

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ RODINNÉHO DOMU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BC. ANNA ŠVARCOVÁ

6 – TŽP – 2017

ZADÁNÍ

SOUHRN

Diplomová práce analyzuje energetické potřeby tepla na vytápění a přípravu TV pro rodinný dům podle legislativních metod vyhlášky 78/2013 Sb. a metodiky PHPP vypracované Passive House Institute. V práci jsou zhodnoceny vlivy okrajových podmínek, obsazenosti budovy a klimatických podmínek na potřebu tepla pro vytápění a přípravu TV.

SUMMARY

The diploma thesis analyzes the energy demand for heating and hot water preparation for the family house according to the Czech legislative decree no. 78/2013 methods and methodologies PHPP developed by Passive House Institute. In the thesis are evaluated the effects of boundary conditions, occupancy and climatic conditions to the need for heating and hot water preparation.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Energetické hodnocení rodinného domu“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D. s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 13.1.2017

Bc. Anna Švarcová

.....

1	ÚVOD.....	8
2	POPIS RODINNÉHO DOMU.....	9
2.1	STAVEBNÍ KONSTRUKCE.....	11
2.2	VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVA TV.....	13
2.3	VĚTRÁNÍ.....	14
3	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ.....	16
3.1	KLIMATICKÉ ÚDAJE.....	17
3.1.1	Klimatické údaje podle TNI 73 0331 [14].....	17
3.1.2	Klimatické údaje podle TNI 73 0329 [15].....	18
3.1.3	Klimatické údaje podle PHPP [1].....	19
3.1.4	Referenční klimatický rok (RKR) [20].....	20
3.1.5	Typický meteorologický rok (TMY) [16].....	21
3.1.6	Klimatické údaje podle PVGIS [17].....	22
3.1.7	Porovnání klimatických údajů.....	22
3.2	STANOVENÍ MĚSÍČNÍ TEPELNÉ ZTRÁTY.....	24
3.2.1	Měrná tepelná ztráta prostupem.....	25
3.2.2	Měrná tepelná ztráta větráním.....	28
3.2.3	Tepelná ztráta RD.....	32
3.3	STANOVENÍ TEPELNÝCH ZISKŮ.....	35
3.3.1	Vnitřní tepelné zisky.....	35
3.3.2	Solární zisky.....	38
3.3.3	Dynamické vlastnosti.....	41
3.3.3.1	Faktor využitelnosti tepelných zisků.....	41
3.3.3.2	Časová konstanta budovy.....	42
3.3.3.3	Vnitřní tepelná kapacita budovy.....	42
3.3.4	Tepelné zisky RD.....	44
3.4	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ RD.....	46
4	POTŘEBA TEPLA NA PŘÍPRAVU TV.....	48
5	ANALÝZA VLIVU OKRAJOVÝCH PODMÍNEK NA POTŘEBU TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV.....	49

5.1	VLIV KLIMATICKÝCH DAT	49
5.1.1	Vliv klimatických dat na potřebu tepla na vytápění RD.....	50
5.1.2	Vliv klimatických dat na potřebu tepla na přípravu TV pro RD	53
5.2	Vliv obsazenosti budovy	53
5.2.1	Vliv obsazenosti budovy na potřebu tepla na vytápění RD.....	55
5.2.2	Vliv obsazenosti budovy na potřebu tepla na přípravu TV pro RD	56
6	CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE	56
6.1	CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE DLE LEGISLATIVY.....	56
6.1.1	Roční dodaná energie na vytápění	57
6.1.2	Roční dodaná energie na nucené větrání	57
6.1.3	Roční dodaná energie na přípravu TV	58
6.1.4	Roční dodaná energie na osvětlení	58
6.1.5	Celková roční dodaná energie RD	58
6.2	CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE DLE PHPP	59
6.2.1	Roční dodaná energie na elektřinu TČ	59
6.2.2	Roční dodaná energie na elektřinu bez TČ	59
6.3	CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE RD	60
7	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE.....	60
8	ZÁVĚR	61
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
10	PŘÍLOHY	65

POUŽITÉ ZNAČENÍ

A	plocha	[m ²]
c	měrná tepelná kapacita	[Wh/m ³ K]
C_m	vnitřní tepelná kapacita zóny	[J/K]
d	tloušťka vrstvy	[m]
g	propustnost sluneční energie	[-]
H	úhrn energie slunečního záření	[W/K]
H	měrná tepelná ztráta budovy	[W/K]
l	délka	[m]
n	intenzita výměny venkovního vzduchu	[1/h]
P	exponovaný obvod podlahy na terénu	[m]
Q	množství tepla	[J], [kWh]
U	součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
V	objem	[m ³]
\dot{V}	objemový průtok	[m ³ /s], [m ³ /h]
η	účinnost, faktor využitelnosti	[-]
θ	teplota	[°C]
λ	tepelná vodivost	[W/mK]
ρ	hustota	[kg/m ³]
τ	čas	[s], [h]
ϕ	tepelný tok	[W]
Ψ	lineární činitel prostupu tepla	[W/mK]

1 ÚVOD

Problematika sledování energetické náročnosti budov je v současné době stále více se rozvíjejícím oborem, jak na evropské, tak na národní úrovni. Diplomová práce se zabývá dvěma postupy hodnocení energetické náročnosti budov používanými v České republice. Česká legislativa hodnotí energetickou náročnost budov vyhláškou č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [6] uvedenou v zákoně č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií [5]. Druhým postupem je metodika PHPP (Passive House Planning Package) [1] vydaná Passive House Institutem v Německu.

Podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. je v České republice stavebník povinen například v případě výstavby nové budovy nebo při větších změnách dokončených budov povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy předložením průkazu energetické náročnosti budov.

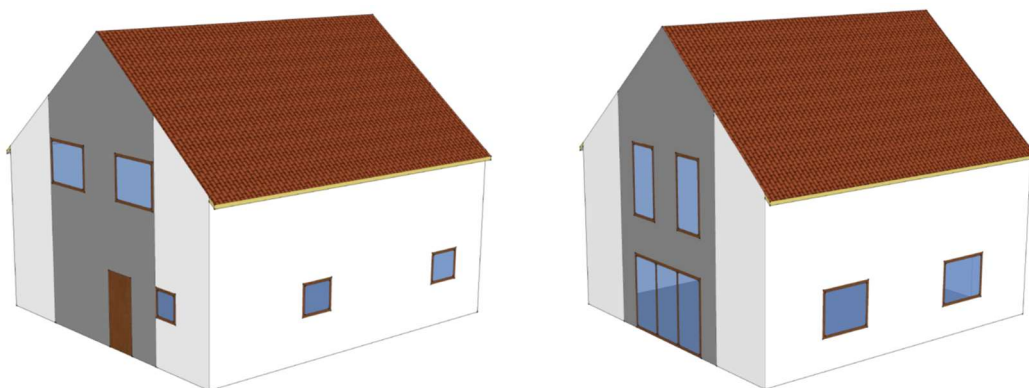
Postup výpočtu dle PHPP [1] se využívá při návrhu nových a rekonstruovaných budov z hlediska jejich energetické potřeby a optimalizace potřeby energie. Slouží také jako základ pro vydání certifikace pasivního domu Passive House Institutem.

Oba postupy uvádějí výpočet energetické náročnosti budov v souladu s EN ISO 13790 (v ČR ČSN EN ISO 13790 s národními přílohami), postup dle PHPP však upravuje některé výpočetní vztahy a liší se v okrajových podmínkách. V ČSN EN ISO 13790 lze použít okrajové podmínky na národní úrovni. Diplomová práce používá pro okrajové podmínky TNI 73 0331 [14] a TNI 73 0329 [15]. Výpočet dle PHPP využívá své standardní hodnoty.

Diplomová práce využívá dva postupy podle legislativy a postup podle PHPP s jejich typickými okrajovými podmínkami a srovnává odlišnosti výpočtů, především při stanovení potřeby tepla na vytápění a také na přípravu TV. Dále udává pro uvedené metodiky celkovou dodanou a primární energii. Diplomová práce také srovnává vliv různých zdrojů klimatických údajů a obsazenosti budovy na potřebu tepla na vytápění a na přípravu TV. K výpočtům podle jednotlivých metodik jsou v diplomové práci využity software pro výpočty energetické náročnosti budov. Pro výpočty dle legislativy se používá software Energie LT 2015 [21], pro výpočet dle PHPP software PHPP verze 8 (2013) [22].

2 POPIS RODINNÉHO DOMU

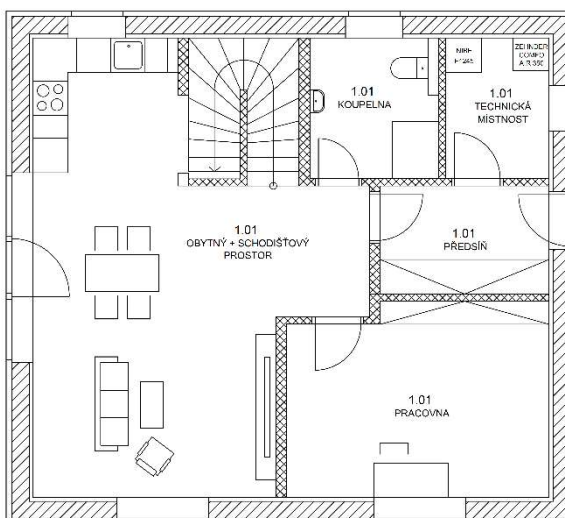
Jedná se o novostavbu rodinného domu zobrazenou na Obr. 2.1. Objekt je navržen jako dřevostavba. Má jedno nadzemní podlaží a obytné podkroví. Střecha je šikmá se sklonem 38°. V objektu je jedna bytová jednotka s předpokládaným obsazením 4 osobami. Dům je půdorysného obdélníkového tvaru.



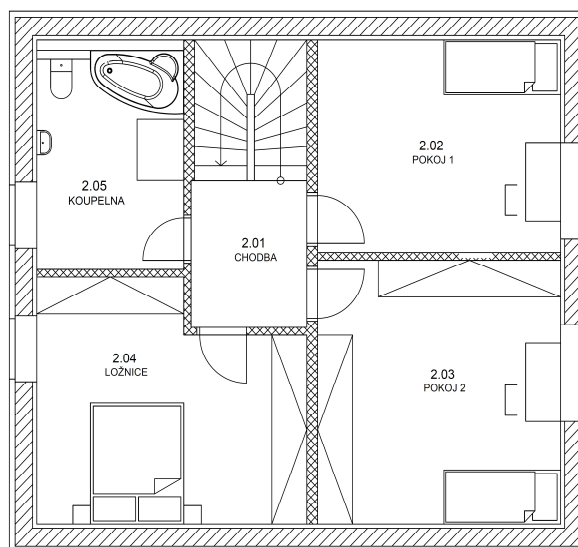
Obr. 2.1 Severovýchodní a jihozápadní pohled RD

Obytné místnosti jsou situovány k jižní, východní a západní straně. První nadzemní podlaží obsahuje předsíň, technickou místnost, koupelnu, schodišťový prostor, pracovnu a obytný prostor s kuchyní, viz Obr. 2.2. V druhém nadzemním podlaží jsou umístěny 2 pokoje, ložnice, chodba a koupelna, viz

Obr. 2.3. Detailní zobrazení půdorysů domu je uvedeno v Příloze 1.



Obr. 2.2 Půdorys 1.NP



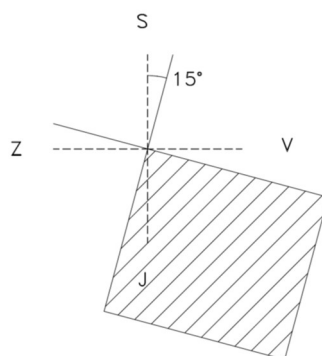
Obr. 2.3 Půdorys 2.NP

Objekt se nachází v obci Struhařov s nadmořskou výškou 475 m n. m. v okrese Praha – východ, GPS souřadnice jsou 49°57'7'' severní šířky a 14°44'40'' východní délky. Konkrétní umístění rodinného domu na mapě je zobrazeno na Obr. 2.4. Parcela má celkovou plochu 1338 m², zastavěná plocha rodinným domem je 89 m². Objem budovy V_{ext} je 562 m³. Na západní, východní a severní straně pozemek přiléhá k sousedním parcelám, na jižní straně přiléhá ke komunikaci. Rodinný dům je umístěn na pozemku v částečně zastavěné části obce. Budova je od jihu pootočena o 15° směrem na západ, viz Obr. 2.5.



Obr. 2.4 Umístění RD na mapě [18]

Objekt leží v klimatické oblasti s vnější výpočtovou teplotou $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ dle ČSN EN 12831 [11]. Jedná se o samostatně stojící budovu. Vnitřní výpočtová teplota pro zimu je $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rodinný dům tvoří pouze jedna teplotní zóna – vytápěná. Nevytápěnou zónu objekt neobsahuje. Podlahová plocha vytápěné zóny z vnějších rozměrů $A_{f,\text{ext}}$ je 177 m^2 . Plocha podlahy na terénu $A_{f,g}$ je 89 m^2 . Exponovaný obvod podlahy na terénu P je $37,7\text{ m}$.



Obr. 2.5 Poloha budovy vůči světovým stranám

2.1 STAVEBNÍ KONSTRUKCE

Objekt je založen na železobetonových pasech. Základová deska je z betonu v tl. 150 mm s ocelovou kari sítí. Obvodové stěny tvoří svisle orientované dřevěné hranoly průřezu $60/160\text{ mm}$ s osovou vzdáleností 625 mm , spojené z vnitřní strany deskami OSB tl. 18 mm a z vnější strany dřevovláknitými deskami Pavatex tl. 60 mm . Stropní konstrukce je tvořena dřevěnými panely s nosnými trámkami $80/220\text{ mm}$ se základní roztečí 625 mm . Nosná část střešní konstrukce je tvořena KHV krokvelemi $80/180\text{ mm}$ a kleštinami $80/180\text{ mm}$ zakrytými OSB deskou. Zastřešení je navrženo pomocí latí, kontralatí, OSB desek a betonové střešní krytiny. Dům je zateplen minerální izolací v kombinaci s dřevovláknitou izolací. Součinitele prostupu tepla všech konstrukcí obálky budovy jsou uvedeny v Tab. 2.1. Konkrétní složení jednotlivých stavebních konstrukcí je uvedeno v Příloze 2.

V celém objektu jsou použita dřevěná eurookna a dřevěné dveře. Okna jsou zasklená izolačním trojsklem. Součinitel prostupu tepla zasklení U_g je $0,5\text{ W/m}^2\text{K}$ a součinitel prostupu tepla rámu U_f je $0,84\text{ W/m}^2\text{K}$.

Tab. 2.1 Součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

Konstrukce obálky budovy	Tloušťka d [mm]	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/ m ² K]
SO - obvodová stěna	471	200,8	0,11
PDL - podlaha	565	88,6	0,11
STR - strop 2.NP	353	48,9	0,09
SCH - střecha šikmá	533	50,4	0,10
OT - okna trojitá	-	20,8	0,6 - 0,88
DO - dveře vstupní (V)	-	2,1	0,95

Postup podle české legislativy využívá pro určení součinitele prostupu tepla okna výpočet dle normy ČSN EN ISO 10077-1 [13]

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (2.1.1)$$

kde je:

U_g součinitel prostupu tepla zasklení [W/m²K],

A_g celková plocha zasklení [m²],

U_f součinitel prostupu tepla rámu [W/m²K],

A_f celková plocha rámu [m²],

l_g viditelný obvod zasklením [m],

Ψ_g lineární činitel prostupu tepla pro okno způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu [W/mK].

Lineární činitel prostupu tepla pro okno je ve výpočtu rodinného domu uvažován dle ČSN EN ISO 10077-1 $\Psi_g = 0,06$ W/mK.

Metodika dle PHPP využívá obdobný vzorec s drobnými odlišnostmi

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \psi_{zas} + l_f \cdot \psi_{osaz}}{A_w} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (2.1.2)$$

kde je:

A_w celková plocha okna [m²],

- l_g obvod zasklení [m],
- Ψ_{zas} lineární činitel prostupu tepla zasklívací spárou [W/mK],
(výpočet RD $\Psi_{zas} = 0,04$ W/mK),
- l_f obvod okenního rámu [m],
- Ψ_{osaz} lineární činitel prostupu tepla přípojovací spárou [W/mK],
(výpočet RD $\Psi_{osaz} = 0,01$ W/mK dolní osazení nebo $\Psi_{osaz} = 0,03$ W/mK ostatní osazení).

Součinitele prostupu tepla jednotlivými okny vycházejí výpočtem v obou metodikách téměř stejně, viz Tab. 2.2. Vypočtené hodnoty součinitelů prostupu tepla oken splňují požadovanou i doporučenou hodnotu dle ČSN 73 0540-2 [12]. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla okna $U_{N,20}$ je $1,5$ W/m²K a doporučená hodnota $U_{rec,20}$ je $1,2$ W/m²K. Vypočtené hodnoty většinou splňují požadavek součinitele prostupu tepla na okna pro pasivní domy, který je $U_{pas,20} = 0,6$ až $0,8$ W/m²K. Podrobnější tabulka oken je uvedena v Příloze 3.

Tab. 2.2 Součinitele prostupu tepla okny

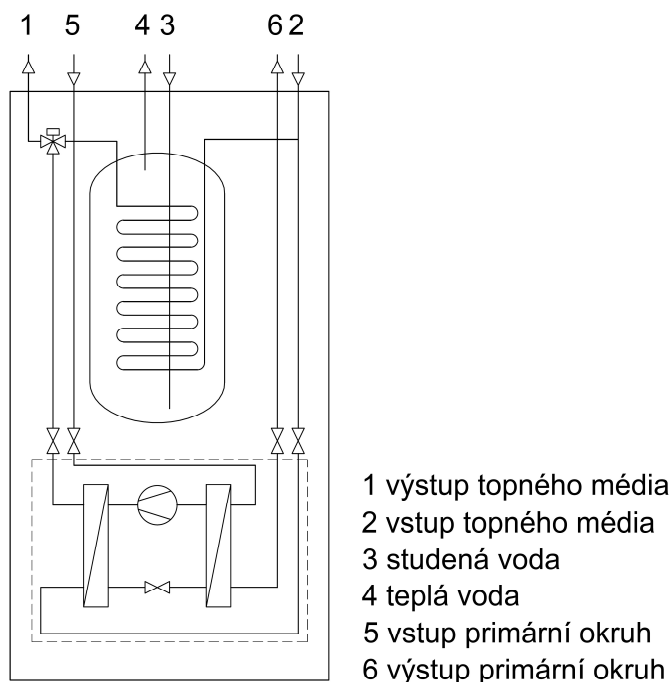
	OT1	OT2	OT3	OT4	OT5	OT6
U_w dle legislativy [W/m ² K]	0,81	0,86	0,72	0,63	0,72	0,72
U_w dle PHPP [W/m ² K]	0,82	0,88	0,72	0,60	0,72	0,72

2.2 VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVA TV

Otopná soustava je navržena jako teplovodní dvourubková s nuceným oběhem vody. Teplotní rozdíl otopné podlahové soustavy je 45/35 °C. Přípojovací potrubí mezi rozdělovačem a otopnou podlahovou plochou je navrženo plastové 16 x 2 mm.

Hlavním zdrojem tepla pro vytápění je tepelné čerpadlo země-voda Nibe F1245, na které je napojen sběrač/rozdělovač pro otopné okruhy podlahového teplovodního vytápění a primární okruh, viz Obr. 2.6. Tepelné čerpadlo je umístěno v technické místnosti č. 101, viz Obr. 2.8. Rozvody mezi tepelným čerpadlem a rozdělovačem jsou navrženy z tepelně izolovaného měděného potrubí. Chladicí oběh tepelného čerpadla využívá chladiva R407C. Nibe F1245 je kompaktním zařízením o rozměrech 600/620/2000 mm, jehož součástí je vestavěný zásobník teplé vody o objemu 180 litrů.

Topný výkon při B0/W35 je 8,2 kW a topný faktor *COP* při B0/W35 je 5,1 (B0 je vstupní teplota nízkoteplotního zdroje a W35 je výstupní teplota vody z TČ).

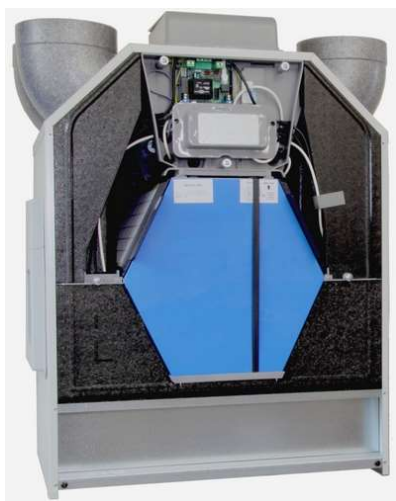


Obr. 2.6 Princip činnosti TČ Nibe F1245

Příprava teplé vody bude zajištěna pomocí tepelného čerpadla a integrovaného zásobníku pro přípravu TV. Součástí tepelného čerpadla je doplňkové topné těleso s nastavitelným příkonem až 9 kW, vždy spínané kaskádně až v sedmi výkonových stupních.

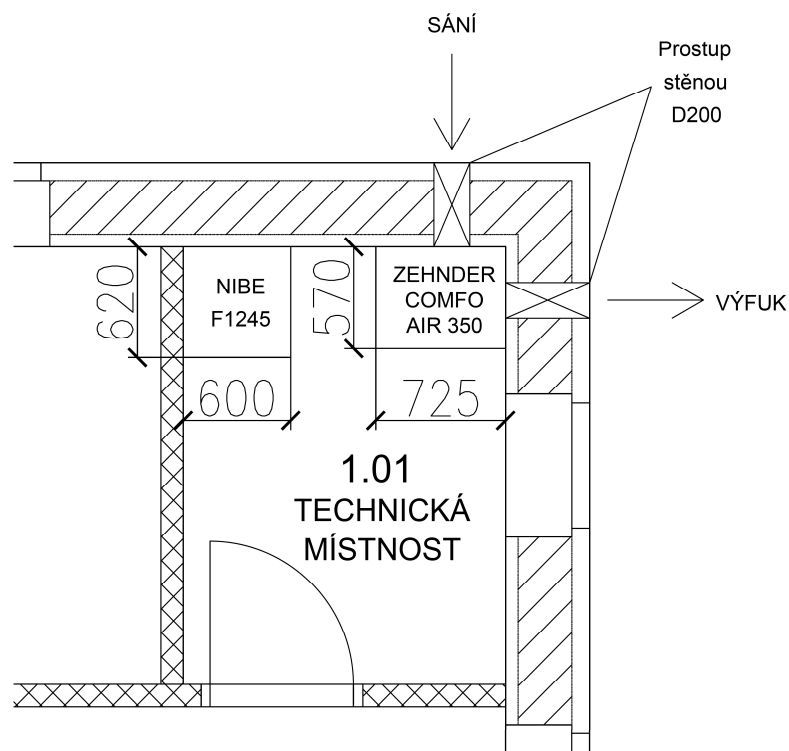
2.3 VĚTRÁNÍ

Větrání většiny místností je řízené pomocí vzduchotechnické (VZT) jednotky Zehnder Comfo AIR 350 o max. průtoku vzduchu 350 m³/h s plynule regulovatelnými EC ventilátory, viz Obr. 2.7. Rozměry jednotky jsou 725/1400/570 mm. Jednotka je umístěna v technické místnosti č. 1.01. Detail místnosti je zobrazen na Obr. 2.8. Sání čerstvého vzduchu je umístěno na severní fasádě rodinného domu a výfuk odpadního vzduchu je umístěn na východní fasádě. Čerstvý vzduch je přiváděn do obytných místností, odtah vzduchu je prováděn z kuchyně, WC a koupelny. Větrání je provedeno potrubím Comfortube 90, které je vedeno v podhledu. Součástí VZT jednotky je křížový protiproudý výměník pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu. Maximální účinnost ZZT (teplotní faktor) je podle výrobce až 95 %.



Obr. 2.7 Větrací jednotka Zehnder Comfo AIR 350 [19]

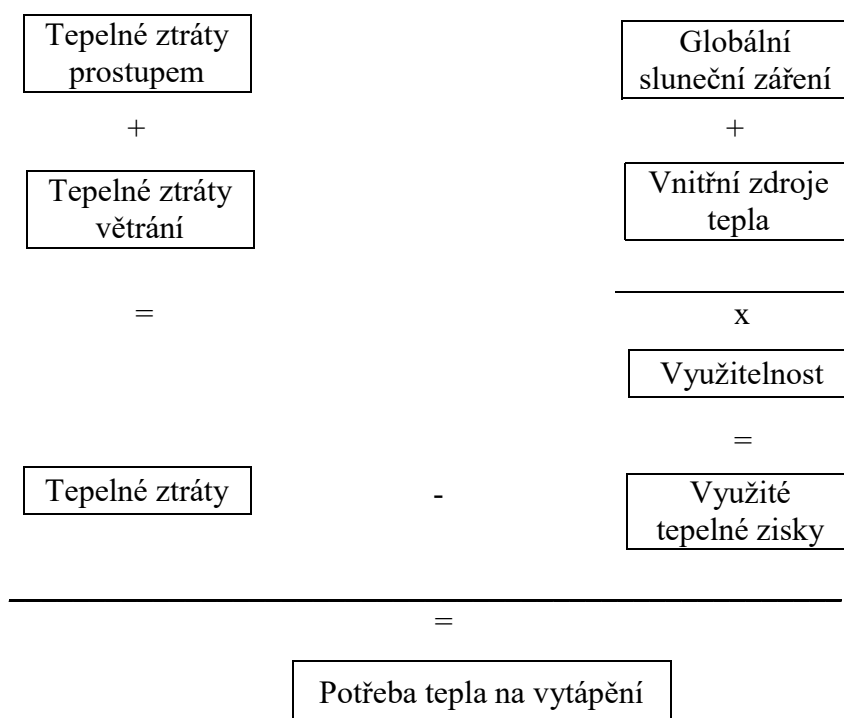
Jednotka získala certifikát od Passivhouse Institutu, který uvádí účinnost zpětného získávání tepla na úrovni 84 % za definovaných podmínek: teplota odváděného vzduchu z místnosti na vstupu do výměníku 16,5 °C při teplotě venkovního vzduchu -10 °C.



Obr. 2.8 Detail technické místnosti

3 POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

Potřeba tepla na vytápění představuje množství tepla pro krytí tepelných ztrát budovy snížené o využití tepelné zisky. Vyhláška 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [7] uvádí pro výpočet potřeby tepla na vytápění postup energetické bilance podle ČSN EN ISO 13790 [8] s využitím okrajových podmínek v souladu s TNI 73 0331 [14] a TNI 73 0329 [15]. Pro výpočet je použita měsíční kvazistacionární metoda. TNI 73 0331 uvádí jednotnou metodou zpracované a souměřitelné hodnoty typických parametrů používaných ve výpočtu energetické náročnosti budov. TNI 73 0329 se zabývá hodnocením rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění. Výpočtová metodika Passive House Plannig Package (PHPP) [1] podle Passive House Institutu (PHI) uvádí pro výpočet potřeby tepla na vytápění měsíční metodou také postup podle EN ISO 13790 s určitými odchylkami. Následující popis výpočtu potřeby tepla na vytápění je tedy prováděn v souladu s EN ISO 13790, nicméně jsou uvedeny rozdíly mezi oběma postupy.



Obr. 3.1 Schéma energetické bilance

Výsledkem tepelné bilance je množství tepla, které musí otopná soustava dodat do prostoru zóny, aby bylo dosaženo požadované teploty [2]. Potřeba tepla na vytápění je definována následujícím vztahem

$$Q_h = Q_L - \eta \cdot Q_g \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.1)$$

kde je:

Q_L měsíční tepelná ztráta budovy [kWh /měs],

η faktor využitelnosti tepelných zisků [-],

Q_g měsíční celkové tepelné zisky [kWh /měs].

Podle vztahu (3.1) se vypočítá potřeba tepla na vytápění pro jednotlivé měsíce v roce. Tepelné zisky a ztráty se vypočítají s uvažováním průměrných měsíčních okrajových podmínek. Roční potřeba tepla na vytápění je součtem měsíčních hodnot daná vztahem

$$Q_{h,an} = \sum_{i=1}^{12} Q_{h,i} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (3.2)$$

kde je:

$Q_{h,i}$ potřeba tepla na vytápění za daný měsíc [kWh/měs].

Z roční potřeby tepla na vytápění se dále odvozují hodnoty vztažené na m² podlahové plochy vytápěného zóny. Tyto měrné hodnoty potřeby tepla na vytápění se pak používají jako kritérium pro klasifikaci energetické náročnosti budovy [2]. Pomocí měrné potřeby tepla na vytápění lze také porovnávat různé budovy stejného druhu mezi sebou.

3.1 KLIMATICKÉ ÚDAJE

Klimatické podmínky hrají významnou roli pro stanovení potřeby tepla na vytápění. Pro výpočet se využívají zpravidla statisticky zpracované typické údaje za delší časové období (např. 20 let).

3.1.1 Klimatické údaje podle TNI 73 0331 [14]

Pro bilanční výpočet s měsíčním krokem v souladu s vyhláškou 78/2013 Sb. lze použít klimatické údaje uvedené v TNI 73 0331. Jsou zde uvedené průměrné měsíční hodnoty pro teplotu venkovního vzduchu [°C] (viz

Tab. 3.2), tlak vodní páry [hPa], relativní vlhkost vzduchu [%] a absolutní vlhkost vzduchu (g/m³). Dále je zde uveden úhrn energie slunečního záření pro příslušný sklon

plochy a orientaci ke světovým stranám po 15°. Měsíční úhrny energie slunečního záření pro výpočet rodinného domu (viz Tab. 3.1), jsou uvedeny pro konkrétní natočení budovy.

Tab. 3.1 Měsíční úhrny energie slunečního záření dle TNI 73 0331 pro RD

Azimut. úhel osluněné plochy γ	Úhel sklonu plochy β	Měsíční úhrny energie slunečního záření H [kWh/m ² .měsíc]											
		Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
J 15°	90°	34	50	73	86	89	78	80	97	76	72	43	29
Z 105°	90°	11	21	40	66	80	86	80	73	47	32	14	8
S 195°	90°	1	13	25	38	51	55	54	44	30	19	9	6
V 285°	90°	18	31	53	79	91	91	86	87	59	45	22	15
H 0°	0°	21	37	72	114	149	146	144	136	87	57	25	15

Tab. 3.2 Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu dle TNI 73 0331

	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu [°C]	-1,3	-0,1	3,7	8,1	13,3	16,1	18	17,9	13,5	8,3	3,2	0,5

3.1.2 Klimatické údaje podle TNI 73 0329 [15]

Pro bilanční výpočet s měsíčním krokem v souladu s vyhláškou 78/2013 Sb. lze také použít klimatické údaje uvedené v TNI 73 0329. TNI 73 0329 se používá pro zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikaci rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla, ale lze ji použít i pro hodnocení domů s vyšší potřebou tepla na vytápění pro přípravu úprav ke snížení energetické náročnosti. Jsou zde uvedené průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu [°C], viz Tab. 3.4. Dále je zde uveden úhrn energie slunečního záření pro sklon plochy 90° a orientaci ke světovým stranám po 45° a na horizont. Měsíční úhrny energie slunečního záření pro RD jsou pro nedostatek dat použity pro hlavní světové strany viz Tab. 3.3. Vzhledem k malé odchylce natočení RD by to nemělo mít na potřebu tepla na vytápění výrazný vliv.

Tab. 3.3 Měsíční úhrny energie slunečního záření dle TNI 73 0329 pro RD

Azimut. úhel osluněné plochy γ	Úhel sklonu plochy β	Měsíční úhrny energie slunečního záření H [kWh/m ² .měsíc]											
		Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
J 0°	90°	50	56	82	95	97	87	93	100	95	75	36	29
Z 90°	90°	20	28	53	72	93	88	93	88	64	48	18	12
S 90°	90°	7	13	23	32	47	52	47	38	24	17	9	6
V 180°	90°	15	26	51	74	104	115	100	88	60	34	14	11
H 0°	0°	23	40	79	118	161	166	162	143	96	57	24	17

Tab. 3.4 Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu dle TNI 73 0329

	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu [°C]	-1	1	4	9	14,6	17	18,2	18,8	13,8	9,4	4	-0,5

3.1.3 Klimatické údaje podle PHPP [1]

Klimatické údaje v PHPP by se měly používat jen pro příslušné referenční lokality a srovnatelné oblasti. PHPP má přednastavené tzv. standardní klima, které lze použít pro posouzení koncepce budovy z energetického hlediska nezávisle na lokalitě pro celé Německo.

V případě České republiky se musí místo standardních klimatických údajů použít regionální klimatické údaje. Regionální klimatické údaje pro výpočet v PHPP pocházejí z různých zdrojů, většinou od PHI nebo od místních distributorů PHPP. Ne všechna data v PHPP byla v PHI ověřena a musí být proto používána s opatrností [1]. Kromě údajů o teplotě venkovního vzduchu (viz

Tab. 3.6) a energii slunečního záření se udává zeměpisná šířka a délka a rovněž i nadmořská výška meteorologické stanice. Podle nadmořské výšky budovy se při výrazné odchylce od výšky meteorologické stanice provede korekce teplot venkovního vzduchu. Měsíční úhrny energie slunečního záření (viz Tab. 3.5) jsou uvedeny pro hlavní světové strany, avšak v průběhu výpočtu se hodnoty upraví podle zadané odchylky od dané světové strany. V klimatických údajích dostupných z PHI pro výpočet podle PHPP se dále uvádí teploty rosného bodu a teploty oblohy.

Metodika výpočtu podle PHPP umožňuje využít i vlastní klimatické údaje. V takovém případě je zapotřebí zadat minimálně průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu ve °C, měsíční úhrny energie slunečního záření dopadajícího na vodorovné i svislé plochy ve směru čtyř hlavních světových stran v [kWh/m²] a zeměpisnou šířku dané lokality ve stupních (s přesností na desetinná čísla).

Tab. 3.5 Měsíční úhrny energie slunečního záření dle PHPP pro RD

Azimut. úhel osluněné plochy γ	Úhel sklonu plochy β	Měsíční úhrny energie slunečního záření H [kWh/m ² .měsíc]											
		Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
J 0°	90°	40	54	74	87	88	75	79	95	87	74	49	26
Z 90°	90°	18	26	51	70	91	87	86	85	58	39	19	11
S 180°	90°	12	18	28	37	51	52	52	42	26	19	9	8
V 270°	90°	17	31	49	71	86	85	85	82	56	40	17	12
H 0°	0°	21	37	72	114	149	146	145	136	87	57	25	15

Tab. 3.6 Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu dle PHPP

	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu [°C]	-2,5	-0,5	3,1	7,1	12,5	15,3	16,3	16,3	12,7	8	2,4	-0,8

3.1.4 Referenční klimatický rok (RKR) [20]

Referenční klimatický rok reprezentuje typický charakter meteorologických údajů v daném místě České republiky. Průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu (viz

Tab. 3.8) a úhrn energie slunečního záření pro sklon ploch 90° a na horizont (viz Tab. 3.7) byly zpracovány pro výpočtový rodinný dům Českým hydrometeorologickým ústavem.

Tab. 3.7 Měsíční úhrny energie slunečního záření dle RKR pro RD

Azimut. úhel osluněné plochy γ	Úhel sklonu plochy β	Měsíční úhrny energie slunečního záření H [kWh/m ² .měsíc]											
		Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
J 15°	90°	48	59	76	80	98	88	85	94	83	65	38	34
Z 105°	90°	12	21	41	56	86	88	78	74	52	33	14	10
S 195°	90°	9	16	30	40	62	63	59	53	35	24	11	7
V 285°	90°	25	43	57	72	100	102	97	88	54	36	22	15
H 0°	0°	25	45	81	110	170	172	157	143	94	56	27	18

Tab. 3.8 Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu dle RKR

	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu [°C]	-0,2	0,3	2,9	7,3	13,1	15,7	17,8	17,0	13,1	6,8	3,5	-0,6

3.1.5 Typický meteorologický rok (TMY) [16]

Typický meteorologický rok byl vytvořen pomocí simulace programu TRNSYS. Zdrojem meteorologických dat je aplikace Meteonorm. Meteonorm je komplexní meteorologická reference. Součástí aplikace je katalog meteorologických dat pro solární aplikace v libovolném místě na světě. Katalog obsahuje měsíční úhrny energie slunečního záření (viz Tab. 3.9), doby trvání slunečního svitu, průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu (viz Tab. 3.10), vlhkosti, srážek, rychlosti a směru větru. Naměřená data mohou být použita v blízkosti meteorologické stanice. Jinde musí být data interpolována.

Tab. 3.9 Měsíční úhrny energie slunečního záření dle TMY pro RD

Azimut. úhel osluněné plochy γ	Úhel sklonu plochy β	Měsíční úhrny energie slunečního záření H [kWh/m ² .měsíc]											
		Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
J 15°	90°	32	51	71	83	87	76	78	94	76	72	38	21
Z 105°	90°	11	20	39	65	85	75	76	75	48	32	14	9
S 195°	90°	9	13	25	39	51	53	53	44	30	20	10	7
V 285°	90°	18	32	54	75	85	82	87	85	62	43	22	12
H 0°	0°	21	37	71	114	148	145	143	136	87	56	25	15

Tab. 3.10 Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu dle TMY

	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu [°C]	-2,1	-0,9	3,1	7,6	12,6	15,4	17,2	16,6	13	8,4	3	-0,1

3.1.6 Klimatické údaje podle PVGIS [17]

PVGIS je nástroj pro odhad výroby elektřiny fotovoltaickým systémem. PVGIS poskytuje databázi slunečního záření pro Evropu, Afriku, Středomoří a jihozápadní Asii. Jsou zde uvedené průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu [°C], viz

Tab. 3.12. Dále jsou zde uvedeny měsíční úhrny energie slunečního záření pro zvolený sklon plochy, ale pouze směrem na jih a energie slunečního záření na horizont, viz Tab. 3.11. Kvůli nedostatku dat měsíčních úhrnů energie slunečního záření jsou tyto klimatické údaje využity pouze pro srovnání průběhu průměrných měsíčních venkovních teplot a úhrnu energie slunečního záření na horizont. Dále se však klimatické údaje podle PVGIS ve výpočtech nepoužívají.

Tab. 3.11 Měsíční úhrny energie slunečního záření dle PVGIS

Azimut. úhel osluněné plochy γ	Úhel sklonu plochy β	Měsíční úhrny energie slunečního záření H [kWh/m ² .měsíc]											
		Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
H 0°	0°	23	39	86	131	156	164	164	141	96	59	27	19

Tab. 3.12 Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu dle PVGIS

	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu [°C]	-2,1	-1,3	2,9	8,2	12,8	16	17,9	17,8	13	8,3	3,5	-1,2

3.1.7 Porovnání klimatických údajů

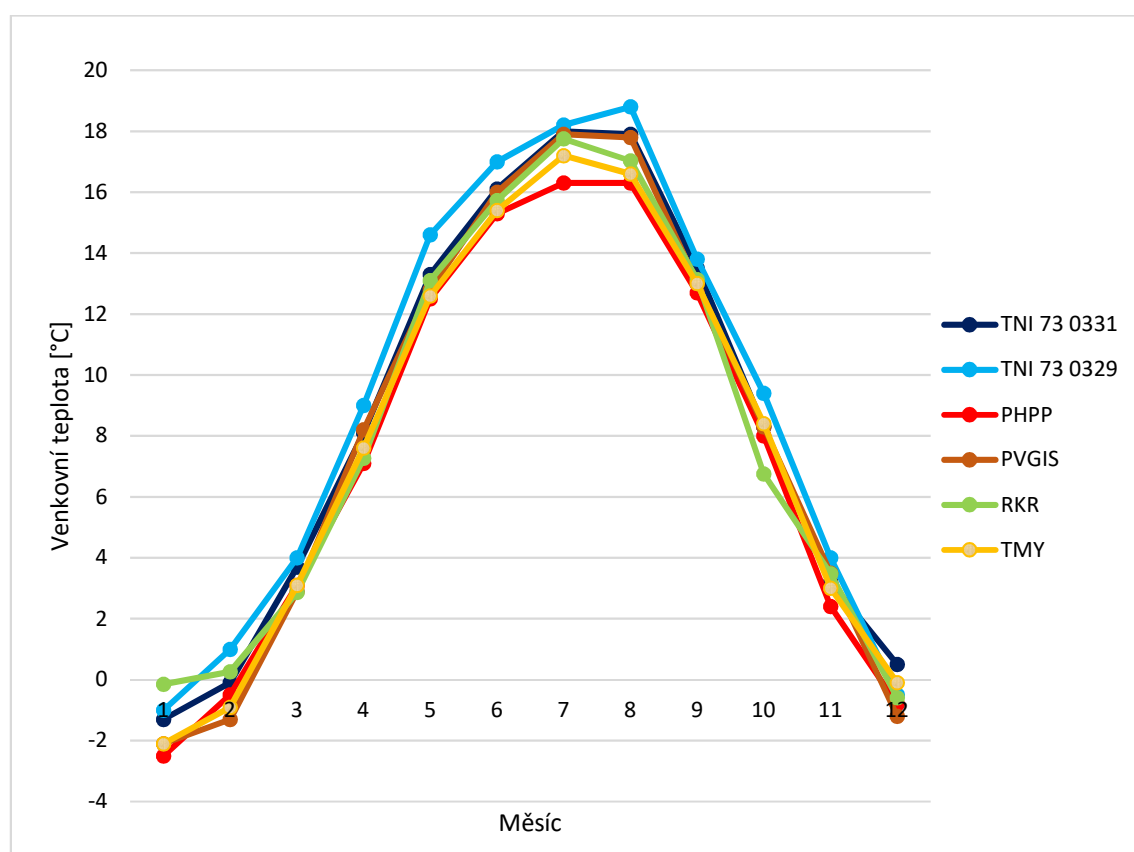
Obr. 3.2 uvádí srovnání průměrných měsíčních teplot venkovního vzduchu pro obec Struhařov, v které je umístěn výpočtový rodinný dům.

TNI 73 0329 i TNI 73 0331 obsahují jeden soubor klimatických dat určených pro celou Českou republiku a neuvažují vliv nadmořské výšky na teplotu venkovního vzduchu. V PHPP byla zvolena klimatická data pro Prahu, která je z uvedených lokalit

nejblíží RD a byla provedena korekce nadmořské výšky z 250 m. n. m. na 475 m. n. m. Klimatická data dle RKR, TMY a dle nástroje PVGIS byla vytvořena pro konkrétní lokalitu rodinného domu.

Nejvyšších teplot venkovního vzduchu převážně dosahuje TNI 73 0329. Nejvyšší teplota venkovního vzduchu $\theta_e = 18,8 \text{ }^\circ\text{C}$ je v srpnu dle TNI 73 0329. Naopak nejnižších hodnot teploty venkovního vzduchu většinou dosahují klimatická data dle PHPP. Nejnižší teplota venkovního vzduchu $\theta_e = -2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ je v lednu dle PHPP. Průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu dle TNI 73 0331 a PVGIS jsou v letním období téměř stejné.

Odchylka nejvyšších měsíčních průměrných venkovních teplot od nejnižších je v každém měsíci zhruba 2 %.

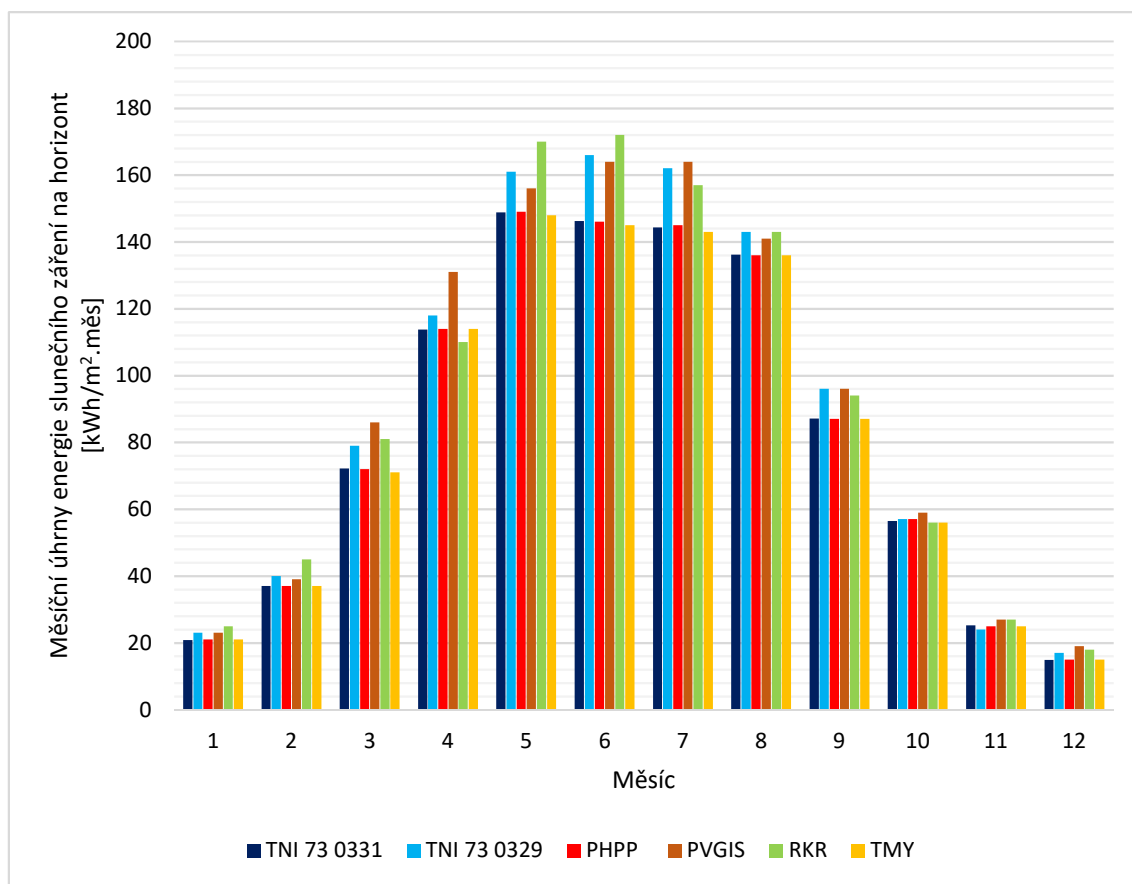


Obr. 3.2 Průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu v místě RD podle jednotlivých zdrojů klimatických dat

Dále je uvedeno srovnání měsíčních úhrnů energie slunečního záření na horizont, viz Obr. 3.3 dle jednotlivých zdrojů klimatických dat.

Měsíční úhrny energie slunečního záření na horizont jsou v zimních měsících dle všech zdrojů klimatických dat téměř stejné. Nejvyšších hodnot energie slunečního záření

dosahují údaje dle TNI 73 0329, nástroje PVGIS a RKR a to především v letním období. Nejvyšší hodnota $H = 172 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{měs}$ je v červnu dle RKR.



Obr. 3.3 Měsíční úhrny energie slunečního záření v místě RD podle jednotlivých zdrojů klimatických dat

3.2 STANOVENÍ MĚSÍČNÍ TEPELNÉ ZTRÁTY

Tepelná ztráta pro jednotlivé měsíce v roce se vypočítá podle vztahu

$$Q_L = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot \tau \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.2.1)$$

kde je:

Q_L měsíční tepelná ztráta budovy v daném úseku [kWh /měs],

H měrná tepelná ztráta budovy [W/K],

θ_i požadovaná vnitřní teplota v zóně [°C],

θ_e průměrná teplota venkovního vzduchu v daném měsíci [°C],

τ délka měsíčního časového úseku [h].

Měrná tepelná ztráta pro jednozónovou budovu s konstantní vnitřní teplotou je dána vztahem

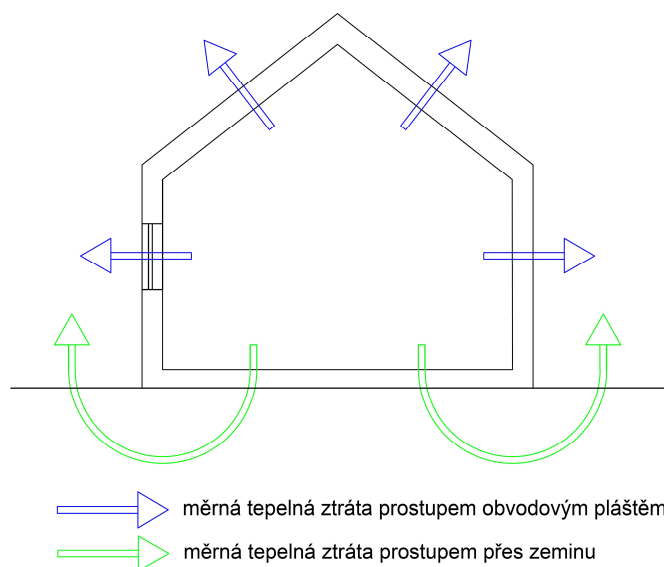
$$H = H_T + H_V \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.2)$$

kde je:

H_T měrná ztráta prostupem tepla [W/K],

H_V měrná tepelná ztráta větráním [W/K].

3.2.1 Měrná tepelná ztráta prostupem



Obr. 3.4 Schématický přehled tepelných ztrát budovy prostupem

Měrná tepelná ztráta se stanoví obecně ze vztahu

$$H_T = H_D + H_g + H_U + H_A \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.3)$$

kde je:

H_D měrná tepelná ztráta prostupem obvodovým pláštěm mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím [W/K] stanovená podle ČSN EN ISO 13789 [9],

H_g ustálená měrná tepelná ztráta prostupem zeminou [W/K] stanovená podle ČSN EN ISO 13370 [10],

H_U měrná tepelná ztráta prostupem tepla přes neklimatizované prostory [W/K] stanovená podle ČSN EN ISO 13789,

H_A měrná tepelná ztráta prostupem tepla do přiléhajících budov [W/K] stanovená podle ČSN EN ISO 13 89.

Měrná tepelná ztráta prostupem obvodového pláště budovy zahrnuje všechny stavební části a tepelné mosty, které oddělují vytápěný prostor od venkovního prostředí, jako jsou stěny strop, střecha, okna, dveře [3]. Uvedená tepelná ztráta zpravidla tepelné ztrátě dominuje. Stanoví se vztahem s přesným zahrnutím tepelných mostů

$$H_D = \sum_{i=1}^n A_i \cdot U_i + \sum_{i=1}^m l_i \cdot \psi_i + \sum_{i=1}^k x_i \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.4)$$

kde je:

- A_i plocha prvku i obvodového pláště [m^2],
- U_i součinitel prostupu tepla prvku i obvodového pláště [$\text{W/m}^2\text{K}$],
- l_i délka lineárního tepelného mostu [m],
- ψ_i lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu [W/mK],
- x_i bodový činitel prostupu tepla tepelného mostu [W/K].

Ztrátu prostupem tepla obálkou budovy lze také stanovit zjednodušeným vztahem s informativním zahrnutím tepelných mostů pomocí přírážky ΔU_{tb} k součiniteli prostupu tepla

$$H_D = \sum_{i=1}^n A_i \cdot (U_i + \Delta U_{tb}) \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.5)$$

kde je:

- ΔU_{tb} přírážka na průměrný vliv tepelných mostů na hranci budovy či její části [$\text{W/m}^2\text{K}$].

U oken a panelů v rámech se přírážka na vliv tepelných mostů neuvažuje, jinak by zlepšení hodnoty součinitele prostupu tepla oken nebo panelů v rámech velmi ovlivnilo orientační hodnotu H_D [8]. Pro určení přírážky ΔU_{tb} k součiniteli prostupu tepla je lepší použít hodnot z ČSN EN 73 0540 [12] viz, Tab. 3.13.

Tab. 3.13 Vliv tepelných mostů podle ČSN EN 73 0540

Konstrukce	ΔU_{tb} [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Téměř bez tepelných mostů	0,02
S mírnými tepelnými mosty	0,05
S běžnými tepelnými mosty	0,10
S výraznými tepelnými mosty	0,15

Metodika výpočtu potřeby tepla na vytápění v souladu s legislativou používá pro výpočet ČSN EN ISO 13790 [8]. Norma ČSN EN ISO 13790 stanoví, že se má použít postup v EN ISO 13789 pro výpočet tepelné ztráty prostupem. Stejným způsobem počítá měrnou tepelnou ztrátu prostupem i metodika PHPP. Současně obě metodiky uvádějí EN ISO 13370 jako výpočetní metodu pro výpočet tepelných ztrát u stavebních konstrukcí přilehlých k zemině.

Měrná tepelná ztráta prostupem zeminou se stanoví ze vztahu

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \psi_g \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.6)$$

kde je:

- A plocha podlahy na zemině [m^2],
- U součinitel prostupu tepla podlahy [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$],
- P exponovaný obvod podlahy [m],
- ψ_g lineární činitel prostupu tepla [W/mK].

Výpočtový rodinný dům má dobře izolovanou podlahu na zemině. Pro takový typ podlahy se vypočítá součinitel prostupu tepla následujícím vztahem

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' \cdot d_t} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}] \quad (3.2.7)$$

kde je:

- λ tepelná vodivost zeminy [W/mK],
- B' charakteristický rozměr podlahy [-],
- d_t ekvivalentní tloušťka podlahy [m].

Tepelná vodivost zeminy je dle ČSN EN ISO 13370 pro hlíny a jíly $\lambda = 1,5 \text{ W}/\text{mK}$. Metodika PHPP uvádí vlastní tabulku tepelné vodivosti, z které nejlépe skutečnosti odpovídá uvedený typ zeminy: mokrý písek/ štěrk, vlhký jíl s tepelnou vodivostí $\lambda = 2 \text{ W}/\text{mK}$.

Výsledné měrné ztráty prostupem tepla obálkou budovy a zeminou vypočítané jednotlivými metodikami viz Tab. 3.14.

Tab. 3.14 Měrné tepelné ztráty prostupem obálku budovy H_D a zeminou H_g pro RD

	H_D [W/K]	H_g [W/K]
Legislativa	47,4	8,1
PHPP	47,2	6,8
Odchylka metod [%]	0,4	16

3.2.2 Měrná tepelná ztráta větráním

Postup dle legislativy

Měrná tepelná ztráta větráním vytápěné zóny se v souladu s legislativou dle ČSN EN ISO 13790 vypočítá jako

$$H_V = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.8)$$

kde je:

\dot{V} objemový průtok venkovního vzduchu [m^3/h],

$\rho \cdot c$ měrná tepelná kapacita vzduchu – uvažuje se $0,33 \text{ Wh}/\text{m}^3\text{K}$.

Pro budovy s ohřevem čerstvého venkovního vzduchu teplem odpadního vzduchu jsou tepelné ztráty mechanickým větráním sníženy činitelem $(1 - \eta_V)$, kde η_V je účinnost systému zpětného získávání tepla ve vzduchovém výměníku. Celkový objemový tok venkovního vzduchu pro výpočet tepelné ztráty se stanoví ze vztahu

$$\dot{V} = \dot{V}_f \cdot (1 - \eta_V) + \dot{V}_x \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.2.9)$$

kde je:

\dot{V}_f objemový průtok venkovního vzduchu stanovený z průměrného objemového toku vzduchu větracím systémem v provozu [m^3/h],

\dot{V}_x přídatný průtok venkovního vzduchu vyvolaný větrem a vzlakem při netěsném obvodovém plášti budovy [m^3/h],

η_V celková účinnost zpětného získávání tepla, zahrnující rozdíly mezi objemovými průtoky přírodního venkovního vzduchu a odváděného vzduchu; teplo ve vzduchu opouštějícím budovu netěsnostmi nemůže být využito [-].

Přídavný objemový tok se vypočítá vztahem

$$\dot{V}_x = \frac{V \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \left[\frac{\dot{V}_p - \dot{V}_o}{V \cdot n_{50}} \right]^2} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.2.10)$$

kde je:

n_{50} intenzita výměny venkovního vzduchu při rozdílu barometrického tlaku 50 Pa mezi vnitřním a vnějším prostředím se zahrnutím vlivu otvorů pro přívod vzduchu [1/h],

\dot{V}_p objemový tok přiváděného venkovního vzduchu [m^3/h],

\dot{V}_o objemový tok odváděného vzduchu [m^3/h],

e a f součinitele větrné expozice [-].

Součinitele větrné expozice jsou podle ČSN EN ISO 13789 [9] $e = 0,07$ a $f = 15$ a podle TNI 73 0329 [15] se uvažují jednotně hodnotami $e = 0,01$ a $f = 20$.

- Legislativa 1

ČSN EN ISO 13790 využívá pro stanovení venkovního objemového toku vzduchu větracím systémem postup uvedený v ČSN EN ISO 13789. Z hlediska pohody prostředí a z hygienických důvodů se požaduje minimální intenzita větrání (výměna venkovního vzduchu), pokud je budova užívána. Typická hodnota pro obytné budovy $\dot{V}_{min} = 0,3 \cdot V$ [m^3/h], kde $V = 443 \text{ m}^3$ je objem větraného prostoru. Pro výpočtový rodinný dům $\dot{V}_{min} = 133 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Legislativa 2

Pro stanovení venkovního objemového toku vzduchu lze také použít postup dle TNI 73 0329 [15]. Výměna venkovního vzduchu v otopném období pro účely větrání se uvažuje jednotně hodnotou 25 m^3 čerstvého vzduchu na osobu za hodinu. Počet osob se stanoví dle projektu, minimálně však $20 \text{ m}^2/\text{os}$. Koeficient přítomnosti se uvažuje jednotně hodnotou $0,7$. Pro výpočtový rodinný dům je venkovní objemový tok vzduchu $70 \text{ m}^3/\text{hod}$ (pro 4 osoby uvedené v projektu).

Postup dle PHPP

Měrná tepelná ztráta větráním vytápěné zóny se dle metodiky PHPP vypočítá jako

$$H_V = V \cdot n_V \cdot c_A \quad [\text{W/K}] \quad (3.2.11)$$

kde je:

V objem větraného prostoru [m^3],

- n_V účinná intenzita výměny venkovního vzduchu [1/h],
 c_A měrná tepelná kapacita vzduchu – uvažuje se 0,33 Wh/m³K.

Pro budovy s ohřevem čerstvého venkovního vzduchu teplem odpadního vzduchu jsou tepelné ztráty mechanickým větráním sníženy činitelem $(1 - \eta_V)$, kde η_V je účinnost systému zpětného získávání tepla ve vzduchovém výměníku. Účinná intenzita výměny venkovního vzduchu pro výpočet tepelné ztráty se stanoví ze vztahu

$$n_V = n_{V,sys} \cdot (1 - \eta_V) + n_{V,zbyt} \quad [1/h] \quad (3.2.12)$$

kde je:

- $n_{V,sys}$ intenzita výměny venkovního vzduchu mechanického systému [1/h],
 $n_{V,zbyt}$ intenzita výměny venkovního vzduchu infiltrací budovy [1/h],
 η_V celková účinnost zpětného získávání tepla, zahrnující rozdíly mezi objemovými vzduchovými toky venkovního a odváděného vzduchu [-].

Pro intenzitu výměny venkovního vzduchu mechanického systému platí

$$n_{V,sys} = \frac{\dot{V}_{f,PHPP}}{V} \quad [1/h] \quad (3.2.13)$$

kde je:

- $\dot{V}_{f,PHPP}$ objemový tok venkovního vzduchu stanovený z průměrného objemového toku větracím systémem v provozu [m³/h],
 V objem větraného prostoru [m³].

Průměrný průtok venkovního vzduchu $\dot{V}_{f,PHPP}$ se vypočítá jako maximum z objemových toků se zohledněním denní provozní doby zařízení

$$\dot{V}_{f,PHPP} = f_p \cdot \dot{V}_{max} \quad [m^3/h] \quad (3.2.14)$$

kde je:

- f_p podíl denní provozní doby zařízení [-],
 \dot{V}_{max} maximální objemový tok z \dot{V}_p , \dot{V}_o a \dot{V}_n [m³/h].

Objemový tok přiváděného vzduchu \dot{V}_p [m³/h] se určí z požadavku množství vzduchu 30 m³/h.os. PHPP uvádí jako standardní hodnotu obsazenosti 35 m²/os (určující je energeticky vztažná plocha 177,17 m²). Výpočtový RD má dle tohoto postupu obsazenost 5,1 os.

Objemový tok odváděného vzduchu \dot{V}_o [m³/h] se určí z požadavku na množství odvedeného vzduchu z požadovaných místností, viz Tab. 3.15.

Tab. 3.15 Požadované množství odváděného vzduchu v RD

Místnost	Kuchyň	Koupelna	Jen sprcha	WC
Počet	1	2	-	-
Požadovaný odtah vzduchu [m ³ /h]	60	40	20	20

Návrhový objemový tok \dot{V}_n [m³/h] se určí z rovnice

$$\dot{V}_n = V \cdot 0,3 \cdot 1,3 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.2.15)$$

kde je:

V vnitřní objem zóny [m³].

Tab.3.16 Průtok vzduchu \dot{V}_p , \dot{V}_o , \dot{V}_n pro RD

	\dot{V}_p	\dot{V}_o	\dot{V}_n
Průtok vzduchu [m ³ /h]	153	140	173
\dot{V}_{max} [m ³ /h]	$\dot{V}_n = 173$		

Po zvolení standardního režimu dle metodiky PHPP, kde je podíl denní provozní doby zařízení $f_p = 0,77$, je výsledný objemový tok vzduchu větracím systémem $\dot{V}_{f,PHPP} = 133$ m³/h a intenzita výměny venkovního vzduchu mechanickým systémem je tedy 0,3 1/h (pro $V = 443$ m³).

Intenzita výměny venkovního vzduchu infiltrací budovy se vypočítá takto

$$n_{V,zbyt} = \frac{V_{n50} \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \left[\frac{n_p - n_o}{n_{50}} \right]^2} \quad [1/\text{h}] \quad (3.2.16)$$

kde je:

V_{n50} objem vzduchu použitý při zkoušce neprůvzdušnosti [m³],

V objem větraného prostoru [m³],

- n_{50} intenzita výměny venkovního vzduchu při rozdílu barometrického tlaku 50 Pa mezi vnitřním a vnějším prostředím se zahrnutím vlivu otvorů pro přívod vzduchu [1/h],
- n_p intenzita výměny přiváděného venkovního vzduchu [1/h],
- n_o intenzita výměny odváděného vzduchu [1/h],
- e a f součinitele větrné expozice [-].

Součinitele větrné expozice jsou podle PHPP $e = 0,07$ a $f = 15$.

Tab. 3.17 Intenzity výměny venkovního vzduchu n_{50}

	Intenzita výměny venkovního vzduchu (při 50 Pa) n_{50} [1/h]	Úroveň těsnosti obvodového pláště
Rodinný dům (ČSN EN ISO 13790)	< 4	vysoká
	4 - 10	střední
	> 10	nízká
Nízkoenergetický rodinný dům (TNI 73 0329)	$\leq 1,5$	-
Pasivní rodinný dům (TNI 73 0329)	$\leq 0,6$	-

Výsledné měrné ztráty větráním H_V dle 3.2.8 vypočítané jednotlivými metodikami pro RD viz Tab. 3.18.

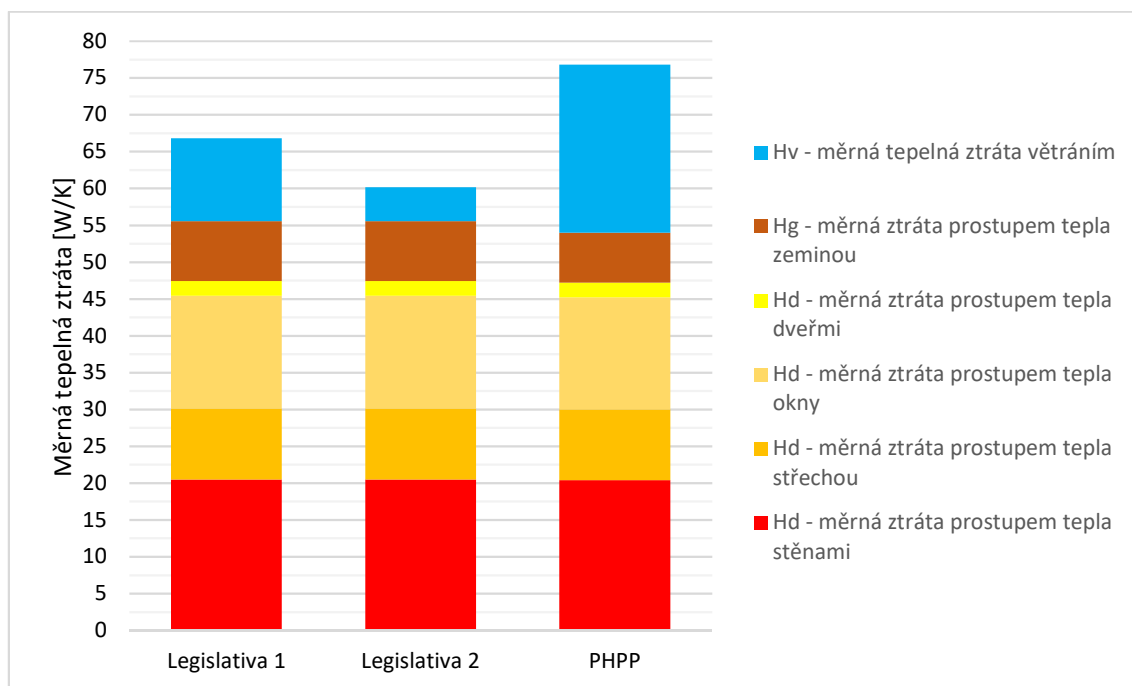
Tab. 3.18 Měrné tepelné ztráty větráním RD

	H_V [W/K]	Odchylka metod [%]
Legislativa 1	11,28	0
Legislativa 2	4,59	- 59
PHPP	22,81	+ 102

3.2.3 Tepelná ztráta RD

Měrné tepelné ztráty zjištěné pomocí všech výpočtových metodik jsou zobrazeny na Obr. 3.5. Celková měrná tepelná ztráta RD vyšla největší výpočtem dle metodiky PHPP především kvůli vysoké měrné tepelné ztrátě větráním. Měrná ztráta prostupem tepla obálkou budovy vyšla dle všech metodik téměř stejně, a to jak celkově, tak i přes jednotlivé stavební konstrukce. Rozdíl výsledků měrné ztráty prostupem tepla obálkou

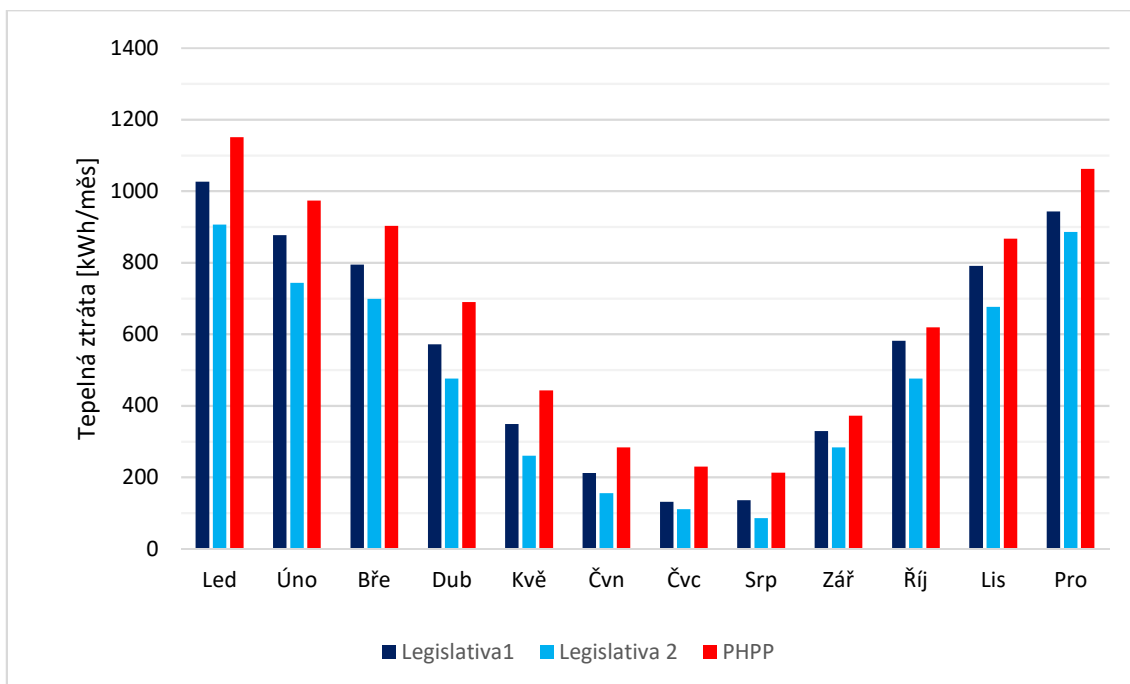
dle všech metod není ani 1 %. Měrná ztráta prostupem tepla zeminou je dle obou výpočtů podle legislativy o něco větší než podle PHPP – cca o 16 %. Pro výpočet měrné tepelné ztráty větráním jsou uvedeny dva postupy výpočtu využívané legislativou a postup dle PHPP. Měrná tepelná ztráty větráním stanovená podle legislativy 2 je o více než 60 % menší než podle legislativy 1 a PHPP je o cca 38 % větší než podle legislativy 1.



Obr. 3.5 Měrná tepelná ztráta RD

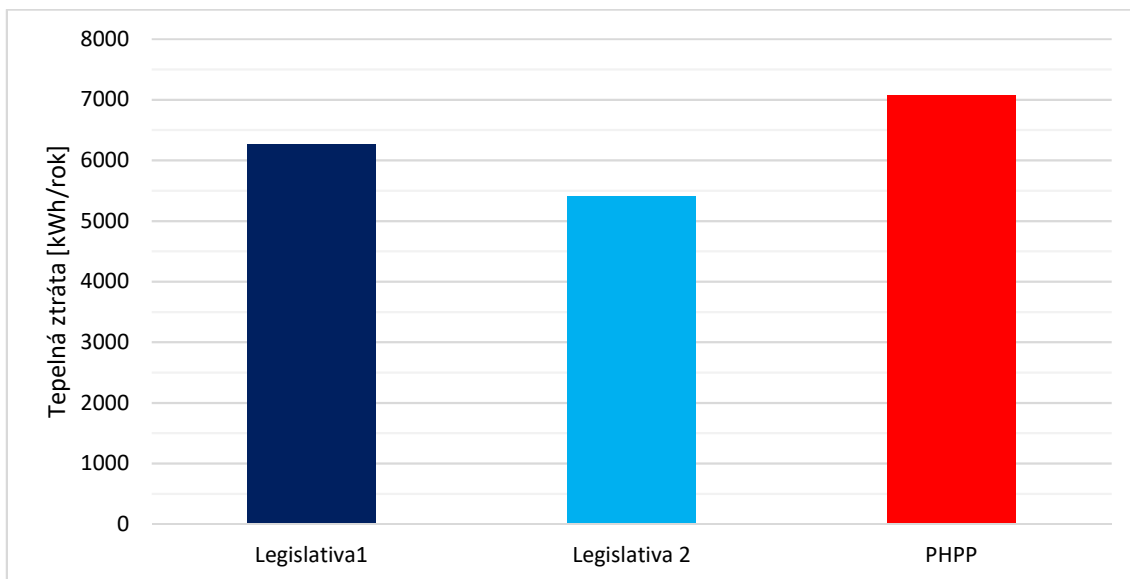
Měsíční tepelné ztráty RD (viz Obr. 3.6) jsou ve všech měsících největší výpočtem dle metodiky PHPP. Je to způsobeno největší měrnou tepelnou ztrátou dle metodiky PHPP, ale také větším teplotním rozdílem vnitřní výpočtové teploty a průměrné měsíční venkovní teploty proti obou metodikám dle legislativy. Nejmenší tepelné ztráty jsou podle druhé legislativní metodiky. Ta má nejmenší měrnou tepelnou ztrátu budovy a nejmenší teplotní rozdíly z uvedených metodik. Teplotní rozdíly u jednotlivých metodik jsou různé, protože každá metodika používá své standardní klimatické hodnoty.

Dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. [7] je v České republice otopné období od 1. září do 31. května následujícího roku. Tepelné ztráty za období červen, červenec a srpen se tedy do potřeby tepla na vytápění neuvažují.



Obr. 3.6 Měsíční tepelná ztráta RD

Roční tepelná ztráta RD viz (Obr. 3.7) vznikne sečtením jednotlivých měsíčních tepelných ztrát. Roční tepelná ztráta je tedy také největší dle výpočtu metodiky PHPP a nejmenší výpočtem dle druhého legislativního postupu.



Obr. 3.7 Roční tepelná ztráta RD

3.3 STANOVENÍ TEPELNÝCH ZISKŮ

Celkové tepelné zisky budovy se pro jednotlivé měsíce stanoví

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.3.1)$$

kde je

Q_i vnitřní měsíční tepelné zisky [kWh/měs],

Q_s solární měsíční zisky [kWh/měs].

3.3.1 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky obsahují veškeré teplo, které je produkováno ve vytápěném prostoru vnitřními zdroji, které nepatří k otopné soustavě. Jedná se například o metabolické teplo od uživatelů a teplo uvolňované z přístrojů, osvětlovacích zařízení nebo teplo uvolňované z rozvodů vody a kanalizace, ze systémů větrání nebo teplo do nich pohlcené [8].

Postup dle legislativy

Vnitřní tepelné zisky se podle ČSN EN ISO 13790 [8] vypočítají vztahem

$$Q_i = \left(\sum_k \phi_{i,k} \right) \cdot \tau + \left[\sum_l (1 - b_l) \cdot \phi_{i,l} \right] \cdot \tau \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.3.2)$$

kde je:

$\phi_{i,k}$ časově zprůměrovaný tepelný tok z vnitřního zdroje tepla k [W],

$\phi_{i,l}$ časově zprůměrovaný tepelný tok z vnitřního zdroje tepla l v přiléhajícím neklimatizovaném prostoru [W],

b_l korekční činitel pro přiléhající neklimatizovaný prostor s vnitřním zdrojem tepla l definovaný v EN ISO 13789 [-],

τ délka uvažovaného měsíce [h].

ČSN EN ISO 13790 uvádí, že hodnoty výkonu vnitřních tepelných zisků se stanoví na národní úrovni. Pokud není stanoveno jinak, lze použít hodnotu průměrného výkonu vnitřních tepelných zisků 4 W/m^2 . Na národní úrovni se mohou použít hodnoty např. z TNI 73 0331 nebo TNI 73 0329.

- Legislativa 1

TNI 73 0331 [15] uvádí měrné tepelné zisky od osob s uvedeným časovým podílem přítomnosti osob a měrné tepelné zisky z vybavení s uvedeným časovým podílem doby provozu, viz Tab. 3.19 (hodnoty jsou vztaženy k energeticky vztažené ploše). Hodnota tepelných zisků podle legislativy ((1,5 x 0,7) + (3 x 0,)) je uvedena v Tab. 3.20.

Tab. 3.19 Parametry pro vnitřní tepelné zisky dle TNI 73 0331

Typ zóny	Měrné tepelné zisky od osob	Časový podíl přítomnosti osob	Měrné tepelné zisky z vybavení	Časový podíl doby provozu
	q_{oc}	f_{oc}	q_{ap}	f_{ap}
	W/m ²	-	W/m ²	-
Rodinný dům – obytné prostory	1,5	0,7	3	0,2

- Legislativa 2

TNI 73 0329 [15] stanovuje vnitřní tepelné zisky podle projektového obsazení rodinného domu osobami. Nejmenší plocha na osobu může být 20 m². Zjednodušeně se předpokládá, že osoby jsou přítomny po 70 % doby v roce. Koefficient přítomnosti se tedy uvažuje jednotně hodnotou 0,7. Metabolické teplo a teplo uvolňované do prostoru provozem domácích spotřebičů a umělého osvětlení se uvažuje hodnotou 100 W na přítomnou osobu, bez ohledu na její věk. K tomu se připočítává 100 W na každou bytovou jednotku stálé produkce tepla bez ohledu na přítomnost osob. Hodnota tepelných zisků podle legislativy 2 ((100 x 4 x 0,7) + 100) je uvedena v Tab. 3.20.

Postup dle PHPP

Výpočetní metodika PHPP nabízí pro stanovení vnitřního časově zprůměrovaného tepelného toku zisků dva způsoby, buďto volbu smluvní hodnoty, nebo podrobný výpočet. PHPP uvádí pro výpočet vnitřních tepelných zisků standardní hodnotu průměrného výkonu vztaženého na m² pro rodinné domy 2,1 W/m². Srovnání standardní a vypočtené hodnoty dle PHPP s hodnotami průměrného tepelného toku vnitřních zisků

stanovenými postupem dle legislativy 1 a legislativy 2 viz Tab. 3.20. Pro podrobný výpočet se používá následující vzorec

$$Q_i = \phi_i \cdot \tau \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.3.3)$$

kde je:

ϕ_i časově zprůměrovaný tepelný tok vnitřních zisků [W],

τ délka časového úseku [h].

Časově zprůměrovaný tepelný tok vnitřních zisků se spočítá vztahem

$$\phi_i = \sum \frac{E_{užit} \cdot v \cdot 1000}{\tau_p} \quad [\text{W}] \quad (3.3.4)$$

kde je:

$E_{užit}$ spotřeba využitelné elektrické energie [kWh/a],

v dostupnost (udává, jak velká část odpadního tepla je místnosti k dispozici ve formě tepelného zisku) [-],

τ_p provozní doba zdroje zisků [h/a].

Výpočetní metodika uvažuje vnitřní tepelné zisky od mytí nádobí, praní, sušení, chlazení, zmrazování, vaření, osvětlení, elektroniky, malých spotřebičů, osob, studené a teplé vody a odpařování. Kompletní tabulka s výpočtem vnitřních tepelných zisků v PHPP je uvedena v Příloze 4.

PHPP počítá pro obytné budovy využití vnitřních tepelných zisků na bázi potřeby elektřiny. Pro hodnocení dle požadavků PHI je třeba používat standardní hodnoty. Vnitřní tepelné zisky se mohou v létě a v zimě lišit. Vnitřní zdroje tepla v metodice podle PHPP v zimě např. nezahrnují příspěvek tepelných ztrát systému přípravy teplé vody. V období, kdy je měrná potřeba tepla na vytápění nulová, by se ale tepelné ztráty systému přípravy TV měly zohlednit.

Tab. 3.20 Průměrný tepelný tok vnitřních zisků pro RD

Metodika	Vnitřní průměrný tepelný tok zisků ϕ_i	
	[W]	[W/m ²] (vztaženo k energeticky vztažené ploše)
Legislativa 1	296	1,65
Legislativa 2	380	2,14
PHPP – výpočet	399	2,25
PHPP – standardní hodnota	372	2,10

Výsledné vnitřní tepelné zisky pro jednotlivé měsíce pro RD viz Tab. 3.21. V metodice dle PHPP je pro výpočet vnitřních tepelných zisků použita výpočtem stanovená hodnota průměrného tepelného toku.

Tab. 3.21 Vnitřní tepelné zisky RD

	Vnitřní zisky [kWh/měs]											
	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Legislativa 1	243	209	222	207	207	198	205	207	208	221	223	242
Legislativa 2	283	255	283	274	283	274	283	283	274	283	274	283
PHPP	260	235	260	251	260	251	260	260	251	260	251	260

3.3.2 Solární zisky

Solární zisky vycházejí z energie slunečního záření, které je obvykle v dané lokalitě k dispozici, z orientace sběrných ploch, trvalého stínění a charakteristik solární propustnosti a pohltivosti sběrných ploch. Za sběrné plochy se považují zasklení, vnitřní stěny a podlahy zimních zahrad, a stěny za transparentními kryty a transparentními izolacemi.

Postup podle legislativy

Pro daný časový úsek se solární tepelný zisk podle ČSN EN ISO 13790 vypočte podle vztahu

$$Q_s = \left(\sum_k \phi_{s,k} \right) \cdot \tau + \left[\sum_l (1 - b_l) \cdot \phi_{s,l} \right] \cdot \tau \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.3.5)$$

kde je:

$\phi_{s,k}$ časově zprůměrovaný tepelný tok ze solárního zdroje tepla k [W],

$\phi_{s,l}$ časově zprůměrovaný tepelný tok ze solárního zdroje tepla l v přiléhajícím neklimatizovaném prostoru [W],

b_l korekční činitel pro přiléhající neklimatizovaný prostor s vnitřním zdrojem tepla l definovaný v EN ISO 13789 [-],

τ délka uvažovaného měsíce [h].

Solární tepelný tok je dán rovnicí

$$\phi_{s,k} = F_{sh,k} \cdot A_{s,k} \cdot H_{s,k} - F_{r,k} \cdot \phi_{r,k} \quad [\text{W}] \quad (3.3.6)$$

kde je:

$F_{sh,k}$ korekční činitel stínění na externí překážky pro solární účinnou sběrnou plochu prvku k [-],

$A_{s,k}$ účinná sběrná plocha prvku k s danou orientací a úhlem sklonu v uvažované zóně [m²],

$H_{s,k}$ sluneční ozáření, průměrná energie slunečního záření za časový krok výpočtu na metr čtvereční sběrné plochy povrchu prvku k s danou orientací a úhlem sklonu [W/m²],

$F_{r,k}$ faktor osálení mezi daným stavebním prvkem a oblohou [-],

$\phi_{r,k}$ přídatný tepelný tok v důsledku sálení mezi oblohou a prvkem k [W].

Účinná sběrná plocha zaskleného prvku obálky budovy je plocha černého tělesa, které má stejný solární zisk jako uvažovaný povrch.

Např. u okna, je dána vztahem

$$A_s = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} \quad [\text{m}^2] \quad (3.3.7)$$

kde je:

$F_{sh,gl}$ korekční činitel stínění pro pohyblivá stínící zařízení [-],

g_{gl} celková propustnost sluneční energie průhlednými částmi prvku [-],

F_F podíl plochy rámu (podíl pohledové plochy rámu k celkové ploše zaskleného prvku) [-],

$A_{w,p}$ celková pohledová plocha zaskleného prvku [m²].

Postup podle PHPP

Solární tepelný zisk se podle PHPP vypočte vztahem

$$Q_s = \left(\sum_k \phi_{s,k} \right) \cdot \tau \quad [\text{kWh/měs}] \quad (3.3.8)$$

kde je:

$\phi_{s,k}$ časově zprůměrovaný tepelný tok ze solárního zdroje tepla k [kW],

τ délka uvažovaného měsíce [h].

Solární tepelný tok je zde dán rovnicí

$$\phi_{s,k} = F_{c,k} \cdot A_{w,k} \cdot H_{s,k} \cdot g_{gl} \quad [\text{W}] \quad (3.3.9)$$

kde je:

$F_{c,k}$ korekční činitel redukce slunečního záření [-],

$A_{w,k}$ celková pohledová plocha zaskleného prvku [m²],

$H_{s,k}$ sluneční ozáření, průměrná energie slunečního záření za časový krok výpočtu na metr čtvereční sběrné plochy povrchu prvku k s danou orientací a úhlem sklonu [W/m²],

g_{gl} celková propustnost sluneční energie průhlednými částmi prvku [-].

Korekční činitel redukce slunečního záření je dán vztahem

$$F_c = F_{sh} \cdot F_z \cdot F_n \cdot (1 - F_F) \quad [-] \quad (3.3.10)$$

kde je:

F_{sh} korekční činitel stínění na externí překážky pro solární účinnou sběrnou plochu prvku k [-],

F_z korekční činitel pro zohlednění znečištění, standardní hodnota 0,95 [-],

F_n korekční činitel pro zohlednění nekolmého dopadu záření, standardní hodnota 0,85 [-],

F_F podíl plochy rámu (podíl pohledové plochy rámu k celkové ploše zaskleného prvku) [-].

Vypočtené hodnoty korekčního činitele stínění oběma metodikami viz Tab. 3.22. Korekční činitel stínění zohledňuje zastínění sousedními budovami, stromy, vyčnívajícími stavebními konstrukcemi. Metodika podle PHPP uvádí jako standardní hodnotu korekčního činitele stínění 0,75, ale zároveň umožňuje určit přesnější hodnotu výpočtem.

Tab. 3.22 Korekční činitel stínění

Konstrukce (okna)	F_{sh} [-] dle Legislativy	F_{sh} [-] dle PHPP
OT1	1	0,84
OT2	0,79	0,71
OT3	0,89	0,95
OT4	0,88	0,82
OT5	0,90	0,87
OT5	0,98	0,89

Solární tepelné zisky pro RD viz Tab. 3.23. Jsou to zisky průsvitnými konstrukcemi, solární tepelné zisky neprůsvitnými konstrukcemi jsou zanedbány.

Tab. 3.23 Solární tepelné zisky RD

	Solární zisky [kWh/měs]											
	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Leg. 1	114	199	309	512	595	606	576	566	386	297	148	95
Leg. 2	170	229	404	535	673	659	662	629	478	347	143	104
PHPP	128	189	319	426	523	495	497	500	362	264	139	83

3.3.3 Dynamické vlastnosti

3.3.3.1 Faktor využitelnosti tepelných zisků

Faktor využitelnosti tepelných zisků η_H je funkcí bilančního poměru γ_H a číselného poměru a_H , který závisí na tepelné setrvačnosti budovy. Vypočítá se rovnicemi

$$\text{když } \gamma_H > 0 \text{ a } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_H = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}} \quad [-] \quad (3.3.11)$$

$$\text{když } \gamma_H = 1: \quad \eta_H = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad [-] \quad (3.3.12)$$

$$\text{když } \gamma_H < 1: \quad \eta_H = 1 / \gamma_H \quad [-] \quad (3.3.13)$$

$$\gamma_H = \frac{Q_L}{Q_g} \quad [-] \quad (3.3.14)$$

kde je:

γ_H bezrozměrný bilanční poměr pro režim vytápění [-],

Q_L měsíční tepelná ztráta budovy v režimu vytápění [kWh /měs],

Q_g celkové měsíční tepelné zisky v režimu vytápění [kWh /měs],

a_H bezrozměrný číselný parametr závisující na časové konstantě τ_H [-].

Faktor využitelnosti tepelných zisků stanovený legislativními metodami 1, 2 a metodou PHPP pro daný rodinný dům je uveden v Tab. 3.24.

Tab. 3.24 Faktor využitelnosti tepelných zisků RD

	Faktor využitelnosti tepelných zisků [-]											
	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Leg. 1	1,00	0,99	0,96	0,73	0,44	0,26	0,17	0,18	0,55	0,89	0,99	1,00
Leg. 2	0,99	0,97	0,86	0,59	0,27	0,17	0,12	0,09	0,38	0,71	0,98	1,00
PHPP	1,00	1,00	1,00	0,94	0,56	0,37	0,30	0,29	0,62	0,98	1,00	1,00

3.3.3.2 Časová konstanta budovy

Časová konstanta zóny budovy τ charakterizující vnitřní tepelnou setrvačnost klimatizovaného prostoru se stanoví podle vztahu

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H} \quad [\text{h}] \quad (3.3.15)$$

kde je:

C_m vnitřní tepelná kapacita budovy [J/K],

H měrná tepelná ztráta budovy [W/K].

3.3.3.3 Vnitřní tepelná kapacita budovy

Postup dle legislativy

Vnitřní tepelná kapacita zóny budovy je rovna rozdílu množství tepla akumulovaného v konstrukcích budovy, pokud vnitřní teplota kolísá ve tvaru sinusoidy s danou časovou periodou v rozsahu ± 1 K. Vnitřní tepelná kapacita se vypočte sečtením tepelných kapacit jednotlivých stavebních prvků, které jsou v přímém kontaktu s vnitřním vzduchem uvažované zóny [8]. Součet se provede pro všechny vrstvy stavebního prvku od vnitřního povrchu až po první tepelně izolační vrstvu, vždy nejvýše však do maximální tloušťky 0,1 m. Výpočet vnitřní tepelné kapacity zóny je dán rovnicí

$$C_m = \sum_j \chi_j \cdot A_j \quad [\text{J/K}] \quad (3.3.16)$$

kde je:

- χ_j vnitřní plošná tepelná kapacita j -tého stavebního prvku, určená dle [8] v souladu s EN ISO 13 786: 2007 (podrobná metoda), nebo v souladu s ISO 13 786: 2007,
 A_j plocha j -tého prvku [m^2].

Pro výpočet potřeby tepla na vytápění pro RD jsou použity tabulkové hodnoty podle ČSN EN ISO 13790. Orientační hodnoty vnitřní tepelné kapacity budovy závislé na typu konstrukcí v zóně jsou uvedeny v Tab. 3.25.

Tab. 3.25 Vnitřní tepelná kapacita stavebních konstrukcí vytápěné zóny dle
ČSN EN ISO 13 790

TYP KONSTRUKCE	Vnitřní tepelná kapacita zóny C_m $\chi \cdot A$ [kJ/K]
Velmi lehká (lehké obvodové pláště)	80 x A
Lehká (dřevostavby)	110 x A
Střední (stavby z izolačních cihel, plynosilikátu)	165 x A
Těžká (stavby z děrovaných cihel)	260 x A
Velmi těžká (stavby ze železobetonu, kamene, plných cihel)	370 x A

Postup dle PHPP

PHPP uvádí, že měrná tepelná kapacita má sice určitý vliv na potřebu tepla na vytápění, komfort v letním období a případnou potřebu energie na chlazení, ale v porovnání s jinými veličinami to není významné. Proto místo detailní analýzy všech stavebních konstrukcí, může být měrná tepelná kapacita c v PHPP vypočtena následujícím zjednodušeným způsobem:

$$c = 60 + n_{t\acute{e}zka} \cdot 24 \quad [\text{Wh/m}^2\text{K}] \quad 0 \leq n_{t\acute{e}zka} \leq 6 \quad (3.3.17)$$

kde se používá minimální hodnota $60 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ a za každou těžkou konstrukci obklopující prostor typické místnosti v budově se navíc dosadí $24 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ [1].

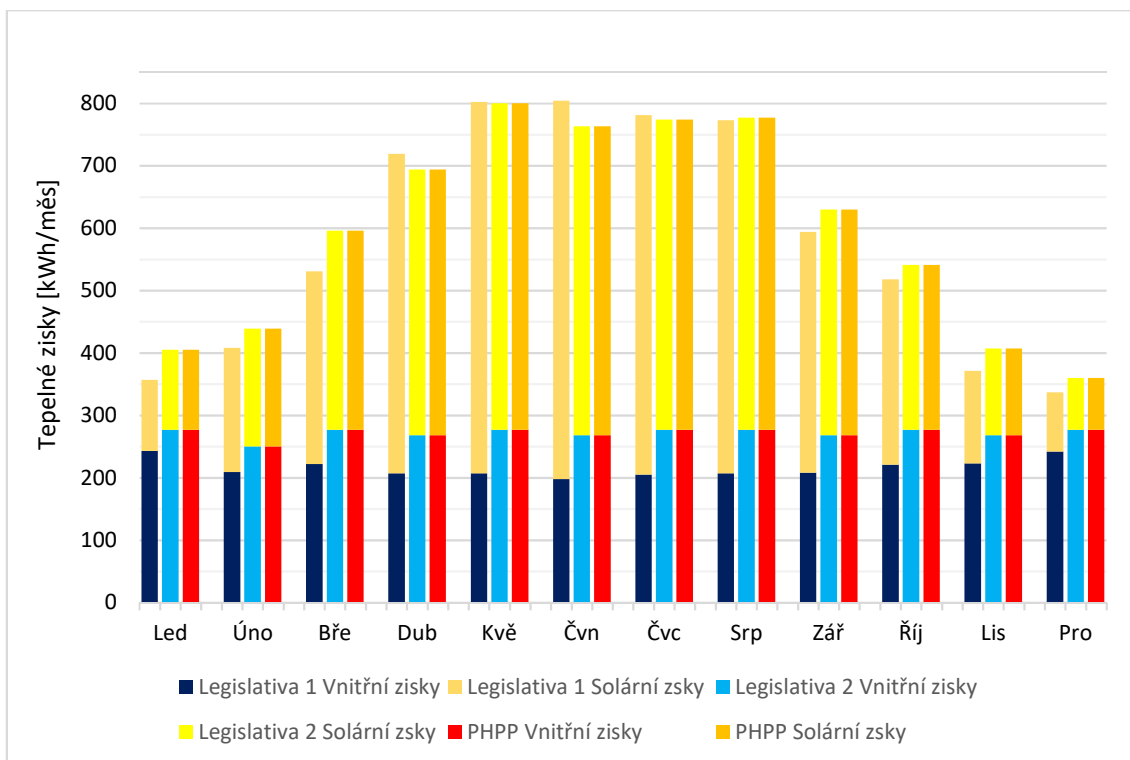
V Tab. 3.26 je uvedeno srovnání hodnoty vnitřní tepelné kapacity podle ČSN EN ISO 13790 a hodnoty vyplývající z PHPP pro uvedený výpočtový rodinný dům.

Tab. 3.26 Měrná vnitřní tepelná kapacita podle ČSN 13 790 a PHPP pro RD

	Vnitřní tepelná kapacita zóny C_m	
	(kJ/K)	(Wh/m ² K)
ČSN EN ISO 13 790	110 x 177,2	31
PHPP	302 x 177,2	84

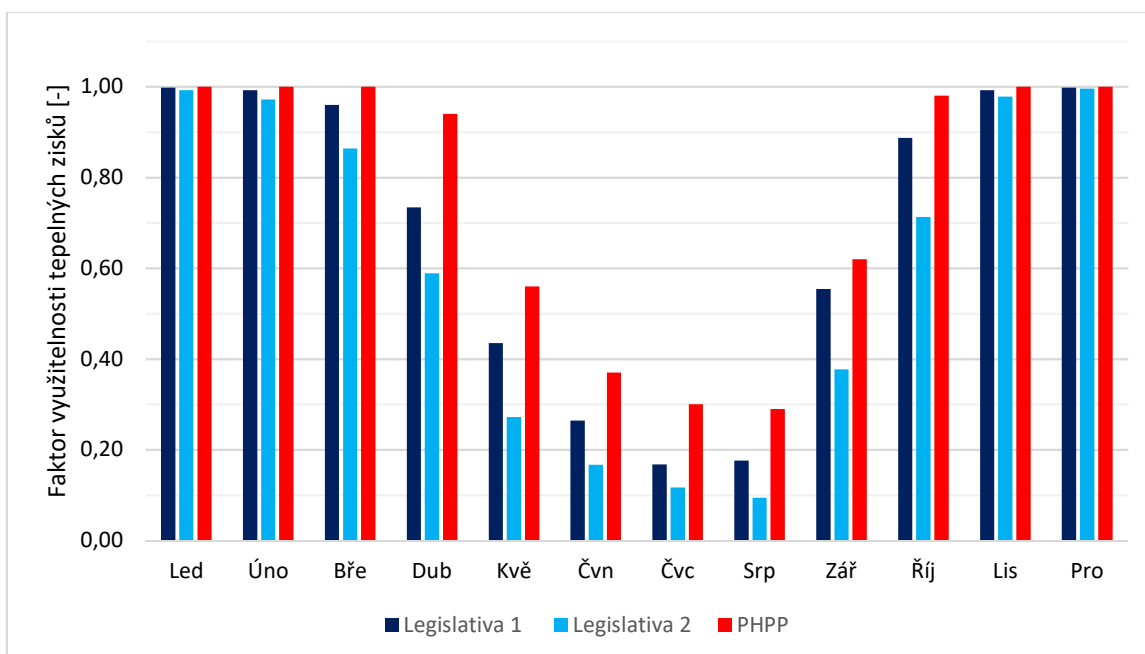
3.3.4 Tepelné zisky RD

Měsíční tepelné zisky RD vzniknou součtem vnitřních tepelných zisků viz Tab. 3.21 a solárních tepelných zisků viz Tab. 3.23 vynásobených faktorem využitelnosti tepelných zisků viz Tab. 3.24. Měsíční tepelné zisky (viz Obr. 3.8) podle všech metodik mají během roku podobný průběh. Tepelné zisky vypočítané druhým způsobem dle legislativy a dle PHPP vycházejí ve všech měsících stejně i přes to, že každá metodika uvažuje jinou obsazenost. V zimních měsících vycházejí větší zisky vypočítané podle metodiky PHPP. V letním období jsou tepelné zisky stanovené všemi metodikami buďto vyrovnané nebo jsou naopak prvním způsobem výpočtu podle legislativy větší. Vnitřní tepelné zisky mají během roku téměř konstantní průběh. Stejně jako tepelné ztráty se i tepelné zisky za období červen, červenec a srpen do potřeby tepla na vytápění neuvažují.



Obr. 3.8 Měsíční tepelné zisky RD

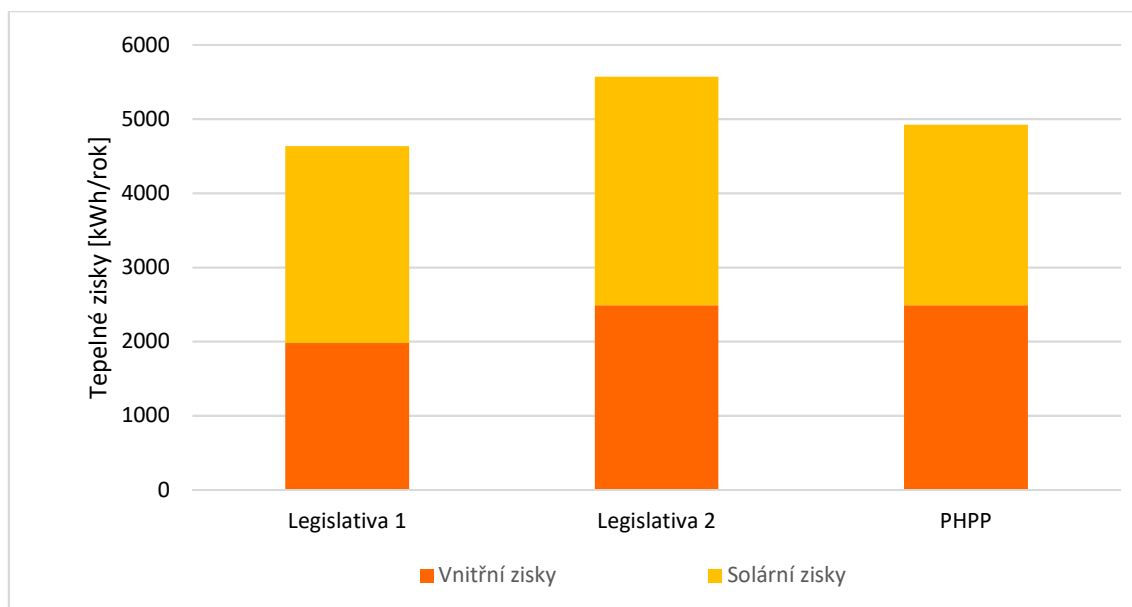
Faktor využitelnosti tepelných zisků (viz Obr. 3.9) je v jednotlivých měsících podle metodiky PHPP největší a druhým postupem dle legislativy nejnižší.



Obr. 3.9 Faktor využitelnosti tepelných zisků RD

Roční tepelné zisky RD (viz Obr. 3.10) vzniknou sečtením jednotlivých měsíčních tepelných zisků. Solární, vnitřní i celkové tepelné zisky jsou největší podle

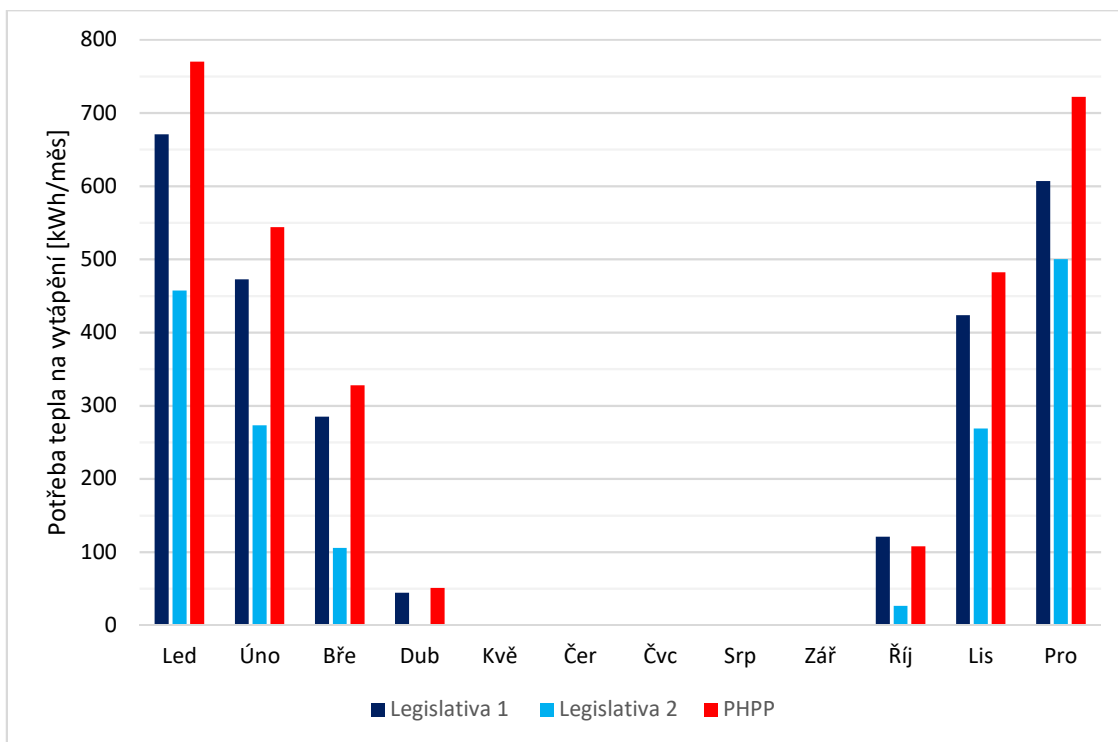
druhého legislativního postupu. Celkové roční tepelné zisky dle PHPP jsou zhruba jen o 5 % větší než první legislativní postup. Zisky stanovené druhým legislativním postupem jsou asi o 20 % větší než zisky stanovené prvním legislativním postupem.



Obr. 3.10 Roční tepelné zisky RD

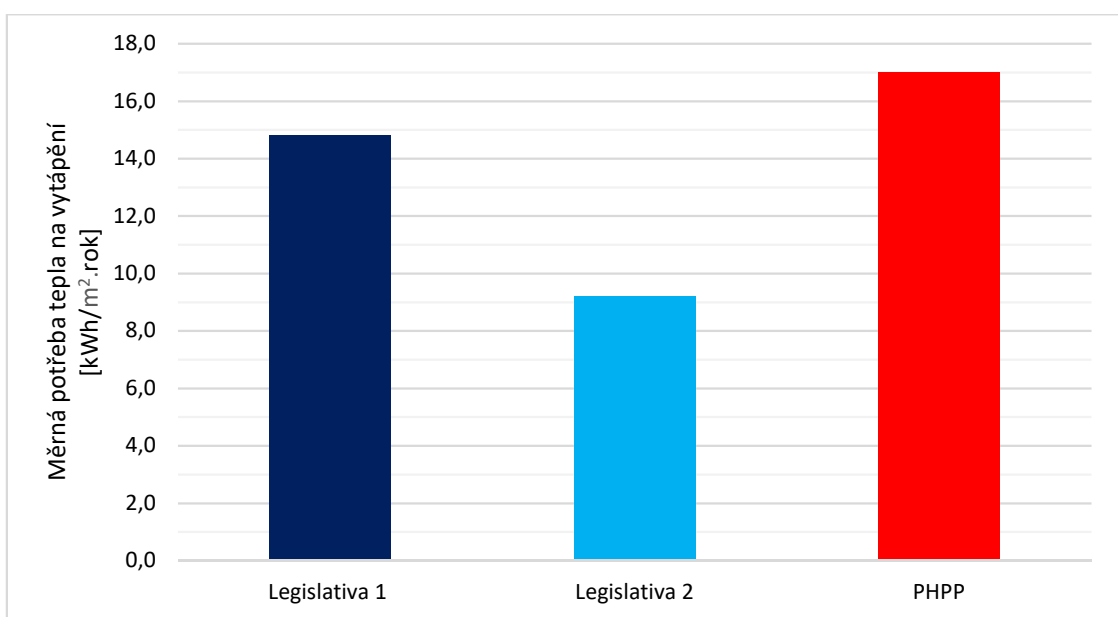
3.4 POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ RD

Jednotlivé měsíční potřeby tepla na vytápění (viz Obr. 3.11) vyšly ve všech měsících s výjimkou října podle metodiky PHPP největší. Nejnižší potřeby tepla na vytápění vyšly druhým postupem podle legislativy.



Obr. 3.11 Potřeba tepla na vytápění RD

Celková měrná potřeba tepla na vytápění za rok (viz Obr. 3.12) je tedy podle PHPP největší a druhým postupem podle legislativy nejmenší. Potřeba tepla na vytápění dle druhého legislativního postupu je téměř o 38 % nižší než podle prvního legislativního postupu. Potřeba tepla dle PHPP je cca o necelých 15 % vyšší než podle legislativy 1.



Obr. 3.12 Měrná potřeba tepla na vytápění RD

4 POTŘEBA TEPLA NA PŘÍPRAVU TV

Potřebu tepla na přípravu teplé vody v daném měsíci lze stanovit vztahem

$$Q_{w,j} = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w \cdot (\theta_{tv} - \theta_{sv}) \quad [\text{kWh/rok}] \quad (4.1)$$

kde je:

- ρ_w hustota vody [kg/m^3],
- c_w měrná tepelná kapacita vody [J/kgK],
- V_w potřeba teplé vody [m^3/rok],
- θ_{tv} průměrná roční teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$],
- θ_{sv} průměrná roční teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$].

Potřeba teplé vody se stanoví vztahem

$$V_w = n_i \cdot \sum V_d \cdot \tau \quad [\text{m}^3/\text{rok}] \quad (4.2)$$

kde je:

- n_i počet uživatelů [-],
- V_d objem dávky [m^3],
- τ časový úsek [h].

Legislativa 1

TNI 73 0331 udává průměrnou denní potřebu teplé vody 40 litrů na osobu a den, teplotu teplé vody (ve zdroji ohřevu) 55 °C a průměrnou teplotu studené vody 10 °C. Standardní obsazenost zóny je podle TNI 73 0331 40 m²/osobu. Pro stanovení roční potřeby TV se tedy použije uvažovaný počet uživatelů 3,6. Z rovnice (4.2) pro $n_i = 3,6$, $V_d = 0,04 \text{ m}^3/\text{den.os.}$ a $\tau = 365 \times 24$ hod je potřeb tepla na přípravu TV 2746 kWh/rok.

Legislativa 2

TNI 73 0329 uvažuje pro potřebu tepla na přípravu teplé vody jednotně hodnotu 550 kWh na osobu a rok. V této hodnotě je již zahrnuta redukce na nepřítomnost osob. Potřeba tepla na přípravu TV dle legislativy 2 je (pro 4 osoby) 2200 kWh/rok.

PHPP

Metodika podle PHPP jako standardní hodnotu potřeby teplé vody u obytných budov používá 25 litrů na osobu a den při teplotě teplé vody 60 °C. Dále pak podle vypočtených teplot zeminy stanoví průměrnou teplotu studené vody 8,5 °C. Standardní

obsazenost zóny je podle PHPP 35 m²/osobu, pro stanovení roční potřeby TV se tedy použije uvažovaný počet uživatelů 5,1. Z rovnice (4.2) pro $n_i = 5,1$, $V_d = 0,025 \text{ m}^3/\text{den.os.}$ a $\tau = 365 \times 24$ hod je potřeb tepla na přípravu TV 2761 kWh/rok.

Potřeba tepla na přípravu TV viz Tab. 4.1 podle metodiky Legislativa 1 a PHPP vyšla téměř stejně i přes rozdílné vstupní hodnoty.

Tab. 4.1 Roční potřeba tepla na přípravu TV pro RD

	Legislativa 1	Legislativa 2	PHPP
Potřeba tepla na přípravu TV [kWh/rok]	2746	2200	2761

5 ANALÝZA VLIVU OKRAJOVÝCH PODMÍNEK NA POTŘEBU TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV

5.1 VLIV KLIMATICKÝCH DAT

Vliv klimatických dat na potřebu tepla na vytápění a na přípravu TV pro daný RD se zjistí dosazením klimatických dat z různých zdrojů do výpočtu potřeby tepla danou metodikou. Dosazením stejných klimatických dat do jednotlivých výpočtových metodik lze také stanovit rozdíly způsobené růzností metodik.

Tab. 5.1 Vliv klimatických dat na vnitřní měrnou potřebu tepla na vytápění pro RD

Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m ² rok]					
Metodika	Zdroj klimatických údajů				
	TNI 73 0331	TNI 73 0329	PHPP	RKR	TMY
Legislativa 1	14,8	13,0	15,0	14,8	16,6
Odchylka. oproti standardním klim. datům dané metodiky	0 %	12 %	1 %	0 %	27 %
Legislativa 2	10,0	9,2	11,0	10,4	11,2
Odchylka. oproti standardním klim. datům dané metodiky	9 %	0 %	20 %	13 %	22 %
PHPP	16,2	14,6	17,0	16,5	17,3
Odchylka oproti standardním klim. datům dané metodiky	5 %	14 %	0 %	3 %	2 %

5.1.1 Vliv klimatických dat na potřebu tepla na vytápění RD

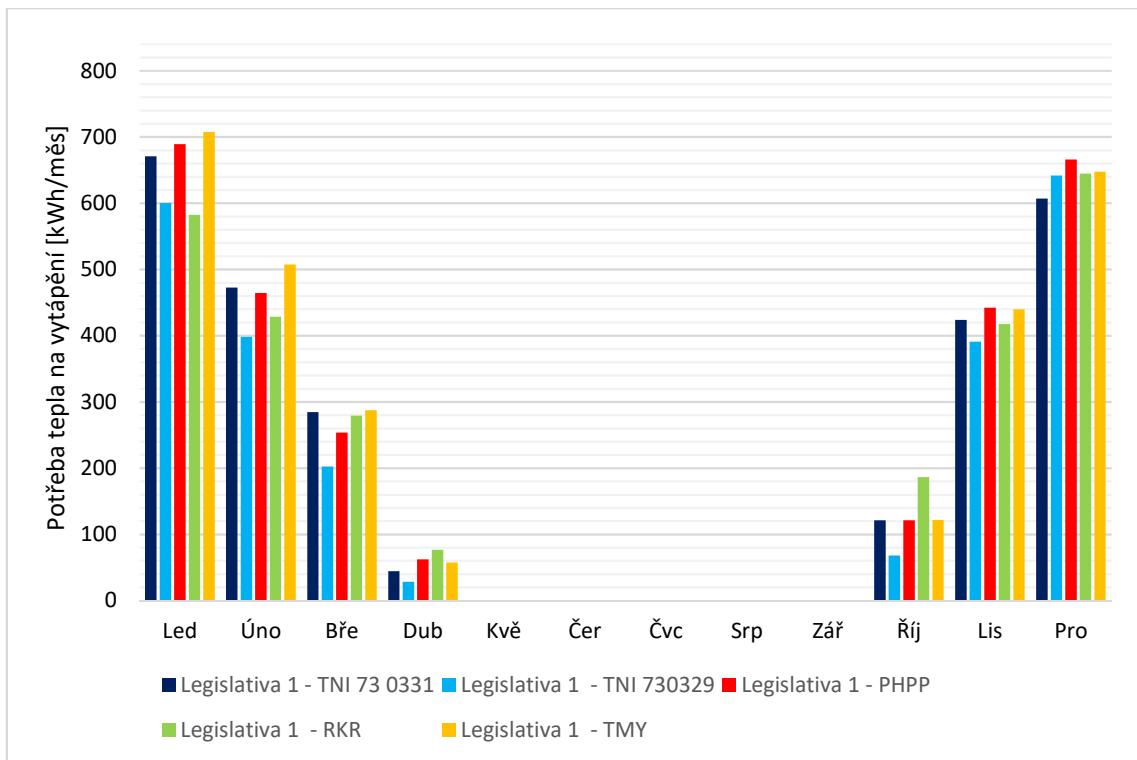
Rozdíly v roční měrné potřebě tepla vlivem klimatických dat jsou uvedeny v Tab. 5.1. Vliv klimatických dat na výpočet potřeby tepla na vytápění rovněž je znázorněn na následujících obrázcích. Vliv klimatických dat na potřebu tepla podle prvního legislativního postupu viz Obr. 5.1, podle druhého legislativního postupu viz Obr. 5.2 a podle postupu dle PHPP viz Obr. 5.3. Klimatická data mají podle všech metodik během roku téměř stejný průběh.

Z grafů Obr. 3.2, Obr. 3.3 a Obr. 5.1 lze pozorovat, že vliv různých teplot venkovního vzduchu na potřebu tepla na vytápění je výrazný, zatímco vliv měsíčních úhrnů energie slunečního záření je méně patrný.

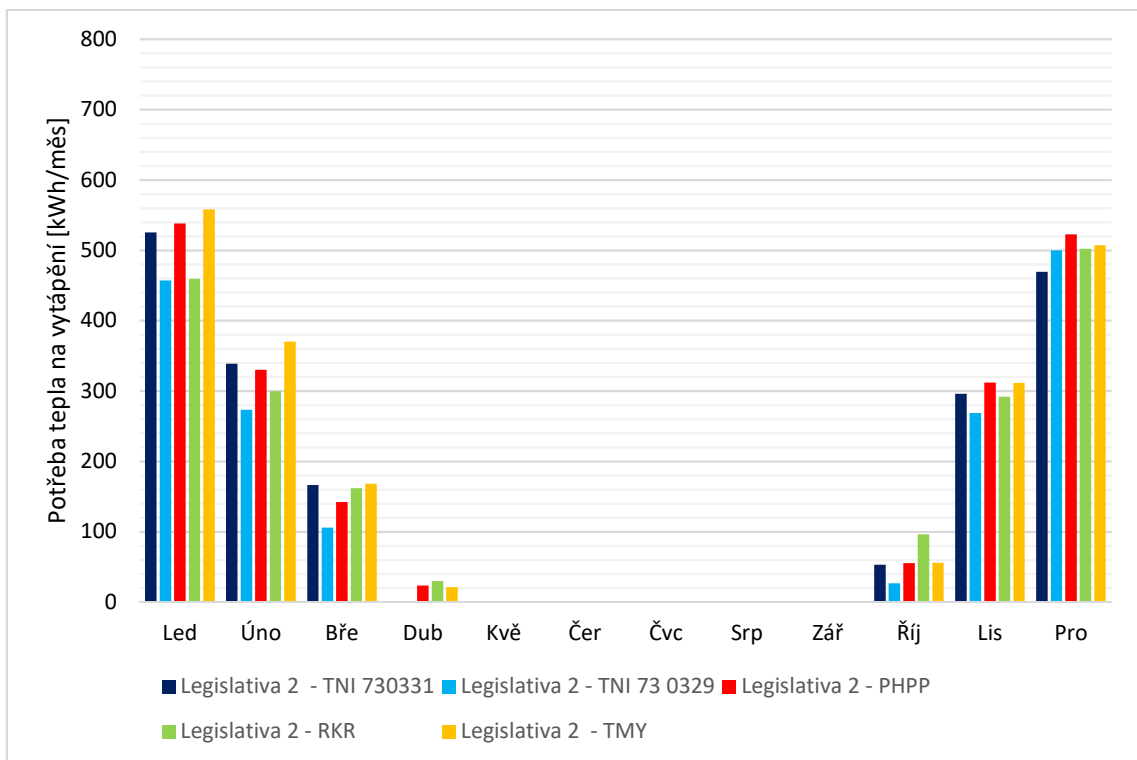
Například klimatická data dle PHPP mají téměř stejné měsíční úhrny energie slunečního záření na horizont jako dle TNI 73 0331 a nižší průběh měsíční průměrné teploty venkovního vzduchu. Potřeba tepla na vytápění je vyšší dle PHPP. Z toho vyplývá že vliv teploty venkovního vzduchu je významný.

Klimatická data RKR podle Obr. 3.2 mají zhruba podobný průběh měsíční průměrné teploty venkovního vzduchu jako TNI 73 0331. Klimatická data RKR podle Obr. 3.3 mají výrazně vyšší měsíční úhrny energie slunečního záření na horizont, ale potřeba tepla na vytápění je dle RKR a TNI 73 0329 téměř stejná. Z toho vyplývá že vliv energie slunečního záření není výrazný.

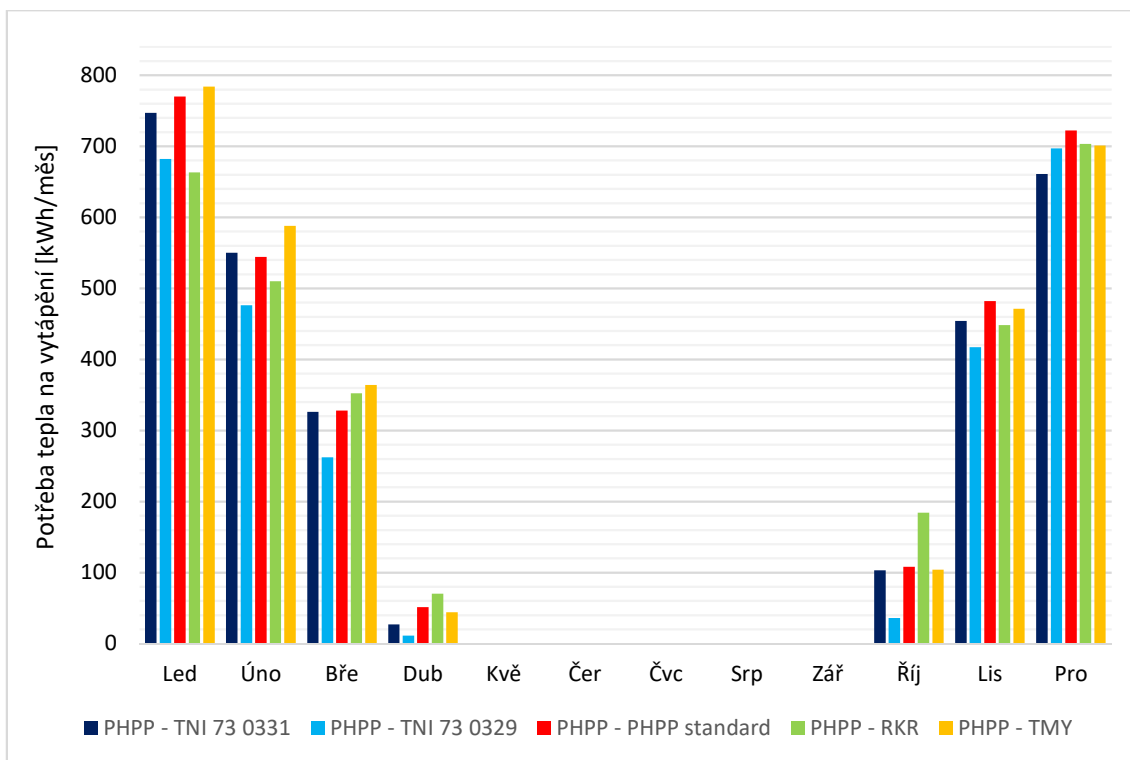
Klimatická data podle TNI 73 0329 mají jedny z nejvyšších měsíčních úhrnů energie slunečního záření na horizont Obr. 3.3 a nejvyšší průběh měsíční průměrné teploty venkovního vzduchu Obr. 3.2. Klimatická data podle RKR mají vyšší měsíční úhrny energie slunečního záření na horizont a střední průběh průměrné teploty venkovního vzduchu. Potřeba tepla na vytápění je nižší dle TNI 73 0329. To opět potvrzuje že vliv teploty venkovního vzduchu je na rozdíl od vlivu energie slunečního záření významný.



Obr. 5.1 Vliv klimatických dat na potřebu tepla pro vytápění RD dle legislativy 1

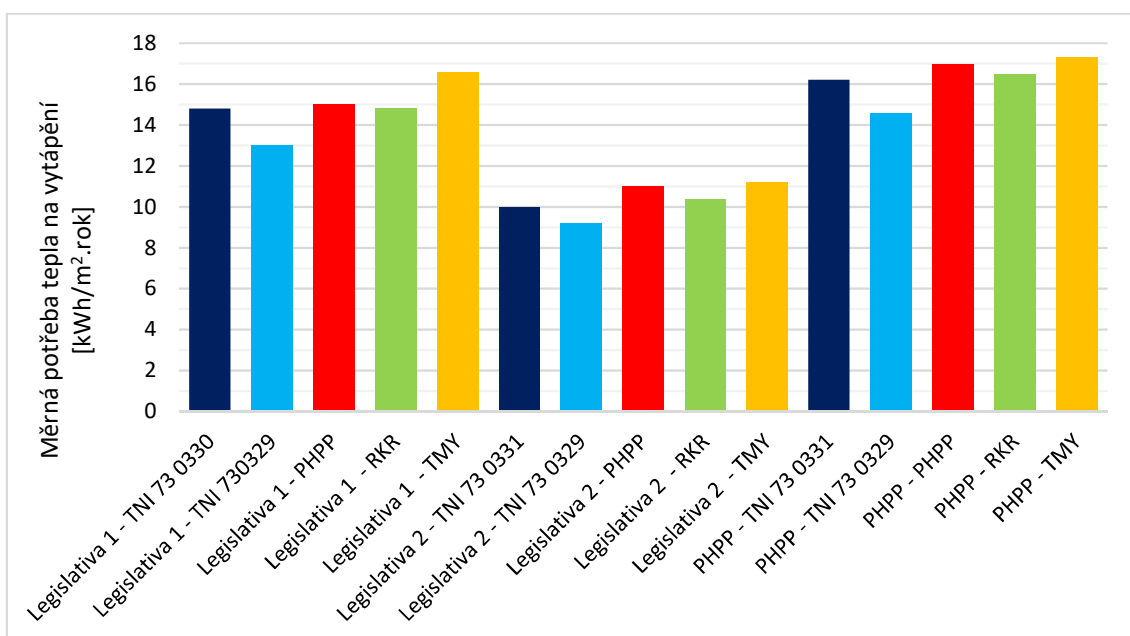


Obr. 5.2 Vliv klimatických dat na potřebu tepla pro vytápění RD dle legislativy 2



Obr. 5.3 Vliv klimatických dat na potřebu tepla pro vytápění RD dle metodiky PHPP

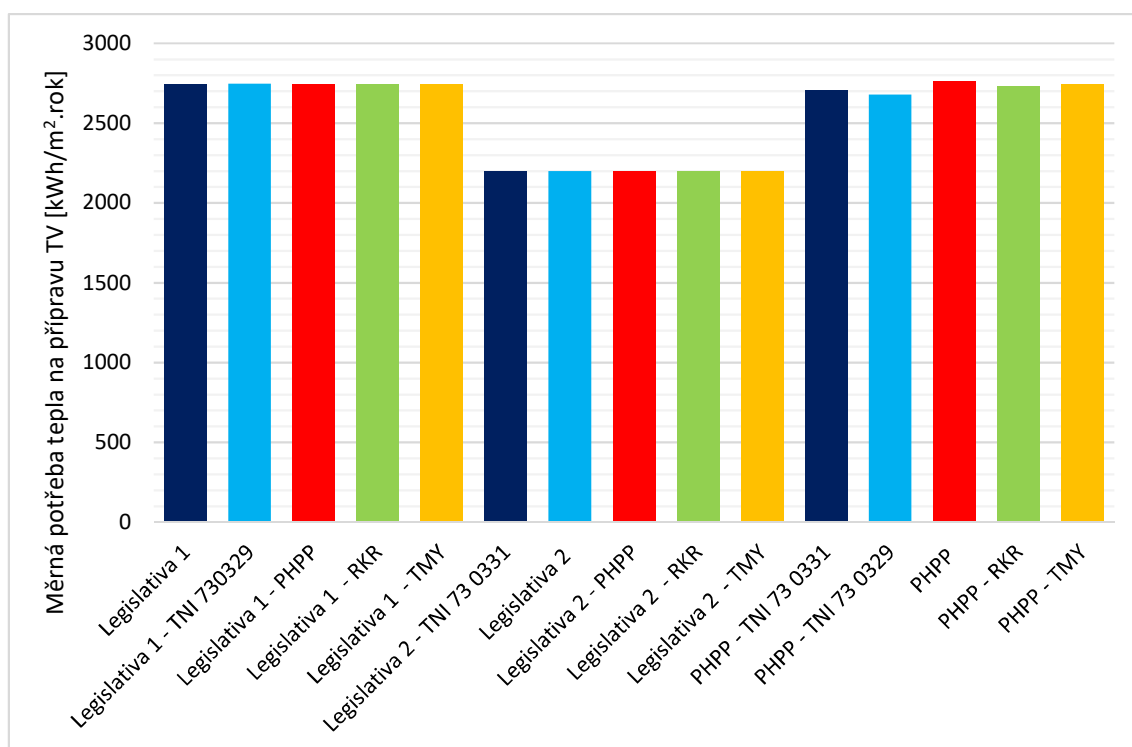
Celkově největší měrné potřeby tepla na vytápění dosáhla metodika PHPP s klimatickými daty dle TMY a naopak nejnižší potřebu tepla na vytápění požaduje první postup podle legislativy s klimatickými daty dle TNI 73 0329.



Obr. 5.4 Měrná potřeba tepla na vytápění stanovená s uplatněním všech metodik s různými zdroji klimatických dat

5.1.2 Vliv klimatických dat na potřebu tepla na přípravu TV pro RD

Z Obr. 5.5 je zřejmé, že různé zdroje klimatických údajů nemají na měrnou potřebu tepla na přípravu TV stanovenou uvedenými postupy dle legislativy vliv. Na postup dle PHPP určitý vliv různá klimatická data mají. V metodice dle PHPP se průměrná teplota studené vody vypočítává podle údajů o venkovním prostředí. Avšak největší rozdíl vlivem různých klimatických údajů v rámci metodiky PHPP dosahuje 3 %.



Obr. 5.5 Měrná potřeba tepla na přípravu TV podle jednotlivých metodik s různými klimatickými zdroji dat

5.2 Vliv obsazenosti budovy

Vliv obsazenosti na potřebu tepla na vytápění (viz Tab. 5.2) a na přípravu TV (viz Tab. 5.3) pro daný RD se zjistí dosazováním různých počtů osob do výpočtu potřeby tepla danou metodikou. Výpočet dle legislativy 1 a 2 stanovuje obsazenost budovy z velikosti podlahové plochy na osobu vztahované k vnitřní podlahové ploše pro RD $A_i = 143,5 \text{ m}^2$. Druhý postup dle legislativy připouští minimálně $20 \text{ m}^2/\text{os}$, což odpovídá 7 osobám. Výpočet dle PHPP stanovuje obsazenost budovy z velikosti podlahové plochy na osobu vztahované k energeticky vztahné ploše pro RD $A_{f,ext} = 177,2 \text{ m}^2$. Metodika PHPP připouští minimálně $20 \text{ m}^2/\text{os}$, což odpovídá 8 osobám a maximálně $50 \text{ m}^2/\text{os}$, to odpovídá 4 osobám.

Tab. 5.2 Vliv obsazenosti na potřebu tepla na vytápění Q_h [kWh/m²rok] RD

		Obsazenost [os]									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Legislativa 1	Q_h [kWh/m ² rok]	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
	Obsazenost [m ² /os]	144	72	48	36	29	24	21	18	16	14
Legislativa 2	Q_h [kWh/m ² rok]	12,2	11,1	10,1	9,2	8,4	7,6	6,8	7,2	7,5	7,8
	Obsazenost [m ² /os]	144	72	48	36	29	24	21	18	16	14
PHPP	Q_h [kWh/m ² rok]	17	17	17	17	17	17,2	18,1	19	20	20,9
	Obsazenost [m ² /os]	177	89	59	44	35	30	25	22	20	18

Tab. 5.3 Vliv obsazenosti na potřebu tepla na přípravu Q_w [kWh/m²rok] TV RD

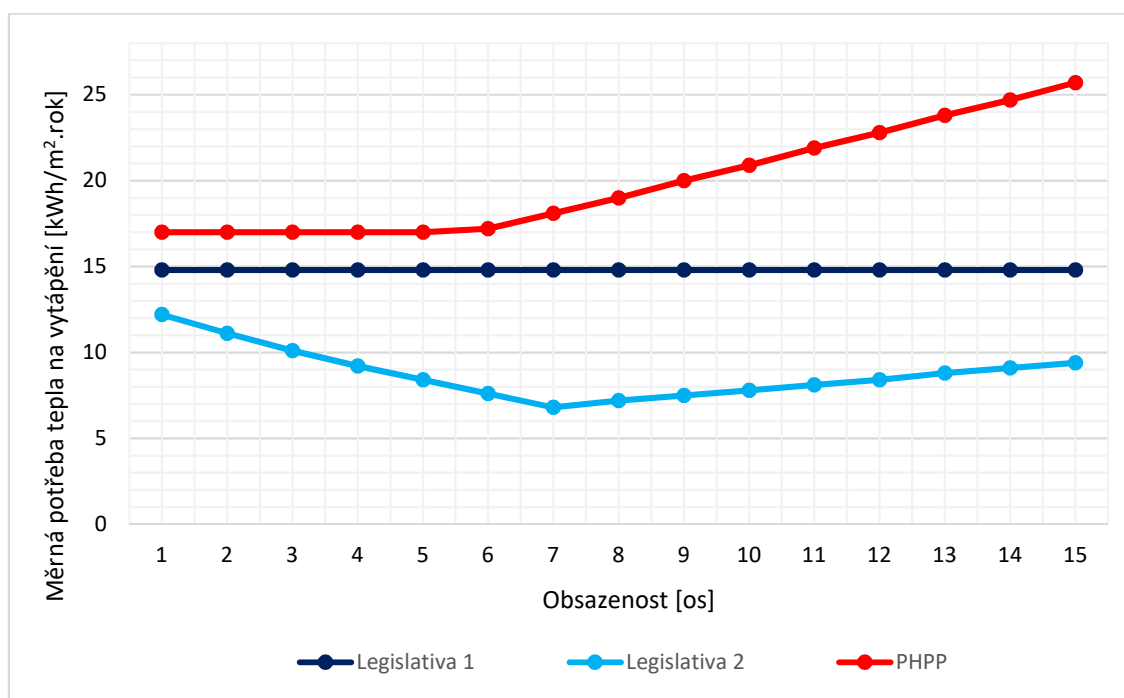
		Obsazenost [os]								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Legislativa 1	Q_w [kWh/m ² rok]	763	1526	2289	3051	3814	4577	5340	6103	6866
	Obsazenost [m ² /os]	144	72	48	36	29	24	21	18	16
Legislativa 2	Q_w [kWh/m ² rok]	550	1100	1650	2200	2750	3300	3850	4400	4950
	Obsazenost [m ² /os]	144	72	48	36	29	24	21	18	16
PHPP	Q_w [kWh/m ² rok]	545	1091	1636	2182	2727	3273	3818	4364	4909
	Obsazenost [m ² /os]	177	89	59	44	35	30	25	22	20

5.2.1 Vliv obsazenosti budovy na potřebu tepla na vytápění RD

Ze závislosti měrné potřeby tepla pro vytápění, všech metodik, na různé obsazenosti budovy (viz Obr. 5.6) je patrné, že měrná potřeba tepla na vytápění dle prvního legislativního postupu se s různou obsazeností budovy nemění.

Měrná potřeba tepla na vytápění dle druhého legislativního postupu nejprve klesá. To je způsobeno stoupajícími vnitřními zisky se zvyšujícím se počtem osob i přes to, že zároveň stoupá tepelná ztráta větráním. Z průběhu závislosti potřeby tepla na obsazenosti je zřejmé, že vliv vnitřních tepelných zisků je větší, než vliv tepelné ztráty větráním. Po dosažení počtu 7 osob začne potřeba tepla na vytápění stoupat. 7 osob odpovídá maximální obsazenosti dle dané metodiky, dále jsou tedy vnitřní tepelné zisky konstantní, avšak stále stoupá tepelná ztráta větráním.

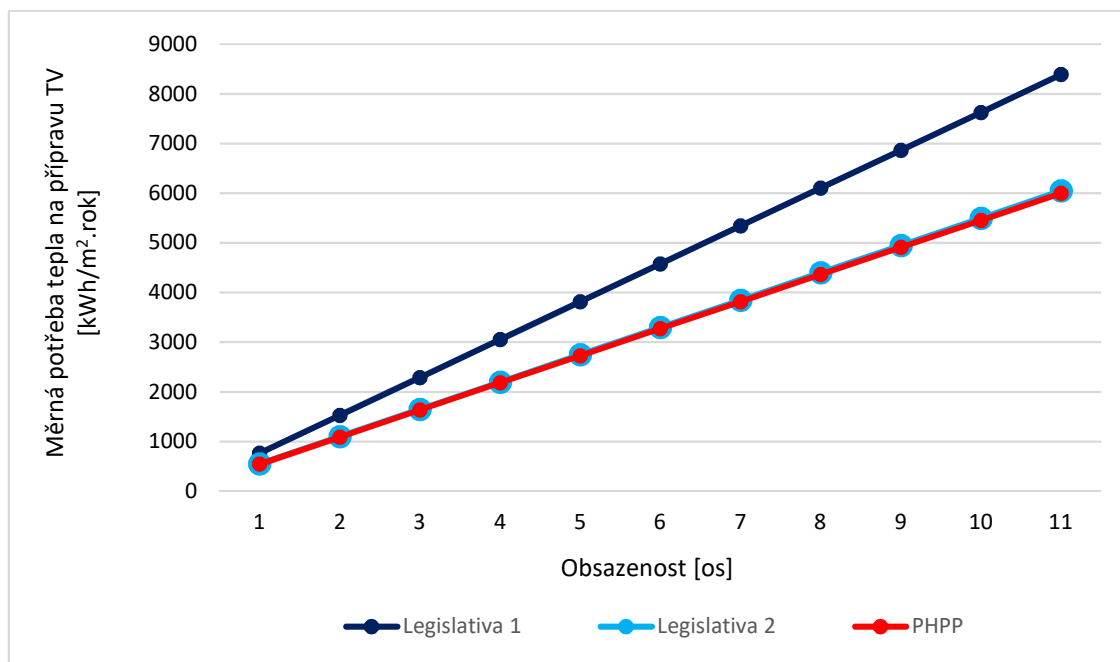
Měrná potřeba tepla na vytápění dle PHPP s různou obsazeností budovy od určitého počtu osob stoupá. To je způsobeno nárůstem tepelné ztráty větráním na počtu osob. Do počtu 6 osob je tepelná ztráta větráním omezena na konstantní hodnotu z důvodů rizika nižší relativní vlhkosti vzduchu při vyšší intenzitě větrání. Po celou dobu s nárůstem obsazenosti narůstají i vnitřní tepelné zisky. Z průběhu závislosti potřeby tepla na obsazenosti je zřejmé, že vliv tepelné ztráty větráním je vyšší, než vliv vnitřních tepelných zisků.



Obr. 5.6 Měrná potřeba tepla na vytápění podle legislativních postupů 1, 2 a PHPP s různou obsazeností budovy

5.2.2 Vliv obsazenosti budovy na potřebu tepla na přípravu TV pro RD

Závislosti potřeby tepla pro přípravu TV, dle všech metodik, na obsazenosti (viz Obr. 5.7) jsou lineární. První postup podle legislativy uvažuje denní dávku teplé vody na osobu 40 m³, druhý postup podle legislativy uvažuje 550 kWh/rok.os a metodika PHPP uvažuje jen 20 m³/den.os. Závislost měrné potřeby tepla na přípravu TV na obsazenosti dle legislativy 1 stoupá rychleji než podle legislativy 2 a PHPP, které mají téměř stejný průběh.



Obr. 5.7 Měrná potřeba tepla přípravu TV podle legislativních postupů 1, 2 a PHPP s různou obsazeností budovy

6 CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE

Dodaná energie je součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie.

6.1 CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE DLE LEGISLATIVY

Celková roční dodaná energie do budovy EP se dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. při bilančním hodnocení stanoví jako součet jednotlivých vypočtených dílčích dodaných energií pro všechny časové úseky v roce a pro všechny hodnocené zóny budovy. Celková roční dodaná energie se stanovuje z obecného vztahu

$$EP = EP_H + EP_C + EP_F + EP_{RH} + EP_W + EP_L \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.1.1)$$

kde je:

- EP_H roční dodaná energie na vytápění [kWh/rok],
 EP_C roční dodaná energie na chlazení [kWh/rok],
 EP_F roční dodaná energie na nucené větrání [kWh/rok],
 EP_{RH} roční dodaná energie na úpravu vlhkosti vnitřního prostředí [kWh/rok],
 EP_W roční dodaná energie na přípravu teplé vody [kWh/rok],
 EP_L roční dodaná energie na osvětlení [kWh/rok].

Rodinný dům systém chlazení a úpravy vlhkosti vnitřního prostředí neobsahuje. Roční dodaná energie na chlazení a úpravu vlhkosti je nulová a dále se s ní neuvažuje.

6.1.1 Roční dodaná energie na vytápění

Dílčí dodaná energie na vytápění se stanoví jako součet vypočtené spotřeby energie na vytápění a pomocné energie na provoz technického systému pro vytápění podle vztahu

$$EP_H = Q_{H,fuel} + Q_{H,aux} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.1.2)$$

kde je:

$Q_{H,fuel}$ roční dodaná energie na vytápění [kWh/rok],

$Q_{H,aux}$ roční dodaná pomocná energie systému vytápění [kWh/rok].

EP_H výpočtem pro rodinný dům je uvedena v Tab. 6.1.

6.1.2 Roční dodaná energie na nucené větrání

Roční dodaná energie na nucené větrání EP_F se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na provoz ventilátorů a měsíčních pomocných energií na regulaci a řízení systému nuceného transportu vzduchu. Používá se vztah

$$EP_F = Q_{F,fuel} + Q_{F,aux} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.1.3)$$

kde je:

$Q_{F,fuel}$ roční dodaná energie na nucené větrání [kWh/rok],

$Q_{F,aux}$ roční dodaná pomocná energie systému nuceného větrání [kWh/rok].

EP_F výpočtem pro rodinný dům je uvedena v Tab. 6.1.

6.1.3 Roční dodaná energie na přípravu TV

Roční dodaná energie na přípravu teplé vody včetně roční dodané pomocné energie pro přípravu teplé vody EP_W se stanoví podle vztahu

$$EP_W = Q_{W,fuel} + Q_{W,aux} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.1.4)$$

kde je:

$Q_{W,fuel}$ roční dodaná energie na přípravu TV [kWh/rok],

$Q_{W,aux}$ roční dodaná pomocná energie systému přípravy TV [kWh/rok].

EP_W výpočtem pro rodinný dům je uvedena v Tab. 6.1.

6.1.4 Roční dodaná energie na osvětlení

Roční dodaná energie na osvětlení EP_L se stanoví jako součet dodané energie na osvětlení ve všech zónách pro systémy osvětlení podle vztahu

$$EP_L = \sum_{j=1}^n Q_{L,fuel,j} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.1.5)$$

kde je:

$Q_{L,fuel,j}$ dodaná pomocná energie na osvětlení za j -tý časový úsek [kWh/měs].

EP_L výpočtem pro rodinný dům je uvedena v Tab. 6.1.

6.1.5 Celková roční dodaná energie RD

Celková roční dodaná energie pro RD dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. je dána součtem jednotlivých dílčích energií uvedených v Tab. 6.1. Pro výpočet jednotlivých dílčích energií byly použity tabulkové hodnoty uvedené v TNI 73 0331. Součtem údajů v Tab. 6.1 je celková roční dodaná energie pro RD: $EP = 8048$ kWh.

Tab. 6.1 Roční dodaná energie pro RD dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

roční dodaná energie [kWh/rok]				
EP_H	EP_F	EP_W	EP_L	EP_{POM}
3737	163	3384	644	120

6.2 CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE DLE PHPP

Celková roční dodaná energie se dle PHPP stanoví vztahem

$$EP = EP_{T\check{C}} + EP_E + EP_C \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.2.1)$$

kde je:

$EP_{T\check{C}}$ roční dodaná energie na elektřinu TČ [kWh/rok],

EP_E roční dodaná energie na elektřinu (bez TČ) [kWh/rok],

EP_C roční dodaná energie na chlazení [kWh/rok].

Roční dodaná energie na elektřinu TČ zahrnuje zároveň dodanou energii na vytápění a na přípravu TV. Roční dodaná energie na elektřinu (bez TČ) zahrnuje dodanou energii na osvětlení, elektrická zařízení a pomocnou elektřinu. Roční dodaná energie na chlazení je nulová a dále se s ní neuvažuje.

6.2.1 Roční dodaná energie na elektřinu TČ

Pro potřebu dodané energie platí

$$EP_{T\check{C}} = Q_{užit} \cdot f_{rozvod} \cdot f_{zdroj} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.2.2)$$

kde je:

$Q_{užit}$ celková hodnota potřeby tepla na vytápění a na přípravu TV [kWh/rok],

f_{rozvod} faktor energetické účinnosti systému rozvodu tepla [-],

f_{zdroj} faktor energetické účinnosti zdroje tepla [-].

Výpočtem pro RD dle software PHPP verze 8 (2013) [1] je roční dodaná energie na elektřinu TČ: $EP_{T\check{C}} = 3419$ kWh.

6.2.2 Roční dodaná energie na elektřinu bez TČ

Výpočet bilance elektřiny zahrnuje veškerou práci, která je obvykle vykonávána s použitím elektřiny, včetně všech pomocných energií.

$$EP_E = \sum s \cdot P_{norm} \cdot f_{užit} \cdot h \cdot G \cdot f_{el} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6.2.3)$$

kde je:

s udává, zda se příslušný spotřebič/ služba nachází uvnitř tepelné obálky budovy nebo ne [-],

- P_{norm} jmenovitá spotřeba příslušného spotřebiče [W; kWh/a],
- $f_{užit}$ korekční faktor využití normové spotřeby energie [-],
- h četnost využití na vztaženou veličinu za rok [d/a],
- G vztažná veličina pro hodnotu h [os; domácnost],
- f_{el} podíl služby, který je zajišťován el. energií [-].

Výpočetní metodika uvažuje ve výpočtu potřebu elektřiny z mytí nádobí, praní, sušení, chlazení, zmrazování, vaření, osvětlení, elektroniky a malých spotřebičů. Kompletní tabulka s výpočtem potřeby elektřiny bez TČ v PHPP je uvedena pro RD v Příloze 5.

Výpočtem pro RD dle software PHPP verze 8 (2013) [1] je roční dodaná energie na elektřinu bez TČ: $EP_E = 4412$ kWh.

6.3 CELKOVÁ ROČNÍ DODANÁ ENERGIE RD

Výpočet dle Vyhlášky 78/2013 Sb. [6]

Podle požadavků Vyhlášky 78/2013 Sb. S využitím TNI 73 0331 byla stanovena celková roční dodaná energie pro RD $EP = 8048$ kWh (dle odstavce 6.1.5).

Tomu odpovídá měrná roční dodaná energie $EP_M = 45,4$ kWh/m², vztaženo na energeticky vztažnou plochu.

Výpočet dle PHPP [1]

Dle PHPP byla stanovena roční dodaná energie pro RD $EP = 7831$ kWh (dle odstavců 6.2.1, 6.2.2).

Tomu odpovídá měrná roční dodaná energie $EP_M = 44,2$ kWh/m², vztaženo na energeticky vztažnou plochu.

7 CELKOVÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE

Celková primární energie pro hodnocenou budovu se vypočítá jako součet součinů dodané energie a příslušného energonositele.

Posuzovaný RD využívá pouze elektrickou energii, příslušný energonositel je dle Vyhlášky 78/2013 Sb. 3 kWh/kWh. Výpočet dle PHPP používá energonositel dle evropských norem 2,6 kWh/kWh. Výsledky výpočtu viz Tab. 7.1.

Tab. 7.1 Neobnovitelná primární energie RD

	Vyhláška 78/2013 Sb.	PHPP
Neobnovitelná primární energie E_H [kWh/m ²]	79	115
Energonositel [kWh/kWh]	2,6	3

8 ZÁVĚR

Na příkladu RD byla analyzována potřeba tepla na vytápění podle výpočtových metod daných vyhláškou 78/2013 Sb. [6] a metodou dle PHPP [1]. Legislativní postupy podle vyhlášky [6] vychází ze zákona č. 406/2007 Sb. [5]. V práci byly použity dva legislativní postupy lišící se od se uplatněním okrajových podmínek.

První legislativní postup používá pro okrajové podmínky hodnoty dle TNI 73 0331 [14] s výjimkou tepelné ztráty větráním, která vychází z ČSN EN ISO 13 789 [9].

Druhý legislativní postup pro okrajové podmínky využívá zjednodušené výpočtové postupy podle TNI 73 0329 [15].

Výpočtový postup dle PHPP [1]. uvažuje pro okrajové podmínky své standardní hodnoty.

Druhý legislativní postup byl vytvořen pro energetické výpočty domů s nízkou potřebou energie. Výsledek výpočtu potřeby tepla na vytápění pro RD potvrdil zde předpokládanou nižší potřebu tepla než výpočet podle první legislativní metody, na rozdíl od postupu PHPP, který je určen také pro výpočty potřeby energie pro pasivní a nízkoenergetické domy. Výrazně vyšší potřeba tepla na vytápění i nad výsledky druhé legislativní metody je u metody PHPP pravděpodobně zapříčiněna vyšší tepelnou ztrátou větráním, která je způsobena specifickým výpočtem průtoku větracího vzduchu. Ten po zohlednění účinnosti ZZT poskytuje vyšší hodnoty.

Výsledky výpočtů potřeby tepla na vytápění pro RD legislativními metodikami a metodikou PHPP jsou uvedeny v tabulkách a grafech kapitoly 3. Pro výpočet potřeby tepla na vytápění je uvedeno několik klimatických databází. Jsou porovnány průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu a měsíční úhrny energie slunečního záření na horizont jednotlivých databází.

Kapitola 4 obsahuje výpočet potřeby tepla na přípravu TV legislativními metodikami a metodikou PHPP.

V kapitole 5 je analyzován vliv okrajových podmínek na potřebu tepla na vytápění a přípravu TV.

Potřeba tepla na vytápění ovlivněná různými zdroji klimatických dat je v Tab. 5.1. Měrná potřeba tepla na vytápění pro různé klimatické údaje vypočítaná jednotlivými metodikami se pohybuje v rozmezí od 9,2 do 17,3 kWh/m²rok. Odchytky oproti standardním klimatickým datům dané metodiky jsou v rozmezí 0 až 27 %. Z grafu Obr. 5.4 vyplývá že potřeba tepla na přípravu TV není prakticky ovlivněna klimatickými zdroji.

Ovlivnění potřeby tepla na vytápění a přípravu TV obsazeností budovy je znázorněno na Obr. 5.6 a Obr. 5.7.

Detailní analýza vlivu obsazenosti budovy na potřebu tepla pro vytápění je uvedena v odstavci 5.2.1. Z ní vyplývá že obsazenost budovy ovlivňuje různým způsobem potřebu tepla na větrání a vnitřní tepelné zisky. Výsledkem je, že u metod dle legislativy 2 a PHPP při vyšší obsazenosti potřeba tepla na vytápění vzrůstá.

Analýza obsazenosti budovy pro potřebu tepla na přípravu TV je obsažena v odstavci 5.2.2. Z ní vyplývá že měrná potřeba tepla pro přípravu TV s obsazeností narůstá.

V kapitole 6 jsou stanoveny pro RD hodnoty celkové roční dodané energie a neobnovitelné primární energie.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

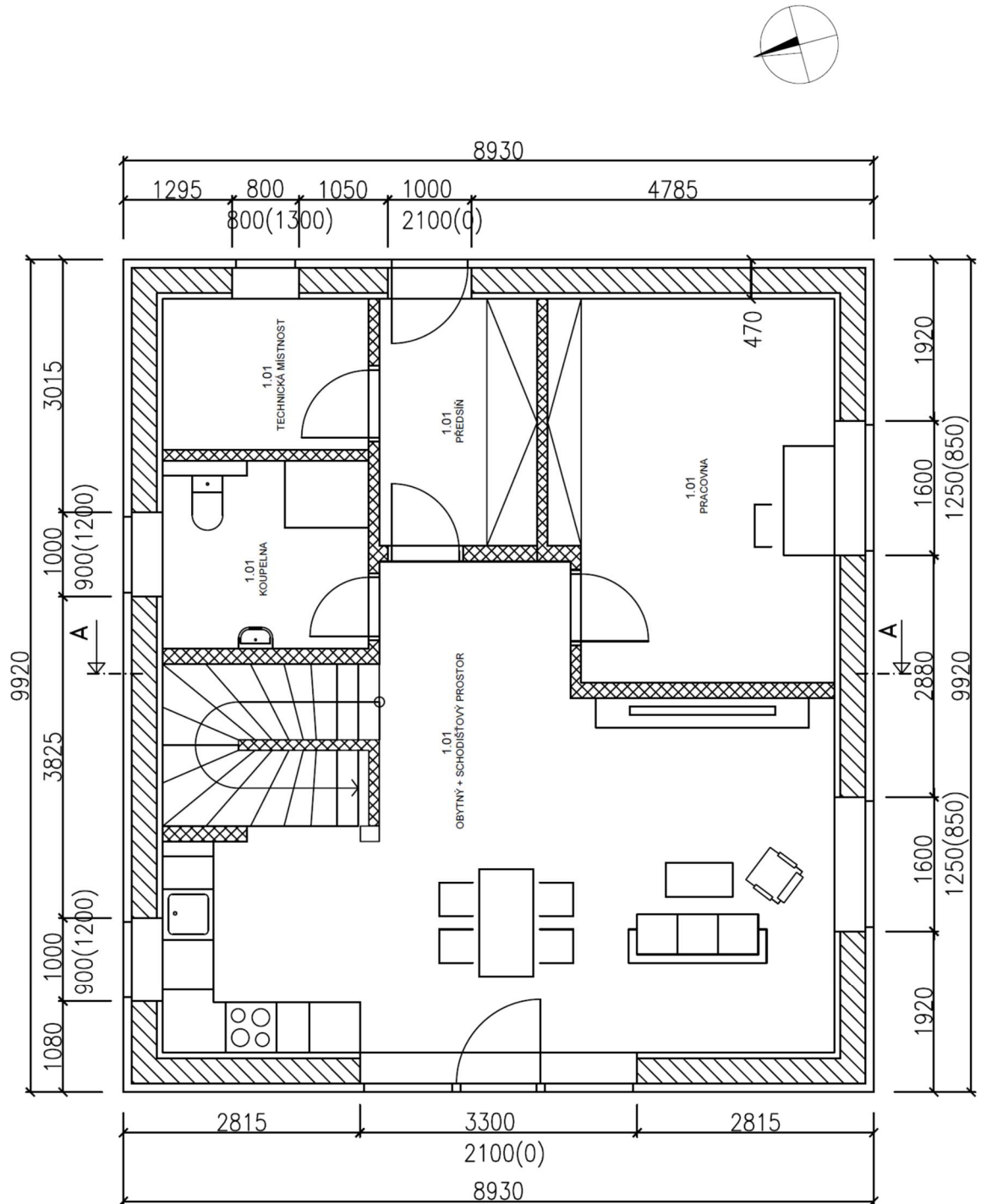
- [1] Program pro navrhování pasivních domů PHPP. Verze 8 (2013). Passive House Institute
- [2] Tywoniak, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 2*. Grada Publishing, a.s., 2008
- [3] Urban, M. a kol. *Metodika bilančního výpočtu energetické náročnosti budov*. MPO 2008
- [4] Mrázek, K. *Zavedení postupu výpočtu potřeby tepla a chladu podle novelizované EN ISO 13 790*. MPO 2009
- [5] Zákon č. 406/2007 Sb. o hospodaření energií
- [6] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov
- [7] Vyhláška č. 194/2007 Sb. kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie
- [8] ČSN EN ISO 13790: 2009 *Energetická náročnost budov – výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*
- [9] ČSN EN ISO 13789: 2009 *Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větrání – Výpočtová metoda*
- [10] ČSN EN ISO 13370: 2009 *Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody*
- [11] ČSN EN 12831: 2005 *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*
- [12] ČSN 73 0540-2: 2007 *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky*
- [13] ČSN EN ISO 10077-1: 2001 *Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele prostupu tepla. Část 1: Zjednodušená metoda*
- [14] TNI 73 0331: 2013 *Energetická náročnost budov – typické hodnoty pro výpočet*
- [15] TNI 73 0329: 2010 *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy*
- [16] *Meteonorm* [online]. Dostupné z: <http://www.meteonorm.com/>

- [17] *PVGIS photovoltaic software* [online]. Dostupné z: <http://photovoltaic-software.com/pvgis.php>
- [18] *Katastrální úřad* [online]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [19] *Větrací jednotka Zehnder* [online]. Dostupné z: <http://www.zehnder.cz/>
- [20] Údaje uvedené ČHMÚ
- [21] Software Energie LT 2015. Svoboda, Z.
- [22] Software PHPP verze 8. Passive House Institute

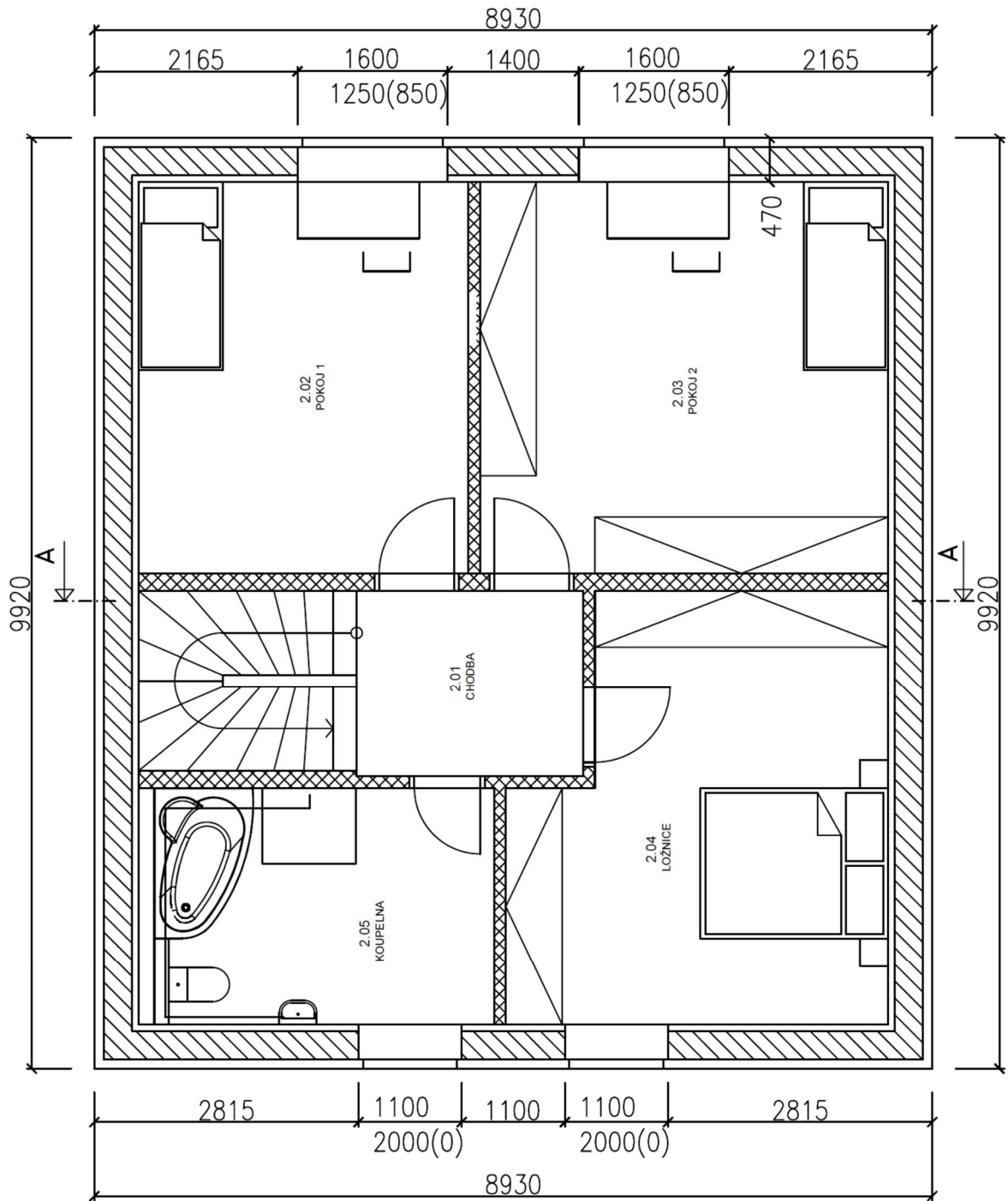
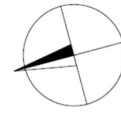
10 PŘÍLOHY

Příloha 1 Výkresy rodinného domu

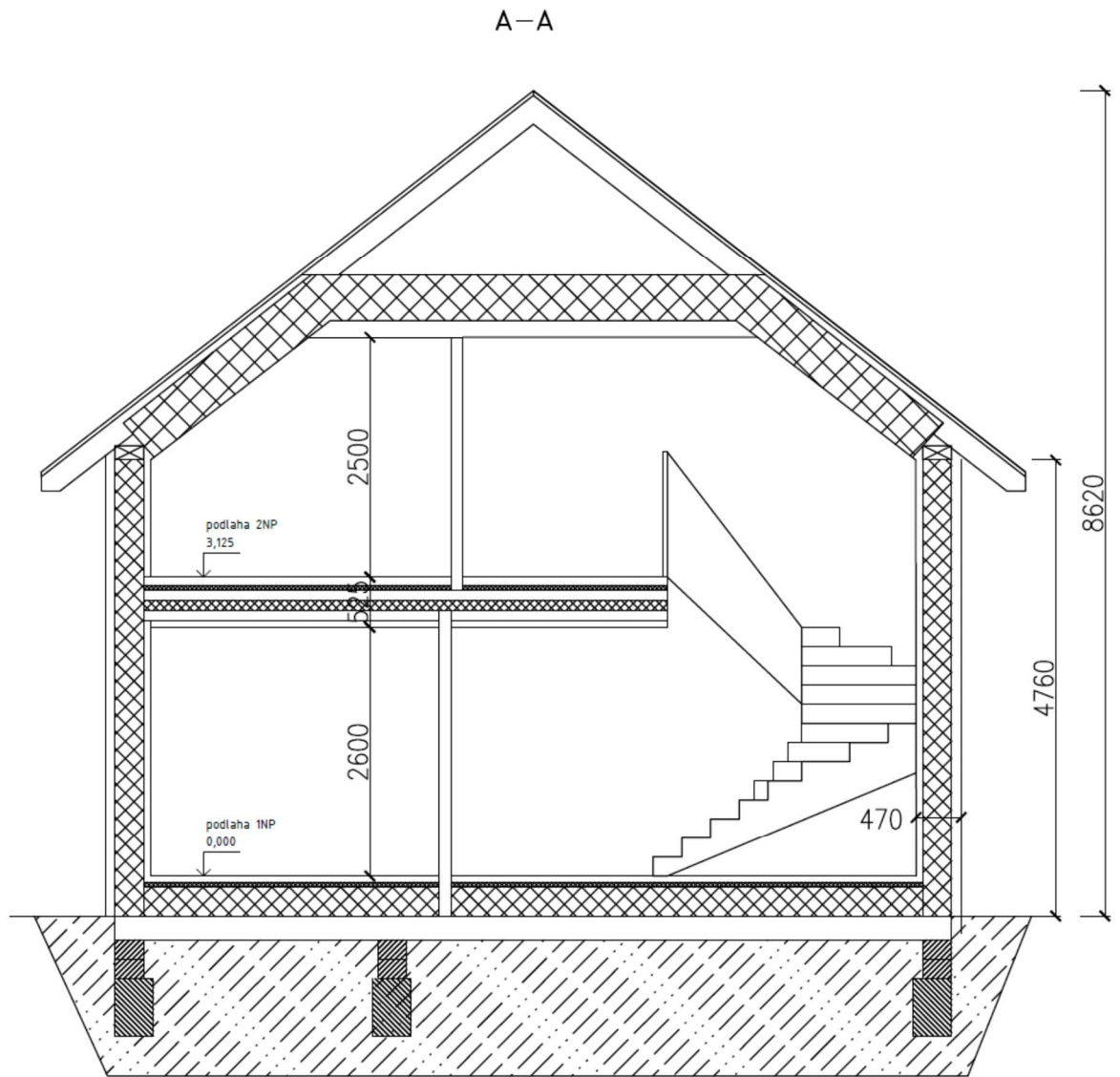
- půdorys 1.NP



- pŕodorys 2.NP



- řez RD



Příloha 2 Skladby konstrukcí

Skladby konstrukcí				
Označení	Složení	Tloušťka	Součinitel	
		vrstvy	tepelné	
		d	λ	λ_{ekv}
		(mm)	(W/mK)	
OBVODOVÁ STĚNA				
SO	- tenkovrstvá omítka fasádní			
	- dřevovláknitá deska PAVATEX	120	0,046	
	- impregnovaná rámová konstrukce 60x240, vláknitá izolační vlna knauf ecosse	240	0,050	
	- OSB deska	18	0,150	
	- dřevěný rošt 80 mm, vláknitá izolační vlna knauf ecosse	80	0,039	0,049
	- stavební deska FERMACELL	12,5	0,320	
Celkem		470,5		
PODLAHA				
PDL	- podlahová krytina	15	0,015	
	- betonová mazanina	50	0,050	
	- deska pro podlahové vytápění	50	0,035	
	- tepelná izolace podlah EPS 200S	300	0,300	
	- betonová základová deska se sítí KARI 6/100-6/100	150	0,150	2,140
	- štěrkový násyp		0,750	
Celkem		565		
STROP 2.NP				
STR	- OSB deska	18	0,150	
	- vláknitá izolační vlna knauf ecosse	260	0,039	
	- kleština 80/180, vláknitá izolační vlna knauf ecosse	180	0,039	0,050

	- instalační prostor pro vedení VZT	100	0,313	
	- křížový rošt	60	0,313	0,243
	- sádrokartón	12,5	0,220	
Celkem		352,5		
STŘECHA ŠIKMÁ				
SCH	- střešní krytina KM Beta			
	- latě + kontralatě	80	0,313	0,306
	- kontaktní difuzní fólie		0,350	
	- krokve 80/180, vláknitá izolační vlna knauf ecosse	180	0,039	0,050
	- spuštěný podhled + vláknitá izolační vlna knauf ecosse	260	0,045	
	- sádrokartón	12,5	0,220	
Celkem		532,5		

Příloha 3 Tabulka oken

	Světová strana	Nadzemní podlaží	Rozměr [m]	Počet [ks]	Podíl plochy rámu [-]
OT1	S	1	1 x 0,9	2	0,29
OT2	V	1	0,8 x 0,8	1	0,34
OT3	J	1	1,6 x 1,25	2	0,20
OT4	Z	1	3,3 x 2,1	1	0,16
OT5	V	2	1,6 x 1,25	2	0,20
OT6	Z	2	1,1 x 2	2	0,20

Příloha 4 Vnitřní tepelné zisky dle PHPP

Aplikace	Použito (1/0) nebo počet osob	Uvnitř tepelné obálky V/I	Normovaná spotřeba	Faktor využití	Četnost	Využitelná energie $E_{užit}$ (kWh/a)	*	Zahrnuto do elektrické bilance?	*	Dostupnost I/2	/	Použití v čas. Intervalu t (kh/a)	=	Vnitřní zdroj tepla - zima (W)
Mytí nádobí	1	1	1,1 kWh/cykl	1,0	65/(P*a)	362		(1-0)		0,3		8,76		12
Praní	1	1	1,1 kWh/cykl	1,0	57/(P*a)	317				0,3		8,76		11
Sušení pomocí:	1	1	3,5 kWh/cykl	0,88	57/(P*a)	0				1,0		8,76		0
sušení na šňůře		1	0,0 kWh/cykl			0				0,8				
Spotřeba energie odpařováním	1	1	-3,1 kWh/cykl	0,60	57/(P*a)	-542				1,0		8,76		-62
Chlazení	1	1	0,8 kWh/d	1,0	365 d/a	285				1,0		8,76		33
Zmrazování	1	1	0,9 kWh/d	1,00	365 d/a	321				1,0		8,76		37
nebo jejich kombinace	0	1	1,0 kWh/d	1,0	365 d/a	0				1,0		8,76		0
Vaření	1	1	0,3 kWh/cykl.	1,0	500/(P*a)	633				0,5		8,76		36
Osvětlení	1	1	60,0 W	1,0	2,9 kh/(P*a)	881				1,0		8,76		101
Elektronika	1	1	80,0 W	1,0	0,55 kh/(P*a)	223				1,0		8,76		25
Malé spotřebiče / ostatní	1	1	50,0 kWh	1,0	1,0/(P*a)	220				1,0		8,76		29
Pomocné spotřebiče														109
Ostatní zařízení	0	0,0				0				0		8,76		0
Osoby	4	1	80,0 W/os.	1,00	8,76 kh/a	3547				0,55		8,76		223
Studená voda	4	1	-5,1 W/os.	1,00	8,76									-28
Teplá voda-cirkulace	0	0	0,0 W	1,00	8,76	0			1,0		8,76		0	

Teplá voda-jednotlivá potrubí	1	1	41,7 W	1,0,0	8,76	316				1,0		8,76		36
Teplá voda-zásobník	1	0	0,0 W	1,0,0	8,76	876				1,0		8,76		100
Odpařování	4	1	-25,0 W/os.	1,0,0	8,76	-1109				1,0		8,76		-127
Celkem												W		39
Měrná potřeba												W/m ²		2,25
Tepló dostupné z vnitřních zdrojů								218,1	d/a			kWh/(m ² a)		12

Příloha 5 Potřeba elektřiny dle PHPP

Aplikace	Použito (1/0) s	Uvnitř tepelné obálky	Normovaná spotřeba V_{norm}	*	Faktor využití $f_{užit}$	*	Četnost h	*	Vztažná veličina G	*	Využitelná energie (kWh/a)	*	Podíl elektřiny f_{el} (%)		Potřeba elektřiny EP_E (kWh/a)
Mytí nádobí	1	1	1,1 kWh/cykl		1,0		65 / (P*a)		5,1		362		100		362
Praní	1	1	1,1 kWh/cykl		1,0		57 / (P*a)		5,1		317		100		8,763 17
Sušení pomocí:	1	1	0 kWh/cykl		0,88		57 / (P*a)		5,1		0		0		0
sušení na šňůře	1	1	0,0 kWh/cykl						5,1		0		0		
Spotřeba energie odpařováním	1	1	3,13 kWh/cykl		0,6		57 / (P*a)		5,1		542		100		
Chlazení	1	1	0,8 kWh/d		1,0		365 d/a		1		285		100		285
Zmrazování	1	1	0,9 kWh/d		1,0		365 d/a		1		321		100		321
nebo jejich kombinace	0	1	1,0 kWh/d		1,0, 0		365 d/a		1		0		100		0
Vaření	1	1	0,3 kWh/cykl.		1,0		500 / (P*a)		5,1		633		100		633
Osvětlení	1	1	60,0 W		1,0		2,9 kh / (P*a)		5,1		881		100		881
Elektronika	1	1	80,0 W		1,0		0,55 kh / (P*a)		5,1		223		100		223
Malé spotřebiče / ostatní	1	1	50,0 kWh		1,0		1,0 / (P*a)		5,1		253		100		253
Pomocná elektřina					1						1140				
Celkem															4415 kWh