje tepla.....	41
9.1.	Primární zdroje tepla.....	41
9.2.	Solárních kolektory.....	41
10.	Porovnání finanční návratnosti.....	42
10.1.	Zdrojem kondenzační kotel .....	42
10.2.	Zdrojem kondenzační kotel doplněný o solární kolektor.....	42
10.3.	Zdrojem tepelné čerpadlo .....	43
10.4.	Zdrojem tepelné čerpadlo doplněné o solární kolektor .....	43
10.5.	Dotace.....	43
11.	Vyhodnocení .....	44
12.	Závěr .....	47
13.	Seznam zdrojů.....	48
14.	Seznam obrázků.....	51
15.	Přílohy .....	52

**Seznam použitého značení**

Značka	Veličina	Rozměr
$A_k$	plocha stavební části obálky budovy	$[m^2]$
$A_{pod}$	podlahová plocha vytápěné zóny	$[m^2]$
$A_{env,i}$	obálka budovy (z) ve styku s venkovním prostředím	$[m^2]$
$A_{env,z}$	obálka místnosti (z) ve styku s venkovním prostředím	$[m^2]$
$A_{sol}$	účinná sběrná plocha s daným úhlem sklonu	$[-]$
$B'$	charakteristický parametr	$[m]$
$C_m$	časová konstanta budovy	$[J/K]$
$F_F$	podíl plochy rámu;	$[-]$
$F_{r,i}$	faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou	$[-]$
$F_{sh}$	korekce stínění na externí překážky	$[-]$
$F_W$	korekce pro nerozptyl. zasklení	$[-]$
$H_T$	měrný tepelný tok prostupem	$[W/K]$
$H_V$	měrný tepelný tok větráním celé budovy	$[W/K]$
$H_{v,sup}$	měrný tepelný tok přiváděného vzduchu	$[kW/K]$
$H_{v,tr}$	měrný tepelný tok vzduchu vniknutým obálkou	$[kW/K]$
$I_{sol,j}$	celkové solární záření za měsíc	$[kWh/m^2]$
$O_{podlahy}$	obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostředí	$[m]$
$U$	součinitel prostupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_{em,N,20}$	průměrný součinitel prostupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_k$	součinitel prostupu tepla stavební části	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_{podlahy}$	součinitel prostupu tepla podlahy	$[W/m^2 \cdot K]$

$U_W$	součinitel prostupu tepla oknem	$[W/m^2 \cdot K]$
$R_f$	tepelný odpor podlahy	$[m^2 \cdot K / W]$
$R_{se}$	vnější tepelný odpor při přestupu tepla (external)	$[m^2 \cdot K / W]$
$R_{si}$	vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla (internal)	$[m^2 \cdot K / W]$
$R_n$	tepelný odpor n-té stavební konstrukce	$[m^2 \cdot K / W]$
$S_{podlahy}$	plocha podlahy	$[m^2]$
$Q_{H,gn}$	celkové tepelné zisky	$[kWh]$
$Q_{H,ht}$	celková potřeba tepla	$[kWh]$
$Q_{H,int}$	vnitřní tepelné zisky	$[kWh]$
$Q_{H,nd}$	potřeba tepla v daném měsíci	$[kWh]$
$Q_{H,t}$	potřeba tepla prostupem	$[kWh]$
$Q_{H,sol}$	solární tepelné zisky	$[kWh]$
$Q_{H,ve}$	potřeba tepla větráním	$[kWh]$
$Q_{gn}$	trvalé využitelné tepelné zisky ve vytápěném prostoru	$[kWh]$
$Q_{T,ia}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do sousedních vytápěných prostor (a) za měsíc (m)	$[kWh]$
$Q_{T,iaBE}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedních funkčních částí budovy. Které jsou považovány za nevytápěné nebo vytápěné na jinou teplotu (aBE) za měsíc (m)	$[kWh]$
$Q_{T,iae}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes sousední nevytápěné prostory nebo sousední nevytápěné přilehlé budovy (ae) za měsíc (m)	$[kWh]$
$Q_{T,iem}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e) za měsíc (m)	$[kWh]$
$Q_{T,igm}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)	$[kWh]$
$U_c$	součinitel prostupu tepla neprůhledných součástí	$[W/m^2 \cdot K]$



$V_{e,p}$	objem přiváděného vzduchu do místnosti	$[m^3/h]$
$V_{env,i}$	objemový tok vzduchu procházejícího obálkou domu do místnosti (i)	$[m^3/h]$
$V_i$	objem místnosti (i)	$[m^3]$
$V_{leak,i}$	objemový tok vzduchu netěsnostmi obálky do místnosti (i)	$[m^3/h]$
$V_{leak,z}$	objemový tok vzduchu netěsnostmi obálky do budovy (z)	$[m^3/h]$
$V_{TV}$	potřeba teplé vody na osobu	$[m^3]$
$a_H$	bezrozměrný časový parametr	$[-]$
$a_{H,red}$	redukční faktor na přerušované vytápění	$[-]$
$a_{h,0}$	bezrozměrný číselný parametr pro měsíční metodu	$[-]$
$a_n$	cena v roce n	$[Kč]$
$c$	měrná tepelná kapacita vody	$[J/kg \cdot K]$
$c_p$	měrná tepelná kapacita přiváděného vzduchu	$[J/kg \cdot K]$
$d_t$	celková ekvivalentní tloušťka podlahy	$[m]$
$f$	koeficient přítomnosti osob v budově	$[W]$
$f_{dir,z}$	činitel orientace zóny	$[-]$
$f_{ia,k}$	teplotní opravný součinitel	$[m^2]$
$f_{ie,k}$	teplotní opravný činitel	$[-]$
$f_{U,k}$	opravný součinitel zohledňující vliv stavebních součástí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot	$[-]$
$g_{gl}$	celková propustnost průsvitnými prvky	$[-]$
$g_n$	celková propustnost zasklení	$[-]$
$n$	intenzita výměny vzduchu	$[l/h]$
$n_{hod}$	počet hodin v měsíci	$[-]$
$n_{os}$	počet osob	$[-]$
$t_{em}$	výpočtová teplota v místnosti	$[^{\circ}C]$

$t_i$	výpočtová teplota v místnosti	[°C]
$t_p$	vážený průměr teploty vzduchu v budově	[°C]
$t_1$	průměrná teplota přiváděné vody	[°C]
$t_2$	teplota teplé vody	[°C]
$s_n$	tloušťka n-té stavební konstrukce	[m]
$w$	celková tloušťka obvodových stěn	[m]
$x$	meziroční růst cen	[%]
$z$	poměrný koeficient ztrát	[-]
$\Delta U_{TB}$	přirážka na vliv tepelných vazeb	[W/ m <sup>2</sup> ·K]
$\Theta_{em}$	průměrná měsíční venkovní teplota (e)	[°C]
$\Theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (i)	[°C]
$\Phi_{s,o}$	tepelná produkce osoby	[W]
$\Phi_{s,p}$	tepelná produkce elektrických zařízení	[W]
$\Phi_r$	sálání vůči obloze	[W]
$\alpha_{s,c}$	pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků	[-]
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelnosti teplotních zisků	[-]
$\eta_{rec}$	účinnost rekuperační jednotky	[-]
$\gamma_H$	faktor využitelností tepelných zisků pro vytápění	[-]
$\lambda_n$	součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce	[W/m·K]
$\lambda_{zeminy}$	tepelná vodivost zeminy	[W/m·K]
$\rho$	hustota přiváděného vzduchu	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{vod}$	hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\tau$	časová konstanta budovy	[h]
$\tau_{H,0}$	referenční časová konstanta	[h]

## 1. Úvod

Tato bakalářská práce je studií energetické náročnosti rodinného domu s ohledem na tepelně-technologické vlastnosti konstrukcí a využití alternativních zdrojů. Díky skokovému růstu cen v posledních několika měsících vyvstává otázka ekonomické návratnosti alternativních zdrojů a případné profitability jejich využití.

Práce řeší projekty tří různých rodinných domů s různou energetickou náročností, pro které byly zvoleny různé konstrukce volně dostupné na trhu s různými tepelně technickými vlastnostmi.

U každé z variant bylo dosaženo vypočtených hodnot různou kombinací stavebních materiálů. V první variantě RD Savana, který je jednopodlažní, byla použita pro obvodovou konstrukci cihla s vnitřní výplní z polystyrenu. Pro druhou variantu RD Absolut se zvolila jedna z nejvíce používaných cihel bez vnitřní izolace. Dům je navržen jako pasivní; a má největší podíl zasklení. Třetí varianta RD Vega 1 používá standardní cihlu a je navržen jako dvoupodlažní dům se sedlovou střechou.

Dále se uvažovala změna materiálu a šířky zateplení a jejich vliv na energetickou náročnost. Došlo k vyhodnocení návratnosti investic v rámci změny parametrů a porovnání s různými řešeními vytápění.

## 2. Budovy s nízkou energetickou náročností

### 2.1. Nízkoenergetické budovy

Podle současné legislativy by měly všechny rodinné domy postavené po 1.1.2020 splňovat požadavky pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Nízkoenergetické budovy se vyznačují, jak název napovídá, nízkou potřebou tepla na vytápění. Toho se dosahuje optimalizací stavebních konstrukcí obálky budovy. Nízkoenergetické budovy nesmí mít hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění stanovené v souladu s ČSN EN ISO 01 790 vyšší než 50 kWh/(m<sup>2</sup>a) a zároveň nesmí překročit hodnoty součinitele prostupu tepla dle tabulky 1. [1]

*Tab. 1 Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18°C až 22°C včetně [1]*

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em, N, 20}$ [W/m <sup>2</sup> K]
Nové obytné budovy	Nejvýše 0,50
Ostatní budovy	Pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,2$ $U_{em, N, 20} = 1,05$ $A/V > 1,0$ $U_{em, N, 20} = 0,45$ Pro ostatní hodnoty $A/V$ $U_{em, N, 20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$ .

### 2.2. Pasivní domy

Pasivní domy jsou definovány minimální potřebou energie k dosažení požadovaných vnitřních podmínek a minimální potřebou primární energie na provoz. Tohoto se snaží dosáhnout mimo jiné také vhodným stavebním řešením. Potřeba tepla pro vytápění, přípravu teplé vody a elektrické energie na provoz spotřebičů se určuje podle TNI 73 0329. Další z podmínek je hodnota maximální průvzdušnosti  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa.

### 3. Modelové budovy

Jako modelové budovy byly zvoleny tři projekty z internetového katalogu domů a projektů společnosti GSERVIS. Každá z variant zastupuje jedno z populárních řešení současné výstavby. Každý z domů má vlastní řešení konstrukce.

Tab. 2 Skladba obvodové stěny

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Heluz Family 50 2in1	500	0,058
Isover EPS 70	4	0,039
Vnější omítka	15	0,45
Vnitřní omítka	20	0,98

#### 3.1. Projekt Savana

Jedná se o jediný jednopatrový bungalov orientovaný hlavním vchodem na sever. Tento dům má sedlovou střešní konstrukci. Celkem se v domě nachází 15 místností.



Obr. 1 Vizualizace RD Savana [2]

## 3.1.1. Svislé konstrukce

Tab. 3 Skladba vnitřního zdiva

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Porotherm 11,5	115	0,26
KNAUF deska white	12,5	0,19
KNAUF deska white	12,5	0,19

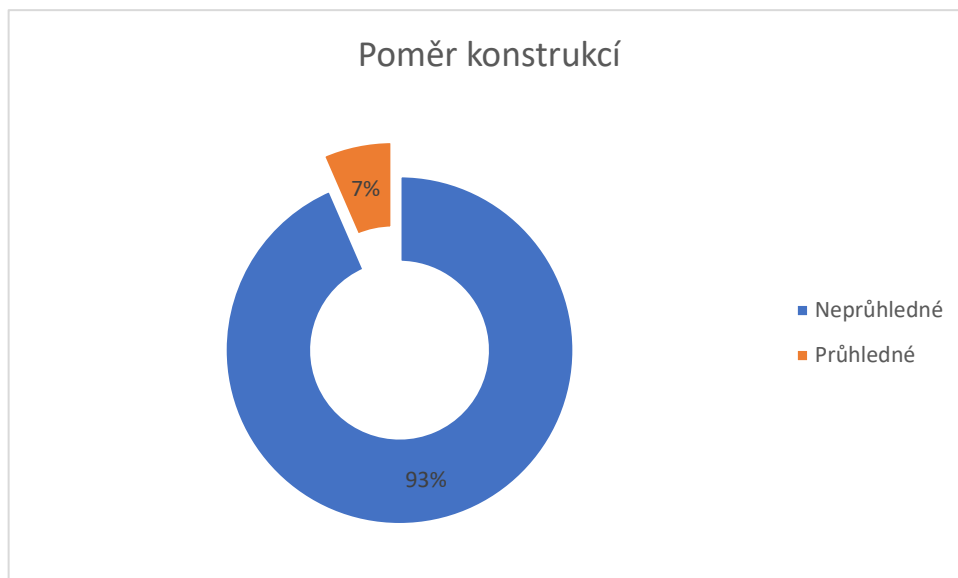
## 3.1.2. Vodorovné konstrukce

Tab. 4 Skladba podlahy

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Podkladní beton	100	1,23
Isover EPS 100	200	0,037
Cementový potěr	50	1,2
Podlahová kritina	10	0,23

Tab. 5 Skladba stropu

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
KNAUF deska white	12,5	0,19
Isover Multimax 30	250	0,03
Dřevěná prkna	20	0,22



Obr. 2 Poměr konstrukcí projektu Savana

### 3.2. Projekt Absolut

Jedná se o dvoupatrový dům navržený jako pasivní orientovaný vstupem na jih. Jde o moderní budovu s vysokým podílem zasklení. V nadzemním podlaží se nachází 4 terasy v rozích stavby. Celkem se v domě nachází 18 místností s tím, že 7 místností se nachází v 1. patře.



Obr. 3 Vizualizace RD Absolut [2]

## 3.2.1. Svislé konstrukce

Tab. 6 Skladba obvodové stěny

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Heluz Plus 38	380	0,116
Isover TF Profi	100	0,035
Vnější omítka	15	0,45
Vnitřní omítka	20	0,98

Tab. 7 Skladba vnitřního zdiva

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Porotherm 11,5	115	0,26
KNAUF deska white	12,5	0,19
KNAUF deska white	12,5	0,19

## 3.2.2. Vodorovné konstrukce

Tab. 8 Skladba podlahy

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Wienerberger Miako	52,5	-1)
Dřevěná prkna	20	0,22
Styrofloor T4	250	0,036
1) Výrobce uvádí pouze tepelný odpor $R=0,34$ [m <sup>2</sup> K/W]		

Tab. 9 Skladba stropu

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Podkladní beton	100	1,23
Isover EPS 100	200	0,037
Cementový potěr	50	1,2
Podlahová kritina	10	0,23

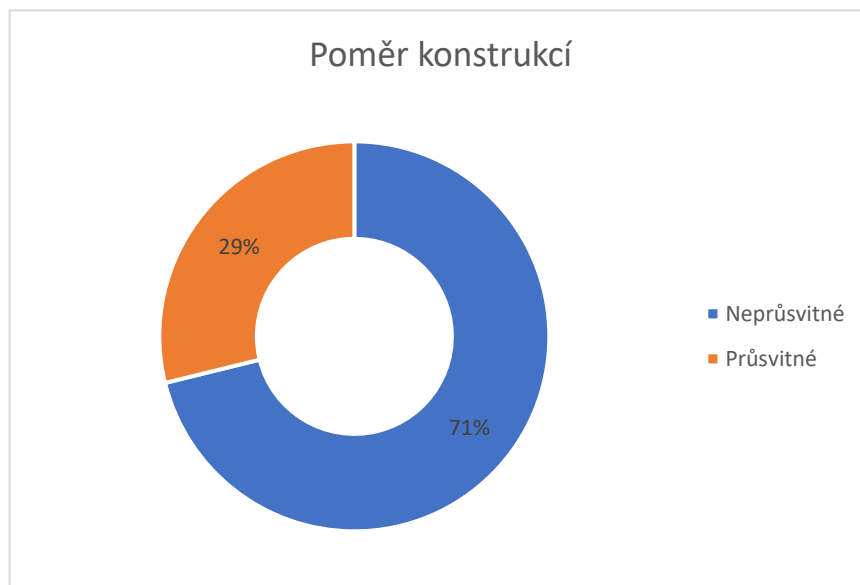


Tab. 10 Skladba stropu pod terasou

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Wienerberger Miako	52,5	- <sup>1)</sup>
Styrofloor T4	45	0,042
1) Výrobce uvádí pouze tepelný odpor $R=0,34$ [m <sup>2</sup> K/W]		

Tab. 11 Skladba střechy

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Dřevěná prkna	20	0,22
Isover Multimax 30	250	0,03
KNAUF deska white	12,5	0,19



Obr. 4 Poměr konstrukcí projektu Absolut

### 3.3. Projekt Vega 1

Jedná se o dvoupatrový dům se sedlovou střechou s velmi jednoduchým vzhledem. Hlavní vchod je orientován na sever. Celkově má tento dům 13 místností s tím, že 6 místností se nachází v 1. patře.



Obr. 5 Vizualizace RD Vega 1 [2]

### 3.3.1. Svislé konstrukce

Tab. 12 Skladba Obvodové stěny

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Heluz Uni 30	300	0,116
Isover EPS 100	120	0,037
Vnější omítka	15	0,45
Vnitřní omítka	20	0,98

Tab. 13 Skladba vnitřního zdiva

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Porotherm 24	240	0,39
KNAUF deska white	12,5	0,19
KNAUF deska white	12,5	0,19

## 3.3.2. Vodorovné konstrukce

Tab. 14 Skladba podlahy

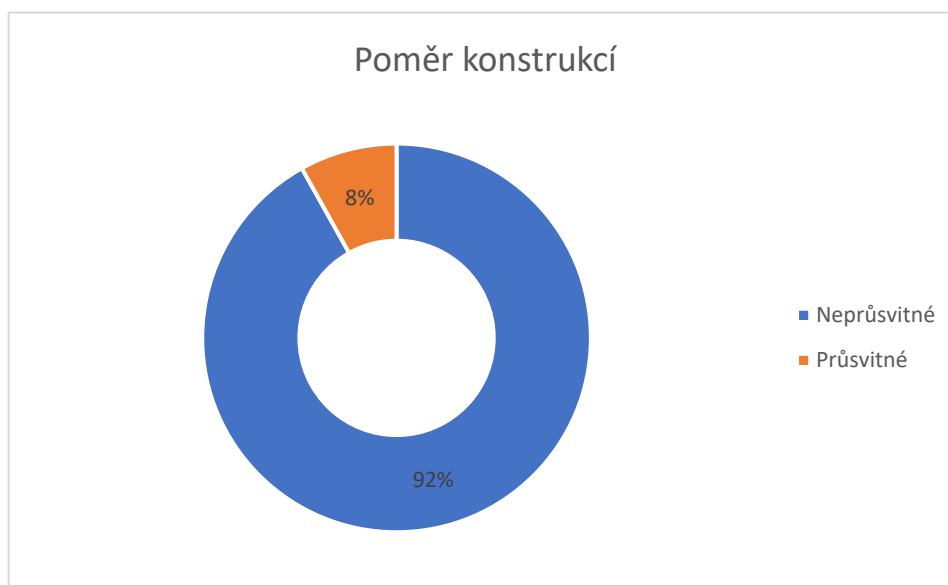
Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Podkladní beton	100	1,23
Isover EPS 100	200	0,037
Cementový potěr	50	1,2
Podlahová kritina	10	0,23

Tab. 15 Skladba stropu

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Wienerberger Miako	52,5	- 1)
Styrofloor T4	45	0,042
1) Výrobce uvádí pouze tepelný odpor $R=0,34$ [m <sup>2</sup> K/W]		

Tab. 16 Skladba střechy

Materiál	Šířka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
Dřevěná prkna	20	0,22
Isover Multimax 30	250	0,03
KNAUF deska white	12,5	0,19



Obr. 6 Poměr konstrukcí projektu Vega 1

### 3.4. Okna a dveře

U všech projektů byla shodně použita okna typu trojsklo VEKRA Komfort EVO se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 0,71 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

U projektů Savana a Absolut byla použita francouzská okna od společnosti Pramo se součinitelem prostupu tepla  $U = 0,64 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . U projektu Vega 1 byla použita francouzská okna společnosti Ri okna se součinitelem prostupu tepla  $U = 0,74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Exteriérové dveře byly použity shodné exteriérové termo-dveře společnosti Adlo se součinitelem prostupu  $U = 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Interiérové dveře byly ve všech případech použity stejné generické dřevěné dveře se součinitelem prostupu  $U = 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

### 3.5. Součinitel prostupu tepla

Určení tepelných ztrát domu závisí na správném stanovení součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Součinitel prostupu tepla je definován jako množství tepla, které projde konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot povrchů konstrukce  $1 \text{ K}$ .

Výpočet byl proveden dle normy ČSN EN ISO 6946 pro neprůsvitné části konstrukce. [2]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (1)$$

Kde

$U$	součinitel prostupu tepla stavební konstrukce	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
$R_{si}$	vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla (internal)	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$
$R_{se}$	vnější tepelný odpor při přestupu tepla (external)	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$
$R_n$	tepelný odpor n-té stavební konstrukce	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$
$s_n$	tloušťka n-té stavební konstrukce	$[\text{m}]$
$\lambda_n$	součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce	$[\text{W/m} \cdot \text{K}]$

Určení vnitřního a vnějšího odporu se stanoví dle stavební konstrukce a teplot na stranách těchto konstrukcí, přičemž povrch do chladnějšího prostoru je považován za vnější. Hodnoty tepelného odporu závisí na stavebním materiálu.

Tab. 17 Hodnoty tepelných odporů přestupu tepla dle ČSN EN ISO 6946

Tepelný odpor při přestupu tepla [m <sup>2</sup> ·K/W]	Směr tepelného toku		
	Nahoru	Horizontálně	Dolů
R <sub>si</sub>	0,10	0,13	0,17
R <sub>se</sub>	0,04	0,04	0,04

Součinitel prostupu tepla průsvitných součástí byl převzat z dat udávaných výrobcí.

V neposlední řadě byl určen součinitel prostupu tepla podlahou do zeminy. Výpočet byl proveden dle normy ČSN ISO 13 370. [3]

$$B' = \frac{S_{podlahy}}{0,5 \cdot O_{podlahy}} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Kde

B'	charakteristický parametr	[m]
S <sub>podlahy</sub>	plocha podlahy	[m <sup>2</sup> ]
O <sub>podlahy</sub>	obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostředí	[m]

$$d_t = w + \lambda_{zeminy} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad [\text{m}] \quad (3)$$

kde

d <sub>t</sub>	celková ekvivalentní tloušťka podlahy	[m]
w	celková tloušťka obvodových stěn	[m]
R <sub>si</sub>	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	[m <sup>2</sup> ·K/W]
R <sub>f</sub>	tepelný odpor podlahy	[m <sup>2</sup> ·K/W]
R <sub>se</sub>	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně	[m <sup>2</sup> ·K/W]

$$d_t < B' \quad U_{podlahy} = \frac{2 \cdot \lambda_{zeminy}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (4)$$

$$d_t > B' \quad U_{podlahy} = \frac{2 \cdot \lambda_{zeminy}}{0,457 \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (5)$$

kde

$\lambda_{zeminy}$  tepelná vodivost zeminy [W/m·K]

$U_{podlahy}$  součinitel prostupu tepla podlahy [W/m<sup>2</sup>·K]

Vypočtené hodnoty součinitelů prostupu tepla u všech tří projektů jsou uvedeny v následujících tabulkách. Součinitel prostupu tepla podlahou je pouze orientační dle použitých materiálů. V závislosti na charakteristickém čísle každé místnosti byl vypočítán pro každou místnost zvlášť.

Tab. 18 Součinitele prostupu projektu Savana

Savana	Vertikální konstrukce				Vodorovné konstrukce	
	Obvodové stěny	Okna	Fr. Okna	Dveře	Podlaha	Střecha
U [W/m <sup>2</sup> ·K]	0,101	0,7	0,64	0,9	0,17	0,12

Tab. 19 Součinitele prostupu projektu Absolut

Absolut	Vertikální konstrukce				Vodorovné konstrukce		
	Obvodové stěny	Okna	Fr. Okna	Dveře	Podlaha	Střecha	Terasa
U [W/m <sup>2</sup> ·K]	0,138	0,7	0,64	0,9	0,17	0,12	0,14

Tab. 20 Součinitele prostupu tepla projektu Vega 1

Vega 1	Vertikální konstrukce				Vodorovné konstrukce	
	Obvodové stěny	Okna	Fr. Okna	Dveře	Podlaha	Střecha
U [W/m <sup>2</sup> ·K]	0,183	0,7	0,74	0,9	0,17	0,12

## 4. Tepelné ztráty

Tepelné ztráty byly vypočteny dle normy ČSN EN 12 831-1.

Celkové tepelné ztráty objektu jsou prostým součtem dvou dílčích ztrát. První dílčí částí jsou ztráty tepla prostupem konstrukcí do okolního prostředí. Druhou dílčí částí jsou tepelné ztráty větráním. Tepelné ztráty prostupem lze minimalizovat zlepšením teplotních vlastností obálky budovy. U zatím nerealizovaných projektů lze využít konstrukci s lepšími tepelně-technickými vlastnostmi, u již realizovaných staveb lze zlepšit případným zateplením budov (při zateplování je však potřeba dávat pozor na kondenzaci vodních par v konstrukci). Tepelnou ztrátu větráním lze snížit např. využitím nuceného větrání rekuperační jednotkou pro zpětné získávání tepla. Všechny tepelné ztráty byly vypočítány zvlášť pro každou budovu, a pro každý měsíc, dle průměrných teplot v dané oblasti, převzatých z dlouhodobého měření ČHMU.

### 4.1. Tepelné ztráty prostupem

Celková tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru byl stanoven dle rovnice

$$Q_{H,t} = \sum_m (Q_{T,iem} + Q_{T,iam} + Q_{T,iaem} + Q_{T,iaBEm} + Q_{T,igm}) \quad [\text{kWh}] \quad (6)$$

kde

$Q_{H,t}$	potřeba tepla prostupem	[kWh]
$Q_{T,iem}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e) za měsíc (m)	[kWh]
$Q_{T,ia}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do sousedních vytápěných prostor (a) za měsíc (m)	[kWh]
$Q_{T,iae}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes sousední nevytápěné prostory nebo sousední nevytápěné přilehlé budovy (ae) za měsíc (m)	[kWh]

$Q_{T,iaBE}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedních funkčních částí budovy. Které jsou považovány za nevytápěné nebo vytápěné na jinou teplotu (aBE) za měsíc (m)	[kWh]
$Q_{T,igm}$	potřeba tepla prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)	[kWh]
$\Theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (i)	[°C]
$\Theta_{em}$	průměrná měsíční venkovní teplota (e)	[°C]

$$Q_{H,iem} = \sum_k [A_k \cdot U_k \cdot (t_i - t_{em})] \quad [\text{kWh}] \quad (7)$$

kde

$A_k$	plocha stavební části obálky budovy	[m <sup>2</sup> ]
$U_k$	součinitel prostupu tepla stavební části	[W/m <sup>2</sup> ·K]
$t_i$	výpočtová teplota v místnosti	[°C]
$t_{em}$	výpočtová teplota v místnosti	[°C]

Potřeba tepla prostupem do zeminy byl spočítán dle rovnice (9). Byl zanedbán vliv okrajové izolace.

$$Q_{T,g} = S_{podlahy} \cdot U_{podlahy} \cdot (t_i - t_{em}) \quad [\text{kWh}] \quad (8)$$

kde

$S_{podlahy}$	plocha podlahy	[m <sup>2</sup> ]
---------------	----------------	-------------------

#### 4.2. Tepelné ztráty větráním

V každém obývaném objektu by mělo docházet z hygienických důvodů k výměně vzduchu. Dle Pettenkoferova kritéria by koncentrace CO<sub>2</sub> ve vnitřním prostředí neměla



přesáhnout maximální přípustné množství 0,1 %, což odpovídá 1000 ppm (particle per milion). Pro srovnání obsah  $\text{CO}_2$  v čerstvém vzduchu ve běžném prostředí (mimo metropole a industriální oblasti) se pohybuje kolem 400ppm. Produkce dospělého člověka v bdělém stavu závisí na jeho fyzické aktivitě. Pro bdělého člověka v klidu produkce odpovídá přibližně  $16 \text{ dm}^3/\text{h}$   $\text{CO}_2$ . Z toho vyplývá, že dávka čistého vzduchu na osobu je přibližně  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ .

V rámci minimalizace tepelných ztrát byl využit systém nuceného větrání v kombinaci s rekuperační jednotkou (konkrétně Zehnder ComfoAir Q350 TR ve všech třech projektech) se zpětným získáváním tepla. Tepelné ztráty větráním byly vypočítány dle rovnice (9). [4]

$$Q_{V,m} = \Sigma(H_{v,sup} + H_{v,tr}) \cdot \{t_p - [t_{em} + \eta_{rec} \cdot (t_p - t_{em})]\} \quad [\text{kWh}] \quad (9)$$

kde

$H_{v,sup}$	měrný tepelný tok přiváděného vzduchu	[kW/K]
$H_{v,tr}$	měrný tepelný tok vzduchu vniknutým obálkou	[kW/K]
$\eta_{rec}$	účinnost rekuperační jednotky	[-]
$t_p$	vážený průměr teploty vzduchu v budově	[°C]

$$H_{v,sup} = \frac{V_{e,p}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{kW/K}] \quad (10)$$

kde

$V_{e,p}$	objem přiváděného vzduchu do místnosti	[m <sup>3</sup> /h]
$\rho$	hustota přiváděného vzduchu	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_p$	měrná tepelná kapacita přiváděného vzduchu	[kJ/kgK]

$$t_p = \frac{\sum_i V_i \cdot t_i}{\sum_i V_i} \quad [^\circ\text{C}] \quad (11)$$

kde

$$V_i \quad \text{objem místnosti (i)} \quad [\text{m}^3]$$

$$H_{v,tr} = \frac{V_{env,i}}{3600} \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{kW/K}] \quad (12)$$

kde

$$V_{env,i} \quad \text{objemový průtok vzduchu procházejícího obálkou domu do} \\ \text{místnosti (i)} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_{env,i} = V_{leak,i} \cdot f_{dir,z} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (13)$$

kde

$$V_{leak,i} \quad \text{objemový tok vzduchu netěsnostmi obálky do místnosti (i)} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$f_{dir,z} \quad \text{činitel orientace zóny} \quad [-]$$

$$V_{leak,i} = V_{leak,z} \cdot \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

kde

$$V_{leak,z} \quad \text{objemový tok vzduchu netěsnostmi obálky do budovy (z)} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$A_{env,i} \quad \text{obálka budovy (z) ve styku s venkovním prostředím} \quad [\text{m}^2]$$

$$A_{env,z} \quad \text{obálka místnosti (z) ve styku s venkovním prostředím} \quad [\text{m}^2]$$

## 5. Tepelné zisky

Tepelné zisky budovy se skládají z vnějších a vnitřních. Výpočty obou těchto zisků byly provedeny dle normy ČSN EN ISO 13 790.

$$Q_{H,gn} = Q_{H,int} + Q_{H,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (15)$$

kde

$Q_{H,gn}$  celkové tepelné zisky [kWh]

$Q_{H,int}$  vnitřní tepelné zisky [kWh]

$Q_{H,sol}$  solární tepelné zisky [kWh]

### 5.1. Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tvoří zisky produkované uvnitř budovy. Teplo produkují nejen lidé svoji přítomností, ale také domácí spotřebiče a další elektronika uvnitř objektu. Tepelné zisky od umělého osvětlení nebyly uvažovány z důvodů přechodu na LED svítidla s nízkou produkcí tepla. Pro všechny varianty rodinných domů byly uvažovány 4 osoby.

$$Q_{H,int} = \frac{(n_{os} \cdot \Phi_{s,o} \cdot f + \Phi_{s,p}) \cdot n_{hod}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (16)$$

kde

$n_{os}$  počet osob v budově [-]

$\Phi_{s,o}$  tepelná produkce osoby [W]

$f$  koeficient přítomnosti osob v budově [W]

$\Phi_{s,p}$  tepelná produkce elektrických zařízení [W]

$n_{hod}$  počet hodin v měsíci [-]

Pro všechny projekty byl koeficient přítomnosti osob v budově uvažován 0,7. Zisky byly vypočteny hodinovou metodou v kWh.

## 5.2. Vnější tepelné zisky

Vnější tepelné zisky jsou důsledkem slunečního záření. Velikost těchto zisků závisí na orientaci osluněných ploch (přímým i difuzním zářením), prostnosti a pohltivosti slunečního záření. Solární zisky jsou schopny částečně pokrýt potřebu tepla na vytápění. [5]

$$Q_{H,sol} = \sum_i (F_{sh} \cdot A_{sol} \cdot I_{sol,j} - F_{r,i} \cdot \Phi_r) \cdot n_{hod} \quad [\text{kWh}] \quad (17)$$

kde

$F_{sh}$	korekce stínění na externí překážky	[-]
$A_{sol}$	účinná sběrná plocha s daným úhlem sklonu	[-]
$I_{sol,j}$	celkové solární záření za měsíc	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$F_{r,i}$	faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou	[-]
$\Phi_r$	sálení vůči obloze	[W]

Tab. 21 Celkové solární záření za měsíc

Měsíc	Počet dnů	Střední teplota	Celkové solární záření za měsíc				
	n [den]	t <sub>ep</sub> [°C]	Isol,j [kWh/m <sup>2</sup> ]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
Leden	31	-1,5	7	50	15	20	23
Únor	28	-0,2	13	56	26	28	40
Březen	31	3,7	23	82	51	53	79
Duben	30	8,6	32	95	74	72	118
Květen	31	14,0	47	97	104	93	161
Červen	30	16,8	52	87	115	88	166
Červenec	31	18,0	47	93	100	93	162
Srpen	31	18,4	38	100	88	88	143
Září	30	14,1	24	95	60	64	96
Říjen	31	8,6	17	75	34	48	57
Listopad	30	3,3	9	36	14	18	24
Prosinec	31	-0,2	6	29	11	12	17

Z tabulky 21 lze vyčíst, že největší solární zisky jsou z jihu. Proto by měl být dům orientovaný stranou s největší prosklenou plochou na jih pro maximalizaci solárních zisků.

Tab. 22 Korekční činitele na stínění a osálení

Korekce stínění na externí překážky	Faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou	
	Horizontální	Vertikální
F <sub>sh</sub>	F <sub>r,i</sub>	
1	1	0,5

### 5.2.1 Výpočet solárních zisků neprůsvitnými prvky

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_i \quad [\text{m}^2] \quad (18)$$

kde

$\alpha_{s,c}$  pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků [-]

$R_{se}$  Tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu [m<sup>2</sup>K/W]

$U_c$  Součinitel prostupu tepla neprůhledných součástí [W/m<sup>2</sup>K]

Tab. 23 Parametry k výpočtu účinné solární sběrné ploše neprůhledných prvků  $A_{sol}$ 

Pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků	Tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu	Součinitel prostupu tepla neprůhledných částí
$\alpha_{S,c}$	R <sub>se</sub>	U <sub>c</sub>
0,6	0,04	Dle projektu

## 5.2.2. Výpočet solárních zisků průsvitnými prvky

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_i \quad [m^2] \quad (19)$$

kde

$g_{gl}$  celková propustnost průsvitnými prvky [-]

$F_F$  podíl plochy rámu; 0,3 [-]

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n \quad [-] \quad (20)$$

kde

$g_n$  celková propustnost zasklení [-]

$F_w$  korekce pro nerozptyl. zasklení; 0,9 [-]

Tab. 24 Celková propustnost zasklení

Celková propustnost zasklení	$g_n$
Jednoduchá zasklení	0,85
Dvojsklo	0,75
Dvojsklo se selektivním nízkoemisním povrchem	0,67
Trojsklo	0,70
Trojsklo se selektivním nízkoemisním povrchem	0,50
Zdvojené okno	0,75

## 5.2.3. Solární zisky jednotlivých projektů

Tab. 25 Vnější tepelné zisky projekt Savana

Měsíc	Počet dnů	Počet hodin	Vnější tepelné zisky									
			Q sol [kWh]									
	n [den]	n <sub>hod</sub> [den]	Průsvitné konstrukce					Neprůsvitné konstrukce				
			N	S	E	W	Střecha	N	S	E	W	Střecha
Leden	31	744	7	169	75	27	0	-6	0	-2	-2	-40
Únor	28	672	13	171	118	34	0	-4	1	-1	-1	-29
Březen	31	744	25	278	256	72	0	-3	3	0	1	-15
Duben	30	720	34	312	361	95	0	-2	4	2	2	3
Květen	31	744	52	329	524	127	0	0	4	3	4	23
Červen	30	720	55	285	561	116	0	1	3	4	3	24
Červenec	31	744	52	315	504	127	0	0	3	3	4	23
Srpen	31	744	42	339	443	120	0	-1	4	3	3	15
Září	30	720	25	312	292	84	0	-3	4	1	1	-7
Říjen	31	744	18	254	171	65	0	-4	2	-1	0	-25
Listopad	30	720	9	118	67	24	0	-5	-1	-2	-2	-38
Prosinec	31	744	6	98	54	16	0	-6	-1	-2	-3	-43

Tab. 26 Vnější tepelné zisky projektu Absolut

Měsíc	Počet dnů	Počet hodin	Vnější tepelné zisky									
			Q sol [kWh]									
	n [den]	n <sub>hod</sub> [den]	Průsvitné konstrukce					Neprůsvitné konstrukce				
			N	S	E	W	Střecha	N	S	E	W	Střecha
Leden	31	744	24	501	61	205	0	-8	0	-4	-2	-26
Únor	28	672	41	508	97	261	0	-6	1	-2	-1	-16
Březen	31	744	81	825	211	550	0	-5	4	1	1	1
Duben	30	720	109	925	298	725	0	-3	5	4	2	19
Květen	31	744	166	976	433	969	0	0	5	8	4	41
Červen	30	720	178	847	463	887	0	1	4	9	3	42
Červenec	31	744	166	936	416	969	0	0	5	7	4	41
Srpen	31	744	134	1006	366	916	0	-2	6	6	3	32
Září	30	720	82	925	241	644	0	-4	5	2	1	9
Říjen	31	744	59	754	140	498	0	-6	3	-2	0	-10
Listopad	30	720	30	348	55	179	0	-7	-1	-4	-2	-25
Prosinec	31	744	20	289	44	122	0	-8	-2	-5	-3	-29

Tab. 27 Vnější tepelné zisky projektu Vega 1

Měsíc	Počet dnů	Počet hodin	Vnější tepelné zisky									
	n [den]	n <sub>hod</sub> [den]	Q sol [kWh]									
			Průsvitné konstrukce					Neprůsvitné konstrukce				
			N	S	E	W	Střecha	N	S	E	W	Střecha
Leden	31	744	8	76	28	23	29	-7	1	-4	-4	-9
Únor	28	672	14	77	45	30	52	-6	1	-2	-2	-4
Březen	31	744	27	126	99	63	122	-4	4	1	1	5
Duben	30	720	37	141	139	83	180	-3	6	4	4	15
Květen	31	744	56	149	203	111	257	0	6	8	7	26
Červen	30	720	60	129	217	101	257	1	5	9	6	26
Červenec	31	744	56	143	195	111	259	0	6	7	7	26
Srpen	31	744	45	153	171	105	227	-2	7	6	6	21
Září	30	720	27	141	113	74	145	-4	6	2	3	9
Říjen	31	744	20	115	66	57	85	-6	4	-2	0	0
Listopad	30	720	10	53	26	20	30	-7	-1	-4	-4	-8
Prosinec	31	744	7	44	21	14	19	-8	-2	-5	-5	-10



## 6. Celková tepelná bilance

Tímto postupem byly vypracovány tepelné zisky a ztráty jednotlivých projektů v jednotlivých měsících. Aby zisky bylo možno odečíst od tepelných ztrát, je potřeba uvažovat faktor využitelnosti tepelných zisků dle rovnice (21).

$$Q_{H,nd} = a_{H,red} \cdot (Q_{H,i} + Q_{H,ve} - Q_{H,gn} \cdot \eta_{H,gn}) \quad [\text{W}] \quad (21)$$

kde

$Q_{H,nd}$	potřeba tepla v daném měsíci	[kWh]
$Q_{gn}$	trvalé využitelné tepelné zisky ve vytápěném prostoru	[kWh]
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelnosti teplotních zisků	[-]
$a_{H,red}$	redukční faktor na přerušované vytápění	[-]

Redukční faktor je možno vypočítat dle neuvedené rovnice, avšak pro nepřerušované vytápění, což je mimo jiné případ i rodinných domů a tím pádem i všech uvažovaných projektů, je  $a_{H,red} = 1$ .

### 6.1. Faktor využitelnost tepelných zisků

Výpočet faktoru využitelnosti tepelných zisků přímo závisí na bilančním poměru pro režim vytápění a na časovém parametru, který závisí na tepelné setrvačnosti budovy. Tato závislost je dána následujícími vztahy.

$$\gamma_H > 0 \text{ a } \gamma_H \neq 0 \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad [-] \quad (22)$$

$$\gamma_H = 1 \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad [-] \quad (23)$$

$$\gamma_H < 0 \quad \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H} \quad [-] \quad (24)$$

kde

$\gamma_H$  faktor využitelností tepelných zisků pro vytápění [-]

$a_H$  bezrozměrný časový parametr [-]

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad [-] \quad (25)$$

kde

$Q_{H,gn}$  celkové tepelné tisky [kWh]

$Q_{H,ht}$  celková potřeba tepla [kWh]

$$a_H = a_{h,0} + \frac{\tau}{\tau_{h,0}} \quad [-] \quad (26)$$

kde

$a_{h,0}$  bezrozměrný číselný parametr pro měsíční metodu; 1 [-]

$\tau$  časová konstanta budovy [h]

$\tau_{H,0}$  referenční časová konstanta; 15 [h]

$$\tau = \frac{C_m}{3600(H_T + H_V)} \quad [h] \quad (27)$$

kde

$C_m$  časová konstanta budovy [J/K]

$H_T$  měrný tepelný tok prostupem [W/K]

$H_V$  měrný tepelný tok větráním celé budovy [W/K]

Tab. 28 Výpočet vnitřní tepelné kapacity budovy

Třída budovy	Vnitřní tepelná kapacita budovy $C_m$ [J/K] (měsíční metoda)
Velmi lehká	$80\,000 \cdot A_{\text{pod}}$
Lehká	$110\,000 \cdot A_{\text{pod}}$
Střední	$165\,000 \cdot A_{\text{pod}}$
Těžká	$260\,000 \cdot A_{\text{pod}}$
Velmi těžká	$370\,000 \cdot A_{\text{pod}}$

$A_{\text{pod}}$  podlahová plocha vytápěné zóny

[m<sup>2</sup>]

Tab. 29 Vnitřní tepelné kapacity budovy projektu Savana

Třída budovy	Vnitřní tepelná kapacita budovy $C_m$ [J/K] (měsíční metoda)
Velmi lehká	21 315 592
Lehká	29 308 939
Střední	43 963 409
Těžká	69 275 674
Velmi těžká	98 584 613

Tab. 30 Vnitřní tepelné kapacity budovy projektu Absolut

Třída budovy	Vnitřní tepelná kapacita budovy $C_m$ [J/K] (měsíční metoda)
Velmi lehká	24 296 488
Lehká	33 407 671
Střední	50 111 507
Těžká	78 963 586
Velmi těžká	112 371 257

Tab. 31 Vnitřní tepelné kapacity budovy projektu Vega I

Třída budovy	Vnitřní tepelná kapacita budovy $C_m$ [J/K] (měsíční metoda)
Velmi lehká	5 869 232
Lehká	8 070 194
Střední	12 105 291
Těžká	19 075 004
Velmi těžká	27 145 198

Třída budov byla zvolena vzhledem k stavební konstrukci „těžká“.

## 7. Potřeba tepla

Celková potřeba tepla objektu je dána potřebou tepla na vytápění a potřebou tepla na přípravu teplé vody využívané v objektu. Z tohoto vyplývá, že je to celková potřeba energie, která je potřeba do objektu dodat pro uspokojení požadavků obyvatel.

### 7.1. Potřeba tepla na vytápění

Z výpočtů v předchozí kapitole lze odvodit, že potřeba tepla na vytápění lze ovlivnit vlastnostmi konstrukce i samotným návrhem budovy. Pro snížení ztrát lze například změnit poměr objemu budovy a její obálky. Další z možností může být změna poměru prosklení konstrukce a tím zvýšení tepelných zisků ze slunce. U takové úpravy je však potřeba brát v zřetel zvýšení ztrát prostupem tepla nejen prosklením, ale hlavně rámy oken, které nesou hlavní část těchto ztrát. Dále je u tohoto postupu potřeba uvažovat lokalitu výstavby, neboť tepelné zisky z oslunění na jižní Moravě jsou výrazně odlišné od zisků v severních Čechách. Následující tabulka (38) vyjadřuje výsledné potřeby tepla jednotlivých projektů.

Tab. 32 Roční potřeba tepla na vytápění jednotlivých projektů

	Roční potřeba tepla na vytápění	
	Q [kWh/a]	Q [kWh/m <sup>2</sup> .a]
Savana	5741,40	27,09
Absolut	9379,09	29,72
Vega 1	6381,31	14,61

### 7.2. Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Potřeba tepla na přípravu teplé vody byla určena dle následujícího vztahu.

$$Q_{TV,den} = (1 + z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{TV} \cdot n_{os} \cdot (t_2 - t_1) \quad [W] \quad (28)$$

kde

$z$	poměrný koeficient ztrát; 0,55	[-]
$\rho_{vod}$	hustota vody; 997	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c$	měrná tepelná kapacita vody; 4180	[J/kgK]
$V_{TV}$	potřeba teplé vody na osobu; 0,032	[m <sup>3</sup> ]
$n_{os}$	počet osob; 4	[-]
$t_2$	teplota teplé vody; 55	[°C]
$t_1$	průměrná teplota přiváděné vody; 10	[°C]

Všechny tři projekty předpokládají 4 osoby, a proto mají identické výpočty potřeby tepla.

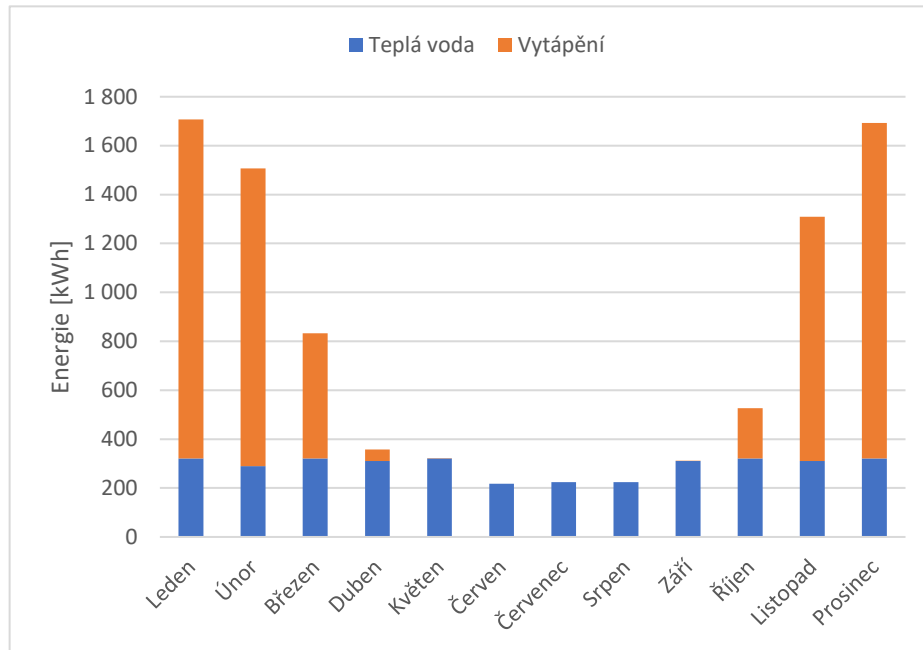
V měsících červenec a srpen se předpokládá snížení potřeby o 30 % z důvodu letních dovolených, prázdnin apod.

Tab. 333 Potřeba tepla na přípravu teplé vody

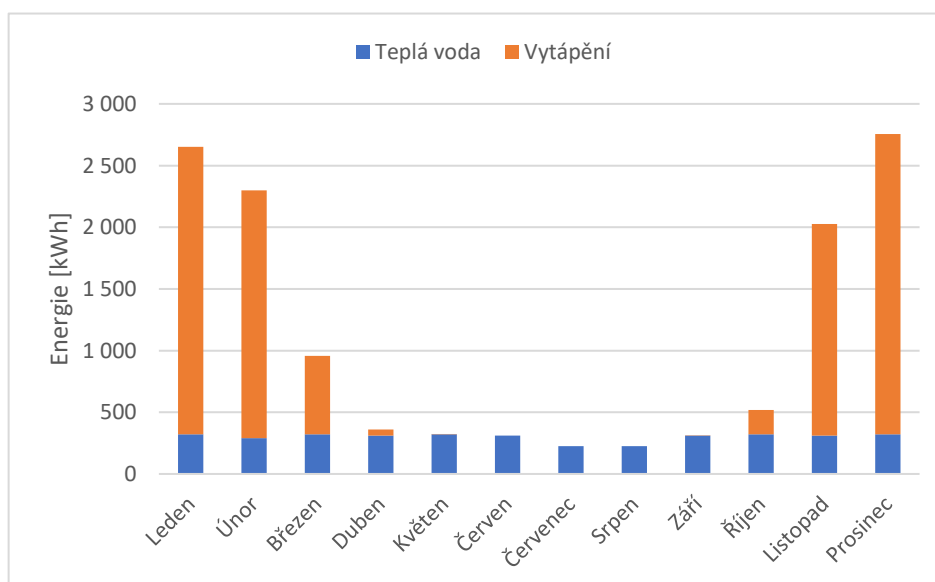
Měsíc	Počet dnů	Potřeba teplé vody
	n [den]	Q <sub>tv</sub> [kWh/m]
Leden	31	320,39
Únor	28	289,39
Březen	31	320,39
Duben	30	310,06
Květen	31	320,39
Červen	30	310,06
Červenec	31	224,28
Srpen	31	224,28
Září	30	310,06
Říjen	31	320,39
Listopad	30	310,06
Prosinec	31	320,39

### 7.3. Celková potřeba tepla

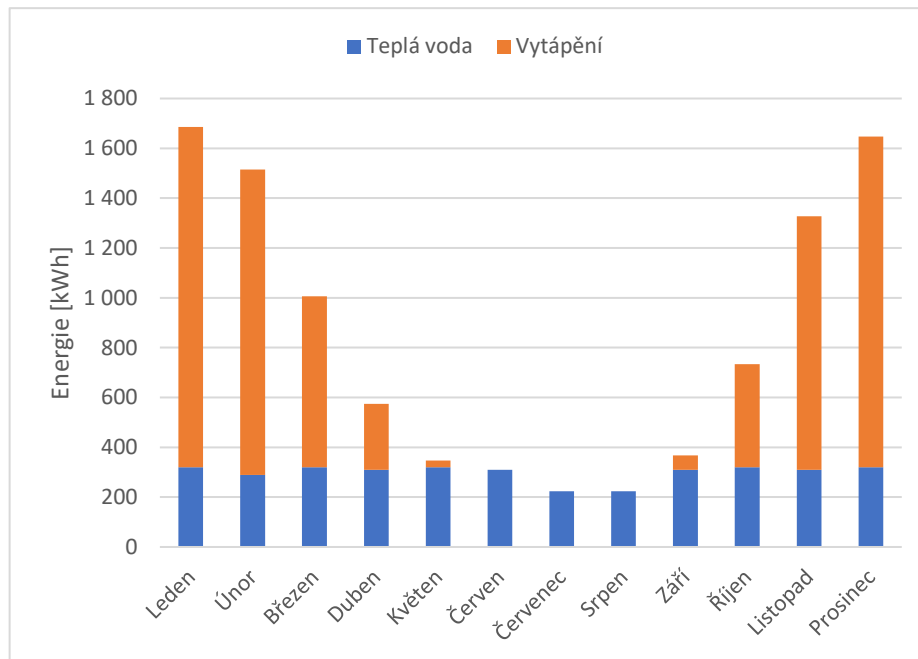
Celková potřeba tepla byla vypočítána dle dříve uvedených vztahů z potřeby na vytápění, teplou vodu a solárních zisků. Níže jsou uvedeny histogramy potřeby tepla pro jednotlivé projekty v závislosti na měsících.



Obr. 7 Celková potřeba tepla projektu Savana



Obr. 8 Celková potřeba tepla projektu Absolut



Obr. 9 Celková potřeba tepla projektu Vega 1

## 8. Změny izolací rodinných domů

V rámci výběru tepelných izolací jednotlivých projektů byl vytvořen výpočetní model uvažující tři druhy izolace, konkrétně Isover EPS 100, Isover EPS 70 a Isover TF Profí, a všechny jejich prodávané tloušťky od 0,01 m po 0,2m. Tento výpočetní model kalkuluje návratnost pro každou z těchto izolací porovnáním ceny materiálu a úsporu energie potřebné na vytápění. Tento model uvažuje ceny udávané výrobcem v době tvorby bakalářské práce a nereflektuje růst cen stavebních materiálů.

Pro každý z projektů byla vybrána izolace s návratností přibližně 9 let s životností 20 let. Konkrétní druhy a jejich tloušťky jsou uvedeny výše v tabulkách horizontálních konstrukcí.



## 9. Zdroje tepla

V následující části je popis kombinací zdrojů tepla, jejichž finanční nákladnost byla porovnávána.

### 9.1. Primární zdroje tepla

Z důvodu porovnatelnosti výsledků byly vybrány pro všechny projekty stejné zdroje tepla od stejného výrobce. Konkrétně byl vybrán plynový kondenzační kotel Buderus Logamax plus GB062 a tepelné čerpadlo vzduch/voda Logatherm WLW196i IR. Systém vzduch/voda byl vybrán pro jeho dominantní podíl na trhu. [6]

### 9.2. Solárních kolektory

Jako alternativní zdroj energie byly zvoleny solární kolektory. Výpočetní model porovnává využitelnou energii získanou čtyřmi různými kolektory opět od stejného výrobce, konkrétně Regulus. Zvolené kolektory jsou dva ploché (KPG1H a KPS 11 A) a dva trubicové (KTU 6R2 (SVT 541) a KTU 9R2 (SVT 542)).

Solární zisky z jednotlivých kolektorů pro konkrétní projekty byly vypočteny pro režim přípravy teplé vody a režim přípravy teplé vody a vytápění. Tyto výpočty byly provedeny za pomoci programu Bilance SS. Výstupy výpočtů jsou uvedeny v Příloze 8 [7]

Vybrané řešení jsou dva kolektory KPS 11 A.

## 10. Porovnání finanční návratnosti

Finanční nákladnost každého zdroje předpokládá trvalý růst cen energií. Odhad růstu cen energií byl proveden dle dlouhodobých dat za posledních 15 let. Byl stanoven na meziroční růst ceny elektřiny 5 % a ceny plynu 3 %. V nultém roce byla uvažována cena elektřiny 3,9 Kč/kWh a cena plynu 2,4 Kč/kWh. Tyto odhady byly provedeny v první čtvrtině roku 2022 a nezohledňují další výrazné výkyvy cen, které se na trhu s energiemi v současné době odehrávají. Předpověď tak vychází z dlouhodobého vývoje, nikoliv z vývoje posledních třech měsíců. Výpočty byly provedeny pro období 30 let a pokrývá tím s rezervou deseti let předpokládanou životnost systémů. Cena v jednotlivých letech byla vypočítána dle následující rovnice. [8] [9]

$$a_{n+1} = a_n \cdot \left(1 + \frac{x}{100}\right) \quad [\text{Kč}] \quad (29)$$

kde

$a_n$	cena v roce n	[Kč]
x	meziroční růst cen	[%]

### 10.1. Zdrojem kondenzační kotel

První varianta uvažuje vytápění a přípravu teplé vody kondenzačním kotlem. Nákladová křivka zobrazuje sumu počáteční investice, spotřebu plynu a elektřiny kotle, průměrnou spotřebu čtyřčlenné domácnosti v rámci elektrické energie a elektrickou a plynovou přípojku. [10]

### 10.2. Zdrojem kondenzační kotel doplněný o solární kolektor

Druhá varianta uvažuje vytápění a přípravu teplé vody kondenzačním kotlem s podporou přípravy teplé vody solárními kolektory. Varianta započítává do pořizovací ceny solární kolektor a oběhové čerpadlo. Z provozních nákladů byl odečten zisk ze solárního kolektoru a přičten příkon oběhového čerpadla k příslušným energiím. [11]

### 10.3. Zdrojem tepelné čerpadlo

Třetí varianta uvažuje vytápění a přípravu teplé vody za pomoci tepelného čerpadla. Střední venkovní teplota neklesá pod  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a proto se nepředpokládá využití dodatečného zdroje energie. Vzhledem k nízké teplotní náročnosti všech tří projektů se předpokládá nízkoteplotní vytápění. Výpočet proto uvažuje zvlášť topný faktor pro otopnou vodu a topný faktor pro teplou vodu. Při využití tepelného čerpadla výpočet uvažuje změnu fixní platby za elektrickou přípojku.

### 10.4. Zdrojem tepelné čerpadlo doplněné o solární kolektor

Čtvrtá varianta je změnou třetí varianty na stejném principu jako změna mezi první a druhou variantou.

### 10.5. Dotace

Výpočetní program dále uvažuje další varianty (pátou a šestou), které jsou variací třetí a čtvrté varianty změněné o snížení pořizovací ceny tepelného čerpadla o možnou dotaci od státu. Varianty s plynovým kondenzačním kotlem a dotací nebyly vytvořeny, neboť kotle objednané po 30. dubnu 2022 již na dotaci nedosáhnou. [12] [13]

## 11. Vyhodnocení

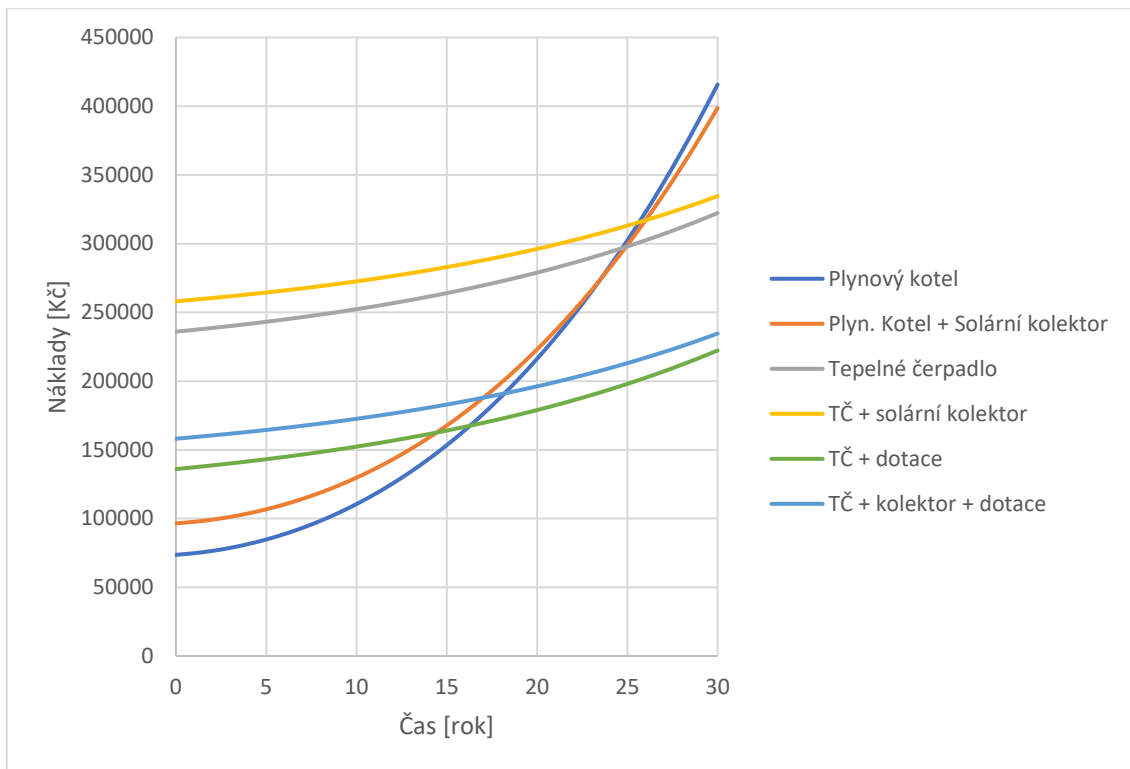
Porovnáním nákladových křivek jednotlivých variant u jednotlivých projektů vychází návratnost tepelného čerpadla při nákupu bez využití státní dotace u domů s nízkými energetickými požadavky po předpokládané životnosti zařízení (životnost 20 let). U domu s nejvyšší vypočtenou roční energetickou náročností (projekt Absolut), jehož náročnost se blíží dvojnásobku nejméně náročného domu (projekt Savana), se návratnost bez kolektoru i s kolektory zlepšila na 16 respektive 17 let. Dá se tedy předpokládat další zlepšení návratnosti pro domy s vyšší tepelnou náročností, zvláště u rekonstruovaných domů.

Porovnáním křivek stejného zdroje s rozdílem využití solárního kolektoru vychází u kondenzačního kotle návratnost mimo předpokládanou dobu životnosti jednotlivých kolektorů i bez započítání vyšších nákladů na složitější soustavu a zvýšení ceny zásobníku teplé vody. U kombinace tepelného čerpadla se solárními kolektory nedochází k protknutí nákladových křivek, dá se tedy předpokládat nenávratnost investice za předpokládaného trendu růstu cen energií.

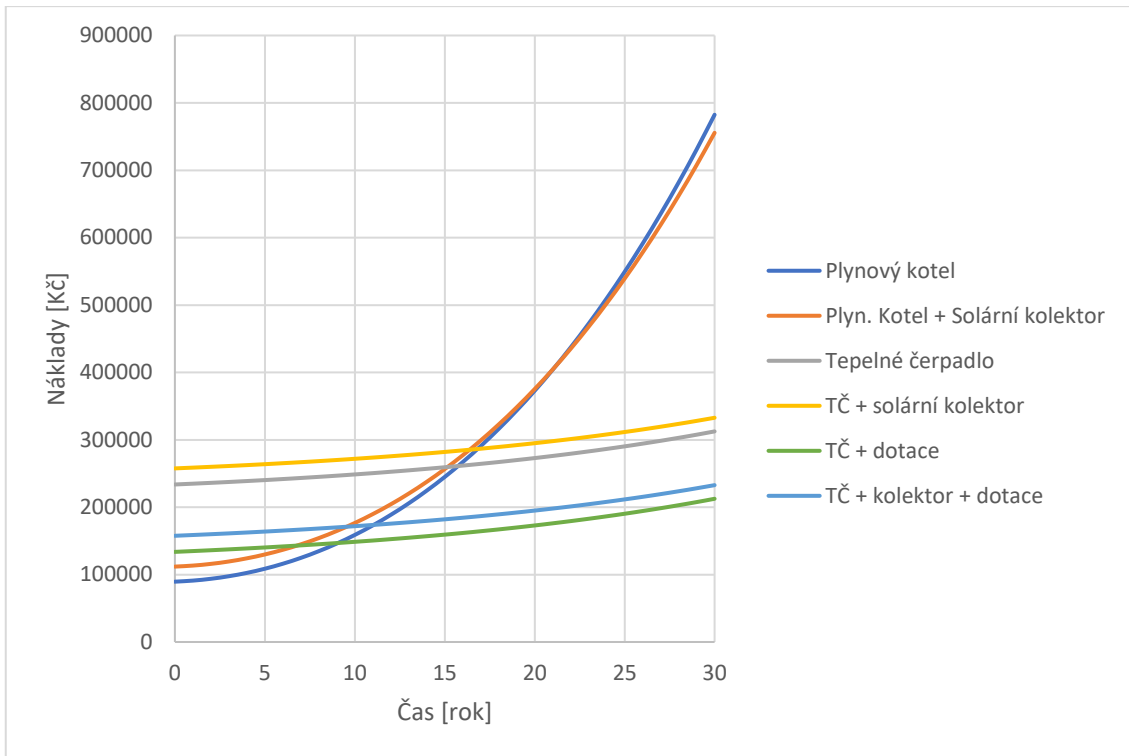
Výhodnost tepelného čerpadla se zvyšuje s vyšší potřebou tepla na vytápění. Z křivek lze předpokládat návratnost tepelného čerpadla bez solárních kolektorů u domů s energetickou náročností nad 9 MWh za rok bez ohledu na získání dotace.

Křivky zohledňující vliv dotací zlepšují návrat vyšší investice na tepelné čerpadlo oproti kondenzačnímu kotli na dobu deseti až osmnácti let, opět se stejnou závislostí na energetické náročnosti budov.

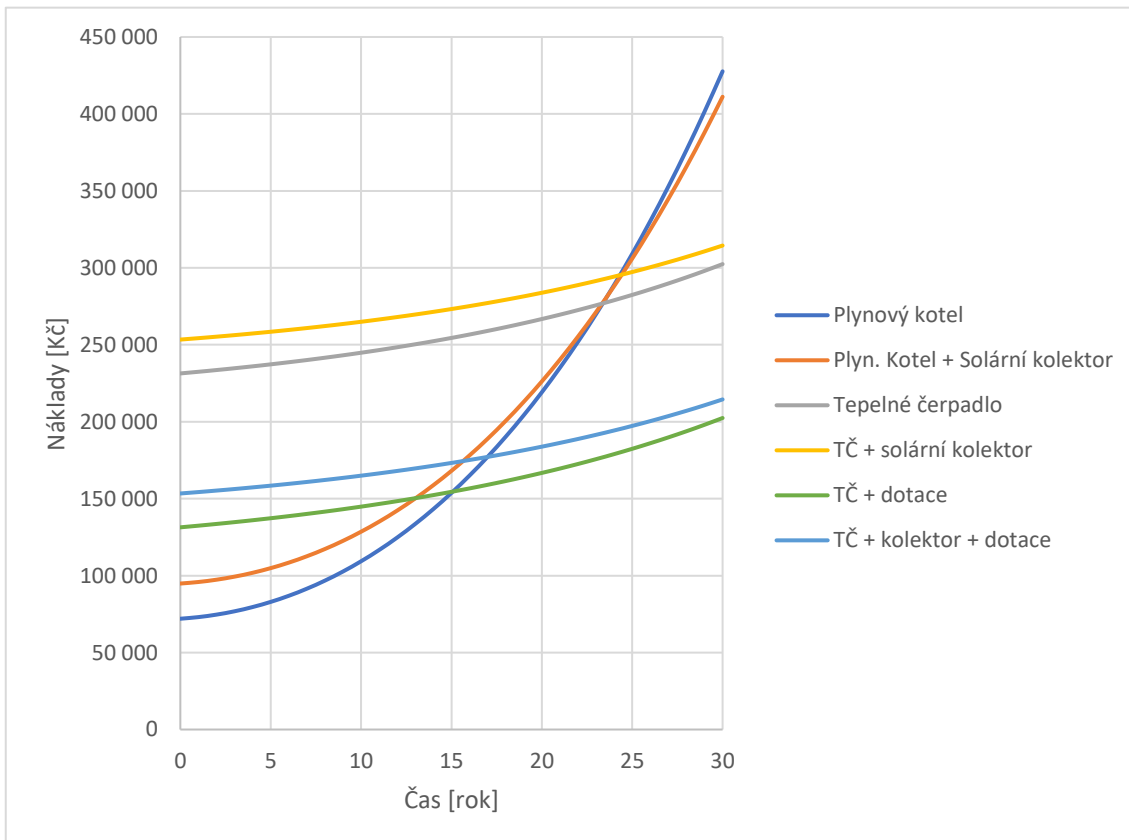
Křivky v příloženém obrázku předpokládají dotaci z programu Nová zelená úsporám ze Státního fondu životního prostředí České republiky, který poskytuje dotaci do 50 % nákladů, případně až 95 % pro nízkopříjmové domácnosti.



Obr. 10 Nákladové křivky projektu Savana



Obr. 11 Nákladové křivky projektu Absolut



Obr. 12 Nákladové křivky projektu Vega 1

## 12. Závěr

Cílem této práce bylo vyšetřit na návrhu tří budov návratnost investice do dvou různých zdrojů tepla a jejich kombinací se solárními kolektory. Nejdříve se vypočítaly teplotní ztráty jednotlivými konstrukcemi a zároveň vnitřní a vnější tepelné zisky. Následně se spočítala potřeba tepla na přípravu teplé vody a potřeba elektrické energie. Pro jednotlivé projekty se uvažovaly různé materiály, díky čemuž se dosáhlo různých celkových výsledků, ze kterých lze odvodit některé souvislosti. V poslední řadě se spočítala cena elektřiny a plynu potřebných k vytápění a ohřevu teplé vody a vývoj těchto cen při předpokladu stálého růstu.

Z výsledků vyplývá, že solární kolektory v kombinaci s tepelným čerpadlem nejsou návratnou investicí. V kombinaci s kondenzačním kotlem je pro čtyřčlennou domácnost jejich návratnost na pomezí uvažované životnosti a výrazně závisí na ceně daného systému.

U energeticky méně náročných domů a pasivních domů se tepelné čerpadlo ukázalo výhodnější pouze za předpokladu udělení státní dotace. Pro tyto domy je výhodnější varianta s kondenzačním plynovým kotlem bez solárních kolektorů. Zvláště při předpokladu snížení rychlosti růstu cen plynu v období poslední čtvrtiny životnosti zařízení vlivem radikální změny energetické politiky EU.

### 13. Seznam zdrojů

- [1] ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [2] GSERVIS: Vizualizace [online]. [cit. 2022-06-06]. Dostupné z: <https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/>
- [3] VAVŘIČKA. Roman. *Výpočet tepelných ztrát*. [online]. Ústav techniky prostředí. [cit. 25.03.2022]. Dostupné z: [https://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/001\\_Tepelne\\_ztraty\\_New\\_2019.pdf](https://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/001_Tepelne_ztraty_New_2019.pdf)
- [4] ZMRHAL. Vladimír. *Tepelná ztráta větráním podle ČSN EN 12831-1*. [online]. Ústav techniky prostředí. [cit. 26.03.2022]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Oborovy\\_projekt\\_2/Oborovy%20projekt%20II\\_VZT\\_2.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Oborovy_projekt_2/Oborovy%20projekt%20II_VZT_2.pdf)
- [5] VAVŘIČKA. Roman. *Výpočet potřeby tepla*. [online]. Ústav techniky prostředí. [cit. 27.03.2022]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/002\\_Potreba\\_tepla.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Vytapeni/002_Potreba_tepla.pdf)
- [6] BUFKA. Aleš. *Tepelná čerpadla v letech 1981 až 2020; druhy, vývoj, prodeje, výkony, tepelné faktory*. *tzbinfo* [online]. 28.6.2021 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/19284-tepelna-cerpadla-v-letech-1981-2019-druhy-vyvoj-prodeje-vykony-tepelne-faktory>
- [7] MATUŠKA. Tomáš. *Bilance SS: Zjednodušená měsíční metoda pro bilancování solárních tepelných soustav*. *UTP FS ČVUT* [online]. UCEEB ČVUT Buštěhrad, 2015, 7.11.2017 [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/BilanceSS\\_2015v3.zip](http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/BilanceSS_2015v3.zip)
- [8] Archiv elektřina [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky/archiv-ele.html>
- [9] Archiv plyn [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky/archiv-plyn.html>



- [10] Spotřební výdaje domácností - 2020. ČSU [online]. 16.08.2021 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotrebni-vydaje-domacnosti-2020#>
- [11] Elektronická oběhová čerpadla pro solární. IVARC CS [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/cerpaci-technika/elektronicka-obehova-cerpadla-pro-solarni-systemy-p142223/>
- [12] Potvrzeno: zvýšení dotace na tepelná čerpadla a omezení podpory plynových kotlů. TZBinfo [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/23647-potvrzeno-zvyseni-dotace-na-tepelna-cerpadla-a-omezeni-podpory-plynovych-kotlu>
- [13] Nová zelená úsporám. SFŽP ČR [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>
- [14] Produkty HELUZ [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobyky/cihly-pro-obvodove-a-vnitri-zdivo>
- [15] Produkty Baumit [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://baumit.cz/produkty/vnejsi-omitky-a-sterky>
- [16] Produkty ISOVER [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aplikace-produkty-systemy-konstrukce>
- [17] Produkty WIENERBERGER [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty.html>
- [18] Produkty KNAUF [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.knauf.cz/produkty>
- [19] Produkty VEKRA [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/sortiment/okna-dvere/>
- [20] Produkty CEMIX [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.cemix.cz/produkty>
- [21] Produkty ADLO [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.adlo.cz/cz/bezpecnostni-dvere-termo-exteriorove>

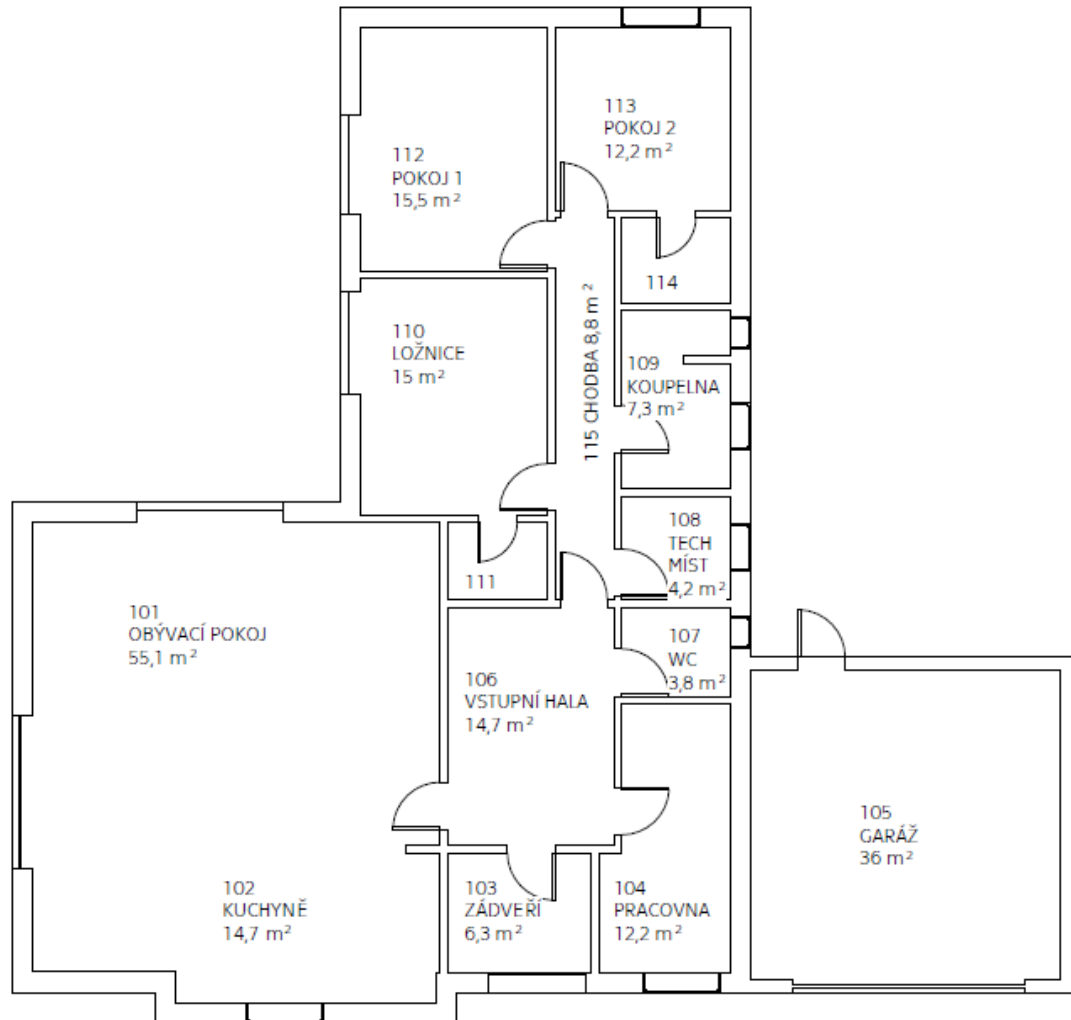
- [22] Produkty PRAMOS [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.pramos.cz/prakticky-radce/francouzska-okna/>
- [23] Produkty STYROTRADE [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/cs/produkty/>
- [24] Produkty LOMAX [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.lomax.cz/garazova-vrata>
- [25] Produkty: REGULUS [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/solarni-kolektory-pro-solarni-ohrev-vody>
- [26] Rekuperační jednotka: ZEHNDER ComfoAir Q350 TR [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://vyrobky.zehnder.cz/cs/produkt/zehnder-comfoair-q350-tr>
- [27] Nástěnné kondenzační kotle: BUDERUS LOGAMAX PLUS GB062 [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/ocs/rodinne-domy-a-byty/logamax-plus-gb062-757195-p/>
- [28] Tepelná čerpadla: BUDERUS LOGATHERM WLW196I IR [online]. [cit. 2022-06-02]. Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/ocs/rodinne-domy-a-byty/logatherm-wlw196i-ir-757239-p/>

## 14. Seznam obrázků

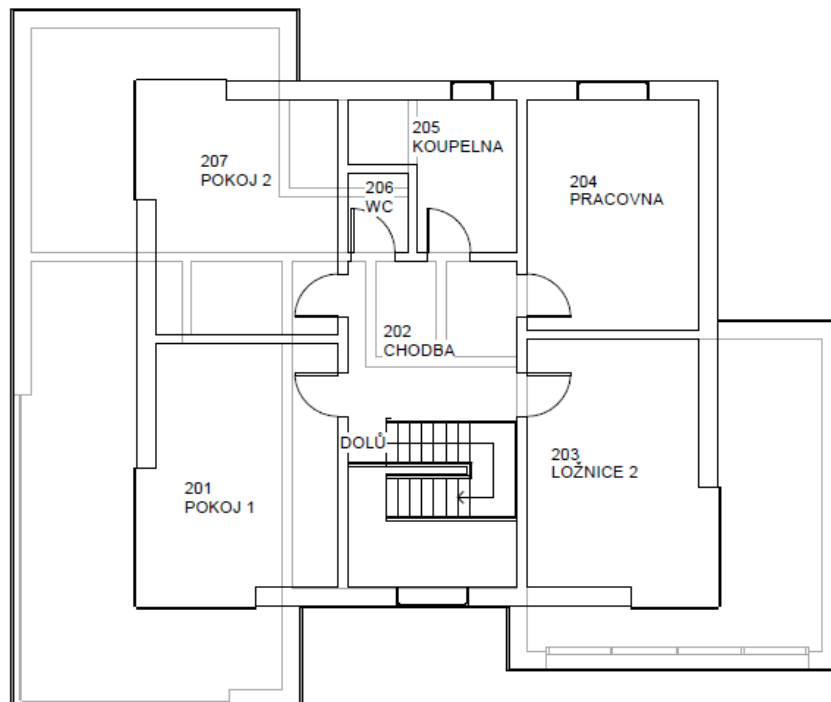
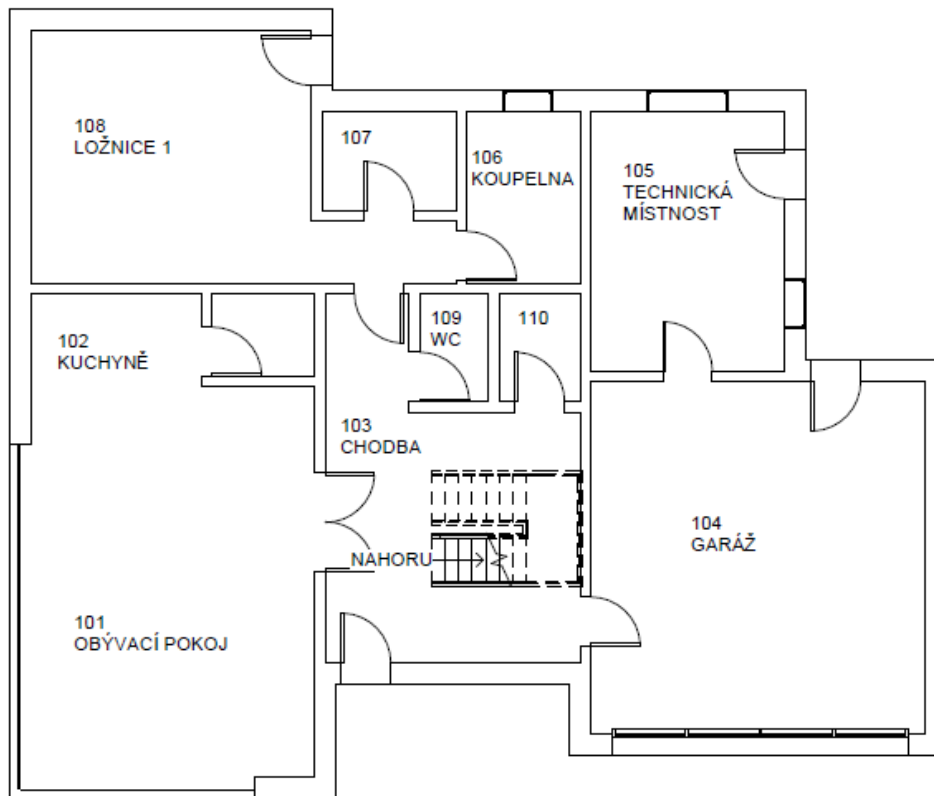
Obr. 1 Vizualizace RD Savana [2] .....	13
Obr. 2 Poměr konstrukcí projektu Savana .....	15
Obr. 3 Vizualizace RD Absolut [2] .....	15
Obr. 4 Poměr konstrukcí projektu Absolut .....	17
Obr. 5 Vizualizace RD Vega 1 [2].....	18
Obr. 6 Poměr konstrukcí projektu Vega 1 .....	19
Obr. 7 Celková potřeba tepla projektu Savana.....	38
Obr. 8 Celková potřeba tepla projektu Absolut.....	38
Obr. 9 Celková potřeba tepla projektu Vega 1 .....	39
Obr. 10 Nákladové křivky projektu Savana.....	45
Obr. 11 Nákladové křivky projektu Absolut .....	46
Obr. 12 Nákladové křivky projektu Vega 1 .....	46

## 15. Přílohy

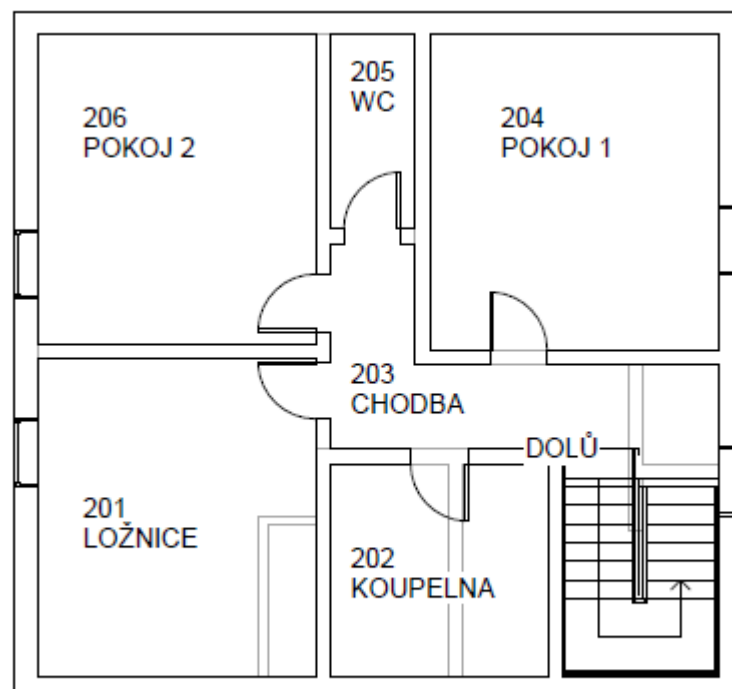
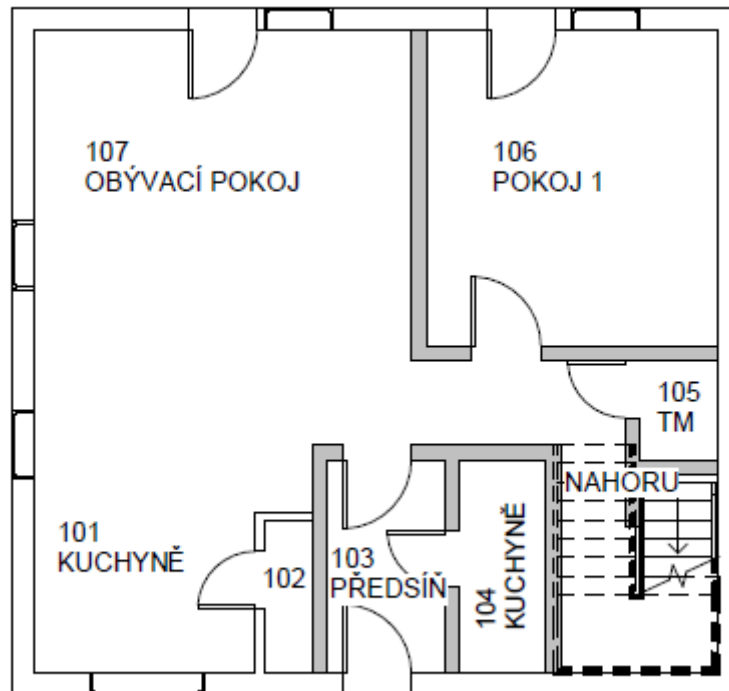
### Příloha 1 – Půdorys (Savana)



**Příloha 2 – Půdorys (Absolut)**



**Příloha 3 – Půdorys (Vega 1)**



## Příloha 4 – Celková potřeba tepla projektu Savana

Měsíc	Počet dnů	Počet hodin	Střední venkovní teplota tep [°C]	Měrný tepelný tok prostupem budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním budovy	Potřeba tepla větráním
	n [den]	n <sub>hod</sub> [den]		HT [W/K]	QH,t [kWh]	HV [W/K]	QH,ve [kWh]
Leden	31	744	-1,5	79	1582,86	85,5	314,25
Únor	28	672	-0,2		1479,96		294,26
Březen	31	744	3,7		1171,24		234,27
Duben	30	720	8,6		783,37		158,90
Květen	31	744	14,0		355,92		75,83
Červen	30	720	16,8		134,28		32,77
Červenec	31	744	18,0		39,29		14,31
Srpen	31	744	18,4		7,62		8,15
Září	30	720	14,1		348,00		74,30
Říjen	31	744	8,6		783,37		158,90
Listopad	30	720	3,3		1202,91		240,42
Prosinec	31	744	-0,2		1479,96		294,26

Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Celkové tepelné zisky	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla
QH,hf [kWh]	QH,int [kWh]	QH,sol [kWh]	QH,gn [kWh]	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	aH,red	QH,nd [kWh]
1897,12	282,72	228	510,72	0,269	1,00	1	1386,40
1774,22	255,36	302	557,36	0,314	1,00		1216,87
1405,51	282,72	617	899,72	0,640	0,99		512,28
942,27	273,6	811	1084,6	1,151	0,82		47,99
431,75	282,72	1066	1348,72	3,124	0,32		0,01
167,04	273,6	1052	1325,6	7,936	0,13		0,00
53,59	282,72	1031	1313,72	24,513	0,04		0,00
15,78	282,72	968	1250,72	79,271	0,01		0,00
422,30	273,6	709	982,6	2,327	0,43		0,14
942,27	282,72	480	762,72	0,809	0,97		205,47
1443,33	273,6	170	443,6	0,307	1,00		999,74
1774,22	282,72	119	401,72	0,226	1,00		1372,50

**Příloha 5 – Ztráty  
větráním  
projektu  
Savana**

Místnost	Název	Teplota vzduchu $t_i$ [°C]	Plocha místnosti S [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti V [m <sup>3</sup> ]	Obálka místnosti A <sub>env,i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Průtok netěsnostmi V <sub>v,leak,i</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Průtok obálkou V <sub>v,env,i</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Tepelná ztráta				Σ H <sub>v</sub> [kW/h]		
								Q <sub>v,sup</sub> [W]	Q <sub>v,transfer</sub> [W]	Q <sub>v,env</sub> [W]	Q <sub>v</sub> [W]		H <sub>v,sup</sub> [kW/h]	H <sub>v,tr</sub> [kW/h]
													t <sub>p</sub>	18,93
101	Obývací pokoj	22	55,1	143,3	148,8	7,5	15,0	148,47	0,00	171,13	319,60	23,57	5,03	28,60
102	Kuchyně	22	14,7	38,2	45,1	2,3	4,5	0,00	0,00	51,90	51,90	0,00	1,53	1,53
103	Záďveří	15	6,3	16,4	24,3	1,2	2,4	-	-33,67	22,17	-11,50	0,00	0,82	0,82
104	Pracovna	20	12,2	31,7	42,5	2,1	4,3	42,42	0,00	46,05	88,47	6,73	1,44	8,17
105	Garáž	5	36	93,6	166,0	8,3	16,7	-	-	95,43	0,00	0,00	5,61	5,61
106	Vstupní hala	20	14,7	38,2	32,4	1,6	3,3	-	-	35,06	35,06	0,00	1,10	1,10
107	WC	20	3,8	9,9	14,9	0,7	1,5	-	0,00	16,11	16,11	0,00	0,50	0,50
108	Tech. místnost	20	4,2	10,9	17,2	0,9	1,7	-	0,00	18,57	18,57	0,00	0,58	0,58
109	Koupelna + wc	24	7,3	19,0	28,3	1,4	2,8	-	53,87	34,42	88,29	0,00	0,96	0,96
110	Ložnice	20	15	39,0	51,9	2,6	5,2	84,84	0,00	56,18	141,02	13,47	1,76	15,22
111	Skříň 1	20	2,8	7,3	6,9	0,3	0,7	-	-	7,44	7,44	0,00	0,23	0,23
112	Pokoj 1	20	15,5	40,3	68,3	3,4	6,9	53,03	0,00	73,94	126,97	8,42	2,31	10,73
113	Pokoj 2	20	12,2	31,7	53,7	2,7	5,4	53,03	0,00	58,09	111,11	8,42	1,82	10,23
114	Skříň 2	20	3,3	8,6	14,8	0,7	1,5	-	-	15,98	15,98	0,00	0,50	0,50
115	Chodba	20	8,8	22,9	19,9	1,0	2,0	-	-	21,53	21,53	0,00	0,67	0,67



## Příloha 6 – Celková potřeba tepla projektu Absolut

Měsíc	Počet dnů	Počet hodin	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním
	n [den]	n <sub>hod</sub> [den]	t <sub>ep</sub> [°C]	H <sub>T</sub> [W/K]	Q <sub>H,t</sub> [kWh]	H <sub>v</sub> [W/K]	Q <sub>H,ve</sub> [kWh]
Leden	31	744	-1,5	148	2962,66	104,1	401,86
Únor	28	672	-0,2		2769,66		377,50
Březen	31	744	3,7		2190,67		304,43
Duben	30	720	8,6		1463,22		212,62
Květen	31	744	14,0		661,53		111,44
Červen	30	720	16,8		245,84		58,97
Červenec	31	744	18,0		67,69		36,49
Srpen	31	744	18,4		8,31		28,99
Září	30	720	14,1		646,69		109,56
Říjen	31	744	8,6		1463,22		212,62
Listopad	30	720	3,3		2250,05		311,92
Prosinec	31	744	-0,2		2769,66		377,50

Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Celkové tepelné zisky	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla
Q <sub>H,hf</sub> [kWh]	Q <sub>H,int</sub> [kWh]	Q <sub>H,sol</sub> [kWh]	Q <sub>H,gn</sub> [kWh]	γ <sub>H</sub>	η <sub>H,gn</sub>	a <sub>H,red</sub>	Q <sub>H,nd</sub> [kWh]
3364,52	282,72	751	1033,72	0,307	1,00	1	2331,04
3147,17	255,36	883	1138,36	0,362	1,00		2009,53
2495,10	282,72	1669	1951,72	0,782	0,95		637,46
1675,83	273,6	2084	2357,6	1,407	0,69		51,33
772,97	282,72	2602	2884,72	3,732	0,27		0,07
304,82	273,6	2434	2707,6	8,883	0,11		0,00
104,18	282,72	2544	2826,72	27,133	0,04		0,00
37,30	282,72	2467	2749,72	73,718	0,01		0,00
756,25	273,6	1905	2178,6	2,881	0,35		0,37
1675,83	282,72	1436	1718,72	1,026	0,86		197,13
2561,98	273,6	573	846,6	0,330	1,00		1715,68
3147,17	282,72	428	710,72	0,226	1,00		2436,47

## Příloha 7 – Ztráty větráním projektu Absolut

Místnost	Název	Teplota vzduchu $t_i$ [°C]	Plocha místnosti $S$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti $V$ [m <sup>3</sup> ]	Obálka místnosti $A_{env,i}$ [m <sup>2</sup> ]	Průtok netěsnostmi $V_{y,leak,i}$ [m <sup>3</sup> /h]	Průtok obálkou $V_{y,env,i}$ [m <sup>3</sup> /h]	Tepelná ztráta			
								$Q_{Av,Sup}$ [W]	$Q_{Av,transfer}$ [W]	$Q_{Av,env}$ [W]	$Q_{Av}$ [W]
101,00	Obyvací pokoj	20,00	38,19	103,11	97,35	8,42	16,84	106,05	0,00	181,46	287,51
102,00	Kuchyně	20,00	14,70	39,69	23,03	1,99	3,98	-	0,00	42,93	42,93
103,00	Chodba	18,00	25,47	68,78	40,32	3,49	6,98	-	-	70,46	70,46
104,00	Garáž	15,00	46,88	126,57	113,99	9,86	19,72	-	-	179,29	179,29
105,00	Technická místnost	15,00	17,28	46,66	39,92	3,45	6,91	-	0,00	62,79	62,79
106,00	Koupelna	24,00	6,72	18,14	12,93	1,12	2,24	-	60,60	27,12	87,72
107,00	Šatna 2	20,00	6,24	16,85	13,26	1,15	2,29	-	0,00	24,72	24,72
108,00	Ložnice 1	18,00	31,65	85,44	80,72	6,98	13,97	84,84	0,00	141,07	225,91
109,00	Spíž	20,00	3,31	8,93	3,31	0,29	0,57	-	0,00	6,16	6,16
110,00	WC	20,00	3,30	8,91	3,30	0,29	0,57	-	10,10	6,15	16,25
111,00	Šatna 1	20,00	3,74	10,10	3,74	0,32	0,65	-	-	6,97	6,97
201,00	Pokoj 1	20,00	21,73	58,67	47,65	4,12	8,24	53,03	10,10	88,82	151,95
202,00	Chodba	18,00	24,21	65,36	33,93	2,94	5,87	-	-	59,29	59,29
203,00	Ložnice 2	20,00	18,72	50,54	44,10	3,82	7,63	84,84	16,16	82,21	183,21
204,00	Pracovna	20,00	19,89	53,70	44,19	3,82	7,65	42,42	8,08	82,37	132,87
205,00	Koupelna 2	24,00	10,53	28,44	20,68	1,79	3,58	-	60,60	43,38	103,98
206,00	WC 2	20,00	2,58	6,96	2,58	0,22	0,45	-	10,10	4,80	14,90
207,00	Pokoj 2	20,00	20,50	55,35	34,97	3,03	6,05	42,42	8,08	65,19	115,69

**Příloha 8**– Celková potřeba tepla projektu Vega 1

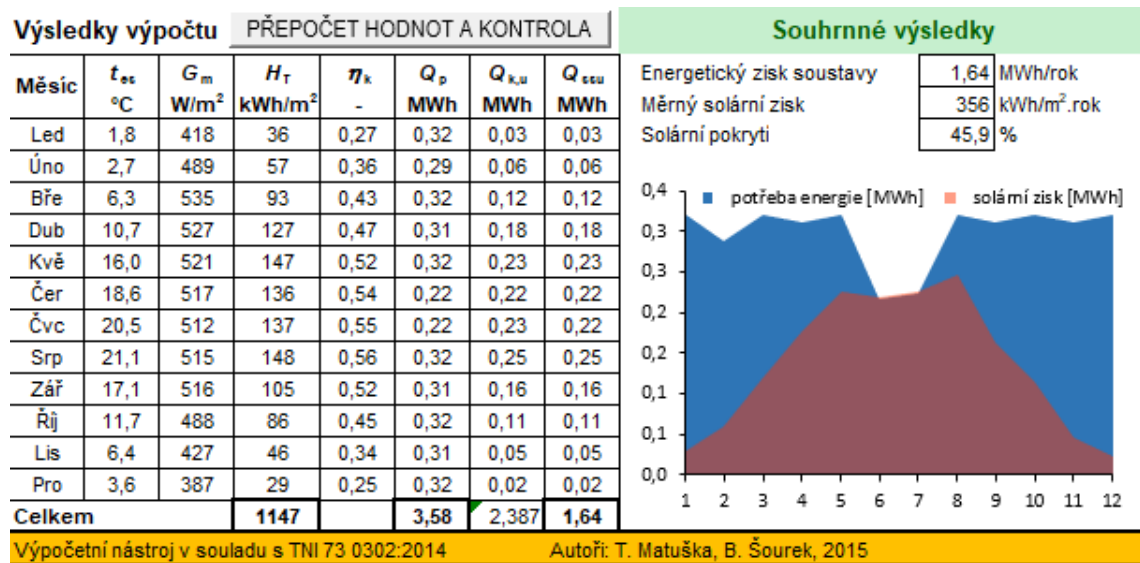
Měsíc	Počet dnů	Počet hodin	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním
	n	nhod		HT	QH,t	HV	QH,ve
Leden	31	744	-1,5	65	1465,65	80,3	320,77
Únor	28	672	-0,2		1380,59		301,98
Březen	31	744	3,7		1125,40		245,61
Duben	30	720	8,6		804,78		174,78
Květen	31	744	14,0		451,45		96,73
Červen	30	720	16,8		268,24		56,26
Červenec	31	744	18,0		189,72		38,92
Srpen	31	744	18,4		163,55		33,13
Září	30	720	14,1		444,91		95,29
Říjen	31	744	8,6		804,78		174,78
Listopad	30	720	3,3		1151,57		251,39
Prosinec	31	744	-0,2		1380,59		301,98

Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Celkové tepelné zisky	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla
QH,hf	QH,int	QH,sol	QH,gn	$\gamma H$	$\eta H,gn$	aH,red	QH,nd
1786,42	282,72	141	423,72	0,237	0,99	1	1365,04
1682,56	255,36	205	460,36	0,274	0,99		1226,17
1371,01	282,72	444	726,72	0,530	0,94		685,65
979,57	273,6	606	879,6	0,898	0,81		263,86
548,18	282,72	823	1105,72	2,017	0,47		26,19
324,50	273,6	811	1084,6	3,342	0,30		0,00
228,64	282,72	810	1092,72	4,779	0,21		0,00
196,68	282,72	739	1021,72	5,195	0,19		0,00
540,19	273,6	516	789,6	1,462	0,61		57,18
979,57	282,72	339	621,72	0,635	0,91		413,14
1402,96	273,6	115	388,6	0,277	0,99		1017,84
1682,56	282,72	75	357,72	0,213	1,00		1326,25

## Příloha 7 – Ztráty větráním projektu Vega 1

Místnost	Název	Teplota vzduchu $t_i$ [°C]	Plocha místnosti $S$ [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti $V$ [m <sup>3</sup> ]	Obálka místnosti $A_{env,i}$ [m <sup>2</sup> ]	Průtok netěsnostmi $V_{v,leak,i}$ [m <sup>3</sup> /h]	Průtok obálkou $V_{v,env,i}$ [m <sup>3</sup> /h]	Tepelná ztráta			
								$Q_{v,sup}$ [W]	$Q_{v,transfer}$ [W]	$Q_{v,env}$ [W]	$Q_v$ [W]
101	Kuchyně	22,00	17,00	45,90	21,85	1,48	2,95	-	14,14	33,80	47,94
102	Spíž	20,00	1,84	4,97	5,84	0,39	0,79	-	-	8,50	8,50
103	Předsiň	18,00	13,00	35,10	15,63	1,06	2,11	-	-13,47	21,33	7,87
104	Koupelna	24,00	2,59	6,98	8,79	0,59	1,19	-	101,00	14,40	115,40
105	Technická místnost	18,00	1,98	5,34	8,06	0,54	1,09	-	-13,47	11,00	0,00
106	Pokoj 1	20,00	18,29	49,38	59,80	4,04	8,08	63,63	-20,20	87,06	130,49
107	Obývací pokoj	22,00	36,34	98,10	102,06	6,90	13,79	106,05	0,00	157,89	263,94
201	Ložnice	20,00	17,78	43,58	42,67	2,88	5,77	84,84	26,93	62,12	173,90
202	Koupelna 2	24,00	9,61	22,49	27,93	1,89	3,77	-	101,00	45,75	146,75
203	Chodba	18,00	10,63	28,70	43,26	2,92	5,85	-	-	59,05	59,05
204	Pokoj 2	20,00	18,45	45,25	44,43	3,00	6,00	63,63	20,20	64,69	148,52
205	WC	24,00	3,76	8,69	9,68	0,65	1,31	-	50,50	15,86	66,36
206	Pokoj 3	20,00	17,26	42,20	42,98	2,90	5,81	63,63	20,20	62,57	146,40

## Příloha 8 – Ukázka výstupu z programu Balance SS



## Příloha 9 – DVD obsahující:

Kopie bakalářské práce

Výkresy jednotlivých projektů

3D modely jednotlivých projektů v programu Revit

Výpočty jednotlivých projektů v programu Excel

Výpočetní programy Balance SS jednotlivých projektů