



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

PROPOSAL THE HEATING SYSTEM OF THE HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Zouhar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Adam Zouhar**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh systému vytápění rodinného domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náklady na elektrickou energii a vytápění jsou základními výdaji každé domácnosti. proto se vyplatí hledat možné úspory, které by se pozitivně projevíly při ekonomické bilanci. Ne všechna opatření ale jsou z dlouhodobého hlediska výhodné, jak se na první pohled zdá. V rámci realizace bakalářské práce budou provedeny návrhy změn vytápěcího systému, která povedou ke snížení nákladů na vytápění rodinného domu. Bude proveden výpočet tepelných ztrát vzorového domu a ekonomické posouzení navržených opatření.

Cíle bakalářské práce:

Přehled systémů vytápění

Výpočet tepelných ztrát vzorového domu

Návrhy opatření pro konkrétní dům a jejich ekonomické posouzení

Seznam literatury:

ČSN EN 73 0540–3. Tepelná ochrana budov. 1. Praha: Český normalizační úřad.

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu. 1. Praha: Český normalizační institut.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem systémů vytápění rodinného domu a porovnáním investic jednotlivých řešení. Nejdříve byla provedena rešerše možných způsobů vytápění a poté byl popsán modelový dům. Dále byly vypočteny tepelné ztráty tohoto domu a potřeby energie na vytápění a ohřev užitkové vody. Následně byly navrženy některé možnosti pro vytápění, které jsou v závěru práce graficky porovnány a vyhodnoceny podle finanční návratnosti.

Abstract

This bachelor thesis is dealing with proposals for the heating of the model house and about assessment of investments to these solutions. First, research of heating systems has been done, then the model house has been described. After that heat loss of this building and the energy needs for heating and preparing hot water have been calculated. At the end, some solutions of the heating system have been proposed. The financial comparison of these solutions has been done in the last chapter of the thesis.

Klíčová slova

Tepelné ztráty, vytápění, kotel, tepelné čerpadlo, solární kolektor, příprava teplé vody, tepelná soustava, posouzení investic

Key words

Heat loss, heating, boiler, heat pump, solar collector, hot water heating, heating system, assessment of investment

Bibliografická citace

ZOUHAR, A. *Návrh systému vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 92 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Návrh systému vytápění rodinného domu“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu použitých zdrojů, který je na konci této práce.

V Brně dne

.....

Zouhar Adam

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady, čas a všestrannou pomoc při tvorbě této bakalářské práce.

Děkuji

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Vytápění	12
2.1	Kotle.....	12
2.1.1	Kotle na tuhá paliva	12
2.1.2	Kotle na kapalná paliva	15
2.1.3	Kotle na plynná paliva	15
2.1.4	Elektrokotle	16
2.2	Tepelná čerpadla	16
2.2.1	Princip.....	17
2.2.2	Typy tepelných čerpadel.....	18
2.3	Solární kolektory.....	20
2.3.1	Konstrukce.....	20
2.3.2	Druhy solárních kolektorů	21
3	Dotační programy.....	25
3.1	Nová zelená úsporám.....	25
3.2	Operační program Životní prostředí 2014–2020	26
3.3	Možnosti čerpání dotací.....	27
4	Popis modelového domu	28
5	Výpočet tepelných ztrát.....	29
5.1	Klimatické údaje	29
5.2	Určení každého prostoru budovy	31
5.3	Stavební údaje.....	32
5.4	Tepelné ztráty prostupem.....	35
5.4.1	Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí.....	36
5.4.2	Součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem.....	36
5.4.3	Součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy	36
5.4.4	Součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách	37
5.5	Tepelné ztráty větráním	39
5.5.1	Hygienické množství vzduchu.....	39
5.5.2	Infiltrace obvodovým pláštěm budovy	39
5.6	Tepelný zátopový výkon.....	41
5.7	Tepelný výkon pro ohřev vody	42
5.8	Návrhový tepelný výkon.....	43
5.9	Roční spotřeba energie na vytápění	44
5.10	Roční spotřeba energie na ohřev TUV	45

5.11	Celková roční spotřeba energie	45
6	Návrh systému vytápění	47
6.1	Varianta s jediným hlavním zdrojem	47
6.1.1	Kondenzační kotel.....	47
6.1.2	Kotel na biomasu	47
6.2	Varianta se dvěma zdroji, bivalentní zapojení	48
6.2.1	Tepelné čerpadlo	48
6.2.2	Solární kolektory.....	49
6.2.3	Akumulační nádrž	51
7	Požizovací náklady a posouzení investic	52
7.1	Výpočet provozních nákladů.....	52
7.1.1	Topení dřevem	52
7.1.2	Topení plynem	53
7.1.3	Topení elektřinou	53
7.2	Návratnost jednotlivých řešení	53
8	Závěr	57
9	Seznam použitých zdrojů.....	59
10	Seznam použitých symbolů a veličin	64
11	Seznam použitých zkratk	67
12	Seznam příloh	68

1 Úvod

S neustále rostoucími cenami energií rostou náklady všech domácností na vytápění. Stává se tak stále ožehavějším a důležitým tématem možnost jejich snížení. Jedním z možných způsobů je výměna zdroje tepla. Při výměně se držíme buď klasických zdrojů – kotlů, anebo využíváme alternativní zdroje energie, a to geotermální a sluneční. Při výběru je nutné zohlednit pořizovací cenu zařízení, výkon i náklady spojené s jeho provozem. Při porovnání jednotlivých možností se může ukázat, že nejlevnější možnost nemusí být v konečném součtu tou nejvýhodnější variantou.

Cílem této práce je provést rešerši možných způsobů vytápění a výpočet tepelných ztrát objektu, množství energie potřebné na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Práce je zaměřena na návrh způsobu vytápění a posuzuje, zdali se investice do tohoto systému navrátí v rozumném časovém intervalu.

Všechny uvažované možnosti jsou značně finančně náročné, ale díky možnostem čerpání státních dotací, z programů Nová zelená úsporám a Operační program Životní prostředí, se investice stávají přijatelnějšími. Česká republika i Evropská unie mají zájem o výměnu neekologických zdrojů tepla za ty ekologické z důvodu snížení emisí a zatěžování životního prostředí, a proto jsou tyto příspěvky nemalé. Z tohoto důvodu jsou tyto dotační programy také v této práci zmíněny.

Aby mohl být systém vytápění navrhnout co nejlépe, je nezbytné se zorientovat na trhu v nabídkách firem a vybrat z nich to nejvhodnější řešení, které umožní co možná největší úsporu ročních nákladů za vytápění.

2 Vytápění

Možností, jak vytápět dům, je celá řada. Od těch nejtradičnějších, ke kterým patří kotle na tuhá paliva, plyn, popřípadě elektřinu, přes využití alternativních zdrojů energie pomocí tepelných čerpadel a solárních kolektorů, až po ty méně obvyklé způsoby, jakým je vytápění celého domu pomocí krbu, případně krbových kamen. V následující kapitole budou tyto možnosti popsány a následně aplikovány na modelový dům.

2.1 Kotle

„Kotel je zařízení sloužící k ohřevu vody (teplovodní a horkovodní kotle), k výrobě páry z vody (parní kotel), resp. k ohřevu jiného média (např. oleje). Teplo se získává obvykle spalováním paliva, tj. hmoty, ze které uvolňujeme chemickou reakcí teplo. V některých zvláštních případech odpadá spalování a k ohřevu média se využívá tepla jiného média, odpadního tepla (spalinový kotel) nebo elektřiny (elektrokotle).

V kotli tedy dochází k transformaci chemické energie paliva na tepelnou energii spalin a k následnému přenosu tepla spalin do pracovního média (voda, pára). Výsledkem je pára (sytá nebo přehřátá), teplá voda (do 100 °C), resp. horká voda (nad 115 °C, nad 0,07 MPa) požadovaného tlaku.“ [1]

Pro potřeby ústředního vytápění se používají kotle nízkotlaké, teplovodní. [2] Možnosti dělení kotlů je celá řada, základní dělení se dá provést následovně: [1], [3], [4]

Dělení na základě použitého paliva na:

- kotle na tuhá paliva,
- kotle na kapalná paliva,
- kotle spalující plynná paliva,
- kotle na směsi paliv,
- elektrokotle.

Dělení na základě možného způsobu použití na:

- kotle klasické (teplota zpětné vody do kotle nemá klesnout pod 60 °C),
- kotle nízkoteplotní (teplota zpětné vody nesmí klesnout pod 50 °C),
- kotle kondenzační (teplota vody na kotli může poklesnout pod 50 °C).

2.1.1 Kotle na tuhá paliva

V malých kotlích na tuhá paliva se převážně spalují fosilní paliva (například hnědé a černé uhlí, koks), popřípadě biomasa. Tato spalovací zařízení můžeme dělit na:

- lokální – do této kategorie patří kamna, krby atd.,
- centrální – sem řadíme kotle pro vytápění rodinných či bytových domů, které teplo převádí do teplonosného média, které ho rozvádí do jednotlivých prostor.

Centrální kotle pak dělíme podle způsobu přívodu paliva na:

- kotle s manuálním přikládáním,
 - prohořivací kotle,
 - odhořivací kotle,
 - zplyňovací kotle,
- kotle s automatickým přikládáním. [5]

I přesto, že náklady na vytápění hnědým uhlím jsou v porovnání se dřevem nižší, jsou nároky na uskladnění menší a manipulace i topení dřevem je čistější a ekologičtější. Z tohoto důvodu budou dále popsány kotle na biomasu. Jako palivo se využívá topné dřevo, popřípadě pelety či brikety. U topného dřeva musíme zajistit jeho důkladné proschnutí (s klesající

vlhkostí stoupá výhřevnost), což si žádá dostatek úložného prostoru. Vliv biomasy na životní prostředí je velmi příznivý – má nulovou bilanci oxidu uhličitého (jejím spalováním se uvolňuje tolik oxidu uhličitého, kolik ho předtím stromy a rostliny při svém růstu samy spotřebovaly). [6]

Krby, krbová kamna a krbové vložky

Klasické krby slouží jako příjemný interiérový prvek, který dokáže daný prostor zpříjemnit. Nicméně pro vytápění daného prostoru není příliš vhodný, vzhledem k velmi nízké účinnosti. Ke zvýšení účinnosti krbů se proto využívají krbové vložky, díky kterým se z krbu může stát hlavní zdroj vytápění domu. Základní způsob dělení je podle typu přenosu tepla na teplovzdušné krby, krby teplovodní a akumulční krby. [7], [8], [9]

Teplovzdušné krbové vložky využívají vzduch jako topné médium. Ten je ohříván prouděním kolem krbové vložky a následně vytápí místnost s krbem, popřípadě je možné pomocí vzduchových rozvodů vytápět zbytek domu. Daný systém rozvodu vzduchu může být buď samotížný anebo nucený, vyžadující ventilátory. Výhodou teplovzdušného vytápění je jeho nízká pořizovací cena, jednoduchá instalace a velmi rychlý zátop. Co ovšem patří mezi nevýhody tohoto systému, je značná prašnost, která se může kompenzovat vzduchovými filtry a určitý hluk, který mohou produkovat ventilátory při nucené konvekci vzduchu. [8], [10]

Teplovodní krby jsou další možností, jak využít produkované teplo v krbech. Část tohoto tepla se předává ve výměníku teplotonosnému médiu (vodě) a část se pomocí konvekce a radiace předává vzduchu v místnosti. Následně je toto teplo pomocí rozvodů dopravováno přímo do otopných těles, podlahového vytápění a nejlépe i do akumulční nádrže. Akumulční nádrž slouží k uchování ohřáté vody z výměníku a její pozdější využití pro vytápění nebo jako TUV. I po vyhasnutí krbu tak zůstává v domě teplo. Výměník může být umístěn buď na odvodu spalin nebo přímo v topeništi. První možnost se nedoporučuje, jelikož odebírané teplo spalinám může způsobit zhoršení tahu komína a větší tvorbu usazenin v komíně. Jejich výhodou je akumulace vyprodukovaného tepla, neprašnost, ekonomický provoz a možnost připojení na teplovodní vytápění jako sekundární zdroj. Nevýhodou tohoto řešení pak je vyšší pořizovací cena, nutnost elektrického proudu pro bezpečný provoz, jelikož je pro oběh teplotonosného média zapotřebí hnací čerpadlo, a delší doba zátopy, než je tomu u teplovzdušných vložek. [11], [12]

Akumulční krby vznikající teplo ukládají do obezdívky (masa materiálu) s vysokou akumulční schopností. Po nahřátí této obezdívky se do krbu přestane přikládat a z daného materiálu pak toto teplo sálá i několik hodin. Výhodou těchto krbů je absence ventilačních mřížek (nedochází k prášení), dlouhá tepelná setrvačnost, vyšší účinnost. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena, nižší okamžitý výkon a delší doba nahřátí. Díky tomu jsou vhodné zejména do nízkoenergetických a pasivních domů, jelikož jejich tepelné ztráty jsou malé a velmi snadno tak dochází k jejich přetopení. [12], [13]

Kotel na biomasu s manuálním přikládáním

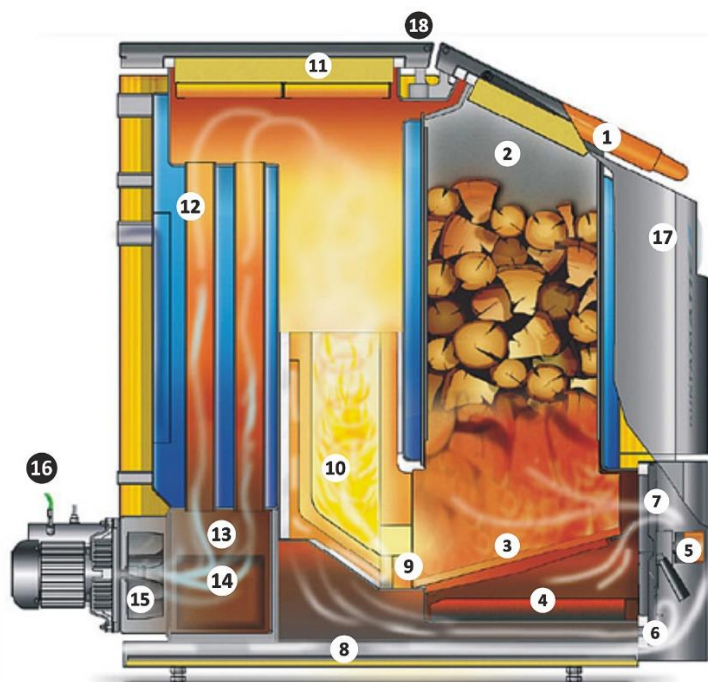
Kotle s manuálním přikládáním se vyznačují jednoduchou konstrukcí a nízkou cenou. Základem je velkoobjemové ohniště, do kterého lze přiložit najednou velké množství paliva. Avšak mezi nedostatky patří prakticky nemožnost regulovat přívod potřebného vzduchu během procesu spalování. Proto v kotli dochází nejprve k přebytku, posléze k nedostatku vzduchu. Tento nedostatek má vliv na produkci značného množství škodlivých látek. Podle použité technologie hoření je dělíme, jak již bylo výše poznamenáno, na kotle prohořivací, odhořivací a zplyňovací. [5], [14]

Kotle prohořivací jsou kotle, ve kterých probíhá postupné spalování a vzniklé spaliny prostupují celou vrstvou paliva. Jsou vybaveny přívodem primárního a sekundárního vzduchu. Primární vzduch je veden skrze rošt a celou dávkou paliva. Sekundární je přiváděn

do horní části kotle, kde probíhá spalování paliva. Je vhodný pro paliva s malým obsahem prchavé hořlaviny, jakým je například koks. [5], [14]

Kotle odhořivací se liší od prohořivacích tím, že spaliny vznikající z postupného spalování paliva, které je plynule doplňované, neprochází přes vrstvu paliva. Vhodným palivem je u tohoto typu kotle kusové dřevo. V porovnání s prohořivacími kotli jsou tyto kotle šetrnější k životnímu prostředí – produkují méně emisí díky stabilnějšímu procesu spalování. [5], [14]

Kotle zplyňovací vznikly kombinací dvou předešlých typů kotlů. Zásobníkem paliva prochází primární vzduch, kterého je ovšem nedostatek, a proto dochází k nedokonalému spalování paliva. Přitom dochází k uvolnění dalších hořlavých plynů, které jsou společně se spalinami a přidaným sekundárním vzduchem vedeny do spalovací komory, kde dochází k dokonalému prohoření tohoto plynu. Vzniklé spaliny jsou pak odvedeny přes výměník do komína. Ve výměníku je ohříváno médium – voda. Jejich výhodou je vyšší účinnost, právě z důvodu efektivnějšího spalování plynného paliva než paliva pevného. Tato účinnost se pohybuje kolem 90 %. Díky ní dochází k menší tvorbě znečišťujících látek, úspoře paliva a tím i provozních nákladů. Další nespornou výhodou tohoto kotle je možnost plynulé regulace. [5], [14]



1. Víko plnicího prostoru nahoře s odsávacím kanálem
2. Plnicí prostor s ochrannou vrstvou
3. Horký litinový rošt
4. Popelník
5. Motor primárního a sekundárního vzduchu
6. Sekundární vzduch
7. Primární vzduch
8. Spodní předehřívání vzduchu
9. Tryska sekundárního ventilu
10. Vysokoteplotní spalovací komora
11. Čistící víko
12. Trubkový výměník tepla
13. Zóna odlučování prachu
14. Čistící otvor
15. Odtahový ventilátor
16. Kouřové čidlo
17. Mikroprocesorová regulace pomocí menu
18. Transportní šroubení

Obrázek 2.1 Schéma zplyňovacího kotle [5]

Kotel na biomasu s automatickým přikládáním

O dodávku paliva se stará zařízení, kterým je kotel vybaven. Toto zařízení se skládá ze zásobníku paliva a podavače – nejčastěji šnekového dopravníku. Automatická doprava paliva napomáhá ke stabilizaci spalovacího procesu, požadovaného výkonu a zaručuje vysokou účinnost zařízení. U kotlů se můžeme setkat s několika druhy topenišť, kde se palivo spaluje na roštu, popřípadě pomocí hořáků. Výhodou tohoto systému je pohodlí majitele, který palivo do zásobníku nemusí doplňovat tak často. Palivo je dopravováno periodicky a celý proces je možné zautomatizovat tak, aby impulzem ke spuštění byla například teplota vody. Jak již slovo automatický napovídá, je důležité mít řídicí jednotku, která vše správně řídí. Preciznost a možnosti nastavení kotle udávají ceny u kotlů stejné výkonové úrovně. [5]

2.1.2 Kotle na kapalná paliva

Pro kapalná paliva se nejčastěji používají hořákové kotle. Tyto kotle mají rozprašovací hořák, který dokáže palivo velmi jemně rozptýlit a díky tomu umožňuje rychlejší a efektivnější spalování. Kotle na lehké topné oleje (ELTO) nepotřebují předehřev paliva, zatímco při použití těžkých topných olejů předehřev potřeba je, z důvodu zvýšení viskozity oleje. To nese i větší finanční náklady, proto se také kotle na těžké topné oleje nepoužívají u malých zdrojů, ale až u kotlů s vyššími výkony, kde se pozitivně projevuje příznivá cena topného paliva. Kotle na kapalná paliva v domácnostech nejsou u nás příliš rozšířeny. Důvodem je vyšší cena paliva a dražší hořáky v porovnání s plynovými kotli. [15], [16], [17]

2.1.3 Kotle na plyná paliva

Přednosti kotlů spalujících plyn, nejčastěji zemní plyn, jsou vysoká účinnost, rychlý zátop, velmi nízké emise škodlivin, čistota provozu, možnost plné automatizace a dostupnost zemního plynu. Kotle na zemní plyn můžeme dělit následovně. [1], [2]

Podle způsobu umístění kotle na:

- stacionární – pevně umístěné na zemi,
- závěsné – zavěšené na zdi.

Podle způsobu provozu na kotle:

- klasické,
- nízkoteplotní,
- kondenzační.

Kotle klasické (teplovodní)

Tyto kotle jsou navrženy pro provoz se suchými spalinami, to znamená, že teplota spalin se pohybuje v rozsahu 120 až 180 °C a nesmí docházet ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách, jelikož by docházelo ke korozi teplosměnné plochy. Nejnižší dovolená teplota vstupní vody do kotle je 60 °C. Tyto kotle dosahují účinnosti kolem 91 %. [1]

Kotle nízkoteplotní

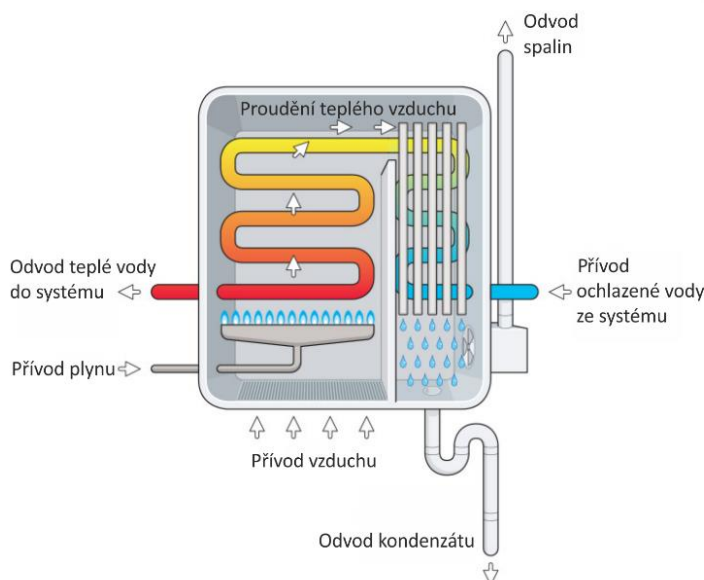
Tyto kotle jsou také navrženy pro provoz se suchými spalinami, ovšem teplota spalin se pohybuje v rozsahu 90 až 120 °C. Také teplota vstupní vody do kotle je nižší než u kotlů klasických, udává se hodnota 35 až 40 °C. Za určitých okolností (dosažení rosného bodu spalin) může docházet ke kondenzaci vodních par ze spalin, tudíž musí být teplosměnná plocha provedena z materiálu odolnějšího proti korozi. Řešením může být i použití dražších litinových článkových kotlů, jejichž konstrukce zabraňuje nízkoteplotní kondenzaci. Tyto kotle dosahují účinnosti až 93 %. [1], [18]

Kotle kondenzační

Jsou záměrně zkonstruovány tak, aby docházelo v kotlích ke kondenzaci vodních par ze spalin. Tento kondenzát musí být z kotle odváděn. V nízkoteplotním kotli jsou spaliny odváděny komínem ven, ovšem u kondenzačních kotlů spaliny předehřívají přiváděnou vodu. Tímto odevzdáváním tepla dochází ke kondenzaci a využití tzv. kondenzačního tepla. Díky využívání tohoto tepla se snižuje spotřeba plynu o 2 až 3 %. Teplota spalin se pohybuje v rozmezí 40 až 70 °C. Jelikož se jedná o hodnoty nízké, nedocházelo by k vytvoření dostatečného tahu v komíně, musí být tedy proto použito vzduchového nebo spalinového ventilátoru. Průměrná účinnost kotle bývá v rozmezí 96 až 104 %. Hodnot účinnosti vyšších jak 100 % se dosahuje, jelikož se účinnost počítá z výhřevnosti, nikoli ze spalného tepla (nepočítá se teplo dodané při kondenzaci vodní páry). [1], [18]

I přesto, že kotle kondenzační jsou značně dražší než předchozí typy kotlů, jedná se o nejúspornější a nejučinnější typ kotle na zemní plyn. Díky tomu je návratnost počáteční investice zaručena. Tyto aspekty jsou důvodem, proč jsou kondenzační kotle čím dál tím více žádané. [19]

Abychom kondenzační kotle jen nechválili, stojí za zmínku uvést i nevýhody tohoto kotle. Mezi ně patří, jak již bylo výše napsáno, jejich vyšší pořizovací cena. Mezi další nevýhody pak patří složité konstrukční řešení, vyšší nároky na materiály výměníku a spalovací komory a nutný odvod kondenzátu. [1]



Obrázek 2.2 Princip kondenzačního kotle [20]

2.1.4 Elektrokotle

Pokud není k dispozici plynová přípojka, popřípadě dostatek místa pro uskladnění pevného paliva, jsou elektrokotle ideálním řešením. Jelikož nespalují žádné palivo, nepotřebují komín pro odvod spalin, neprodukují žádné emise a ani nepotřebují přívod vzduchu. Jejich velikou nevýhodou však je vysoká cena elektrické energie a s tím spojené vysoké provozní náklady a nemožnost použití během výpadku elektrické energie. Tyto kotle disponují nízkými výkony s možností plynulé regulace, proto se nejčastěji aplikují (používají) v kombinaci se solárními kolektory u nízkoenergetických domů, které mají velmi nízké tepelné ztráty.

Tyto kotle rozlišujeme na elektrokotle přímotopné a akumuláční.

Přímotopné elektrokotle jsou plně automatizované s možností plné regulace, která má velmi rychlou odezvu na potřebu vytápění. Fungují na stejném principu jako kotle klasické, s tím rozdílem, že k ohřevu vody kolující v otopném systému se využívá topná spirála.

Akumulační elektrokotle využívají akumuláční nádrže pro nahromadění teplé vody k jejímu pozdějšímu využití, díky tomu může docházet k ohřevu vody v době, kdy je aktivní nižší cenový tarif. Tyto tarify jsou poskytovány právě uživatelům využívajícím elektrické energie pro ohřev vody, popř. vytápění. V porovnání s přímotopnými kotli mají právě díky tomu nižší provozní náklady. [21], [22]

2.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie. Odebírají jinak nevyužitelné, tzv. nízkoenergetické teplo z prostředí (vzduch, voda, země) a pomocí dodávané elektrické energie

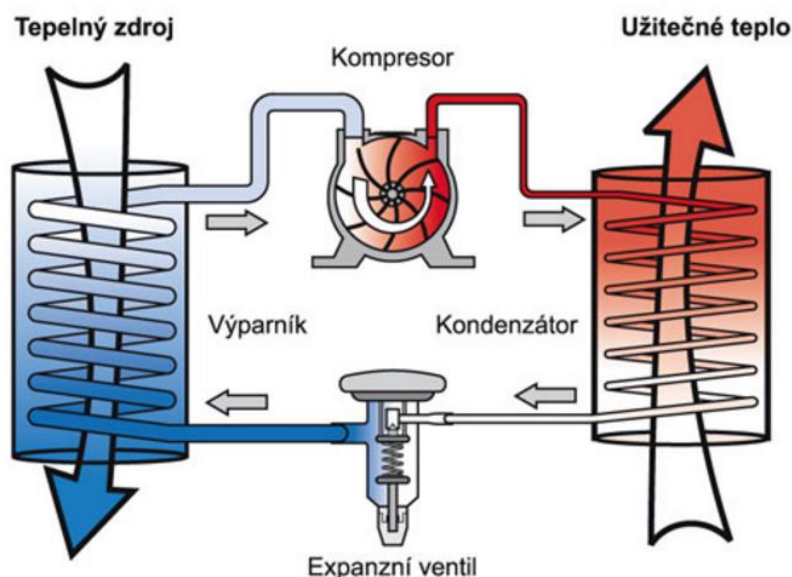
ho převádí na teplo vhodné pro vytápění nebo ohřev užitkové vody. Dochází k tomu, že látku, například zemi, ochladíme o pár stupňů, čímž odebereme teplo, a tuto energii využijeme při ohřevu jiné látky, například teplé užitkové vody.

Podle prostředí, ze kterého teplo čerpáme a k čemu následně teplo využíváme, rozlišujeme tepelná čerpadla:

- vzduch/voda,
- vzduch/vzduch,
- voda/voda,
- země/voda.

2.2.1 Princip

Tepelné čerpadlo pracuje na stejném principu jako lednice, pouze s tím rozdílem, že ochlazované prostředí je vnější a ohřívání prostředí je prostředí vnitřní. Elektrickou energii, kterou tepelné čerpadlo spotřebovává, využívá k pohonu kompresoru. Princip celého systému je znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 2.3 Princip tepelného čerpadla [23]

Jedná se o uzavřený chladicí okruh obsahující čtyři základní části: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce – kapalnému chladivu s nízkým bodem varu – které se vlivem ohřevu vypařuje. Takto vzniklá pára je poté v kompresoru stlačována, což vede k nárůstu teploty. Takto ohřátá pára pak pokračuje do kondenzátoru, kde odevzdává teplo, tím se ochlazuje a opět se stává kapalnou. Z kondenzátoru se přes expanzní ventil, kde dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu, opět vrací do výparníku a celý proces se opakuje.

Důležitým parametrem tepelných čerpadel je takzvaný topný faktor ϵ , který dosahuje v ideálních případech hodnot větších než 1. Čím vyšší je, tím je provoz tepelného čerpadla efektivnější. Jedná se o poměr mezi spotřebovanou elektrickou energií a vyrobenou tepelnou energií. S klesající teplotou nízkopotenciálního zdroje klesá hodnota topného faktoru a tepelné čerpadlo se stává méně účinné.

Značným omezením tepelných čerpadel je jejich schopnost ohřívání topnou vodu většinou na maximálně 55 °C. S rostoucí teplotou topné vody klesá topný faktor, rostou náklady na provoz a tepelné čerpadlo se stává neefektivní. Z tohoto důvodu není vhodné používat tepelné čerpadlo pro běžnou soustavu s otopnými tělesy (kde je teplotní spád 75/65 °C), nýbrž pro

nízkoteplotní topnou soustavu, jakou je například podlahové vytápění, kde se používají podstatně nižší teploty topné vody (do 45 °C). Čím nižší teplota topné vody je, tím vyšší je topný faktor a tím se jeho provoz stává úspornější a ekonomicky výhodnější. [24], [25]

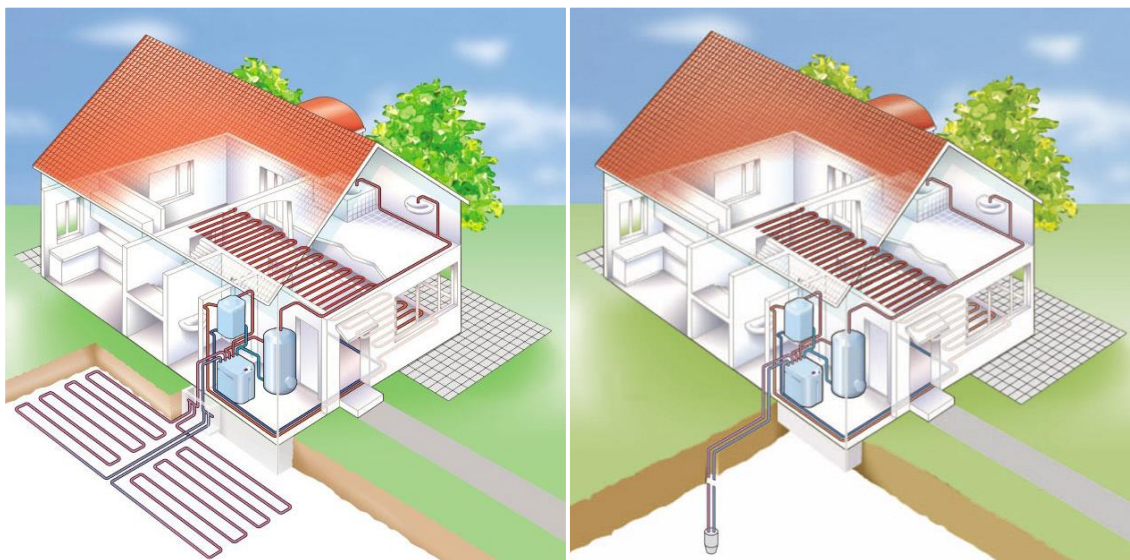
2.2.2 Typy tepelných čerpadel

Nejčastějšími zdroji tepla se pro tepelná čerpadla stává venkovní vzduch, zemina nebo voda. Výjimečnou možností je využívání odpadního vzduchu, popřípadě odpadních vod.

Tepelná čerpadla využívající teplo podloží

Zemské jádro je žhavé a energie, která zde vzniká, neustále prostupuje směrem na povrch ve formě tepla. S rostoucí hloubkou pod povrchem tak roste teplota. Toto teplo se čerpá pomocí vrtu o hloubce od 50 až do 150 m, do kterého je uložena plastová (polyetylen) hadice kolektoru. Tento vrt se pak musí utěsnit pomocí cementové nebo jílocementové směsi. Pokud by byl zasypan pískem nebo vytěženým materiálem, mohlo by v případě navrtání zdroje spodních vod dojít ke znečištění povrchovou vodou. V případě, že je zapotřebí více než jeden vrt, jednotlivé vrty musí z důvodu vzájemného ovlivnění být od sebe minimálně 10 m. Uvádí se, že na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12–18 m hluboký vrt. Tepelné čerpadlo s hlubinnými vrty má velmi dobrý topný faktor, který se během roku téměř nemění. Běžně se dosahuje hodnot topného faktoru 4–5, právě díky tomu, že čerpá teplo o poměrně vysoké a celoročně stálé teplotě. Je ovšem třeba daný vrt dostatečně dimenzovat, aby nedocházelo k jeho postupnému promrzání. Pokud je teplo odebíráno sezonně pouze pro vytápění, nemusí být vrt tak hluboký, jelikož dochází mimo topnou sezonu k regeneraci okolí vrtu. Tím se myslí to, že zemina má dostatečný čas na vyrovnání tepelných rozdílů. Během letního období je možné teplo do vrtu vracet chlazením budovy, čímž napomáháme regeneraci a zároveň si zpříjemňujeme horké letní dny.

Pokud není možnost hloubit několik desítek metrů hluboký vrt, je možnost využít půdní kolektor. Tento kolektor se umísťuje do hloubky 1 až 2 metrů, ovšem zabírá podstatně větší plochu, uvádí se až trojnásobek plochy vytápěné. V této hloubce je s roztečí alespoň 1 m položena plastová trubka (polyetylen), kterou proudí nemrznoucí kapalina. Navíc musí být v dostatečné vzdálenosti od základů domu, aby nedocházelo k jejich promrzání. Oproti hlubinným vrům má nižší pořizovací náklady a jenom mírně horší průměrný roční topný faktor, ovšem zabraňuje jakékoliv další stavbě na pozemku, případně výsadbě stromů. Další nevýhodou je značné ochlazování zeminy v zimních měsících, tím dochází k jejímu promrzání a tím snižování výkonu zemního kolektoru. [26], [27]



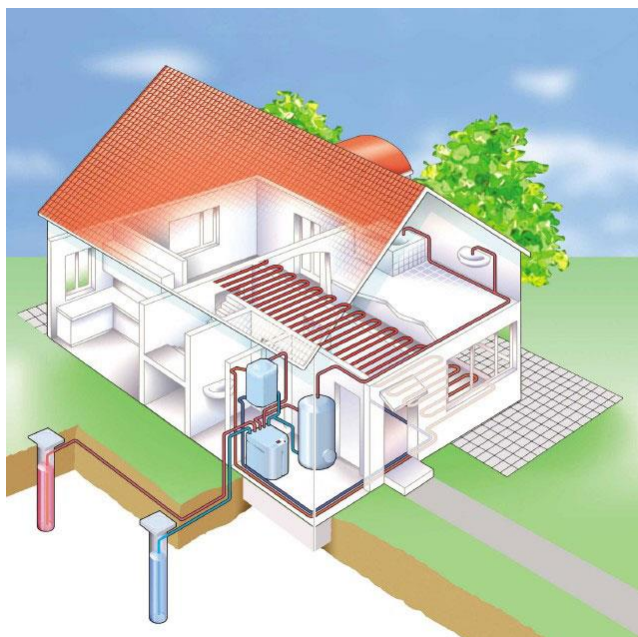
Obrázek 2.4 Tepelné čerpadlo typu země/voda zemní kolektor (vlevo) a hlubkový vrt (vpravo) [28]

Tepelná čerpadla využívající podzemní nebo povrchové vody

Pro vytápění nebo ohřev vody může sloužit jako zdroj nízkopotenciálního tepla spodní voda. Základem jsou dvě studny, jedna slouží pro čerpání vody – zdrojová studna, druhá pro vypouštění ochlazené vody – vsakovací studna. Výhodou tohoto systému je nejvyšší průměrný roční topný faktor při nejnižších nákladech. Aby bylo možné vodu využívat, nesmí být moc mineralizovaná a musí jí být ve zdrojové studni celoroční dostatek. Tento předpoklad je nutné ověřit dlouhodobou čerpací zkouškou. Další omezení se týká vsakovací studny, jelikož podloží musí být schopno vodu trvale přijímat a zároveň již ochlazená voda nesmí pronikat zpět do zdrojové studny. Teplota vody ve zdrojové studni musí být dostatečně vysoká, aby nehrozilo nebezpečí zamrznutí. Celý systém vyžaduje pravidelnou údržbu a je náchylnější na poruchy – nejvíce sací čerpadlo, které čerpá vodu ze zdrojové studny.

Využívání povrchové vody není příliš efektivní, jelikož je její teplota poměrně nízká a obvykle je znečištěná. Vhodným řešením je položení kolektoru na dna nádrží, rybníků nebo větších trvale tekoucích řek. Také je možnost vodu přivádět přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou ji vypouštět zpět do řeky, ovšem zde vzniká povinnost hradit odběr vody.

Využívání vody jako nízkopotenciálního zdroje tepla není příliš vhodné, jelikož jen málo domů se nachází na březích, popřípadě v dostatečné vzdálenosti od vodních děl, případně leží v oblasti s dostatečným množstvím a potřebnou kvalitou spodních vod. V praxi na využívání podzemní nebo povrchové vody narazíme zřídka. [26], [27]



Obrázek 2.5 Tepelné čerpadlo typu voda/voda [29]

Tepelná čerpadla využívající venkovního a vnitřního vzduchu

Jejich nesmírnou výhodou jsou nižší pořizovací náklady a jednodušší instalace – není potřeba žádných zásahů do okolního prostředí. Jsou však ze všech předešlých typů čerpadel nejnáchylnější na změnu venkovní teploty. S klesající venkovní teplotou klesá i účinnost čerpadla. Tepelná čerpadla odebírající teplo venkovnímu vzduchu je možné realizovat ve více provedeních.

Prvním řešením je tepelné čerpadlo mající samostatnou venkovní a vnitřní část. Venkovní část nasává a odebírá teplo, které je posléze vedeno do vnitřní části pomocí izolovaného potrubí, ve kterém proudí chladivo. Umístění venkovní části může být prakticky kdekoliv, až na závětrná místa, uzavřené dvory atp.

Další možností je mít výměník pro odebrání tepla integrovaný uvnitř domu. V tomto případě musíme zajistit přívod venkovního vzduchu k čerpadlu a odvod již ochlazeného vzduchu tak, aby nedocházelo k interakci mezi nimi a tím ke snižování účinnosti. Výhodou tohoto řešení je snadnější hlukové odizolování tepelného čerpadla než u venkovního řešení, ovšem musí se počítat s tím, že tepelné čerpadlo zabere určitý prostor.

Poslední možností řešení je kompletně venkovní provedení. Propojení s vnitřní topnou soustavou se provede izolovaným potrubím, ve kterém proudí topná voda. Toto řešení je dražší než provedení vnitřní, ovšem nezabírá žádný vnitřní prostor. Jediným problémem u tohoto provedení může být hluk, který se izoluje obtížněji, než je tomu u vnitřního provedení.

I přesto, že moderní tepelná čerpadla jsou schopna pracovat s teplotou venkovního vzduchu dosahující až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, je lepší systém vytápění vybavit dalšími zdroji, například kotlem.

Tepelná čerpadla využívající vnitřní (odpadní vzduch) je možné využít, pokud je dům vybaven nuceným větráním. Na rozdíl od rekuperační jednotky je možné tepelné čerpadlo vzduch/vzduch během letního období zapojit reverzně, tudíž bude vnitřní prostory ochlazovat. [26], [27]



Obrázek 2.6 Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda [30]

2.3 Solární kolektory

Jako solární kolektory se označují takové systémy, které přeměňují sluneční záření na tepelnou energii. Tím ji činí využitelnou pro přípravu teplé vody, ohřev vody v bazénech nebo pro vytápění. [31]

2.3.1 Konstrukce

Solární kolektory se skládají ze tří základních částí:

- skříň,
- absorbér,
- zasklení.

Skříň je úložnou konstrukcí pro absorbér a další prvky kolektoru. Musí být dostatečně pevná, aby udržela kolektor na střeše nebo stěně budovy. Zároveň má funkci ochrannou, kdy kolektor chrání před nepříznivými povětrnostními vlivy. Vyrábí se z různých materiálů, například z hliníku nebo nerezové oceli. Musí být dostatečně těsná, aby zamezila vlhkosti, prachu a hmyzu vstup do kolektoru, což by mohlo způsobit jeho poškození. Také by měla zamezovat tepelným ztrátám, z tohoto důvodu je možné použít i tepelnou izolaci, nejčastěji minerální vlnu. [31], [32]

Absorbér má za úkol pohltit co nejvíce slunečního záření a předávat vzniklé teplo teplotněmu médiu. Této absorpce se dá docílit černým matným nátěrem, popřípadě u kvalitnějších kolektorů je využito selektivního spektrálního nátěru. Tento kvalitnější nátěr je schopen pohltit i rozptýlené sluneční záření. Proto jsou vhodné i pro celoroční použití. [31], [32]

Zasklení má funkci ochrannou a izolační. Toto sklo však snižuje množství sluneční energie dopadající na absorbér. Aby se těmto ztrátám zabránilo a prostup světla skrze sklo byl co největší, používají se skla s velmi nízkým obsahem oxidu železa (solární sklo) a aplikací antireflexních vrstev – materiály s velmi nízkým indexem lomu. Také toto sklo zabraňuje tepelnému vyzařování absorbéru a odráží teplo zpět dovnitř kolektoru. Tak vzniká skleníkový efekt, který napomáhá ohřevu proudící kapaliny. [31], [32], [33]

2.3.2 Druhy solárních kolektorů

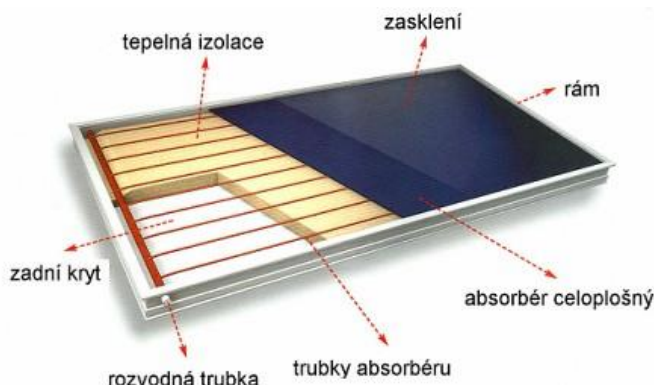
Solární kolektory dělíme podle druhu použité teplotněné látky na kapalinové a vzduchové. Pro naprostou většinu aplikací v ČR se používají kapalinové solární kolektory, a proto se nadále budeme zabývat pouze jimi. Tyto kolektory mají absorbér tvořený trubkami, kterými protéká kapalina (voda, nemrznoucí směs), která odvádí teplo z povrchu absorbéru. [33]

Ploché nekryté kolektory

Jak již jejich název napovídá, tyto kolektory nejsou zasklené. Díky tomu mají lepší optické vlastnosti, jelikož odpadají ztráty odrazem na zasklení. Nedochází však u nich ke skleníkovému efektu a vykazují vysoké tepelné ztráty, které jsou ovlivněny okolním prostředím. Pokud například vane silný vítr, tepelné ztráty rostou a tím účinnost a výkon kolektoru klesají. Z tohoto důvodu se tyto kolektory nejčastěji používají během letního období k ohřevu bazénů. Nejčastěji se vyrábí z plastů odolných vůči UV záření (polypropylen), avšak jejich životnost je značně omezena. [33]

Ploché atmosférické kolektory

Vyznačují se obecně plochým absorbérem a zasklením. Ploché solární kolektory s jednoduchým zasklením jsou nejrozšířenějšími solárními kolektory, tvoří okolo 80 % trhu. Je to dáno hlavně poměrem mezi jejich výkonem a cenou. Rám kolektoru je výlisek nebo je složený z profilů a podle potřeby vyplněn tepelnou izolací. Výhodou lisovaných skříní je jejich těsnost, která zabraňuje vlhkosti v poškození vnitřních částí kolektoru. U rámu skládaného z profilů je potřeba zkonstruovat větrací otvory pro odvod vlhkosti a zamezení kondenzace vlhkosti na zasklení kolektoru. Vnitřní prostor kolektoru je zaplněn vzduchem o atmosférickém tlaku. Kolektory se nejčastěji vyrábí v provedení s jednoduchým zasklením, v některých případech (kdy jsou vyšší teplotní rozdíly mezi okolím a absorbérem) je vhodné použít dvojitě zasklení. Nejčastěji se využívají pro ohřev teplé vody. [33], [34]



Obrázek 2.7 Konstrukce plochého kapalinového kolektoru [35]

Ploché vakuové kolektory

Tyto kolektory mají nízké tepelné ztráty zajištěné omezeným prouděním vzduchu mezi absorberem a dalšími částmi kolektoru. Aby bylo možné dosáhnout tohoto omezení, je potřeba snížit tlak uvnitř kolektoru, nejčastěji se dosahuje hodnot absolutního tlaku od 1 do 10 kPa. V důsledku toho je třeba zajistit velmi dobré utěsnění kolektoru. Toho se docílí díky lisované skříně kolektoru a speciálnímu tepelně odolnému těsnění mezi skříní a předním sklem. Aby nedošlo vlivem atmosférického tlaku k prasknutí skla, je vyztuženo nerezovými podpůrnými elementy, které jsou umístěny mezi sklo a záda skříně tak, aby se nedotýkaly absorberu – nedochází tak k jeho tepelnému ovlivnění. Důležitým aspektem je možnost opětovné vakuace, ke které slouží ventil umístěný ve skříně kolektoru. Někdy se vnitřní zbytkový vzduch nahrazuje vzácným plynem (argonem), který má nižší tepelnou vodivost než vzduch. K zamezení přenosu tepla sáláním mezi zadní stěnou a absorberem se používá nízkoemisivních povlaků na obou površích. [33]

Trubicové vakuové kolektory

U těchto kolektorů se setkáváme ještě s nižšími tlaky (kolem 1 mPa) než u kolektorů vakuových plochých. Trubice daleko lépe odolávají napětí vyvolanému rozdílností tlaků uvnitř trubice a v jejím okolí – atmosférickému tlaku. Toto takřka dokonalé vakuum pomáhá minimalizovat přenos tepla konvekcí a vedením. Nízká tepelná ztráta je ovšem v některých případech nevhodná. V případě námrazy nebo zapadání sněhem nedokáže kolektor ovlivnit odtávání této vrstvy a je tak prakticky mimo provoz. Z hlediska principu fungování trubicových vakuových kolektorů je dělíme na:

- přímo protékané absorbéry,
- absorbéry s tepelnou trubicí.

U prvního typu prochází absorberem teplonosné médium přímo. U tohoto typu nezáleží na sklonu trubic. Tyto kolektory mohou dosahovat teplot až 300 °C a při použití přídatných reflektorů teplot ještě vyšších. Díky tomu jsou vhodné pro výrobu páry.

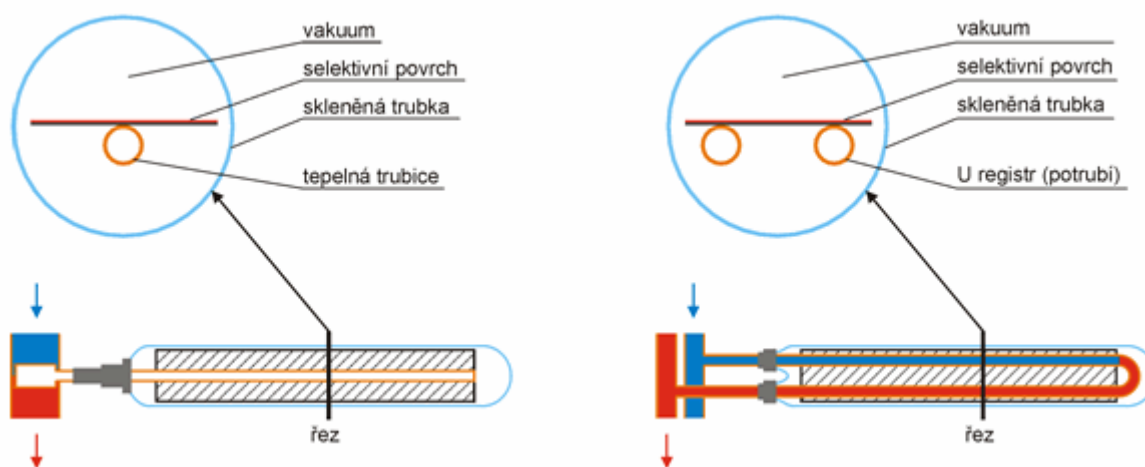
Ve druhém konstrukčním řešení je lamelový absorber konstruován jako tepelná trubice vyplněná snadno se vypařující kapalinou, nejčastěji to bývá čistá voda nebo alkohol, obojí za sníženého tlaku. Tato kapalina se již při menším ohřátí vypařuje, stoupá tepelnou trubicí vzhůru do kondenzátoru, kde předá teplo, kondenzuje a opět stéká dolů. Pro bezchybné fungování tohoto okruhu musí být sklon trubic nejméně 20°, aby se kondenzát mohl samovolně vracet do výparníkové části. Jejich výhodou je možnost snadné výměny trubky v kolektorovém okruhu, aniž by tento okruh musel být vyprázdněn. Pro bezproblémový chod na prázdko, kdy solární kolektor přijímá sluneční záření, ale není z něj odváděno teplo např. vlivem uspokojení potřeby tepla, je vhodná konstrukce mechanického uzávěru vstupu páry do kondenzátoru. [31], [33]

Další možné dělení trubicových kolektorů je z hlediska konstrukce na:

- jednostěnné,
- dvojtěnné.

Trubicové kolektory s jednostěnnou trubkou

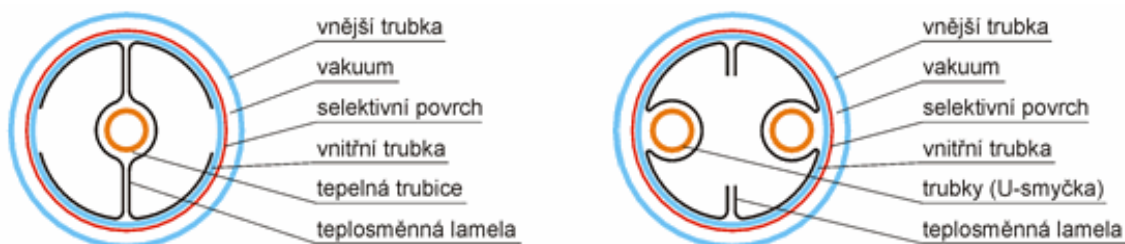
Tyto kolektory mají plochý absorbér umístěný ve vakuované skleněné trubici. Vyznačují se výborným přestupem tepla z absorbéru do teplotnosné látky zajištěný ultrazvukovým nebo laserovým navařením absorbéru na teplotnosné potrubí. U tohoto konstrukčního řešení je pro správnou funkci nezbytné zajistit dokonalé utěsnění prostupu tepelné trubice či kapalinou protékaného potrubí skleněnou vakuovanou trubicí. Tyto kolektory pracují s vysokou účinností v celém teplotním rozsahu, dosahují vysoké technické úrovně, ale zároveň patří mezi kolektory s vysokými pořizovacími náklady, proto se hodí především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové aplikace. [33], [34]



Obrázek 2.8 Jednotěnný trubkový vakuový kolektor s tepelnou trubicí (vlevo) a přímo protékanou U-trubicí (vpravo) [36]

Trubicové kolektory s dvojtěnnou trubkou

Vnitřní skleněná trubka slouží jako válcový absorbér k zachycování slunečního záření a přeměnu na teplo a vnější krycí trubka jako zasklení k ochraně absorbéru. Prostředek mezi nimi je již při výrobě zataven a vakuován. Pro přenos tepla z absorbéru do teplotnosné látky, popřípadě tepelné trubice, slouží teplosměnná vodivá lamela z hliníku nebo mědi, která by v ideálním případě měla mít co nejvodivější kontakt mezi oběma prvky. Tohoto ideálního kontaktu však není vždy dosaženo, a právě kvalita tohoto spoje má zásadní vliv na celkovou účinnost daného kolektoru. Obecně se vyznačují nižší účinností při nízkých teplotách. Díky válcovému tvaru absorbéru můžeme kolektor vybavit optickými prvky, např. odraznými zrcadly, díky kterým zvýšíme množství dopadající energie na absorbér. [33], [34]



Obrázek 2.9 Příčný průřez dvojtěnným trubkovým kolektorem s tepelnou trubicí (vlevo) a přímo protékanou U-trubicí (vpravo) [36]

Koncentrační kolektory

Koncentrační kolektory, také nazývané soustředující kolektory, využívají odrazu od zrcadel nebo lomu přes čočky k soustředění přímého slunečního záření přímo do ohniska, ve kterém je umístěn absorbér. Ten, díky svým malým rozměrům, má daleko menší tepelné ztráty a dochází tak k rychlejšímu ohřevu náplně než u běžných plochých kolektorů. Pro účinné použití vyžadují dostatek přímého záření po celý rok a navádění buď apertury (plocha přijímající záření) nebo absorbéru podle polohy Slunce na obloze. Charakteristickou veličinou těchto kolektorů je stupeň koncentrace, udávající poměr mezi velikostí apertury a absorpční plochou. Podle stupně koncentrace jsme schopni dosahovat teplot od 80 až přes 2000 °C.

Jelikož lze soustřeďovat pouze přímé záření, využití těchto kolektorů se hodí převážně pro země s vysokým podílem tohoto typu záření. Bohužel, ve středoevropském klimatu je tato možnost z větší části nevyužitelná. [31], [33]

3 Dotační programy

Česká republika společně s Evropskou Unií se snaží dlouhodobě omezovat spotřebu energie, snižovat produkci emisí a snižovat energetickou náročnost budov. Aby své občany podpořili k výměně starých zdrojů tepla, zateplení starých budov, popř. ke stavbě nízkoenergetických a pasivních domů, vznikly dotační programy, které tato opatření podporují.

3.1 Nová zelená úsporám

V následující podkapitole bylo čerpáno z oficiálního webu NZÚ, který spravuje Ministerstvo životního prostředí. [37], [38], [39]

V rámci tohoto dotačního programu je právě spuštěna 3. výzva pro rodinné domy. Tato výzva pro podávání žádostí byla spuštěna 22. října 2015 a ukončena bude vyčerpáním stanovené alokace¹ nebo nejpozději do 31. prosince 2021. Tato výzva zahrnuje následující oblasti:

- A. Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů
 - Dotace na zateplení obálky budovy – výměnou oken a dveří, zateplením obvodových stěn, střechy, stropů, podlah.
 - Podporována dílčí i komplexní opatření.
- B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností
 - Dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností a také změna dokončené budovy, která před zahájením změny nesplňuje definici rodinného domu.
- C. Efektivní využití zdrojů energie
 - Dotace na výměnu neekologického zdroje tepla (spalující například koks, uhlí) za efektivní ekologicky šetrné zdroje (kotel na biomasu, tepelné čerpadlo, plynový kondenzační kotel) nebo na soustavu zásobování teplem s vyšším než 50% podílem obnovitelných zdrojů energie.
 - Na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem.
 - Na instalaci solárních termických a fotovoltaických systémů.
 - Na instalaci systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu.
 - Podpora na využití tepla z odpadní vody.
 - Podpora na zpracování odborného posudku a zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy.

O tyto dotace mohou žádat vlastníci nebo stavebníci rodinných domů, a to fyzické i právnické osoby. Žádat je možné před zahájením, v průběhu nebo po dokončení realizace podporovaných opatření. Maximální výše podpory pro jednoho žadatele je stanovena na 5 mil. Kč a zároveň je omezena na maximálně 50 % řádně doložených způsobilých výdajů.

¹ Alokací se rozumí objem finančních prostředků určených k rozdělení v daném projektu.

Pro podoblast C.3 platí následující pravidla:

Tabulka 3.1 Požadované parametry v podoblastech podpory C.3.1 a C.3.2

Sledovaný parametr	Označení	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss.u}$ [kWh · rok ⁻¹]	bez požadavku	≥ 2200
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss.u}$ [kWh · m ⁻² · rok ⁻¹]	≥ 350	≥ 280
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50	bez požadavku
Minimální měrný objem akumulčního zásobníku tepla vztážený k celkové ploše apertury	[l · m ⁻²]	45	45

Zároveň je požadována minimální účinnost výroby tepelné energie v solárním kolektoru, kterou ovšem garantují samotní výrobci kolektorů.

3.2 Operační program Životní prostředí 2014–2020²

V následující podkapitole bylo čerpáno z oficiálního webu OPŽP a SFŽP ČR, který spravuje Ministerstvo životního prostředí. [40], [41]

Tento program podporuje více oblastí, ze kterých nás nejvíce zajímá prioritní osa 2, specifický cíl 2.1 – Snížit emise z lokálního vytápění domácností podílející se na expozici obyvatelstva koncentracím znečišťujících látek“. Tento bod známe pod názvem „kotlíkové dotace“. Cílem tohoto programu je omezit primární emise znečišťujících látek z lokálního vytápění domácností. Z tohoto dotačního programu jsou hrazeny následující projekty a aktivity:

- A. Výměna zdrojů tepla na pevná paliva za:
 - tepelné čerpadlo,
 - kotel na pevná paliva (biomasu),
 - plynový kondenzační kotel.
- B. Instalace solárně-termických soustav pro přitápění nebo přípravu TUV.
- C. Instalace dodatečných zařízení (např. filtr) ke snížení emisí znečišťujících látek.
- D. Technická opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti rodinného domu.

Výše dotace na tepelná čerpadla je nastavena následovně:

Tabulka 3.2 Maximální způsobilé výdaje u realizace tepelných čerpadel

Typ opatření	Kč bez DPH / kW ³
Elektrické TČ vzduch/voda	30 000
Elektrické TČ země/voda	45 900
Elektrické TČ vzduch/voda	45 900

² Dále jen OPŽP

³ Instalovaný výkon tepelného čerpadla.

Tento program je financován Evropskou unií a výše podpory pro výměnu zdroje tepla se liší podle jeho druhu. Cílem je vyměnit kotle nespĺňující parametry třetí emisní třídy a tento cíl je pak dotován následovně:

Tabulka 3.3 Maximální způsobilé výdaje u realizace kotle

Typ opatření	Kč bez DPH / kW ⁴
Kotel na tuhá paliva	9 400
Kondenzační kotel na zemní plyn	8 300

O dotace z tohoto operačního programu žádá kraj, který následně podává výzvu pro majitele rodinných domů pro zažádání o dotace.

3.3 Možnosti čerpání dotací

Jako hlavní zdroj vytápění se používá kotel plynový, tudíž žádat o dotace v rámci Operačního programu Životní prostředí 2014–2020 můžeme pouze na tepelné čerpadlo. Momentálně v Jihomoravském kraji, kde se modelový dům nachází, není žádná výzva OPŽP aktivní a ani v blízké době nebude, a proto se jediným možným zdrojem dotací stává oblast C dotačního programu Nová zelená úsporám, konkrétně podoblast C.3, která umožňuje čerpat finanční prostředky, jejichž výše je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 3.4 Výše podpory v podoblasti C.3 [39]

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč/dům]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění	50 000

⁴ Instalovaný výkon kotle.

4 Popis modelového domu

Jako modelový dům pro návrh systému vytápění byl zvolen rodinný dům nacházející se nedaleko Brna, ve městě Vyškov. Jedná se o podsklepený dvoupatrový dům se sedlovou střechou. Tento dům byl postaven v roce 1968 a je součástí řadové zástavby. V roce 1981 byla přistavěna další část domu, fungující jako samostatná bytová jednotka. Celý dům je v současnosti vytápěn pomocí jednoho klasického plynového kotle Destila Ocelot DPL 25 A-H o výkonu 25 kW. Pro ohřev užitkové vody je použito plynového ohřivače Quantum Q7-30-NORS(U) o výkonu 7,4 kW. U tohoto domu došlo v roce 2010 k výměně původních dřevěných oken za nová, plastová dvoukomorová. V roce 2014 byla zateplena severní strana objektu polystyrenem o tloušťce 10 cm. V současné době RD trvale obývají 4 osoby. Půdorysy jednotlivých pater jsou uvedeny v příloze A.



Obrázek 4.1 Pohled na rodinný dům, severní strana



Obrázek 4.2 Současné řešení ohřevu TUV a vytápění

5 Výpočet tepelných ztrát

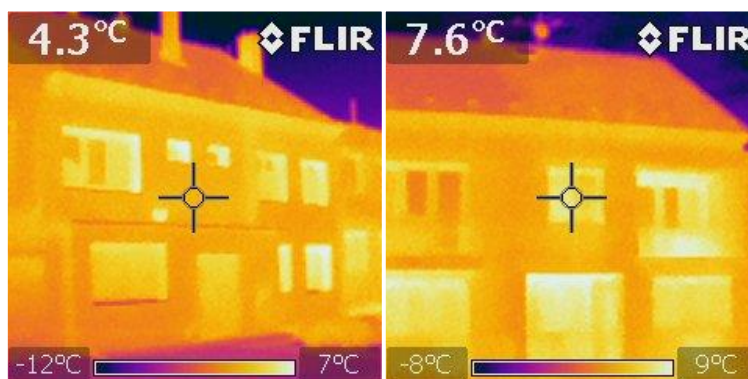
Pro efektivní návrh nového systému vytápění rodinného domu je nejprve potřebné určit tepelné ztráty objektu. Tepelnými ztrátami rozumíme teplo unikající přes obvodové stěny, stropy, podlahy, okna, dveře aj. přímo do venkovního prostředí, popřípadě do sousedních místností o rozdílné teplotě.

K těmto tepelným únikům dochází:

- prostupem, do kterého je zahrnut přestup tepla kondukcí (vedením) a konvekcí (prouděním),
- větráním a infiltrací pláštěm budovy.

Při výpočtu návrhové tepelné ztráty objektu bylo vycházeno z normy ČSN EN 12831 *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Postup výpočtu je normou dán následujícími kroky [42]:

- Stanovení hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty.
- Stanovení stavu každého prostoru (vytápěný nebo nevytápěný) a hodnot pro výpočtovou vnitřní teplotu každého vytápěného prostoru.
- Stanovení rozměrových a tepelných vlastností pro všechny stavební části a pro každý vytápěný a nevytápěný prostor.
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát prostupem a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát větráním a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát větráním vytápěného prostoru.
- Stanovení celkové návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru sečtením návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním.
- Výpočet zátopového výkonu vytápěného prostoru, např. dodatečného výkonu potřebného pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění.
- Stanovení návrhového celkového tepelného výkonu sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu.



Obrázek 5.1 Termogramy modelového domu

5.1 Klimatické údaje

Pod klimatickými údaji je myšlena výpočtová venkovní teplota a průměrná roční venkovní teplota vzduchu. Pro výpočet návrhové teploty venkovního vzduchu v zimním období θ_e je možno využít vztahů určených v [43]:

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_e, \quad (5.1)$$

$$\Delta\theta_e = \Delta\theta_{e,0} \cdot \frac{\Delta h}{100}, \quad (5.2)$$

kde: $\theta_{e,100}$ je základní návrhová teplota venkovního vzduchu pro danou oblast,

$\Delta\theta_e$	výškový teplotní gradient v K,
$\Delta\theta_{e,0}$	základní teplotní gradient pro danou oblast,
Δh	rozdíl nadmořské výšky místa budovy h, v m n.m., a základní nadmořské výšky 100 m n.m.

Výsledná návrhová teplota se zaokrouhlí na celé °C směrem k nižší (chladnější) hodnotě. Město Vyškov je okresním městem, a proto je návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období určena přímo z tabulky NA.1. [42]

Při určení průměrné venkovní teploty během otopného období $\theta_{m,e}$ nebylo využito dlouhodobých dat uvedených v ČSN EN 12831, nýbrž byla použita data teplotenské společnosti VYTEZA, s.r.o., která sídlí ve městě Vyškov a shromažďuje data od roku 1996 až po současnost. [44]

Tabulka 5.1 Porovnání náročnosti jednotlivých období na vytápění

Rok	Počet dnů vytápění	Průměrná venkovní teplota ve dnech vytápění t_{es} [°C]
1996	250	3,13
1997	237	5,53
1998	232	5,67
1999	217	5,31
2000	226	6,55
2001	231	4,47
2002	226	4,64
2003	213	4,1
2004	233	5,51
2005	222	4,22
2006	211	4,69
2007	249	7,14
2008	233	6,89
2009	202	5,57
2010	250	5,11
2011	200	4,16
2012	215	5,31
2013	225	5,46
2014	219	7,41
2015	223	6,56
2016	219	5,63
Průměr	225	5,38

Opět zaokrouhlujeme na celé °C směrem k nižší (chladnější) hodnotě. Výsledné hodnoty teplot použitých ve výpočtech jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5.2 Určené teploty

Klimatické údaje	Označení	Jednotka	Hodnota
Návrhová výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-12
Průměrná venkovní teplota během otopného období	$\theta_{m,e}$	°C	5

5.2 Určení každého prostoru budovy

Norma rozděluje prostory budovy na vytápěné a nevytápěné. Pro vytápěné prostory se určuje vnitřní výpočtová teplota a pro nevytápěné místnosti se určuje navíc teplotní redukční činitel b_u . Vnitřní výpočtové teploty vytápěných prostorů byly určeny pomocí přílohy NA.2 normy ČSN EN 12831 [36]. Vnitřní výpočtové teploty nevytápěných prostorů byly určeny pomocí Tab. 3.4 Teplota v sousedních nevytápěných místnostech [2]. Teplotní redukční činitel b_u je bezrozměrná veličina, vystihující teplotní rozdíl mezi vytápěnou a nevytápěnou místností. Je možné ho určit jedním z následujících tří postupů [42]:

- a) Je-li teplota nevytápěného prostoru θ_u stanovena nebo navržena podle návrhových podmínek, je b_u :

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (5.3)$$

- b) Je-li θ_u neznámá, pak b_u :

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}, \quad (5.4)$$

kde: H_{iu} je součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem (i) a nevytápěným prostorem (u), přičemž se zohledňují:

- Tepelné ztráty prostupem (z vytápěného prostoru do nevytápěného prostoru).
- Tepelné ztráty větráním (výměna vzduchu mezi vytápěným a nevytápěným prostorem).

H_{ue} součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru (u) do venkovního prostředí (e), přičemž se zohledňují:

- Tepelné ztráty prostupem (do venkovního prostředí a do přilehlé zeminy).
- Tepelné ztráty větráním (mezi nevytápěným a venkovním prostředím).

- c) Redukční činitel b_u se pro každý případ stanoví v národní příloze k dané normě, odečteno z tabulky D. 4 normy ČSN EN 12831 [42].

Pro další postup byl brán teplotní redukční činitel podle bodu c).

Jednotlivé výpočtové vnitřní teploty místností a redukční činitelé jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5.3 Určení jednotlivých místností

Údaje o vytápěných místnostech		
Označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	-
	$\theta_{int,i}$	-
	°C	-
101 – Obývací pokoj	20	-
102 – Kuchyně	20	-
103 – Garážový pokoj	20	-
107 – WC I	20	-
109 – Ložnice II	20	-
110 – Chodba spodní II	15	-
111 – koupelna II	24	-
112 – WC II	24	-
201 – Dětský pokoj II	20	-
202 – Dětský pokoj I	20	-
203 – Ložnice I	20	-
205 – Koupelna I	24	-
206 – Obývací pokoj II	20	-
207 – Kuchyně II	20	-
208 – Chodba horní II	15	-
Údaje o nevytápěných místnostech		
Označení místnosti	Teplota	b-hodnota
	θ_u	b_u
	°C	na jednotku
S1 – Prádelna	12	0,4
S2 – Kotelna	12	0,4
S3 – Chodba sklep	12	0,0
S4 – sklep pití	12	0,1
S5 – průjezd	6	0,8
104 – Chodba spodní I	15	0,0
105 – Vstupní hala	15	0,0
106 – Předdveří	5	0,6
108 – Chodba babička	15	0,0
204 – Chodba horní I	15	0,0
301 – Půda	-6	0,9

5.3 Stavební údaje

První krok pro počítání tepelných ztrát – určení teplot – byl splněn. Nyní stačí pouze určit součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stěny. K jejich určení je potřebné znát další nezbytnou veličinu – **tepelnou vodivost** – pro jednotlivé vrstvy konstrukce.

Tepelnou vodivost charakterizuje součinitel tepelné vodivosti – měrná tepelná vodivost. Je definována jako množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na délku 1 m byl teplotní spád 1 K. Přitom se předpokládá, že se teplo šíří pouze v jednom směru. Je to fyzikální vlastnost materiálu, jeho schopnost vést teplo. Čím větší teplotní vodivost těleso má, tím menší klade odpor proti přenosu tepla z jedné strany na druhou.

Součinitel tepelné vodivosti je dán vztahem:

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-\text{grad } T}, \quad (5.5)$$

kde: q je vektor hustoty ustáleného tepelného toku sdíleného vedením, proudícího stejnorodým izotropním materiálem,

$\text{grad } T$ gradient teploty. [45], [46], [47]

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro jednotlivé materiály použité při stavbě modelového domu byly určeny pomocí normy ČSN 73 0540–3 [43], a z tabulek dostupných na internetu. [48]

Tabulka 5.4 Hodnoty součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů

Kód stavebního materiálu	Popis	$\lambda \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$
1	Podkladový beton (mazanina)	1,300
2	Zdivo z plných cihel	0,800
3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,630
4	Polystyren	0,051
5	Omítka (vápenná)	0,880
6	Fasáda (vápenocementová)	0,990
7	Cementový potěr (2 cm)	1,160
8	Stropní desky – panely	1,580
9	Škvára	0,270
10	Hurdy	0,570
11	Fibrex	0,210
12	Dřevotřískové desky	0,180
13	Lepenka IPA	0,200
14	Lepenka A 400 H	0,200
15	Koberec	0,065
16	PVC	0,190
17	Parkety	0,120
18	Dlaždice	1,300

Díky znalosti součinitelů tepelné vodivosti je možné určit **tepelný odpor** daného materiálu. Udává míru odporu materiálu proti pronikání tepla. Čím vyšší tepelný odpor je, tím lepší izolační vlastnosti materiál má.

Pro rovinnou stěnu se tepelný odpor kondukcí vypočítá ze vztahu:

$$R_i = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}, \quad (5.6)$$

a tepelný odpor konvekcí ze vztahu:

$$R = \frac{1}{\alpha}, \quad (5.7)$$

kde: d_i je tloušťka dané vrstvy materiálu,
 λ_i součinitel tepelné vodivosti,
 α součinitel přestupu tepla.

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot jejich povrchů 1 K. Jedná se o převrácenou hodnotu součtu jednotlivých tepelných odporů kondukcí a konvekcí. Pro případ rovinné stěny je dán vztahem [49]:

$$U_k = \frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se}}, \quad (5.8)$$

kde: R_c je celkový odpor konstrukce při prostupu tepla,
 R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, odečtený z ČSN 73 0540–3, tabulka J.1 [43],
 R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, odečtený z ČSN 73 0540–3, tabulka J.1 [43].

Konkrétní hodnoty odporů při přestupu tepla na vnitřní/vnější straně konstrukce jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5.5 Odporů při přestupu tepla

Kód stavebního materiálu	Popis	$R_{si}, R_{se} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$
23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok) – stěna	0,13
24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)	0,04
25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru) – střecha	0,10
26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů) – podlaha	0,17

Součinitele prostupu tepla jednotlivými částmi konstrukce byly vypočítány pomocí programu Microsoft Excel a jsou všechny uvedeny v příloze (viz příloha B). V následující tabulce je uveden příklad výpočtu součinitele prostupu tepla pro vnější obvodovou stěnu.

Tabulka 5.6 Výsledky výpočtu součinitele prostupu tepla vnější obvodové stěny

Označení		Popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Označení stavební části						
Kód stavební části	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d_1	λ_1	$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$	
				
	Kód	Název materiálu	d_n	λ_n	$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
	Celková tloušťka a U_k			$\sum d_i$		
Označení		Popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
SEVERNÍ STRANA – vnější obvodová – starý dům						
2a	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,99	0,015	
	4	Polystyren	0,1	0,051	1,961	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,63	0,595	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,88	0,017	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a U_k			0,505		

5.4 Tepelné ztráty prostupem

V další kapitole se budeme zabývat již výpočtem jednotlivých tepelných ztrát. Tyto tepelné ztráty byly vypočítány bez tepelných mostů, jelikož by výpočty byly komplikovanější a nad rámec bakalářské práce.

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ se pro vytápěný prostor (i) vypočítá z rovnice: [42]

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (5.9)$$

kde: $H_{T,ie}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy,

$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u),
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g),
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu.

5.4.1 Součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty z vytápěného do vnějšího prostředí $H_{T,ie}$ zahrnuje všechny stavební části, které oddělují vytápěný prostor od venkovního prostředí, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře, okna. Vypočítá se z rovnice:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k, \quad (5.10)$$

kde:	A_k	je	plocha stavební části,
	U_k		součinitel prostupu tepla stavební částí,
	e_k		korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů, byla použita základní hodnota $e_k = 1$ uvedená v příloze D.4.1 normy ČSN EN 12831 [42].

5.4.2 Součinitel tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Je-li mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím nevytápěný prostor, návrhový součinitel tepelné ztráty prostupem tepla $H_{T,iue}$ z vytápěného prostoru do venkovního prostředí se vypočítá:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u, \quad (5.11)$$

kde:	b_u	je	teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi nevytápěným prostorem a venkovním prostředím. Jeho hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 5.3.
------	-------	----	--

5.4.3 Součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Tepelné ztráty podlahami, základovými stěnami a přímým nebo nepřímým stykem s přilehlou zeminou závisí na více činitelích. Zahrnují plochu a obvod podlahové desky, hloubku podzemního podlaží pod úroveň zeminy a tepelné vlastnosti zeminy.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w, \quad (5.12)$$

kde:	f_{g1}	je	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty. Byla použita základní hodnota uvedená v příloze D.4.3 normy ČSN EN 12831 [42], kdy $f_{g1} = 1,45$,
	f_{g2}		teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou. Stanoví se:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,t} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}, \quad (5.13)$$

G_w	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Tento vliv se musí uvažovat, je-li vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží menší než 1 m. Jinak se volí $G_w = 1$.
-------	---

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí, stanovený podle typologie podlahy. Tento součinitel byl určen z tabulek 4 až 7 normy ČSN EN 12831 [42]. K jeho určení potřebujeme zjistit charakteristický parametr B' .

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P}, \quad (5.14)$$

A_g plocha uvažované podlahové konstrukce,

P obvod uvažované podlahové konstrukce.

Problémem této normy je aplikovatelnost výpočtové metody pouze na jednoduché příklady podlah na zemině. Dalším problémem je určení U_{equiv} pro stěny a podlahy při různých hloubkách pod úrovní terénu, například při částečném podsklepení. [50] Proto byly při výpočtech zaváděny určité předpoklady a zjednodušení.

5.4.4 Součinitel tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Tento součinitel vyjadřuje tok tepla prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru na výrazně odlišnou teplotu. Platí:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \quad (5.15)$$

kde: f_{ij} je redukční teplotní činitel. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty. Platí pro něj rovnice:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}. \quad (5.16)$$

Výsledky výpočtu tepelné ztráty prostupem pro obývací pokoj II

Tabulka 5.7 Výpočet tepelných ztrát

206 – Obývací pokoj II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1b	Jižní stěna	6,66	1,73	1	11,54	
31	Okna	4,14	1,20	1	4,97	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						16,51
$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \left[\frac{W}{K} \right]$						
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
5b	Strop – půda	18,63	0,72	0,90	12,13	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						12,13
$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \left[\frac{W}{K} \right]$						
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14b	Stěna – chodba	3,87	2,08	0,16	1,26	
33	Dveře vnitřní 1/2 skla	1,70	3,00	0,16	0,80	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						2,06
$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \left[\frac{W}{K} \right]$						
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem						30,69
$H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij}) \left[\frac{W}{K} \right]$						
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM						982,07
$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						

5.5 Tepelné ztráty větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ pro vytápěný prostor (i) se vypočte podle následující rovnice:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (5.17)$$

kde: $H_{V,i}$ je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním, který se určí při uvažování konstantní hustoty a měrné tepelné kapacity za konstantního tlaku následujícím vztahem:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i, \quad (5.18)$$

kde: \dot{V}_i je výměna vzduchu.

Výpočtový postup pro stanovení výměny vzduchu \dot{V}_i závisí na způsobu větrání, zdali se jedná o přirozené větrání nebo je v uvažovaném domě nainstalována větrací soustava.

Pro náš modelový dům předpokládáme **větrání přirozené**, což znamená, že přiváděný vzduch má stejné tepelné vlastnosti jako vzduch venkovní. Tepelná ztráta je úměrná rozdílu teplot vnitřní výpočtové teploty a venkovní teploty. Hodnota výměny vzduchu je maximum výměny vzduchu infilrací spárami a styky obvodového pláště budovy a minimální výměna vzduchu požadovaná z hygienických důvodů. Platí vztah:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}), \quad (5.19)$$

kde: $\dot{V}_{inf,i}$ je výměna vzduchu infilrací spárami a styky obvodového pláště budovy,

$\dot{V}_{min,i}$ hygienické množství vzduchu.

5.5.1 Hygienické množství vzduchu

Z hygienických důvodů se vyžaduje minimální výměna vzduchu, která se stanoví podle:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i, \quad (5.20)$$

kde: n_{min} je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu, odečteno z tabulky D.6 normy ČSN EN 12831 [42],

V_i objem vytápěné místnosti (i) vypočtený z vnitřních rozměrů.

5.5.2 Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

Množství vzduchu infilrací vytápěného prostoru způsobeného větrem a účinkem vztlačku na plášť budovy se vypočítá podle:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \quad (5.21)$$

kde: n_{50} je intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu, odečteno z tabulky D.7 normy ČSN EN 12831 [42],

e_i stínící činitel, odečteno z tabulky D.8 normy ČSN EN 12831 [42],

ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země, odečteno z tabulky D.9 normy ČSN EN 12831 [42]. Pro náš případ je $\varepsilon_i = 1$.

Výsledky výpočtu tepelné ztráty větráním

Tabulka 5.8 Výpočet tepelných ztrát větráním

Označení místností			201 – Obývací pokoj	102 – Kuchyně	103 – Garážový pokoj	104 – Chodba spodní	
Objem místností		V_i	m ³	46,65	23,75	41,13	8,20
Výpočtová venkovní teplota		θ_e	°C	-12			
Výpočtová vnitřní teplota		$\theta_{int,i}$	°C	20			15
Nejmenší hygienické požadavky	Nejmenší hygienická intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	h ⁻¹	0,50	1,50	0,50	0,50
	Nejmenší hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$	$\dot{V}_{min,i}$	$\frac{m^3}{h}$	23,32	35,62	20,57	4,10
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jedn.	1,00	1,00	1,00	0,00
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	n_{50}	h ⁻¹	6,00			
	Činitel zaclonění	e_i	na jedn.	0,02	0,02	0,02	0,00
	Výškový korekční činitel	ε_i	na jedn.	1,00			
	Množství vzduchu infiltrací $\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$	$\dot{V}_{inf,i}$	$\frac{m^3}{h}$	11,19	5,70	9,87	0
Výpočet tepelné ztráty větráním	Zvolená výpočtová hodnota $\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i})$	\dot{V}_i	$\frac{m^3}{h}$	23,32	35,62	20,57	4,10
	Návrhový součinitel tepelné ztráty	$H_{V,i}$	$\frac{W}{K}$	7,93	12,11	6,99	1,39
	Teplotní rozdíl	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$	°C	32			27
	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i} = H_{V,i}(\theta_{int,i} - \theta_e)$	$\Phi_{V,i}$	W	253,75	387,55	223,76	37,63

5.6 Tepelný zátopový výkon

Při určitých předpokladech se pro obytné budovy může použít zjednodušená výpočtová metoda. Mezi tyto předpoklady patří:

- Nejedná se o lehkou stavební konstrukci (např. dřevěná trámová konstrukce).
- Doba útlumu je maximálně 8 hodin (v případě nočního útlumu).

Poté se zátopový tepelný výkon požadovaný pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění ve vytápěném prostoru vypočte podle:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, \quad (5.22)$$

kde: A_i je podlahová plocha vytápěného prostoru,
 f_{RH} korekční součinitel závisící na době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době, odečteno z tabulky D.6 normy ČSN EN 12831 [42].

Tabulka 5.9 Výpočet tepelného zátopového výkonu

Označení místnosti	Zátopový součinitel	Podlahová plocha	Zátopový výkon
	f_{RH}	A_i	$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$
	$\frac{W}{m^2}$	m^2	W
101 – Obývací pokoj	13,00	18,15	235,95
102 – Kuchyně		9,24	120,12
103 – Garážový pokoj		16,00	208,07
107 – WC		1,20	15,60
109 – Ložnice II		12,38	160,88
110 – Chodba spodní II		12,64	164,33
111 – Koupelna II		7,23	93,93
112 – WC II		1,53	19,89
201 – Dětský pokoj		14,52	188,76
202 – Dětský pokoj II		12,32	160,16
203 – Ložnice		12,38	160,88
205 – Koupelna		4,90	63,70
206 – Obývací pokoj II		18,63	242,24
207 – Kuchyně II		10,05	130,59
Celkový zátopový výkon [W]			1965,07

5.7 Tepelný výkon pro ohřev vody

Při určování tepelného výkonu jsem se řídil normou ČSN 06 0320 [51]. Jmenovitý tepelný výkon pro ohřev vody se zásobníkem se určí ze vztahu:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{max}, \quad (5.23)$$

kde: Φ_{1n} je jmenovitý tepelný výkon ohřevu,
 Q_1 teplo dodané ohřivačem do TUV v čase t od počátku periody,
 t čas.

Pro určení tepla dodaného ohřivačem do vody se vychází z následujících vztahů:

$$Q_{2t} = n \cdot 4,3, \quad (5.24)$$

kde: Q_{2t} je celková potřeba tepla na ohřev vody,
 n počet osob.

Vychází se z tabulkové hodnoty, která udává teoretickou potřebu tepla na ohřev vody pro 1 osobu za den na $Q_{2t} = 4,3$ kWh.

Dalším krokem je určení tepla ztraceného při ohřevu a distribuci TUV. Předpokládají se během dne rovnoměrné ztráty a stanoví se takto:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z, \quad (5.25)$$

kde: Q_{2z} je ztracené teplo při ohřevu a distribuci TUV,
 z součinitel poměrné ztráty, uvažuje se hodnota $z = 0,5$.

Teplo dodané ohřivačem do vody během periody se stanoví:

$$Q_{1P} = Q_{2t} + Q_{2z}. \quad (5.26)$$

Po dosažení výsledku rovnice 5.26 do rovnice 5.23 byl stanoven jmenovitý tepelný výkon ohřevu na 1,075 kW.

K určení velikosti zásobníku vody se využije vztahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)}, \quad (5.27)$$

kde: V_z je objem zásobníku,
 ΔQ_{max} největší možný rozdíl tepla mezi Q_1 a Q_2 , určený graficky,
 c měrná tepelná kapacita vody, $c = 1,163 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$,
 θ_1 teplota studené vody, předpokládá se $\theta_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$,
 θ_2 teplota teplé vody, předpokládá se $\theta_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Pro sestrojení grafu, ze kterého jsme poté schopni odečíst hodnotu ΔQ_{max} , musíme nejprve určit odběry teplé vody z celkového množství v daných časových intervalech.

V době od 5 do 17 hodin se odebere 35 % z celkového množství.

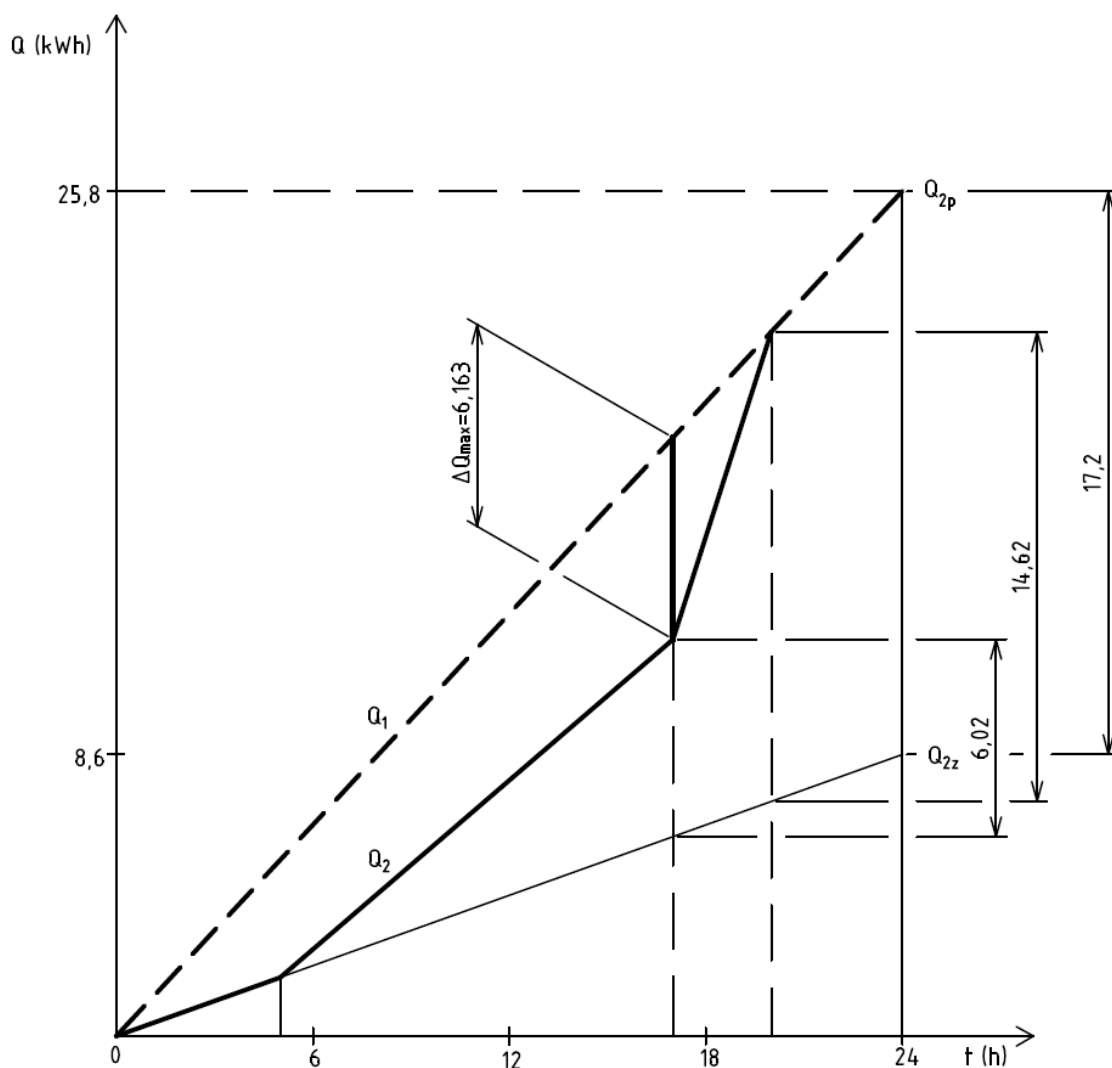
V době od 17 do 20 hodin se odebere 50 % z celkového množství.

V době od 20 do 24 hodin se odebere zbylých 15 % z celkového množství.

Do grafu se nejprve zakreslí křivka ztrát tepla Q_{2z} , ke které se přičtou hodnoty dané křivkou odběru tepla v jednotlivých fázích odběru teplé vody Q_2 . Dále se zakreslí křivka dodávky

tepla Q_1 , která prochází počátkem a bodem o souřadnicích $[24; Q_{1P}]$. Poté se určí největší pořadnice mezi křivkami Q_1 a Q_2 , hodnota ΔQ_{max} .

Výsledná hodnota ΔQ_{max} byla dosazena do rovnice 5.27 a potřebný objem zásobníku byl stanoven na $0,11761 \text{ m}^3$ tj. 117,61 litru.



Graf 1 Grafická konstrukce určení ΔQ_{max}

5.8 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon se stanoví součtem tepelných ztrát prostupem, větráním, tepelného zátopového výkonu.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (5.28)$$

V případě řešení ohřevu vody a vytápění jedním zdrojem, se návrhový tepelný výkon stanoví jako:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} + \Phi_{1n} \quad (5.29)$$

Při navrhování systému vytápění se řídíme jednou z těchto hodnot. Pokud se rozhodneme pro ohřev vody v samostatném zařízení, vycházíme ze vztahu 5.28, pokud pro ohřev vody a vytápění volíme jeden zdroj, vycházíme ze vztahu 5.29.

Tabulka 5.10 Celkový tepelný výkon

Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	W	W	W	W
S1 – Prádelna	388,57	148,64	0,00	537,21
S2 – Kotelna	746,80	114,01	0,00	860,81
S3 – Chodba	230,21	27,20	0,00	257,41
S4 – Pítí	279,62	65,66	0,00	345,28
S5 – Průjezd	1223,36	241,10	0,00	1464,46
101 – Obývací pokoj	1153,03	253,75	235,95	1642,73
102 – Kuchyně	475,02	387,55	120,12	982,69
103 – Garážový pokoj	534,70	223,76	208,07	966,53
104 – Chodba spodní	0,00	37,63	0,00	37,63
105 – Vstupní hala	125,34	26,63	0,00	151,97
106 – Předdveří	152,64	12,44	0,00	165,08
107 – WC	102,20	49,94	15,60	167,74
108 – Chodba babička	5,20	14,92	0,00	20,12
109 – Ložnice II	1026,04	236,83	160,88	1423,75
110 – Chodba spodní II	469,61	149,11	164,33	783,05
111 – Koupelna II	492,14	340,91	93,93	926,98
112 – WC II	223,08	72,19	19,89	315,17
201 – Dětský pokoj	644,32	201,42	188,76	1034,50
202 – Dětský pokoj II	643,98	160,85	160,16	964,99
203 – Ložnice	461,54	171,67	160,88	794,08
204 – Chodba horní	148,06	89,45	0,00	237,51
205 – Koupelna	310,39	215,91	63,70	590,01
206 – Obývací pokoj II	981,38	258,49	242,24	1482,11
207 – Kuchyně II	470,42	418,03	130,59	1019,03
208 – Chodba horní II	279,14	116,71	0,00	395,85
CELKEM	11554,62	4028,85	1965,07	17548,55

Kompletní výpočet tepelných ztrát je uveden v příloze C.

5.9 Roční spotřeba energie na vytápění

Díky výpočtu roční spotřeby energie na vytápění jsme schopni stanovit náklady na vytápění. Roční spotřeba byla vypočítána podle: [52]

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL,i}^D}{(\theta_{m,int} - \theta_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (5.30)$$

kde: ε je opravný součinitel. Pro stavby střední s krátkými otopnými přestávkami (noční útlum) nebo pro stavby těžké bez otopných přestávek se volí hodnota $\varepsilon = 0,75$,

η_0 účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy. Volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny

na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnou s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí, pro náš případ bylo zvoleno $\eta_0 = 0,95$,

η_r účinnost rozvodu vytápění. Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení. Pro náš případ je $\eta_r = 0,96$,

D vytápěcí denostupně, vypočítané podle vztahu:

$$D = d \cdot (\theta_{m,int} - \theta_{m,e}), \quad (5.31)$$

kde: d je délka topného období, určena v Tabulce 3.1, $d = 225$ dní,

$\theta_{m,int}$ průměrná vnitřní teplota, pro obytné budovy uvažujeme 18,2 až 19,1 °C, volím $\theta_{m,int} = 19$ °C.

Po dosazení hodnot do vztahu 3.24 bylo dosaženo výsledné roční spotřeby tepla na vytápění $Q_{VYT,r} = 126698$ MJ/rok, která byla přepočtena podle [53] na celkových 35,194 MWh/rok.

5.10 Roční spotřeba energie na ohřev TUV

K výpočtu byly opět využity vztahy z webového zdroje: [52]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d), \quad (5.32)$$

kde: $Q_{TUV,d}$ je denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody, vypočítaná podle vztahu:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600}, \quad (5.33)$$

t_2 teplota ohřáté vody, $t_2 = 55$ °C,

t_1 teplota studené vody, $t_1 = 10$ °C,

t_{svl} teplota studené vody v létě, $t_{svl} = 15$ °C,

t_{svz} teplota studené vody v zimě, $t_{svz} = 5$ °C,

N počet pracovních dní soustavy v roce, $N = 365$ dní,

z koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody, zvoleno $z = 0,5$,

ρ měrná hmotnost vody, $\rho = 1000$ kg · m⁻³,

c měrná tepelná kapacita vody, $c = 4186$ J · kg⁻¹ · K⁻¹,

V_{2p} celková potřeba teplé vody za den, uvažuje se 0,055 m³ · den⁻¹ osoba, pro 4 osoby je výsledná hodnota $V_{2p} = 0,22$ m³ · den⁻¹.

Po dosazení hodnot do vztahů 3.27 a posléze do 3.26 bylo dospěno k výsledné roční spotřebě $Q_{TUV,r} = 5,432$ MWh · rok⁻¹.

5.11 Celková roční spotřeba energie

Celková spotřeba tepla za rok je dána součtem roční spotřeby tepla na vytápění a na ohřev TUV.

$$Q_C = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = 35,194 + 5,432 = 40,626 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}. \quad (5.34)$$

Při uvažování cen dodavatele zemního plynu, společnosti innogy Česká republika, 1,13 Kč/kWh + 296,70 Kč/měsíc (pozn. uvedeno bez DPH) a účinnosti 90 % stávajícího kotle Destila Ocelot DPL 25 A-H, jsou výsledné roční náklady na vytápění 63 656,90 Kč vč. DPH. K této výsledné hodnotě bylo docíleno pomocí vztahů uvedených v [53]:

$$35,194 \cdot 1,11 = 39,065 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad \text{převod z výhřevnosti na množství zemního plynu,}$$

$$\frac{39,065}{0,90} = 43,406 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad \text{potřeba tepelné energie v domě při 90% účinnosti kotle,}$$

$43\,406 \cdot 1,13 + 296,70 \cdot 12 = 52\,609$ Kč. Po započítání 21% DPH jsou výsledné náklady na vytápění 63 657 Kč.

Pro ohřev vody je využíván plynový ohřívač Quantum Q7-30-NORS(U) o účinnosti 88 %. Poté náklady na ohřev TUV jsou 9 358,72 Kč vč. DPH. K této výsledné hodnotě bylo opět docíleno pomocí vztahů uvedených v [53]:

$$5,432 \cdot 1,11 = 6,030 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad \text{převod z výhřevnosti na množství zemního plynu,}$$

$$\frac{6,030}{0,88} = 6,845 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad \text{potřeba tepelné energie při 88% účinnosti ohřívače,}$$

$6\,845 \cdot 1,13 = 7\,734,48$ Kč. Po započítání 21% DPH jsou výsledné náklady na ohřev vody 9 359 Kč.

Celkové roční náklady jsou pak součtem těchto dvou mezivýsledků a činí 73 016 Kč.

6 Návrh systému vytápění

Pro potřeby vytápění modelového domu je uvažováno s 5 možnými variantami. Jsou kombinací kotle a tepelného čerpadla, popř. solárních kolektorů. Z námi uvažovaných způsobů vytápění domů, uvedených v kapitole 2, se nejvíce hodí využití kotle na plyn, popřípadě na pevné palivo. U kotlů na plyn se setkáváme pouze s jedinou možností a tou jsou kotle kondenzační, které jako jediné splňují minimální hodnoty účinnosti a emisní limity dané nařízením Evropské komise č. 813/2013 platné od září roku 2015. [54]

6.1 Varianta s jediným hlavním zdrojem

6.1.1 Kondenzační kotel

Jelikož je současný zdroj vytápění klasický plynový kotel, bude jeho výměna za plynový kondenzační kotel nejjednodušší – nebude potřeba řešit plynovou přípojku ani nijak přesouvat umístění kotle. Jedinou nevýhodou budou nutné stavební úpravy pro vyřešení odvodu kondenzátu z kotle.

Pro vytápění byl zvolen závěsný plynový kondenzační kotel model Panther Condens 30 KKO od firmy Protherm s možností plynulé regulace výkonu. [55] Součástí je trojcestný ventil pro připojení nepřímotopného zásobníku TUV o objemu 120 l. Parametry kotle jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 6.1 Parametry kotle Panther Condens 30 KKO [55], [56]

Parametr	Hodnota
Jmenovitý tepelný výkon topení při 80 °C/60 °C	8,5–30 kW
Jmenovitý tepelný výkon ohřevu vody	8,7–35,7 kW
Účinnost při 80 °C/60 °C	98,33 %
Účinnost při 50 °C/30 °C	107,1 %
Cena vč. 21 % DPH (včetně zásobníku TUV)	64 771 Kč

6.1.2 Kotel na biomasu

Při uvažování cen plynu stojí za zmínku uvažovat i kotle na tuhá paliva i přes nutnost skladování paliva. Nejlépe cenově vychází topení tvrdým štípaným dřevem, jehož cena se pohybuje kolem 1 100 Kč za metr krychlový. [57]

Kotel byl vybrán zplyňovací na dřevo Dřevoplyn DC30SX od firmy Atmos [58]. S kotlem na tuhá paliva se doporučuje použití akumulční nádrže, díky které kotel funguje na plný výkon až do vyhoření paliva při optimální účinnosti a snižuje tak spotřebu paliva a vyrovnává náběhy a doběhy kotle. V tomto případě byla zvolena akumulční nádrž s izolací o objemu 1 000 litrů obsahující i bojler pro ohřev TUV o objemu 200 l. Parametry kotle jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6.2 Parametry kotle DC30SX. [58]

Parametr	Hodnota
Jmenovitý tepelný výkon	30 kW
Účinnost	81–90 %
Cena vč. 21 % DPH (včetně akumulční nádrže)	44 800 + 37 006 Kč

6.2 Varianta se dvěma zdroji, bivalentní zapojení

6.2.1 Tepelné čerpadlo

Nejvíce se hodí pro modelový dům, jehož zahrada je udržovaná a značně zaplněna, realizovat tepelné čerpadlo využívající teplo venkovního vzduchu. Jelikož v modelovém domě není realizováno nucené větrání, jako nejvhodnější řešení se nabízí TČ vzduch/voda. Dimenzovat tepelné čerpadlo na plnou tepelnou ztrátu vychází poměrně draho a jeho plný výkon není vždy potřebný, z tohoto důvodu je uvažován bivalentní provoz s kotlem a tepelné čerpadlo se navrhuje na cca 80 % tepelných ztrát budovy. Takto navržené tepelné čerpadlo dokáže pokrýt potřeby tepla během otopného období dostatečně, kotel dopomáhá v nepříznivých mrazivých dnech nebo při ohřevu vody v případě větší spotřeby.

Při výběru tepelného čerpadla bylo dbáno na kvalitní systém regulace, umožňující například nastavení venkovní teploty, při které dojde k sepnutí bivalentního zdroje, popřípadě naopak umožňuje zakázání jeho provozu v případech, kdy to není potřebné.

Tato specifika splňuje tepelné čerpadlo EcoAir 420 společnosti Regulus spol. s r.o. [59] s následujícími technickými specifikacemi:

Tabulka 6.3 Technické specifikace tepelného čerpadla [59]

Teplota vzduchu	Výstupní teplota	Výkon [kW]	Příkon [kW]	Topný faktor
7 °C	55 °C	17,32	5,67	3,06
2 °C		13,67	5,42	2,52
-7 °C		11,43	5,22	2,19
-15 °C		8,72	4,95	1,76

Cena čerpadla činí 222 519 Kč vč. DPH.

Určení bodu bivalence

Jedná se o stanovení teploty venkovního vzduchu, při kterém dojde k sepnutí bivalentního zdroje, jelikož tepelné čerpadlo zvládne pouze kompenzovat tepelné ztráty. Určuje se graficky z průsečíku křivek tepelných ztrát objektu a výkonu TČ v závislosti na venkovní teplotě. [60]

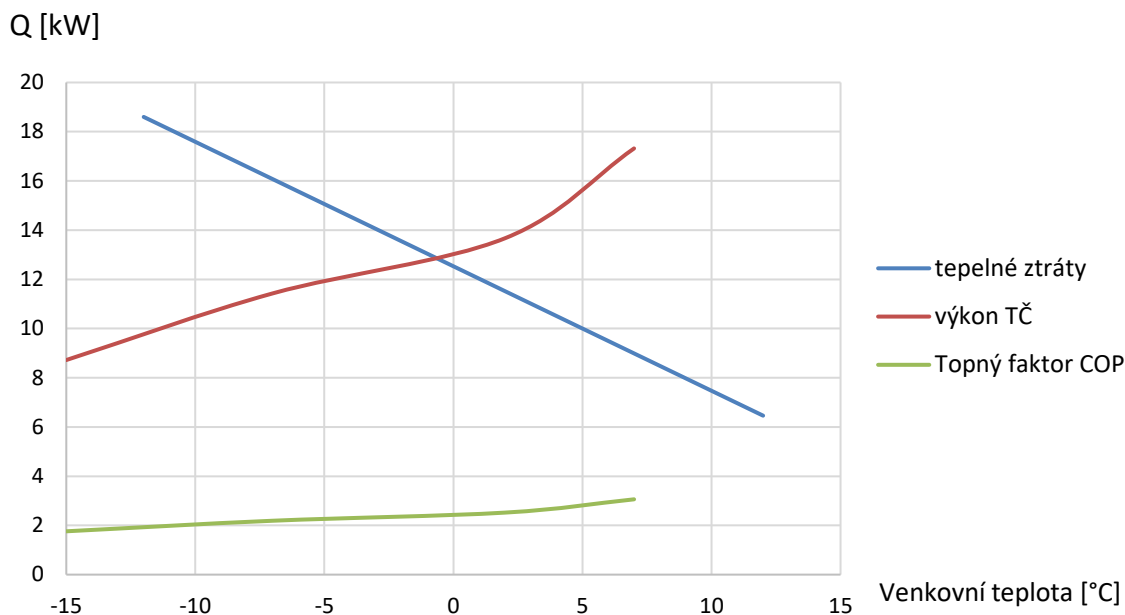
Bod ekvivalence je při teplotě $-0,6$ °C a výkon tepelného čerpadla je 13 kW. Pro určení minimálního výkonu bivalentního zdroje odečteme výkon TČ při výpočtové teplotě -12 °C a odečteme ji od tepelných ztrát. Výsledný výkon, kterým by měl disponovat druhý zdroj, je 9,2 kW.

Jako sekundární zdroj byl zvolen **elektrokotel** RAY12K společnosti Protherm [61] o daných technických specifikacích:

Tabulka 6.4 Technické specifikace elektrokotle RAY12K [56], [61]

Parametr	Hodnota
Výkon kotle	12 kW
Rozsah modulace	1 : 6, tj. 2–12 kW
Účinnost	99,5 %
Požizovací cena vč. 21 % DPH	23 099 Kč

Dále byla vybrána akumulční nádrž DUO 600/200 P od firmy Regulus spol. s r.o. o celkovém objemu 560 litrů s vnořeným zásobníkem pro přípravu TUV o objemu 190 litrů. Nádrž včetně izolace stojí 34 848 Kč vč. DPH. [62]



Graf 2 Grafická konstrukce bodu ekvivalence

6.2.2 Solární kolektory

Velmi častou a velmi oblíbenou variantou zapojení je hlavní zdroj tepla doplněný o systém solárních kolektorů, které se používají pro ohřev teplé vody. Jelikož modelový dům má značně vysoké tepelné ztráty, solární kolektory budou sloužit pouze pro sezónní ohřev teplé vody (od druhé poloviny května do poloviny října). Náklady na realizaci solárních kolektorů pro celoroční vytápění by byly příliš vysoké.

Solární kolektor byl vybrán KPG1+, společnosti Regulus spol. s r.o. [63]. Tento kolektor je plochý, kapalinový s vysoce selektivním povrchem absorbéru a splňující podmínky pro čerpání státních dotací, určených v kapitole 3.3.

Návrh solárních kolektorů – potřebná plocha pro ohřev TUV, byl proveden podle Topenářské příručky [60]. Jako charakteristický měsíc pro sezónní ohřev TUV byl vybrán červen, lokalita Brno, orientace kolektorů na jih pod úhlem 45°.

Denní spotřeba tepla pro ohřev TUV:

$$Q_{\text{spoř}} = \frac{c \cdot \rho \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3,6 \cdot 10^6} \quad (6.1)$$

Pro charakteristický měsíc červen byly odečteny potřebné klimatické hodnoty z Topenářské příručky, ze kterých se určí skutečné množství dopadající energie na kolektor za den:

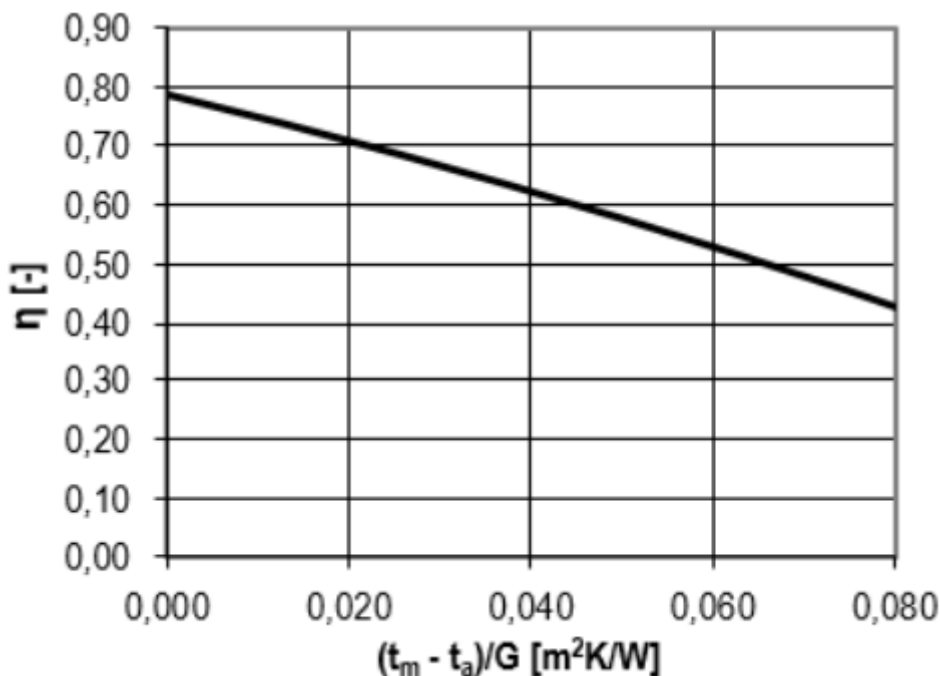
$$H_{\text{den}} = \tau_r \cdot H_{\text{den,teor}} \quad (6.2)$$

kde: τ_r je poměrná doba slunečního svitu, odečteno z Tab. 13.3–1 [60],
 $H_{\text{den,teor}}$ teoretické množství energie dopadající za den, odečteno z Tab. 13.3–2 [60].

Průměrnou účinnost slunečního kolektoru určíme pomocí grafu udávaného výrobcem v závislosti na parametru $\frac{t_m - t_{es}}{G_{stř}}$, kde střední teplotu t_m v kolektoru určíme $\frac{t_1 + t_2}{2}$. Poté jsme schopni určit energii zachycenou plochou 1 m² kolektoru za den jako:

$$Q_{A,den} = H_{den} \cdot \eta_k, \quad (6.3)$$

kde: η_k je průměrná účinnost kolektoru, určená z grafu:



Graf 3 Graf okamžité účinnosti na plochu apertury [63]

A poté jsme schopni určit celkovou potřebnou plochu kolektorů podle vztahu:

$$S_k = \frac{(1+p) \cdot Q_{spoř}}{Q_{A,den}}, \quad (6.4)$$

kde: p je zvýšení potřeby tepla o ztráty tepla v rozvodech systému, obvykle 10 až 15 %.

Na základě výpočtu bylo zjištěno, že pro ohřev TUV potřebujeme 2 solární kolektory. Jejich celková cena činí 29 016 Kč vč. DPH.

Tabulka 6.5 Návrh solárních kolektorů

Počet osob	n [-]	4
Spotřeba vody na osobu	V_{os} [m ³]	0,055
Denní spotřeba vody	V_{2p} [m ³]	0,22
Teplota studené vody	t_1 [°C]	10
Teplota teplé vody	t_2 [°C]	55
Azimuty kolektorů	β [°]	45
	γ [°]	±45
Denní spotřeba tepla pro ohřev TUV	$Q_{spoř}$ [kWh · den⁻¹]	11,5
Teoretické množství energie dopadající za den	$H_{den,teor}$ [kWh · m ⁻²]	8,2

Poměrná doba slunečního svitu	τ_r [-]	0,53
Střední intenzita slunečního záření	$G_{stř}$ [$W \cdot m^{-2}$]	502
Střední teplota v době slunečního svitu	t_{es} [$^{\circ}C$]	20,2
Skutečné množství energie dopadající za den	H_{den} [$kWh \cdot m^{-2}$]	4,346
Střední teplota absorbéru	t_m [$^{\circ}C$]	32,5
Určení parametru	[$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	0,0245
Průměrná účinnost absorbéru	η_k [-]	0,68
Energie zachycená jednotkovou plochou absorbéru	$Q_{A,den}$ [$kWh \cdot m^{-2}$]	2,955
Celková potřebná plocha kolektoru	S_k [m^2]	4,28
Plocha absorbéru vybraného kolektoru	S_a [m^2]	2,309
Počet kolektorů	a_{kol} [kus]	1,856
Počet kolektorů po zaokrouhlení	a_{kol} [kus]	2

Kotel na biomasu

Při uvažování kotle na pevná paliva byl využit již jednou zmíněný kotel v kapitole 6.1.2 s tím rozdílem, že byla vybrána odlišná akumulční nádrž od stejného výrobce, která umožňuje přímé zapojení solárních kolektorů pro ohřev TUV. Tato akumulční nádrž je také izolovaná, disponuje opět objemem 1000 l a objem zásobníku TUV je 140 litrů. [58]

Cena nádrže včetně izolace je 39 023 Kč vč. DPH.

Kondenzační kotel

V tomto případě byl využit již zmíněný kotel v kapitole 6.1.1, kde byla znovu vybrána akumulční nádrž, která jednak maximalizuje zisky solárních kolektorů, ale bude rovněž sloužit pro ohřev teplé vody. V případě kondenzačního kotle není potřeba tak objemné akumulční nádrže, proto byla vybrána akumulční nádrž DUO 390/130 PR od firmy Regulus spol. s r.o. o celkovém objemu 383 l, obsahující vnořený zásobník TUV o objemu 130 litrů. Nádrž je vybavena solárním výměníkem, který umožňuje zapojení solárních kolektorů pro ohřev TUV. [64]

Cena nádrže včetně izolace je 37 014 Kč vč. DPH.

6.2.3 Akumulační nádrž

V kapitole 6.1.2 a 6.2.2 byla zmíněna akumulční nádrž, aniž by byl vysvětlen její princip.

Jedná se v podstatě o velmi objemnou nádrž obsahující nejčastěji vodu, která je ohřívána na vysoké teploty, např. u zplyňovacích kotlů dosahují teploty 90–100 $^{\circ}C$. Toto teplo je pak využíváno v systému vytápění nebo pro ohřev TUV.

Akumulační nádrže je vhodné zapojovat do systému k maximálnímu využití tepelného čerpadla, solárních kolektorů a zdrojů, které nejsou jednoduše regulovatelné (kotle na biomasu). Dokážeme tím předejít například chodu slunečních kolektorů „naprázdno“, kdy by mohlo dojít k přehřátí kolektorů a jejich zničení. V případě tepelného čerpadla akumulční nádrž zamezuje cyklickému spínání a vypínání, které vede k podstatnému snížení jeho životnosti. Při použití dostatečně velké akumulční nádrže v zapojení se zplyňovacím kotlem zaručuje vysokou životnost kotle i komínu, dokonce je schopna pokrýt potřebu tepla v rozsahu 1 až 3 dní při správné konfiguraci. [65]

7 Pořizovací náklady a posouzení investic

Pořizovací náklady jednotlivých řešení jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 7.1 Pořizovací náklady uvažovaných řešení bez započítaných dotací

Varianta		Cena včetně DPH
Varianta s jedním hlavním zdrojem	Kondenzační kotel nepřímotopný zásobník TUV	64 771 Kč
	Zplyňovací kotel akumulační nádrž	81 806 Kč
Varianta se dvěma zdroji Bivalentní provoz	Tepelné čerpadlo Elektrokotel Akumulační nádrž	280 466 Kč
	Solární panely Zplyňovací kotel Akumulační nádrž	112 839 Kč
	Solární panely Kondenzační kotel Akumulační nádrž	116 487 Kč

7.1 Výpočet provozních nákladů

Z rovnice 5.34 jsme určili celkovou potřebu tepla za rok. Jednotlivé druhy paliva mají rozdílné výhřevnosti.

7.1.1 Topení dřevem

Pro určení provozních nákladů je nutné znát množství dřeva spotřebovaného za jednu topnou sezónu.

Výhřevnost palivového dřeva při uvažování 20 % vlhkosti je $Q_{vyhr} = 14,230 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ [61]. Pro množství potřebného dřeva pro vytápění (při uvažování účinnosti kotle $\eta = 88 \%$) v případě zapojení s jedním hlavním zdrojem platí vztah:

$$M_{dřevo} = \frac{Q_r}{Q_{vyhr}} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (7.1)$$

A v případě pouze vytápění a mimosezónního ohřevu vody pak platí vztah:

$$M_{dřevo} = \left(\frac{Q_{VYT,r}}{Q_{vyhr}} + \frac{Q_{TUV,r}}{Q_{vyhr}} \cdot \frac{7}{12} \right) \cdot \frac{1}{\eta} \quad (7.2)$$

Pro dřevo sypané (prms) platí přepočební vztah na plnometr (100 % dřeva v objemu 1 m^3), $1 \text{ plm} = 2,3 \text{ prms}$ [66]. Dále budeme uvažovat hustotu suchého dřeva $\rho = 780 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Roční náklady na vytápění pak vychází:

- Pro variantu s jedním zdrojem na 39 894 Kč.
- Pro variantu se zapojením solárních kolektorů na 35 773 Kč.

7.1.2 Topení plynem

Analogicky jako jsme počítali v kapitole 5.11. Uvažujeme účinnost kotle 101 %. Roční náklady na vytápění poté vychází:

- Pro variantu s jedním zdrojem na 68 596 Kč.
- Pro variantu se zapojením solárních kolektorů na 61 955 Kč.

7.1.3 Topení elektřinou

Pro elektrické vytápění je nabízena distribuční sazba elektrické energie D57d, která zahrnuje dva tarify, přičemž nízký tarif je odběrateli zaručen po dobu nejméně 20 hodin denně. Ceny tohoto tarifu účinné od 1. 3. 2017 jsou:

Tabulka 7.2 Cena tarifů elektrické energie společnosti E.ON [67]

Tarif	Cena Kč/MWh (orientační ceny s DPH)
Vysoký tarif	2313,33
Nízký tarif	1810,57
Proudový jistič 3x40A	494 Kč/měsíc

Pro průměrnou teplotu otopného období 5 °C vychází topný faktor COP 2,8 (zjištěn z grafu 2 v kapitole 6.2.1). To znamená, že tepelné čerpadlo z 1 kWh elektrické energie dokáže vyrobit 2,8 kWh energie tepelné.

Pro spotřebu tepla bivalentního zdroje bylo vycházeno z dat českého hydrometeorologického ústavu za období 2013–2016 [68], díky kterým byl odhadnut počet dní, kdy je teplota menší než 0 °C, na 48. Jedná se tedy přibližně o 13,15 % roku. Díky tomuto údaji jsme schopni spočítat teplo $Q_{VYT,BIV}$, které dodáme do systému během těchto dní pomocí elektrokotle.

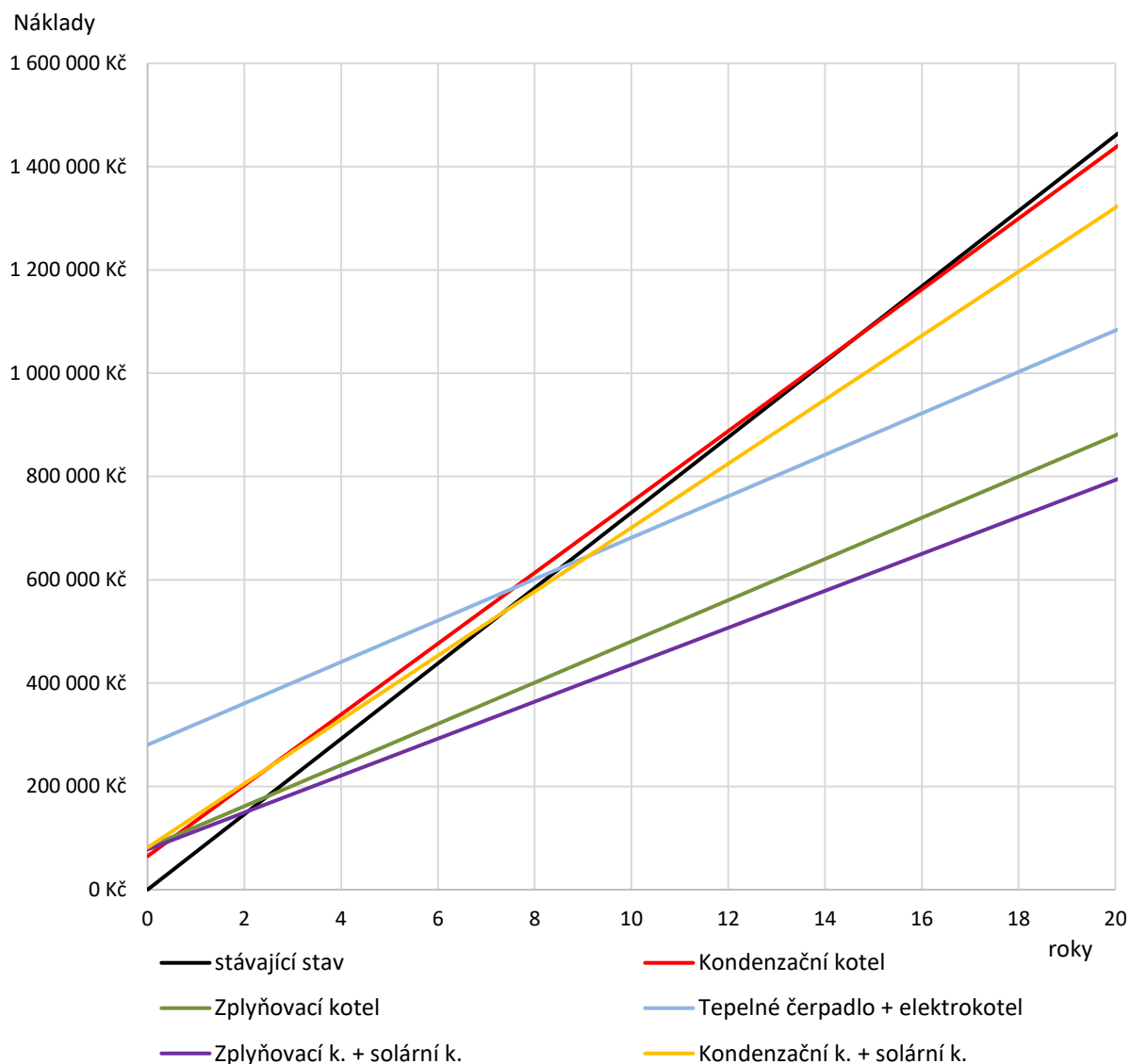
Tabulka 7.3 Určení potřeby tepla dodané TČ a elektrokotlem

Veličina	Hodnota
Celková potřeba tepla pro vytápění Q_T	42,782 MWh/rok
Teplo dodané elektrokotlem $Q_{VYT,BIV}$	5,562 MWh/rok
Teplo dodané TČ $Q_{VYT,TČ}$	37,220 MWh/rok
Elektrická energie spotřebovaná TČ	13,293 MWh/rok
Elektrická energie spotřebovaná elektrokotlem (účinnost 99,5 %)	5,590 MWh/rok

Roční náklady na vytápění poté vychází na 40 116 Kč.

7.2 Návratnost jednotlivých řešení

Porovnání jednotlivých navrhovaných řešení vůči sobě i původnímu stavu můžeme vidět na grafu 4. Je z něj patrné, že k prolínání křivek nákladů dochází v rozmezí 1 až 10 let, z tohoto důvodu byly vytvořeny další grafy, které tuto oblast zobrazují podrobněji. V těchto grafech už není zobrazena křivka kondenzačního kotle, jelikož k návratnosti tohoto řešení dochází až kolem 15. roku, tedy podstatně později než u ostatních uvažovaných řešení.

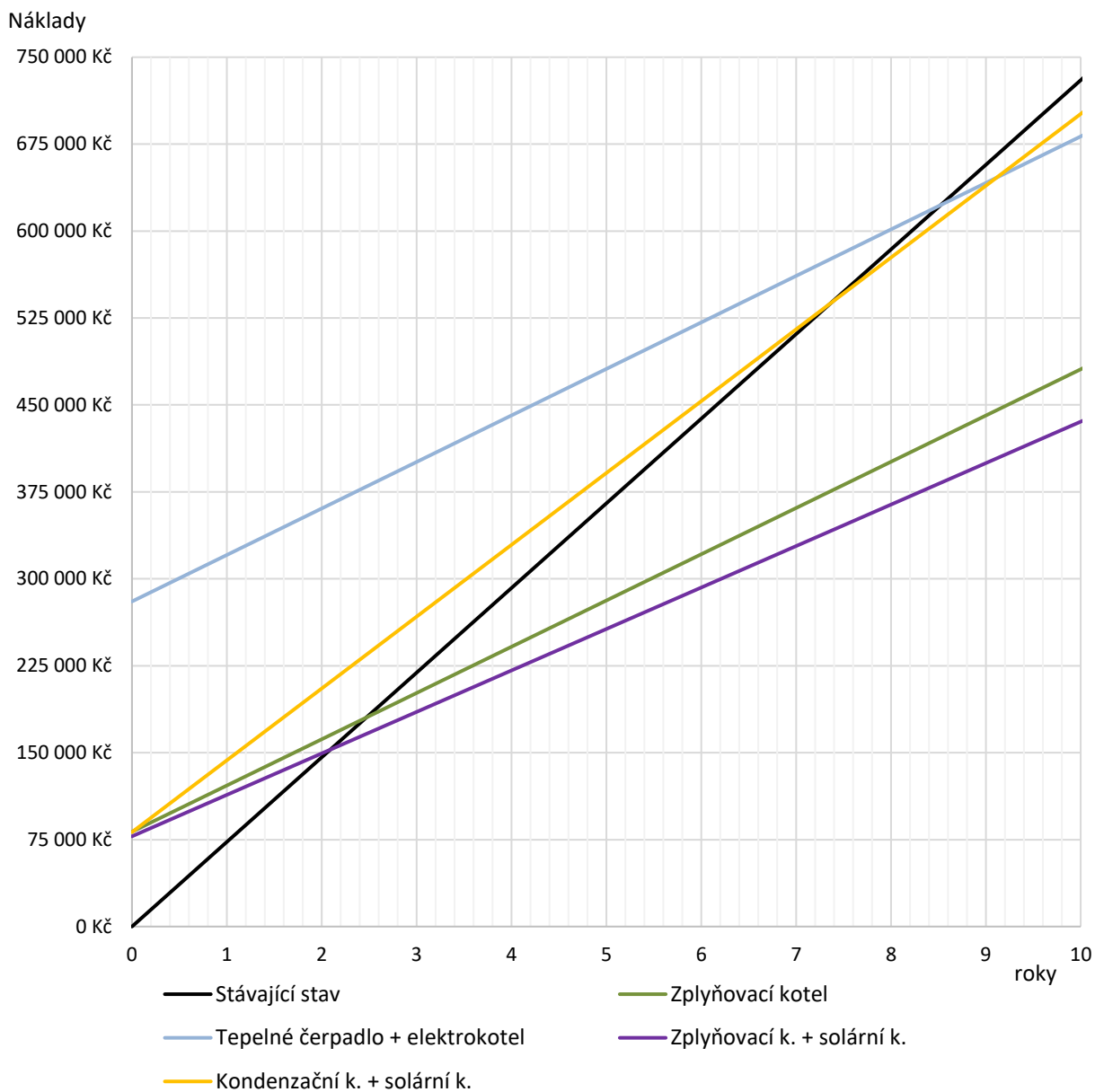


Graf 4 Porovnání jednotlivých variant včetně započtené dotace

Jako nejlepší řešení se ukázalo bivalentní zapojení zplyňovacího kotle se solárními kolektory. Jedním z důvodů je i možnost čerpání dotací, které činí 35 000 Kč. Díky této částce se návratnost posunula ze 3 let na 2,1 roku.

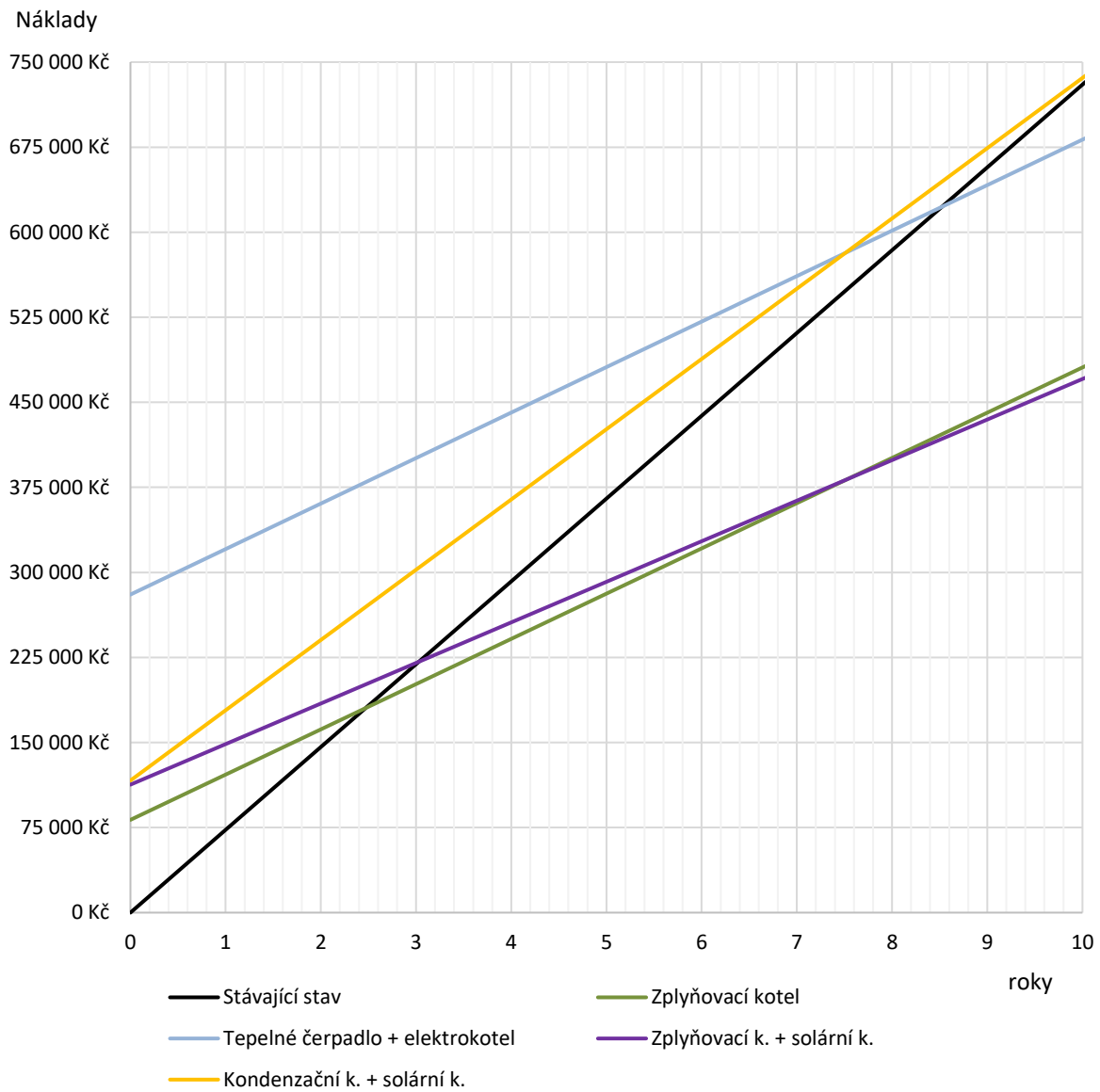
Jako druhé nejekonomičtější řešení s vysokou návratností je varianta s jedním hlavním zdrojem, konkrétně zplyňovacím kotlem na palivové dřevo. Investice do tohoto řešení se vrátí za 2,5 roku. V případě neuznání dotace na solární panely se dokonce stává nejúspornějším řešením. Kde by se částka 35 000 Kč do počáteční investice jevila jako zanedbatelná, v tomto případě prodlužuje návratnost investice vůči zplyňovacímu kotli až na 7,5 let.

Podobná situace nastává u porovnání kondenzačního kotle v zapojení se solárními kolektory a tepelného čerpadla s elektrokotlem. I zde dotace 35 000 Kč hraje významnou roli v návratnosti. Pokud je dotace uznána, návratnost vůči stávajícímu stavu vychází na 7,4 let, zatímco u tepelného čerpadla je návratnost 8,5 let. Nicméně po 9,1 letech se stává tepelné čerpadlo ekonomicky výhodnější a v horizontu následujících 10 let razantně odskakuje solárnímu systému. Pokud však dotace uznána není, křivka nákladů tepelného čerpadla protne křivku kondenzačního kotle se solárními panely ještě dříve než křivku stávajícího stavu. Tepelné čerpadlo se tedy stává úspornějším po 7,5 letech vůči solárnímu systému. Oproti stávajícímu stavu je návratnost nezměněna.



Graf 5 Hranice návratnosti jednotlivých řešení včetně dotací na solární kolektory

Elektrina, o které se tvrdí, že patří mezi nejdražší energie pro vytápění, vychází úsporněji než plynová řešení. Z grafů je patrné, že biomasa je se svojí cenou bezkonkurenční, a proto by se s ní mělo do budoucna počítat.



Graf 6 Zobrazení hranice návratnosti jednotlivých řešení bez dotací na solární kolektory

8 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout možného způsobu vytápění rodinného domu ve Vyškově. K návrhu bylo přistoupeno po shrnutí možných způsobů vytápění a následném výpočtu tepelných ztrát.

Nejprve byly určeny součinitelé prostupu tepla, které závisí na použitých stavebních materiálech. Jelikož byl modelový dům postaven v roce 1968 a o pár let později byla přistavena další část, bylo použito velké množství stavebních materiálů, konkrétně 18 typů, které vyústily v celkový počet 24 druhů stavebních konstrukcí. Výpočet tepelných ztrát byl proveden podle normy ČSN 12831. Tyto tepelné ztráty se skládají z tepelných ztrát prostupem, které byly vypočteny na 11,55 kW. Jedná se o celkem velkou hodnotu, kterou by bylo vhodné zredukovat například zateplením stropů nebo jižní strany domu, ovšem tyto opatření nejsou náplní této práce. Mezi další patří tepelné ztráty větráním, které byly vypočteny pro přirozené větrání a vyšly 4,029 kW. Poté byl připočten zátopový tepelný výkon, který činí 1,97 kW. Celková tepelná ztráta objektu pak činí 17,55 kW a po započtení tepelného výkonu pro ohřev vody 18,62 kW.

Dále byla spočítána minimální velikost zásobníku teplé vody, která činí 118 litrů. Poté byly určeny náklady na vytápění a ohřev vody pro stávající stav. Celková potřeba tepla činí 40,626 MWh/rok. Celkové náklady na vytápění plynem jsou 73 016 Kč.

Na základě vypočtených hodnot bylo navrženo celkem 5 variant vytápění a ohřevu vody, a to systém s jedním hlavním zdrojem nebo se dvěma zdroji. Při uvažování systému s jedním hlavním zdrojem byly vybrány tyto dvě možnosti:

- Kotel zplyňovací na topné dřevo Dřevoplyn DC30SX od firmy Atmos, s účinností 88 %.
- Kotel kondenzační na zemní plyn Panther Condens 30 KKO od firmy Protherm, s účinností 101 %.

Oba kotle disponují maximálním výkonem 30 kW. V případě kotle zplyňovacího byla do systému vytápění přidána akumulární nádrž, díky které je kotel schopen pracovat s optimální účinností, a to až do vyhoření. Navíc obsahuje zásobník TUV, který je o obsahu 200 l.

Při uvažování bivalentního zapojení to pak byly tyto 3 kombinace:

- Tepelné čerpadlo typu vzduch-voda EcoAir 420 od firmy Regulus spol. s r.o. a elektrokotle RAY12K od firmy Protherm, s účinností 99,5 %.
- Solární kolektory s již zmíněnými kotli.

Při uvažování bivalentních zapojení byla do systému vytápění přidána opět akumulární nádrž. Tepelné čerpadlo dosahuje výkonu 17,32 kW při podmínkách A7/W55. Pro toto čerpadlo byl určen bod bivalence $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pod touto teplotou spíná elektrokotel, který případné nedostatky kompenzuje. Tento případ dle dlouhodobých statistik ČHMÚ nastává ovšem pouze v cca 48 dnech ročně, ve zbylých dnech je tudíž tepelné čerpadlo dostatečným zdrojem tepla.

Solární panely byly dimenzovány tak, aby pokryly sezónní potřebu tepla pro ohřev teplé vody. K tomu jsou zapotřebí celkem 2 ploché kolektory KPG1+ firmy Regulus spol. s r.o. Během otopného období vodu ohřívá daný kotel. K plochým kolektorům byla vybrána akumulární nádrž se solárním výměníkem, celkovým objemem 383 l a zásobníkem TUV o objemu 130 litrů, DUO 390/130 PR od firmy Regulus spol. s r.o. v případě varianty s kondenzačním kotlem. V případě zplyňovacího kotle byla vybrána nádrž doporučena přímo výrobcem kotle s objemem 1 000 l a zásobníkem TUV o objemu 140 litrů.

V závěru práce byly jednotlivé varianty vytápění finančně vyhodnoceny. Nejvýhodnějším řešením je bivalentní zapojení solárních kolektorů se zplyňovacím kotlem

a akumulční nádrží. Roční náklady činí 35 773 Kč z čehož plyne roční úspora na vytápění 37 234 Kč. Jedná se tak o téměř 50% úsporu nákladů každým rokem za předpokladu, že zůstane zachován stejný poměr cen palivového dřeva a zemního plynu. Pořizovací náklady, s přidělenou státní dotací ve výši 35 000 Kč, činí 77 839 Kč. Návratnost této investice je vypočtena na 2,1 let. Pokud by žádosti o státní dotaci nebylo vyhověno, návratnost činí 3 roky a vůči zapojení pouze zplyňovacího kotle se stává výhodnější po 7,5 letech provozu.

Jako druhé nejvhodnější řešení se jeví bivalentní zapojení tepelného čerpadla a elektrokotle, a to i přesto, že elektřina patří mezi nejdražší druhy energie. Roční náklady na vytápění činí 40 116 Kč, a i přes vysoké pořizovací náklady, vyčíslené na 280 466 Kč, dochází k návratnosti investic za 8,5 let vůči stávajícímu stavu.

Majiteli domu byla navržena varianta zplyňovacího kotle se solárními panely. V případě jeho nezájmu o vytápění dřevem, k jehož nevýhodám patří nutnost dalšího zpracování dřeva, jeho skladování a posléze nutnost pravidelného doplňování zásobníku dřeva u kotle a vynášení popela, byla doporučena jiná varianta, konkrétně zapojení tepelného čerpadla s elektrokotlem. Toto provedení je téměř bezúdržbové, ovšem s výpadkem dodávky elektrické energie hrozí úplné přerušení dodávky energie tepelné.

9 Seznam použitých zdrojů

- 1 BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. 119 s. ISBN 978-80-214-4770-7.
- 2 BROŽ, Karel. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 205 s. ISBN 80-01-02536-5.
- 3 BALÁŠ, Marek, Martin LISÝ a Jiří MOSKALÍK. Kotle – 1. část. *Tzb-info.cz* [online]. 2012-03-19 [cit. 2017-02-11]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/8382-kotle-1-cast>
- 4 OCHRANA, Ladislav. *Kotle a výměníky tepla*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 85 s. ISBN 80-214-2847-3.
- 5 KOLONIČNÝ, Jan, Jiří HORÁK a Silvie PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011. 106 s. ISBN 978-80-248-2542-7.
- 6 O vytápění biomasou od A až do Z. *Ceska-peleta.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-02-13]. Dostupné také z: <http://www.ceska-peleta.cz/komfortni-teplisko/o-vytapani-biomasou-od-a-az-do-z/>
- 7 MACH Petr a Stojan ČERNODRINSKI. Možnosti vytápění krbem. *Dumabyt.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: https://www.dumabyt.cz/rubriky/interier/bydlime/moznosti-vytapani-krbem_21788.html
- 8 Možnosti vytápění krbovými kamny a vložkami – první část. *Tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6940-moznosti-vytapani-krbovymi-kamny-a-vlozkami-prvni-cast>
- 9 MĚCHURA, Petr: Nejúčinnější ekologický zdroj tepla pro vytápění rodinných domků. *Biom.cz* [online]. 2010-08-04 [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nejucinnejsi-ekologicky-zdroj-tepla-pro-vytapani-rodinnych-domku>. ISSN: 1801-2655
- 10 Teplovzdušné krby. *Krby-turyrna.cz* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: http://www.krby-turyrna.cz/teplovzdusne-krby?utm_source=idnes-partner&utm_medium=162043033
- 11 Krby s výměníkem. *Krby-turyrna.cz* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: http://www.krby-turyrna.cz/krbove-vlozky-s-vymenikem?utm_source=idnes-partner&utm_medium=162043033
- 12 Možnosti vytápění krbovými kamny a vložkami – pokračování. *Tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6976-moznosti-vytapani-krbovymi-kamny-a-vlozkami-pokracovani>
- 13 Akumulační krby. *Krby-turyrna.cz* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: http://www.krby-turyrna.cz/akumulacni-krby?utm_source=idnes-partner&utm_medium=162043033
- 14 STUPAVSKÝ, Vladimír: Zplynovací kotel na kusové dřevo, polena a dřevěné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovaci-kotel-na-kusove-drevo-polena-a-drevene-brikety>. ISSN: 1801-2655.
- 15 DLOUHÝ, Tomáš. *Kotelny a kogenerační jednotky*. [online]. Praha: ČVUT FSI [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: <http://fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U207/U2072/projektII.pdf>

- 16 TYDLITÁT, Vratislav, Tomáš OCELKA a Jiří HORÁK. Malé kotle pro spalování kapalných paliv v ČR. *OCHRANA OVZDUŠÍ* [online]. 2003, **2003**(1), 20–24 [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: <http://www.krollczech.cz/upload/files/akademie.pdf>
- 17 BALÁŠ, Marek, Martin LISÝ a Jiří MOSKALÍK. Kotle – 2. část. *Tzb-info.cz* [online]. 2012-04-02 [cit. 2017-02-14]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8438-kotle-2-cast>
- 18 VARGOVÁ, Katarína. Nízkoteplotní a kondenzační kotle. *Asb-portal.cz* [online]. 2009-03-10 [cit. 2017-02-18]. Dostupné také z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vytapani/nizkoteplotni-akondenzacni-kotle>
- 19 VALENTA, Vladimír. Kondenzační kotel pro každého (I). *Tzb-info.cz* [online]. 2002-02-01 [cit. 2017-02-18]. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i>
- 20 THE GO GREENA TEAM. What is a condensing boiler? *Gogreena.co.uk* [online]. 2013-06-19 [cit. 2017-04-02]. Dostupné také z: <http://gogreena.co.uk/what-is-a-condensing-boiler/>
- 21 Přednosti elektrického vytápění. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/306-prednosti-elektrickeho-vytapani>
- 22 DUFKA, J. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007. Profi & Hobby. 112 s. ISBN 978-80-247-2019-7.
- 23 Investujte do tepelných čerpadel. *Veoliawater2energy.com* [online]. [cit. 2017-02-18]. Dostupné také z: <http://www.veoliawater2energy.com/cz/reference/tepelna-cerpadla/>
- 24 HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (I). *Tzb-info.cz* [online]. 2002-04-16 [cit. 2017-02-18]. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
- 25 Energie prostředí, geotermální energie a tepelná čerpadla. *Czrea.org* [online]. [cit. 2017-02-18]. Dostupné také z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/geotermika>
- 26 HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (II). *Tzb-info.cz* [online]. 2002-04-19 [cit. 2017-02-18]. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>
- 27 SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. Brno: ERA, 2005. 21. století. 68 s. ISBN 80-7366-031-8.
- 28 Tepelná čerpadla země-voda. *MVB.cz* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné také z: <http://www.mvb.cz/domacnosti/tepelna-cerpadla/zeme-voda/>
- 29 Tepelná čerpadla voda-voda. *MVB.cz* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné také z: <http://www.mvb.cz/domacnosti/tepelna-cerpadla/voda-voda/>
- 30 Tepelná čerpadla vzduch-voda. *MVB.cz* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné také z: <http://www.mvb.cz/domacnosti/tepelna-cerpadla/vzduch-voda/>
- 31 LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. *Solární zařízení*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. Stavitel. 268 s. ISBN 80-247-0362-9.
- 32 Princip solárního kolektoru. *Cez.cz* [online]. [cit. 2017-02-22]. Dostupné také z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- 33 MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. Stavitel. 256 s. ISBN 978-80-247-3525-2.

- 34 MATUŠKA, Tomáš. Typy solárních kolektorů. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-02-26]. Dostupné také z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- 35 ŠOUREK, Bořivoj. Přímé využití sluneční energie – systémy využívající fototerální kapalinové kolektory I. *Tzb-info.cz* [online]. 2010-05-31 [cit. 2017-04-02]. Dostupné také z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fotothermalni-kapalinove-kolektory-i>
- 36 MATUŠKA, Tomáš. Účinnost vakuových trubkových solárních kolektorů (I). *Tzb-info.cz* [online]. 2008-06-09 [cit. 2017-04-02]. Dostupné také z: <http://oze.tzb-info.cz/4903-ucinnost-vakuovych-trubkovych-solarnich-kolektoru-i>
- 37 3. výzva pro rodinné domy. *Novazelenausporam.cz* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné také z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/>
- 38 Podmínky oblasti podpory C. *Novazelenausporam.cz* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné také z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>
- 39 Závažné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám RODINNÉ DOMY v rámci 3. výzvy k podávání žádostí. *Novazelenausporam.cz* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné také z: http://www.novazelenausporam.cz/file/818/nzu_zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd-3-vyzva_11-2016.pdf
- 40 Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v operačním programu Životní prostředí pro období 2014-2020. *sfzp.cz* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné také z: https://www.sfpz.cz/soubor-ke-stazeni/54/16463-przap_2014_2020_v3.pdf
- 41 Snížit emise z lokálního vytápění domácností podílející se na expozici obyvatelstva koncentracím znečišťujících látek. *Opzp.cz* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné také z: <http://www.opzp.cz/podporovane-oblasti/2-1-snizit-emise-z-lokalniho-vytapeni-domacnosti-podilejici-se-na-expozici-obyvatelstva-koncentracim-znecistujicich-latek?id=9>
- 42 ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- 43 ČSN 73 0540–3. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- 44 *Porovnání náročnosti jednotlivých období na vytápění (1996–2016)* [online]. VYTEZA, s.r.o. © 2014 [cit. 18.12.2016]. Dostupné z: <http://www.vyteza.cz/home/ke-stazeni/>
- 45 PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. 192 s. ISBN 978-80-214-4300-6.
- 46 Součinitel tepelné vodivosti. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-01-20]. Dostupné také z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>
- 47 Součinitel tepelné vodivosti. *Prirodnistavba.cz* [online]. [cit. 2017-01-20]. Dostupné také z: <http://www.prirodnistavba.cz/popup/soucinitel-tepelne-vodivosti-33e.html>
- 48 Topinfo s.r.o: *tzp-info.cz* [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné také z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html
- 49 Součinitel prostupu tepla. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-01-20]. Dostupné také z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

- 50 PANOVEC, Vladan a Jiří ŠÁLA. Problémy při stanovení prostupu zeminou. *Tzb-info.cz* [online]. 2011-10-24 [cit. 2017-01-25]. Dostupné také z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7964-problemy-pri-stanoveni-prostupu-tepla-zeminou>
- 51 ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- 52 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-01-29]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- 53 Používané jednotky spotřeby tepla. *Cez.cz* [online]. [cit. 2017-01-29]. Dostupné také z: <https://www.cez.cz/teplarenska/cs/radce/energeticka-gramotnost/pouzivane-jednotky-spotreby-tepla.html>
- 54 KOPÁČKOVÁ, Dagmar. Co se změní u plynových kotlů od září 2015. *Tzb-info.cz* [online]. 2015-07-03 [cit. 2017-03-20]. Dostupné také z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12934-co-se-zmeni-u-plynovych-kotlu-od-zari-2015>
- 55 Závěsné plynové kondenzační kotle Panther Condens. *Protherm.cz* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/projekcni-podklady/pp-1-3-panther-condens-verze-5-653509.pdf>
- 56 Ceník výrobků 2017. *Protherm.cz* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/cen-ky/cenik-protherm-2017-v-13032017-941567.pdf>
- 57 Palivové dřevo. *Medl.cz* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <http://medl.cz/cs/Palivove-drevo-c59.html>
- 58 Zplyňovací kotle na dřevo. *Atmos.eu* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <http://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-drevo/>
- 59 Tepelné čerpadlo EcoAir 420 (SVT 1156). *Regulus.cz* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <http://www.regulus.cz/cz/tepelne-cerpadlo-ecoair-420-svt-1156>
- 60 BAŠTA, Jiří. *Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. 1. vyd. Praha: GAS, 2001, 2417 s. ISBN 80-861-7682-7.
- 61 RAY. *Protherm.cz* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/prospekty/prospekt-ray-v220220016-681201.pdf>
- 62 Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 600/200 P. *Regulus.cz* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné také z: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-se-zasobnikem-duo-600-200-p>
- 63 Sluneční kolektor KPG1+. *Regulus.cz* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné také z: <http://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kpg1-plus>
- 64 Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 390/130 PR. *Regulus.cz* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné také z: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-se-zasobnikem-duo-390-130-pr>
- 65 Instalace kotlů – Akumulace. *Atmos.eu* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné také z: <http://www.atmos.eu/instalace-kotlu/>
- 66 Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva. *Tzb-ifno.cz* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>

- 67 Ceník DUBEN dodávky elektřiny E.ON Energie, a.s. pro zákazníky kategorie D – Domácnosti. *Eon.cz* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné také z: <https://www.eon.cz/-a88035?field=data>
- 68 Měsíční přehledy pozorování. *Portal.chmi.cz* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné také z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data>

10 Seznam použitých symbolů a veličin

Symbol	Jednotka	Význam
A_g	[m ²]	Plocha uvažované podlahové konstrukce
A_i	[m ²]	Plocha místností
A_k	[m ²]	Plocha stavební části
a_{kol}	[kus]	Počet kolektorů
B'	[m]	Charakteristický parametr
b_u	[-]	Teplotní redukční činitel
COP	[-]	Topný faktor
c	[J · kg ⁻¹ · K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita
D	[den · K]	Vytápěcí denostupně
d	[den]	Délka otopného období
d	[m]	Tloušťka
e_i	[-]	Stínící činitel
e_k	[-]	Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům
f_{g1}	[-]	Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
f_{g2}	[-]	Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
f_{ij}	[-]	Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
f_{RH}	[W · m ⁻²]	Korekční součinitel závisející na době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době
$G_{stř}$	[W · m ⁻²]	Střední intenzita slunečního záření
G_w	[-]	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
H_{den}	[kWh · m ⁻²]	Skutečné množství energie dopadající za den
$H_{den,teor}$	[kWh · m ⁻²]	Teoretické množství energie dopadající za den
H_{iu}	[W · K ⁻¹]	Součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným a nevytápěným prostorem
$H_{T,ie}$	[W · K ⁻¹]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	[W · K ⁻¹]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy
$H_{T,ij}$	[W · K ⁻¹]	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu

$H_{T,iue}$	$[W \cdot K^{-1}]$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
H_{ue}	$[W \cdot K^{-1}]$	Součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru do venkovního prostředí
$H_{V,i}$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
$M_{dřevo}$	$[kg_{dřevo} \cdot rok^{-1}]$	Množství potřebného dřeva pro vytápění
N	[den]	Počet pracovních dní soustavy v roce
n	[-]	Počet osob
n_{min}	[hod ⁻¹]	Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu
n_{50}	[hod ⁻¹]	Intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu
P	[m]	Obvod uvažované podlahové konstrukce
p	[-]	Zvýšení potřeba tepla o ztráty tepla v rozvodech systému
plm	[m ³]	Plnometr
$prms$	[m ³]	Prostorový metr sypaný
$Q_{A,den}$	$[kWh \cdot m^{-2}]$	Energie zachycená jednotkovou plochou absorbéru
Q_r	$[MWh \cdot rok^{-1}]$	Celková spotřeba tepla za rok
$Q_{spoř}$	$[kWh \cdot den^{-1}]$	Denní spotřeba tepla pro ohřev teplé vody
$Q_{TUV,d}$	$[kWh \cdot den^{-1}]$	Denní spotřeba tepla pro ohřev teplé užitkové vody
$Q_{TUV,r}$	$[MWh \cdot rok^{-1}]$	Roční spotřeba tepla na ohřev teplé užitkové vody
Q_{vyhr}	$[MJ \cdot kg^{-1}]$	Výhřevnost palivového dřeva při 20 % vlhkosti
$Q_{VYT,BIV}$	$[MWh \cdot rok^{-1}]$	Teplo dodané elektrokotlem
$Q_{VYT,TČ}$	$[MWh \cdot rok^{-1}]$	Teplo dodané tepelným čerpadlem
$Q_{VYT,r}$	$[MWh \cdot rok^{-1}]$	Roční spotřeba tepla na vytápění
Q_1	[kWh]	Teplo dodané ohřivačem do teplé vody v čase t od počátku periody
Q_2	[kWh]	Teplo odebrané teplé vodě v jednotlivých fázích
Q_{1P}	[kWh]	Teplo dodané ohřivačem do vody během periody
Q_{2t}	[kWh]	Celková potřeba tepla na ohřev vody
Q_{2z}	[kWh]	Ztracené teplo při ohřevu a distribuci teplé vody
R	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor
R_c	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Celkový tepelný odpor

R_{se}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
S_a	$[m^2]$	Plocha absorberu vybraného kolektoru
S_k	$[m^2]$	Celková potřebná plocha kolektoru
t	[hod]	Časová perioda
t_{es}	$[^\circ C]$	Průměrná venkovní teplota ve dnech vytápění
t_m	$[^\circ C]$	Střední teplota v kolektoru
t_{svl}	$[^\circ C]$	Teplota studené vody v létě
t_{svz}	$[^\circ C]$	Teplota studené vody v zimě
t_1	$[^\circ C]$	Teplota studené vody
t_2	$[^\circ C]$	Teplota ohřáté vody
U_k	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí
$U_{equiv,k}$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí
V_i	$[m^3]$	Objem místnosti
\dot{V}_i	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$	Výměna vzduchu
$\dot{V}_{inf,i}$	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$	Výměna vzduchu infiltrací spárami a styky obvodového pláště budovy
$\dot{V}_{min,i}$	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$	Hygienické množství zvuku
V_{os}	$[m^3]$	Spotřeba vody na osobu
V_z	$[m^3]$	Objem zásobníku
V_{2p}	$[m^3]$	Denní spotřeba vody
z	[-]	koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody
α	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Součinitel přestupu tepla
β	$[^\circ]$	Azimut kolektoru
γ	$[^\circ]$	Azimut kolektoru
Δh	[m]	Rozdíl nadmořské výšky místa budovy a základní nadmořské výšky
ΔQ_{max}	[kWh]	Největší možný rozdíl mezi Q_1 a Q_2
$\Delta \theta_e$	[K]	Výškový teplotní gradient
$\Delta \theta_{e,0}$	[K]	Základní teplotní gradient pro danou oblast
ε	[-]	Opravný součinitel
ε_i	[-]	Výškový korekční činitel
η	[-]	Účinnost
η_k	[-]	Průměrná účinnost absorberu.

η_o	[-]	Účinnost obsluhy
η_r	[-]	Účinnost rozvodu vytápění
θ_e	[°C]	Venkovní výpočtová teplota
$\theta_{e,100}$	[°C]	Základní návrhová teplota venkovního vzduchu pro danou oblast
$\theta_{int,i}$	[°C]	Vnitřní výpočtová teplota
$\theta_{m,e}$	[°C]	Průměrná venkovní teplota během otopného období
$\theta_{m,int}$	[°C]	Průměrná vnitřní teplota
θ_u	[°C]	Teplota nevytápěného prostoru
$\theta_{vytap.soused.prost.}$	[°C]	Teplota vytápěného sousedního prostoru na výrazně odlišnou teplotu
θ_1	[°C]	Teplota studené vody
θ_2	[°C]	Teplota teplé vody
λ	[W · m ⁻¹ · K ⁻¹]	Součinitel tepelné vodivosti
ρ	[kg · m ⁻³]	Hustota
τ_r	[-]	Poměrná doba slunečního svitu
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Celkový tepelný výkon
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Zátopový tepelný výkon
$\Phi_{T,i}$	[W]	Tepelné ztráty prostupem
$\Phi_{V,i}$	[W]	Tepelné ztráty větráním
Φ_{1n}	[kW]	Jmenovitý tepelný výkon ohřevu

11 Seznam použitých zkratek

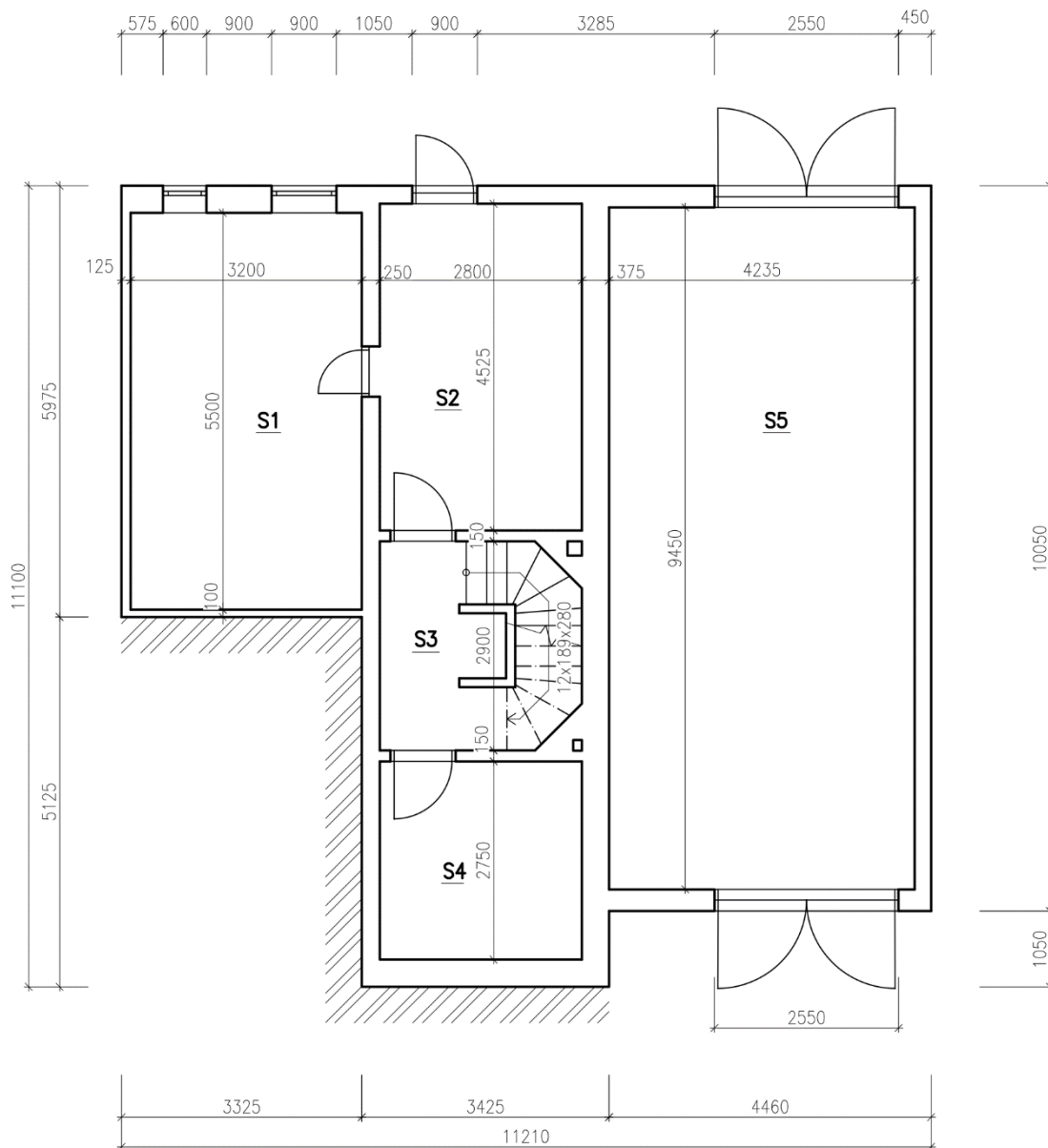
COP	Topný faktor
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
N	Nadzemní podlaží
NZÚ	Nová zelená úsporám
OPŽP	Operační program Životní prostředí 2014-2020
P	Přízemí
PLM	Plnometr
PP	Podzemní podlaží
PRMS	Prostorový metr sypaný
SFŽP ČR	Státní fond životního prostředí České republiky
TČ	Tepelné čerpadlo
TUV	Teplá užitková voda

12 Seznam příloh

PŘÍLOHA A – PŮDORYSY MODELOVÉHO DOMU	69
PŘÍLOHA B – VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA.....	72
PŘÍLOHA C – VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM	78
PŘÍLOHA D – VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM.....	92

PŘÍLOHA A – PŮDORYSY MODELOVÉHO DOMU

SUTERÉN



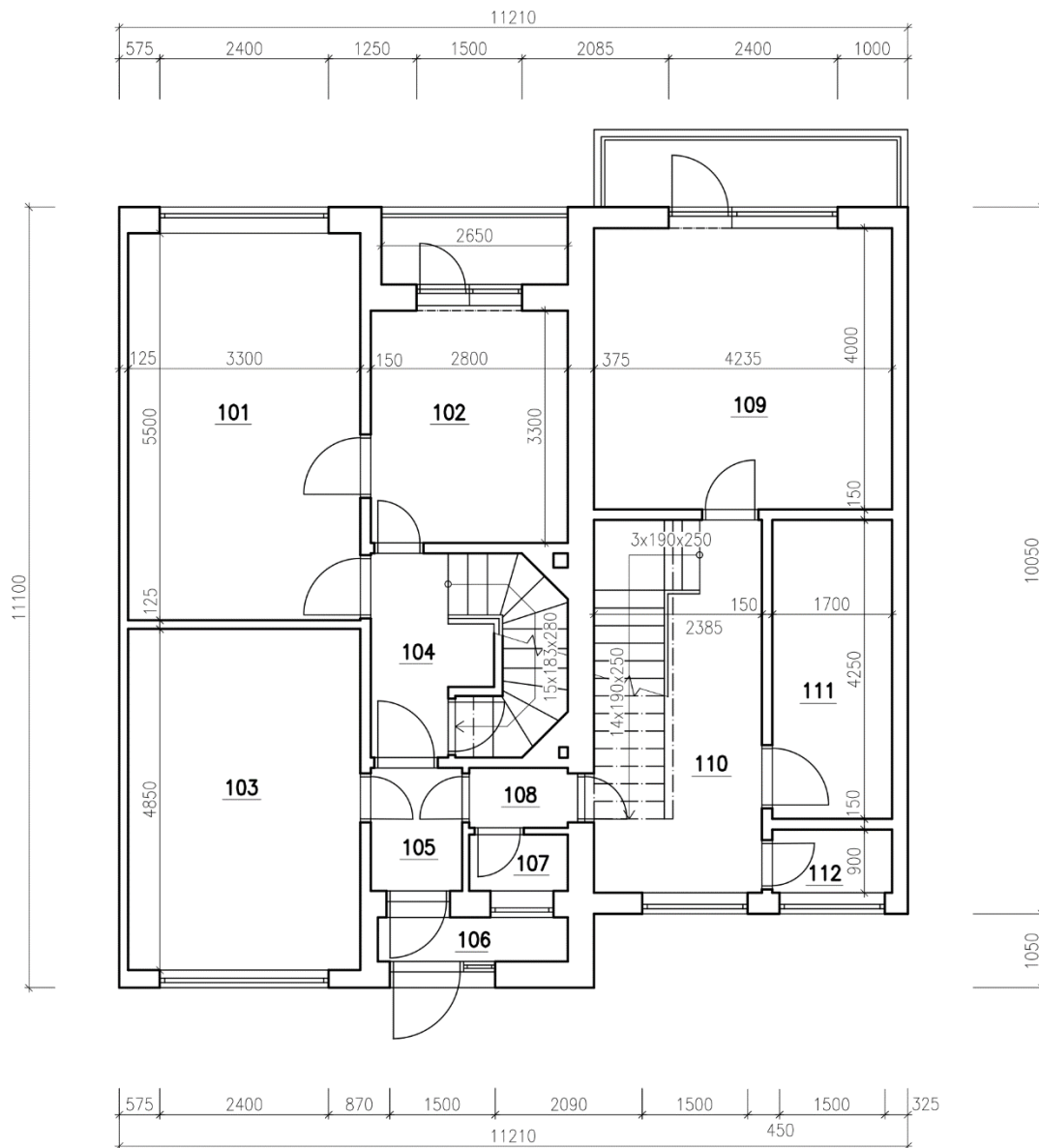
LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m ²)
S1	PRÁDELNA	17,60
S2	KOTELNA	12,67
S3	CHODBA	8,12
S4	PITÍ	7,70
S5	PRŮJEZD	38,06

MĚŘÍTKO 1:100



1. NADZEMNÍ PATRO

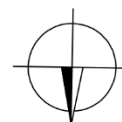


LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

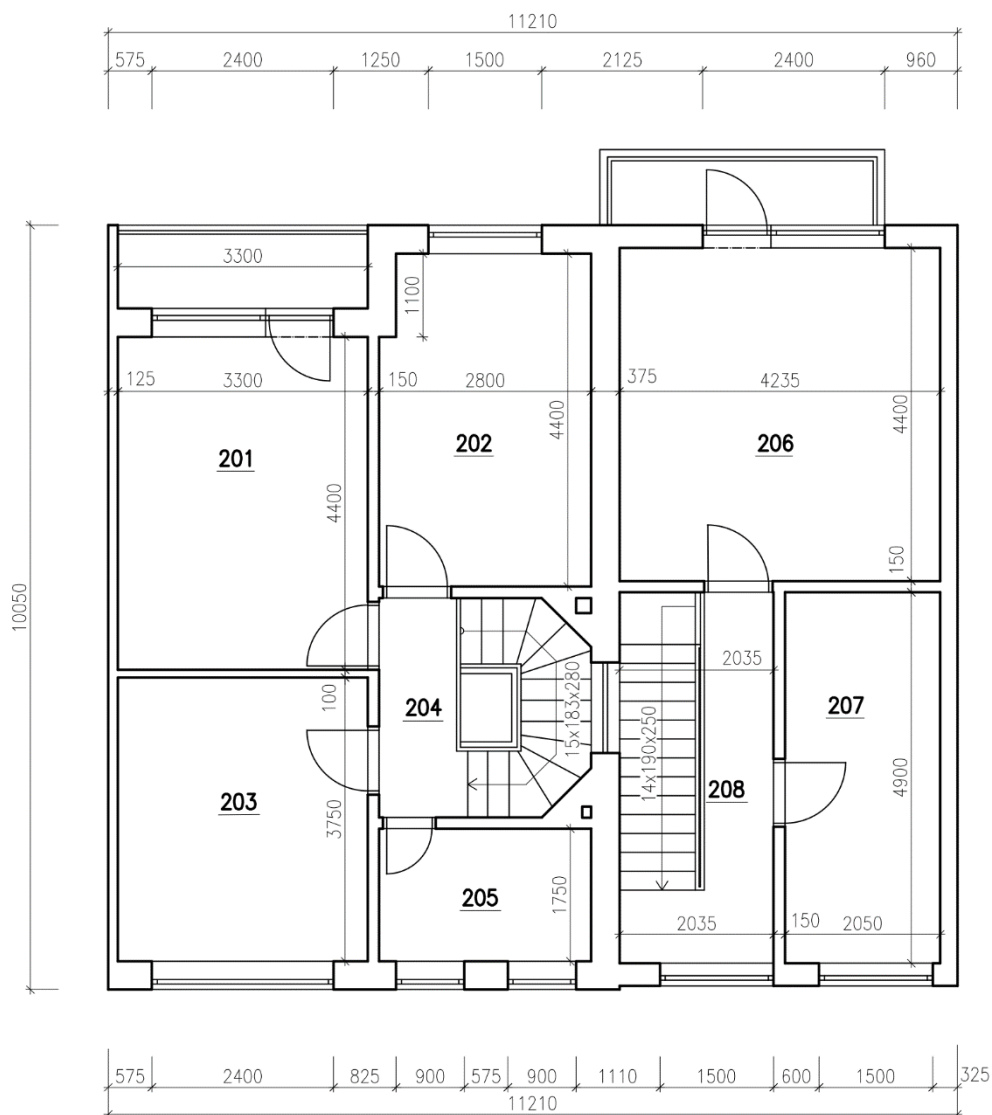
OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m ²)
101	OBÝVACÍ POKOJ	18,15
102	KUCHYNĚ	9,24
103	GARÁŽOVÝ POKOJ	16,01
104	CHODBA SPODNÍ	3,19
105	VSTUPNÍ HALA	2,28
106	PŘEDDVEŘÍ	1,69
107	WC	1,20

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m ²)
108	CHODBA BABIČKA	1,28
109	LOŽNICE II	16,94
110	CHODBA SPODNÍ II	12,64
111	KOUPELNA II	7,23
112	WC II	1,53

MĚŘÍTKO 1:100



2. NADZEMNÍ PATRO



LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m ²)
201	DĚTSKÝ POKOJ	12,32
202	DĚTSKÝ POKOJ II	14,52
203	LOŽNICE	12,38
204	CHODBA HORNÍ	3,19
205	KOUPELNA	4,9
206	OBÝVACÍ POKOJ II	18,63
207	KUCHYŇĚ II	10,05
208	CHODBA HORNÍ II	5,07

MĚŘÍTKO 1:100



PŘÍLOHA B – VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA

Označení		Popis	d	λ	R	U_k
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
Označení stavební části						
Kód stavební části	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			R_{si}	
	Kód	Název materiálu	d_1	λ_1	$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$	
				
	Kód	Název materiálu	d_n	λ_n	$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$	
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			R_{se}	
Celková tloušťka a U_k			$\sum d_i$		$\sum R_i$	$\frac{1}{\sum R_i}$
JIŽNÍ STRANA – vnější obvodová – starý dům						
1a	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,990	0,015	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,630	0,595	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a U_k			0,405		
JIŽNÍ STRANA – vnější obvodová – přístavba						
1b	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,990	0,015	
	3	Zdivo z plných cihel	0,300	0,800	0,375	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a U_k			0,330		
SEVERNÍ STRANA – vnější obvodová – starý dům						
2a	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,990	0,015	
	4	Polystyren	0,100	0,051	1,961	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,630	0,595	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a U_k			0,505		2,758	0,363
SEVERNÍ STRANA – vnější obvodová – přístavba						
2b	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,99	0,015	
	4	Polystyren	0,100	0,051	1,961	
	3	Zdivo z plných cihel	0,300	0,800	0,375	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,88	0,017	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a U_k			0,430		2,538	0,394

3a	Stěna mezi dětským pokojem 202 a balkonem					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)		0,130		
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,990		0,015
	4	Polystyren	0,050	0,051		0,980
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,630		0,595
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)		0,040		
	Celková tloušťka a U_k		0,455			1,778
4a	Stěna mezi pokojem 101, 109 a balkonem					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)		0,130		
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,990		0,015
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,300	0,630		0,476
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)		0,04		
	Celková tloušťka a U_k		0,330			0,678
5a	STROPY – Z 2.NP na půdu – starý dům					
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	4	Polystyren	0,050	0,051		0,980
	7	Cementový potěr	0,010	1,160		0,009
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	Celková tloušťka a U_k		0,275			1,333
5b	STROPY – Z 2.NP na půdu – přístavba					
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	10	Hurdy	0,080	0,570		0,140
	4	Polystyren	0,050	0,051		0,980
	1	Podkladový beton (mazanina)	0,050	1,300		0,038
	7	Cementový potěr	0,010	1,160		0,009
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,04		
Celková tloušťka a U_k		0,205		1,385	0,722	
6b	STROPY – Z 1.NP do 2.NP – přístavba					
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	10	Hurdy	0,080	0,570		0,140
	11	Fibrex	0,375	0,210		0,095
	14	Lepenka A 400H	0,015	0,200		0,050
	12	Dřevotřískové desky	0,020	0,180		0,111
	1	Podkladový beton (mazanina)	0,050	1,300		0,038
	9	Škvára	0,030	0,270		0,111
	16	PVC	0,005	0,190		0,026
	15	Koberec	0,01	0,065		0,154
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		

	Celková tloušťka a U_k	0,240		0,943	1,060	
	STROPY – starý dům, pokoj č. 104, 108, S3					
7a	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,020	1,160		0,017
	18	Dlaždice	0,010	1,300		0,008
	15	Koberec	0,010	0,065		0,154
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	Celková tloušťka a U_k	0,255		0,522	1,914	
	PODLAHY – přístavba, pokoj č. 109					
7b	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	10	Hurdy	0,080	0,570		0,140
	11	Fibrex	0,020	0,210		0,095
	14	Lepenka A 400H	0,010	0,200		0,050
	12	Dřevotřískové desky	0,020	0,180		0,111
	1	Podkladový beton (mazanina)	0,050	1,300		0,038
	9	Škvára	0,030	0,270		0,111
	16	PVC	0,005	0,190		0,026
	15	Koberec	0,010	0,065		0,154
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
		Celková tloušťka a U_k	0,240			1,083
	STROPY – starý dům, pokoj č. S2, 101					
8a	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,020	1,160		0,017
	18	Dlaždice	0,010	1,300		0,008
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně		0,040		
	Celková tloušťka a U_k	0,245		0,309	3,241	
	PODLAHY – přístavba, pokoj č. 110, 111, 112					
8b	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	10	Hurdy	0,080	0,570		0,140
	11	Fibrex	0,020	0,210		0,095
	14	Lepenka A 400H	0,010	0,200		0,050
	12	Dřevotřískové desky	0,020	0,180		0,111
	1	Podkladový beton (mazanina)	0,050	1,300		0,038
	9	Škvára	0,030	0,270		0,111
	16	PVC	0,005	0,190		0,026
	18	Dlaždice	0,010	1,300		0,008
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
		Celková tloušťka a U_k	0,240			0,937

9a	STROPY – starý dům, pokoj č. 103, 106					
	25	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)		0,100		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,020	1,160		0,017
	4	Polystyren	0,050	0,051		0,980
	14	Lepenka A 400H	0,010	0,200		0,050
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně		0,040		
	Celková tloušťka a U_k		0,295			1,331
10a	PODLAHY – starý dům, pokoj č. 106, 204					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,020	1,160		0,017
	18	Dlaždice	0,010	1,300		0,008
	15	Koberec	0,010	0,065		0,154
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	Celková tloušťka a U_k		0,255			0,662
11a	PODLAHY – starý dům, pokoj č. 107, 205					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,0200	1,160		0,017
	18	Dlaždice	0,010	1,300		0,017
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	Celková tloušťka a U_k		0,245			0,509
12a	PODLAHY – starý dům, pokoj č. 102, 105					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,020	0,650		0,031
	16	PVC	0,020	0,190		0,105
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	Celková tloušťka a U_k		0,255			0,620
13a	PODLAHY – starý dům, pokoj č. 101					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880		0,017
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580		0,127
	7	Cementový potěr	0,020	0,650		0,031
	17	Parkety	0,010	0,120		0,0833
	15	Koberec	0,010	0,065		0,154
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)		0,170		
Celková tloušťka a U_k		0,255		0,752	1,331	

14a	VNITŘNÍ STĚNY – starý dům					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,150	0,630	0,238	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	Celková tloušťka a U_k		0,180		0,532	
14b	VNITŘNÍ STĚNY – přístavba					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	3	Zdivo z plných cihel	0,15	0,800	0,188	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	Celková tloušťka a U_k		0,180		0,482	
15a	VNITŘNÍ STĚNA – starý dům, mezi 205 a 208					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,630	0,595	
	18	Dlaždice	0,010	1,300	0,008	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
Celková tloušťka a U_k		0,415		0,897	1,115	
16a	VNITŘNÍ STĚNA – starý dům, mezi S2,3,4 a S5					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,630	0,595	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	Celková tloušťka a U_k		0,405		0,889	
17a	VNITŘNÍ STĚNY – starý dům, sklepy od zeminy 37,5					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,375	0,630	0,595	
	13	Lepenka IPA	0,010	0,200	0,050	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,88	0,017	
	Celková tloušťka a U_k		0,415		0,809	
18a	VNITŘNÍ STĚNY – starý dům, sklepy od zeminy 20					
	23	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	3	Zdivo z příčně děrovaných cihel	0,200	0,630	0,317	
	13	Lepenka IPA	0,010	0,200	0,050	
	5	Omítka (vápenná)	0,015	0,880	0,017	
	Celková tloušťka a U_k		0,240		0,532	

19a	PODLAHY – starý dům, pokoj č. 202 - balkon					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)			0,170	
	6	Fasáda (vápenocementová)	0,015	0,990	0,015	
	8	Stropní desky – panely	0,200	1,580	0,127	
	7	Cementový potěr	0,020	1,160	0,017	
	16	PVC	0,005	0,190	0,026	
	15	Koberec	0,010	0,065	0,154	
	4	Polystyren	0,050	0,051	0,980	
	24	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,04	
	Celková tloušťka a U_k		0,300		1,530	
20ab	PODLAHY – starý dům + přístavba, zemina					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)			0,170	
	7	Cementový potěr	0,020	0,650	0,031	
	1	Podkladový beton (mazanina)	0,130	1,300	0,100	
	13	Lepenka IPA	0,010	0,200	0,050	
	18	Dlaždice	0,010	1,300	0,008	
	Celková tloušťka a U_k		0,17		0,358	

PŘÍLOHA C – VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM

S1 – Prádelna						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1a	Jižní stěna	5,827	1,254	1	7,307	
31	Okna	0,798	1,200	1	0,957	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						8,264
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet charakteristického parametru B'		A_g [m ²]	P [m]	$B = \frac{A_g}{0,5P}$		
		17,600	6,400	5,500		
Výpočet činitelů f_{g1} , f_{g2} , G_w		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		1,45	0,292	1	0,423	
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	U_{equiv} [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	$A_k \cdot U_{equiv}$	
20ab	Podlaha	17,600	2,790	0,730	12,848	
18a	Stěna	6,624	1,881	0,890	5,895	
Celkový součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [$\frac{W}{K}$]						7,927
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig})$ [$\frac{W}{K}$]						16,190
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						12
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						24
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						388,570
S2 – Kotelna						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1a	Jižní stěna	3,952	1,254	1	4,956	
35	Dveře venkovní	1,900	1,400	1	2,660	
8a	Strop – balkon	3,630	3,241	1	11,764	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						19,380
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
16a	Stěna – průjezd	9,980	1,124	0,80	8,977	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						8,977
Tepelné ztráty zeminou						

Výpočet charakteristického parametru B'		A_g [m ²]	P [m]	$B = \frac{A_g}{0,5P}$		
		12,670	2,800	9,050		
Výpočet činitelů f_{g1} , f_{g2} , G_w		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		1,45	0,292	1	0,423	
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	U_{equiv} [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	$A_k \cdot U_{equiv}$	
20ab	Podlaha	12,670	2,790	0,508	6,436	
Celkový součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [$\frac{W}{K}$]						2,722
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig})$ [$\frac{W}{K}$]						30,610
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						12
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						24
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						734,628
S3 - Chodba						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
15a	Stěna – průjezd	6,061	1,115	0,80	5,405	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						5,405
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet charakteristického parametru B'		A_g [m ²]	P [m]	$B = \frac{A_g}{0,5P}$		
		84,854	41,770	4,063		
Výpočet činitelů f_{g1} , f_{g2} , G_w		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		1,45	0,292	1	0,423	
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	U_{equiv} [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	$A_k \cdot U_{equiv}$	
20ab	Podlaha	8,120	2,790	0,640	5,197	
18a	Stěna	4,180	1,881	1,125	4,703	
Celkový součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [$\frac{W}{K}$]						4,187
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig})$ [$\frac{W}{K}$]						9,592
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						12
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						24
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						230,209

S4 – Pítí						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2a	Stěna	2,090	0,363	1	0,758	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0,758
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
16a	Stěna – průjezd	3,658	1,124	0,80	3,290	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						3,290
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet charakteristického parametru B'		A_g [m ²]	P [m]	$B = \frac{A_g}{0,5P}$		
		84,854	41,770	4,063		
Výpočet činitelů f_{g1} , f_{g2} , G_w		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		1,45	0,292	1	0,423	
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	U_{equiv} [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	$A_k \cdot U_{equiv}$	
20ab	Podlaha	7,700	2,790	0,640	4,928	
18a	Stěna – levá	5,748	1,881	1,125	6,466	
17a	Stěna – čelní	5,852	1,236	1,125	6,584	
Celkový součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [$\frac{W}{K}$]						7,603
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig})$ [$\frac{W}{K}$]						11,651
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						12
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						24
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						279,62
S5 – Průjezd						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1b	Jižní stěna	4,201	1,733	1	7,279	
2b	Severní stěna	4,201	1,733	1	7,279	
36	2 x Vrata	8,82	5,88	1	51,862	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						66,419
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty zeminou						

Výpočet charakteristického parametru B'		A_g [m ²]	P [m]	$B = \frac{A_g}{0,5P}$		
		38,064	8,320	9,150		
Výpočet činitelů f_{g1} , f_{g2} , G_w		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		1,45	0,056	1	0,081	
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	U_{equiv} [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	$A_k \cdot U_{equiv}$	
20ab	Podlaha	38,064	2,790	0,504	19,184	
Celkový součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [$\frac{W}{K}$]						1,545
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig})$ [$\frac{W}{K}$]						67,964
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						6
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						18
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						1223,360
101 – Obývací pokoj						
Tepeelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1a	Jižní stěna	4,881	1,254	1	6,121	
31	Okna	3,600	1,200	1	4,320	
4a	Západní stěna	2,827	1,474	1	4,167	
8a	Strop – balkon	3,630	3,241	1	11,764	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						26,372
Tepeelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Vnitřní stěna	1,598	1,879	0,00	0,000	
33	Dveře vnitřní 1/2 skla	1,700	3,000	0,00	0,000	
13a	Podlaha	18,150	1,331	0,40	9,660	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						9,660
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						36,032
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						1153,03

102 – Kuchyně						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1a	Jižní stěna	4,531	1,254	1	5,682	
31	Okna	2,665	1,200	1	3,198	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						8,880
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Vnitřní stěna	5,896	1,879	0,00	0,000	
33	Dveře vnitřní ½ skla	1,300	3	0,00	0,000	
12a	Podlaha	9,240	1,614	0,40	5,965	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						5,965
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij})$ [$\frac{W}{K}$]						14,845
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						475,025
103 – Garážový pokoj						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2a	Severní stěna	4,881	0,363	1	1,770	
31	Okna	3,600	1,200	1	4,320	
9a	Strop – stříška	3,300	0,751	1	2,479	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						8,568
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Vnitřní stěna	8,595	1,879	0,00	0,000	
14a	Vnitřní stěna do předdveří	2,570	1,879	0,60	2,897	
32	Dveře vnitřní plné	1,300	2,000	0,00	0,000	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						2,897
Tepelné ztráty zeminou						
Výpočet charakteristického parametru B'		A_g [m ²]	P [m]	$B = \frac{A_g}{0,5P}$		
		16,005	3,300	9,700		
Výpočet činitelů f_{g1}, f_{g2}, G_w		f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$	
		1,45	0,469	1	0,680	

Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	U_{equiv} [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	$A_k \cdot U_{equiv}$	
20ab	Podlaha	16,005	2,790	0,482	7,714	
Celkový součinitel tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [$\frac{W}{K}$]						5,243
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig})$ [$\frac{W}{K}$]						16,709
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot $(\theta_{int,i} - \theta_e)$						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						534,699
104 – Chodba spodní						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
10a	Podlaha	3,190	1,510	0,00	0,000	
14a	Stěna vstup. hala	1,127	1,879	0,00	0,000	
33	Dveře vnitřní ½ skla	1,700	3,000	0,00	0,000	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						0
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						0
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						15
Rozdíl teplot $(\theta_{int,i} - \theta_e)$						27
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						0,000
105 – Vstupní hala						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
1a	Stěna předdveří	1,615	1,254	0,60	1,215	
33	Dveře vnitřní 1/2 skla	1,700	3,000	0,60	3,060	
12a	Podlaha	2,275	1,614	0,10	0,367	
14a	Stěna chodba babička	0,868	1,879	0,00	0,000	
32	Dveře vnitřní plné	1,300	2,000	0,00	0,000	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						4,642
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						4,642
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12

Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						15
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						27
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						125,342
106 – Předdveří						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2a	Severní stěna	3,735	0,363	1	1,354	
34	Dveře vstupní	3,150	1,400	1	4,410	
9a	Strop – stříška	2,700	0,751	1	2,028	
2a	Západní stěna	2,570	0,363	1	0,932	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						8,724
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
10a	Podlaha	1,688	1,510	0,10	0,255	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						0,255
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						8,980
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						5
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						17
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						152,640
107 – WC						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Stěna – chodba k babičce	2,525	1,879	0,00	0,000	
14a	Stěna – vstup. hala	2,040	1,879	0,00	0,000	
1a	Stěna – předdveří	3,330	1,254	0,60	2,506	
32	Dveře vnitřní plné	1,300	2,000	0,00	0,000	
31	Okno	0,495	1,200	0,60	0,356	
11a	Podlaha	1,690	1,966	0,10	0,332	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						3,194
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						3,194
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32

NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						102,200
108 – Chodba babička						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \left[\frac{W}{K} \right]$						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Stěna – vstupní hala	0,868	1,879	0,00	0,000	
33	Dveře vnitřní plné	1,300	2,000	0,00	0,000	
10a	Podlaha	1,275	1,510	0,10	0,192	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \left[\frac{W}{K} \right]$						0,192
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue}) \left[\frac{W}{K} \right]$						0,192
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						15
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						27
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						5,197
109 – Ložnice II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1b	Jižní stěna	6,654	1,254	1	8,344	
31	Okna	4,230	1,200	1	5,076	
4a	Východní stěna	2,827	1,474	1	4,167	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \left[\frac{W}{K} \right]$						17,587
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
7b	Podlaha – průjezd	16,940	0,923	0,80	12,508	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \left[\frac{W}{K} \right]$						12,508
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14b	Stěna – chodba spodní II	4,429	2,0764	0,156	1,437	
32	Dveře vnitřní plné	1,700	2,000	0,156	0,531	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \left[\frac{W}{K} \right]$						1,968
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij}) \left[\frac{W}{K} \right]$						32,064
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						1026,040

110 – Chodba spodní II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2b	Severní stěna	3,879	0,394	1	1,529	
31	Okna	4,230	1,200	1	5,076	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						6,605
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
8b	Podlaha – průjezd	12,641	1,067	0,08	10,789	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						10,789
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						17,393
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						15
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						27
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						469,614
111 – Koupelna II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
8b	Podlaha-průjezd	7,225	1,067	0,80	6,166	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						6,166
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14b	Stěna – ložnice	4,369	2,076	0,111	1,008	
14b	Stěna – chodba spodní	9,623	2,076	0,250	4,995	
32	Dveře vnitřní – plné	1,300	2,000	0,250	0,650	
6b	Strop – kuchyně	7,225	1,060	0,111	0,851	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [$\frac{W}{K}$]						7,504
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij})$ [$\frac{W}{K}$]						13,671
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						24
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						36
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						492,138

112 – WC II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2b	Severní stěna	2,119	0,394	1	0,835	
31	Okna	2,250	1,200	1	2,700	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						3,535
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
8b	Podlaha – průjezd	1,530	1,067	0,80	1,306	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						1,306
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14b	Stěna – chodba spodní	1,013	2,076	0,250	0,526	
32	Dveře vnitřní – plné	1,300	2,000	0,250	0,650	
6b	Strop – kuchyně	1,530	1,060	0,111	0,180	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [$\frac{W}{K}$]						1,356
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij})$ [$\frac{W}{K}$]						6,197
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						24
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						36
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						223,085
201 – Dětský pokoj						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1a	Jižní stěna	4,275	1,254	1	5,361	
31	Okna	4,140	1,200	1	4,968	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						10,329
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Stěna – chodba	1,598	1,879	0,00	0,000	
32	Dveře vnitřní plné	1,700	2,000	0,00	0,000	
5a	Strop – půda	14,520	0,750	0,90	9,806	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						9,806
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						20,135
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20

Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						644,321
202 – Dětský pokoj II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1a	Jižní stěna	4,470	1,254	1	5,605	
31	Okna	2,250	1,200	1	2,700	
3a	Východní stěna – balkon	2,640	0,562	1	1,485	
19a	Podlaha – balkon	3,080	0,654	1	2,014	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						11,804
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Stěna – chodba	5,020	1,879	0,00	0,000	
32	Dveře vnitřní plné	1,700	2,000	0,00	0,000	
5a	Strop – půda	12,320	0,750	0,90	8,320	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						8,320
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij})$ [$\frac{W}{K}$]						20,124
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						643,982
203 – Ložnice						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2a	Severní stěna	4,815	0,363	1	1,746	
31	Okna	3,600	1,200	1	4,320	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						6,066
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
14a	Stěna – chodba	3,663	1,879	0,00	0,000	
32	Dveře vnitřní plné	1,700	2,000	0,00	0,000	
5a	Strop – půda	12,375	0,750	0,90	8,357	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						8,357
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						14,423
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20

Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						461,541
204 – Chodba horní						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						0
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
5a	Strop – půda	8,120	0,750	0,90	5,484	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						5,484
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue})$ [$\frac{W}{K}$]						5,484
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						15
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						27
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						148,064
205 – Koupelna						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2a	Severní stěna	5,730	0,363	1	2,077	
31	Okna	0,990	1,200	1	1,188	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						3,265
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
5a	Strop – půda	4,900	0,750	0,90	3,309	
11a	Podlaha – vstup. hala + chodba babička	3,700	1,966	0,00	0,000	
14a	Stěna – chodba	5,420	1,879	0,00	0,000	
32	Dveře vnitřní – plné	1,300	2,000	0,00	0,000	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						3,309
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14a	Stěna – ložnice	4,200	1,879	0,111	0,877	
15a	Stěna – chodba horní II	4,200	1,115	0,250	1,171	
11a	Podlaha – WC I	1,200	1,966	0,111	0,262	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [$\frac{W}{K}$]						2,047
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij})$ [$\frac{W}{K}$]						8,622
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12

Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						24
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						36
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						310,395
206 – Obývací pokoj II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
1b	Jižní stěna	6,659	1,733	1	11,537	
31	Okna	4,140	1,200	1	4,968	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						16,505
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
5b	Strop – půda	18,634	0,722	0,90	12,110	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						12,110
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14b	Stěna – chodba	3,872	2,076	0,156	1,256	
33	Dveře vnitřní - 1/2 skla	1,700	3,000	0,156	0,797	
Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ [$\frac{W}{K}$]						2,053
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij})$ [$\frac{W}{K}$]						30,668
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot ($\theta_{int,i} - \theta_e$)						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						981,38
207 – Kuchyně II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2b	Severní stěna	2,978	0,394	1	1,173	
31	Okna	2,250	1,200	1	2,700	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [$\frac{W}{K}$]						3,873
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
5b	Strop – půda	10,045	0,722	0,90	6,528	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [$\frac{W}{K}$]						6,528
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu						
Kód	Stavební část	A_k [m ²]	U_k [$\frac{W}{m^2 \cdot K}$]	f_{ij} [-]	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
14b	Stěna – chodba	10,795	2,076	0,156	3,502	
33	Dveře vnitřní - 1/2 skla	1,700	3,000	0,156	0,797	

Celkový součinitel tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jinou teplotu $H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k \left[\frac{W}{K} \right]$						4,299
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij}) \left[\frac{W}{K} \right]$						14,701
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						20
Rozdíl teplot $(\theta_{int,i} - \theta_e)$						32
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						470,416
208 – Chodba horní II						
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Kód	Stavební část	$A_k [m^2]$	$U_k \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	$e_k [-]$	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$	
2b	Severní stěna	2,939	0,394	1	1,158	
31	Okna	2,250	1,200	1	2,700	
Celkový součinitel tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \left[\frac{W}{K} \right]$						3,858
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory						
Kód	Stavební část	$A_k [m^2]$	$U_k \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	$b_u [-]$	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$	
5b	Strop – půda	9,972	0,722	0,90	6,480	
Celkový součinitel tepelné ztráty přes nevytápěné prostory $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \left[\frac{W}{K} \right]$						6,480
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue}) \left[\frac{W}{K} \right]$						10,338
Teplotní údaje						
Venkovní výpočtová teplota θ_e						-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$						15
Rozdíl teplot $(\theta_{int,i} - \theta_e)$						27
NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$						279,136

PŘÍLOHA D – VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM

Označení místnosti	Objem místnosti V_i m^3	Výpočtová venkovní teplota		Výpočtová vnitřní teplota		Nejmenší hygienické požadavky		Množství vzduchu infiltrací					Výpočet tepelné ztráty větráním			
		θ_e $^{\circ}C$	-12,00	$\theta_{int,i}$ $^{\circ}C$	$n_{min,i}$ h^{-1}	n_{50} h^{-1}	n_{50} h^{-1}	$V_{min,i}$ m^3/h	- na jedn.	Nechráněné otvory	Činitel záclození e na jedn.	Výškový korekční činitel ϵ na jedn.	$V_{inf,i}$ m^3/h	Zvolená výpočtová hodnota $V_i = \max(V_{inf,i}; V_{min,i})$	Návrhový součinitel tepelné ztráty: $H_{v,i} = 0,34 * V_i$	Teplotní rozdíl $\theta_{int,i} - \theta_e$ $^{\circ}C$
S1 - Prádelna	36,43			12,00	0,50	0,50	18,22	1,00	0,02			8,74	18,22	6,19		148,64
S2 - Kotelna	26,48			12,00	0,50	0,50	13,97	1,00	0,02			6,71	13,97	4,75	24,00	108,04
S3 - Chodba	6,67			12,00	0,50	0,50	3,33	0,00	0,00			0,00	3,33	1,13		27,20
S4 - Pítí	16,09			12,00	0,50	0,50	8,05	0,00	0,00			0,00	8,05	2,74		65,66
S5 - Průjezd	78,79			6,00	0,50	0,50	39,40	2,00	0,03			28,37	39,40	13,39	18,00	241,10
101 - Obývací pokoj	46,65			20,00	0,50	0,50	23,32	1,00	0,02			11,19	23,32	7,93		253,75
102 - Kuchyně	23,75			20,00	0,50	0,50	35,62	1,00	0,02			5,70	35,62	12,11	32,00	387,55
103 - Garážový pokoj	41,13			15,00	0,50	0,50	20,57	1,00	0,02			9,87	20,57	6,99		223,76
104 - Chodba spodní	8,20			15,00	0,50	0,50	4,10	0,00	0,00			0,00	4,10	1,39		37,63
105 - Vstupní hala	5,80			15,00	0,50	0,50	2,90	0,00	0,00			0,00	2,90	0,99	27,00	26,63
106 - Předveří	4,30			5,00	0,50	0,50	2,15	1,00	0,02			1,03	2,15	0,73	17,00	12,44
107 - WC	3,06			20,00	0,50	0,50	4,59	0,00	0,00			0,00	4,59	1,56	32,00	49,94
108 - Chodba babička	3,25			15,00	0,50	0,50	1,63	0,00	0,00		1,00	0,00	1,63	0,55	27,00	14,92
109 - Ložnice II	43,54			20,00	0,50	0,50	21,77	1,00	0,02			10,45	21,77	7,40	32,00	236,83
110 - Chodba spodní II	32,49			15,00	0,50	0,50	16,24	1,00	0,02			7,80	16,24	5,52	27,00	149,11
111 - Koupele II	18,57			24,00	0,50	0,50	27,85	0,00	0,00			0,00	27,85	9,47	36,00	340,91
112 - WC II	3,93			24,00	0,50	0,50	5,90	1,00	0,02			0,94	5,90	2,01		72,19
201 - Dětský pokoj	37,03			20,00	0,50	0,50	18,51	1,00	0,02			8,89	18,51	6,29		201,42
202 - Dětský pokoj II	29,57			20,00	0,50	0,50	14,78	1,00	0,02			7,10	14,78	5,03	32,00	160,85
203 - Ložnice	31,56			20,00	0,50	0,50	15,78	1,00	0,02			7,57	15,78	5,36		171,67
204 - Chodba horní	19,49			15,00	0,50	0,50	9,74	0,00	0,00			0,00	9,74	3,31	27,00	89,45
205 - Koupelna	11,76			24,00	0,50	0,50	17,64	1,00	0,02			2,82	17,64	6,00	36,00	215,91
206 - Obývací pokoj II	47,52			20,00	0,50	0,50	23,76	1,00	0,02			11,40	23,76	8,08	32,00	258,49
207 - Kuchyně II	25,61			20,00	0,50	0,50	38,42	1,00	0,02			6,15	38,42	13,06		418,03
208 - Chodba horní II	25,43			15,00	0,50	0,50	12,71	1,00	0,02			6,10	12,71	4,32	27,00	116,71
CELKEM	628,55															4028,85