



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

POKROČILÉ METODY APLIKACE TEPELNÉ TECHNIKY PŘI NÁVRHU VYTÁPĚNÍ BUDOVY

ADVANCED METHODS OF APPLICATION OF THERMAL TECHNIQUES IN THE DESIGN
OF HEATING BUILDINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Mikoláš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HORÁK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Petr Mikoláš
Název	Pokročilé metody aplikace tepelné techniky při návrhu vytápění budovy
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
 - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
 - B. Aplikace tématu na zadané budově – koncepční řešení
Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti studie: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva
Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;
 - C. Modelování v oblasti stavební fyziky a energetické náročnosti budov.
- j) závěr,
- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy – výkresy

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Diplomová práce je rozdělená do tří částí. První část je teoretická, věnovaná představení stavebního materiálu BETONG. Dále se věnuje tématům energetické náročnosti nových budov a energetickým standardům budov nebo sdílení tepla a tepelné pohody. Ve druhé části je zpracována koncepce systému vytápění ve třech variantách provedení, v rozsahu studie pro novostavbu rodinného domu. Třetí část je věnovaná posouzení vhodnosti použití skořepinových tvárnic BETONG s vnitřním kontaktním zateplením v porovnání s jinými zdíciími systémy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vnitřní zateplení, vnější zateplení, zdivo, nízkoteplotní vytápění, kondenzační kotel, kotel na pelety, tepelné čerpadlo, sdílení tepla, energetická náročnost, součinitel prostupu tepla, vlhkost, tepelný tok, tepelná pohoda, uživatelský komfort.

ABSTRACT

The diploma thesis is divided into three parts. The first part is theoretical devoted to the introduction of BETONG building material. And next It is also devoted to themes of energy consumption of the building and energy standards of building, heat sharing and thermal comfort. In the second part is the concept of the heating system elaborated in three variants of the design in the scope of the study for the new family house. The third part is devoted to use of shell blocks of the BETONG with internal contact insulation compared to other masonry systems.

KEYWORDS

Internal thermal insulation, external thermal insulation, masonry, low temperature heating, condensing boiler, pellet boiler, heat pump, heat sharing, energy consumption of the building, heat transfer coefficient, moisture, heat flux, thermal comfort, user comfort.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Petr Mikoláš *Pokročilé metody aplikace tepelné techniky při návrhu vytápění budovy*. Brno, 2018. 182 s., 352 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Pokročilé metody aplikace tepelné techniky při návrhu vytápění budovy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Petr Mikoláš
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Pokročilé metody aplikace tepelné techniky při návrhu vytápění budovy*, zpracoval samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Petr Mikoláš
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych tímto poděkovat panu doc. Ing. Petru Horákovi, Ph.D. za čas a všechny cenné rady a připomínky, které mi věnoval při konzultacích. Dále chci poděkovat své rodině za podporu, kterou mi projevovala po celou dobu mého studia.

OBSAH

1. ÚVOD	14
A. TEORETICKÁ ČÁST	15
A.1. STAVEBNÍ SYSTÉM BETONG	16
A.1.1. VÝROBA SKOŘEPINOVÝCH TVÁRNIC	16
A.1.2. ZDIVO.....	17
A.1.3. STROPNÍ KONSTRUCE	19
A.2. VNITŘNÍ ZATEPelnÍ STAVEB	19
A.2.1. PRŮBĚH TEPLOT.....	19
A.2.2. TEPELNÉ MOSTY.....	20
A.2.3. KONDENZACE VODNÍ PÁRY UVNITŘ KONSTRUKCE	21
A.2.4. TEPELNÁ AKUMULACE A TEPELNÁ SETRVAČNOST.....	22
A.3. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV	22
A.3.1. LEGISLATIVA.....	22
A.3.2. POŽADAVKY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST NOVÝCH BUDOV.....	23
A.3.3. ENERGETICKÉ HODNOCENÍ NOVÝCH BUDOV	23
A.4. ENERGETICKÉ KATEGORIE BUDOV	25
A.4.1. NÍZKOENERGETICKÉ BUDOVY	25
A.4.2. PASIVNÍ BUDOVY.....	25
A.4.3. BUDOVA S TĚMĚŘ NULVOU SPOTŘEBOU ENERGIE (NZEB)	26
A.4.4. ENERGETICKY NULOVÉ BUDOVY	26
A.4.5. ENERGETICKY POZITIVNÍ BUDOVY.....	26
A.4.6. ENERGETICKY NEZÁVISLÉ BUDOVY	26
5. TEPELNĚ – VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA BUDOV	27
5.1. TEPELNÁ POHODA	27
5.2. PROUDĚNÍ VZDUCHU	28
5.3. POVRCHOVÁ TEPLOTA A VLHKOST VZDUCHU	28
A.6. SDÍLENÍ TEPLA	29
A.6.1. PŘENOS TEPLA VEDENÍM	29
A.6.1.1. FOURIÉRŮV ZÁKON.....	29
A.6.1.2. DIFERENCIÁLNÍ ROVNICE VEDENÍ TEPLA	29
A.6.2. PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ	30
A.6.3. PŘENOS TEPLA RADIACÍ.....	30
A.6.4. PŘESTUP TEPLA	31
A.6.5. PROSTUP TEPLA STĚNOU	33
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	35
B.1. ANALÝZA OBJKTU	36
B.1.1. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	36
B.1.2. DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	37
B.1.3. OKRAJOVÉ PODMÍNKY.....	38

B.1.3.1. KLIMATICKÉ A PROVOZNÍ PODMÍNKY	38
B.1.3.2. VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	38
B.2. POSOUZENÍ SKLADEB KONSTRUKCÍ	39
B.2.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	39
B.2.2. PŘEHLED SKLADEB KONSTRUKCÍ	40
B.2.3. HODNOTY SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH SKLADEB	42
B.3. TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU	43
B.3.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	43
B.3.2. CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU	46
B.4. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ – VARINATA Č.1	47
B.4.1. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	47
B.4.2. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	48
B.4.3. NÁVRH ZDROJE TEPLA	50
B.4.4. POPIS FUNKCE SYSTÉMU	51
B.4.4.1. SCHÉMA ZAPOJENÍ	52
B.5. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ – VARINATA Č.2	53
B.5.1. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	53
B.5.2. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	53
B.5.3. NÁVRH ZDROJE TEPLA	53
B.5.4. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY	54
B.5.4.1. DOBA NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	55
B.5.5. POPIS FUNKCE SYSTÉMU	60
B.5.5.1. SCHÉMA ZAPOJENÍ	61
B.6. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ – VARINATA Č.3	62
B.6.1. NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH	62
B.6.1.1. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	62
B.6.1.1.1. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ	62
B.6.1.2. NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	63
B.6.1.2.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	64
B.6.1.2.2. NÁVRH TOPNÝH OKRUHŮ	68
B.6.1.2.3. DIMENZOVÁNÍ PŘÍVODNÍCH POTRUBÍ DO ROZDĚLOVAČE A SBĚRAČE	75
B.6.1.2.4. ROZDĚLOVAČ A SBĚRAČ TOPNÝH OKRUHŮ	75
B.6.2. NÁVRH ZDROJE TEPLA	76
B.6.3. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY	77
B.6.3.1. DOBA NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	78
B.6.4. HLUKOVÁ STUDIE	81
B.6.5. POPIS FUNKCE SYSTÉMU	83
B.6.5.1. SCHÉMA ZAPOJENÍ	84
B.7. POTŘEBA TEPLÉ VODY	85
B.7.1. VÝPOČET PODLE ČSN 06 0320 – ZÁSObNÍKOVÝ OHŘEV	85
B.7.2. VÝPOČET PODLE DIN 4708	86
B.7.3. VÝPOČET PRO PŘEDNOSTNÍ OHŘEV	87
B.7.4. STANOVENÍ POTŘEBY TEPLÉ VODY	88

B.7.5. DOBA DOHŘEVU TEPLÉ VODY.....	89
B.8. HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ	90
B.8.1. PROSTOROVÉ NÁROKY	90
B.8.2. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ A UŽIVATELSKÝ KOMFORT.....	91
B.8.3. EKONOMIKA PROVOZU.....	91
B.8.3.1. INVESTIČNÍ NÁKLADY	91
B.8.3.2. PROVOZNÍ NÁKLADY	92
B.8.3.2.1. CENA PELET	92
B.8.3.2.2. ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY.....	94
B.8.4. DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	95
B.8.5. VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY	97
B.9. TECHNICKÁ ZPRÁVA VYBRANÉ VARIANTY KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ	98
B.9.1. ÚVOD	99
B.9.2. OKRAJOVÉ PODMÍNKY.....	99
B.9.3. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY.....	99
B.9.4. ZDROJ TEPLA.....	99
B.9.5. OTOPNÉ PLOCHY	100
B.9.6. POTRUBÍ A IZOLACE	100
B.9.7. ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	100
B.9.8. REGULACE A PROVOZ SYSTÉMU	100
B.9.9. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ.....	101
C. MODELOVÁNÍ V OBLASTI STAVEBNÍ FYZIKY A ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	
BUDOV	102
C.1. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY	103
C.1.1. ZÓNOVÁNÍ OBJEKTU.....	103
C.1.2. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – VARIANTA Č.1	104
C.1.3. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – VARIANTA Č.2.....	104
C.1.4. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – VARIANTY Č.3	105
C.1.5. NAVRŽENÁ OPATŘENÍ	105
C.1.5.1. SOUHRN VARIANT OPATŘENÍ PRO VARIANTU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ V1	106
C.1.5.2. SOUHRN VARIANT OPATŘENÍ PRO VARIANTU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ V2	106
C.1.5.3. SOUHRN VARIANT OPATŘENÍ PRO VARIANTU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ V3	106
C.1.5.4. BILANCE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY.....	107
C.1.5.4.1 POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY.....	107
C.1.5.4.2 NÁVRH SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ.....	110
C.1.5.4.3 BILANCE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	112
C.2. TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ SKLADEB KONSTRUKCÍ	114
C.2.1. SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	115
C.2.1.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	115
C.2.1.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE.....	116
C.2.1.3. POROVNÁNÍ ZDÍČÍCH SYSTÉMŮ PODLE HODNOTY SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	117
C.2.1.4. POSOUZENÍ SKLADEB NA HODNOTU SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	118
C.2.2. NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA.....	118
C.2.2.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	119

C.2.2.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE.....	119
C.2.2.3. POSOUZENÍ NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÉ TEPLoty SKLADEB	119
C.2.3. TEPLOTNÍ FAKTOR VNITŘNÍHO POVRCHU	120
C.2.3.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	120
C.2.3.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE.....	120
C.2.3.3. POSOUZENÍ SKLADEB NA TEPLOTNÍ FAKTOR VNITŘNÍHO POVRCHU.....	120
C.2.4. VLHKOSTNÍ BILANCE	121
C.2.4.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	121
C.2.4.2. STANOVENÍ OBLASTI KONDENZACE	123
C.2.4.3. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE.....	123
C.2.4.4. POSOUZENÍ ROČNÍ VLHKOSTNÍ BILANCE SKLADEB KONSTRUKCÍ	124
C.2.5. POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty	128
C.2.5.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	128
C.2.5.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE.....	129
C.2.5.3. POSOUZENÍ POKLESU DOTYKOVÉ TEPLoty SKLADBY PODLAHY.....	129
C.3. TEPELNĚ TECHCNÍKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍCH DETAILŮ	130
C.3.1. LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA	130
C.3.1.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY	130
C.3.1.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE	130
C.3.2. DETAIL ROHU OBVODOVÉHO ZDIVA.....	131
C.3.2.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ	131
C.3.2.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	133
C.3.2.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	135
C.3.3. DETAIL NAPOJENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY NA OBVODOVOU ZEĎ	137
C.3.3.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ	137
C.3.3.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	139
C.3.3.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	141
C.3.4. DETAIL NAPOJENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU STĚNU	143
C.3.4.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ	143
C.3.4.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	145
C.3.4.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	147
C.3.5. DETAIL NAPOJENÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU STĚNU	149
C.3.5.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ	149
C.3.5.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	151
C.3.5.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	153
C.3.6. DETAIL NAPOJENÍ PARAPETU OKNA NA OBVODOVOU STĚNU	155
C.3.6.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ	155
C.3.6.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	157
C.3.6.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	159
C.3.7. DETAIL NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA ZÁKLADOVOU KONSTRUKCI.....	161
C.3.7.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ.....	161
C.3.7.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ	163
C.3.7.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ.....	165
C.3.8. SOUHRN VÝSLEDKŮ.....	167
C.3.9.VLIV LINEÁRNÍHO ČINITELE PROSTUPU TEPLA NA TEPELNOU ZTRÁTU	169
C.4. TEPELNÁ STABILITA V ZIMNÍM A LETNÍM OBDOBÍ.....	169
C.4.1. TEPELNÁ STABILITA V ZIMNÍM OBDOBÍ.....	169
C.4.2. TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ	171

2. ZÁVĚR	172
3. SEZNAM PŘÍLOH	173
4. SEZNAM VÝKRESŮ	173
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	174
5.1. LEGISLATIVA A NORMY	174
5.2. LITERATURA.....	174
5.3. INTERNETOVÉ ZDROJE	175
6. SEZNAM OBRÁZKŮ	177
7. SEZNAM TABULEK	181
8. SEZNAM GRAFŮ	182

1. ÚVOD

Obsahem diplomové práce je návrh koncepčního řešení systému vytápění v novostavbě rodinného domu, navrženého z netradičního materiálu – skořepinových tvárnic BETONG s vnitřním kontaktním zateplením. Návrh systému vytápění je proveden ve třech variantách, v rozsahu studie a každá varianta je posouzena z hlediska ekonomického, ekologického, energetické náročnosti a uživatelského komfortu.

V návaznosti na zvolený materiál a systém zateplení je část diplomové práce věnovaná tepelně – technickému posouzení skladeb konstrukcí, vybraných stavebních detailů. Pro tyto účely jsou porovnávány tři varianty zděných systémů. První varianta uvažuje skořepinové tvárnice BETONG s vnitřním kontaktním zateplením, druhá varianta uvažuje skořepinové tvárnice BETONG s vnějším kontaktním zateplením a třetí varianta uvažuje typické keramické tvárnice POROTHERM s vnějším kontaktním zateplením.

Mým cílem bylo navrhnout systém vytápění pro zadaný rodinný dům, s výběrem nejvhodnější varianty. Dále posouzení vhodnosti použití uvažovaného stavebního systému tvořeného skořepinovými tvárnicemi a vnitřním kontaktním zateplením při porovnání s jinými možnostmi provedení stavební části.



A. TEORETICKÁ ČÁST

THE THEORETICAL PART

A.1. STAVEBNÍ SYSTÉM BETONG

Zdící systém BETONG je na českém trhu od roku 1998, kdy na základě spolupráce s francouzskou firmou zabývající se výrobou skořepinových tvárnic, vznikla česká společnost Be – Tong s.r.o., se sídlem v Hodoníně. Od roku 2011 společnost Be – Tong s.r.o. spolupracuje s francouzskou společností RECTOR, která se zabývá výrobou skořepinových stropních vložek a předpjatých stropních nosníků [27].

V České republice je Betong jako zdící systém méně známý a mezi projektanty i investory, při pohledu na tvárnici, je často zaměňován jako systém ztraceného bednění.

Zdící systém Betong je určen pro všestranné použití. Slouží k výstavbě plotů, opěrných zdí, domů, bytů, garáží, sklepů, hal, jímek, bazénů, je používán pohledově, nezateplený, zateplený zevnitř či zvenku [27].

A.1.1. VÝROBA SKOŘEPINOVÝCH TVÁRNIC

Výroba probíhá ve výrobním závodě v Ratíškovcích, který jsem v červnu 2018 navštívil. Byl jsem proveden výrobním procesem, kde mi byly poskytnuty veškeré potřebné informace.



Obr. 1: Výrobní závod Be-Tong s.r.o., Ratíškovice [28]

Skořepinové tvárnice BETONG nejsou stavebním materiálem vyrobeným z klasického betonu, jak se často projektanti i investoři domnívají. Jedná se o materiál vyráběný podle původního francouzského postupu z drceného dolomitického vápence frakce 0 – 4 mm a 4 – 8 mm s příměsí cementu o obsahu 6 – 8 % a vody [27].

Výroba tvárnic je plně automatizovaná. Výrobní směs je za přísného hlídání jejích vlastností dávkovaná do formy vibračního lisu. Samotné vylisování tvárnice trvá několik vteřin. Takto vyrobená tvárnice je potom skladována v sušárně po dobu několika dní pro získání dostatečné pevnosti a dále se nechává dozrát na venkovním vzduchu, kde jsou tvárnice skladovány na paletách.



Obr. 2: Vylisované tvárnice Betong [28]



Obr. 3: Skladování tvárnic Betong automatickým skladníkem Adler [28]



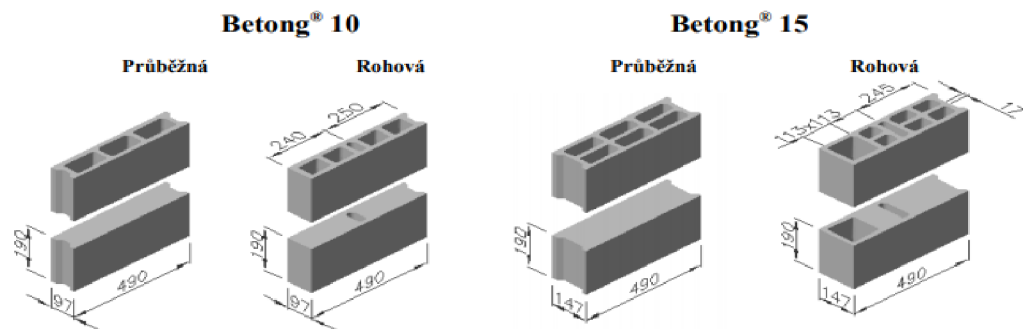
Obr. 4: Skladování tvárnice Betong před expedicí [28]



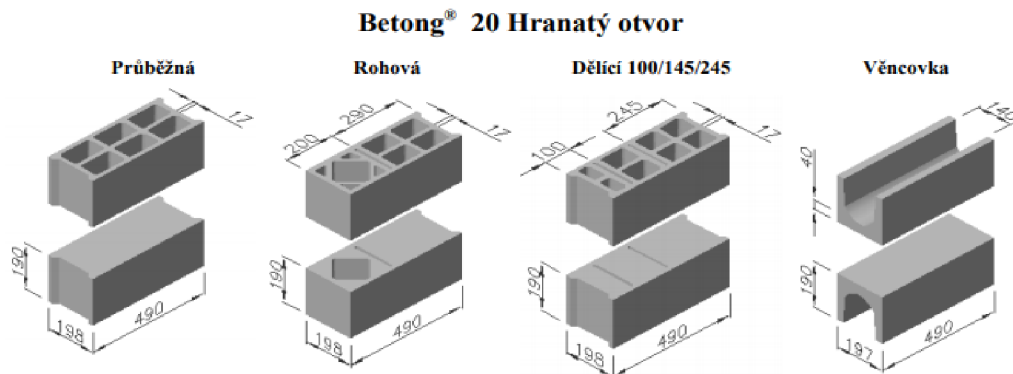
Obr. 5: Skladování stropních nosníků před expedicí [28]

A.1.2. ZDIVO

Skořepinové tvárnice jsou vyráběny v základním modulu o délce 495 mm a výšce tvárnice 200 mm. Tloušťka tvárnice je 100 a 150 mm pro příčky, 200 a 250 pro obvodové zdivo. Tvárnice mají plná dna a z obou stran výřezy pro zámky. Tvárnice se dále dělí podle umístění ve zdivu na průběžnou, rohovou a dělicí tvárnici s mezerami pro dělení. Rohová tvárnice se používá kromě rohů i pro průběžné vyztužení zdiva, kdy se pomocí hranatého nebo kruhového otvoru vytvoří železobetonový sloup. Pro vytvoření obloukového zdiva je možné použít obloukovou tvárnici [27].

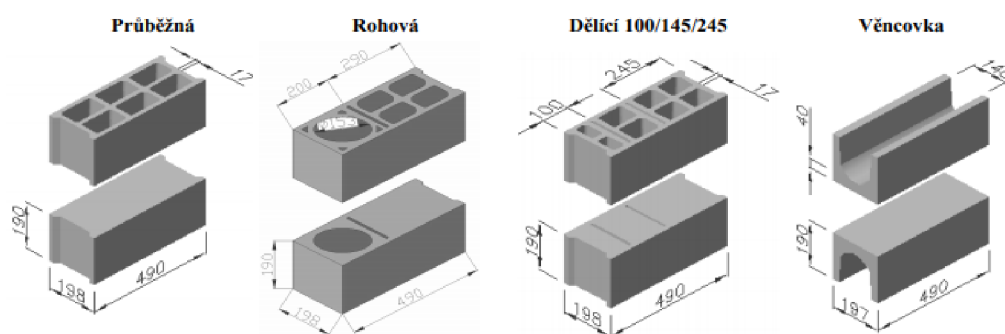


Obr. 6: Tvárnice Betong 10 a Betong 15 [29]



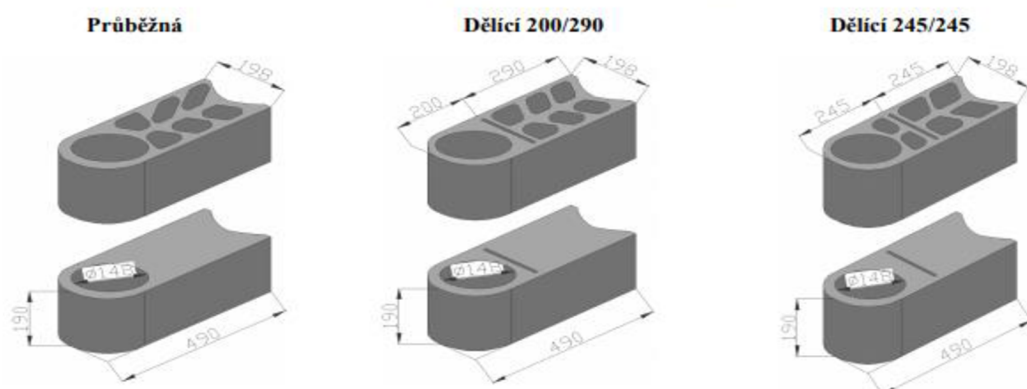
Obr. 7: Tvárnice Betong 20 s hranatým otvorem [29]

Betong® 20 Kulatý otvor



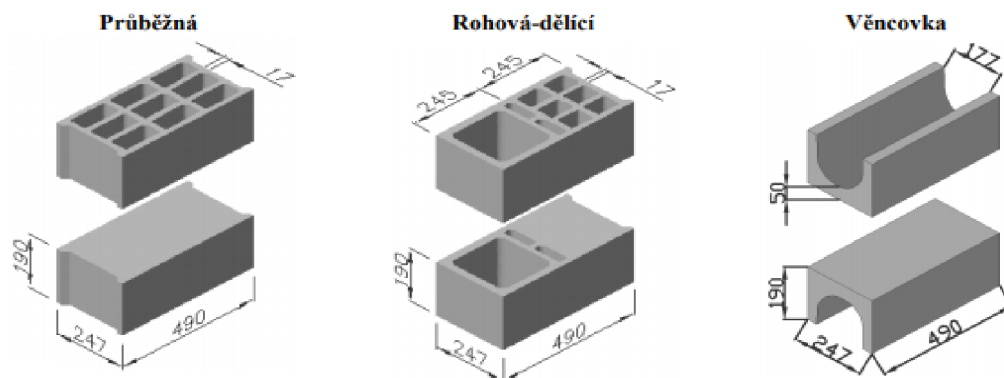
Obr. 8: Tvárnice Betong 20 s kulatým otvorem [29]

Betong® 20 Oblouková



Obr. 9: Oblouková tvárnice Betong 20 s kulatým otvorem [29]

Betong® 25



Obr. 10: Tvárnice Betong 25 s hranatým otvorem [29]

V sortimentu Betong jsou i bednicí tvárnice ztraceného bednění vyráběné v tloušťkách 200, 250, 300 a 400 mm a věncová tvárnice tvaru U. Tvárnice se pokládají dny vzhůru a uvnitř tvárnice zůstává vzduch. Tvárnice tak není třeba vylévat betonem. Spojují se polosuchou betonovou směsí. Tvárnice se zdí na sraz. Armování sloupků, věnců, překladů, dilatačních spár by být provedeno na základě odporného posouzení statikem [27].

Při navrhování půdorysu stavby je nutno vycházet z modulové koordinace zdících prvků. Tím se omezí vznik odřezků, potřeba dobetonávek a přebytečného odpadu. Délky obvodových zdí se projektují v délkách $n \times 495 + 200$ mm a výškách $n \times 200$ mm. Při správném návrhu lze pak zdivo objektu postavit s přeným počtem tvárnic bez přebytků a odpadu [27].

A.1.3. STROPNÍ KONSTRUCE

Pro stropní konstrukci lze použít jakýkoliv montovaný systém tvořený filigránovými nosníky a stropními vložkami, nebo železobetonovou deskou. Pro stavební řešení systémem Betong, se používají železobetonové předpjaté stropní nosníky se skořepinovými vložkami Rector o výšce 8, 12, 16, 20 a 25 mm a nadbetonávkou tl. 40 mm. Výhodou tohoto systému je možnost použití pro větší rozpory [27].

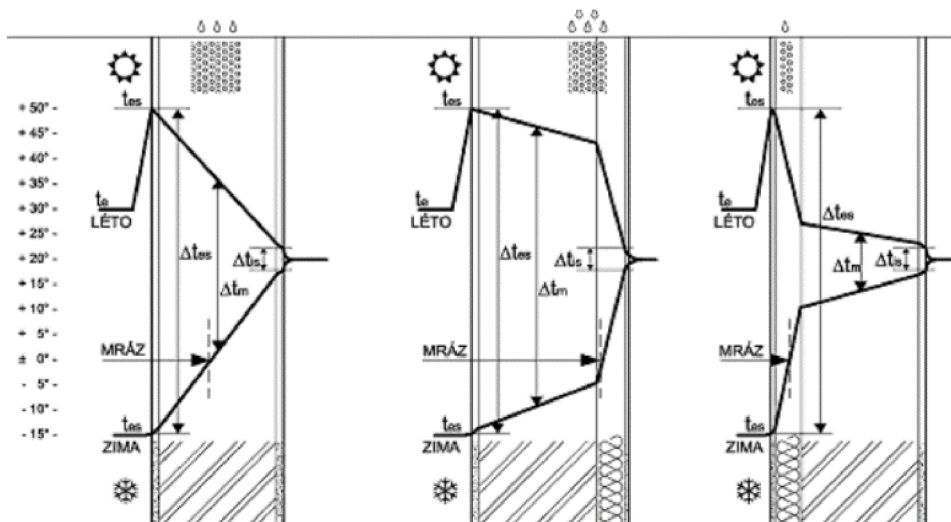
A.2. VNITŘNÍ ZATEPELNÍ STAVEB

Úvodem je potřeba říci, že vnitřní zateplení má smysl pouze u novostaveb, při důsledném řešení kritických detailů a kvalitním provedení stavby. Pokud bychom chtěli vnitřním zateplením sanovat stávající objekt, nejspíše bychom tím degradaci jeho konstrukcí ještě urychlili z důvodu působení vlhkosti v konstrukcích. Proto je tato kapitola věnována pouze případu vnitřního zateplení novostaveb.

A.2.1. PRŮBĚH TEPLOT

Průběh teploty v konstrukci je jiný u nezatepleného zdiva a zdiva zatepleného na vnější, nebo vnitřní straně konstrukce. Při vnitřním zateplení se v zimním období posouvají nízké teploty k vnitřnímu líci konstrukce. Zdivo se v zimním období výrazně prochlazuje a v letním období dochází k přehřívání zdiva [30].

Protože tepelná izolace na vnitřní straně zdiva není vystavena povětrnostnímu zatížení, není potřeba ji mechanicky kotvit. Nevniká tak riziko přenosu venkovních teplot prostřednictvím vodivějších materiálů kotvicích prvků, procházejících tepelnou izolací na vnitřní povrch konstrukce. V případě mechanického kotvení tepelné izolace tento přenos teplot zvyšuje riziko vniku plísní a povrchové kondenzace v důsledku snížení vnitřní povrchové teploty.

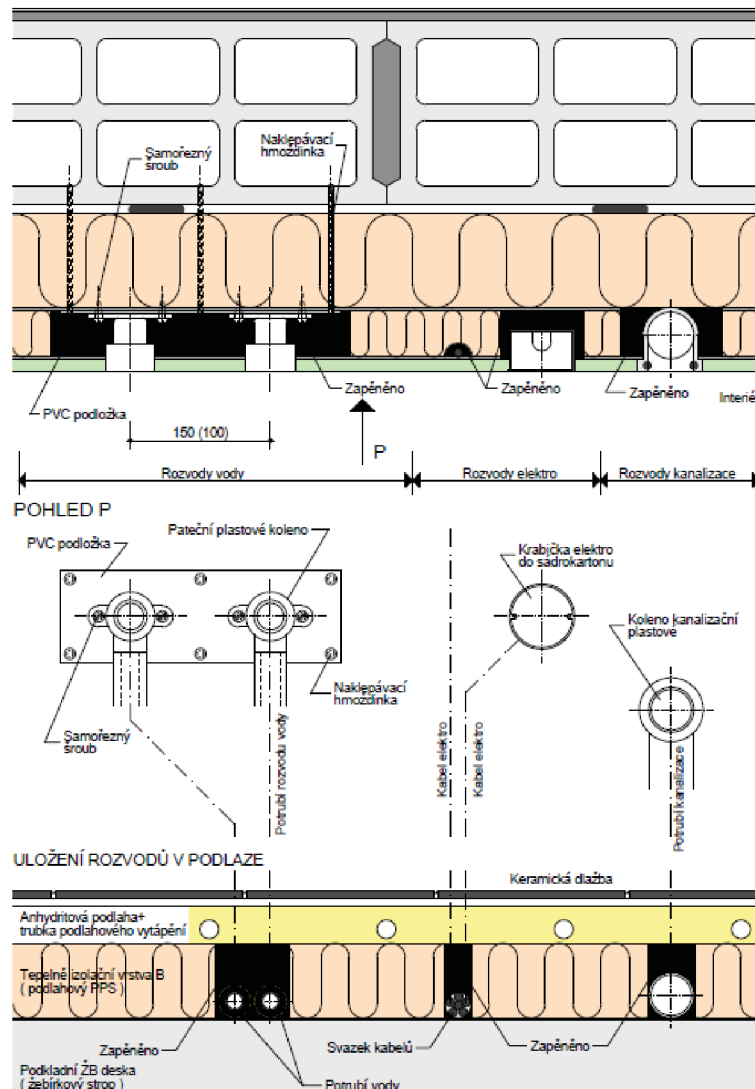


Obr. 11: Průběh teplot konstrukci bez tepelné izolace / v konstrukci s vnitřním zateplením / v konstrukci s vnějším zateplením [30]

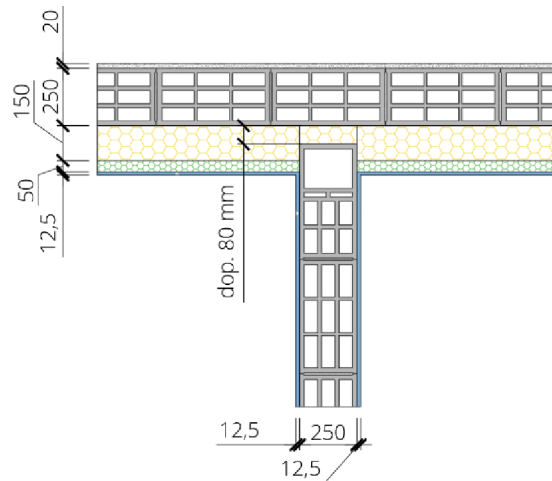
A.2.2. TEPELNÉ MOSTY

Při vnitřním zateplení stávajících budov vzniká nadměrné množství tepelných mostů. Je v zásadě nemožné dodržet celistvost tepelně izolační obálky budovy. Tepelné mosty tvoří všechny navazující stavební konstrukce, jako jsou stropy, vnitřní stěny nebo napojení okenních rámců. Dále nedostatečná tepelná izolace v místech vnitřních rozvodů pak vede ke kondenzaci vodní páry v konstrukci a její degradaci. Tepelné mosty vedou také ke zvýšení tepelné ztráty, a tím ke zvýšení spotřeby energie na vytápění [30].

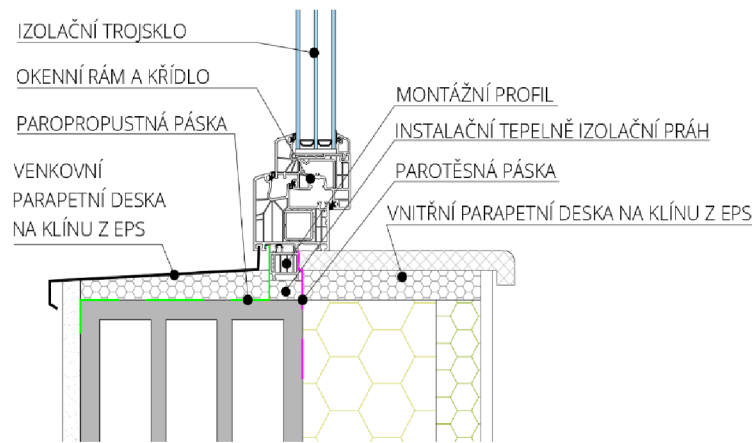
Při návrhu vnitřního zateplení novostaveb je tedy potřeba vyřešit kritické detaily jako je napojení konstrukcí a vedení vnitřních rozvodů. Vhodným řešením je použití dvou tepelně izolačních vrstev, kdy první vrstva slouží jako hlavní tepelná izolace s dostatečnou tloušťkou. Druhá vrstva je doplňková a slouží pro vedení vnitřních rozvodů, čímž je zabráněno degradaci hlavní tepelně izolační vrstvy. Riziková jsou pak jen místa kotvicích prvků prostupujících celou tepelně izolační vrstvou, které slouží pro uchycení nábytku nebo konzol potrubí. Napojení vnitřních zdí je provedeno bezkontaktně přes dostatečně tlustý pást tepelné izolace. Tyto projekční přístupy vychází z doporučení výrobce stavebního systému Betong.



Obr. 12: Konstruktivní řešení Betong - vedení vnitřních rozvodů v tepelné izolaci [27]



Obr. 13: Konstrukční řešení – napojení vnitřní stěny na obvodovou zeď



Obr. 14: Konstrukční řešení – napojení vnitřní okna v parapetu

A.2.3. KONDENZACE VODNÍ PÁRY UVNITŘ KONSTRUKCE

Ve stavebních konstrukcích dochází ke kondenzaci vodní páry v nejchladnějším období roku. Kondenzační zóna je u jednovrstvých konstrukcí v okolí jejich středu. Při vnitřním zateplení dochází k posunu kondenzační oblasti k vnitřnímu povrchu až na rozhraní zdiva a tepelné izolace [30].

Zásadní je potom schopnost konstrukce zkondenzované množství vodní páry během ročního cyklu vypařit.

U vnitřního zateplování lze riziko kondenzace omezit použitím parozábrany u vnitřního povrchu. Kromě rizika znehodnocení parozábrany při instalaci v podobě perforací, mají i negativní důsledek. Zabraňují konstrukci v letním a přechodovém období vysychat do vnitřního prostředí. Teoreticky je vnitřní zateplení s parozábranou v pořádku, prakticky je však častým zdrojem závad v důsledku špatného provádění [30].

Stavební systém Betong se však navrhuje bez parozábrany a využívá se paropropustnosti tvárnice, které díky své pórovité struktuře mají nízký difuzní odpor. Parozábrana je využita pouze ve skladbě střechy.

A.2.4. TEPELNÁ AKUMULACE A TEPELNÁ SETRVAČNOST

Tyto vlastnosti mají vliv na tepelnou pohodu ve vnitřním prostoru budov. Tepelné izolace jsou lehké materiály a jejich tepelně akumuláční schopnost je velmi nízká. Prostory s vnitřním zateplením, mají velmi malou tepelnou setrvačnost a snižuje se akumuláční schopnost zdiva. Místnost pak po přerušení vytápění chladne rychleji, ale lze ji rychleji vytopit. V přechodných obdobích nelze plně využít solární zisky, které přes vnitřní tepelnou izolaci nemohou pronikat do interiéru. To způsobuje prodloužení topného období. V letním období má nižší tepelná akumulace konstrukcí tvořících místnost za následek přehřívání konstrukcí a vnitřního prostoru, což způsobuje tepelnou nepohodu. Snaha o odstranění tohoto vlivu vede k návrhu klimatizace [30].

V kapitole C.4. bylo výpočtem prokázáno, že při použití stavebního systému Betong s vnitřním kontaktním zateplením EPS o celkové tl. 200 mm nedochází rychlému ochlazení místnosti po přerušení vytápění v zimním období, ani k přehřívání místnosti v letním období.

A.3. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Energetická náročnost je v současnosti velmi skloňovaný pojem, který souvisí s udržitelností a ochranou životního prostředí. Se zvětšujícími se energetickými nároky lidské společnosti, klesají zásoby fosilních paliv, při jejichž spalování, vzniká velké množství škodlivých látek a skleníkových plynů, zejména oxid uhličitý. Snižování energetické náročnosti budov má velký potenciál v omezení produkce oxidu uhličitého a celkové spotřeby energií, protože více jak 40% (průměr EU) energie se spotřebuje provozem budov. Energetická náročnost budovy je ovlivněna kvalitou konstrukcí tvořících její obálku a provozem technických systémů. Stavební řešení, použité materiály, ale i orientace objektu nebo počet a velikost prosklených ploch, vytváří celkovou potřebu vstupujících provozních energií na pokrytí tepelné ztráty objektu, popřípadě jeho chlazení v letním období. Typ a účinnost technického systému ovlivňují celkovou spotřebu energií v objektu. Snižování energetické náročnosti budovy vede k většímu využívání obnovitelných zdrojů energie před výrobou energie spalováním fosilních, tedy neobnovitelných paliv.

A.3.1. LEGISLATIVA

V roce 2002 byla vydána směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES, o energetické náročnosti budov [1], vytyčující cíl 20/20/20, který členské země zavazuje do roku 2020 dosáhnout snížení spotřeby energie o 20 %, snížení emisí skleníkových plynů o 20 % a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20 % celkové výroby energie v Evropě, v porovnání s rokem 1990. Pro splnění těchto cílů směrnice stanovuje požadavky na zavedení kontroly účinnosti kotlů, požadavky na zavedení kontroly klimatizačních systémů, požadavky na energetickou náročnost budov a vydávání certifikátů energetické náročnosti budov a požadavky na nezávislé odborné osoby oprávněné provádět kontrolu kotlů, kontrolu klimatizačních systémů a vypracovat průkaz energetické náročnosti budov a na nezávislý kontrolní systém. Implementace této směrnice do českého prostředí byla provedena prostřednictvím novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií [3] a vznikla tak povinnost energetického hodnocení budov, dále upřesněná prováděcími vyhláškami č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov [4], a dalšími, uvedenými vyhláškami v zákoně [3]. Zmíněné požadavky v původní směrnici z roku 2002 zachovává také nová směrnice 2010/31/EU z roku 2010 [2]. Nová směrnice však některé oblasti a požadavky popisuje podrobněji a zavádí některé nové pojmy jako je budova s téměř nulovou spotřebou energie [31], [32], [33].

A.3.2. POŽADAVKY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST NOVÝCH BUDOV

Požadavky na ENB jsou uvedeny ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. [4], ve znění pozměňujících předpisů, která stanovuje:

- požadovanou hodnotu celkové dodané energie,
- požadovanou hodnotu celkové primární neobnovitelné energie stanové jakou součet součinnů dodané energie a příslušného faktoru primární energie,
- požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20,R,max} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Při výstavbě nové budovy vzniká podle zákona č. 406/2000 Sb. [3], povinnost zajistit splnění požadavků ENB zajišťující výstavbu budovy s téměř nulovou energií pro:

- nové budovy veřejné moci od 1.1. 2018 s podlahovou plochou $< 350 \text{ m}^2$,
- všechny ostatní nové budovy od 1.1. 2019 s podlahovou plochou $> 350 \text{ m}^2$ s a od 1.1. 2020 s podlahovou plochou $< 350 \text{ m}^2$.

Mezi výjimky pro nedodržení požadavků na ENB podle zákona č. 406/2000 Sb. [3] patří:

- u budov s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 50 m^2 ,
- historické budovy a budovy chráněné jakou součástí vymezeného území,
- budovy navrhované a obvykle užívané jako místa bohoslužeb,
- průmyslové provozy, dílenské a zemědělské provozy se spotřebou energie do $700 \text{ GJ}/\text{rok}$,
- při větší rekonstrukci, pokud to není technicky a ekonomicky možné.

A.3.3. ENERGETICKÉ HODNOCENÍ NOVÝCH BUDOV

Energetická náročnost budov se prokazuje několika druhy hodnotících dokumentů podle typu objektu a podmínek stanovujících povinnost takový dokument zpracovat podle zákona č. 406/2000 Sb., [3].

Energetický audit (EA)

Jedná se o písemnou zprávu o stávajícím nebo předpokládaném využívání energie v budovách, s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci [34].

Povinnost zpracovat EA mají podle zákona č. 406/2000 Sb. [3]:

- fyzické nebo právnické osoby s celkovou spotřebou energie od $35\,000 \text{ GJ}$ za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství uvedené osoby a týká se pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok,
- organizační složky státu s celkovou spotřebou energie od $1\,500 \text{ GJ}$ za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství uvedené osoby a týká se pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok.

Energetický posudek (EP)

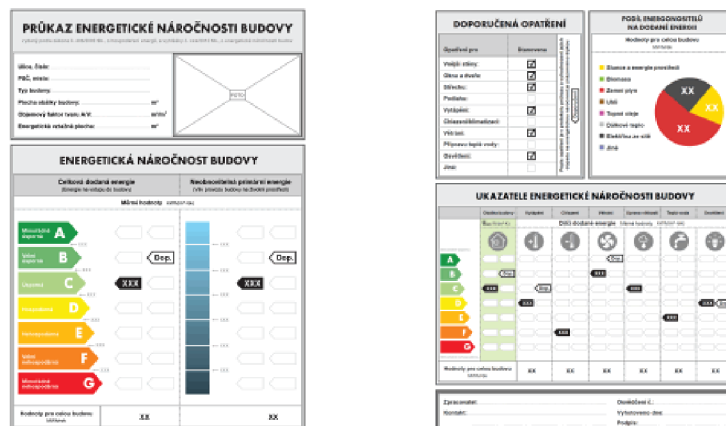
Je primárně určen jako zjednodušený dokument prokazující např. splnění podmínek dotačních titulů, monitorovací zprávy udržitelnosti realizovaného projektu, či posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti [34].

Povinnost zpracovat EP vzniká v případě podle zákona č. 406/2000 Sb. [3]:

- posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie při výstavbě nových budov nebo při větší změně dokončené budovy se zdrojem energie s instalovaným výkonem vyšším než 200 kW; energetický posudek je součástí průkazu ENB.

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

PENB je dokument vyhodnocující energetickou náročnost budovy, na základě, které je zaříděna do příslušné energetické třídy. Požadavky na energetickou náročnost budovy splňují budovy zařazené do tříd A až C. Budovy s vyšší energetickou náročností jsou považovány za nevyhovující. Průkaz hodnotí veškerou energii potřebnou pro vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a klimatizací a energii na osvětlení. PENB prokazuje splnění požadavku na ENB stanovené hodnotami pro referenční budovu, které nesmí být hodnocenou budovou překročeny. Součástí PENB je návrh vhodných opatření doporučených k realizaci pro dosažení větších úspor při spotřebě energie [34].



Obr. 15: Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy [4]

Povinnost zpracovat PENB vzniká v případě podle zákona č. 406/2000 Sb. [3]:

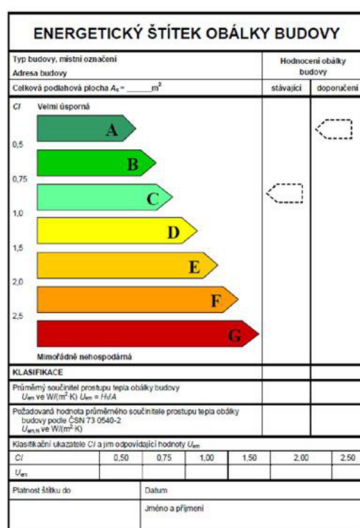
- výstavby nové budovy nebo při větší změně dokončené budovy a pro budovu užívanou orgánem veřejné moci od 1. 7. 2015 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m².

Povinnost zajistit zpracování průkazu podle zákona č. 406/2000 Sb. [3]:

- při prodeji budovy nebo ucelené části budovy
- při pronájmu budovy
- od 1. ledna 2016 při pronájmu ucelené části budovy

Energetický štítek obálky budovy

Je dokument prokazující splnění požadavku na prostup tepla konstrukcemi, které tvoří obálku budovy, stanoveným průměrným součinitelem prostupu tepla. Zatřídí obálku budovy do energetické třídy. Často bývá zaměňován za PENB, protože grafická část obou dokumentů je velmi podobná [34].



Obr. 16: Grafické znázornění energetického štítku obálky budovy [9]

A.4. ENERGETICKÉ KATEGORIE BUDOV

A.4.1. NÍZKOENERGETICKÉ BUDOVY

Jedná se o první energetickou charakteristiku budov, která se v České republice objevila. Nízkoenergetická budova je normou ČSN 73 0540-2 [9] definována nízkou potřebou tepla na vytápění, která se pohybuje maximálně do 50 kWh.m⁻².rok⁻¹. Toho je dosaženo optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Tato hodnota však není legislativně závazná. Tlakem na snižování energetické náročnosti budov a zpřísňováním požadavků na obálky budov, moderní novostavby často splňují potřebné parametry tohoto standardu, bez cíleného návrhu [20].

A.4.2. PASIVNÍ BUDOVY

Tento standard je vyvíjen od 90. let a dnes lze stavby postavené v tomto standardu považovat za technicky nejpokročilejší v ohledu stavebního řešení, ale i v ohledu technického zařízení a technologií snižujících energetickou náročnost. Hranice potřeby tepla na vytápění je 15 kWh.m⁻².rok⁻¹. Podstatný je i požadavek na vzduchotěsnost obálky, kdy hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí být větší než 0,6 h⁻¹ [9]. Existují i další požadavky, ale stejně jako v případě nízkoenergetických staveb ani tento standard není legislativně závazný.

Pro hodnocení pasivního standardu existuje několik metodik. Mezi hlavní patří metoda PHPP vyvíjená německým Passivhaus Institutem, která je založená na měsíční kvazistacionární metodě výpočtu a výsledky se blíží reálnému provozu budovy [20].

A.4.3. BUDOVA S TĚMĚŘ NULVOU SPOTŘEBOU ENERGIE (NZEB)

Jedná se o pojem zavedený evropskou směrnicí 2010/31/EU [2], který označuje budovu s velmi nízkou energetikou náročností, jejíž téměř nulová spotřeba energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů energie.

Platnost požadavku na výstavbu NZEB je podle zákona č. 406/2000 Sb. [5]:

od 1. 1. 2018 pro budovy vlastněné orgánem státní moci s energeticky vztahnou plochou menší $< 350 \text{ m}^2$,

od 1. 1. 2018 pro ostatní budovy (včetně novostaveb RD) s energeticky vztahnou plochou menší $> 1500 \text{ m}^2$,

od 1. 1. 2019 pro ostatní budovy (včetně novostaveb RD) s energeticky vztahnou plochou menší $> 350 \text{ m}^2$,

od 1. 1. 2020 pro ostatní budovy (včetně novostaveb RD) s energeticky vztahnou plochou menší $< 350 \text{ m}^2$.

Z výše uvedeného vyplývá, že všechny budovy budované od roku 2020 budou muset být ve standardu NZEB. Samotná nula v názvu tohoto standartu má od nulové spotřeby energie daleko. Téměř nulová spotřeba se na národní úrovni České Republiky rovná spotřebě primární neobnovitelné energie budovy ve výši $100\text{--}160 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ [10].

V praxi výstavba takové budovy bude znamenat:

- hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcí tvořících obálku budovy, danou snížením současné požadované hodnoty redukčním činitelem $f_R = 0,7$,
- snížení hodnoty neobnovitelné primární energie, stanovené pro referenční budovu, v rozpětí $10\text{--}25 \%$ podle druhu budovy nebo zóny [20].

A.4.4. ENERGETICKY NULOVÉ BUDOVY

Energetická bilance potřeb a produkce v budově a jejím okolí vyjádřená primární energií je nulová. Předpokladem je připojení budovy na energetické sítě, ze které jsou v době špičky energie odebírány a v době přebytků jsou energie do sítí dodávány. Stavební a technické řešení odpovídá pasivnímu standardu [21].

A.4.5. ENERGETICKY POZITIVNÍ BUDOVY

Stavení řešení odpovídá pasivnímu standardu. Technické řešení má propracovanou aktivní část budovy, která vytváří plusovou energetickou bilanci na straně produkce energií z obnovitelných zdrojů [21].

A.4.6. ENERGETICKY NEZÁVISLÉ BUDOVY

Jedná se o budovy bez potřeby dodávky energie z energetických sítí. Většinou jde o objekty mimo zastavěné území, kde by napojení na sítě bylo obtížné. Nezávislost budovy spočívá ve využití akumulace energií, kdy je tepelná energie ze zdroje tepla akumulována v akumulčních nádržích a elektrická energie v bateriích. Rozvoj technologií, aplikovaný výzkum ve stavebnictví i růst cen energií může vést k vývoji nových způsobů akumulace energie. Takové stavby pak mohou získat absolutní nezávislost na externích dodávkách energie [21].

5. TEPELNĚ – VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA BUDOV

Základní tepelně – vlhkostní parametry vnitřního prostředí budov jsou ovlivněny působením vnějšího klimatu. Vliv vnějšího prostředí je omezován tepelně-technickými vlastnostmi stavebních konstrukcí a vnitřními zdroji tepla v podobě systému vytápění, větrání nebo klimatizace [22].

Vlastnosti tepelně vlhkostního mikroklimatu lze objektivně vyjádřit měřením:

- teploty vnitřního vzduchu
- účinnou teplotou okolních ploch
- vlhkosti vnitřního vzduchu
- rychlosti proudění vzduchu

Vlastní teplota vzduchu se měří teploměrem odstíněným proti sálání okolních ploch a vlivu oslnění ve výšce 1 m nad podlahou uprostřed místnosti. Člověkem vnímaná teplota, je výsledná teplota, která zahrnuje teplotu vzduchu a vliv sálání okolních ploch. Účinná teplota okolních ploch je definována jako společná teplota okolních ploch, při níž je celkový tepelný tok sáláním mezi povrchem oblečeného lidského těla a okolními plochami stejný jako ve skutečnosti. V praxi se často nahrazuje průměrnou teplotou ploch, které prostor obklopují, nazývanou střední radiační teplota [22].

Výsledná teplota

$$t_g = 0,5 * (t_v + t_r) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde t_v - teplota vnitřního vzduchu [°C]
 t_r - střední radiační teplota [°C]

Střední radiační teplota

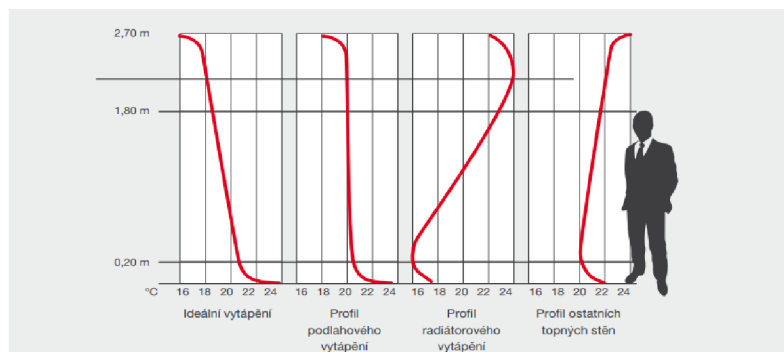
$$t_r = \frac{\sum(t_{sj} * S_j)}{\sum S_j} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde t_{sj} - teplota povrchu j-té ohraničující konstrukce [°C]
 S_j - plocha j-té ohraničující konstrukce [m²]

5.1. TEPELNÁ POHODA

Při posuzování kvality vnitřního prostředí je účelem vytvořit takové prostředí, ve kterém se bude člověk cítit nejlépe. Tento stav se nazývá tepelná pohoda člověka. Jedná se o stav tepelné rovnováhy mezi lidským tělem a jeho okolním prostředím. Okolí odebírá lidskému tělu tolik tepla, kolik samo produkuje. Přenos tepla z lidského těla do okolí probíhá vedením a prouděním (26 %), sáláním (42 %), dýcháním (2 %) a vypařováním potu (30 %) [22].

Rozložení teploty v prostoru není stejné. Je ovlivněna výškou místnosti, nestejným ochlazováním stavebními konstrukcemi a způsobem vytápění [22].



Obr. 17: Grafické znázornění energetického štítku obálky budovy [35]

V případě podlahového vytápění se rozložení teploty v místnosti blíží ideálnímu teplotnímu profilu. Při vytápění místnosti otopnými tělesy je nejvyšší teplota vzduchu pod stropem místnosti. To je způsobeno konvektivním účinkem otopných těles. Rozdíl teploty u podlahy a u hlavy stojícího člověka by neměl být vyšší jak 2°C. Pro udržení tepelné pohody musí objekt vykazovat dobrou tepelnou stabilitu. V zimním období nesmí být pokles výsledné teploty místnosti s pobytem lidí po přerušení vytápění větší než 3 °C při vytápění otopnými tělesy a 4 °C při použití podlahového vytápění. V letním období nesmí být překročena maximální denní teplota 27 °C u nevýrobních budov bez klimatizace [22].

5.2. PROUDĚNÍ VZDUCHU

Ke zhoršení pohody prostředí přispívá proudění vzduchu. Zvýšená rychlost proudění a nízká teplota vzduchu u člověka způsobuje pocit průvanu a chladu. Tento pocit nepohody nastává při rychlosti proudění vzduchu nad 0,15 m.s⁻¹. V interiérech se rychlost proudění vzduchu pohybuje od 0,10 do 0,40 m.s⁻¹ [22].

Tab. 1: Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech dle vyhlášky 6/2003 Sb. [6]

Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech	
Období roku	Rychlost proudění vzduchu [m.s ⁻¹]
Teplé	0,16 – 0,25
Chladné	0,13 – 0,20

5.3. POVRCHOVÁ TEPLOTA A VLHKOST VZDUCHU

Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvoru musí zajistit splnění normových požadavků, aby bylo vyloučeno riziko vzniku plísní a kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu konstrukcí. Stavební konstrukce a výplně musí v zimním období vykazovat vyšší povrchovou teplotu, než je teplota kritická. [22]

Dále je důležité, aby vlhkostní bilance stavebních konstrukcí byla aktivní a nedocházelo k nárůstu zkondenzovaného množství vodní páry ve skladbě konstrukcí.

A.6. SDÍLENÍ TEPLA

Sdílení tepla rozdělujeme podle mechanismu přenosu na:

- vedení (kondukce)
- proudění (konvekce)
- sálání (radiace)

A.6.1. PŘENOS TEPLA VEDENÍM

Jedná se o přenos tepelné energie částicemi. Tyto částice jsou molekuly kapalin a plynů, nebo atomy pevných látek. Vyšší teplota znamená vyšší vnitřní energii částice. Přenos tepla vedením se uskutečňuje vždy z místa o vyšší teplotě do místa o nižší teplotě. Proto se vedení tepla často označuje jako tepelná difúze [23].

A.6.1.1. FOURIÉRŮV ZÁKON

Joseph Fourier položil základy teorii vedení tepla. Fourierův zákon říká, že měrný tepelný tok přenášený vedením v látce, je přímo úměrný velikostní teplotního gradientu a má opačné znaménko [23].

Fourierův zákon

$$\dot{q} = -\lambda * (\text{grad}T) \quad [W \cdot m^{-2}]$$

kde λ - součinitel tepelné vodivosti látky [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
 $\text{grad}T$ - teplotní gradient [K]

Znamínko mínus ve vzorci značí dodržení 2. termodynamického zákona o šíření tepla v soustavě, které probíhá z místa teplejšího do místa chladnějšího [23].

A.6.1.2. DIFERENCIÁLNÍ ROVNICE VEDENÍ TEPLA

Teorie vedení tepla slouží u jednoduchých úloh k určení velikosti tepelného toku. U složitějších úloh je díky ní možné určit kompletní teplotní pole a určit extrémy v konstrukci. Nástrojem pro tyto výpočty je diferenciální rovnice vedení tepla, kterou může použít pro jedno i více rozměrné sdílení tepla vedením [23].

Diferenciální rovnice vedení tepla v 1D [13]

$$\frac{\partial}{\partial x} * \left(\lambda * \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \dot{Q}_{zdroj} = \rho * c * \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

kde λ - součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
 ρ - objemová hmotnost [$kg \cdot m^{-3}$]
 c - měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
 \dot{Q}_{zdroj} - výkon vnitřního zdroje [W], pokud existuje

O 1D vedení tepla se jedná v případě, že se teplota mění pouze v závislosti na jedné souřadnici. Tento případ nastává při řešení vedení tepla stavební konstrukcí v zimním období, kdy je výpočet proveden pro zadané teploty, které se nemění v čase. Mluvíme o časově ustáleném ději. Nestacionární – časově neustálený výpočet 1D vedení tepla bychom použili pro stanovení teplotního průběhu stěny v závislosti na čase [23].

Diferenciální rovnice vedení tepla ve 2D [13]

$$\frac{\partial}{\partial x} * \left(\lambda * \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} * \left(\lambda * \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \dot{Q}_{zdroj} = \rho * c * \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

Diferenciální rovnice vedení tepla ve 3D [13]

$$\frac{\partial}{\partial x} * \left(\lambda * \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} * \left(\lambda * \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} * \left(\lambda * \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{Q}_{zdroj} = \rho * c * \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

A.6.2. PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ

Konvektivní přenos tepla je složený mechanismus, který se skládá z kondukce a advekce. Kondukce znamená náhodný pohyb molekul jako u vedení tepla v tekutinách. Advekce znamená objemový pohyb tekutiny, kdy se pohybuje velké množství molekul. Nejčastěji se konvekce uskutečňuje mezi proudící tekutinou a pevným povrchem, při jejich rozdílných teplotách. V blízkosti pevného povrchu se vytváří mezní vrstva tekutiny, v níž se mění rychlost proudění tekutiny od nuly po rychlost volného proudu hranicí mezní vrstvy. Tato vrstva se nazývá hydrodynamická. Podobně se vytváří i tepelná mezní vrstva. U pevného povrchu dominuje konduktivní vliv přenosu. Advekce se projevuje strháváním tekutiny z volného proudu do mezní vrstvy [23].

Konvekci můžeme rozdělit na:

- přirozenou
- nucenou
- kombinovanou

Bez ohledu na povahu konvekce platí pro přenášený tepelný tok **Newtonův ochlazovací zákon** [23]:

$$\dot{q} = \alpha * (T_w - T_\infty) \quad [W \cdot m^{-2}]$$

kde α - součinitel přestupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
 T_w - teplota povrchu obtékaného tělesa [K]
 T_∞ - teplota tekutiny v dostatečné vzdálenosti od povrchu [K]

A.6.3. PŘENOS TEPLA RADIACÍ

Přenos tepla radiací probíhá pomocí elektromagnetického záření. Platí, že každé těleso s absolutní teplotou větší než nula vyzařuje elektromagnetické záření. Tato energie se zvětšuje s rostoucí teplotou hmoty. Tento typ sdílení tepla probíhá nejčastěji mezi pevnými tělesy a množství přenesené energie závisí kromě jejich teploty na jejich vzájemné poloze a

povrchových vlastnostech. Elektromagnetické záření nepotřebuje pro své šíření hmotné prostředí a šíří se i ve vakuu. Tepelná energie je elektromagnetickým zářením do svého okolí přenášena pomocí elektromagnetických vln délce 0,75 – 0,4 mikrometrů [24].

Každé těleso, které má svou teplotu, je tepelným zářičem. Ideálním tepelným zářičem je ideálně černé těleso. Maximální tepelný tok, který může být z povrchu takového tělesa emitován, je popsán Stefan- Boltzmannovým zákonem [23].

Stefan – Boltzmannův zákon

$$\dot{q} = E_0 = \sigma * T^4 \quad [W.m^{-2}]$$

kde σ - Stefan – Boltzmannová konstanta = $5,67*10^{-8}$ [W.m⁻².K⁻⁴]
 T - teplota tělesa [K]
 E_0 - zářivost černého tělesa

Pro reálné těleso potom platí:

$$\dot{q} = E = \varepsilon * \sigma * T^4 \quad [W.m^{-2}]$$

kde σ - Stefan – Boltzmannová konstanta = $5,67*10^{-8}$ [W.m⁻².K⁻⁴]
 T - teplota tělesa [K]
 ε - poměrná zářivost (emisivita) povrchu tělesa, $0 \leq \varepsilon \leq 1$
 E - zářivost reálného tělesa

A.6.4. PŘESTUP TEPLA

Přestup tepla je vyjádřen součinitelem přestupu tepla α [W.m⁻².K⁻¹], který zahrnuje parametry ovlivňující konvekci. Součinitel přestupu tepla lze vyjádřit pomocí bezrozměrových kritérií podobnosti [23]:

Součinitel přestupu tepla vyjádřený z Nusseltova kritéria

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda}{L} \quad [W.m^{-2}.K^{-1}]$$

kde Nu - Nusseltovo kritérium [-]
 L - charakteristiky rozměr [m]
 λ - součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]

Nusseltovo kritérium

$$Nu = f(Gr, Pr) = \frac{\alpha * L}{\lambda} \quad [-]$$

kde Gr - Grashofovo kritérium [-]
 Pr - Prandtlovo kritérium [-]
 α - součinitel přestupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]
 L - charakteristiky rozměr [m]
 λ - součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]

Nusseltovo kritérium při přirozeném obtékání svíslé desky

$$Nu = 0,68 * Pr^{1/2} * \frac{Gr^{1/4}}{(0,952 + Pr)^{1/4}} \quad [-], \text{ pro laminární proudění}$$

$$Nu = 0,13 * (Gr * Pr)^{1/3} \quad [-], \text{ pro turbulentní proudění}$$

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 * (Gr * Pr)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad [-], \text{ pro laminární i turbulentní proudění}$$

- kde Gr - Grashofovo kritérium [-]
 Pr - Prandtlovo kritérium [-]
 α - součinitel přestupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]
 L - charakteristiky rozměr [m]
 λ - součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]

Grashofovo kritérium

$$Gr = \frac{g * L^3 * (T_w - T_\infty) * \beta}{\nu^2} \quad [-]$$

- kde g - gravitační zrychlení [m.s⁻¹]
 L - charakteristiky rozměr [m]
 T_w - teplota povrchu obtékaného tělesa [K]
 T_∞ - teplota tekutiny v dostatečné vzdálenosti od povrchu [K]
 β - součinitel objemové roztažnosti [K⁻¹]
 ν - kinematická viskozita [m².s⁻¹]

Prandtlovo kritérium

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad [-]$$

- kde ν - kinematická viskozita [m².s⁻¹]
 a - součinitel teplotní vodivosti [m².s⁻¹]

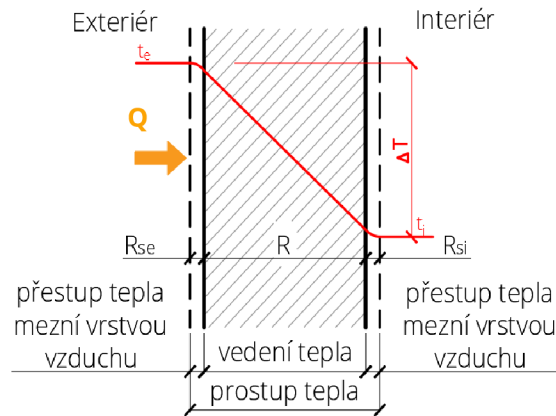
Rayleighovo kritérium

$$Ra = \frac{g * L^3 * (T_w - T_\infty) * \beta}{a * \nu^2} \quad [-] \begin{cases} < 10^9, \text{ laminární proudění} \\ > 10^9, \text{ turbulentní proudění} \end{cases}$$

- kde g - gravitační zrychlení [m.s⁻¹]
 L - charakteristiky rozměr [m]
 T_w - teplota povrchu obtékaného tělesa [K]
 T_∞ - teplota tekutiny v dostatečné vzdálenosti od povrchu [K]
 β - součinitel objemové roztažnosti [K⁻¹]
 ν - kinematická viskozita [m².s⁻¹]

A.6.5. PROSTUP TEPLA STĚNOU

Prostup tepla stěnou se skládá z přestupu tepla v mezní vrstvě a vedením tepla materiálem stěny. Vedení tepla bylo popsáno v kapitole A.6.1.



Obr. 18: Prostup tepla stěnou

Úpravou Fourierova zákona můžeme pro dané okrajové podmínky t_e a t_i určit přenášený tepelný tok jednoduchou stěnou [23]:

$$\dot{Q} = -\lambda * S * \frac{dT}{dx} [W]$$

a integrací výrazu dostaneme

$$\dot{Q} = \frac{\lambda * S * (T_1 - T_2)}{\delta} [W]$$

kde λ - součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
 S - plocha stěny [m^2]
 δ - tloušťka stěny [m]
 $T_{1,2}$ - povrchové teploty [K]

pro složenou stěnu potom platí:

$$\dot{Q} = \frac{S * (T_1 - T_2)}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_j}{\lambda_j}} [W]$$

kde λ_j - součinitel tepelné vodivosti j-té vrstvy konstrukce [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
 S - plocha stěny [m^2]
 δ_j - tloušťka j-té vrstvy konstrukce [m]
 $T_{1,2}$ - povrchové teploty [K]

Z výše uvedeného vztahu vyplývá, že ve jmenovateli se nachází tepelný odpor R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]. Proto lze vztah zjednodušit pro vyjádření součinitele prostupu tepla, který vyjadřuje celkovou

výměnu tepla při teplotním rozdílu 1 Kelvin plochou 1 m² stavební konstrukce, která odděluje prostředí, mezi kterými přenos tepla probíhá včetně mezních vzduchových vrstev [8] [23].

Součinitel prostupu tepla

$$U = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_j}{\lambda_j}} = \frac{1}{R} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

kde λ_j - součinitel tepelné vodivosti j-té vrstvy konstrukce [W.m⁻¹.K⁻¹]
 δ_j - tloušťka j-té vrstvy konstrukce [m]
 R - tepelný odpor konstrukce [m².K.W⁻¹]

Tepelný tok potom lze vyjádřit jako:

$$\dot{Q} = U * S * \Delta T \quad [W]$$

kde U - součinitel prostupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]
 S - plocha konstrukce [m²]
 ΔT - teplotní rozdíl [K]

Prostup tepla konstrukce se potom spočítá jako:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

kde α_i - součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [W.m⁻².K⁻¹]
 α_e - součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce [W.m⁻².K⁻¹]
 R_{si} - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [m².K.W⁻¹]
 R_{se} - odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m².K.W⁻¹]



B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

APPLICATION OF THE BUILDING THEME – CONCEPT SOLUTIONS

B.1. ANALÝZA OBJKETU

B.1.1. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Řešeným objektem je novostavba dvoupodlažního rodinného domu bez podsklepení. Stavba je navržena ze skořepinových tvárnic BTENOG 25 tl. 250 mm s vnitřním kontaktním zateplením, tvořeným hlavní izolační vrstvou z EPS 70F tl. 150 mm a doplňkovou izolační vrstvou z EPS 70F tl. 50 mm s opláštěním z SDK desek.

Doplňková izolační vrstva obvodových stěn je určena pro vedení vnitřních instalací a tím zajištění celistvosti hlavní tepelně izolační vrstvy.

Vnitřní nosné zdivo je navrženo ze skořepinových tvárnic BETONG 25 tl. 250 mm s pohledovým opláštěním SDK deskami.

Vnitřní příčky jsou navrženy ze skořepinových tvárnic BETONG 15 tl. 150 mm s pohledovým opláštěním SDK deskami.

Základová konstrukce je tvořena skořepinovými tvárnicemi BTENOG 30 tl. 300 mm na podkladní pás z prostého betonu.

Podlaha na terénu je tvořena podkladní železobetonovou deskou tl. 150 mm vyztuženou KARI sítí a tepelnou izolací EPS 150S tl. 120 mm.

Vnitřní strop nad 1. NP je navržen jako montovaný z prefabrikovaných předpjatých železobetonových nosníků a stropních vložek BETONG – Rector tl. 160 mm se záhlvkou z prostého betonu vyztuženou KARI sítí. Stropní konstrukce bude opatřena tepelnou a kročejovou izolací EPS RigiFloor 5000 tl. 40 mm. Podhled stropní konstrukce bude tvořen zavěšenou SDK konstrukcí a v místě napojení na obvodovou stěnu bude podhled vyplněn tepelnou izolací EPS 70 f tl. 200 mm v pásu širokém 1 m.

Podhled 2. NP je tvořen kleštinami krovu a vyplněn tepelnou izolací z minerální vaty mezi kleštinami tl. 160 mm a pod kleštinami tl. 140 mm s horním záklopem z OSB desek a spodním opláštěním SDK deskami.

Střešní konstrukce nad garáží a 2. NP je krokvní soustavy s tepelnou izolací z minerální vaty mezi krokvemi tl. 160 mm a pod krokvemi tl. 140 mm s opláštěním SDK deskami. Střecha nad garáží je pultová se sklonem 5°. Střecha nad 2. NP je sedlová se sklonem 35°. Střešní plášť je tvořen plechovou krytinou.

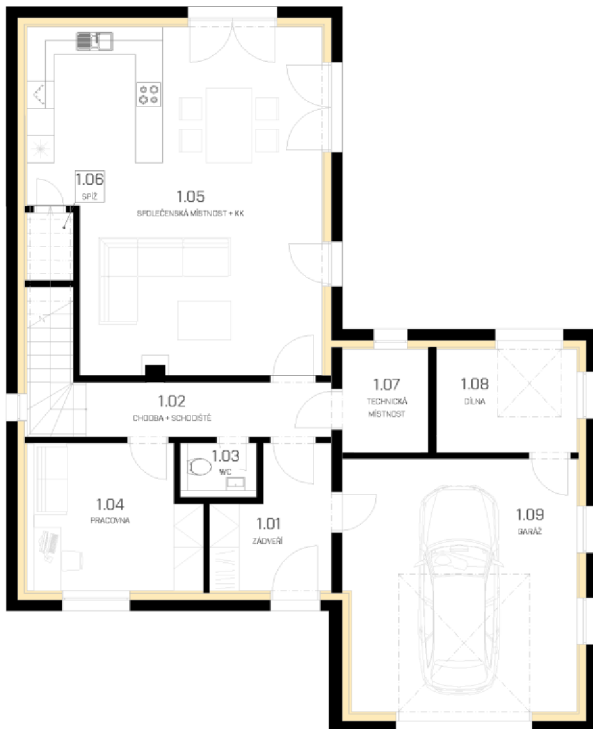
Okna jsou navržena plastová s izolačním trojsklem. Vstupní dveře jsou navrženy plastové.



Obr. 19: Vizualizace řešeného rodinného domu

B.1.2. DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Objekt je navržen jako dvoupodlažní. V 1. NP je nachází zádveří, garáž, technická místnost, dílna. Dále chodba se samostatným WC a schodištěm, společenská místnost s kuchyňským koutem, spíž a pracovna.

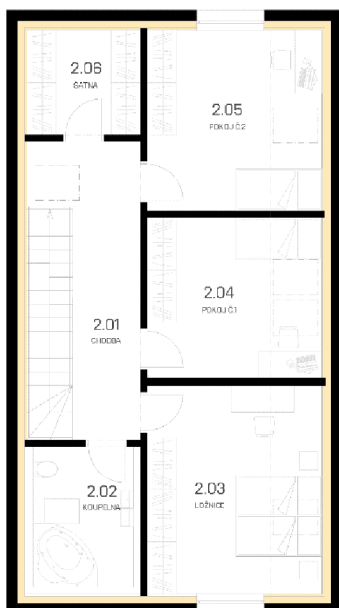


Tab. 2: Tabulka místností 1. NP

Číslo	Popis místnosti	Plocha [m ²]
1.01	ZÁDVEŘÍ	7,16
1.02	CHODBA + SCHODIŠTĚ	12,04
1.03	WC	1,60
1.04	PRACOVNA	11,83
1.05	SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST + KK	45,96
1.06	SPÍŽ	1,51
1.07	TECHNICKÁ MÍSTNOST	4,50
1.08	DÍLNA	7,05
1.09	GARÁŽ	28,70

Obr. 20: Dispoziční studie 1. NP

Ve 2.NP se nachází chodba se schodištěm, šatna, koupelna, dva pokoje a ložnice.



Tab. 3: Tabulka místností 2. NP

Číslo	Popis místnosti	Plocha [m ²]
2.01	CHODBA	16,58
2.02	KOUPELNA	7,20
2.03	LOŽNICE	17,85
2.04	POKOJ Č.1	13,77
2.05	POKOJ Č.2	15,46
2.06	ŠATNA	5,80

Obr. 21: Dispoziční studie 2. NP

B.1.3. OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Řešený objekt bude vybudován v obci Prchalov v Moravskoslezském kraji. Objekt bude svými prosklenými plochami obytných místností orientován na jih – jihozápad. Navrhovaný rodinný dům bude samostatně stojící ve stávající venkovské zástavbě.



Obr. 22: Řešený objekt - situace

B.1.3.1. KLIMATICKÉ A PROVOZNÍ PODMÍNKY

- nadmořská výška	$h = 306$ m. n. m.
- výpočtová teplota venkovního vzduchu	$t_e = -15$ °C
- délka otopného období	$d = 242$ dní
- průměrná venkovní teplota v otopném období	$t_{m,d} = 3,8$ °C

B.1.3.2. VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- výpočtová vnitřní teplota	
- koupelna	$t_i = 24$ °C
- obytné místnosti, kuchyň	$t_i = 20$ °C
- zádveří, chodba, WC, spíž	$t_i = 20$ °C
- technická místnost	$t_i = 20$ °C
- dílna, garáž	$t_i = 15$ °C
- počet osob v objektu	$n = 4$ osoby
- provoz systému vytápění	nepřerušovaný

B.2. POSOUZENÍ SKLADEB KONSTRUKCÍ

Výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla byl proveden dle ČSN 73 0540 [9], pomocí cloudového softwaru DEK Soft – tepelná technika 1D. Protokol zadání a výsledků je součástí přílohy D.4.

B.2.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Tepelný odpor konstrukce

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

kde d_i – tloušťka i-té vrstvy skladby posuzované konstrukce [m]
 λ_i – součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], výpočtová hodnota

Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} + \Delta U_{tb} = \frac{1}{R_T} + \Delta U_{tb} \leq U_N \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

kde U_N – normový požadavek na součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540 [9] [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 ΔU_{tb} – přírůstek na vliv tepelných mostů [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$] = 0,03 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$
 R_T – odpor při prostupu tepla konstrukcí [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
 R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
= 0,13 při přestupu tepla ve vodorovném směru
= 0,17 při přestupu tepla směrem dolů
= 0,10 při přestupu tepla směrem nahoru
 R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
= 0,04

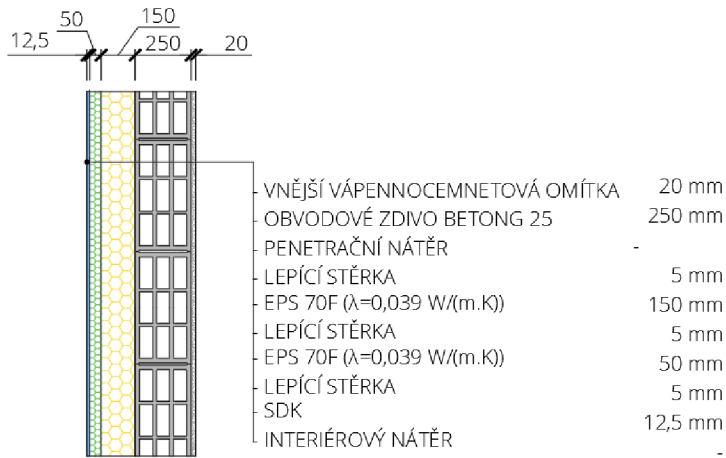
Součinitel prostupu tepla výplní otvorů

$$U_w = \frac{A_g * U_g + A_p * U_p + A_f * U_f + l_g * \Psi_g + l_p * \Psi_p}{A_g + A_p + A_f} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

kde A_g – plocha zasklení [m^2]
 U_g – součinitel prostupu tepla zasklení [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 A_p – plocha neprůsvitné výplně [m^2]
 U_p – součinitel prostupu tepla neprůsvitné výplně [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 A_f – plocha rámu [m^2]
 U_f – součinitel prostupu tepla rámu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 l_g – celkový viditelný obvod zasklení [m]
 Ψ_g – lineární činitel prostupu tepla zasklení způsobený tepelnou vazbou mezi zasklením distančním rámečkem a rámem [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
 l_p – celkový viditelný obvod neprůsvitné výplně [m]
 Ψ_p – lineární činitel prostupu tepla zasklení způsobený tepelnou vazbou mezi neprůsvitnou výplní a rámem [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

B.2.2. PŘEHLED SKLADEB KONSTRUKCÍ

Skladba obvodové stěny s vnitřním zateplením a vnitřní nosné stěny s vnitřním zateplením



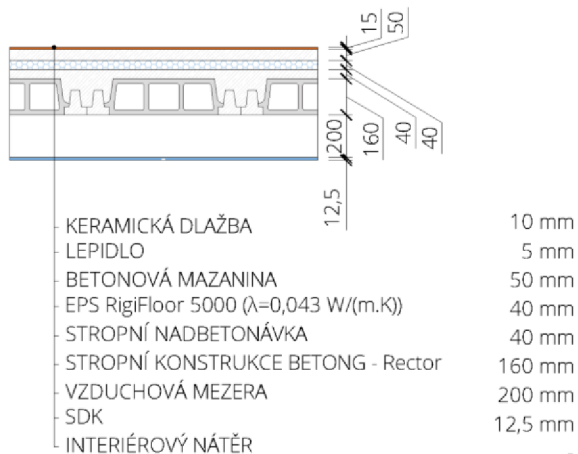
Obr. 23: Skladba obvodové stěny s vnitřním zateplením a vnitřní nosné stěny s vnitřním zateplením

Skladba vnitřní nosné stěny



Obr. 24: Skladba vnitřní nosné stěny

Skladba stropní konstrukce nad 1. NP



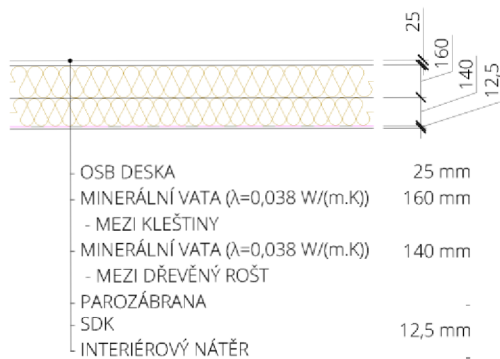
Obr. 25: Skladba stropní konstrukce nad 1. NP

Skladba střešní konstrukce



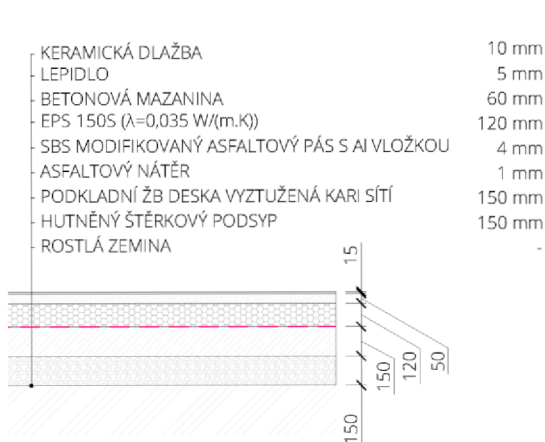
Obr. 26: Skladba střešní konstrukce

Skladba podhledu 2. NP



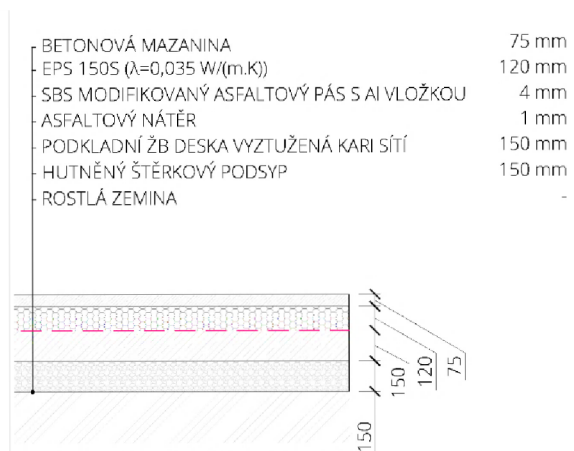
Obr. 27: Skladba podhledu 2. NP

Skladba podlahy na terénu - obytná část



Obr. 28: Skladba podlahy na terénu obytné části

- garáž



Obr. 29: Skladba podlahy na terénu garáže

B.2.3. HODNOTY SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH SKLADEB

Tab. 4: Posouzení skladeb konstrukcí na hodnotu součinitele prostupu tepla U

Posuzovaná skladba konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]				
	U	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
Stěna vnější	U	0,30	0,25	0,18 - 0,12	0,21
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Obvodová stěna BETONG25 – vnitřní zateplení	0,196	ANO	ANO	NE	ANO
Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	U	0,45	0,30	0,22 - 0,15	0,32
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Podlaha na terénu – obytná část	0,295	ANO	ANO	NE	ANO
Podlaha temperovaného prostoru přilehlá k zemině	U	0,85	0,60	0,45 - 0,30	0,60
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Podlaha na terénu – garáž	0,295	ANO	ANO	ANO	ANO
Strop pod nevytápěnou půdou	U	0,30	0,20	0,15 - 0,10	0,21
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Podhled 2. NP	0,150	ANO	ANO	ANO	ANO
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	U	0,24	0,16	0,15 - 0,10	0,17
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Střešní konstrukce	0,154	ANO	ANO	NE	ANO
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
		2,70	1,70	-	1,89
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Vnitřní nosná stěna BETONG25 – vnitřní zateplení	0,192	ANO	ANO	-	ANO
Vnitřní nosná stěna BETONG25	1,021	ANO	ANO	-	ANO
Vnitřní nenosná stěna BETONG25	1,266	ANO	ANO	-	ANO
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	U	2,20	1,45	-	1,54
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Stropní konstrukce nad 1. NP	0,783	ANO	ANO	-	ANO
Okenní výplň stavebního otvoru v obvodové stěně	U	1,50	1,20	0,80 - 0,60	1,05
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Plastové dveře s prosklením s izolačním trojsklem 890/2100 mm	0,805	ANO	ANO	NE	ANO
Plastové dveře s prosklením s izolačním trojsklem 1880/2100 mm	0,773	ANO	ANO	NE	ANO
Okno plastové s izolačním trojsklem 600/1595 mm	0,884	ANO	ANO	NE	ANO
Okno plastové s izolačním trojsklem 743/600 mm	0,931	ANO	ANO	NE	ANO
Okno plastové s izolačním trojsklem 1035/600 mm	0,904	ANO	ANO	NE	ANO
Okno plastové s izolačním trojsklem 1485/1300 mm	1,139	ANO	ANO	NE	NE
Okenní výplň stavebního otvoru ve střeše	U	1,40	1,10	0,90	0,98
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Střešní okno plastové s izolačním trojsklem 580/740 mm	0,936	ANO	ANO	NE	ANO
Střešní okno plastové s izolačním trojsklem 740/980 mm	0,879	ANO	ANO	ANO	ANO
Dveřní výplň stavebního otvoru v obvodové stěně	U	1,70	1,20	0,90	1,19
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Vstupní dveře plastové s prosklením s izolačním trojsklem 1000/2100 mm	1,2	ANO	ANO	NE	NE
Garážová sekční vrata	1,5	ANO	ANO	NE	NE
Vnitřní výplň stavebního otvoru	U	3,50	2,30	1,70	2,45
		U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}
Vnitřní dveře dřevěné	2	ANO	ANO	NE	ANO

Navržené skladby konstrukcí a výplně stavebních otvorů splňují požadovanou i doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla. Skladby stavebních konstrukcí splňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

B.3. TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU

Výpočet tepelné ztráty objektu byl proveden ČSN EN 12831-1 [12] pomocí cloudového softwaru DEK Soft – TZB. Protokol zadání a výsledků je součástí přílohy D.2.

B.3.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Celková návrhová tepelná ztráta

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad [W]$$

kde $\phi_{T,i}$ - návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]
 $\phi_{V,i}$ - návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_i - \theta_e) \quad [W]$$

kde $H_{T,ie}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [W.K⁻¹]
 $H_{T,iue}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do nevytápěných prostor [W.K⁻¹]
 $H_{T,ig}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]
 $H_{T,ij}$ - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do prostoru vytápěného na jinou teplotu [W.K⁻¹]
 θ_i - výpočtová vnitřní teplota interiéru [°C]
 θ_e - výpočtová venkovní teplota venkovního prostředí [°C]

Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy

$$H_{T,ie} = \Sigma(A_k * U_{kc} * e_k) \quad [W.K^{-1}]$$

kde A_k - plocha konstrukce [m²]
 U_{kc} - součinitel prostupu tepla konstrukce vč. přírážky na vliv tepelných mostů [W/m².K⁻¹]
- pro výpočet uvažují navýšení součinitele prostupu tepla o $\Delta U=0,03 \text{ W/m}^2.\text{K}^{-1}$
 e_k - korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů = 1,0

Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do nevytápěných prostor

$$H_{T,ie} = \Sigma(A_k * U_{kc} * b_u) [W \cdot K^{-1}]$$

kde b_u - redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní výpočtové teploty

$$b_u = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e} [-]$$

θ_u - teplota nevytápěného prostoru [°C]

Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * (\Sigma A_k * U_{equiv,k}) * G_w [W \cdot K^{-1}]$$

kde f_{g1} - korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty = 1,45
 f_{g2} - teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou a venkovní výpočtovou teplotou

$$f_{g2} = \frac{\theta_i - \theta_{m,e}}{\theta_i - \theta_e} [-]$$

$\theta_{m,e}$ - teplota zeminy [°C]

$U_{equiv,k}$ - ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce přilehlé k zemině [W.m⁻².K⁻¹]

- stanoví se podle hodnoty charakteristického parametru B'

$$B' = \frac{A_g}{0,5 * P} [m]$$

A_g - plocha podlahové konstrukce ve styku se zeminou [m²]

P - obvod budovy nebo uvažované části [m]

G_w - korekční činitel zohledňující vliv spodní vody, uvažuje se, pokud je vodní hladina spodní vody ve vzdálenosti méně jak 1 m od podlahy podzemního podlaží [-]

Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do prostoru vytápěného na jinou teplotu

$$H_{T,ij} = \Sigma(f_{ij} * A_k * U_{kc}) [W \cdot K^{-1}]$$

kde f_{ij} - redukční teplotní činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty [-]

Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_i - \theta_e) [W]$$

kde $H_{V,i}$ - součinitel tepelné ztráty větráním [W.K⁻¹]

Součinitel tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = c * \rho * V_i = 0,34 * \dot{V}_i \quad [W.K^{-1}]$$

- kde c - měrná tepelná kapacita vzduchu při výpočtové teplotě interiéru [kJ.kg⁻¹.K⁻¹]
 ρ - hustota vzduchu při výpočtové teplotě interiéru [kg.m⁻³]
 \dot{V}_i - výměna vzduchu ve vytápěném protoru [m³.s⁻¹], při zjednodušení [m³h⁻¹]

Hygienické množství vzduchu

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} * V_i \quad [m^3]$$

- kde n_{min} - minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu
 V_i - objem vytápěné místnosti [m³]

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \quad [m^3]$$

- kde n_{50} - intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnějším a vnitřním prostředím [h⁻¹]
 e_i - stínící součinitel, závisí na poloze stavby a počtu oken [-]
 ε_i - výškový korekční činitel zohledňující zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou nad terénem [-]

Přirozené větrání

Uvažuje se v případě, že není instalována větrací soustava.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{min,i}; \dot{V}_{inf,i}) \quad [m^3]$$

Nucené větrání

Uvažuje se v případě, že je instalována větrací soustava.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} * f_{vi} + \dot{V}_{mech,inf,i}) \quad [m^3]$$

- kde $\dot{V}_{su,i}$ - množství přiváděného vzduchu do vytápěné místnosti [m³.h⁻¹]
 $\dot{V}_{mech,inf,i}$ - rozdíl mezi nuceně přiváděným a odváděným množstvím vzduchu z vytápěné místnosti [m³.h⁻¹]
 f_{vi} - teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční teplotou přiváděného vzduchu θ_{su} a venkovní výpočtovou teplotou, výpočet analogicky jako f_{ij} [-]

B.3.2. CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU

Výsledky výpočtu tepelné ztráty jednotlivých místnosti jsou shrnuty v následující tabulce. Protokol výpočtu je uveden v příloze D.2.

Tab. 5: Návrhová tepelná ztráta místností a celková návrhová ztráta objektu

Místnost		Návrhová vnitřní teplota θ_{int} [°C]	Objem vzduchu v místnosti V_{int} [m ³]	Podlahová plocha A_{int} [m ²]	Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ_T [W]	Návrhová tepelná ztráta větrání Φ_V [W]	Návrhový tepelný výkon Φ_{HL} [W]
1.01	Zádveří	20	18,60	7,16	245,90	110,80	356,70
1.02	Chodba + schodiště	20	31,30	12,04	166,30	186,20	352,60
1.03	WC	20	4,20	1,60	1,70	24,80	26,50
1.04	Pracovna	20	30,00	11,55	721,00	178,70	899,70
1.05	Společenská místnost + KK	20	119,50	45,96	951,70	711,00	1662,70
1.06	Spíž	20	3,90	1,51	53,40	23,40	76,80
1.07	Technická místnost	20	11,70	4,50	186,50	69,60	256,10
1.08	Dílna	15	18,30	7,05	326,40	93,50	419,90
1.09	Garáž	15	74,60	28,70	791,00	380,60	1171,60
Celková tepelná ztráta pro 1.NP					3443,90	1778,60	5222,60
2.01	Chodba	20	39,70	16,58	188,60	236,20	424,80
2.02	Koupelna	24	3,20	7,20	307,70	20,90	328,60
2.03	Ložnice	20	44,00	17,85	308,20	262,00	570,20
2.04	Pokoj č.1	20	35,40	13,77	208,00	210,80	418,90
2.05	Pokoj č.2	20	38,10	15,46	375,30	226,80	602,10
2.06	Šatna	20	13,90	5,80	140,60	82,50	223,10
Celková tepelná ztráta pro 2.NP					1528,40	1039,20	2567,70
CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA					4972,30	2817,80	7790,30

B.4. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ – VARINATA Č.1

Jedná se o návrh nízkoteplotního systému vytápění s plynovým kondenzačním kotlem a deskovými otopnými tělesy. Příprava teplé vody bude zajištěna plynovým kotlem v provozu s přednostním ohřevem a zásobníkovým ohřívačem s integrovaným elektrickým topným tělesem.

B.4.1. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Pro vytápění místností navrhuji desková otopná tělesa se spodním připojením KORADO RADIK VK. Ve společenské místnosti jsou navrženy podlahové konvektory LICON KORAFLEX FV osazené u prosklených ploch. V koupelně je navrženo trubkové otopné těleso s oboustranným připojením KORADO KORALUX LINEAR MAX.



Obr. 30: Otopné těleso Korado RADIK VK [36]



Obr. 31: Otopné těleso Korado KORALUX LINEAR COMFORT [37]



Obr. 32: Podlahový konvektor Licon KORAFLEX FV [38]

Výkon otopných těles je navržen pro teplotní spád 55/45 °C dle podkladu výrobce. Skutečný výkon jednotlivých otopných těles je přepočítán podle následujícího vzorce:

Skutečný výkon otopného tělesa

$$Q_{T,skut} = Q_T * \varphi * z_1 * z_2 * z_3 \quad [W]$$

- kde
- Q_T - přepočítaný výkon otopného tělesa pro návrhový teplotní spád [W]
 - φ - součinitel zohledňující způsob připojení otopného tělesa [-]
 - z_1 - součinitel na osazení otopného tělesa [-]
 - z_2 - součinitel na počet článků (pro článková otopná tělesa [-])
 - z_3 - součinitel zohledňující umístění otopného tělesa v místnosti [-]

Souhrn návrhu otopných ploch je uveden v následující tabulce.

Tab. 6: Stanovení skutečného výkonu otopných tělese pro koncepční řešení – varianta č.1

Místnost		Návrhová teplota	Návrhová tepelná ztráta	Teplotní spád t_{m1}/t_{m2}	Otopné těleso					Návrhový výkon tělesa	Z_1	Z_2	Z_3	ϕ	Skutečný výkon otopného tělesa	Pokrytí návrhové tepelné ztráty	Poznámka	
Číslo	Název	[°C]	[W]		[°C]	druh	typ	délka [mm]	výška [mm]									šířka [mm]
1.01	Zádvěří	20	356,7	55/45	Radik VK	20	800	600	-	402	1,00	1,00	0,95	1,00	382	7,06		
1.02	Chodba + schodiště	20	379,1		Radik VK	20	800	600	-	402	1,00	1,00	1,00	1,00	402	6,04		
1.03	WC	20			vytápěno pomocí otopných těles v místnosti 1.02													
1.04	Pracovna	20	899,7		Radik VK	21	1400	700	-	1024	0,98	1,00	1,00	1,00	1004	11,54		
1.05	Společenská místnost + KK	20	1739,5		Koraflex	FV	2000	90	280		888	1,00	1,00	1,00	1,00	888		stupeň 1
					Koraflex	FV	2000	90	280		888	1,00	1,00	1,00	1,00	888		15,32
	Koraflex	FV	1000		90	280		230	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	230		stupeň 1	
1.06	Spíž	20			vytápěno pomocí otopných těles v místnosti 1.05													
1.07	Technická místnost	20	256,1		Radik VK	20	700	500	-	302	1,00	1,00	1,00	1,00	302	17,92		
1.08	Dílna	15	419,9		Radik VK	11	800	600	-	503	1,00	1,00	1,00	1,00	503	19,79		
1.09	Garáž	15	1171,6	Radik VK	20	1000	600	-	615	1,00	1,00	1,00	1,00	615				
				Radik VK	20	1000	600	-	615	1,00	1,00	1,00	1,00	615	4,98			
CELKEM			5222,6	CELKEM											5828			
2.01	Chodba	20	647,9	55/45	Radik VK	21	1000	600	-	652	1,00	1,00	1,00	1,00	652	0,63		
2.02	Koupelna	24	328,6		Koralux	LC	750	1220	-	350	1,00	1,00	0,95	1,00	333	1,19		
2.03	Ložnice	20	570,2		Radik VK	20	1400	600	-	704	0,98	1,00	1,00	1,00	690	21,00		
2.04	Pokoj č.1	20	418,9		Radik VK	20	900	600	-	453	1,00	1,00	1,00	1,00	453	8,14		
2.05	Pokoj č.2	20	602,1		Radik VK	20	1400	600	-	704	0,98	1,00	1,00	1,00	690	14,59		
2.06	Šatna	20			vytápěno pomocí otopných těles v místnosti 2.01													
CELKEM			2567,7	CELKEM											2817			
CELKEM			7790	CELKEM											8646			

B.4.2. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

Výpočet dimenze potrubí je proveden bez výpočtu tlakové ztráty, protože návrh koncepčního řešení je v rozsahu studie. Podrobný výpočet tlakové ztrát a hydraulické vyvážení soustavy je předmětem prováděcí dokumentace, která není součástí této diplomové práce.

System vytápění je navržen jako dvoutrubková soustava s teplotním spádem 55/45 °C. Potrubí je navrženo plastové PEX. Přívodní potrubí k otopným tělesům bude vedeno v podlaze.

Při návrhu průměru potrubí jsem postupoval metodou ekonomických rychlostí. Tzn., že rychlost proudění vody v potrubí by měla směrem od spotřebiče ke zdroji stoupat.

Tab. 7: Dimenzování potrubí systému vytápění pro koncepční řešení – varianta č.1

č. úseku	Délka úseku	Tepelný výkon	Průtok	Vnější Ø x tl. stěny	Rychlost proudění	Tlak. ztráta třením
i	l	Q	m	Ø x tl.	v	R
	[m]	[kW]	[kg.h ⁻¹]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]
Okruh otopného tělesa v místnosti č. 2.05 RADIK VK 20 600/1400						
1	10,60	0,690	59,33	16 x 2,0	0,15	37,00
2	2,04	1,342	115,39	18 x 2,0	0,15	32,00
3	13,60	1,795	154,34	20 x 2,0	0,20	47,00
4	3,68	2,485	213,67	26 x 3,0	0,20	33,00
5	11,99	2,818	242,30	26 x 3,0	0,25	49,00
6	11,10	3,819	328,37	26 x 3,0	0,30	67,00
7	7,84	4,201	361,22	26 x 3,0	0,35	88,00
8	5,29	6,609	568,27	32 x 3,0	0,30	48,00
9	1,00	8,344	717,45	32 x 3,0	0,40	80,00
10	2,50	8,646	743,42	32 x 3,0	0,40	80,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.05 KORAFLEX FV 90/280/2000						
11	6,16	0,890	76,53	16 x 2,0	0,15	37,00
12	5,93	1,780	153,05	20 x 2,0	0,20	47,00
13	5,13	2,010	172,83	20 x 2,0	0,25	69,00
14	0,66	2,410	207,22	20 x 2,0	0,35	124,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.09 RADIK VK 20 1000/600						
15	4,77	0,615	52,88	16 x 2,0	0,10	18,00
16	5,94	1,230	105,76	18 x 2,0	0,20	53,00
17	8,37	1,733	149,01	18 x 2,0	0,30	108,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 2.01 RADIK VK 21 600/1000						
18	5,40	0,652	56,06	16 x 2,0	0,15	37,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 2.04 RADIK VK 20 600/900						
19	2,95	0,453	38,95	16 x 2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 2.03 RADIK VK 20 600/1400						
20	1,00	0,690	59,33	16 x 2,0	0,15	37,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 2.02 KR LINEAR COMFORT 1220/745						
21	1,25	0,330	28,37	16 x 2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.04 RADIK VK 21 700/1400						
22	1,00	1,004	86,33	16 x 2,0	0,15	37,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.01 RADIK VK 20 600/800						
23	1,00	0,382	32,85	16 x 2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.02 RADIK VK 20 600/800						
24	4,90	0,402	34,57	16 x 2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.05 KORAFLEX FV 90/280/1000						
25	1,00	0,230	19,78	16 x 2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.05 KORAFLEX FV 90/280/2000						
26	1,00	0,880	75,67	16 x 2,0	0,15	37,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.09 RADIK VK 201000/600						
27	1,00	0,615	52,88	16 x 2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.08 RADIK VK 20 1000/600						
28	1,00	0,503	43,25	16 x 2,0	0,10	18,00

B.4.3. NÁVRH ZDROJE TEPLA



Obr. 33: Kondenzační plynový kotel Therm 14 KDZN KORAFLEX FV [39]

Navrhuji plynový kondenzační kotel THERMONA Therm 14 KDZN o výkonu 14,7 kW s plynulou regulací výkonu v rozsahu cca 20 - 100% a vestavěným trojcestným ventilem pro možnost přednostního ohřevu teplé vody v externím zásobníku. Součástí kotle je energeticky úsporné čerpadlo s elektronickým řízením. Dále nerezový kondenzační výměník. Výkon kotle bude regulován ekvitermním čidlem s regulátorem teploty otopné vody. Výkon kotle je navržen na pokrytí tepelné ztráty objektu, přičemž tento výkon bude využit i pro přípravu teplé vody přednostním ohřevem – viz kapitola B.8

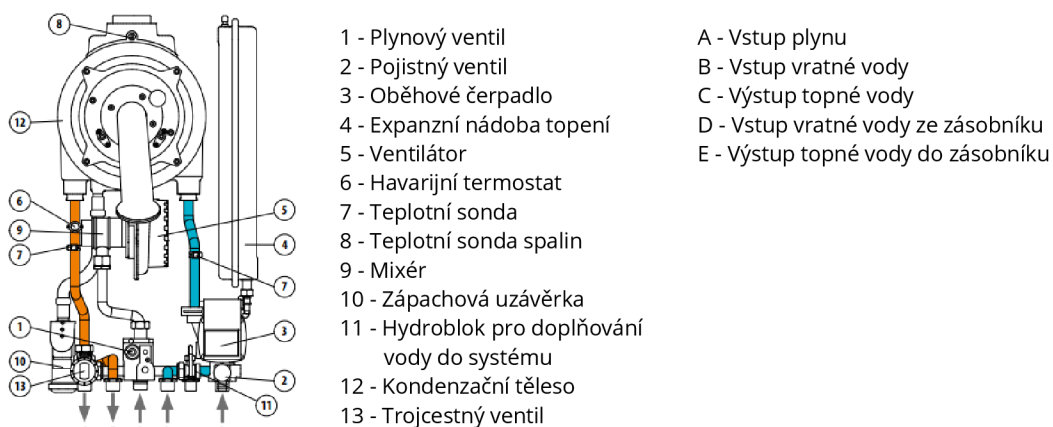
Tab. 8: Technické údaje kondenzačního plynového kotle THERM 14 KDZN [40]

Technické údaje	Jednotka	Therm 14 KDZN
Jmenovitý tepelný příkon	kW	14,7
Min. - max. tepelný výkon na vytápění	kW	3,2 - 14,8
Jmenovitý tepelný na ohřev TV	kW	14,2
Spotřeba plynu – zemní plyn	m ³ .h ⁻¹	0,31 - 1,52
Spotřeba plynu – propan	m ³ .h ⁻¹	0,12 - 0,60
Min. - max. přetlak topného systému	Bar	0,8 - 3,0
Max. výstupní teplota topné vody	°C	80
Účinnost kotle	%	99 - 107
Objem expanzomatu	L	7
Jmenovité napájecí napětí / frekvence	V/Hz	230/50 ~
Pomocná el. Energie při jmen. tep. příkonu	W	70,0
Stupeň krytí el. Částí	-	IP 41 (D)
Průměr kouřovodu	mm	60/100; 80/125; 2x80
Rozměry: výška/šířka/hloubka	mm	725/430/285
Hmotnost kotle	kg	33
Třída sezonní energetické účinnosti vytápění	-	A

B.4.4. POPIS FUNKCE SYSTÉMU

Závěsný plynový kondenzační kotel bude osazen v technické místnosti. Kotel bude sloužit jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Systém vytápění je navržen jako nízkoteplotní s teplotním spádem 55/45 °C a příprava teplé vody bude probíhat přednostním ohřevem. Kotel je vybaven trojcestným ventilem, který bude dle potřeby přepínat mezi režimem vytápění a přípravou teplé vody.

Příprava teplé vody bude probíhat v externím nepřímotopném zásobníkovém ohřevači.



Obr. 34: Zjednodušené funkční schéma kondenzačního plynového kotle THERM 14 KDZN [40]

Řídicí jednotka kotle bude napojena na ekvitermní regulaci tvořená venkovním teplotním čidlem a vnitřním prostorovým termostatem – regulátorem, osazeným v referenční místnosti (místnost s největší tepelnou ztrátou). Výkon kotle bude řízen podle venkovní teploty, čemuž bude odpovídat teplota otopné vody v systému vytápění. K tomuto účelu je v rámci regulátoru k dispozici několik výkonových křivek s možností ruční korekce pro optimalizaci tepelného komfortu.

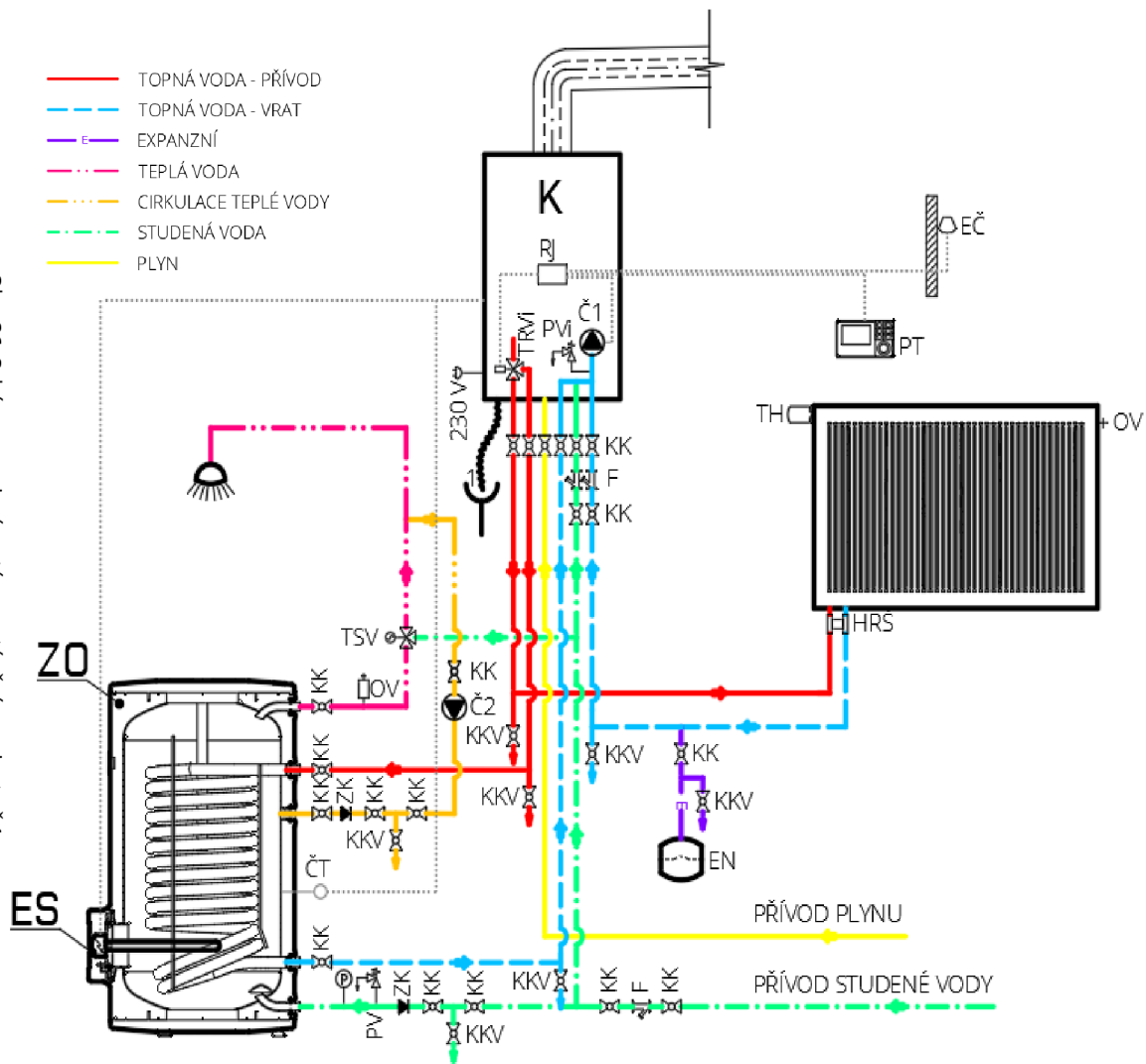


Obr. 35: Regulátor a externí čidlo ekvitermního setu PT 59 [41]

Přepnutí do režimu ohřevu teplé vody bude řízeno kotlovou řídicí jednotkou, napojenou na teplotní čidlo zásobníkového ohřevače s nastavením spínací diference 10 K. V případě chodu režimu přípravy teplé vody, bude využit maximální výkon kotle. Po skončení dohřevu teplé vody se výkon kotle přizpůsobí potřebám režimu vytápění. V případě poruchy kotle, například degradací trojcestného ventilu, nebo při nedostatečném výkonu kotle způsobeném nižší venkovní teplotou, než je výpočtová teplota v zimním období, bude teplá voda ohřívána integrovaným topným tělesem v zásobníkovém ohřevači.

V případě poklesu tlaku v systému bude do systému voda doplněna z vodovodního řádu přes hydroblok integrovaný v kotli na vratném potrubí.

B.4.4.1. SCHEMA ZAPOJENÍ



LEGENDA ZNAČENÍ

K	KONDENZAČNÍ PLYNOVÝ KOTEL THERM 14 KDZN, 3,2 - 14,8 kW
ZO	ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘÍVAČ DZD OKC 160 NTR/BP, 148 l
ES	ELEKTRICKÉ TOPNÉ TĚLESO O VÝKONU 6 kW
KK	KULOVÝ KOHOUT
KKV	KULOVÝ KOHOUT VYPOUŠTĚČÍ
ZK	ZPĚTNÁ KLAPKA
F	FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC
P	TLAKOMĚR
OV	ODVZDUŠNOVACÍ VENTIL
TSV	TROJCESTNÝ SMĚŠOVACÍ VENTIL
PV	POJIŠŤOVACÍ VENTIL
PVI	POJIŠŤOVACÍ VENTIL INTEGROVANÝ V KONSTRUKCI KOTLE
TRVI	TROJCESTNÝ VENTIL INTEGROVANÝ V KONSTRUKCI KOTLE
Č1	OBĚHOVÉ ČERPADLO INTEGROVANÉ V KONSTRUKCI KOTLE
Č2	CÍRKULAČNÍ ČERPADLO
EN	TLAKOVÁ EXPANZNÍ NÁDOBA S MEMBRÁNOU
TH	TERMOSTATICKÁ HLAVICE
HRŠ	ROHOVÉ H - ŠROUBENÍ PRO PŘÍPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES
RJ	ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA KOTLE
PT	POKOJOVÝ TERMOSTAT
EČ	EKVITERMNÍ ČIDLLO
ČT	TEPLOTNÍ ČIDLLO - TEPLOTA VODY V ZÁSOBNÍKU
1	ODVOD KONDENZÁTU DO KANALIZACE

Obr. 36: Schéma zapojení systému vytápění – varianta č. 1

B.5. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ – VARINATA Č.2

Jedná se o návrh systému vytápění s automatickým kotlem na peletky a deskovými otopnými tělesy. Příprava teplé vody bude zajištěna automatickým kotlem na peletky v provozu s přednostním ohřevem a zásobníkovým ohříváčem s integrovaným elektrickým topným tělesem.

B.5.1. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Pro vytápění místností navrhuji desková otopná tělesa se spodním připojením KORADO RADIK VK. V koupelně je navrženo trubkové otopné těleso s oboustranným připojením KORADO KORALUX LINEAR MAX.

Výkon otopných těles je navržen pro teplotní spád 55/45 °C dle podkladu výrobce. Návrh otopných těles je shodný s varinatou č.1 – viz kapitola B.4.1.

B.5.2. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

Výpočet dimenze potrubí je shodný s varinatou č.1 – viz kapitola B.4.2.

Systém vytápění je navržen jako nízkoteplotní dvoutrubková soustava s teplotním spádem 55/45 °C. Potrubí je navrženo plastové PEX. Přívodní potrubí k otopným tělesům bude vedeno v podlaze.

B.5.3. NÁVRH ZDROJE TEPLA



Navrhuji automatický kotel na peletky OPOP Biopel Premium 10/V9 o výkonu 10,32 kW s plynulou regulací výkonu kotle v rozsahu 30–100%. Kotel je navržen v kompaktní sestavě s automatickým podavačem peleta je vybaven nerezovým hořákem s možností kompresorového čištění a vychlazovací smyčkou. Výkon kotle bude využit pro ohřev topné vody v akumulární nádobě a pro přípravu teplé vody přednostním ohřevem – viz kapitola B.8.

Obr. 37: Kotel na peletky Biopel Premium 10/V9 [42]

Tab. 9: Technické údaje kotle na peletky Biopel Premium 10/V9 [43]

Technické údaje	Jednotka	Biopel Premium 10/V9
Nominální výkon	kW	10,32
Minimální výkon	kW	2,99
Záruční palivo	-	dřevěné peletky 6 - 8 mm
Spotřeba paliva	kg.h ⁻¹	0,71 - 2,5
Emisní třída		5
Účinnost	%	88,58 - 89,94
Vodní objem	L	43
Provozní tah komína	Pa	5 - 10
Maximální pracovní tlak vody	Bar	2
Maximální teplota topné vody	°C	85
Minimální teplota vratné vody	°C	65
Hmotnostní tok spalin (nomin. Výkon)	g.s ⁻¹	13,973
Hmotnostní tok spalin (min. Výkon)	g.s ⁻¹	2,501
Hmotnost	kg	234

B.5.4. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY

Součástí systému vytápění bude akumulční nádoba topné vody pro zajištění efektivního provozu kotle a tepelného komfortu místností.

Objem akumulční nádrže byl stanoven podle pokynu výrobce zdroje tepla.

Velikost akumulční nádrže

$$V_{AKU} = \max \left\{ \left[45 * Q_n * \left(1 - \frac{2,7}{Q_n} \right) \right]; 300 \right\}$$

$$= \max \left\{ \left[45 * 10,32 * \left(1 - \frac{2,7}{10,32} \right) \right]; 300 \right\} = \max \{ 323; 300 \} = 323 \text{ litrů}$$

kde Q_n - tepelný výkon kotle při použití záručního paliva (dřevěné peletky 6–8 mm)

→ Navrhuji akumulční zásobník DZD - NAD 500v1, o objemu 475 litrů + elektrické topné těleso TPK 210-12 o výkonu 3–6 kW.



Obr. 38: Akumulční nádrž DZD Nad 500v1[44] a elektrické topné těleso TPK 210-2 [45]

Tab. 10: Technické údaje akumulční nádrže DZD Nad 500v1[46]

Technické údaje	Jednotka	NAD500v1
Celkový objem nádrže	L	475
Hmotnost	kg.h ⁻¹	85
Max. provozní teplota / přetlak v nádobě	°C / Bar	90 / 3
Tloušťka izolace	mm	80
Tepelná vodivost izolace	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	0,032
Max. počet x výkon TPK 210-12	ks x kW	1 x 12
Max. počet x výkon TJ 6/4"	ks x kW	1 x 9
Energetická třída	-	C
Statická ztráta	W	83

B.5.4.1. DOBA NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

Stanovení doby nabíjení a vybíjení akumulční nádrže bylo provedeno na základě výpočtu energie potřebné pro ohřev akumulčního objemu a energie využitelné z akumulčního objemu po konci nabíjení nádrže [57]. Pro zahájení ohřevu akumulční nádrže uvažují teplotu vody v nádrži před začátkem zahájení vytápění 60 °C. Pro ukončení nahřívání akumulční nádrže uvažují teplotu 80 °C.

Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20 °C
Venkovní výpočtová teplota	t_e	-15 °C
Celková návrhová tepelná ztráta	Φ_{HL}	7,8 kW
Návrhová ztráta prostupem	Φ_T	4,97 kW
Návrhová ztráta větráním	Φ_V	2,82 kW
Měrná tepelná ztráta prostupem	H_T	0,142 kW.K ⁻¹
Měrná tepelná ztráta větráním	H_V	0,081 kW.K ⁻¹
Objem akumulční nádrže	V_{AKU}	475 l
Výkon zdroje tepla	Q_{n1}	10,32 kW
Výkon zdroje tepla + el. topné těleso	Q_{n2}	16,32 kW
Teplota vody v nádrži před prvním zátopem	$t_{z,1}$	10 °C
Teplota vody v nádrži před zahájením topení	$t_{z,2}$	60 °C
Teplota vody v nádrži po ukončení nabíjení	t_k	80 °C

Výpočtová tepelná ztráta pro aktuální venkovní teplotu

$$\phi_{c,m} = (H_T + H_V) * (t_i - t_{em}) [W]$$

kde	H_T	- měrná tepelná ztráta prostupem [kW.K ⁻¹]
	H_V	- měrná tepelná ztráta větráním [kW.K ⁻¹]
	t_i	- výpočtová vnitřní teplota [°C]
	t_{em}	- výpočtová aktuální venkovní teplota [°C]

Teplotní rozdíl

$$\Delta t = (t_1 - t_2) * \frac{t_{em} - t_i}{t_e - t_i} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- kde t_1 - teplota topné vody na přívodu do otopné soustavy [°C]
 t_2 - teplota topné vody na vratu z otopné soustavy [°C]
 t_{em} - výpočtová aktuální venkovní teplota [°C]
 t_e - výpočtová venkovní teplota [°C]
 t_i - výpočtová vnitřní teplota [°C]

Střední teplota otopné vody

$$t_m = t_i + \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_i \right) * \left(\frac{t_{em} - t_i}{t_e - t_i} \right)^{\frac{1}{n}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- kde t_i - výpočtová vnitřní teplota [°C]
 t_1 - teplota topné vody na přívodu do otopné soustavy [°C]
 t_2 - teplota topné vody na vratu z otopné soustavy [°C]
 t_{em} - výpočtová aktuální venkovní teplota [°C]
 t_e - výpočtová venkovní teplota [°C]
 n - teplotní exponent otopné soustavy [-], stanovený podle druhu otopných ploch

Teplota topné vody na přívodu do otopné soustavy

$$t_{w1} = t_m + 0,5 * \Delta t \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- kde t_m - střední teplota otopné vody [°C]
 Δt - teplotní rozdíl [°C]

Teplota otopné vody na vratu z otopné soustavy

$$t_{w2} = t_m - 0,5 * \Delta t \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- kde t_m - střední teplota otopné vody [°C]
 Δt - teplotní rozdíl [°C]

Energie potřebná k ohřátí akumulčního objemu

$$E_{AKU,p} = V_{aku} * \rho * c * \frac{t_k - t_z}{1000} \text{ [kWh]}$$

- kde V_{AKU} - objem akumulční nádrže [l]
 ρ - hustota vody při teplotě vody v nádrži po ukončení nabíjení [kg.m⁻³]
 t_2 - teplota topné vody na vratu z otopné soustavy [°C]
 c - měrná tepelná kapacita vody [Wh.kg⁻¹.K⁻¹]

- t_k - teplota vody v nádrži po ukončení nabíjení [°C]
 t_z - teplota vody v nádrži před zahájením topení [°C]

Energie využitelná z akumulčního objemu po konci nabíjení nádrže

$$E_{AKU,v} = V_{aku} * \rho * c * \frac{t_k - t_m}{1000} [kWh]$$

- kde V_{AKU} - objem akumulční nádrže [l]
 ρ - hustota vody při teplotě vody v nádrži po ukončení nabíjení [kg.m⁻³]
 t_2 - teplota topné vody na vratu z otopné soustavy [°C]
 c - měrná tepelná kapacita vody [Wh.kg⁻¹.K⁻¹]
 t_k - teplota vody v nádrži po ukončení nabíjení [°C]
 t_m - střední teplota otopné vody [°C]

Doba nabíjení AN při současném odběru topné vody

$$T_{nabijeni} = \frac{E_{AKU,p}}{Q_{n,i} - \phi_{c,m}} [hod]$$

- kde $E_{AKU,p}$ - energie potřebná k ohřátí akumulčního objemu [kWh]
 $Q_{n,i}$ - výkon zdroje tepla [kW]
 $\phi_{c,m}$ - výpočtová tepelná pro aktuální venkovní teplotu [kW]

Doba vybíjení AN bez dodávky tepla ze zdroje

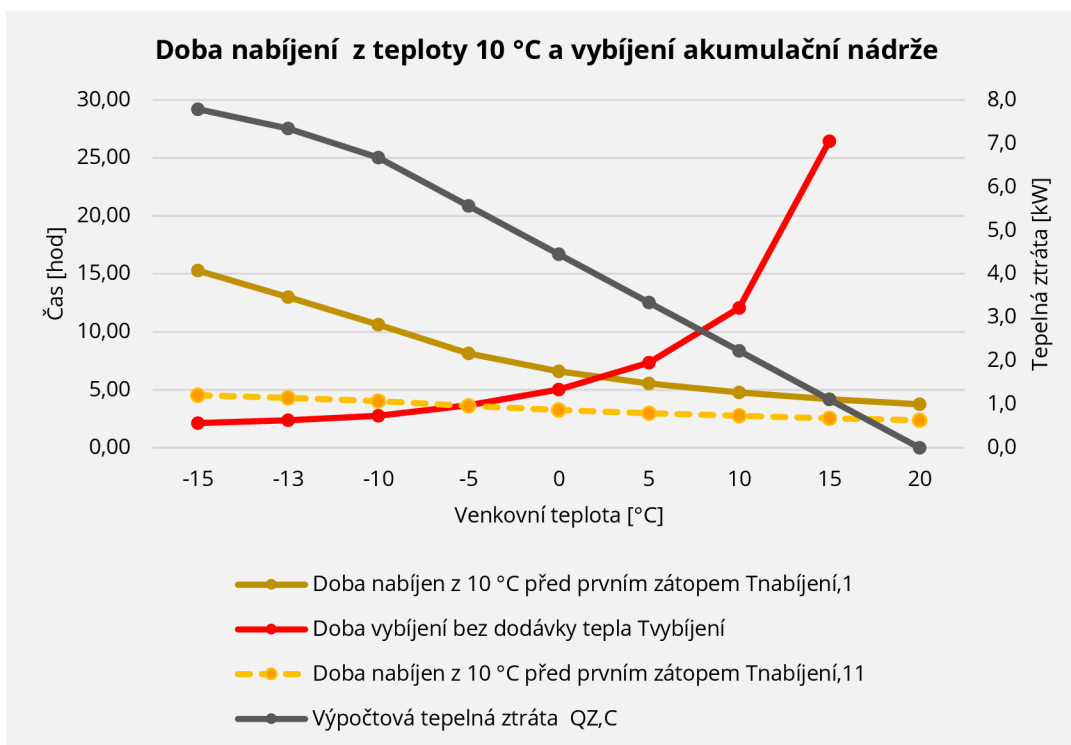
$$T_{vybijeni} = \frac{E_{AKU,v}}{\phi_{c,m}} [hod]$$

- kde $E_{AKU,v}$ - energie využitelná z akumulčního objemu po konci nabíjení nádrže [kWh]
 $\phi_{c,m}$ - výpočtová tepelná pro aktuální venkovní teplotu [kW]

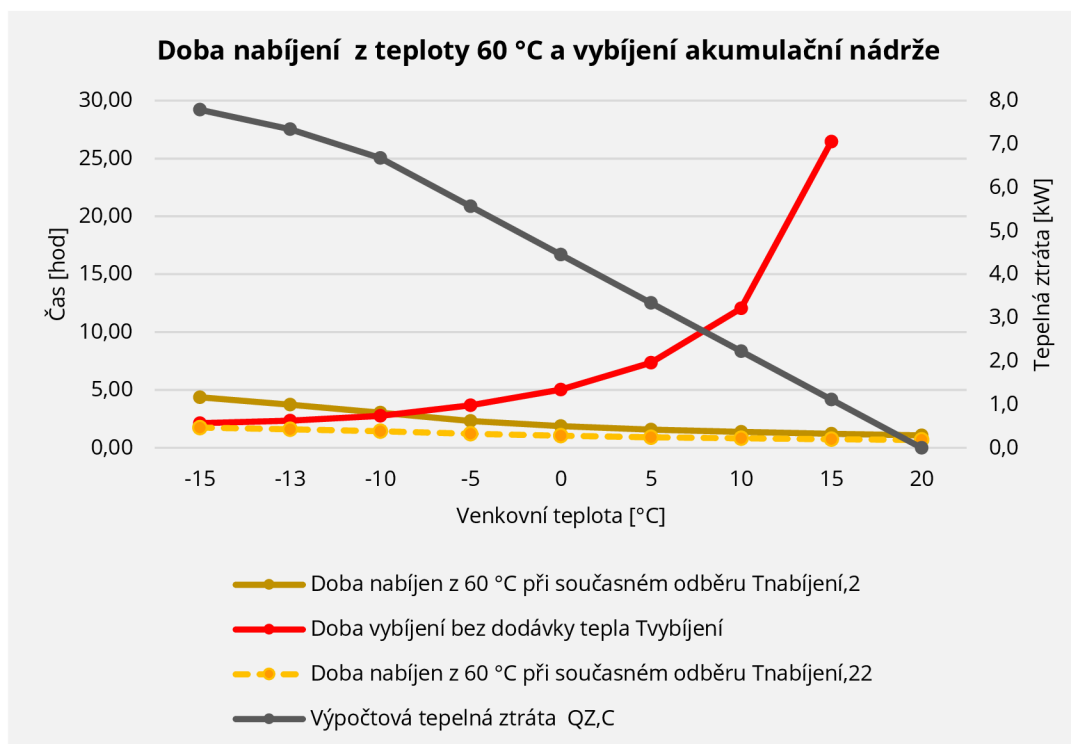
Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 11: Výsledky výpočtu doby nabíjení a vybití akumulární nádrže pro koncepční řešení – varianta č.2

Veličina	Zn.	Jednotka	Venkovní teplota t_e [°C]								
			-15	-13	-10	-5	0	5	10	15	20
Výpočtová tepelná ztráta	$Q_{z,c}$	[kW]	7,8	7,3	6,7	5,6	4,5	3,3	2,2	1,1	0,0
Vstupní teplota do otopné soustavy	t_1	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Výstupní teplota z otopné soustavy	t_2	[°C]	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Teplotní rozdíl	Δt	[°C]	10,0	9,4	8,6	7,1	5,7	4,3	2,9	1,4	0,0
Střední teplota otopné vody	t_m	[°C]	50,0	48,7	46,6	43,2	39,5	35,6	31,4	26,7	20,0
Teplota otopné vody - přívod	t_{w1}	[°C]	55,0	53,4	50,9	46,7	42,4	37,8	32,9	27,4	20,0
Teplota otopné vody - vrat	t_{w2}	[°C]	45,0	44,0	42,4	39,6	36,6	33,5	30,0	26,0	20,0
Teplota vody v nádrži před prvním zátopem	$t_{z,1}$	[°C]	10,0								
Teplota vody v nádrži před zahájením topení	$t_{z,2}$	[°C]	60,0								
Teplota vody v nabitě nádrži	t_k	[°C]	80,0								
Energie potřebná pro ohřev z 10 °C	$E_{aku,p1}$	[kWh]	38,7								
Energie potřebná pro ohřev z 60 °C	$E_{aku,p2}$	[kWh]	11,0								
Energie využitelná z akumulárního objemu po konci nabíjení nádrže	$E_{aku,v}$	[kWh]	16,57	17,31	18,43	20,35	22,37	24,51	26,82	29,44	33,15
Provoz kotle na peltky											
Doba nabíjení z 10 °C před prvním zátopem	$T_{nabíjení,1}$	[hod]	15,28	13,00	10,62	8,13	6,59	5,54	4,78	4,20	3,75
Doba nabíjení z 60 °C při současném odběru	$T_{nabíjení,2}$	[hod]	4,37	3,71	3,03	2,32	1,88	1,58	1,36	1,20	1,07
Doba vybití bez dodávky tepla	$T_{vybití}$	[hod]	2,13	2,36	2,76	3,66	5,03	7,34	12,05	26,45	0,00
Provoz kotle na peltky + el. topné těleso											
Doba nabíjení z 10 °C před prvním zátopem	$T_{nabíjení,11}$	[hod]	4,53	4,31	4,01	3,60	3,26	2,98	2,74	2,54	2,37
Doba nabíjení z 60 °C při současném odběru	$T_{nabíjení,22}$	[hod]	1,75	1,60	1,43	1,20	1,04	0,92	0,82	0,74	0,68



Graf 1: Doba nabíjení z teploty 10 °C a vybíjení akumulární nádrže – varianta koncepčního řešení č.2



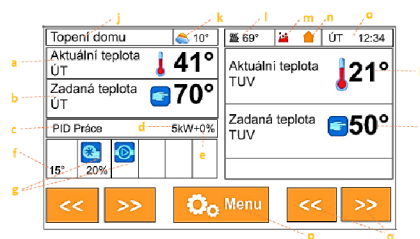
Graf 2: Doba nabíjení z teploty 60 °C a vybíjení akumulární nádrže – varianta koncepčního řešení č.2

B.5.5. POPIS FUNKCE SYSTÉMU

Kotel na peletky bude umístěn v rozšířené technické místnosti, která bude současně sloužit i jako sklad paliva. Pro spalování výrobce doporučuje dřevěné peletky o průměru 6 – 8 mm. Kotel je navržen v kompaktní sestavě s automatickým podavačem pelet. Výkon kotle bude využit v plném rozsahu pro nabíjení akumulční nádrže a pro přípravu teplé vody přednostním ohřevem. Nabíjení akumulční nádrže bude probíhat od teploty vody v nádrži 60 °C 80°C. To bude zajištěno výkonem navrženého kotle a integrovaným elektrickým topným tělesem v akumulční nádobě. Pro zahájení nebo ukončení nabíjení, bude akumulční nádoba osazena teplotním čidlem napojeným na regulaci systému.

Příprava tepelné vody přednostním ohřevem bude zajištěna výkonem kotle a integrovaným elektrickým topným tělesem v zásobníkovém ohřivači. Mezi režimem vytápění a ohřevem teplé vody, bude na základě snímání teploty v zásobníkovém ohřivači, přepínat externí trojcestný ventil se servopohonem napojeným na řídicí jednotku.

Kotel během svého provozu prochází několika provozními režimy, které jsou zobrazeny na hlavním panelu řídicí jednotky kotle. Režim roztápění je automatické zapalování pelet na roštu. Během této doby kotel projde několika provozními stavy. Dále následuje běžný provoz kotle, indikovaný aktuálním výkonem kotle a otáčkami ventilátoru v %, které se shodují s procentuálním vyjádřením aktuálního výkonu. Na konci provozu pracovního cyklu kotel přechází do režimu vyhasínání, což je fáze, do které se kotel dostane při nahřátí na zadanou teplotu topné vody [43].

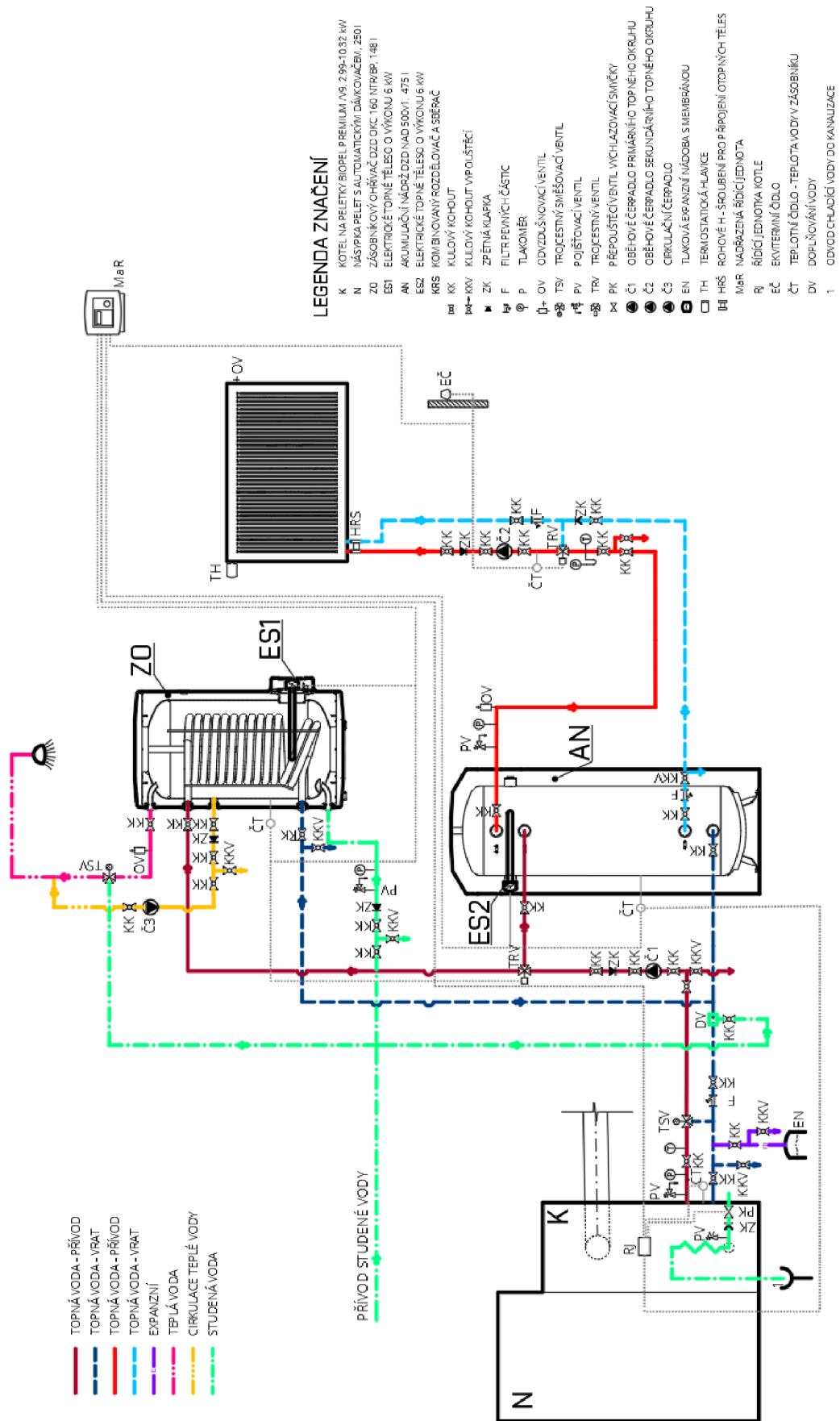


Obr. 39: Hlavní panel řídicí jednotky V9 [43]

Otopná soustava je navržena jako nízkoteplotní s teplotním spádem 55/45 °C. Teplota topné vody bude regulována podle ekvitermní regulace v závislosti na aktuální venkovní teplotě. Úpravu teploty topné vody bude zajišťovat trojcestný ventil osazený na větví otopného systému, se servopohonem napojeným na teplotní čidlo přívodu topné vody a ekvitermní regulaci.

Systém vytápění a ohřevu teplé vody bude řízen a regulován pomocí řídicí jednotky kotle a nadřazené řídicí jednotky celého systému. Nadřazená řídicí jednotka bude osazena v referenční místnosti, kde bude snímat teplotu vnitřního vzduchu a regulovat tak chod režimu vytápění.

B.5.5.1. SCHÉMA ZAPOJENÍ



Obr. 40: Schéma zapojení systému vytápění - varianta č.2

B.6. KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ – VARINATA Č.3

Jedná se o návrh systému vytápění s tepelným čerpadlem vzduch/voda a teplovodním podlahovým vytápěním doplněným otopnými tělesy. Příprava teplé vody bude zajištěna tepelným čerpadlem v provozu s přednostním ohřevem a zásobníkovým ohřivačem s integrovaným elektrickým topným tělesem.

B.6.1. NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH

Pro vytápění místností navrhuji teplovodní podlahové vytápění. Pro vytápění technické místnosti, dílny a garáže navrhuji desková otopná tělesa se spodním připojením KORADO RADIK VK. V koupelně je navrženo trubkové otopné těleso s oboustranným připojením KORADO KORALUX LINEAR MAX.

B.6.1.1. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Výkon otopných těles je navržen pro teplotní spád 55/45 °C dle podkladu výrobce. Výpočet skutečného výkonu otopných těles je shodný s varinatou č.1 – viz kapitola B.4.1.

Tab. 12: Výsledky výpočtu doby nabíjení a vybíjení akumulační nádrže pro koncepční řešení – varianta č.3

Místnost	Návrhová teplota	Návrhová tepelná ztráta	Teplotní spád t_{w1}/t_{w2}	Otopné těleso					Návrhový výkon tělesa	Z_1	Z_2	Z_3	ϕ	Skutečný výkon otopného tělesa	Pokrytí návrhové tepelné ztráty	Poznámka	
				druh	typ	délka [mm]	výška [mm]	šířka [mm]									[W]
Číslo	Název	[°C]	[W]	[°C]										[W]	[%]		
1.04	Pracovna	20	899,7	55/45	Radik VK	10	1400	700	-	437	0,98	1,00	1,00	1,00	428,26	-52,40	
1.07	Technická místnost	20	256,1		Radik VK	10	500	600	-	423	1,00	1,00	1,00	1,00	423,00	65,17	
1.08	Dílna	15	419,9		Radik VK	10	800	600	-	503	1,00	1,00	1,00	1,00	503,00	19,79	
1.09	Garáž	15	1171,6		Radik VK	10	800	700	-	546	1,00	1,00	1,00	1,00	546,00	-6,79	
			CELKEM											2446,26			
2.02	Koupelna	24	328,6	55/45	Koralux	LC	500	900	-	365	1,00	1,00	0,95	1,00	346,75	5,52	
			CELKEM											347			
			CELKEM											2793			

B.6.1.1.1. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ

Výpočet dimenze potrubí je proveden bez výpočtu tlakové ztráty, protože návrh koncepčního řešení je v rozsahu studie. Podrobný výpočet tlakových ztrát a hydraulické vyvážení soustavy je předmětem prováděcí dokumentace, která není součástí této diplomové práce.

Systém vytápění je navržen jako dvoutrubková soustava s teplotním spádem 55/45 °C. Potrubí je navrženo plastové PEX. Přívodní potrubí k otopným tělesům bude vedeno v podlaze.

Postup výpočtu je stejný jako v předchozích variantách.

Tab. 13: Dimenzování potrubí systému vytápění pro koncepční řešení – varianta č.3

č. úseku	Délka úseku	Tepelný výkon	Průtok	Vnější Ø x tl. stěny	Rychlost proudění	Tlak. ztráta třením
i	l	Q	m	Ø x tl.	v	R
	[m]	[kW]	[kg.h ⁻¹]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]
Okruh otopného tělesa v místnosti č. 2.02 KR LINEAR COMFORT 900/500						
1	13,50	0,347	29,84	16x2,0	0,10	18,00
2	22,60	0,776	66,72	16x2,0	0,15	37,00
3	6,50	2,794	240,24	26x3,0	0,25	49,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.09 RADIK VK 20 600/1000						
4	4,77	0,546	46,95	16x2,0	0,10	18,00
5	5,94	1,092	93,90	18x2,0	0,20	53,00
6	8,37	1,595	137,15	18x2,0	0,25	78,00
7	3,05	2,018	173,52	20x2,0	0,30	95,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.04 RADIK VK 10 600/1400						
8	1,00	0,429	36,89	16x2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.09 RADIK VK 20 600/1000						
9	1,00	0,546	46,95	16x2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.08 RADIK VK 11 600/800						
10	1,00	0,503	43,25	16x2,0	0,10	18,00
Přípojka otopného tělesa v místnosti č. 1.07 RADIK VK 20 500/700						
11	2,00	0,423	36,37	16x2,0	0,10	18,00

B.6.1.2. NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Návrh otopných ploch podlahového vytápění je navržen pro teplotní spád 40/35 °C. Metodika výpočtu [61] a [63] není v plném souladu s ČSN EN 1264 [14]. Pouze z této normy vychází a respektuje její požadavky.

Normové maximální teploty povrchu podlahových krytin u podlah s vytápěním jsou stanoveny dle ČSN EN 1264 [14] hodnotami:

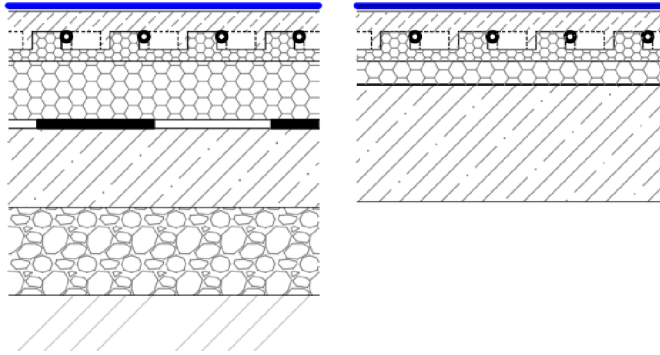
29 °C pro obytné prostory,
35 °C pro okrajové zóny.

Okrajovou zónou je podlahová plocha u vnější obvodové stěny o šířce max. 1 m směrem do místnosti. V této zóně se nepředpokládá trvalejší pobyt osob.

Z hygienických a fyziologických hledisek byly respektovány maximální hodnoty povrchové teploty:

29 °C pro obytné prostory,
30 °C chodby, předsíně, galérie,
33 °C koupelny, kryté bazény,
35 °C okrajové zóny, oblasti s řídkou návštěvností.

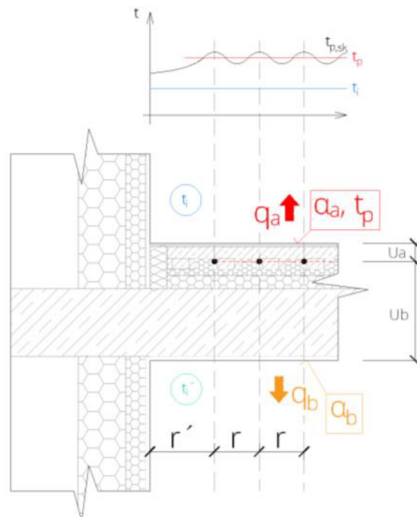
Při návrhu podlahového vytápění byl uvažován mokřý způsob provedení s uložením trubek do systémové desky nad tepelnou izolací podlahy s anhydritovou zálivkou – konstrukční systém typu „A“.



Obr. 41: Schéma podlahové konstrukce na zemině s podlahovým vytápěním (vlevo) a schéma podlahové konstrukce na stropní konstrukci s podlahovým vytápěním (vpravo)

B.6.1.2.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Výpočtové schéma



Obr. 42: Výpočtové schéma pro stanovení výkonu topného okruhu [61]

Tepelná propustnost vrstev nad potrubím

$$U_a = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \sum \frac{d_{n,a}}{\lambda_{n,a}}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

- kde
- α_a - součinitel přestupu tepla na vytápěné (horní) straně konstrukce [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
= $8 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
 - $d_{n,a}$ - tloušťka n-té vrstvy konstrukce
- bráno od osy potrubí k horní hraně konstrukce
 - $\lambda_{n,a}$ - tepelná vodivost materiálů n-té vrstvy konstrukce [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

Tepelná propustnost vrstev pod potrubím

$$U_b = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{d_{n,b}}{\lambda_{n,b}}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

- kde α_b - součinitel přestupu tepla na nevytápěné (spodní) straně konstrukce
 $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
 = $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, v případě že se pod konstrukcí nachází vytápěný prostor
 = $1,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, v případě že se pod konstrukcí nachází zemina
- $d_{n,b}$ - tloušťka n-té vrstvy konstrukce
 - bráno od osy potrubí ke spodní hraně konstrukce
- $\lambda_{n,b}$ - tepelná vodivost materiálů n-té vrstvy konstrukce $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

Charakteristické číslo podlahy

$$m = \sqrt{\frac{2 * (U_a + U_b)}{\pi^2 * \lambda * d}} \quad [\text{m}^{-1}]$$

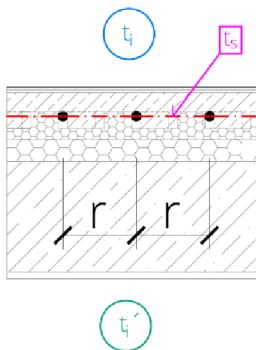
- kde U_a - je tepelná propustnost vrstev nad potrubím $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
 U_b - je tepelná propustnost vrstev pod potrubím $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
 λ - je tepelná vodivost vrstvy, do níž jsou uloženy otopné trubky $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
 d - vnější profil potrubí $[\text{m}]$

Střední teplota topné vody

$$t_m = \frac{t_1 - t_2}{2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- kde t_1 - teplota topné vody na přívodu do potrubí $[^{\circ}\text{C}]$
 t_2 - teplota topné vody na vratu z potrubí $[^{\circ}\text{C}]$

Střední teplota v rovině proložené osou potrubí v půlce rozteče



$$t_s = (t_m - t_i) * \frac{\text{tgh}\left(\frac{m r}{2}\right)}{\frac{m r}{2}} + t_i \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- kde t_m - teplota přívodní topné vody v potrubí $[^{\circ}\text{C}]$
 t_i - teplota topné vody na vratu z potrubí $[^{\circ}\text{C}]$
 m - charakteristické číslo místnosti $[\text{m}^{-1}]$
 r - rozteč potrubí $[\text{m}]$

Obr. 43: Střední teplota v rovině proložené osou potrubí v půlce rozteče

Povrchová teplota na vytápěné straně

$$t_{p,a} = \frac{U_a}{\alpha_a} * (t_s - t_{i,a}) + t_{i,a} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- kde U_a - je tepelná propustnost vrstev nad potrubím [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
 α_a - součinitel přestupu tepla na vytápěné (horní) straně konstrukce [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
 t_s - střední teplota v rovině proložené osou potrubí v půlce rozteče [$^\circ\text{C}$]
 $t_{i,a}$ - teplota vnitřního vzduchu nad vytápěným povrchem [$^\circ\text{C}$]

Povrchová teplota na nevytápěné straně

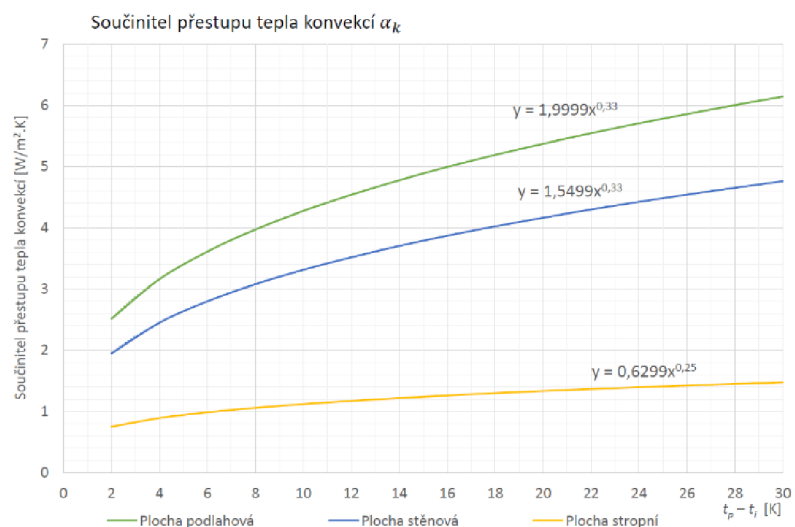
$$t_{p,b} = \frac{U_b}{\alpha_b} * (t_s - t_{i,b}) + t_{i,b} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- kde U_b - je tepelná propustnost vrstev pod potrubím [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
 α_b - součinitel přestupu tepla na nevytápěné (horní) straně konstrukce [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
 t_s - střední teplota v rovině proložené osou potrubí v půlce rozteče [$^\circ\text{C}$]
 $t_{i,b}$ - teplota vnitřního vzduchu pod nevytápěným povrchem [$^\circ\text{C}$]

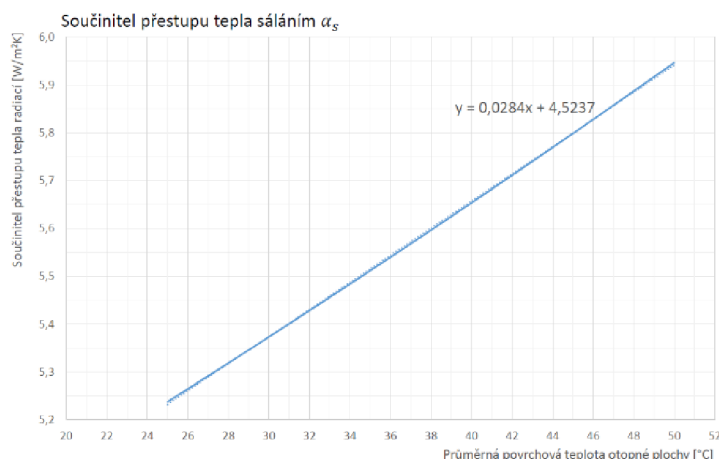
Měrný tepelný tok z povrchu otopné plochy

$$q_a = (\alpha_k + \alpha_s) * (t_{p,a} - t_{i,a}) \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\text{]}$$

- kde α_k - součinitel prostupu tepla konvekcí [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$], určen dle návrhového diagramu
 α_s - součinitel prostupu tepla sáláním [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$], určen dle návrhového diagramu
 $t_{p,a}$ - povrchová teplota na vytápěné straně [$^\circ\text{C}$]
 $t_{i,a}$ - teplota vnitřního vzduchu nad vytápěným povrchem [$^\circ\text{C}$]



Graf 3: Návrhový diagram pro stanovení součinitele prostupu tepla konvekcí [63]



Graf 4: Návrhový diagram pro stanovení součinitele prostupu tepla sáláním [63]

Měrný tepelný tok směrem k nevytápěnému povrchu nebo do země

$$q_b = U_b * (t_s - t_{i,b}) \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}\text{]}$$

- kde U_b - je tepelná propustnost vrstev pod potrubím [W.m⁻².K⁻¹]
 t_s - střední teplota v rovině proložené osou potrubí v půlce rozteče [°C]
 $t_{i,b}$ - teplota vnitřního vzduchu exteriéru nebo země pod nevytápěným povrchem [°C]

Tepelný příkon otopné plochy

$$Q_{PC} = (q_a + q_b) * S_p \text{ [W]}$$

- kde q_a - měrný tepelný tok z povrchu otopné plochy [W.m⁻²]
 q_b - měrný tepelný tok směrem k nevytápěnému povrchu nebo do země [W.m⁻²]
 S_p - čistá otopná plocha [m²]

Tepelný výkon otopné plochy

$$Q_p = q_a * S_p \text{ [W]}$$

- kde q_a - měrný tepelný tok z povrchu otopné plochy [W.m⁻²]
 S_p - čistá otopná plocha [m²]

Délka topného hadu

$$L = \frac{S_p}{r} \text{ [m]}$$

- kde S_p - čistá otopná plocha [m²]
 r - rozteč potrubí [m]

B.6.1.2.2. NÁVRH TOPNÝH OKRUHŮ

Vytápění chodeb, WC a šatny bude pomocí přírodních potrubí jednotlivých topných okruhů

Místnost 1.01 – zádveří

Tab. 14: Dimenzování topného okruhu místnosti 1.01

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu	σ [m]	λ_i [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
Keramická dlažba	0,010	1,010	
Lepidlo	0,050	0,700	
Anhydrit	0,057	1,230	
skladba dolů	b [m]	λ_i [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	
Systémová deska	0,028	0,037	
EPS 150S	0,150	0,035	
Nosná železobetonová deska	0,150	1,740	
Štěrk	0,150	0,750	
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t_i	20	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t_b	5	°C
teplota povrchu podlahy	t_p	30	°C
teplota otopné vody - přívod	t_1	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t_2	35	°C
střední teplota otopné vody	t_m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,075	m
čistá vytápěná plocha	S_p	4,89	m ²
tepelná ztráta místnosti;	Q_z	356,7	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α_A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α_B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U_A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U_B	0,18	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,53	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t_s	37,16	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěné povrchu	$t_{p,A}$	28,32	°C
na spodní starně kce	$t_{p,B}$	5,74	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
q_{A}	q_{A}	77,84	W.m⁻²
Ztráty do kce	q_B	5,90	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q_{PC}	409,47	W
Tepelný výkon	Q_P	380,63	W
Délka hadu	L	65,2	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

28,32 °C ≤ 29 °C → **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

356,7 W ≤ 380,63 W → **navržený výkon vyhovuje**

Místnost 1.04 - pracovna

Tab. 15: Dimenzování topného okruhu místnosti 1.04

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu		a[m]	λ_i [W.m⁻¹.K⁻¹.]
Keramická dlažba		0,010	1,010
Lepidlo		0,050	0,700
Anhydrit		0,057	1,230
skladba dořů		b[m]	λ_i [W.m⁻¹.K⁻¹.]
Systémová deska		0,028	0,037
EPS 150S		0,150	0,035
Nosná železobetonová deska		0,150	1,740
Štěrka		0,150	0,750
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t_i	20	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t_b	5	°C
teplota povrchu podlahy	t_p	28	°C
teplota otopné vody - přívod	t_1	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t_2	35	°C
střední teplota otopné vody	t_m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,15	m
čistá vytápěná plocha	S_p	8,86	m ²
tepelná ztráta místnosti	Q_z	899,7	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α_A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α_B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U_A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U_B	0,18	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,53	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t_s	36,22	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěném povrchu	$t_{p,A}$	27,44	°C
na spodní straně kce	$t_{p,B}$	5,72	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
q_A	q_A	68,31	W.m⁻²
Ztráty do kce	q_B	5,73	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q_{PC}	655,96	W
Tepelný výkon	Q_P	605,24	W
Délka hadu	L	59,1	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

27,44 °C ≤ 29 °C → **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

899,7 W ≤ 605,24 W → **zbývající výkon pokryt otopným tělesem**

Místnost 1.05 – společenská místnost + KK

Z důvodu velké podlahové plochy místnosti navrhuji dva topné hady, které se budou podílet na krytí celkové tepelné ztráty místnosti.

Tab. 16: Dimenzování topného okruhu místnosti 1.05

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu		σ[m]	λ_i[W.m⁻¹.K⁻¹.]
Keramická dlažba		0,010	1,010
Lepidlo		0,050	0,700
Anhydrit		0,057	1,230
skladba dolů		b[m]	λ_i[W.m⁻¹.K⁻¹.]
Systémová deska		0,028	0,037
EPS 150S		0,150	0,035
Nosná železobetonová deska		0,150	1,740
Štěrka		0,150	0,750
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t_i	20	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t_b	5	°C
teplota povrchu podlahy	t_p	28	°C
teplota otopné vody - přívod	t_1	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t_2	35	°C
střední teplota otopné vody	t_m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,225	m
čistá vytápěná plocha	S_p	18,47	m ²
tepelná ztráta místnosti	Q_z	1662,7	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α_A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α_B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET – první topný had			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U_A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U_B	0,18	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,53	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t_s	34,91	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěním povrchu	$t_{p,A}$	26,28	°C
na spodní starně kce	$t_{p,B}$	5,69	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
Ztráty do kce	q_B	5,48	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q_{PC}	1138,76	W
Tepelný výkon	Q_P	1037,46	W
Délka hadu	L	82,1	m
VÝPOČET – druhý topný had			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U_A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U_B	0,18	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,53	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t_s	34,91	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěním povrchu	$t_{p,A}$	26,28	°C
na spodní starně kce	$t_{p,B}$	5,69	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
ztráty do kce	q_B	5,48	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q_{PC}	1147,39	W
Tepelný výkon	Q_P	1045,32	W
Délka hadu	L	82,7	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

26,28 °C ≤ 29 °C → **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

1662,7 W ≤ (1037,46 + 1045,32) = 2082,8 W → **navržený výkon vyhovuje**

Místnost 2.02 - koupelna

Tab. 17: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.02

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu		a[m]	λ_i[W.m⁻¹.K⁻¹.]
Keramická dlažba		0,010	1,010
Lepidlo		0,050	0,700
Anhydrit		0,057	1,230
skladba dolů		b[m]	λ_i[W.m⁻¹.K⁻¹.]
Systémová deska		0,028	0,037
EPS RigiFloor 5000		0,043	0,035
Nosná železobetonová deska		0,200	1,430
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t _i	24	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t _u	20	°C
teplota povrchu podlahy	t _p	33	°C
teplota otopné vody - přívod	t ₁	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t ₂	35	°C
střední teplota otopné vody	t _m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,075	m
čistá vytápěná plocha	S _p	4,21	m ²
tepelná ztráta místnosti	Q _z	328,6	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α _A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α _B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U _A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U _B	0,44	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,73	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t _s	37,22	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěn povrchu	t _{p,A}	30,40	°C
na spodní straně kce	t _{p,B}	20,96	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
q_A	q_A	58,14	W.m⁻²
Ztráty do kce	q _B	7,65	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q _{PC}	277,01	W
Tepelný výkon	Q_P	244,79	W
Délka hadu	L	56,1	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

30,4 °C ≤ 33 °C → **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

328,6 W \leq 244,79 W \rightarrow **zbývající výkon pokryt otopným tělesem**

Místnost 2.03 – ložnice

Tab. 18: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.03

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu	σ[m]	λ_i[W.m⁻¹.K⁻¹.]	
Keramická dlažba	0,010	1,010	
Lepidlo	0,050	0,700	
Anhydrit	0,057	1,230	
skladba dolů	b[m]	λ_i[W.m⁻¹.K⁻¹.]	
Systémová deska	0,028	0,037	
EPS RigiFloor 5000	0,043	0,035	
Nosná železobetonová deska	0,200	1,430	
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t_i	20	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t_u	20	°C
teplota povrchu podlahy	t_p	28	°C
teplota otopné vody - přívod	t_1	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t_2	35	°C
střední teplota otopné vody	t_m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,15	m
čistá vytápěná plocha	S_p	13,94	m ²
tepelná ztráta místnosti	Q_z	570,2	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α_A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α_B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U_A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U_B	0,44	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,73	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t_s	36,15	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěném povrchu	$t_{p,A}$	27,37	°C
na spodní starně kce	$t_{p,B}$	20,90	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
q_A	q_A	67,60	W.m⁻²
Ztráty do kce	q_B	7,18	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q_{PC}	1042,37	W
Tepelný výkon	Q_P	942,32	W
Délka hadu	L	92,9	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

27,37 °C \leq 29 °C \rightarrow **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

570,2 W \leq 942,32 W \rightarrow **navržený výkon vyhovuje**

Místnost 2.04 - pokoj č. 1

Tab. 19: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.04

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu	a[m]	λ_i [W.m⁻¹.K⁻¹.]	
Keramická dlažba	0,010	1,010	
Lepidlo	0,050	0,700	
Anhydrit	0,057	1,230	
skladba dořů	b[m]	λ_i [W.m⁻¹.K⁻¹.]	
Systémová deska	0,028	0,037	
EPS RigiFloor 5000	0,043	0,035	
Nosná železobetonová deska	0,200	1,430	
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t _i	20	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t _u	20	°C
teplota povrchu podlahy	t _p	28	°C
teplota otopné vody - přívod	t ₁	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t ₂	35	°C
střední teplota otopné vody	t _m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,15	m
čistá vytápěná plocha	S _p	10,75	m ²
tepelná ztráta místnosti	Q _z	418,9	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α _A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α _B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U _A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U _B	0,44	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,73	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t _s	36,15	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěném povrchu	t_{p,A}	27,37	°C
na spodní straně kce	t _{p,B}	20,90	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
Ztráty do kce	q _B	7,18	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q _{PC}	803,84	W
Tepelný výkon	Q_P	726,68	W
Délka hadu	L	71,7	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

27,37 °C ≤ 29 °C → **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

418,9 W ≤ 726,68 W → **navržený výkon vyhovuje**

Místnost 2.05 - pokoj č. 2

Tab. 20: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.05

SKLADBA PODLAHY			
skladba k povrchu	a[m]	λ_i [W.m⁻¹.K⁻¹.]	
Keramická dlažba	0,010	1,010	
Lepidlo	0,050	0,700	
Anhydrit	0,057	1,230	
skladba dolů	b[m]	λ_i [W.m⁻¹.K⁻¹.]	
Systémová deska	0,028	0,037	
EPS RigiFloor 5000	0,043	0,035	
Nosná železobetonová deska	0,200	1,430	
OKRAJOVÉ PODMÍNKY			
teplota vzduchu v interiéru	t_i	20	°C
teplota vzduchu pod podlahou	t_u	20	°C
teplota povrchu podlahy	t_p	28	°C
teplota otopné vody - přívod	t_1	40	°C
teplota otopné vody - vrat	t_2	35	°C
střední teplota otopné vody	t_m	37,5	°C
vnější průměr potrubí	d	0,016	m
rozteč potrubí	r	0,15	m
čistá vytápěná plocha	S_p	12,43	m ²
tepelná ztráta místnosti	Q_z	602,1	W
součinitel přestupu tepla - k povrchu	α_A	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
součinitel přestupu tepla - do kce	α_B	8	W.m ⁻² .K ⁻¹
VÝPOČET			
Tepelná propustnost směr k povrchu	U_A	3,96	W.m ⁻² .K ⁻¹
Tepelná propustnost směr do kce	U_B	0,44	W.m ⁻² .K ⁻¹
Charakteristické číslo podlahy	m	6,73	m ⁻¹
Střední teplota v rovině osy potrubí	t_s	36,15	°C
Průměrná povrchová teplota			
na vytápěném povrchu	$t_{p,A}$	27,37	°C
na spodní straně kce	$t_{p,B}$	20,90	°C
Měrný tepelný tok vytápěného povrchu			
Ztráty do kce	q_{B}	7,18	W.m ⁻²
Tepelný příkon	Q_{PC}	929,46	W
Tepelný výkon	Q_P	840,25	W
Délka hadu	L	82,9	m

Posouzení povrchové teploty otopné plochy

$$t_{p,a} \leq t_{p,max}$$

27,37 °C ≤ 29 °C → **vyhovuje požadavku normy**

Posouzení pokrytí tepelné ztráty místnosti navrženým výkonem otopné plochy

$$Q_z \leq Q_p$$

602,1 W ≤ 840,25 W → **navržený výkon vyhovuje**

B.6.1.2.3. DIMENZOVÁNÍ PŘÍVODNÍCH POTRUBÍ DO ROZDĚLOVAČE A SBĚRAČE

Výpočet dimenze potrubí je proveden bez výpočtu tlakové ztráty, protože návrh koncepčního řešení je v rozsahu studie. Podrobný výpočet tlakových ztrát a hydraulické vyvážení soustavy je předmětem prováděcí dokumentace, která není součástí této diplomové práce.

Potrubí je navrženo plastové PEX. Přívodní potrubí k otopným tělesům bude vedeno v podlaze.

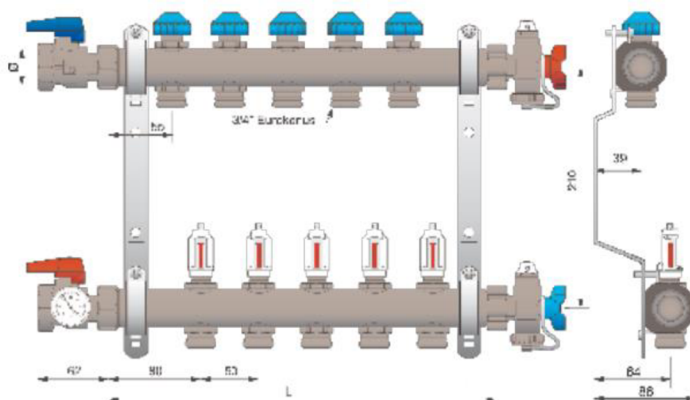
Postup výpočtu je stejný jako v předchozích variantách.

Tab. 21: Dimenzování přívodních potrubí do rozdělovače a sběrače

č. úseku	Délka úseku	Tepelný výkon	Průtok	Vnější \varnothing x tl. stěny	Rychlost proudění	Tlak. ztráta třením
i	l [m]	Q [kW]	m [kg.h ⁻¹]	\varnothing x tl. [mm]	v [m.s ⁻¹]	R [Pa.m ⁻¹]
Přípojka RS podlahového vytápění ve 1. NP						
1	3,00	3,054	262,60	26x3,0	0,25	49,00
Přípojka RS podlahového vytápění ve 2. NP						
2	22,34	9,243	794,75	40x3,5	0,30	36,00

B.6.1.2.4. ROZDĚLOVAČ A SBĚRAČ TOPNÝCH OKRUHŮ

V každém podlaží bude umístěn rozdělovač a sběrač topných okruhů, Pipelife Radopress FT-VxA. V 1. NP bude rozdělovač osazen v technické místnosti bez krycí skříň. Ve 2. NP bude osazen rozdělovač v příčce oddělující chodbu a obytné místnosti. Pro tyto účely bude rozdělovač osazen v montážní skříni s dvířky.



Obr. 44: Rozdělovač topných okruhů Pipelife Radopress FT-VxA [35]

Rozdělovač je vybaven průtokoměry na každé topné větvi s ukazateli průtokového množství 0 – 4 l/min a s integrovaným uzavíracím zařízením, vratná větev je vybavená uzavíratelnými předem nastavitelnými ventily s jemnou regulací.

B.6.2. NÁVRH ZDROJE TEPLA



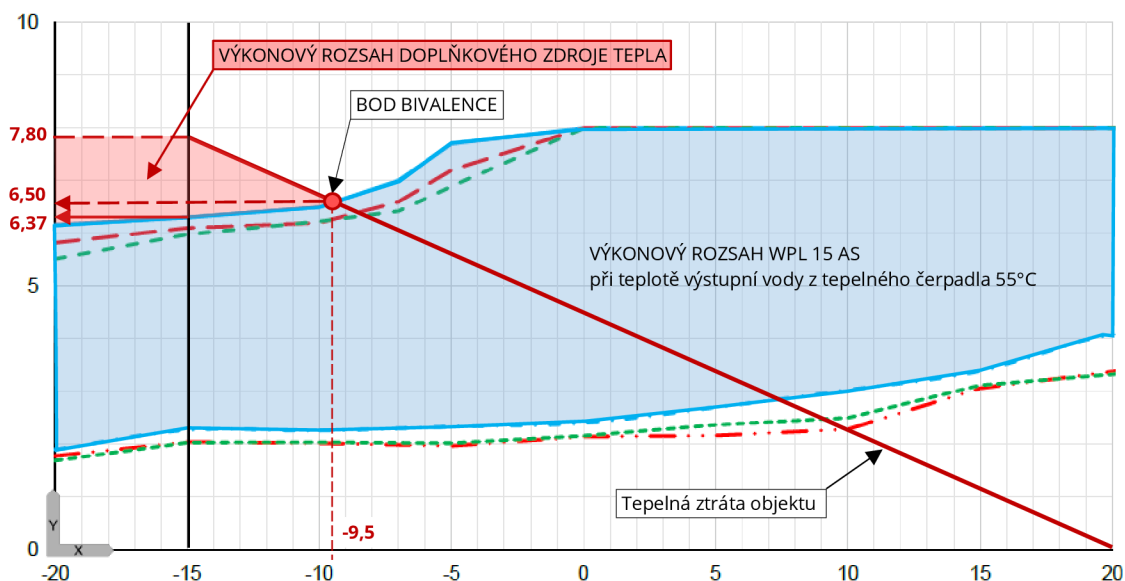
Obr. 45: Tepelné čerpadlo STIEBEL ELTRON WPL 15 AS [47]

Navrhuji invertorové tepelné čerpadlo STIEBEL ELTRON WPL 15 AS vzduch/voda, určené k venkovní instalaci. Součástí tepelného čerpadla je invertorový kompresor, který umožňuje regulaci výkonu v plném rozsahu a elektromagnetický expanzní ventil s vlastní regulací proti přehřívání a zlepšení COP. Postupným kombinovaným vstřikováním páry a mokré páry chladiva je Scroll kompresor chlazen při nízkých venkovních teplotách a je tak dosahováno vyššího topného výkonu.

Tab. 22: Technické informace tepelného čerpadla STIEBEL ELTRON WPL 15 AS [47]

Technické údaje	Jednotka	WPL 15 AS
Tepelný výkon pro A7/W35 (min./max.)	kW	3,50 / 7,40
Tepelný výkon pro A2/W35 (min./max.)	kW	3,10 / 7,09
Tepelný výkon pro A-7/W35 (min./max.) kW 2,50	kW	2,50 / 6,86
Topný faktor pro A2/W35 (EN 14511)	-	3,88
Topný faktor pro A-7/W35 (EN 14511)	-	2,83
Příkon ventilátoru topení max.	kW	0,1
Příkon nouzového/přídavného topení	kW	6,2
Hladina akustického výkonu (EN 12102)	dB(A)	55
Hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 5 m ve volném prostoru	dB(A)	33
Hladina akustického výkonu venkovní instalace (EHPA, A7/W65)	dB(A)	58
Hladina akustického výkonu vnější instalace max.	dB(A)	65
Mez použitelnosti zdroje tepla min.	°C	-20
Mez použitelnosti zdroje tepla max.	°C	40
Mez použitelnosti na straně topení min.	°C	15
Mez použitelnosti na straně topení max.	°C	65
Třída energetické účinnosti, střední klima, W55/W35	-	A+ / A++
Jmenovité napětí kompresoru	V	230
Jmenovité napětí řízení	V	230
Jmenovité napětí nouzového/přídavného topení	V	230
Fáze kompresoru	-	1/N/PE
Fáze ovládání	-	1/N/PE
Fáze nouzového/přídavného topení	-	1/N/PE
Jištění kompresoru	A	1 x C 20
Jištění řízení, ovládání	A	1 x B 16
Jištění nouzového/přídavného topení	A	2 x B 16
Náběhový proud	A	7
Chladicí médium	-	R410 A
Množství náplně chladiva	kg	4,2
Elektrické krytí (IP)	-	IP(14)B
Materiál kondenzátoru	-	1,4401/Cu
Průtok na straně tepelného zdroje	m ³ .h ⁻¹	2300
Průtok topení min.	m ³ .h ⁻¹	0,7

Údaje o výkonu WPL 15 AS



Graf 5: Graf výkonu tepelného čerpadla [47] a stanovení bodu bivalence

Tepelné čerpadlo navrhují v paralelně bivalentním režimu. Bod bivalence nastává při venkovní teplotě - 9,5 °C. Při této teplotě je maximální výkon čerpadla 6,5 kW. Výkon tepelného čerpadla při venkovní výpočtové teplotě -15 °C je 6,37 kW.

Jako doplňkový zdroj tepla budou sloužit elektrická topná tělesa integrována do zásobníkového ohříváče a taktovací (akumulační) nádrže.

B.6.3. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY

Z důvodu osazení otopných těles termostatickými ventily a možností regulace průtoku termostatickými hlavicemi bude docházet ke změnám průtoků otopné vody v jednotlivých distribučních větvích. Akumulační nádrž zabrání častým startům tepelného čerpadla a tím rychlému opotřebení kompresoru. Zároveň bude akumulační nádrž plnit funkci HVDT.

Objem akumulační nádoby byl stanoven podle projekčních podkladů výrobce tepelného čerpadla, kde výrobce doporučuje akumulační objem 200 l pro systém vytápění s podlahovým vytápěním.

→ Navrhují akumulační zásobník STIEBEL ELTRON SBP 200 E, o objemu 200 l + elektrické topné těleso BGC/45 o výkonu 6 kW.



Obr. 46: Akumulační zásobník SBP 200 E [48] a elektrické topné těleso BGC/45 [49]

Tab. 23: Technické informace akumulčního zásobníku SBP 200 E [50]

Technické údaje	Jednotka	SBP 200 E
Jmenovitý objem	L	200
Max. dovolený tlak	MPa	0,3
Zkušební tlak	MPa	0,45
Max. napouštěcí / vypouštěcí objemový průtok	m ³ .h ⁻¹	1,6
Max. dovolená teplota	°C	95
Tepelná ztráta / 24 hod. při 65 °C	kWh	1,5
Třída energetické účinnosti	-	C
Hmotnost	kg	56

B.6.3.1. DOBA NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

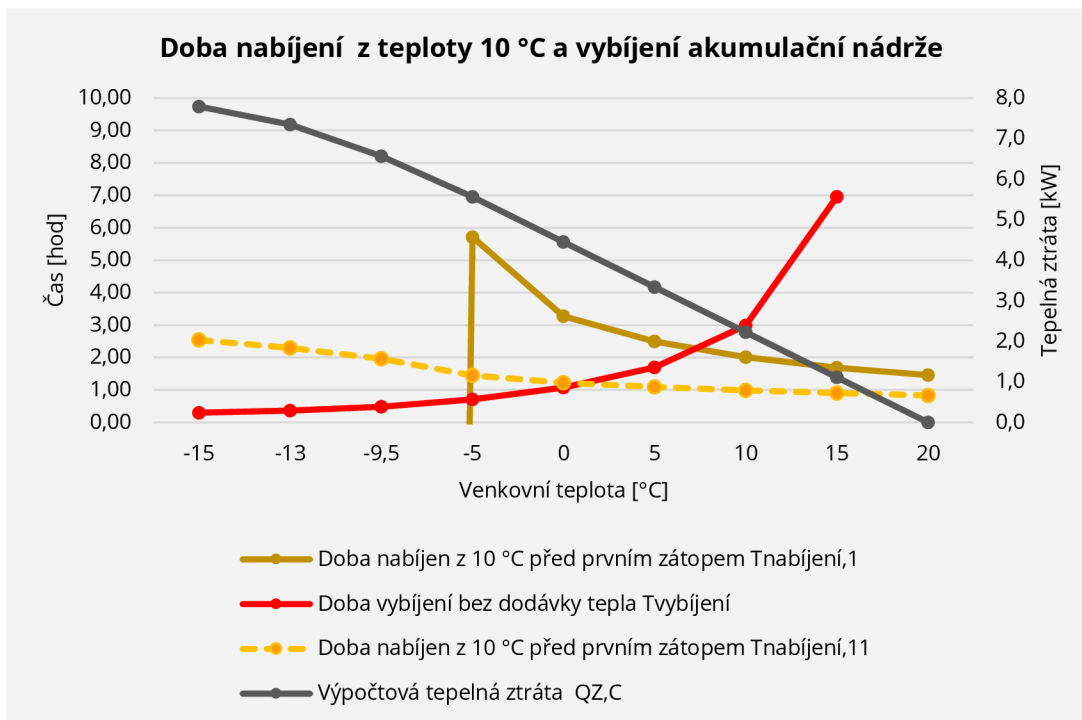
Stanovení doby nabíjení a vybíjení akumulční nádrže bylo provedeno stejně jako v kapitole B.5.4.1 podle [57].

Pro zahájení ohřevu akumulční nádrže uvažují teplotu vody v nádrži před začátkem zahájení vytápění 40 °C. Pro ukončení nahřívání akumulční nádrže uvažují teplotu 60 °C.

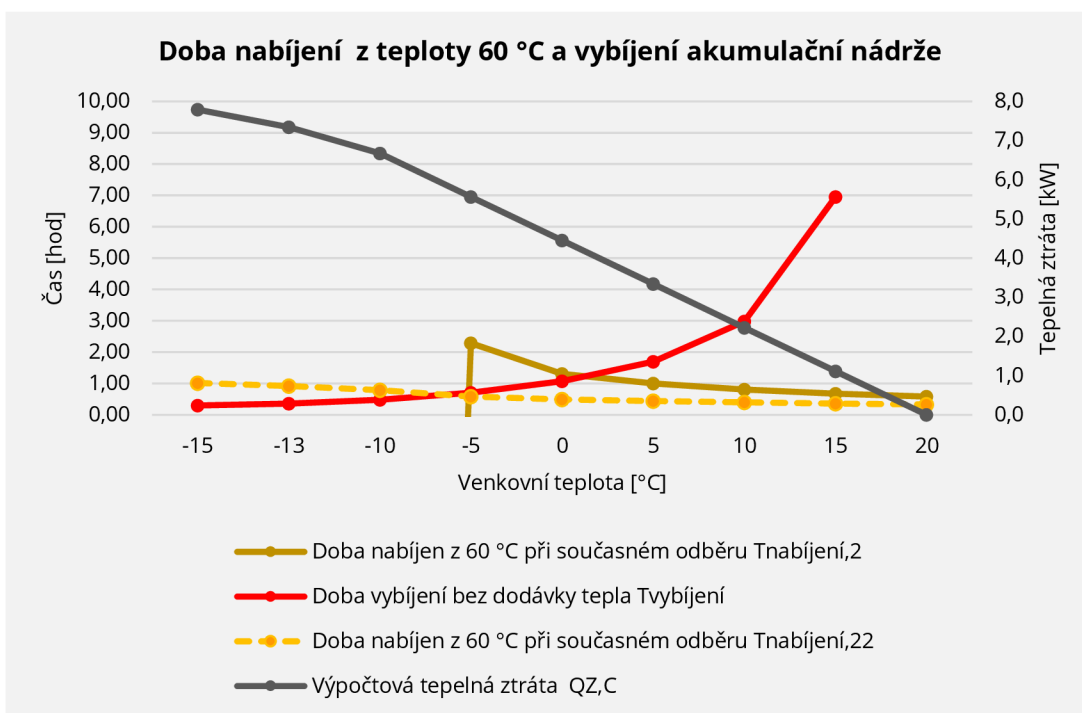
Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 24: Výsledky výpočtu doby nabíjení a vybíjení akumulární nádrže pro koncepční řešení – varianta č.3

Veličina	Zn.	Jednotka	Venkovní teplota t_e [°C]								
			-15	-13	-9,5	-5	0	5	10	15	20
venkovní teplota	t_e	[°C]	-15	-13	-9,5	-5	0	5	10	15	20
Výpočtová tepelná ztráta	$Q_{z,c}$	[kW]	7,8	7,3	6,6	5,6	4,5	3,3	2,2	1,1	0,0
Vstupní teplota do otopné soustavy	t_1	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Výstupní teplota z otopné soustavy	t_2	[°C]	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Teplotní rozdíl	Δt	[°C]	10,0	9,4	8,4	7,1	5,7	4,3	2,9	1,4	0,0
Střední teplota otopné vody	t_m	[°C]	50,0	48,7	46,3	43,2	39,5	35,6	31,4	26,7	20,0
Teplota otopné vody - přívod	t_{w1}	[°C]	55,0	53,4	50,5	46,7	42,4	37,8	32,9	27,4	20,0
Teplota otopné vody - vrat	t_{w2}	[°C]	45,0	44,0	42,1	39,6	36,6	33,5	30,0	26,0	20,0
Teplota vody v nádrži před prvním zátopem	$t_{z,1}$	[°C]	10,0								
Teplota vody v nádrži před zahájením topení	$t_{z,2}$	[°C]	40,0								
Teplota vody v nabitě nádrži	t_k	[°C]	60,0								
Energie potřebná pro ohřev z 10 °C	$E_{aku,p1}$	[kWh]	11,6								
Energie potřebná pro ohřev z 60 °C	$E_{aku,p2}$	[kWh]	4,7								
Energie využitelná z akumulárního objemu po konci nabíjení nádrže	$E_{aku,v}$	[kWh]	2,33	2,63	3,19	3,92	4,77	5,67	6,64	7,74	9,30
Provoz tepelného čerpadla											
Doba nabíjení z 10 °C před prvním zátopem	$T_{nabíjení,1}$	[hod]	-8,19	-12,31	-176,59	5,71	3,28	2,49	2,01	1,69	1,45
Doba nabíjení z 60 °C při současném odběru	$T_{nabíjení,2}$	[hod]	-3,28	-4,92	-70,64	2,29	1,31	1,00	0,81	0,68	0,58
Doba vybíjení bez dodávky tepla	$T_{vybíjení}$	[hod]	0,30	0,36	0,49	0,70	1,07	1,70	2,98	6,96	0,00
Provoz tepelného čerpadla + el. topné těleso											
Doba nabíjení z 10 °C před prvním zátopem	$T_{nabíjení,11}$	[hod]	2,54	2,30	1,96	1,45	1,22	1,09	0,99	0,90	0,83
Doba nabíjení z 60 °C při současném odběru	$T_{nabíjení,22}$	[hod]	1,02	0,92	0,78	0,58	0,49	0,44	0,40	0,36	0,33



Graf 6: Doba nabíjení z teploty 10 °C a vybíjení akumulární nádrže – varianta koncepčního řešení č.3



Graf 7: Doba nabíjení z teploty 60 °C a vybíjení akumulární nádrže – varianta koncepčního řešení č.3

V případě nabíjení akumulární nádrže pouze tepelným čerpadlem, nedojde při nízkých venkovních teplotách (-5 °C a nižší) k jejímu plnému nabití vlivem nedostatečného výkonu. To je v grafu znázorněno strmým pádem křivky doby nabíjení Tnabíjení,2.

B.6.4. HLUKOVÁ STUDIE

Na základě Nařízení vlády č. 217/2016 Sb. [7], je při návrhu tepelného čerpadla vzduch-voda, pro venkovní instalaci, nutné vyhodnotit zatížení okolí hlukovými emisemi produkovanými tepelným čerpadlem a provést případná opatření pro snížení hlukové zátěže.

Akustická zátěž se stanoví pomocí hodnoty akustického tlaku v kritické vzdálenosti s ohledem na chráněný prostor a okolní prostředí. Při venkovní instalaci zdroje hluku musí být splněny požadavky na nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku A v chráněném venkovním prostředí, součtem základních hladin hluku $L_{Aeq,T} = 50$ dB a příslušných korekcí.

Chráněný venkovní prostor je prostor 2 metry okolo obytných domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb.

Tab. 25: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [7]

Způsob využití území	Denní doba	Požadovaná hodnota L_{Aeq} [dB]
Venkovní chráněný prostor stavby – obytná místnost	od 6:00 do 22:00	50 + 0 = 50
Venkovní chráněný prostor stavby – obytná místnost	od 22:00 do 6:00	50 - 10 = 40

Tab. 26: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru [7]

Způsob využití území	Korekce [dB]			
	1)	2)	3)	4)
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně	-5	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně	0	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněné ostatní venkovní	0	+5	+10	+20
1) Použije se pro hluk z provozu a z jiných stacionárních zdrojů 2) Použije se pro hluk z pozemní dopravy na veřejných komunikacích 3) Použije se pro hluk v okolí hlavních pozemních komunikací, kde hluk z dopravy je převažující a v ochranném pásmu drah 4) Použije se pro starou hlukovou zátěž z pozemních komunikací a z drážní dopravy				

Hladina akustického tlaku v určité vzdálenosti od zdroje hluku

$$L_2 = L_1 + 20 * \log\left(\frac{r_1}{r_2}\right) [dB(A)]$$

- kde L_1 - hladina akustického tlaku v měřené vzdálenosti od zdroje deklarovaná výrobcem zdroje hluku [dB(A)]
 r_1 - vzdálenost, ve které je měřená hladina akustického tlaku výrobcem [m]
 r_2 - vzdálenost od zdroje hluku, ve které je hladina akustického tlaku potřeba stanovit [m]

Hodnota hladiny akustického tlaku se při zdvojnásobení vzdálenosti snižuje cca o 6 dB.

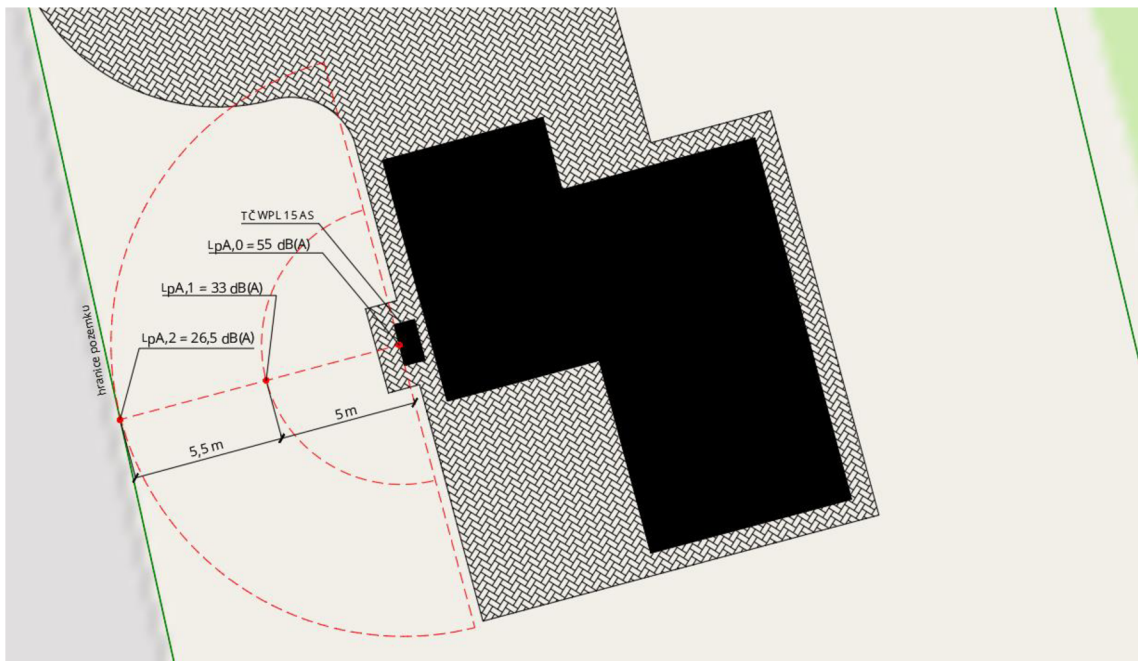
Tepelné čerpadlo bude instalováno ve venkovním prostoru před jihozápadní fasádou objektu.

Údaje o hlučnosti pro tepelné čerpadlo STIEBEL-ELTRON WPL 15 AS

Hladina akustického výkonu	$L_{pA,0}$	55 dB
Hladina akustického tlaku ve vzdálenosti 5 m ve volném prostoru	$L_{pA,1}$	33 dB

Hodnota hladiny akustického na hranici pozemku:

$$L_{pA,2} = L_1 + 20 * \log\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = 33 + 20 * \log\left(\frac{5}{10,5}\right) = 26,5 \text{ dB(A)}$$



Obr. 47: Hluková studie – situace

Hodnocení hluku na hranici pozemku v době provozu od 6 do 22 hodin:

- korekce = 0

$$L_{Aeq} \geq L_{pA,2}$$
$$50 \text{ dB(A)} \geq 26,5 \text{ dB(A)} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Hodnocení hluku na hranici pozemku v době provozu od 22 do 6 hodin:

- korekce = 0

$$L_{Aeq} \geq L_{pA,2}$$
$$40 \text{ dB(A)} \geq 26,5 \text{ dB(A)} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Provoz tepelného čerpadla nebude svými hlukovými emisemi obtěžovat chráněný venkovní prostor sousedních budov, protože hodnota hladiny akustického tlaku na hranici pozemku je 26,5 dB(A), přičemž jsou splněny požadavky nařízení vlády [7] v době denního i nočního provozu.

B.6.5. POPIS FUNKCE SYSTÉMU

Tepelné čerpadlo bude instalováno před JZ fasádou rodinného domu, na samostatném základu. Primární potrubí topného systému (vstup a výstup z tepelného čerpadla) bude vedeno v podkladní železobetonové desce v chrániče až do technické místnosti. Z tepelného čerpadla bude odváděn kondenzát do splaškové kanalizace.

Provoz tepelného čerpadla je navržen v paralelně bivalentním režimu pro bod bivalence, který nastává při venkovní teplotě $-9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jako doplňkový zdroj tepla jsou navržena elektrická topná tělesa integrována do zásobníkového ohříváče teplé vody a do taktovací nádrže. Každé el. těleso má výkon 6 kW.

Primární okruh bude napojen na zásobníkový ohříváč a taktovací (akumulační) nádrž. Příprava teplé vody bude zajištěna přednostním ohřevem výkonem tepelného čerpadla a integrovaným elektrickým topným tělesem v zásobníkovém ohříváči. Mezi režimem vytápění a ohřevem teplé vody bude, na základě snímání teploty v zásobníkovém ohříváči, přepínat externí trojcestný ventil se servopohonem napojeným na řídicí jednotku. Nabíjení akumulace bude probíhat od teploty vody v nádrži $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

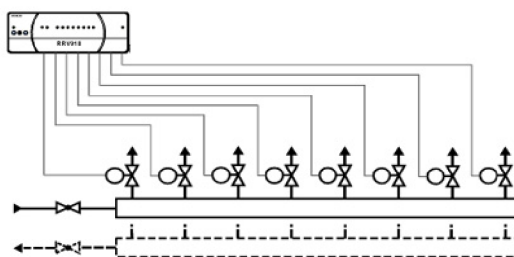
Otopná soustava je navržena jako nízkoteplotní s otopnými tělesy, kde je navržen teplotní spád $55/45\text{ }^{\circ}\text{C}$ a podlahovým vytápěním s teplotním spádem $40/35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota topné vody bude regulována podle ekvitermní regulace v závislosti na aktuální venkovní teplotě. Úpravu teploty topné vody bude zajišťovat trojcestný ventil osazený na jednotlivých větvích otopného systému, se servopohonem napojeným na teplotní čidlo přívodu topné vody a ekvitermní regulaci. Rozdělení systému na větev pro otopná tělesa a větev podlahového vytápění bude pomocí kombinovaného rozdělovače a sběrače osazeného v technické místnosti.

Systém vytápění a ohřevu teplé vody bude řízen a regulován pomocí řídicí jednotky tepelného čerpadla a nadřazené řídicí jednotky celého systému.



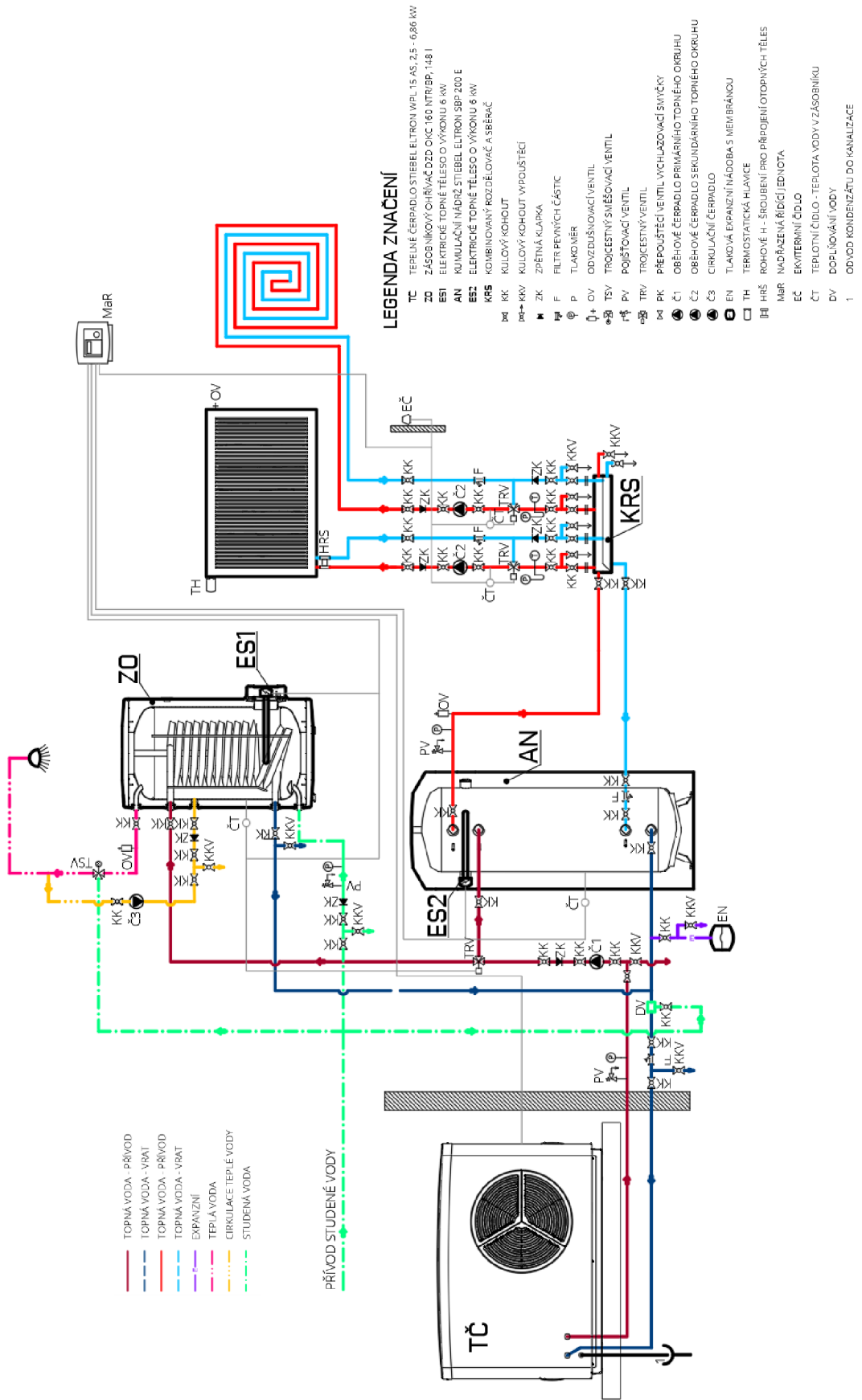
Obr. 48: Regulátor tepelného čerpadla [51]

Topné okruhy podlahového vytápění budou napojeny na podlažní rozdělovač a sběrač. Výkon jednotlivých topných okruhů bude regulován pomocí elektronického ovládání průtoku napojené na jednotlivé pokojové termostaty a řídicí jednotku.



Obr. 49: Regulátor topných okruhů [52]

B.6.5.1. SCHÉMA ZAPOJENÍ



Obr. 50: Schéma zapojení systému vytápění – varianta č.3

B.7. POTŘEBA TEPLÉ VODY

Pro stanovení potřeby teplé vody jsem provedl výpočet podle několika metodik a na závěr jsem vybral variantu podle velikosti zásobníkového ohříváče blížíící se reálné potřebě teplé vody pro čtyři osoby v rodinném domě.

B.7.1. VÝPOČET PODLE ČSN 06 0320 – ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV

Jedná se o jednoduchý výpočet, jehož základem je stanovení odběru teplé vody během periody, obvykle 24 hodin. Výsledek však neodpovídá skutečnému provozu, protože skutečná potřeba teplé vody závisí na individuálním chování každého uživatele [56].

Denní spotřeba teplé vody	V_{p2}	$0,082 \text{ m}^3 \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$
Počet osob	n	4
Teplota studené vody	t_s	$10 \text{ }^\circ\text{C}$
Teplota teplé vody	t_t	$50 \text{ }^\circ\text{C}$

Doporučení normy ČSN 06 0320 [15] je počítat pro bytové domy s celkovou potřebou teplé vody $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3 \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Dlouhodobá měření u bytových i rodinných domů potvrzují, že reálná průměrná hodnota potřeby teplé vody V_{2p} se pohybuje od 0,04 do 0,05 $\text{m}^3 \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ [56].

Celková spotřeba teplé vody

$$V = V_{p2} * n = 0,082 * 4 = 0,328 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} = 328 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$$

Potřeba tepla pro ohřev TV

- teoretické teplo odebrané z ohříváče

$$Q_{2t} = c * V * (t_t - t_s) = 1,163 * 0,328 * (50 - 10) = 15,26 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$$

- ztráty tepla při ohřevu a distribuci TV

$$Q_{2z} = Q_{2t} * z = 15,26 * 0,3 = 4,58 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$$

kde z – součinitel zohledňující ztráty tepla při ohřevu a distribuci v rozvodech TV a cirkulaci. Pro novostavby bytových domů domy by hodnota neměla přesáhnout 0,5. Pro standardně navržené tloušťky tepelné izolace rozvodů, lze pro výpočet uvažovat $z = 0,3$

- celková potřeba tepla pro ohřev TV

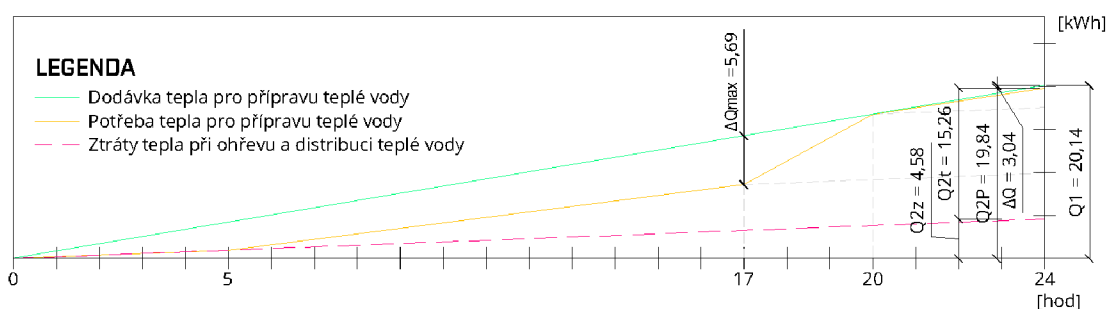
$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 15,26 + 4,58 = 19,84 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$$

Časové rozložení odběru TV

Tab. 27: Časové rozložení odběru TV podle ČSN 06 0320 [15]

čas odběru [hod]	procento odběru	odebrané teplo [kWh.den ⁻¹]	ztráta tepla [kWh.den ⁻¹]	celková potřeba tepla [kWh.den ⁻¹]
5 - 17	35%	5,34	1,60	6,94
17 - 20	50%	7,63	2,29	9,92
20 - 24	15%	2,29	0,69	2,98
Σ	100%	15,26	4,58	19,84

Návrh dodávky tepla pro ohřev teplé vody



Objem zásobníku TV

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c * (t_t - t_s)} = \frac{5,69}{1,163 * (50 - 10)} = 0,122 \text{ m}^3 = 122 \text{ l}$$

B.7.2. VÝPOČET PODLE DIN 4708

Výchozím parametrem pro návrh velikosti zásobníku tzv. "jednotkový byt", ve kterém je uvažován koeficient potřeby N = 1. Koeficient potřeby porovnává násobek N jednotkového bytu k posuzované budově [56].

Počet bytových jednotek	n	1
Dispozice bytové jednotky	r	5+KK
Koeficient obsazenosti	p	4,3 [-]
Koeficient potřeby jednotkového bytu	Q _n	20,37 kWh

Tab. 28: Potřeba tepla odběrných míst [16]

Odběrná místa	Potřeba tepla w, [kWh]	Počet odběrných míst
sprcha	3,66	1
vana	5,82	1
dřez	neuvažuje se	neuvažuje se
umyvadlo	neuvažuje se	neuvažuje se

Koeficient potřeby

$$N = \frac{\sum(n * p * \sum w_v)}{Q_n} = \frac{1 * 4,3 * (3,66 + 5,82)}{20,37} = 2,0$$

kde n - počet bytů
 p - koeficient obsazenosti stanovený podle tab. uvedené v DIN 4708 [16]
 $\sum w_v$ - celková potřeba tepla dle počtu a typu odběrných míst
 Q_n - koeficient potřeby jednotkového bytu

Objem zásobníku TV

Koeficient potřeby vybraného typu zásobníku teplé vody (udávaný výrobcem) N_L musí být minimálně stejně velký, jako vypočtený koeficient potřeby N .

$$N_L \geq N$$

Vypočítanému koeficientu potřeby $N = 2,0$ odpovídá zásobníkový ohřivač BUDERUS Logalux SU160.5 S-A s hodnotou $N_L = 2,5$ a objemem 156,9 l.

B.7.3. VÝPOČET PRO PŘEDNOSTNÍ OHŘEV

V praxi se u rodinných domů velmi často využívá tzv. přednostní příprava teplé vody. V principu jde o možnost přepnutí celého výkonu zdroje tepla pro přípravu TV a následně jeho využití pro ohřev vody v zásobníku teplé vody. Při přednostním ohřevu teplé vody vycházíme z předpokladu, že tepelná ztráta – návrhový výkon zdroje tepla, je většinou větší než potřeba tepla na přípravu teplé vody. Výhodou přednostního ohřevu TV je možnost využití maximálního tepelného výkonu zdroje. Pokud nastane odběr TV ze zásobníku, teplota vody v zásobníku t_{TV} začne klesat a po dosažení spínací teploty vody t_{TVmin} v zásobníku, regulace zdroje tepla vypne oběhové čerpadlo otopné soustavy a přepne trojcestný ventil ve směru nabíjení zásobníku. V okamžiku, kdy je teplota vody v zásobníku dostačující, regulace celý systém přepne zpět do režimu vytápění [56]

Výkon zdroje tepla	Q	dle koncepčního řešení kW
Doba dohřevu	τ_a	5 minut
Korekční faktor	y	0,89 [-]

Objem zásobníku TV

$$V_{TV} = \frac{Q_k * \tau_a}{y * \rho * c * X_p}$$

kde Q_k - tepelný výkon nutný k dohřevu TV odpovídající výkonu zdroje tepla [W]
 V_{TV} - objem zásobníku teplé vody [m³]
 τ_a - doba ohřevu teplé vody při teplotním rozdílu pro dohřev TV [s]
 ρ - hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg.m⁻³]
 c - měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku [J.kg⁻¹.K⁻¹]
 X_p - spínací diference pro dohřev TV (5 nebo 10 K) [K]

- y - korekční faktor odběru tepla ze zásobníku teplé vody [-]
 = 0,89 pro $\tau_a < 10$ minut
 = 0,94 pro $\tau_a < 20$ minut

B.7.4. STANOVENÍ POTŘEBY TEPLÉ VODY

Protože postup podle ČSN 06 0320 [15] a DIN 4708 [16] předpokládá obecný průběh odběrné křivky teplé vody, zvolil jsem přípravu teplé vody pomocí přednostního ohřevu, kdy pro stanovení potřeby teplé vody uvažuji reálnější hodnotu $0,035 \text{ m}^3 \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Tepelný výkon nutný pro dohřev teplé vody v zásobníku uvažuji jako výkon zdroje tepla uvažovaný v jednotlivých variantách koncepčního řešení.

Objem zásobníku TV

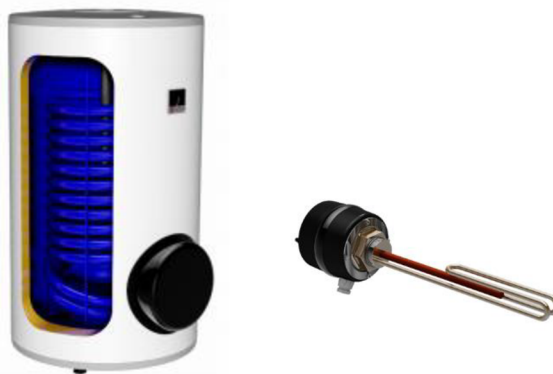
$$V_{TV} = n * V_p = 4 * 0,35 = 0,14 \text{ m}^3 = 140 \text{ l}$$

kde n - počet osob

→ Navrhuji nepřímotopný zásobníkový ohřivač DZD – OKC160 NTR/BP, o objemu 148 litrů + elektrické topné těleso TJ 6/4" o výkonu 6 kW.

Tab. 29: Technické údaje zásobníkového ohřivače DZD – OKC160 NTR/BP [53]

Technické údaje	Jednotka	OKC 160 NTR/BP
Objem	L	148
Hmotnost	kg	76
Provozní tlak zásobníku	Mpa	0,6
Provozní tlak výměníku	MPa	1
Max. teplota topné vody	°C	110
Max. provozní teplota v nádobě	°C	80
Výhřevná plocha spodního výměníku	m ²	1,45
Výhřevná plocha horního výměníku	m ²	-
Statická ztráta	W	75



Obr. 51: zásobníkový ohřivač DZD – OKC160 NTR/BP [54] a elektrické topné těleso TJ 6/4" [55]

B.7.5. DOBA DOHŘEVU TEPLÉ VODY

Doba dohřevu

$$\tau_a = \frac{Q_k}{V_{TV} * y * \rho * c * X_p}$$

- kde Q_k - tepelný výkon nutný k dohřevu TV odpovídající výkonu zdroje tepla [W]
 V_{TV} - objem zásobníku teplé vody [m³]
 τ_a - doba ohřevu teplé vody při teplotním rozdílu pro dohřev TV [s]
 ρ - hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³]
 c - měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku [J.kg⁻¹.K⁻¹]
 X_p - spínací diference pro dohřev TV (5 nebo 10 K) [K]
 y - korekční faktor odběru tepla ze zásobníku teplé vody [-]
 = 0,89 pro $\tau_a < 10$ minut
 = 0,94 pro $\tau_a < 20$ minut

Tab. 30: Doba dohřevu

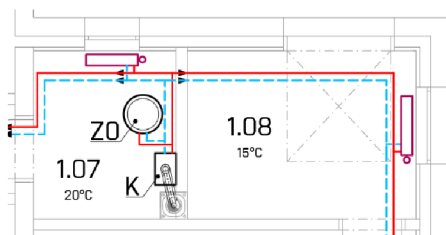
Varianta konceptního řešení	Zdroj tepla	Výkon zdroje	Objem zásobníku TV	Spínací diference	Doba ohřevu bez odběru teplé vody
		[kW]	[litr]	[K]	[minuty]
V1	Kondenzační kotel_THERM 14 KDN	14,7	208	10	8,8
V2	Kotel na peletky OPOP_BIOPEL PREMIUM 10/V9	10,32	208	10	12,5
	Kotel na peletky + elektrické topné těleso 6 kW	16,32	208	10	7,9
V3	Tepelné čerpadlo STIEBEL ELTRON_WPL 15 AS	6,37	208	10	20,3
	Tepelné čerpadlo + elektrické topné těleso 6 kW	12,37	208	10	10,4

Doba dohřevu teplé vody při zvolené spínací diferenci 10 K se pohybuje od 8,8 minut v případě přednostního dohřevu plynovým kondenzačním kotlem, až do 12,5 v případě přednostního dohřevu kotlem na pelety, a 20,3 minut v případě přednostního dohřevu tepelným čerpadlem. V případě zapojení elektrického topného tělesa zabudovaného do zásobníkového ohříváče doba dohřevu ještě klesne na 7,9 minut v případě přednostního dohřevu kotlem na pelety, a 10,4 minut v případě přednostního dohřevu tepelným čerpadlem.

B.8. HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ

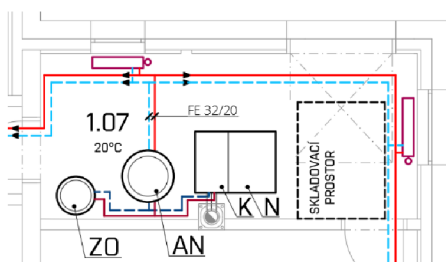
B.8.1. PROSTOROVÉ NÁROKY

Každá z variant koncepčního řešení má jiné prostorové nároky. Nejméně náročná je varianta č.1, protože instalace plynového kotle a zásobníkového ohřívače nevyžaduje velký prostor pro instalaci a lze ji provést v rámci plánované dispozice. Nevýhodou je však nutnost vybudování plynové přípojky a komínu pro odvod spalin z kotle, se kterým původní dispozice nepočítá.



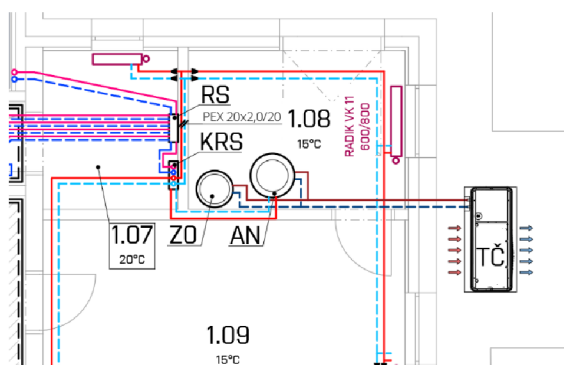
Obr. 52: Dispoziční uspořádání technické místnosti – koncepční řešení, varianta č. 1

U varianty č.2 je zapotřebí kromě vybudování komínu pro odtah spalin z kotle, ještě značná úprava dispozice spočívající ve sloučení technické místnosti a dílny. Je to jednak z důvodu velikosti kotle na pelety, který i při svém nejmenším konstrukčním provedení zabírá velké množství prostoru a taky z důvodu instalace akumulční nádrže. Dalším důvodem je i nutnost vytvoření skladovacího prostoru pro pytlované dřevěné pelety.



Obr. 53: Dispoziční uspořádání technické místnosti – koncepční řešení, varianta č. 2

Třetí varianta, díky venkovní instalaci tepelného čerpadla, umožňuje zachování plánované dispozice za předpokladu, že zásobníkový ohřívač a taktovací nádrž budou instalovány v dílně. V technické místnosti bude osazen pouze kombinovaný rozdělovač a sběrač topných větví a rozdělovač a sběrač topných okruhů podlahového vytápění 1. NP.



Obr. 54: Dispoziční uspořádání technické místnosti – koncepční řešení, varianta č. 3

B.8.2. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ A UŽIVATELSKÝ KOMFORT

Vnitřní prostředí objektu bude zajištěno přirozeným větráním okny, pro zajištění hygienické výměny vzduchu (min. 0,5x objem vzduchu v místnosti za hodinu) a omezení rizika vzniku plísní a kondenzace na vnitřním povrchu stavebních konstrukcí.

Orientace objektu a velikost prosklených ploch zajistí dostatečné osvětlení denním světlem. Při nedostatku denního světla bude v objektu instalována standartní osvětlovací soustava. Jako vhodné řešení umělého osvětlení je instalace systému s automatickou regulací osvětlenosti a teploty světla produkované svítidly podle denní doby.

Vzhledem k orientaci a velikosti oken uvažují osazení vnějších žaluzií pro omezení solárních zisků okny a tím zabránění přehřívání místností a zajištění teplotní stability.

Tepelný komfort bude zajištěn provozem systému vytápění a jeho regulací, tak aby byla dosažena tepelná pohoda člověka. Z tohoto hlediska se jeví jako nejvhodnější varianta č.3, kde je systém vytápění navržen jako nízkoteplotní s podlahovým vytápěním, které svým sálavým předáváním tepla, vytváří rovnoměrnější teplotní profil místnosti, než je tomu u otopných těles navržených ve variantě č. 1 a č. 2.

Z hlediska uživatelské komfortu představují všechny navržené varianty vysokou úroveň. Samotné řízení výkonu zdroje tepla a následná optimalizace výkonu ekvitermní regulací zajišťuje provoz systému bez nutnosti zásahu uživatele. V případě varianty č. 2 shledávám jako nevýhodu nutnost ručního doplňování dřevěných pelet do násypky automatického podavače a jejich skladování a každoroční doplňování zásob.

B.8.3. EKONOMIKA PROVOZU

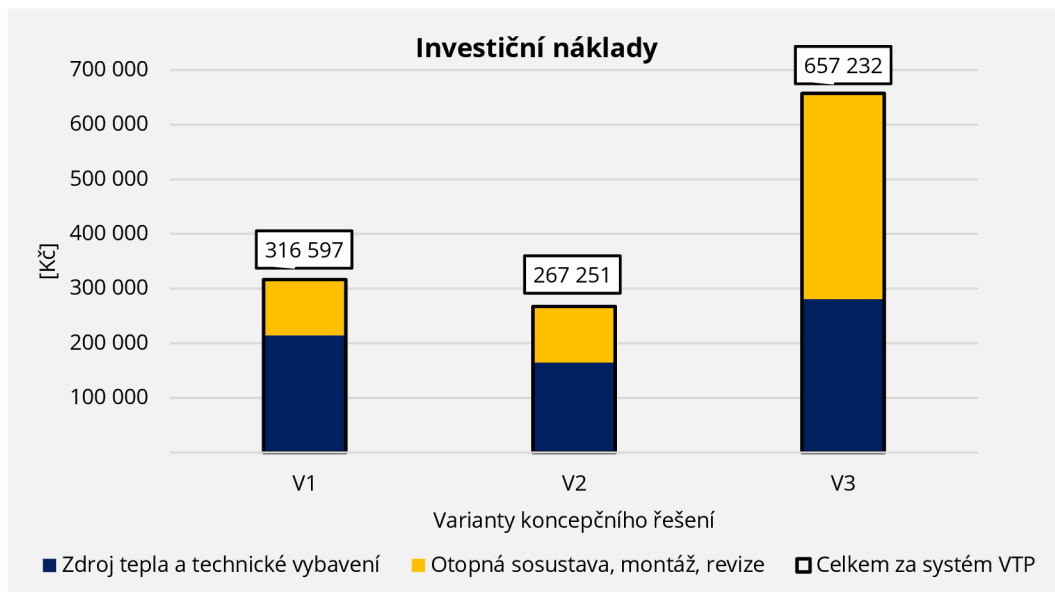
B.8.3.1. INVESTIČNÍ NÁKLADY

Tab. 31: Investiční náklady

INVESTIČNÍ NÁKLADY		V1	V2	V3
Projekt	[Kč]	20 000	20 000	20 000
Zdroj tepla	[Kč]	36 179	77 319	212 000
Elektrická topná tělesa	[Kč]	8 300	8 300	9 690
Zásobníkový ohříváč	[Kč]	16 800	16 800	16 800
Akumulační zásobník	[Kč]	-	5 600	15 900
Plynová přípojka	[Kč]	96 086	-	-
Komín	[Kč]	30 340	30 340	-
Expanzní nádoba	[Kč]	1 142	1 142	1 092
Pojistný ventil	[Kč]	500	500	500
Trojcestný ventil se servopohonem	[Kč]	5 000	5 000	5 000
MEZISOUČET	[Kč]	214 347	164 951	280 982
Otopná tělesa/podlahové vytápění	[Kč]	78 000	27 000	350000*
Montážní práce	zdroj tepla + potrubní rozvody	[Kč]	17 000	25 000
	otopná soustava	[Kč]	6 000	3 000
Tlaková zkouška otopné soustavy	[Kč]	250	250	250
Výchozí revize	[Kč]	1 000	1 000	1 000
MEZISOUČET	[Kč]	102 250	48 250	376 250
CELKEM	[Kč]	316 597	213 201	657 232

* v nákladech na pořízení podlahového vytápění je zahrnuta i cena montáže

Jednotlivé ceny zařízení byly stanoveny podle katalogových údajů jednotlivých výrobců. Cena práce byla stanovena podle rozpočtové cloudového aplikace RTS DATA [62].



Graf 9: Investiční náklady jednotlivých variant koncepčního řešení

Jak je vidět z grafu, nejvyšší investiční náklady představuje varianta č.3 a to z důvodu vysoké pořizovací ceny tepelného čerpadla a ceny pořízení a montáže podlahového vytápění. Nejlevnější variantou je varianta č.2. U první varianty je cena navýšena ještě o cenu plynové přípojky.

B.8.3.2. PROVOZNÍ NÁKLADY

Provozní náklady byly vyčísleny na základě údajů o spotřebě elektrické energie a paliva pro vytápění a přípravu teplé vody, obsažených v průkazu energetické náročnosti budovy jednotlivých variant koncepčního řešení. Jednotlivé PENB jsou uvedeny v kapitole C.1.

B.8.3.2.1. CENA PELET

Množství pelet za rok

$$M_{rok} = \frac{E_{rok} * 3,6}{H * \eta} [kg.rok^{-1}]$$

kde E_{rok} - roční energie potřebná pro vytápění a přípravu teplé vody [kWh.rok⁻¹]
 H - výhřevnost paliva [MJ.kg⁻¹]
 η - účinnost zdroje tepla [-]

Množství pytlů za rok

$$M_{pytlů} = \frac{E_{rok}}{m_{pytel}} [kg.rok^{-1}]$$

kde E_{rok} - roční energie potřebná pro vytápění a přípravu teplé vody [kWh.rok⁻¹]
 m_{pytel} - hmotnost jednoho pytle pelet [kg]

Množství palet na rok

$$M_{palet} = \frac{E_{rok}}{m_{paleta}} \text{ [kg.rok}^{-1}\text{]}$$

kde E_{rok} - roční energie potřebná pro vytápění a přípravu teplé vody [kWh.rok⁻¹]
 m_{paleta} - hmotnost jedné palety pelet [kg]

Cena peleta za rok

$$P = P_{paleta} * M_{palet} \text{ [kč.rok}^{-1}\text{]}$$

kde P_{paleta} - cena jedné palety pelet dle výrobce [Kč]
 M_{palet} - množství palet pelet za rok [kg]

Cena energie pelet

$$P_E = \frac{P}{E_{rok}} \text{ [Kč.kWh}^{-1}\text{]}$$

kde E_{rok} - roční energie potřebná pro vytápění a přípravu teplé vody [kWh/rok]
 P - cena pelet za rok [Kč/rok]

Pro výpočet jsem zvolil dřevěné pelety o průměry 6 mm od výrobce ROYAL PELLETS, který má distributora v lokalitě plánované výstavby.

Účinnost zdroje tepla	η	89	%
Objemová hmotnost pelet	ρ	1220	kg.m ⁻³
Prostorová objemová hmotnost	ρ_s	650	kg.m ⁻³
Výhřevnost pelet	H	18,8	MJ.kg ⁻¹
Hmotnost jednoho pytle pelet	m_{pytel}	15	kg
Cena jednoho pytle pelet	P_{pytel}	105	Kč
Hmotnost jedné palety peleta	m_{paleta}	1050	kg
Cena jedné palety pelet	P_{paleta}	7 298	Kč
Počet pytlů na paletě		70	pytlů

Tab. 32: Roční spotřeba dřevěných pelet

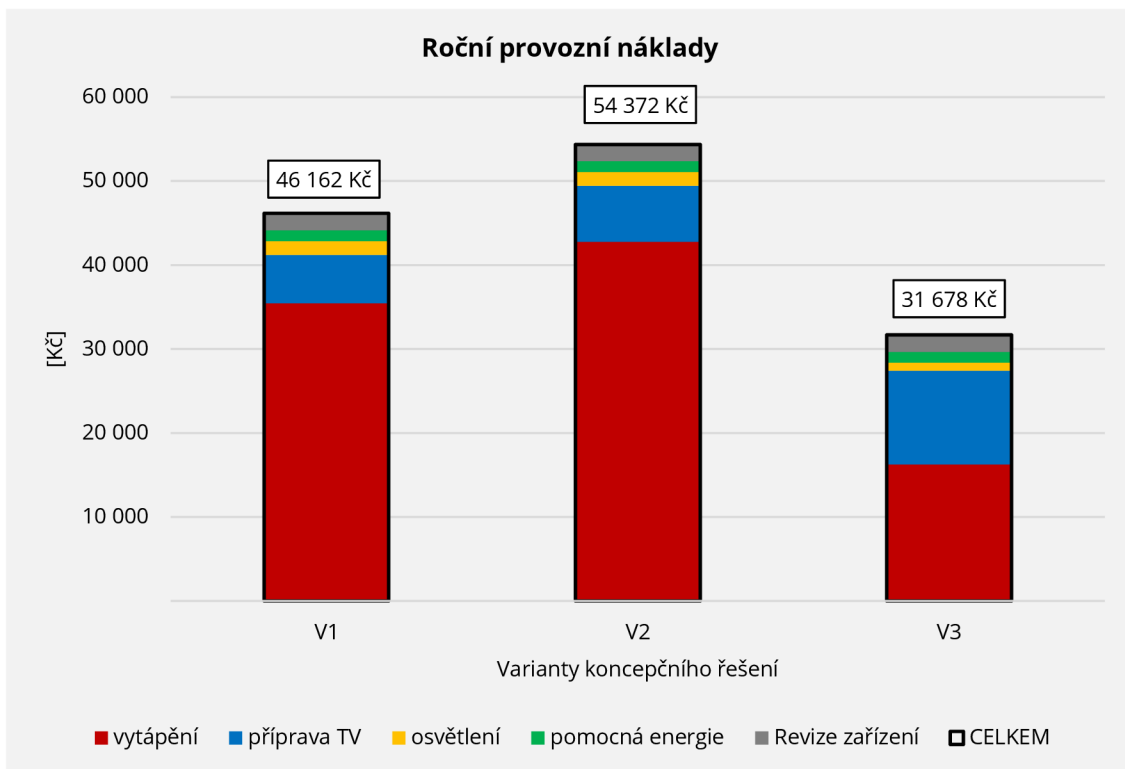
Roční spotřeba dřevěných pelet		
Roční potřeba energie na VTP	[kWh/rok]	27 962,0
Pokrytí potřeby energie pomocí dřevěných pelet (95%)	[kWh/rok]	26 422,4
Roční potřeba energie na TV	[kWh/rok]	4 045,8
Pokrytí potřeby energie pomocí dřevěných pelet (90%)	[kWh/rok]	3 641,2
Množství pelet za rok	[kg/rok]	6 468,8
	[pytlů/rok]	433,3
	[palet/rok]	6,2
Cena pelet	[Kč/rok]	42 840,0
Cena energie	[Kč/kWh]	1,4

B.8.3.2.2. ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY

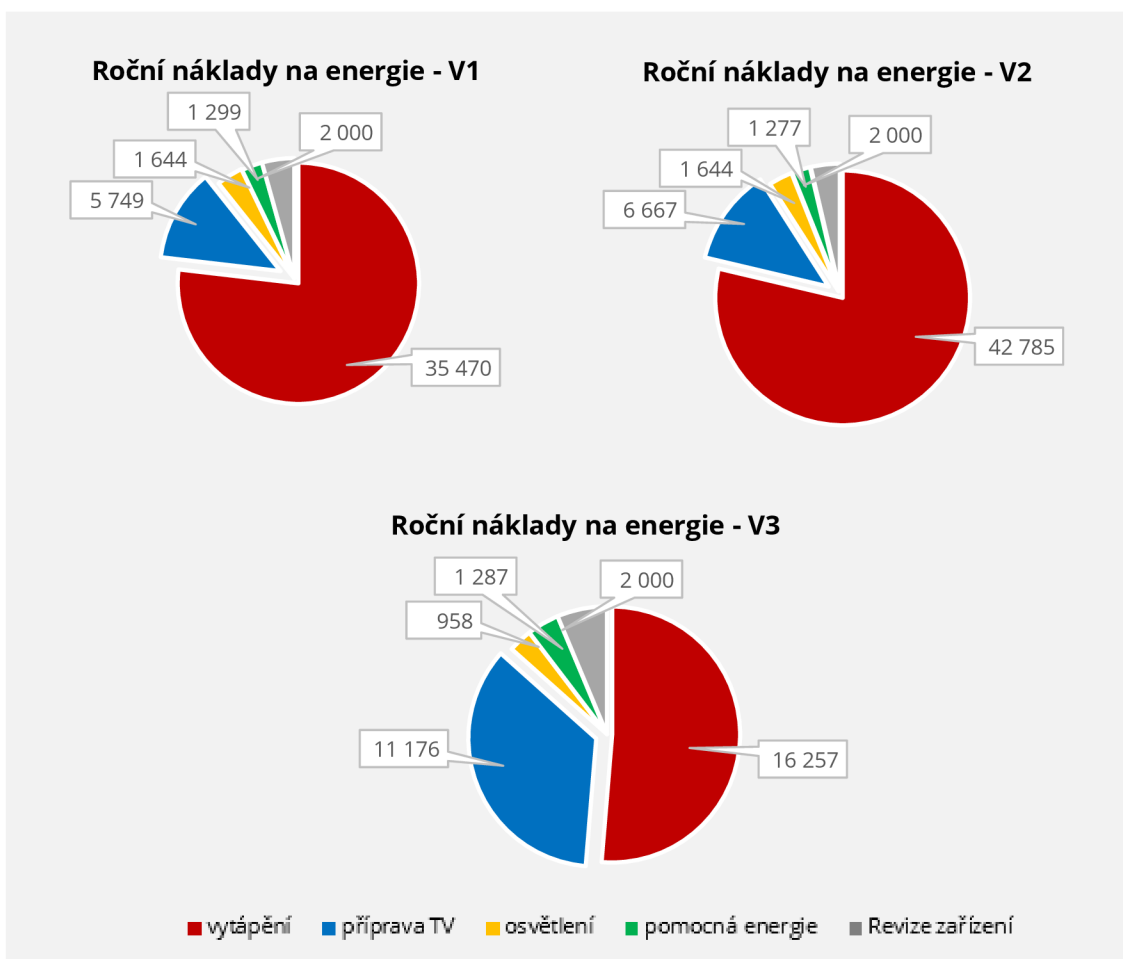
Tab. 33: Roční provozní náklady

PROVOZNÍ NÁKLADY			V1	V2	V3
Spotřeba paliva	elektřina	[kWh.rok ⁻¹]	2 234	2 270	12 064
		[Kč.rok ⁻¹]	9 382	9 533	29 678
	zemní plyn	[kWh.rok ⁻¹]	24 843	-	-
		[Kč.rok ⁻¹]	34 780	-	-
	pelety	[kWh.rok ⁻¹]	-	30 433	-
		[Kč.rok ⁻¹]	-	42 840	-
energie prostředí	[kWh.rok ⁻¹]	-	-	13 785	
	[Kč.rok ⁻¹]	-	-	0	
MEZISOUČET			44 162	52 373	29 678
Spotřeba paliva na	vytápění	[kWh.rok ⁻¹]	22 954	27 813	21 647
		[Kč.rok ⁻¹]	35 470	42 557	16 257
	přípravu teplé vody	[kWh.rok ⁻¹]	3 422	4 046	3 285
		[Kč.rok ⁻¹]	5 749	6 667	11 176
	osvětlení	[kWh.rok ⁻¹]	391	391	391
		[Kč.rok ⁻¹]	1 644	1 644	958
pomocná energie	[kWh.rok ⁻¹]	309	365	525	
	[Kč.rok ⁻¹]	1 299	1 533	1 287	
MEZISOUČET			44 162	52 603	29 678
Revize zařízení			[Kč.rok ⁻¹]	2 000	2 000
CELKEM			46 162	54 372	31 678

Spotřeba energie závisí na účinnosti zdroje tepla a náklady na provoz na ceně paliva. Výsledky se můžou lišit od skutečné fakturované spotřeby.



Graf 10: Roční provozní náklady jednotlivých variant koncepčního řešení



Graf 11: Roční náklady na energie jednotlivých variant koncepčního řešení

B.8.4. DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

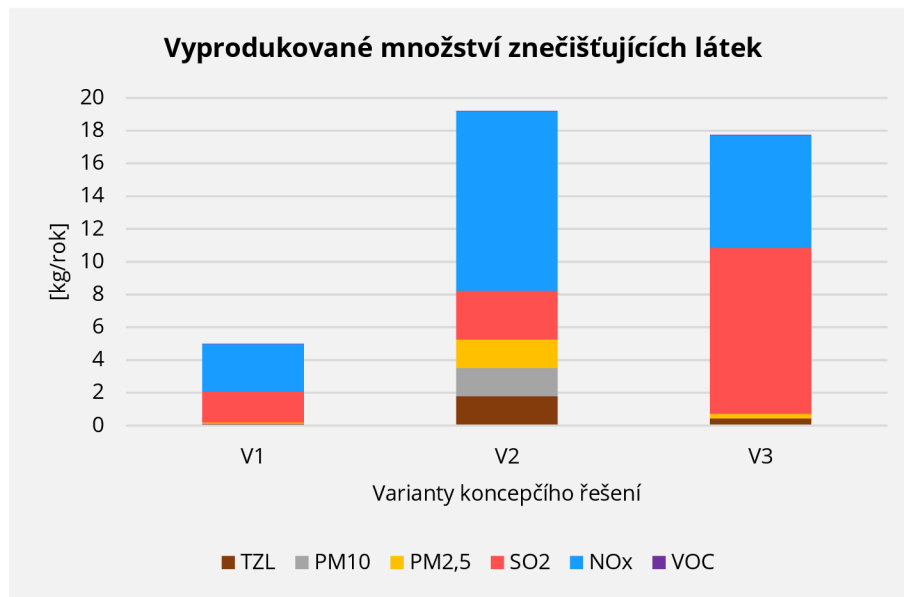
Zhodnocení dopadu na životní prostředí bylo provedeno ekologickým hodnocením dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku [5].

Tab. 34: Produkce škodlivin jednotlivých variant zdrojů tepla

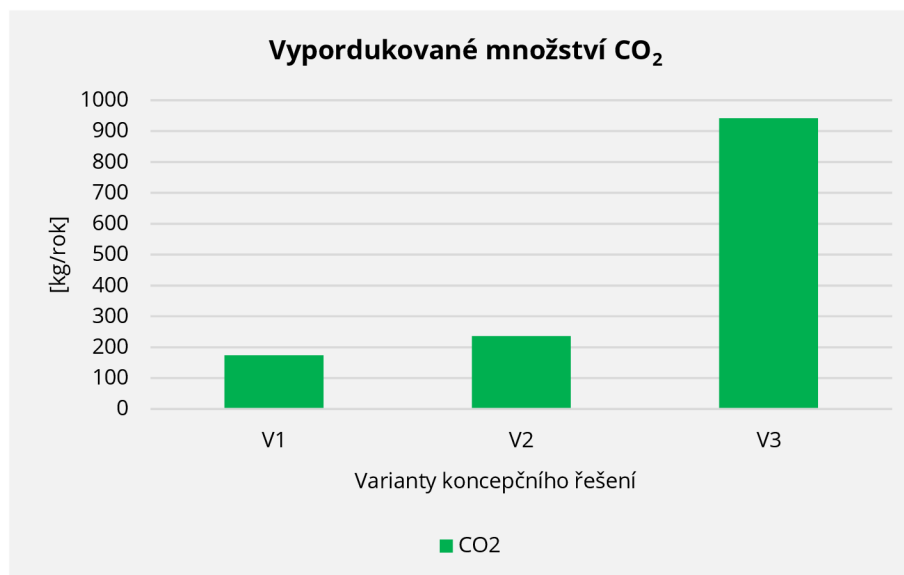
Varianta	Elektrická energie										
	Znečišťující látka	NH ₃	VOC	CO	NO _x	SO ₂	TZL	PM _{2,5}	PM ₁₀	TOC	CO ₂
	Emisní faktor [kg/MWh]	0	0,00249	0,08621	0,56764	0,84124	0,0368	0,02208	0	0	78,06
V1	Vypordukované množství znečišťujících látek [kg/MWh.rok]	0	0,00556	0,19259	1,26811	1,87933	0,0822	0,04933	0	0	174,39
V2		0	0,00579	0,20044	1,31976	1,95588	0,0856	0,05134	0	0	181,49
V3		0	0,03004	1,04004	6,84801	10,14872	0,4440	0,26637	0	0	941,72
Varianta	Zemní plyn										
	Znečišťující látka	NH ₃	VOC	CO	NO _x	SO ₂	TZL	PM _{2,5}	PM ₁₀	TOC	CO ₂
	Emisní faktor [kg/10 ⁶ m ³]	0	0	0	595	0,032	6,9	6,9	6,9	62,1	
V1	Vypordukované množství znečišťujících látek [kg/m ³ .rok]	0	0	0	1,62597	0,00009	0,01886	0,01886	0,01886	0,16970	0
V2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Varianta	Dřevěné pelety										
	Znečišťující látka	NH ₃	VOC	CO	NO _x	SO ₂	TZL	PM _{2,5}	PM ₁₀	TOC	CO ₂
	Emisní faktor [kg/t spáleného paliva]	0	0	0	1,49	0,16	0,264	0,261	0,263	0,355	8,41
V1	Vypordukované množství znečišťujících látek [kg/t spáleného paliva.rok]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V2		0	0	0	9,64	1,03	1,708	1,687	1,704	2,296	54,40
V3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 35: Porovnání produkce škodlivin jednotlivých variant zdrojů tepla

Parametr	V1	V2	V3
	[kg.rok ⁻¹]	[kg.rok ⁻¹]	[kg.rok ⁻¹]
Tuhé znečišťující látky (TZL)	0,101	1,793	0,444
PM ₁₀	0,019	1,704	0,000
PM _{2,5}	0,068	1,738	0,266
SO ₂	1,879	2,991	10,149
NO _x	2,894	10,958	6,848
NH ₃	0,000	0,000	0,000
VOC	0,006	0,006	0,030
CO ₂	174,386	235,889	941,716



Graf 12: Vyprodukované množství znečišťujících látek jednotlivých variant koncepčního řešení



Graf 13: Vyprodukované množství CO₂ jednotlivých variant koncepčního řešení

Nejvíce znečišťujících látek vyprodukuje během ročního provozu kotel na dřevěné peletky. Tepelné čerpadlo potom nejvíce CO₂ a to z důvodu výroby elektrické energie v tepelných elektrárnách, což je zohledněno emisním faktorem.

S ohledem na výsledek hodnocení celkové produkce emisí do ovzduší je k životnímu prostředí nejšetrnější varianta č. 1. Reálně je však nejšetrnější varianta č. 3, protože při provozu samotného tepelného čerpadla nedochází k emisím znečišťujících látek do ovzduší a vliv tepelné elektrárny je v tomto hodnocení spíše globální faktor.

B.8.5. VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY

Jako nejvhodnější varianta koncepčního řešení se jeví varianta č. 3 – systém nízkoteplotního podlahového vytápění s tepelným čerpadlem, a to z několika důvodů:

- nejmenší dispoziční nároky, bez nutnosti budování komínu a přípojky plynu,
- podlahové vytápění vytváří rovnoměrný teplotní profil místnosti a z fyziologického hlediska vytváří nejlepší tepelnou pohodu,
- systém vytápění plně automatizován bez nutnosti skladování paliva a jeho doplňování,
- i přes velkou počáteční investici vykazuje provoz tepelného čerpadla nejmenší provozní náklady,
- na pořízení tepelného čerpadla lze žádat dotační tituly,
- instalací tepelného čerpadla získáme výhodnější cenový tarif pro spotřebu elektrické energie pro celý objekt,
- tepelné čerpadlo patří mezi obnovitelné zdroje energie a jeho provoz nezatěžuje lokální životní prostředí,



B.9. TECHNICKÁ ZPRÁVA VYBRANÉ VARIANTY KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ

Název stavby

Místo stavby

Stupeň vypracování

Celková podlahová plocha

Zastavěná plocha

Obestavěný prostor

Rodinný dům

Prchalov, parc. č. 190/8

742 58 Příbor

Moravskoslezský kraj

Studie stavby

190,39 m²

150,33 m²

595,82 m³

B.9.1. ÚVOD

Předmětem koncepčního řešení je návrh systému vytápění a přípravy teplé vody pro novostavbu dvoupodlažního rodinného domu v rozsahu studie stavby. Systém vytápění je navržen jako nízkoteplotní s teplovodním podlahovým vytápěním doplněným otopnými tělesy. Příprava teplé vody je navržena jako zásobníková s přednostním ohřevem.

B.9.2. OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Klimatické a provozní podmínky

- nadmořská výška	$h =$	306 m. n. m.
- výpočtová teplota venkovního vzduchu	$t_e =$	-15 °C
- délka otopného období	$d =$	242 dní
- průměrná venková teplota v otopném období	$t_{m,d} =$	3,8 °C

Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

- výpočtová vnitřní teplota	
- koupelna	$t_i =$ 24 °C
- obytné místnosti, kuchyň	$t_i =$ 20 °C
- zádveří, chodba, WC, spíž	$t_i =$ 20 °C
- technická místnost	$t_i =$ 20 °C
- dílna, garáž	$t_i =$ 15 °C
- počet osob v objektu	$n =$ 4 osoby
- provoz systému vytápění	nepřerušovaný

Bilance potřeby tepla a teplé vody

- návrhová tepelná ztráta objektu	Φ_{HL}	7,8 kW
- potřeba teplé vody	V_{TV}	0,035 m ³ .osobu ⁻¹ .den ⁻¹

B.9.3. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Příprava teplé vody je navržena jako zásobníková s přednostním ohřevem. Pro přípravu teplé vody je navržen nepřímotopný zásobníkový ohříváč DZD – OKC160 NTR/BP, o objemu 148 litrů.

B.9.4. ZDROJ TEPLA

Jako zdroj tepla je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda pro venkovní instalaci STIEBEL ELTRON WPL 15 AS o výkonu 6,37 kW při výpočtové venkovní teplotě -15 °C. Tepelné čerpadlo bude provozováno v paralelně bivalentním režimu. Bod bivalence nastává při venkovní teplotě - 9,5 °C. Při této teplotě je maximální výkon čerpadla 6,5 kW. Při provozu tepelného čerpadla bude vznikat kondenzát, který bude odváděn do splaškové kanalizace.

Pro zamezení cyklování zdroje tepla je navržena taktovací (akumulační) nádrž, STIEBEL ELTRON SBP 200 E, o objemu 200 l.

Objem akumulační nádoby byl stanoven podle projekčních podkladů výrobce tepelného čerpadla, kde výrobce doporučuje akumulační objem 200 l pro systém vytápění s podlahovým vytápěním.

Jako doplňkový zdroj tepla bude použito elektrické topné těleso TJ 6/4" o výkonu 6 kW integrované v zásobníkovém ohřívači a elektrické topné těleso BGC/45 o výkonu 6 kW integrované v taktovací nádrži.

B.9.5. OTOPNÉ PLOCHY

Pro vytápění jednotlivých místností je navrženo teplovodní podlahové vytápění a otopná tělesa. Podlahové vytápění bude provozováno s teplotním spádem 40/35 °C. Otopná tělesa jsou navržena pro teplotní spád 55/45 °C. Systém podlahového vytápění je navržen pro instalaci do systémových desek a anhydritovou zálivkou. Potrubí podlahového vytápění bude plastové.

V každém podlaží bude umístěn rozdělovač a sběrač topných okruhů, Pipelife Radopress FT-VxA. V 1. NP bude rozdělovač osazen v technické místnosti bez krycí skříň. Ve 2. NP bude osazen rozdělovač v příčce oddělující chodbu a obytné místnosti. Pro tyto účely bude rozdělovač osazen v montážní skříni s dvířky.

Rozdělovač je vybaven průtokoměry na každé topné větvi s ukazateli průtokového množství 0 – 4 l/min a s integrovaným uzavíracím zařízením, vratná větev je vybavená uzavíratelnými předem nastavitelnými ventily s jemnou regulací.

Pro vytápění technické místnosti, dílny a garáže navrhuji desková otopná tělesa se spodním připojením KORADO RADIK VK. V koupelně je navrženo trubkové otopné těleso s oboustranným připojením KORADO KORALUX LINEAR MAX.

B.9.6. POTRUBÍ A IZOLACE

Přívodní potrubí k rozdělovačům podlahového vytápění a jednotlivých otopných tělese je navrženo jako plastové – PEX a bude uloženo v podlaze.

Přívodní potrubí zdroje tepla bude vedeno v podkladní železobetonové desce v chrániče. Potrubní rozvody kromě rozvodů topných okruhů podlahového vytápění budou izolovány termoizolačními trubicemi MIRELON tl. 13 mm.

B.9.7. ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Jako zařízení ochrany proti překročení nedovoleného přetlaku v soustavě budou specialistou VTP navrženy tlakové expanzní nádoby s membránou a pojistné ventily podle ČSN 06 0830 [13], v dalším stupni projektové dokumentace, která není součástí tohoto koncepčního řešení.

B.9.8. REGULACE A PROVOZ SYSTÉMU

Provoz systému vytápění se uvažuje jako nepřerušovaný. Primární okruh bude napojen na zásobníkový ohřívač a taktovací (akumulační) nádrž. Příprava tepelné vody bude zajištěna přednostním ohřevem výkonem tepelného čerpadla a integrovaným elektrickým topným tělesem v zásobníkovém ohřívači. Mezi režimem vytápění a ohřevem teplé vody bude, na

základě snímání teploty v zásobníkovém ohříváči, přepínat externí trojcestný ventil se servopohonem napojeným na řídicí jednotku. Nabíjení akumulární nádrže bude probíhat při teplotě vody v nádrži od 40 °C do 60°C.

Teplota topné vody bude regulována podle ekvitermní regulace v závislosti na aktuální venkovní teplotě. Úpravu teploty topné vody bude zajišťovat trojcestný ventil osazený na jednotlivých větvích otopného systému, se servopohonem napojeným na teplotní čidlo přívodu topné vody a ekvitermní regulaci. Rozdělení systému na větev pro otopná tělesa a větev podlahového vytápění bude pomocí kombinovaného rozdělovače a sběrače osazeného v technické místnosti.

Systém vytápění a ohřevu teplé vody bude řízen a regulován pomocí řídicí jednotky tepelného čerpadla a nadřazené řídicí jednotky celého systému.

Topné okruhy podlahového vytápění budou napojeny na podlažní rozdělovač a sběrač. Výkon jednotlivých topných okruhů bude regulován pomocí elektronického ovládání průtoku napojené na jednotlivé pokojové termostaty a řídicí jednotku.

Hydraulické vyvážení soustavy bude provedeno podle podrobného výpočtu tlakových ztrát soustavy. To je předmětem prováděcí dokumentace, která není součástí tohoto koncepčního řešení.

Systém vytápění a přípravy teplé vody musí být provozován v souladu s provozními pokyny výrobce jednotlivých zařízení.

B.9.9. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ

- Zadání VŠKP
- Výkresová dokumentace
- Technické podklady výrobců

Předmětem koncepčního řešení je návrh systému vytápění a přípravy teplé vody pro novostavbu rodinného domu v rozsahu studie stavby. Navržené koncepční řešení neslouží jako podklad pro provádění. Prováděcí dokumentace bude zpracována v dalším stupni projektové dokumentace, která není součástí tohoto koncepčního řešení.



C. MODELOVÁNÍ V OBLASTI STAVEBNÍ FYZIKY A ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

MODELING IN THE FIELD OF BUILDING PHYSICS AND ENERGY CONSUMPTION
OF THE BUILDING

C.1. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Stanovení energetické náročnosti posuzovaného RD jsem provedl pomocí cloudového softwaru DEK Soft – Energetika. Postup výpočtu je proveden dle ČSN EN ISO 52016-1 [18]. Objekt byl posuzován při použití různých zdrojů tepla dle variant koncepčního řešení na splnění požadavků vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Jako referenční budova byla zvolena budova s téměř nulovou spotřebou energie.

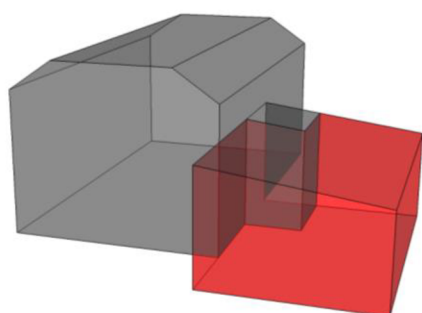
C.1.1. ZÓNOVÁNÍ OBJEKTU

Objekt je rozdělen do dvou zón. Rozdělení objektu na zóny bylo provedeno podle pravidel dle ČSN EN 13 790 [17], pro jednozónový výpočet:

- požadované teploty pro vytápění se u jednotlivých prostor neliší o více než 4 K,
- všechny prostory nejsou strojně chlazené nebo všechny prostory jsou strojně chlazené a u jednotlivých prostor se požadované teploty pro chlazení neliší o více než 4 K,
- prostory jsou obsluhovány jedním systémem vytápění (pokud existuje) a jedním systémem chlazení (pokud existuje),
- pokud existuje systém nebo systémy větrání, nejméně 80 % podlahové plochy prostor je obsluhováno jedním systémem větrání,
- intenzita větrání v prostorech v m^3/m^2 podlahové plochy.sekunda, se neliší více než čtyřikrát v rámci 80% podlahové plochy, nebo dveře mezi prostory jsou pravděpodobně často otevřeny

a vícezónový výpočet bez tepelného propojení mezi zónami, kdy se uvažuje adiabatická hranice mezi zónami.

Rozdělení do zón při výpočtu 1. a 3. varianty koncepčního řešení

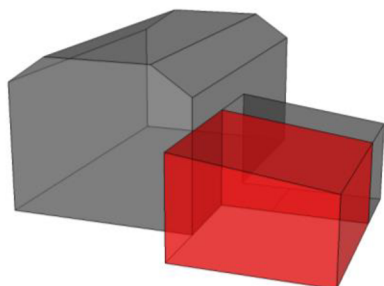


1. zóna s výpočtovou vnitřní teplotou 20 °C
-> všechny místnosti kromě dílny a garáže

2. zóna s výpočtovou vnitřní teplotou 15 °C
- dílna
- garáž

Obr. 55: Zónování objektu pro výpočet PENB varianty č.1 a 3

Rozdělení do zón při výpočtu 2. varianty koncepčního řešení



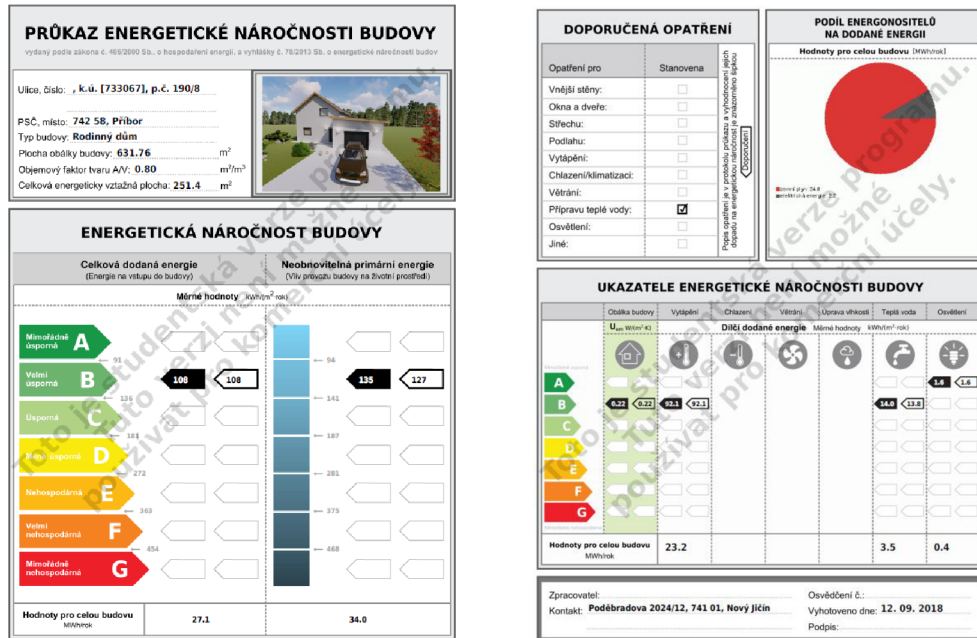
1. zóna s výpočtovou vnitřní teplotou 20 °C
-> všechny místnosti kromě garáže

2. zóna s výpočtovou vnitřní teplotou 15 °C
- garáž

Obr. 56: Zónování objektu pro výpočet PENB varianty č.2

C.1.2. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – VARIANTA Č.1

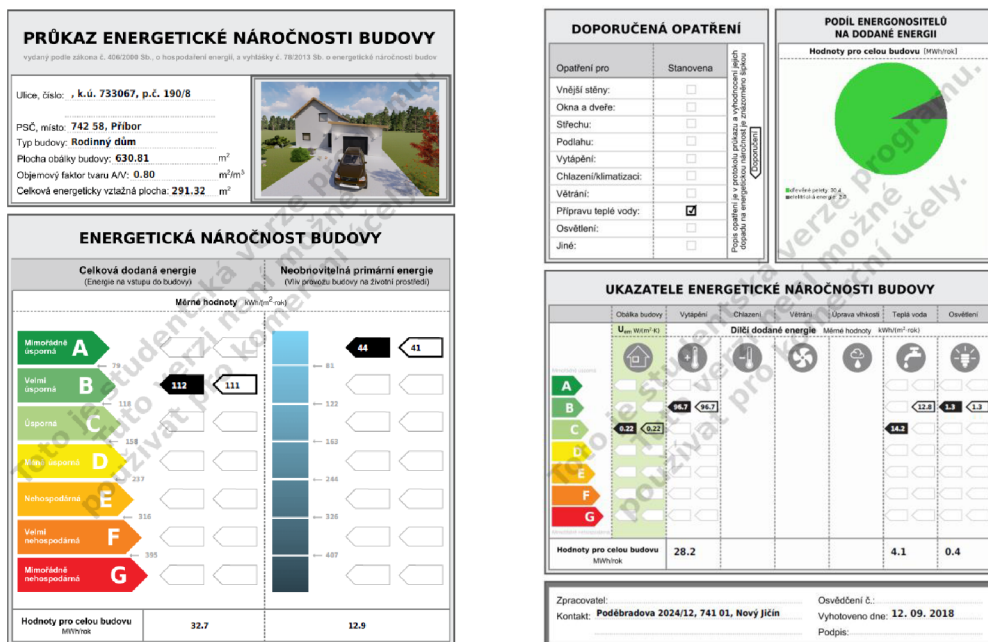
Posouzení energetické náročnosti novostavby rodinného domu s konstrukčním systémem ze skořepinových tvárníc BETONG s vnitřním zateplením. Jako zdroj tepla je navržen plynový kondenzační kotel. Protokol PENB je součástí přílohy D.3. této diplomové práce.



Obr. 57: Grafický výstup PENB koncepčního řešení – varianta č.1

C.1.3. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – VARIANTA Č.2

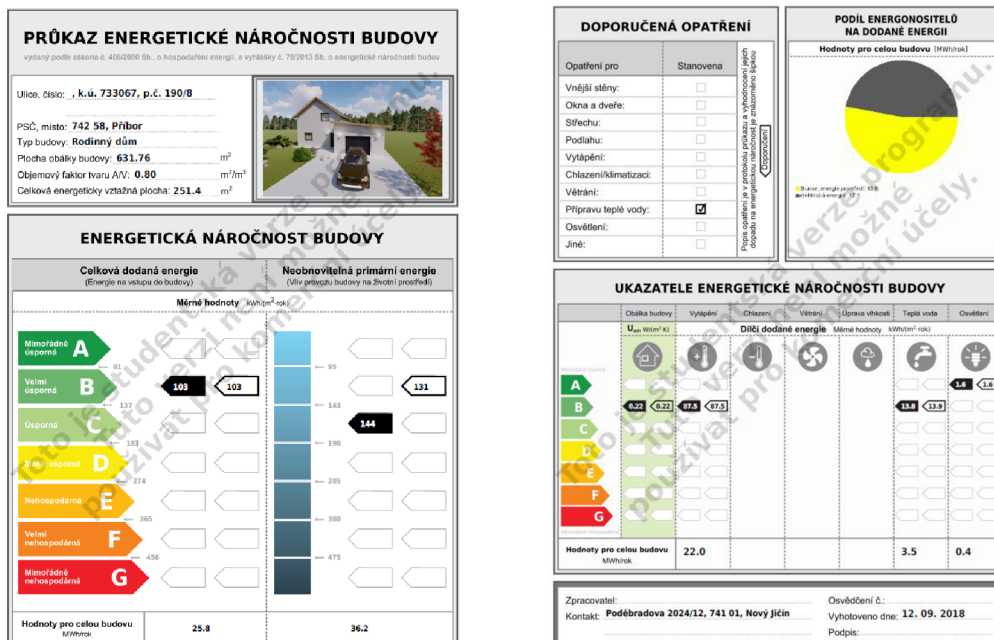
Posouzení energetické náročnosti novostavby rodinného domu s konstrukčním systémem ze skořepinových tvárníc BETONG s vnitřním zateplením. Jako zdroj tepla je navržen automatický kotel na dřevěné pelety. Protokol PENB je součástí přílohy D.3. této diplomové práce.



Obr. 58: Grafický výstup PENB koncepčního řešení – varianta č.2

C.1.4. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY – VARIANTY Č.3

Posouzení energetické náročnosti novostavby rodinného domu s konstrukčním systémem ze skořepinových tvárníc BETONG s vnitřním zateplením. Jako zdroj tepla je navrženo tepelné čerpadlo vzduch/voda. Protokol PENB je součástí přílohy D.3. této diplomové práce.



Obr. 59: Grafický výstup PENB koncepčního řešení – varianta č.3

C.1.5. NAVRŽENÁ OPATŘENÍ

Byly navrženy tři varianty opatření. Vliv opatření byl posouzen pomocí cloudového softwaru DEK Soft – Varianty. Součástí hodnocení je posouzení ekonomických ukazatelů. Výchozí variantou je stav bez opatření.

- První variantou je opatření u technické části s návrhem solárního ohřevu teplé vody pomocí dvou plochých solárních kolektorů STIEBEL ELTRON SOL 27 PREMIUM S.
- Druhou variantou je opatření u stavební části, kde navrhuji navýšení tepelné izolace obvodových stěn z tl. 150 + 50 mm na tl. 250 + 50 a podlahy na terénu z tl. 120 mm na tl. 150 mm.
- Třetí varianta je kombinace předchozích návrhů opatření.

Největších úspor energie je dosaženo při aplikaci třetí varianty opatření. Avšak náklady na investici jsou nejvyšší a z ekonomického hlediska nemá toto opatření význam. Nejvhodnější je z ekonomického i technického hlediska aplikace první varianty opatření.

C.1.5.1. SOUHRN VARIANT OPATŘENÍ PRO VARIANTU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ V1

Tab. 36: Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení – varianta č.1

Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení V1 – plynový kondenzační kotel				VS	VAR-1	VAR-2	VAR-3
Celková dodaná energie	Q	[kWh/(m ² .a)]	107,7	107,5	102,4	102,2	
Zatřídění			B	B	B	B	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Celková primární neobnovitelná energie	Q _{nren}	[kWh/(m ² .a)]	139,4	126,6	129	119,6	
Zatřídění			B	B	B	B	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U _{em}	[W/(m ² .K)]	0,22	0,22	0,2	0,2	
Zatřídění			C	C	C	C	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Celková předpokládaná úspora celkové dodané energie	ΔQ	[kWh/rok]	-	63	1343,0	1399	
Celková předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie	ΔQ _{nren,P}	[kWh/rok]	-	3209	2615	4979	
Celkové náklady na energie	-	[tis. Kč]	45,7	41,3	42,1	39	
Změna ročních nákladů	-	[tis. Kč]	-	-4,3	-3,6	-6,6	

C.1.5.2. SOUHRN VARIANT OPATŘENÍ PRO VARIANTU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ V2

Tab. 37: Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení – varianta č.2

Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení V2 - kotel na peletky				VS	VAR-1	VAR-2	VAR-3
Celková dodaná energie	Q	[kWh/(m ² .a)]	112,3	110,9	106,6	105,2	
Zatřídění			B	B	B	B	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Celková primární neobnovitelná energie	Q _{nren}	[kWh/(m ² .a)]	44,3	41,4	42,4	39,5	
Zatřídění			A	A	A	A	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U _{em}	[W/(m ² .K)]	0,22	0,22	0,2	0,2	
Zatřídění			C	C	C	C	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Celková předpokládaná úspora celkové dodané energie	ΔQ	[kWh/rok]	-	397,9	1649,0	2046	
Celková předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie	ΔQ _{nren,P}	[kWh/rok]	-	837,4	542,2	1380	
Celkové náklady na energie	-	[tis. Kč]	43,0	40,1	41,0	38,0	
Změna ročních nákladů	-	[tis. Kč]	-	-2,9	-2	-5	

C.1.5.3. SOUHRN VARIANT OPATŘENÍ PRO VARIANTU KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ V3

Tab. 38: Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení – varianta č.3

Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení V3 - tepelné čerpadlo				VS	VAR-1	VAR-2	VAR-3
Celková dodaná energie	Q	[kWh/(m ² .a)]	102,8	102,9	81,8	97,9	
Zatřídění			B	B	B	B	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Celková primární neobnovitelná energie	Q _{nren}	[kWh/(m ² .a)]	144	130,9	118,9	124,5	
Zatřídění			B	B	B	B	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U _{em}	[W/(m ² .K)]	0,22	0,22	0,2	0,2	
Zatřídění			C	C	C	C	
Splnění požadavku vyhl. 78/2013 Sb.			ANO	ANO	ANO	ANO	
Celková předpokládaná úspora celkové dodané energie	ΔQ	[kWh/rok]	-	-24,2	528,5	1231	
Celková předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie	ΔQ _{nren,P}	[kWh/rok]	-	3294,2	6298	4894	
Celkové náklady na energie	-	[tis. Kč]	29,6	26,9	24,4	25,6	
Změna ročních nákladů	-	[tis. Kč]	-	-2,7	-5,1	-4	

C.1.5.4. BILANCE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY

Stanovení bilance solárního systému pro přípravu teplé vody bylo provedeno podle TNI 73 0302 [19].

C.1.5.4.1 POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Účinnost kolektorů

$$\eta_k = \eta_o - a_1 * \frac{t_m - t_{es}}{G_{T,m}} - a_2 * \frac{(t_m - t_{es})^2}{G_{T,m}} \quad [-]$$

- kde η_o - optická účinnost kolektoru udávaná výrobcem [-]
 a_1 - lineární součinitel tepelné ztráty udávaný výrobcem [W.m⁻².K⁻¹]
 a_2 - kvadratický součinitel tepelné ztráty udávaný výrobcem [W.m⁻².K⁻¹]
 t_m - střední teplota teplotnosné látky [°C]
 t_{es} - střední venkovní teplota v době slunečního svitu [°C]
 $G_{T,m}$ - střední intenzita slunečního záření [W.m⁻²]

Denní měrný tepelný zisk

$$q_k = \eta_k * H_{T,d} \quad [kWh.m^{-2}.den^{-1}]$$

- kde η_k - účinnost kolektoru [-]
 $H_{T,d}$ - denní dávka tepla na plochu kolektoru [kWh.m⁻².den⁻¹]

Aperturní (solárně účinná) plocha kolektoru

$$A_k = \frac{(1 + p) * Q_{TV,den}}{q_k} \quad [m^2]$$

- kde p - srážka tepelných zisků vlivem tepelných ztát podle typu solární soustavy

$Q_{TV,den}$ - denní potřeba energie pro přípravu teplé vody [kWh.den⁻¹]

q_k - denní měrný tepelný zisk [kWh.m⁻².den⁻¹]

Počet kolektorů

$$P_k = \frac{A_k}{A_a} \quad [ks]$$

- kde A_k - vypočítaná aperturní plocha kolektoru [m²]
 A_a - aperturní plocha kolektoru udávaná výrobcem [m²]

Návrhová plocha kolektorů

$$A_{k,skut} = P_{k,skut} * A_a \quad [m^2]$$

kde $P_{k,skut}$ - navrhovaný počet kolektorů

Měsíční potřeba tepla pro ohřev TV

$$Q_{p,c} = Q_{TV,den} * d_M \quad [kWh.měsíc^{-1}]$$

kde $Q_{TV,den}$ - denní potřeba energie pro přípravu teplé vody [$kWh.den^{-1}$]
 d_M - počet dní v měsíci

Roční potřeba tepla pro ohřev TV

$$Q_{p,c,a} = Q_{p,c} * 365 \quad [kWh.rok^{-1}]$$

kde $Q_{p,c}$ - měsíční potřeba tepla pro ohřev TV [$kWh.měsíc^{-1}$]

Měsíční teoretický využitelný zisk kolektorové plochy

$$Q_{k,u} = 0,9 * \eta_k * d_M * H_{T,d} * A_{k,skut} * (1 - p) \quad [kWh.měsíc^{-1}]$$

kde 0,9 - zohlednění výkyvů klimatických podmínek
 η_k - účinnost solárního kolektoru, přepočítaná podle teploty teplotnosné látky [-]
 d_M - počet dní v měsíci
 $H_{T,d}$ - denní dávka tepla na plochu kolektoru [$kWh.m^{-2}.den^{-1}$]
 $A_{k,skut}$ - navrhovaná aperturní plocha kolektoru [m^2]
 p - srážka tepelných zisků vlivem tepelných ztát, přepočítaná pro navrženou aperturní plochu [-]

Střední teplota teplotnosné látky

$$t_{m,s} = 25 + 11000 * \frac{A_{k,skut}}{Q_{p,c,a}} \quad [^{\circ}C]$$

kde $A_{k,skut}$ - navrhovaná aperturní plocha kolektoru [m^2]
 $Q_{p,c,a}$ - roční potřeba tepla pro ohřev TV

Účinnost kolektorů

$$\eta_k = \eta_o - a_1 * \frac{t_{m,s} - t_{es}}{G_{T,m}} - a_2 * \frac{(t_{m,s} - t_{es})^2}{G_{T,m}} \quad [-]$$

- kde η_o - optická účinnost kolektoru udávaná výrobcem [-]
 a_1 - lineární součinitel tepelné ztráty udávaný výrobcem [W.m⁻².K⁻¹]
 a_2 - kvadratický součinitel tepelné ztráty udávaný výrobcem [W.m⁻².K⁻¹]
 t_m - střední teplota teplotnosné látky [°C]
 t_{es} - střední venkovní teplota v době slunečního svitu [°C]
 $G_{T,m}$ - střední intenzita slunečního záření [W.m⁻²]

Srážka tepelných zisků vlivem tepelných ztát

$$p = \frac{0,26}{A_{k,skut}} + 100 * \frac{A_{k,skut}}{Q_{p,c,a}} \quad [-]$$

- kde $A_{k,skut}$ - navrhovaná aperturní plocha kolektoru [m²]
 $Q_{p,c,a}$ - roční potřeba tepla pro ohřev TV [kWh.rok⁻¹]

Roční teoretický využitelný zisk kolektorové plochy

$$Q_{k,u,a} = \sum Q_{k,u} \quad [kWh. rok^{-1}]$$

- kde $Q_{k,u}$ - měsíční teoretický využitelný zisk kolektorové plochy [kWh.měsíc⁻¹]

Měsíční využitelné zisky solární soustavou

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{p,c}) \quad [kWh. měsíc^{-1}]$$

- kde $Q_{k,u}$ - měsíční teoretický využitelný zisk kolektorové plochy [kWh.měsíc⁻¹]
 $Q_{p,c}$ - měsíční potřeba tepla pro ohřev TV [kWh.měsíc⁻¹]

Roční využitelné zisky solární soustavou

$$Q_{ss,u,a} = \sum Q_{ss,u} \quad [kWh. rok^{-1}]$$

- kde $Q_{ss,u}$ - měsíční využitelné zisky solární soustavou [kWh.měsíc⁻¹]

Celkové měrné využitelné zisky solární soustavou

$$q_{ss,u} = \frac{Q_{ss,u,a}}{A_{k,skut}} \quad [kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}]$$

kde $Q_{ss,u,a}$ - roční využitelné zisky solární soustavou [kWh.rok⁻¹]
 $A_{k,skut}$ - navrhovaná aperturní plocha kolektorů [m²]

Roční pokrytí potřeby tepla na přípravu TV

$$f = 100 * \frac{Q_{ss,u,a}}{Q_{p,c,a}} \quad [\%]$$

kde $Q_{ss,u,a}$ - roční využitelné zisky solární soustavou [kWh.rok⁻¹]
 $Q_{p,c,a}$ - roční potřeba tepla pro ohřev TV [kWh.rok⁻¹]

C.1.5.4.2 NÁVRH SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ

Návrh solárních kolektorů jsem provedl pro všechny měsíce, přičemž je rozhodující měsíc červenec.

Počet osob	n	4
Potřeba teplé vody	V _{os}	40 l.osoba ⁻¹ .den ⁻¹
Teplota teplé vody	t _t	55 °C
Teplota studené vody	t _s	10 °C
Přirážka na tepelné ztráty přípravy TV	z	0,3

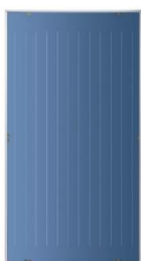
Denní spotřeba teplé vody

$$V_{TV,den} = n * V_{os} = 4 * 40 = 0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

Denní potřeba energie pro přípravu teplé vody

$$Q_{TV,den} = (1 + z) * c * V_{TV,den} * (t_t - t_s) = (1 + 0,3) * 1,163 * 0,16 * (55 - 10) = \\ = 10,9 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$$

→ Navrhuji 2x solární kolektor STIEBEL ELTRON SOL27 PREMIUM S + zásobníkový ohřívač DZD - OKC 200 NTRR/SOL, o objemu 200 l s výměnkem pro připojení tepelného čerpadla a solárního kolektoru včetně elektrického topného tělesa TJ 6/4" o výkonu 6 kW.



Obr. 60: Ploché solární kolektor SOL 27 premium S [58]

Tab. 39: Technické údaje plochého solárního kolektoru SOL 27 premium S [58]

Technické údaje	Jednotka	SOL 27 premium S
Orientace	-	jihozápad
Úhel sklonu	°	30
Optická účinnost	%	83
Koeficient tepelné ztráty	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	3,46
Koeficient tepelné ztráty	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	0,0153
Plocha apertury	m^2	2,4
Střední teplota teplotnosné látky	°C	40
Srážka tepelných zisků vlivem tepelných ztrát	-	0,1



Obr. 61: zásobníkový ohřívač DZD - OKC 200 NTRR/SOL [59]

Tab. 40: Technické údaje zásobníkového ohřívače DZD OKC 200 NTRR/SOL [60]

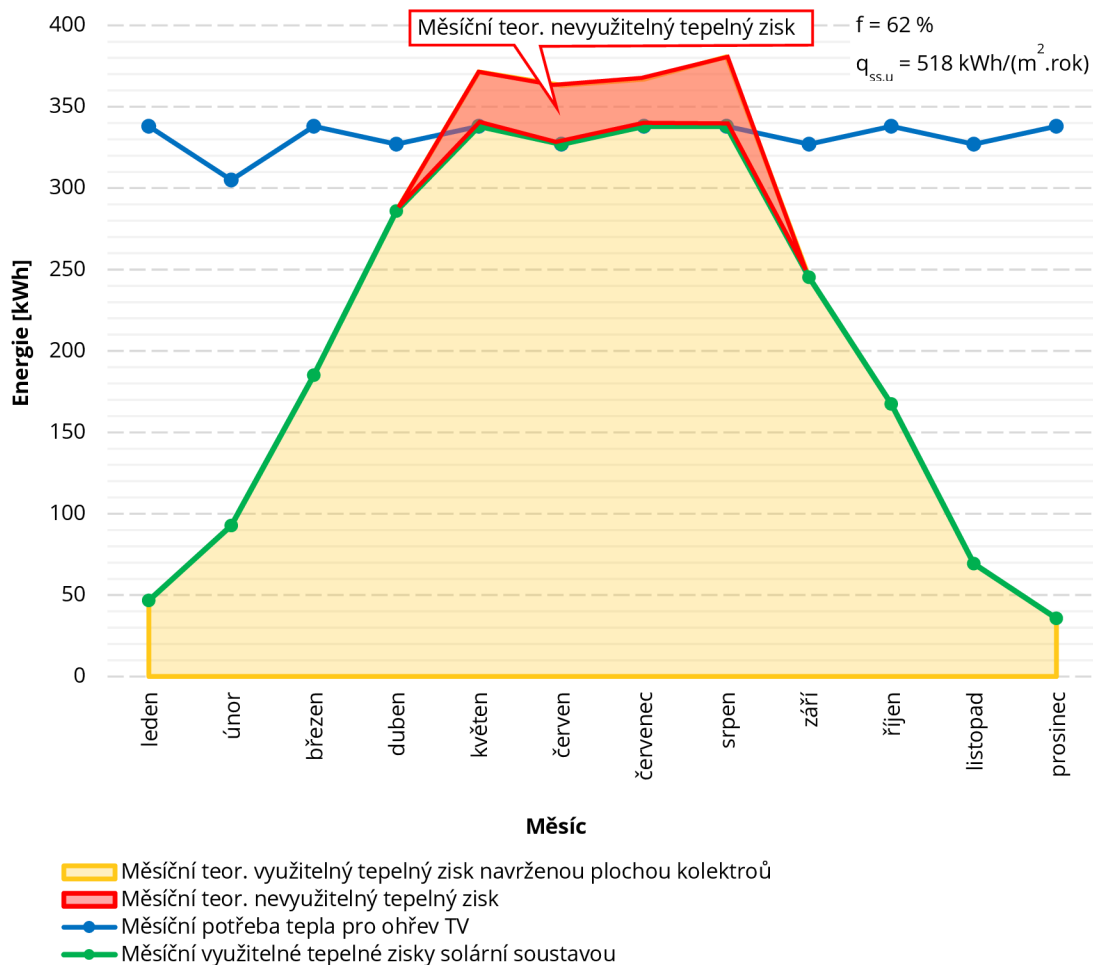
Technické údaje	Jednotka	OKC 200 NTRR/SOL
Objem	L	200
Hmotnost	kg	104
Provozní tlak teplé vody	Mpa	1
Provozní tlak topné vody	MPa	1
Max. provozní teplota ve výměníku	°C	110
Max. provozní teplota v nádobě	°C	90
Výhřevná plocha spodního výměníku	m^2	0,8
Výhřevná plocha horního výměníku	m^2	0,8
Statická ztráta	W	80

C.1.5.4.3 BILANCE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

Tab. 41: Bilance solárního systému

Veličina	Zn.	Jednotka	Měsíc											
			leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
počet dní v měsíci	d_M	[den]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Střední venkovní teplota	t_e	[°C]	-1,3	-0,1	3,7	8,1	13,3	16,1	18,0	17,9	13,5	8,3	3,2	0,5
Střední teplota v době slunečního svitu	t_{es}	[°C]	1,8	2,7	6,3	10,7	16,0	18,6	20,5	21,1	17,1	11,7	6,4	3,6
Střední intenzita slunečního záření	$G_{T,m}$	[W/m ²]	349	427	500	525	540	543	535	522	496	438	363	319
Průměrná účinnost kolektoru v ref. den v měsíci	η_k	[-]	0,39	0,48	0,56	0,61	0,66	0,68	0,69	0,69	0,65	0,58	0,46	0,37
Denní dávka tepla na plochu kolektoru	$H_{T,d}$	[kWh/m ² .den]	1,03	1,87	2,90	4,27	4,99	4,90	4,70	4,87	3,43	2,55	1,34	0,82
Denní měrný tepelný zisk	q_k	[kWh/m ² .den]	0,40	0,89	1,63	2,61	3,30	3,33	3,26	3,38	2,25	1,47	0,62	0,30
Aperturní plocha kolektoru	A_k	[m ²]	29,95	13,39	7,34	4,58	3,63	3,59	3,67	3,54	5,33	8,13	19,29	39,48
Počet kolektorů	P_k	[ks]	12,48	5,58	3,06	1,91	1,51	1,50	1,53	1,48	2,22	3,39	8,04	16,45
Navržený počet kolektorů	$P_{k,skut}$	[ks]	13,00	6,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	9,00	17,00
Navržený počet kolektorových bloků á 4 kol.	$P_{B,skut}$	[ks]	3,25	1,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	1,00	2,25	4,25
Navržená plocha kolektorů	$A_{k,skut}$	[m ²]	31,20	14,40	9,60	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	7,20	9,60	21,60	40,80
Bilance solárního systému pro přípravu teplé vody TNI 73 0302														
Měsíční potřeba tepla pro ohřev TV	$Q_{p,c}$	[kWh/měsíc]	338	305	338	327	338	327	338	338	327	338	327	338
Roční potřeba tepla pro ohřev TV	$Q_{p,c,a}$	[kWh/rok]	3973											
Střední teplota absorbéru	t_m	[°C]	38,29											
Průměrná účinnost kolektoru v ref. den v měsíci	η_k	[-]	0,41	0,50	0,58	0,63	0,67	0,69	0,71	0,71	0,67	0,60	0,48	0,40
Ztraty solární soustavy	p		0,17											
Měsíční teor. využitelný tepelný zisk navrženou plocho	$Q_{k,u}$	[kWh/měsíc]	47	93	185	286	371	363	367	381	245	167	69	36
Roční teor. využitelný tepelný zisk navrženou plocho	$Q_{k,u}$	[kWh/rok]	2611											
Měsíční využitelné tepelné zisky solární soustavou	Q_{SSFU}	[kWh/měsíc]	47	93	185	286	338	327	338	338	245	167	69	36
Roční využitelné tepelné zisky solární soustavou	Q_{SSFU}	[kWh/rok]	2470											
Celkové roční využitelné zisky solární soustavou	$q_{ss,u}$	[kWh/(m ² .rok)]	514											
Roční pokrytí ohřevu TV	f	[%]	62											

Bilance solárního systému



Graf 14: Bilance solárního systému

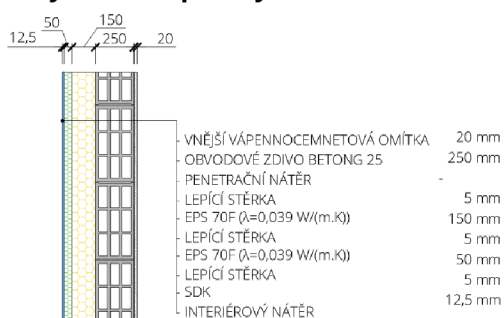
Z grafu bilance solárního systému vyplívá, že v letním období by docházelo k přebytkům tepla v soustavě, které lze snížit větším objemem zásobníkového ohříváče nebo využitím těchto přebytků pro ohřev bazénové vody.

Vzhledem k provozu tepelného čerpadla vzduch/voda není realizace tohoto opatření nutná, protože výkon navrženého tepelného čerpadla roste s rostoucí venkovní teplotou. Tím je zajištěn dostatečný výkon pro přípravu teplé vody v letním období.

C.2. TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ SKLADEB KONSTRUKCÍ

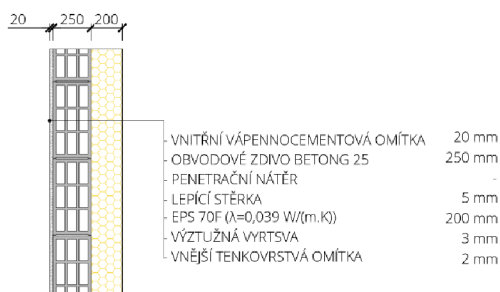
Pro tepelně technické posouzení byly použity skladby uvedené v kapitole B.2.2. Pro možnost srovnání chování skladby obvodového zdiva byl porovnávány tři varianty stavebních systému. Prvním systémem je zdivo ze skořepinových tvárnic BETONG s vnitřním kontaktním zateplením uvažovaný ve výpočtech části B diplomové práce. Druhým systémem je zdivo ze skořepinových tvárnic BETONG s vnějším kontaktním zateplením. A třetím systémem je často používané zdivo z keramických tvárnic POROTHERM s vnějším kontaktním zateplením, které se svým provedením (dutinami) nejvíce blíží tvárnici BETONG. Výpočet jsem provedl pomocí cloudového softwaru DEK Soft – 1D. Protokol výpočtu je součástí přílohy D.4. této diplomové práce.

Skladba obvodové stěny ze skořepinových tvárnic BETONG 25 - vnitřní zateplení



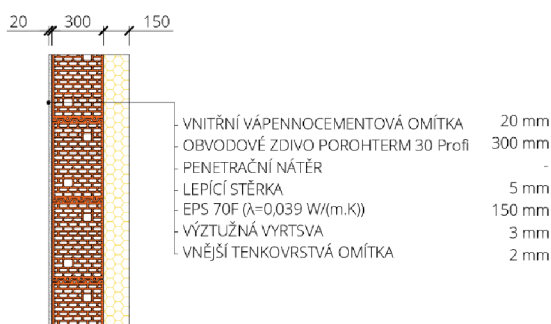
Obr. 62: Skladba obvodové stěny ze skořepinových tvárnic BETONG 25 - vnitřní zateplení

Skladba obvodové stěny ze skořepinových tvárnic BETONG 25 - vnější zateplení



Obr. 63: Skladba obvodové stěny ze skořepinových tvárnic BETONG 25 - vnější zateplení

Skladba obvodové stěny z keramických tvárnic POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení



Obr. 64: Skladba obvodové stěny z keramických tvárnic POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

C.2.1. SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Součinitel prostupu tepla U hodnotí tepelný tok prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi. Zahrnuje souhrnný vliv tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev nebo zabudovaných dřevěných prvků. Je podkladem pro návrh vytápění a stanovení tepelné ztráty obálkou objektu [25].

C.2.1.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Tepelný odpor konstrukce

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$$

kde d_i – tloušťka i -té vrstvy skladby posuzované konstrukce
 λ_i – součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], výpočtová hodnota

Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} + \Delta U_{tb} = \frac{1}{R_T} + \Delta U_{tb} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

kde ΔU_{tb} – přírážka na vliv tepelných mostů [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$]
 = 0,03
 R_T – odpor při prostupu tepla konstrukcí [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
 R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
 R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
 = 0,04 při výpočtu šíření tepla i šíření vlhkosti a rizika růstů plísní

Tab. 42: Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla [10]

Druh konstrukce	Směr tepelného toku	Odpor při přestupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]	
		pro výpočet šíření vlhkosti a rizika vzniku plísní	pro výpočet šíření tepla
Stavební konstrukce	vodorovně	0,25	0,13
	nahoru	0,25	0,10
	dolů	0,25	0,17
	svislý kout	0,25	0,19
	vodorovný kout	0,25	0,21
Výplň otvoru	vodorovně (90°- 60°)	0,13	0,13
	vodorovně (0°- 60°)	0,13	0,10
	nahoru	0,13	0,10
	dolů	-	0,17
	svislý kout	0,13	0,20
	vodorovný kout	0,13	0,20

Součinitel prostupu tepla výplní otvorů

$$U_w = \frac{A_g * U_g + A_p * U_p + A_f * U_f + l_g * \Psi_g + l_p * \Psi_p}{A_g + A_p + A_f} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

kde

A_g	- plocha zasklení [m ²]
U_g	- součinitel prostupu tepla zasklení [W.m ⁻² .K ⁻¹]
A_p	- plocha neprůsvitné výplně [m ²]
U_p	- součinitel prostupu tepla neprůsvitné výplně [W.m ⁻² .K ⁻¹]
A_f	- plocha rámu [m ²]
U_f	- součinitel prostupu tepla rámu [W.m ⁻² .K ⁻¹]
l_g	- celkový viditelný obvod zasklení [m]
Ψ_g	- lineární činitel prostupu tepla zasklení způsobený tepelnou vazbou mezi zasklením distančním rámečkem a rámem [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
l_p	- celkový viditelný obvod neprůsvitné výplně [m]
Ψ_p	- lineární činitel prostupu tepla zasklení způsobený tepelnou vazbou mezi neprůsvitnou výplní a rámem [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]

C.2.1.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE

$$U \leq U_N$$

kde

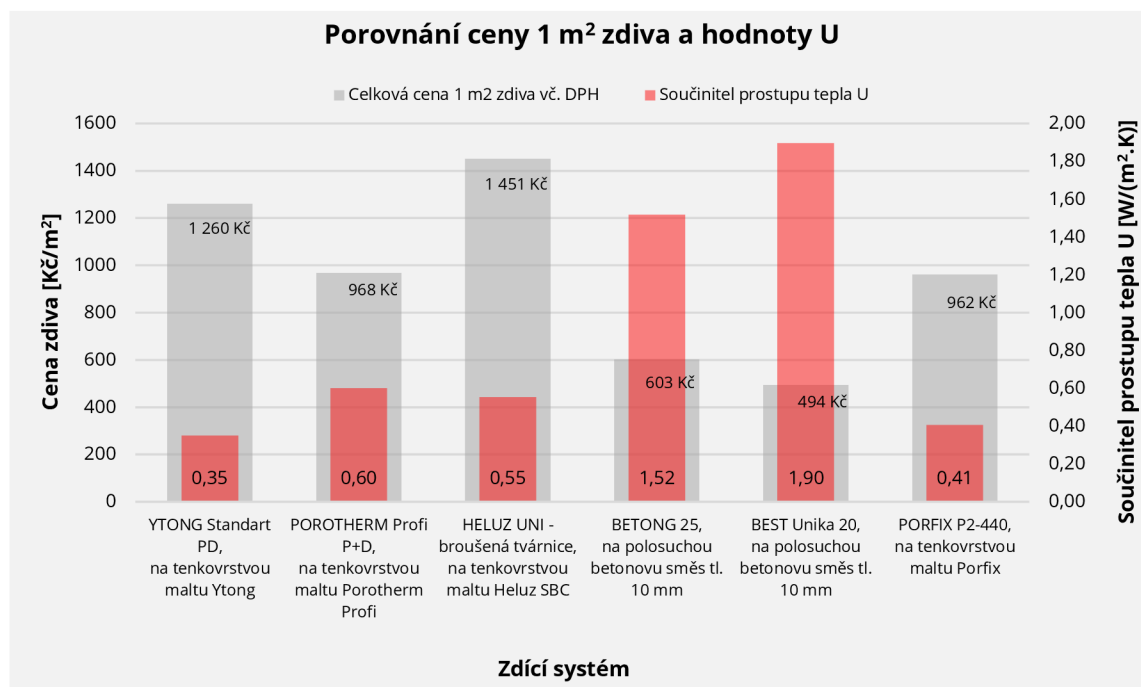
U_N	- normový požadavek na součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [9] [W.m ⁻² .K ⁻¹]
U	- vypočítaná hodnota součinitele prostupu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]

Tab. 43: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla vybraných stavebních konstrukcí [9]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]			
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy	Doporučené hodnoty pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12	0,21
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12	0,21
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10	0,168
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10	0,168
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,2	0,15 až 0,10	0,21
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22 až 0,15	0,315
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45		1,54
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,8		1,89
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,2	0,8 až 0,6	1,05

C.2.1.3. POROVNÁNÍ ZDÍČÍCH SYSTÉMŮ PODLE HODNOTY SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

Vzhledem k netradičnímu zdícímu systému, kterým je BETONG jsem provedl srovnání jednotlivých zdících systému podle ceny za 1 m² hrubého zdiva a hodnoty součinitele prostupu tepla, které ukazuje, že zdivo z betongových tvárnic je oproti konkurenci velmi cenově výhodné, ale tepelně technické vlastnosti tvárnic nejsou příliš dobré.



Graf 15: Porovnání ceny 1 m² zdiva a hodnoty U

Další srovnání si klade za úkol zjistit, jak se liší hodnota součinitele prostupu tepla jednotlivých zdících systému při zachování stejné stavební tloušťky stěny jako je tloušťka obvodového zdiva ze skořepinových tvárnic BETONG 25 s vnitřním zateplením navržená v projektu řešeného objektu v části B diplomové práce.

Tab. 44: Porovnání hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých variant zdícího systému při zachování jednotné tloušťky.

Porovnání hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých variant zdícího systému při zachování jednotné tloušťky.		Tl. zdiva [mm]	Tl. tepelné izolace [mm]	Celková tl. [mm]	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]				
					U	U _{N,20} 0,30	U _{rec,20} 0,25	U _{pas,20} 0,18 - 0,12	U _{NZEB,20} 0,21
Materiál	YTONG Standart PD + EPS 70F	300	150	450	0,175	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
	POROTHERM Profi P+D + EPS 70F	300	150	450	0,205	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
	HELUZ UNI + EPS 70F	300	150	450	0,200	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
	BETONG 25 - vnitřní zateplení EPS 70F	250	200	450	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
	BETONG 25 - vnější zateplení EPS 70F	250	200	450	0,198	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
	BEST Unika 20 + EPS 70F	200	250	450	0,173	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
	PORFIX P2-440 + EPS 70F	300	150	450	0,183	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}

Při celkové tloušťce stěny 450 mm a nejmenší tloušťce tepelné izolace 150 mm má nejlepší hodnotu součinitele prostupu tepla 0,175 W/m²·K⁻¹ stavební systém YTONG Standart. Dále bylo mým cílem zjistit celkovou tloušťku tepelné izolace potřebné u jednotlivých zdících systémů pro dosažení hodnoty součinitele prostupu tepla 0,196 W/m²·K⁻¹, která byla stanovena pro zdící systém BETONG 25, uvažovaný v řešeném projektu novostavby rodinného domu.

Tab. 45: Porovnání hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých variant zděcího systému při stejné velikosti hodnoty U.

Porovnání hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých variant zděcího systému při stejné velikosti hodnoty U.				TI. zdiva [mm]	TI. tepelné izolace [mm]	Celková tl. [mm]	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]				
							U	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}
								0,30	0,25	0,18 - 0,12	0,21
Materiál	YTONG Standart PD + EPS 70F	300	115	415	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		
	POROTHERM Profi P+D + EPS 70F	300	161	461	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		
	HELUZ UNI + EPS 70F	300	156	456	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		
	BETONG 25 - vnitřní zateplení EPS 70F	250	200	450	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		
	BETONG 25 - vnější zateplení EPS 70F	250	203	450	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		
	BEST Unika 20 + EPS 70F	200	212	412	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		
	PORFIX P2-440 + EPS 70F	300	130	430	0,196	U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}	U _{NZEB,20}		

Nejmenší tloušťka tepelné izolace je potřeba u zděcího systému YTONG Standart, která je 115 mm.

C.2.1.4. POSOUZENÍ SKLADEB NA HODNOTU SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

Posouzení skladeb konstrukcí na hodnotu součinitele prostupu tepla je uvedeno v kapitole B.2.3. V následující tabulce je posouzení skladeb obvodové stěny při požití různých zděcích a zateplovacích systému.

Tab. 46: Posouzení skladeb obvodové stěny na hodnotu součinitele prostupu tepla

Posuzovaná skladba konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]				
	U	U _{N,20} 0,30	U _{rec,20} 0,25	U _{pas,20} 0,18 - 0,12	U _{NZEB,20} 0,21
	U ≤ U _{N,20}	U ≤ U _{rec,20}	U ≤ U _{pas,20}	U ≤ U _{NZEB,20}	
Obvodová stěna BETONG25 - vnitřní zateplení	0,196	ANO	ANO	NE	ANO
Obvodová stěna BETONG25 - vnější zateplení	0,198	ANO	ANO	NE	ANO
Obvodová stěna POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	0,205	ANO	ANO	NE	ANO

Všechny zděcího systému splňují požadovanou i doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla. Dále je splněn požadavek na hodnotu U pro Budvy s téměř nulovou spotřebou energie.

C.2.2. NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA

Vnitřní povrchová teplota konstrukcí tvořících teplosměnnou obálku budovy má zásadní vliv na riziko povrchové kondenzace vodních par a riziko růstu plísní. Praxe ukazuje, že se jedná o závažný problém, který je projektanty a zhotoviteli stavby často podceňován. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce se stanoví pro ustálené šíření tepla při zimních návrhových teplotách vnitřního a venkovního vzduchu a pro odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce dle ČSN 73 0540 [2], [11]. [26]

C.2.2.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Nejnižší vnitřní povrchová teplota

$$\theta_{si,min} = \theta_{ai} - U * R_{si} * (\theta_{ai} - \theta_e) \geq \theta_{si,cr} = \theta_{si,80} [^{\circ}C]$$

- kde $\theta_{si,cr}$ - kritická vnitřní povrchová teplota [$^{\circ}C$]
 $\theta_{si,80}$ - kritická vnitřní povrchová teplota při povrchové vlhkosti 80 % [$^{\circ}C$]
 θ_e - teplota venkovního vzduchu [$^{\circ}C$]
 θ_{ai} - návrhová teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}C$]
 U - součinitel prostupu tepla stanovený pro odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně pro hodnocení povrchových teplot [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

Návrhová teplota vnitřního vzduchu

$$\theta_{ai} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} [^{\circ}C]$$

- kde θ_i - návrhová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]
 $\Delta\theta_{ai}$ - přírůstek na vyrovnání rozdílu mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch [$^{\circ}C$]
= 0 $^{\circ}C$, pro nízkoenergetické budovy

C.2.2.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE

Jednotlivé požadavky na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty jsou stanoveny v tabulce K.3 a K4. přílohy K normy ČSN 73 0540-3 [10].

C.2.2.3. POSOUZENÍ NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÉ TEPLoty SKLADEB KONSTRUKCÍ

Tab. 47: Posouzení nejnižší vnitřní povrchové teploty skladeb konstrukcí

Posuzovaná skladba konstrukce	Nejnižší vnitřní povrchová teplota		
	$\theta_{si,min}$ [$^{\circ}C$]	$\theta_{si,80}$ [$^{\circ}C$]	Posouzení $\theta_{si,80} \leq \theta_{si,min}$
Obvodová stěna BETONG25 - vnitřní zateplení	18,30	11,00	VYHOVUJE
Obvodová stěna BETONG25 - vnější zateplení	18,30	11,00	VYHOVUJE
Obvodová stěna POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	18,20	11,00	VYHOVUJE
Podlaha na terénu - obytná část	18,90	11,00	VYHOVUJE
Podlaha na terénu - garáž	18,90	11,00	VYHOVUJE
Podhled 2. NP	19,10	11,00	VYHOVUJE
Střešní konstrukce	18,70	11,00	VYHOVUJE

Navržené konstrukce splňují požadavek na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty.

C.2.3. TEPLOTNÍ FAKTOR VNITŘNÍHO POVRCHU

Jedná se o kritérium pro hodnocení rizika vzniku plísní nebo povrchové kondenzace vodní páry. Stavební konstrukce musí vyhovět požadavku na teplotní faktor vnitřního povrchu při relativní vlhkosti vnitřního vzduchu max. 60 %. Pro hodnocení rizika růstů plísní na povrchu konstrukce se uvažuje kritická povrchová vlhkost 80 % a pro hodnocení rizika povrchové kondenzace výplní se uvažuje kritická povrchová vlhkost 100 % [26].

C.2.3.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Teplotní faktor vnitřního povrchu

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} [-]$$

kde $\theta_{si,min}$ - nejnižší vnitřní povrchová teplota [°C]
 θ_e - teplota venkovního vzduchu [°C]
 θ_{ai} - návrhová teplota vnitřního vzduchu [°C]

C.2.3.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

kde f_{Rsi} - vypočítaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]
 $f_{Rsi,N}$ - požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]

Jednotlivé hodnoty kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu jsou stanoveny v tabulce 1. z normy ČSN 73 0540-2 [9].

C.2.3.3. POSOUZENÍ SKLADEB NA TEPLOTNÍ FAKTOR VNITŘNÍHO POVRCHU

Tab. 48: Posouzení skladeb na teplotní faktor vnitřního povrchu

Posuzovaná skladba konstrukce	Teplotní faktor vnitřního povrchu		
	f_{Rsi} [-]	$f_{Rsi,N}$ [-]	Posouzení $f_{Rsi,N} \leq f_{Rsi}$
Obvodová stěna BETONG25 – vnitřní zateplení	0,952	0,744	VYHOVUJE
Obvodová stěna BETONG25 – vnější zateplení	0,951	0,744	VYHOVUJE
Obvodová stěna POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení	0,950	0,744	VYHOVUJE
Podlaha na terénu – obytná část	0,928	0,402	VYHOVUJE
Podlaha na terénu – garáž	0,928	0,402	VYHOVUJE
Podhled 2. NP	0,963	0,641	VYHOVUJE
Střešní konstrukce	0,962	0,744	VYHOVUJE

Navržené konstrukce splňují požadavek na hodnotu teplotního faktoru vnitřního povrchu.

C.2.4. VLHKOSTNÍ BILANCE

U konstrukcí, ve kterých kondenzace vodní páry neohroží jejich požadovanou funkci, se roční bilancí kondenzace a vypařování hodnotí riziko nadměrného zkondenzovaného množství vodní páry před zahájením vypařování v ročním cyklu a riziko postupného narůstání kondenzátu ve více letech. Roční bilance byla stanovena jako roční rozdíl zkondenzované a vypařitelné vodní páry v konstrukci [11].

C.2.4.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Difuzní odpor konstrukce

$$z_p = \sum \frac{d_i}{\delta_i} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

kde d_i - tloušťka příslušné vrstvy konstrukce [m]
 δ_i - součinitel difuzní vodivosti materiálu [s]

Odpor konstrukce při přestupu vodní páry

$$z_{pT} = z_{pi} + z_p + z_{pe} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

kde z_{pi} - odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce [$m \cdot s^{-1}$]
 z_{pe} - odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce [$m \cdot s^{-1}$]
 z_p - difuzní odpor konstrukce [$m \cdot s^{-1}$]

Hodnoty z_{pi} a z_{pe} jsou oproti difuznímu odporu konstrukce z_p , popř. z_{px} velmi malé a ve výpočtu se zanedbávají.

Částečný tlak vodní páry ve vnitřním vzduchu

$$p_i = p_{sat,i} * \frac{\varphi_i}{100} \quad [Pa]$$

kde $p_{sat,i}$ - částečný tlak nasycené vodní páry při teplotě vnitřního vzduchu [Pa]
 φ_i - výpočtová vlhkost vnitřního vzduchu [%]

Částečný tlak vodní páry ve venkovním vzduchu

$$p_e = p_{sat,e} * \frac{\varphi_e}{100} \quad [Pa]$$

kde $p_{sat,e}$ - částečný tlak nasycené vodní páry při teplotě venkovního vzduchu [Pa]
 φ_e - výpočtová vlhkost venkovního vzduchu [%]

Částečný tlak vodní páry ve hmotných vrstvách konstrukce

$$p_x = p_i - \frac{z_{pi} + z_{px}}{z_{pT}} * (p_i - p_e) \text{ [Pa]}$$

- kde p_i - částečný tlak vodní páry ve vzduchu na vnitřní straně konstrukce [Pa]
 p_e - částečný tlak vodní páry ve vzduchu na vnější straně konstrukce [Pa]
 z_{pi} - odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce [m.s⁻¹]
 z_{pT} - odpor konstrukce při přestupu vodní páry [m.s⁻¹]
 z_{px} - difuzní odpor části konstrukce od jejího povrchu k místu x [m.s⁻¹]

Hustota difuzního toku vodní páry, proudící od vnitřního povrchu k hranici A oblasti kondenzace

$$g_A = \frac{p_i - p_{sat,A}}{z_{pA}} \text{ [kg.m}^{-2} * \text{s}^{-1}\text{]}$$

- kde p_i - částečný tlak vodní páry ve vzduchu na vnitřní straně konstrukce [Pa]
 $p_{sat,A}$ - částečný tlak nasycené vodní páry na hranici A oblasti kondenzace [Pa]
 z_{pA} - difuzní odpor od vnitřního povrchu konstrukce k hranici A oblasti kondenzace [m.s⁻¹]

Hustota difuzního toku vodní páry, proudící od vnějšího povrchu k hranici B oblasti kondenzace

$$g_B = \frac{p_{sat,B} - p_e}{z_{pB}} \text{ [kg.m}^{-2} * \text{s}^{-1}\text{]}$$

- kde p_e - částečný tlak vodní páry ve vzduchu na vnější straně konstrukce [Pa]
 $p_{sat,B}$ - částečný tlak nasycené vodní páry na hranici B oblasti kondenzace [Pa]
 z_{pB} - difuzní odpor od vnějšího povrchu konstrukce k hranici B oblasti kondenzace [m.s⁻¹]

Dílčí množství zkondenzované (vypařitelné) vodní páry

$$M_{a,j} = (g_{A,j} - g_{B,j}) * t_{ej}$$

- kde $g_{A,j}$ - hustota difuzního toku vodní páry, proudící od vnitřního povrchu k hranici A oblasti kondenzace [kg.m⁻².s⁻¹]
 $g_{B,j}$ - hustota difuzního toku vodní páry, proudící od vnějšího povrchu k hranici B oblasti kondenzace [kg.m⁻².s⁻¹]
 t_{ej} - celková doba trvání teploty venkovního vzduchu pro j-tou vrstvu konstrukce podle teplotní oblasti v zimním období

C.2.4.2. STANOVENÍ OBLASTI KONDENZACE

- V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry – případ A

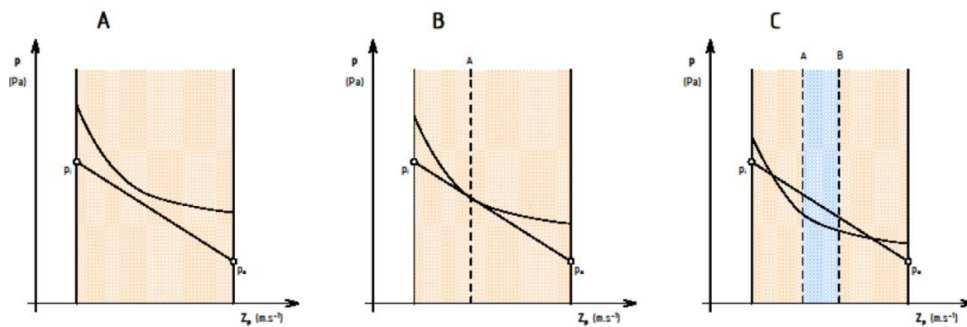
$$p_{sat,x} > p_x$$

- V konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry v kondenzační rovině – případ B

$$p_{sat,x} = p_x$$

- V konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry v kondenzační oblasti – případ C

$$p_{sat,x} < p_x$$



Obr. 65: Konstrukce bez kondenzace – A, kondenzační rovina – B, kondenzační oblast – C [26]

C.2.4.3. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE

- 1) Pro stavební konstrukce, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry.

$$M_c = 0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$$

- 2) Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce, tak aby byla splněna podmínka:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

- kde M_c - vypočítané roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$]
 $M_{c,N}$ - přípustné množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce za rok [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$]

→ Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

- $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$
- 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg.m^{-3}
- 6 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost $\rho \leq 100 \text{ kg.m}^{-3}$

→ Pro ostatní stavební konstrukce je limit nižší z hodnot:

- $M_{c,N} = 0,50 \text{ kg.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$
- 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg.m^{-3}
- 10 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost $\rho \leq 100 \text{ kg.m}^{-3}$

3) Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zůstat žádná zkondenzovaná množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce:

$$M_c \leq M_{ev}$$

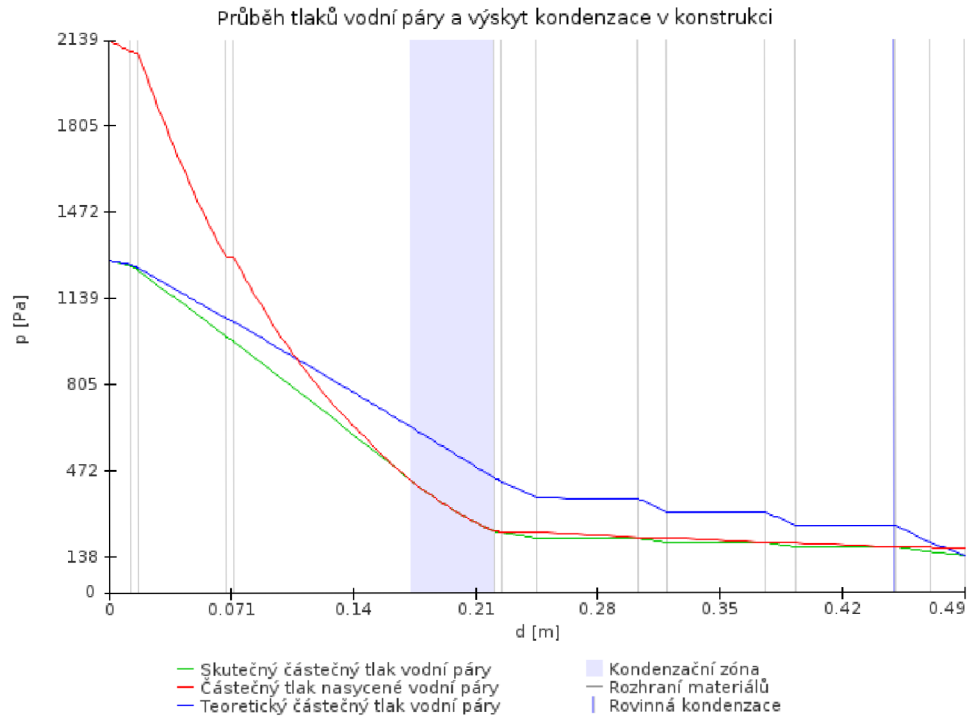
kde M_c - vypočítané roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce [$\text{kg.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$]

M_{ev} - roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce [$\text{kg.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$]

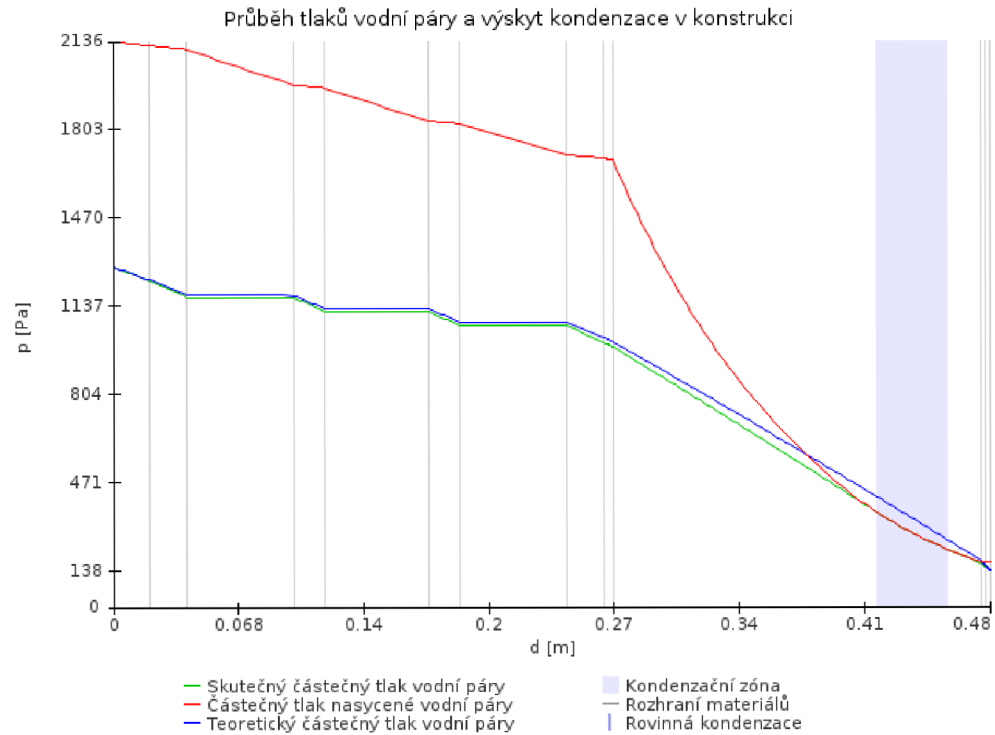
C.2.4.4. POSOUZENÍ ROČNÍ VLHKOSTNÍ BILANCE SKLADEB KONSTRUKCÍ

Tab. 49: Posouzení roční vlhkostní bilance skladeb obvodové stěny

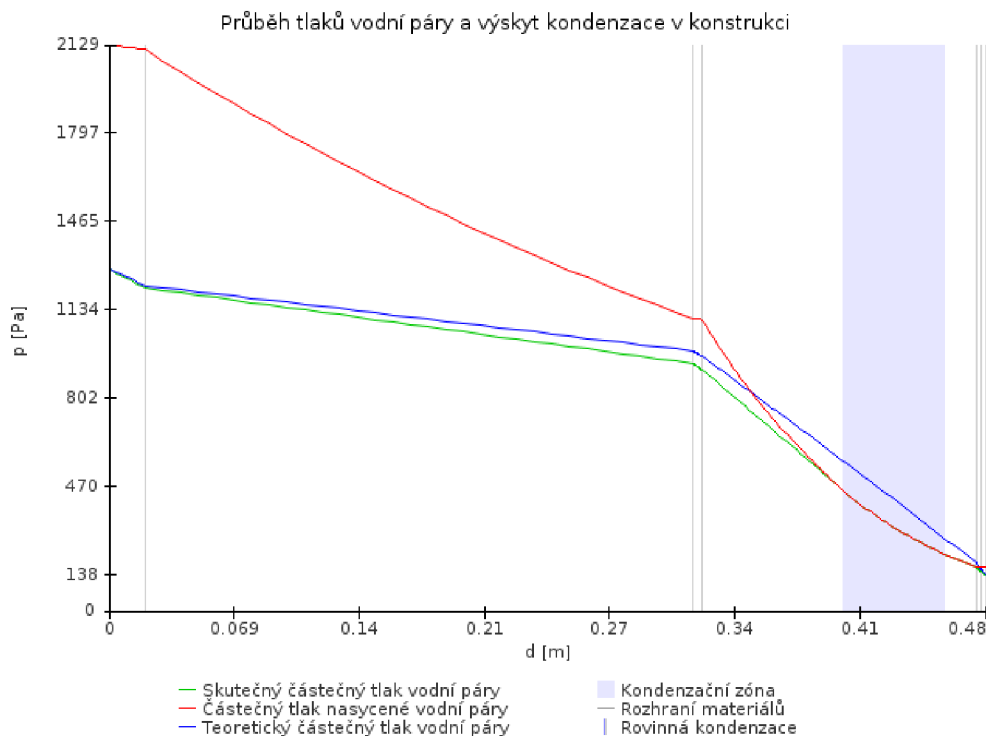
Posuzovaná skladba konstrukce	Roční množství vodní páry [$\text{kg.m}^{-2}.\text{a}^{-1}$]				
	Připustné max. množství zkondenzované	Zkondenzované množství	Vypařitelné množství	Posouzení požadavku max. zkondenzované o množství	Roční bilance
	$M_{c,N}$	M_c	M_{ev}	$M_c \leq M_{c,N}$	$M_c \leq M_{ev}$
Obvodová stěna BETONG25 – vnitřní zateplení	0,500	0,053	1,126	VYHOVUJE	AKTIVNÍ
Obvodová stěna BETONG25 – vnější zateplení	0,100	0,006	2,819	VYHOVUJE	AKTIVNÍ
Obvodová stěna POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení	0,100	0,017	2,270	VYHOVUJE	AKTIVNÍ



Graf 16: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci obvodového zdiva BETONG25 – vnitřní zateplení



Graf 17: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci obvodového zdiva BETONG25 – vnější zateplení



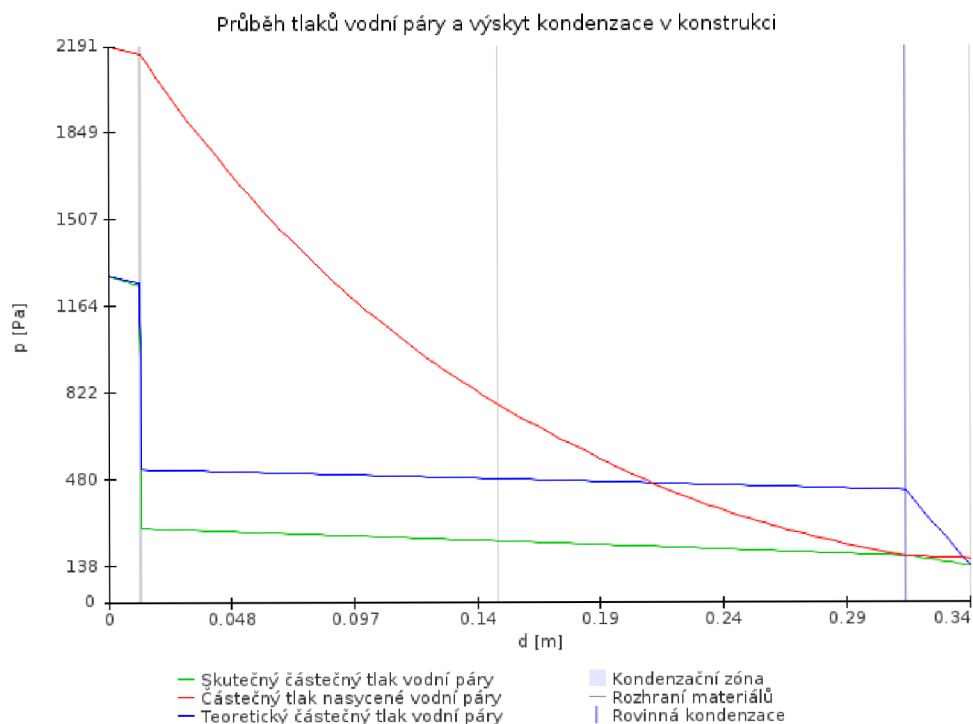
Graf 18: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

U všech tří navržených skladeb obvodové stěny dochází ke kondenzaci vodní páry v tepelně izolační vrstvě, což je nežádoucí jev. Rozhodující je vlhkostní bilance, která je u všech skladeb obvodového zdiva aktivní - tzn., že během roku dojde k vypaření zkondenzované vlhkosti. Maximální přípustné množství zkondenzované vodní páry, které není ani v jednom případě překročeno.

Další posouzení konstrukcí s rizikem kondenzace vodní páry je uvedeno v následující tabulce.

Tab. 50: Posouzení roční vlhkostní bilance skladby střešní konstrukce a podhledu 2. NP

Posuzovaná skladba konstrukce	Roční množství vodní páry [kg.m ⁻² .a ⁻¹]				
	Přípustné max. množství zkondenzované	Zkondenzované množství	Vypařitelné množství	Posouzení požadavku max. zkondenzované	Roční bilance
	$M_{c,N}$	M_c	M_{ev}	$M_c \leq M_{c,N}$	$M_c \leq M_{ev}$
Podhled 2. NP	0,100	0,260	2,104	VYHOVUJE	AKTIVNÍ
Střešní konstrukce	0,100	-	-	VYHOVUJE	BEZ KONDENZACE



Graf 19: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci podhledu 2. NP



Graf 20: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace ve střešní konstrukci

U navržené skladby podhledu 2. NP dochází ke kondenzaci vodní páry v kondenzační rovině na rozhraní tepelné izolace a záklopu z OSB desek. Rozhodující je vlhková bilance, která je aktivní - tzn., že během roku dojde k vypaření z kondenzované vlhkosti. Maximální přípustné množství z kondenzované vodní páry, které není ani v jednom případě překročeno. U skladby střešní konstrukce ke kondenzaci vůbec nedochází.

C.2.5. POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty

Tento parametr konstrukce slouží pro stanovení vhodné nášlapné vrstvy podlahy, tak aby v případě kontaktu lidského chodidla a podlahy byl ochlazovací účinek podlahy (tepelná jímavost) co nejmenší [25].

C.2.5.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Pokles dotykové teploty

$$\Delta\theta_{10} = (33 - \theta_{si,min}) * \frac{B}{1117 + B} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde B - tepelná jímavost podlahy [$\text{W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 $\theta_{si,min}$ - vnitřní povrchová teplota podlahy [$^\circ\text{C}$]

Tepelná jímavost materiálu j-té vrstvy podlahy

$$B_{mat,j} = \sqrt{c_j * \rho_j * \lambda_j} \text{ [} \text{W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \text{]}$$

kde c_j - měrná tepelná kapacita materiálu j-to vrstvy podlahy [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
 ρ_j - objemová hmotnost materiálu j-to vrstvy podlahy [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 λ_j - tepelná vodivost materiálu j-to vrstvy podlahy [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

Tepelná jímavost horního povrchu j-té vrstvy podlahy

$$B_j = B_{mat,j} * (1 + K_j) \text{ [} \text{W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \text{]}$$

kde $B_{mat,j}$ - tepelná jímavost materiálu j-té vrstvy podlahy [$\text{W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 K_j - součinitel určující zvýšení (snížení) tepelné jímavosti povrchu vrstvy oproti tepelné jímavosti materiálu vrstvy při zohlednění tepelné jímavosti níže položených vrstev [-], pro nejnižší vrstvu se uvažuje rovno 0.

- Nejnižší vrstvou je nosná vrstva stropní konstrukce nebo u podlah na terénu vrstva nad hydroizolací. Nejvyšší 1. vrstvou je nášlapná vrstva podlahy.

Hodnota redukčního součinitele j-té vrstvy

$$K_j = 2 * \sum \left(\frac{h_j^n}{\exp(n^2 * y_i)} \right) \text{ [-]}$$

$$\text{kde } \left| \frac{h_j^n}{\exp(n^2 * y_i)} \right| < 0,000\ 001$$

je podmínka ukončení výpočtu stanovená pomocí dílčích součinitelů:

$$h_j = \frac{x_{j-1}}{x_{j+1}} \quad [-] ; y_j = \frac{d_j^2 * c_j * \rho_j}{600 * \lambda_j} \quad [-] ; x_j = \frac{B_{j+1}}{B_{mat,j}} \quad [-]$$

C.2.5.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE

Podlahy se zatřídují z hlediska poklesu dotykové teploty do následujících kategorií:

Tab. 51: Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy [9]

Kategorie podlahy		Pokles dotykové teploty podlahy
I. Velmi teplé	do 3,8 °C včetně	
II. Teplé	do 5,5 °C včetně	
III. Méně teplé	do 6,9 °C včetně	
IV. Studené	od 6,9 °C	

Požadovaná nebo doporučená kategorie podlahy v místnosti závisí na druhu budovy a účelu místnosti, viz následující tabulka.

Tab. 52: Kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty

Druhy budovy	Účel místnosti	Kategorie podlahy	
		Požadovaná	Doporučení
Obytná budova	dětský pokoj, ložnice	I.	
	obývací pokoj, pracovna, předsíň k pokojům, kuchyň	II.	I.
	koupelna, WC	III.	II.
	předsíň před vstupem do bytu	IV.	III.

C.2.5.3. POSOUZENÍ POKLESU DOTYKOVÉ TEPLoty SKLADBY PODLAHY

Tab. 53: Posouzení poklesu dotykové teploty skladby podlahy

Posuzovaná skladba konstrukce	Pokles dotykové teploty		
	B [W.s ^{0,5} /(m ² .K)]	Δθ ₁₀ [°C]	Kategorie podlahy
Podlaha na terénu – obytná část	1461,7	7,80	IV. Studená
Podlaha na terénu – garáž	1623,2	8,15	IV. Studená
Strop nad 1. NP	1460,6	5,25	II. Teplá

Podlaha na terénu je klasifikována jako studená a není vhodná do obytných místností. Ve skladbě podlahy bude instalováno podlahové vytápění, které eliminuje ochlazovací účinek podlahy. Skladba podlahy stropu nad 1. NP je klasifikována jako teplá a bude rovněž opatřena podlahovým vytápěním.

C.3. TEPELNĚ TECHCNÍKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍCH DETAILŮ PŘI POUŽÍTÍ RŮZNÝCH STAVEBNÍCH SYSTÉMŮ

V této kapitole jsem se věnoval tepelně technickému posouzení vybraných stavebních detailů při použití tří variant stavebních systému jako v předchozí kapitole. Výpočet jsem provedl pomocí cloudového softwaru DEK Soft – 2D. Protokol zadání a výsledků výpočtu jednotlivých detailů se součástí přílohy D.5. této diplomové práce.

C.3.1. LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA

Lineární činitel prostupu tepla charakterizuje vliv lineárního tepelného mostu. Často je tento vliv vyjadřován přírážkou na tepelné vazby ΔU , kterou se navyšuje celková tepelná ztráta prostupem. U nízkoenergetických a pasivních staveb, je potřeba vliv tepelných mostů a vazeb stanovit přesněji [26]. K tomuto účelu slouží lineární činitel prostupu tepla, který charakterizuje vliv tepelné vazby.

Požadavek na hodnotu lineárního činitele prostupu tepla nemusí být hodnocen, v případě působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi menším než 5 % nejnižšího součinitele prostupu tepla navazujících konstrukcí [25].

C.3.1.1. POUŽITÉ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Lineární činitel prostupu tepla

$$\Psi_j = L_j^{2D} - U_{id} * b_j \text{ [W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

kde L_j^{2D} - lineární tepelná propustnost [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], stanovená 2D teplotním polem pro j-tý výsek konstrukce

U_{id} - součinitel prostupu tepla ideálního výseku konstrukce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

b_j - šířka j-tého výseku konstrukce [m]

C.3.1.2. POŽADAVKY NA KONSTRUKCE

$$\Psi \leq \Psi_N$$

kde Ψ_N - normový požadavek na lineárního činitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [9] [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

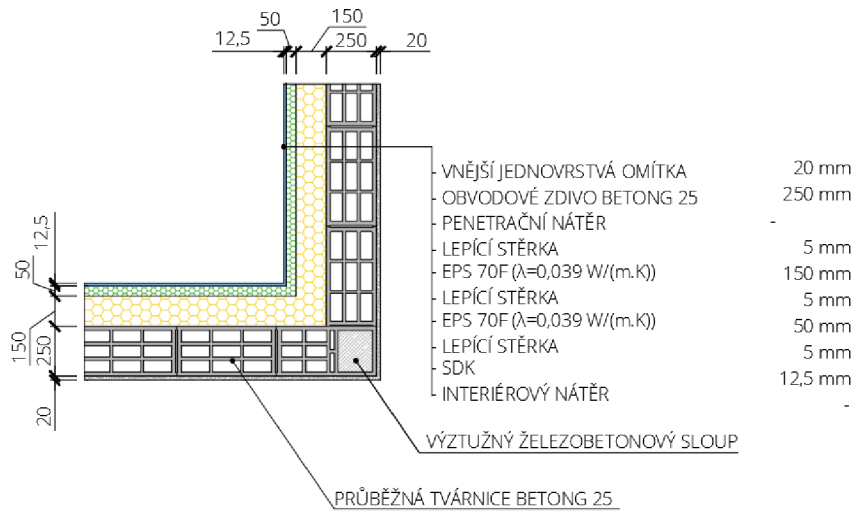
Ψ - vypočítaná hodnota lineárního prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

Tab. 54: Požadovaná a doporučená hodnota lineárního činitele prostupu tepla [9]

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]		
	Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Dop. hodnota pro pasivní domy
	Ψ_N	Ψ_{rec}	Ψ_{pas}
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru.	0,2	0,1	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru	0,1	0,03	0,01
Střecha navazující na výplň otvoru	0,3	0,1	0,02

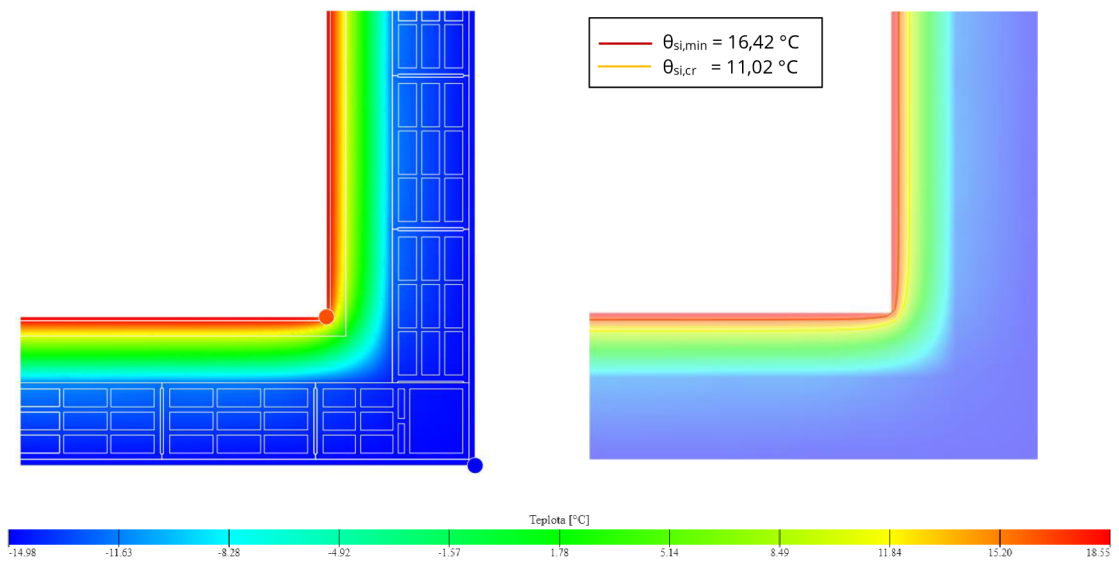
C.3.2. DETAIL ROHU OBVODOVÉHO ZDIVA

C.3.2.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ



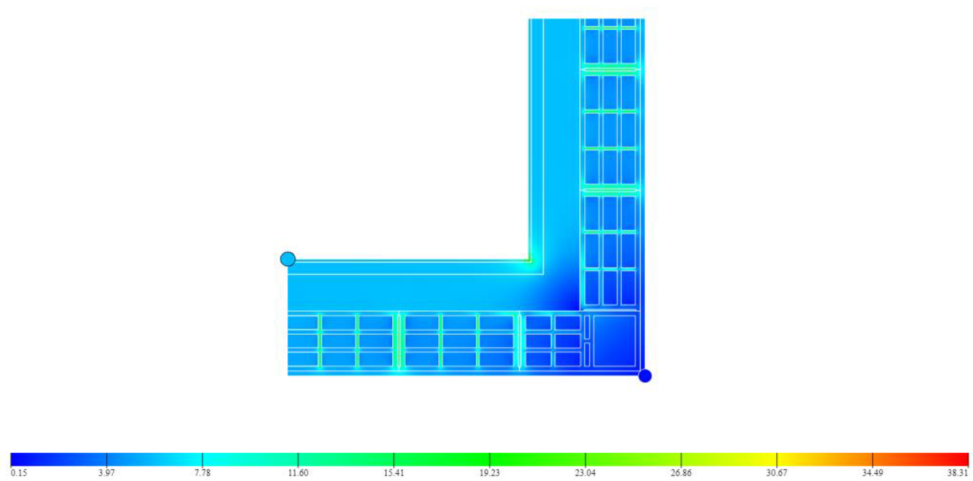
Obr. 66: Detail rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



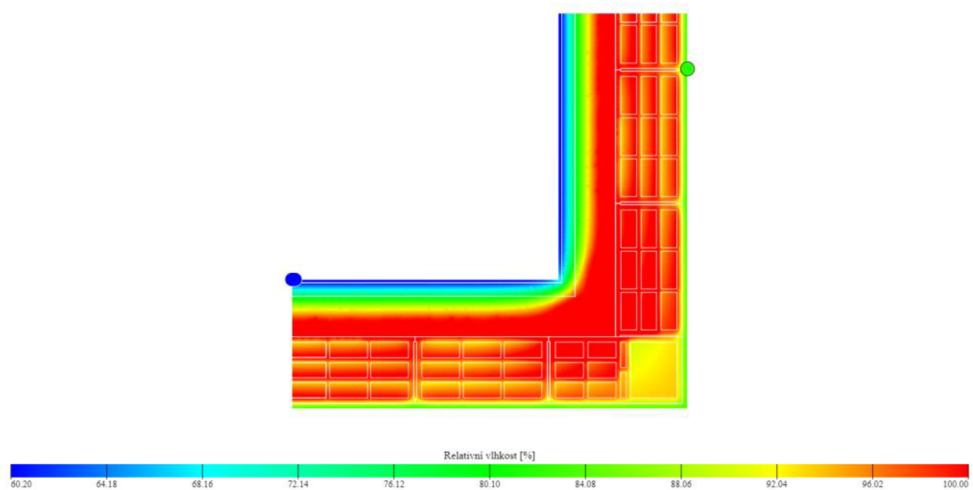
Obr. 67: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení

Tepelné toky



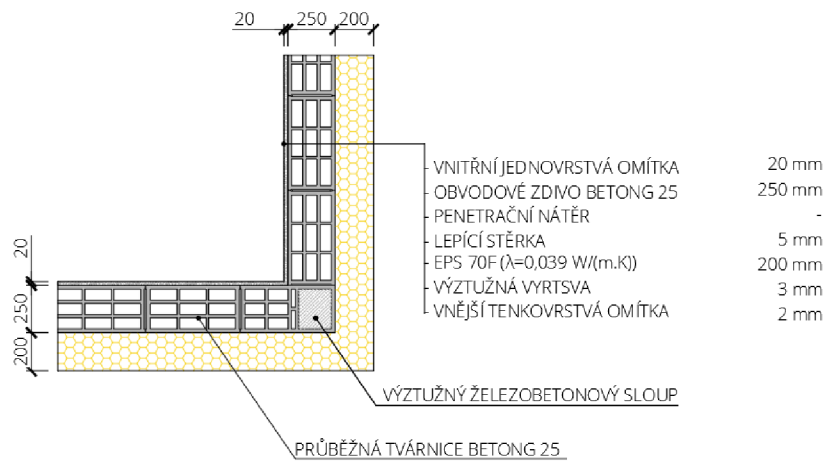
Obr. 68: Tepelné toky detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení

Vlhkostní pole



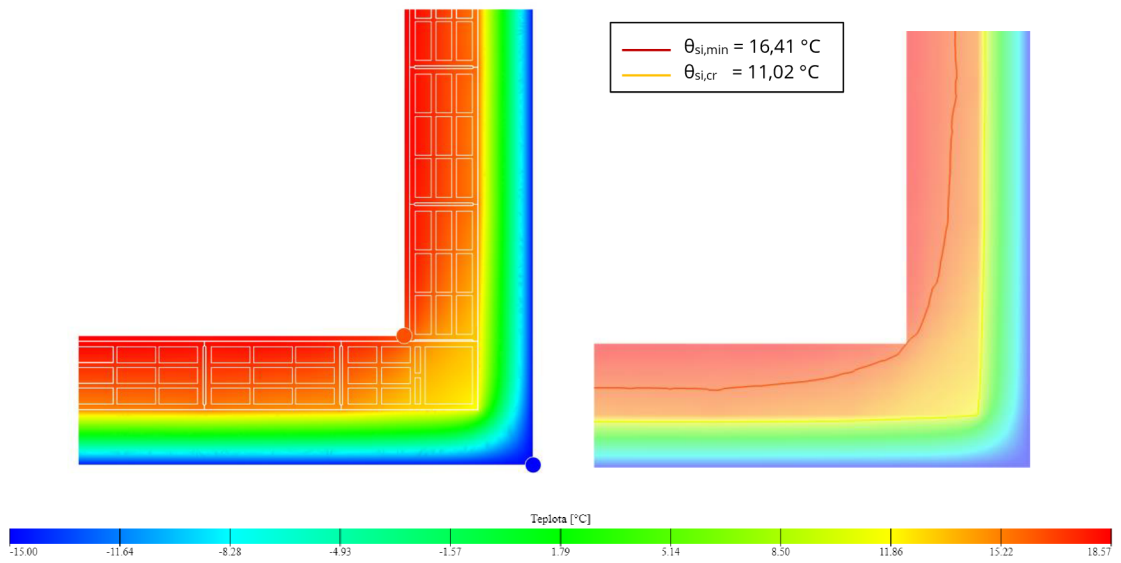
Obr. 69: Vlhkostní pole detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení

C.3.2.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



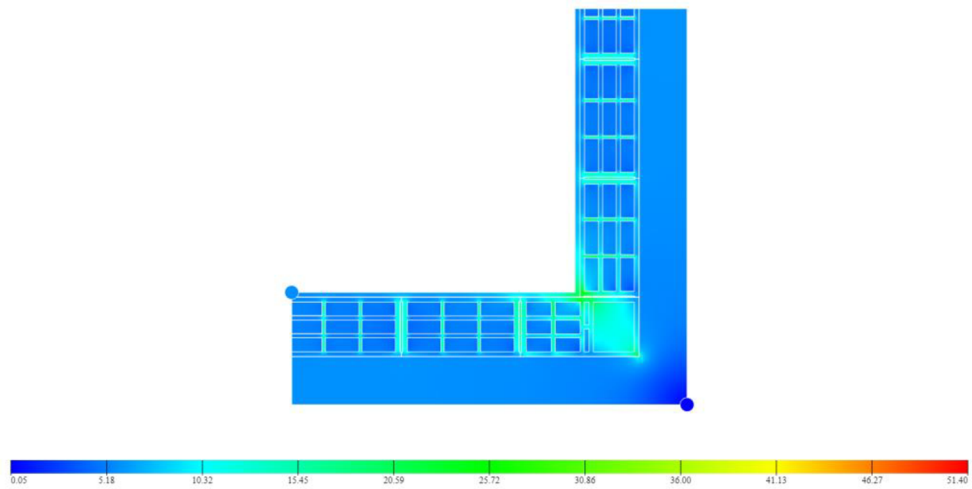
Obr. 70: Detail rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



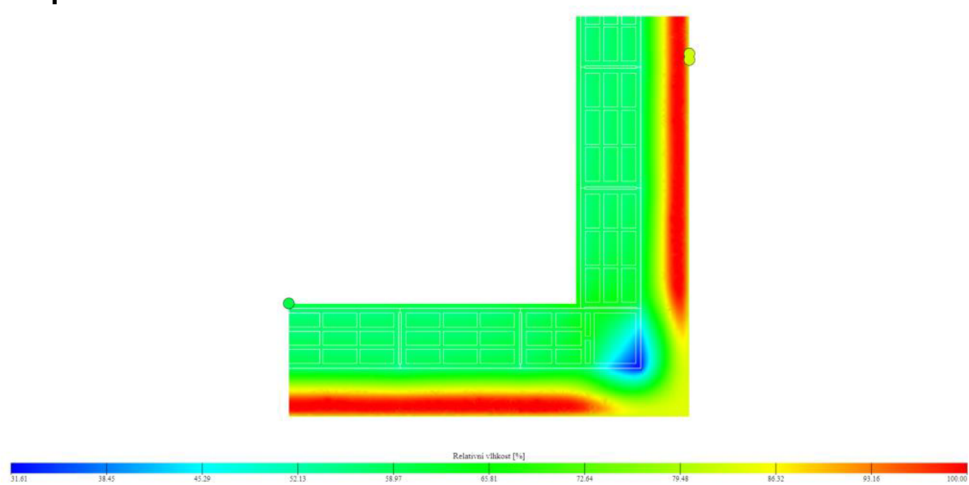
Obr. 71: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení

Tepelné toky



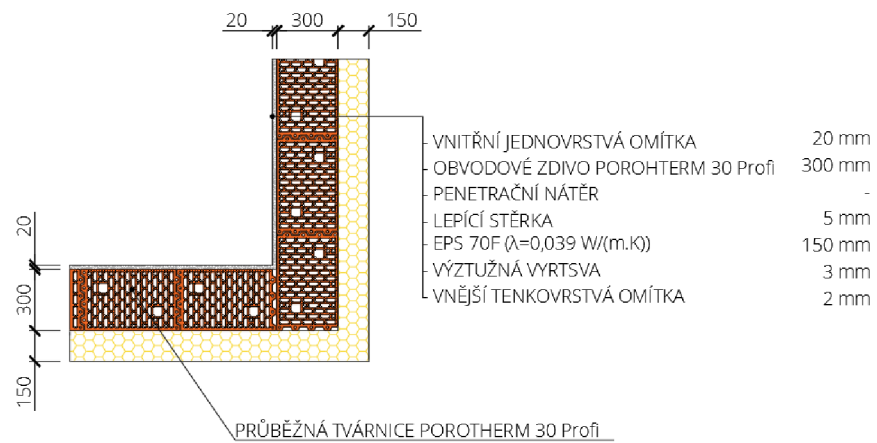
Obr. 72: Tepelné toky detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení

Vlhkostní pole



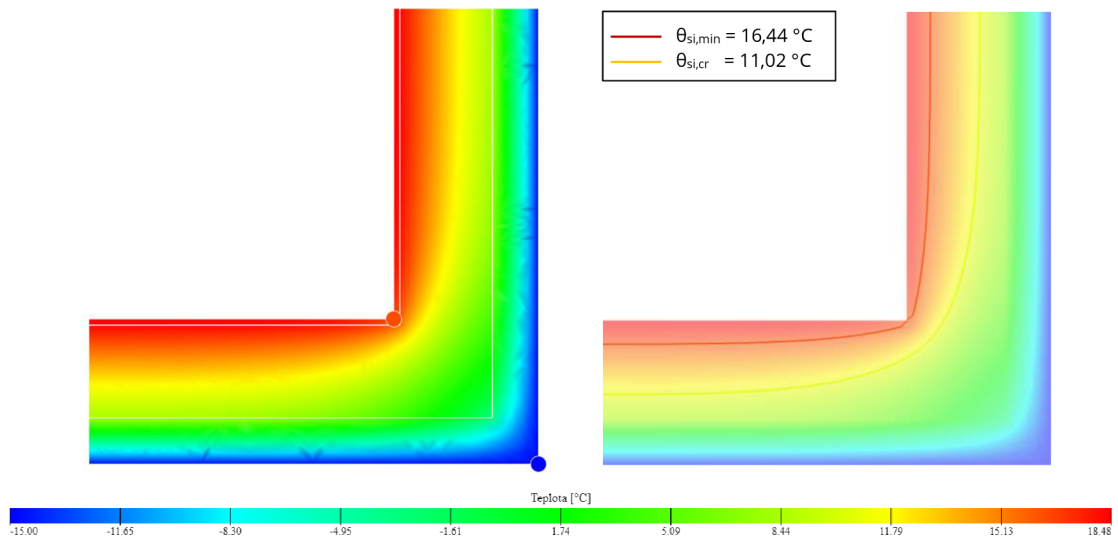
Obr. 73: Vlhkostní pole detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení

C.3.2.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



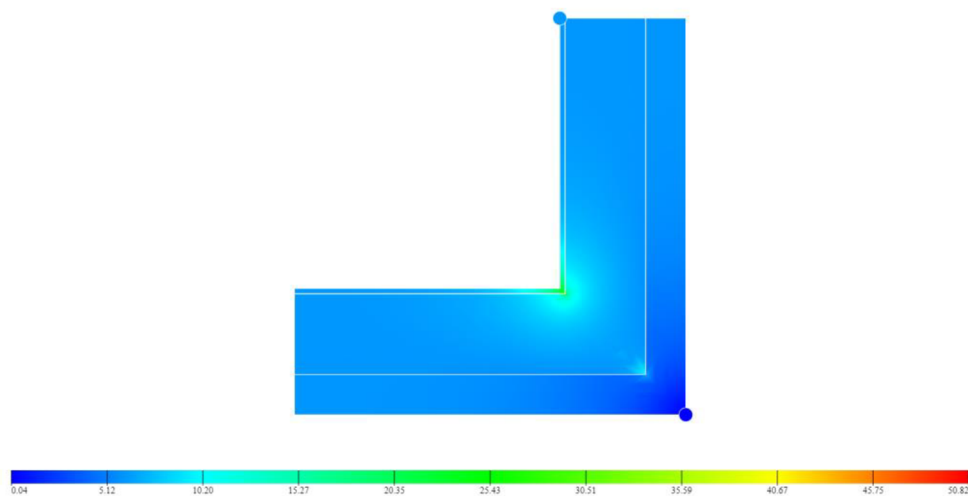
Obr. 74: Detail rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



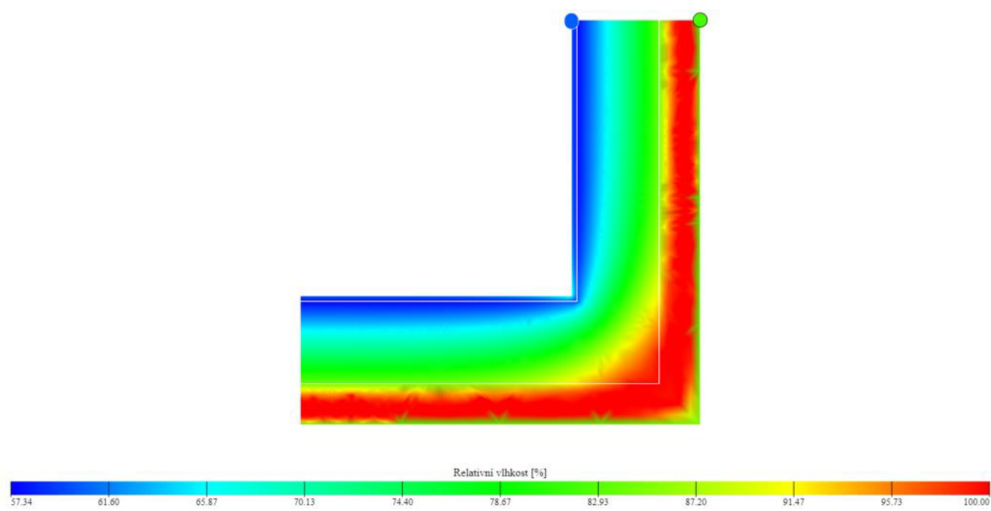
Obr. 75: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Tepelné toky



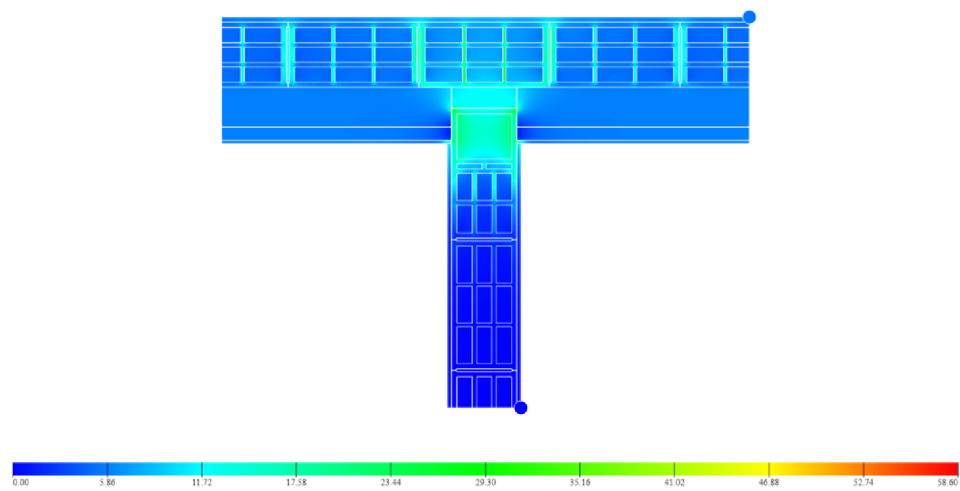
Obr. 76: Tepelné toky detail rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Vlhkostní pole



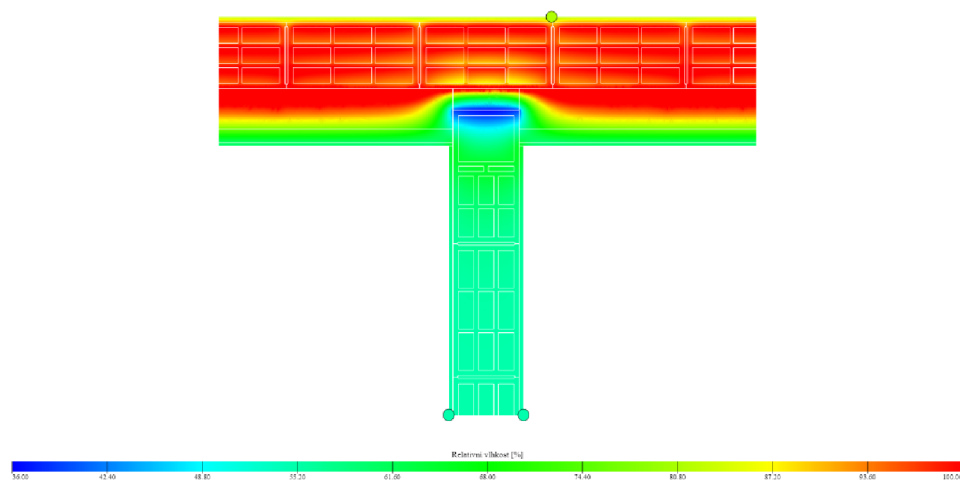
Obr. 77: Vlhkostní pole detail rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Tepelné toky



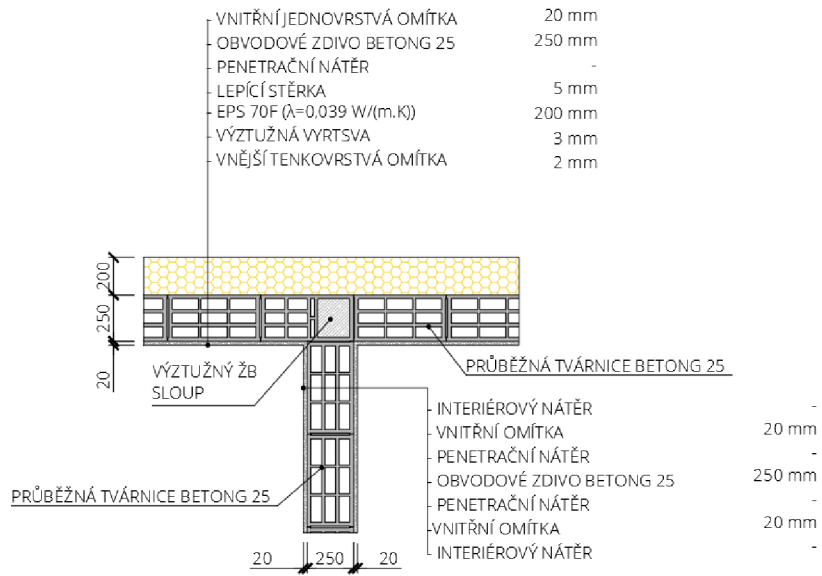
Obr. 80: Tepelné toky detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnitřní zateplení

Vlhkostní pole



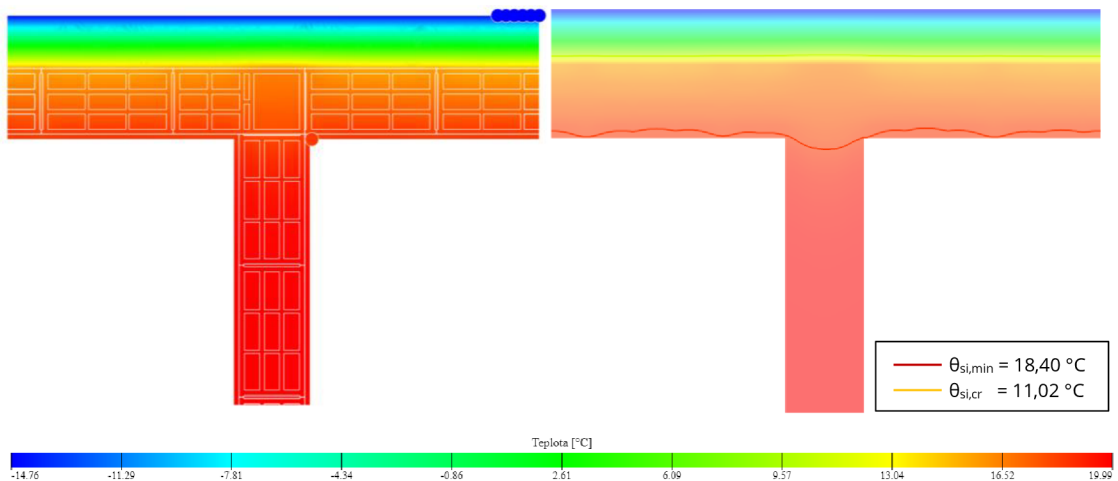
Obr. 81: Vlhkostní pole detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnitřní zateplení

C.3.3.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



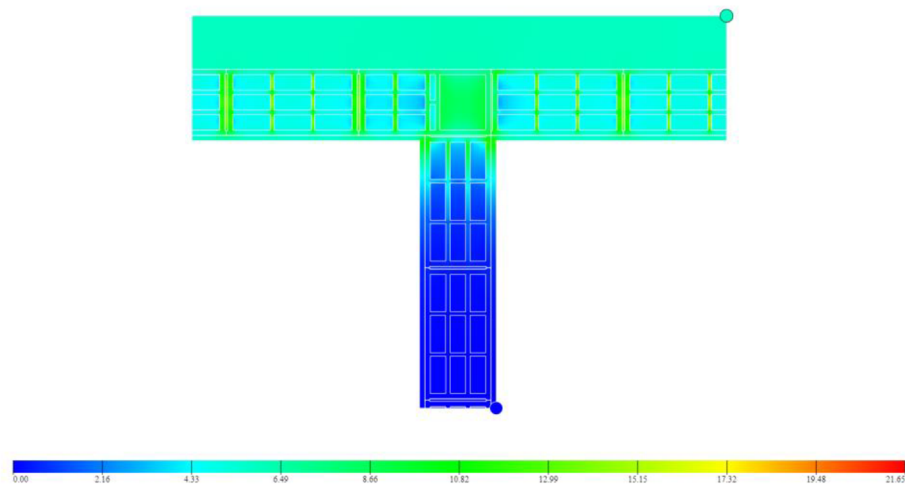
Obr. 82: Detail napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



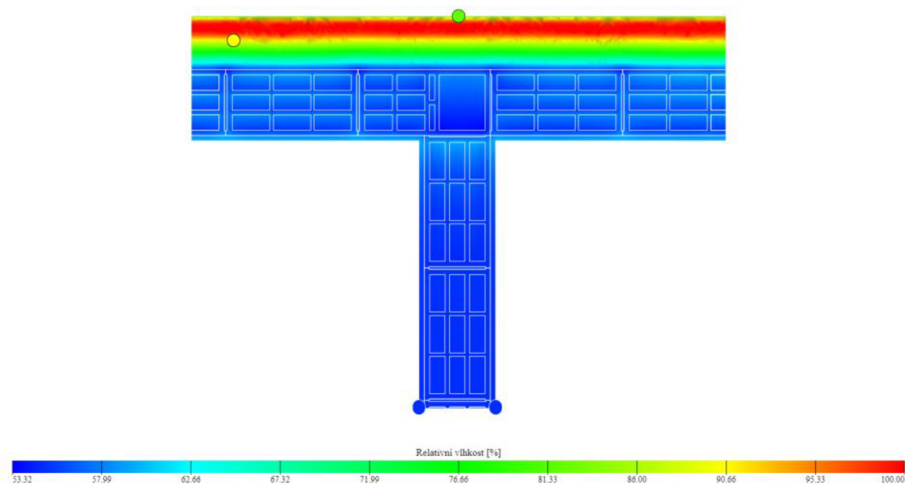
Obr. 83: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení

Tepelné toky



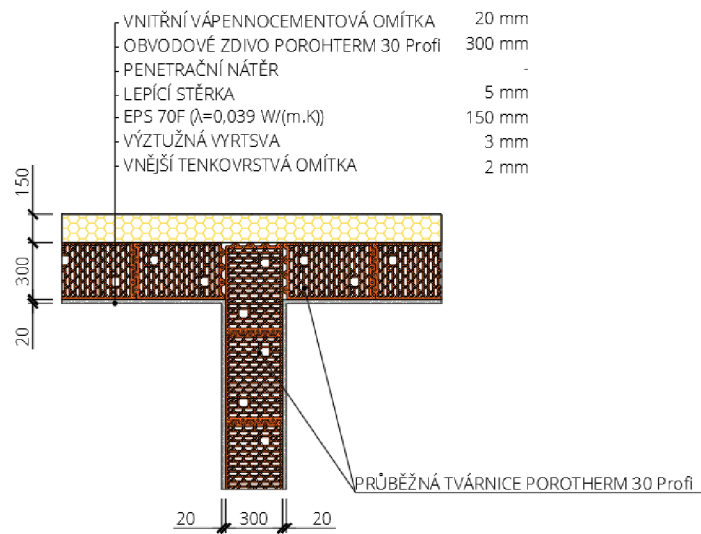
Obr. 84: Tepelné toky detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení

Vlhkostní pole



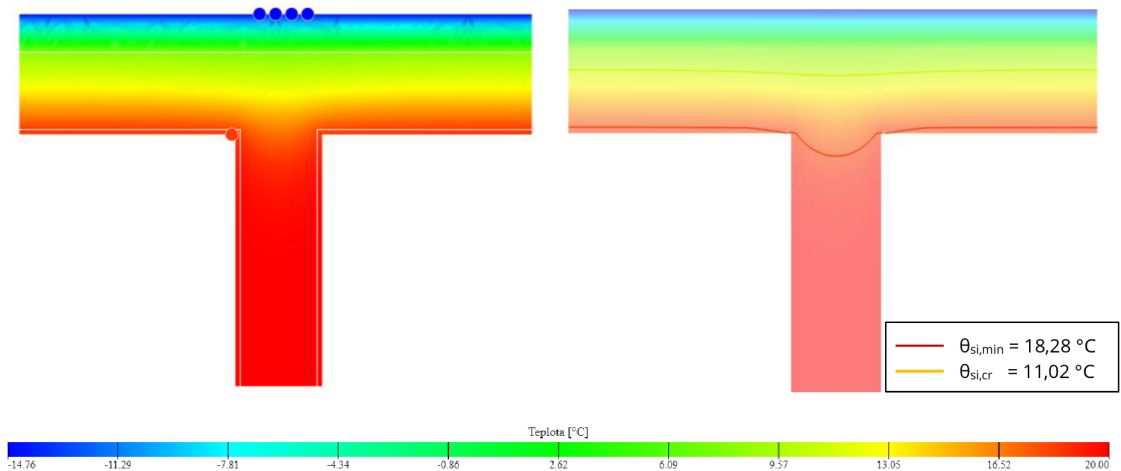
Obr. 85: Vlhkostní pole detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení

C.3.3.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



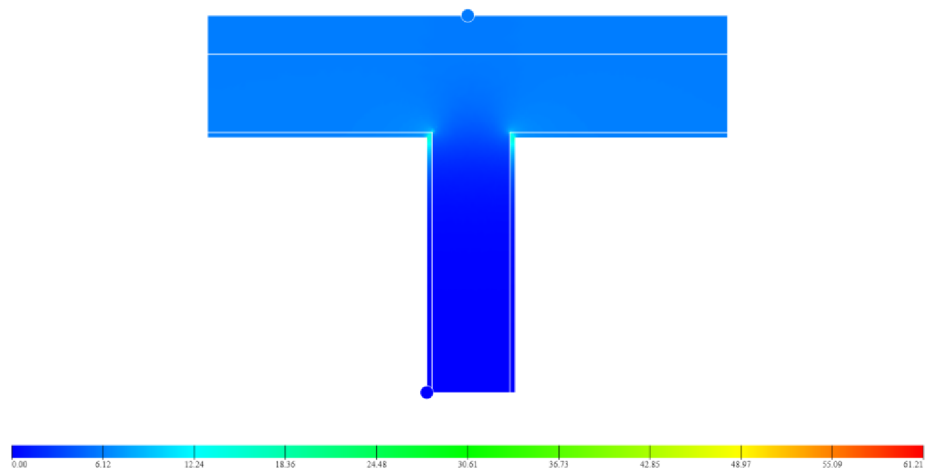
Obr. 86: Detail napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



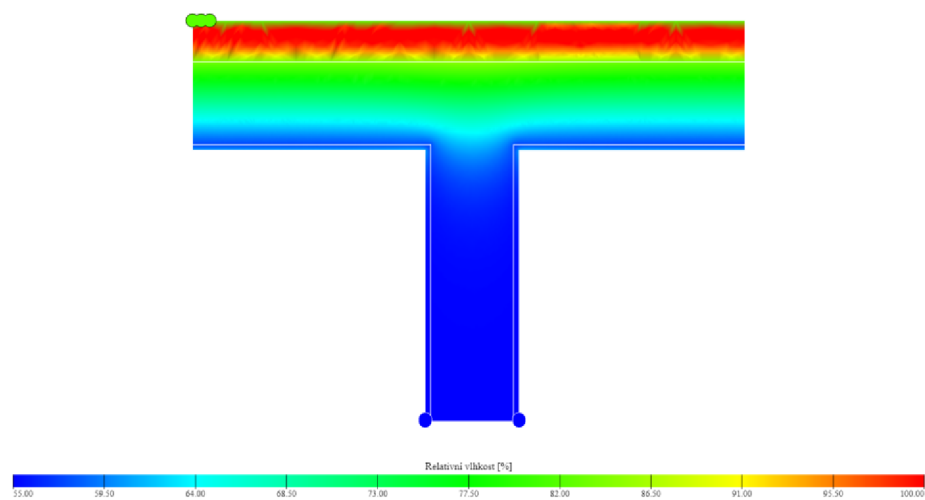
Obr. 87: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Tepelné toky



Obr. 88: Tepelné toky detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

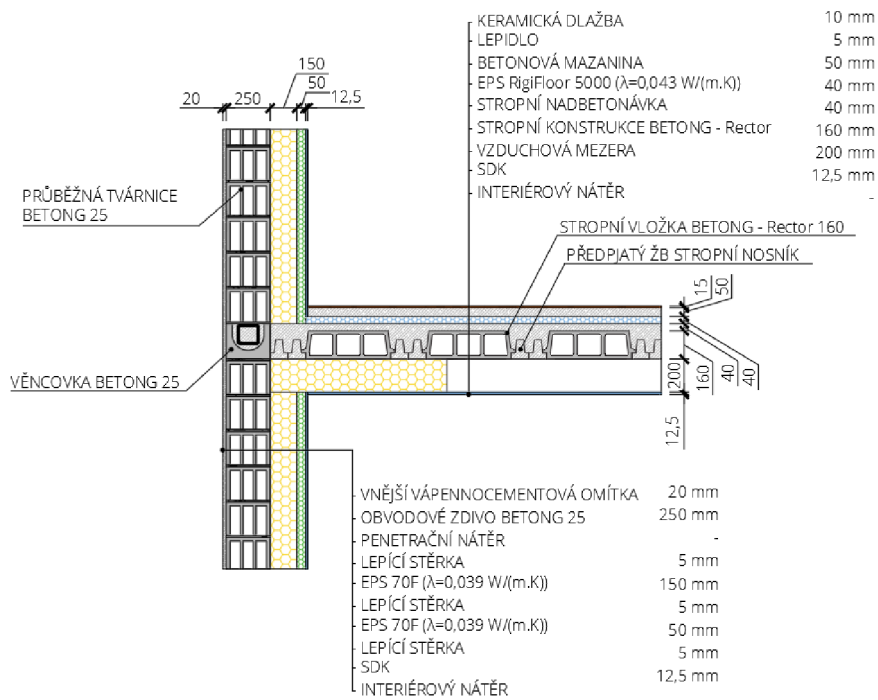
Vlhkostní pole



Obr. 89: Vlhkostní pole detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

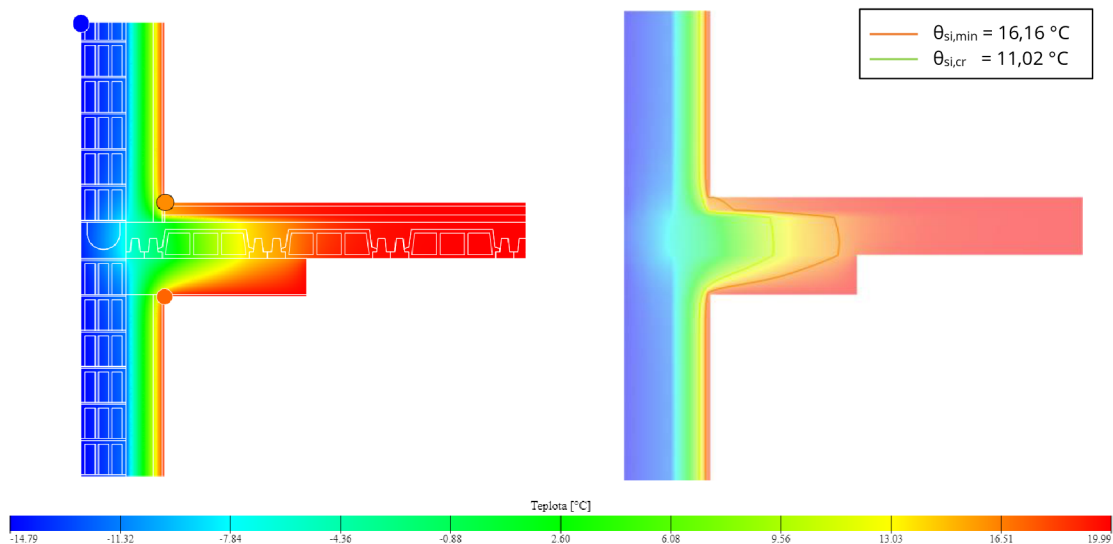
C.3.4. DETAIL NAPOJENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU STĚNU

C.3.4.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ



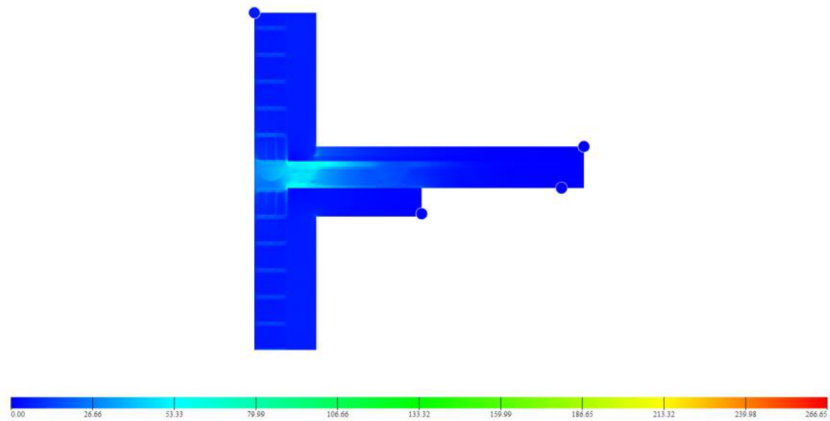
Obr. 90: Detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



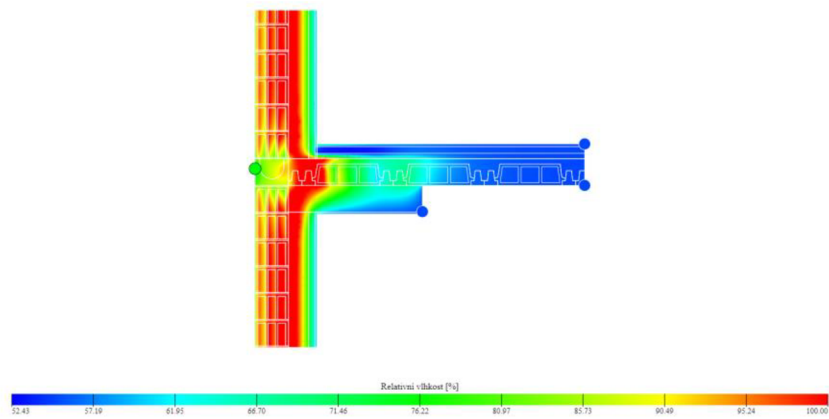
Obr. 91: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

Tepelné toky



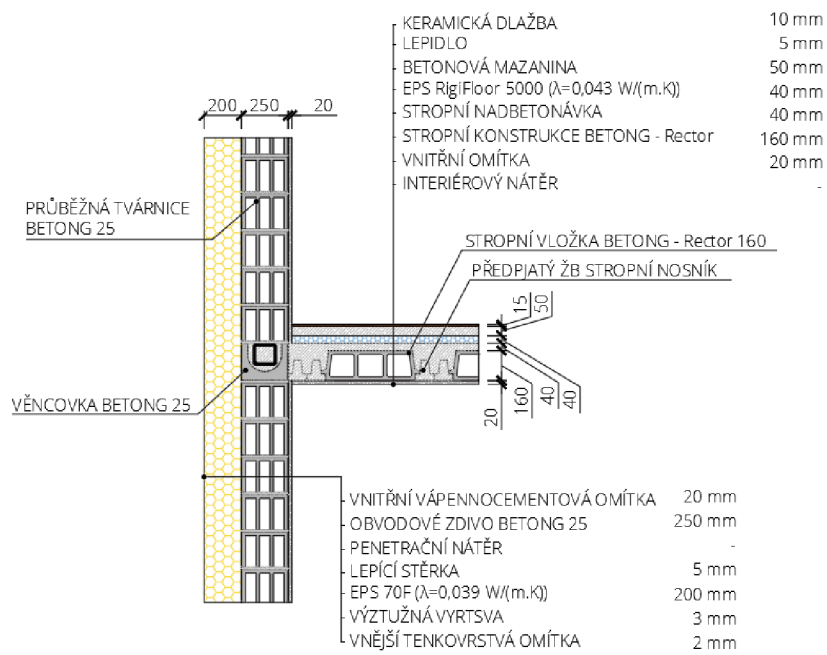
Obr. 92: Tepelné toky detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

Vlhkostní pole



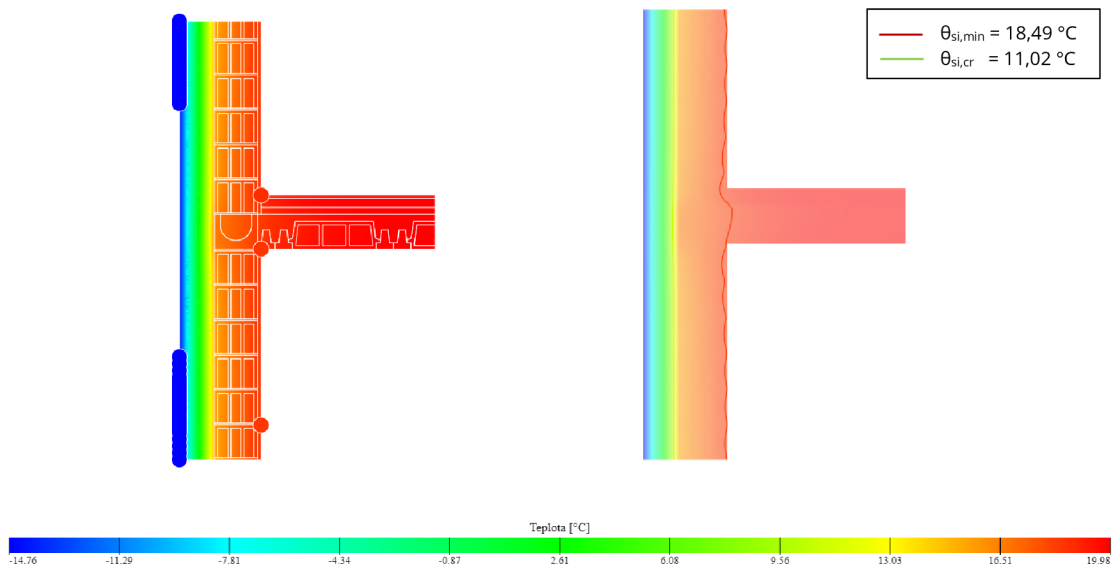
Obr. 93: Vlhkostní pole detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

C.3.4.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



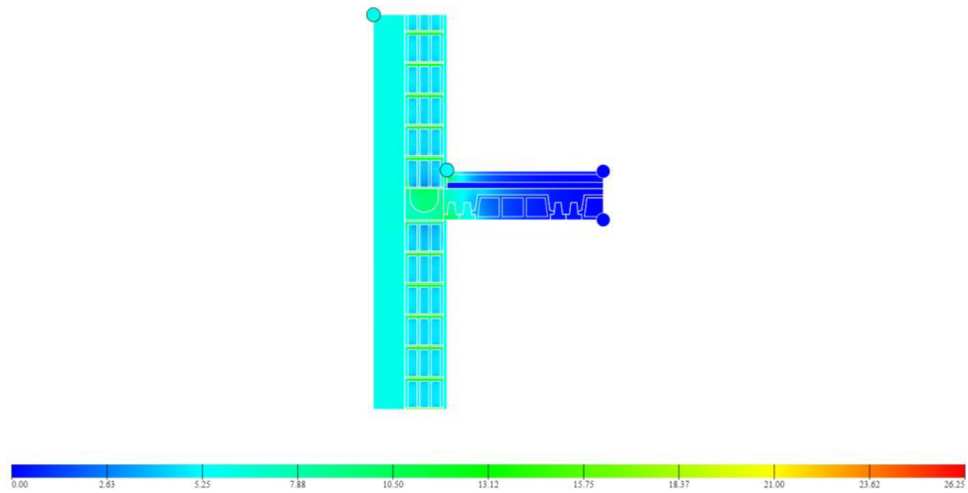
Obr. 94: Detail napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



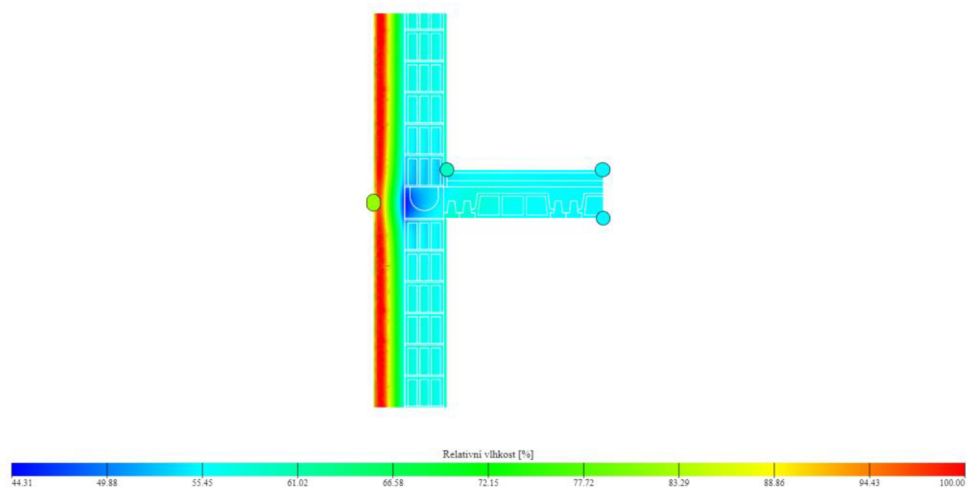
Obr. 95: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení

Tepelné toky



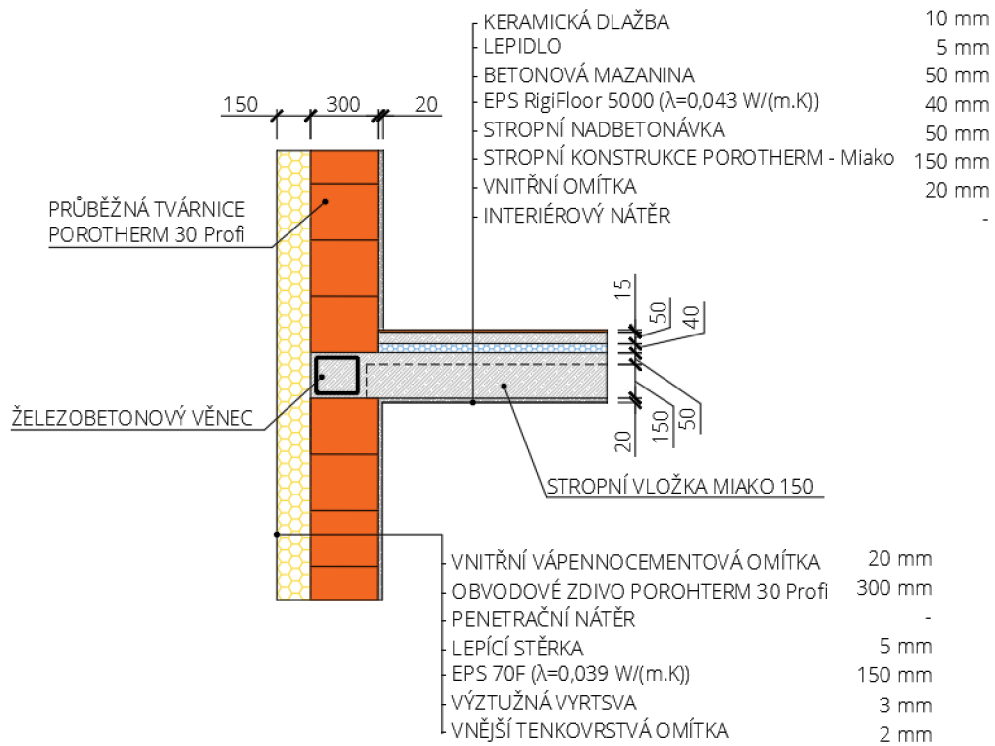
Obr. 96: Tepelné toky detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení

Vlhkostní pole



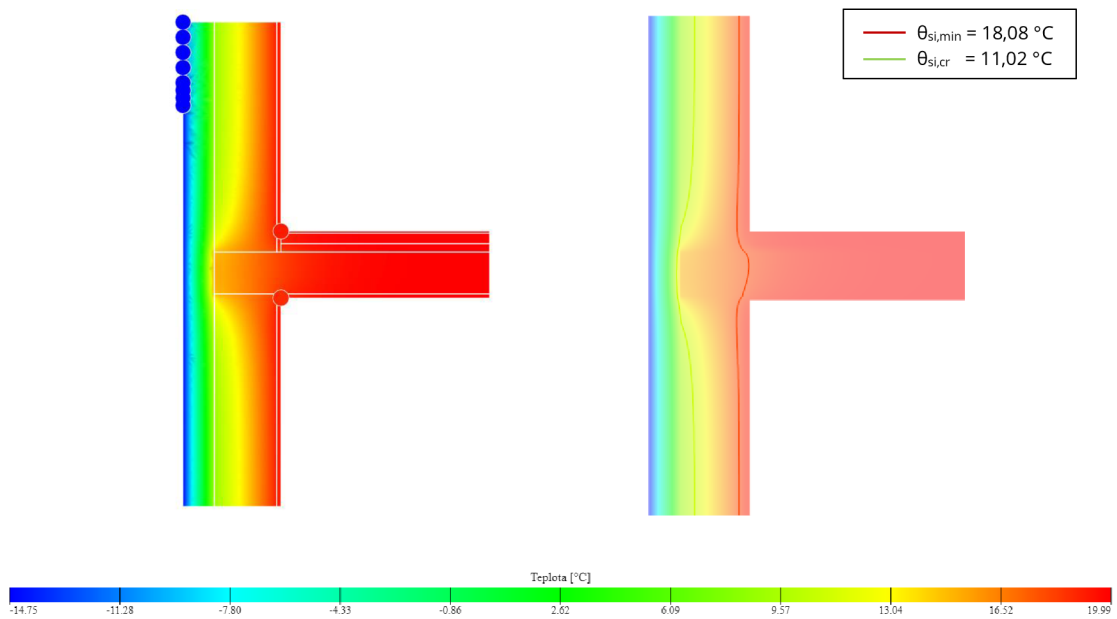
Obr. 97: Vlhkostní pole detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení

C.3.4.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



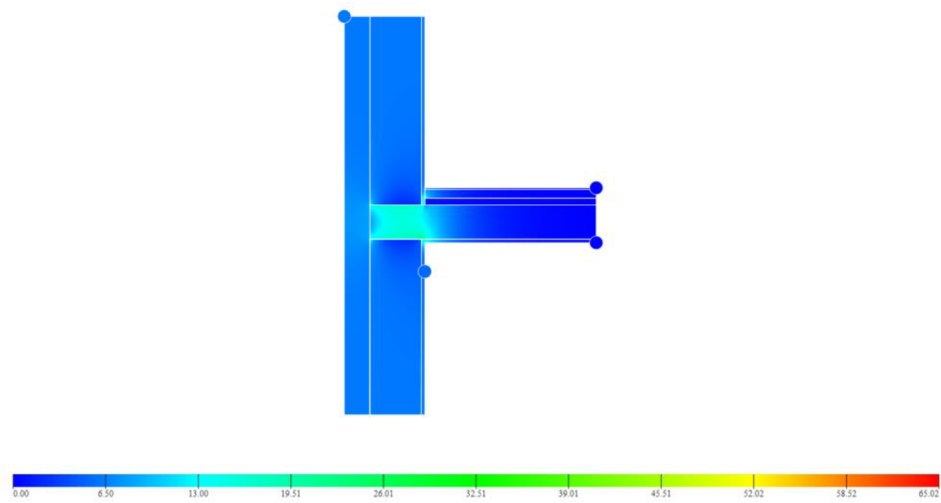
Obr. 98: Detail napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



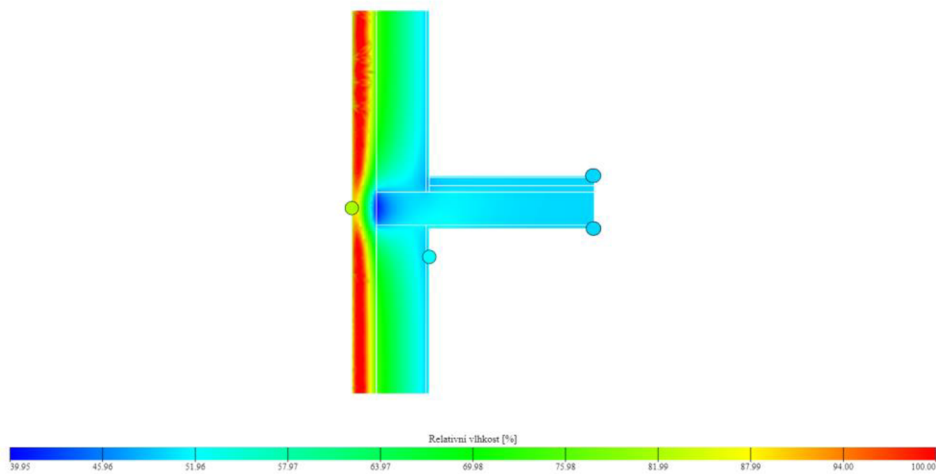
Obr. 99: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Tepelné toky



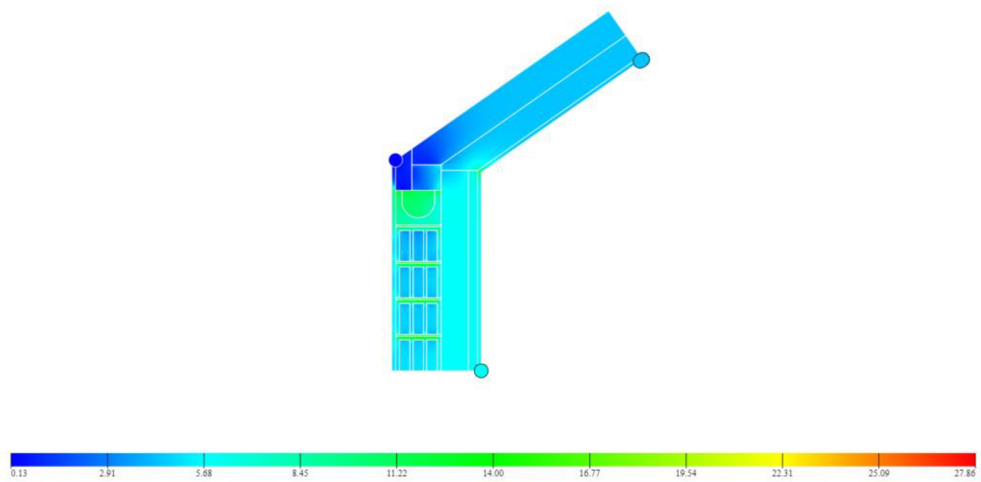
Obr. 100: Tepelné toky detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Vlhkostní pole



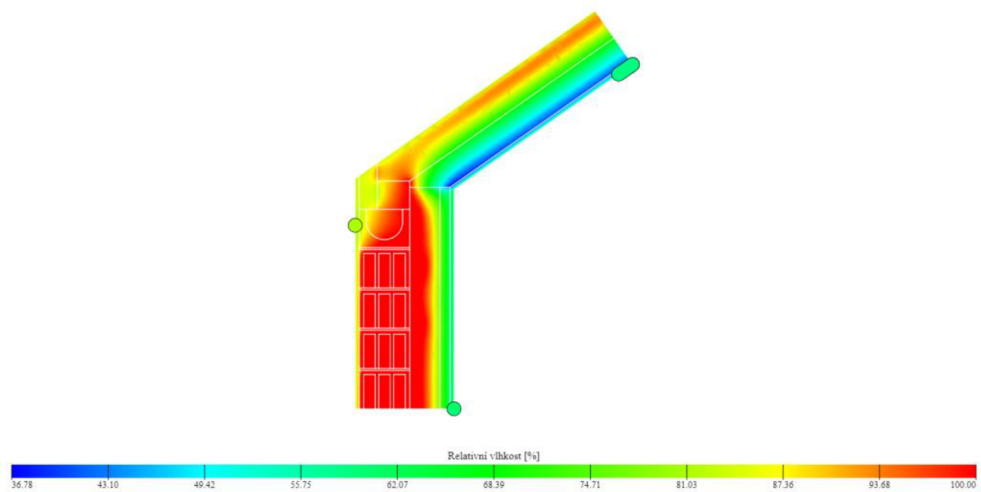
Obr. 101: Vlhkostní pole detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Tepelné toky



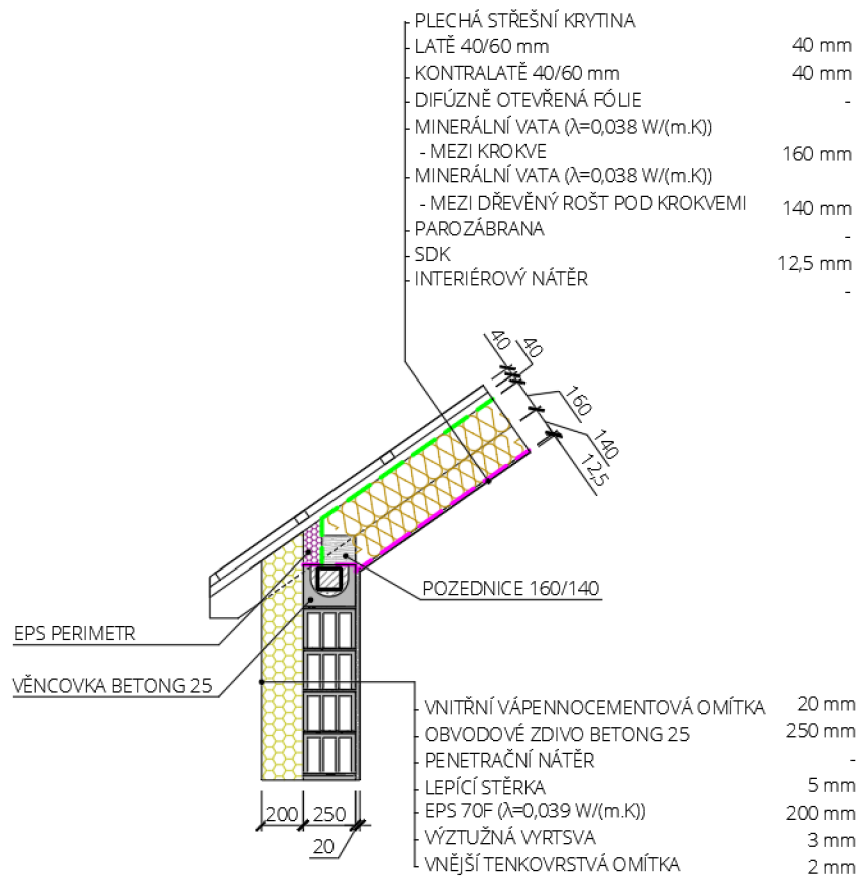
Obr. 104: Tepelné toky detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 - vnitřní zateplení

Vlhkostní pole



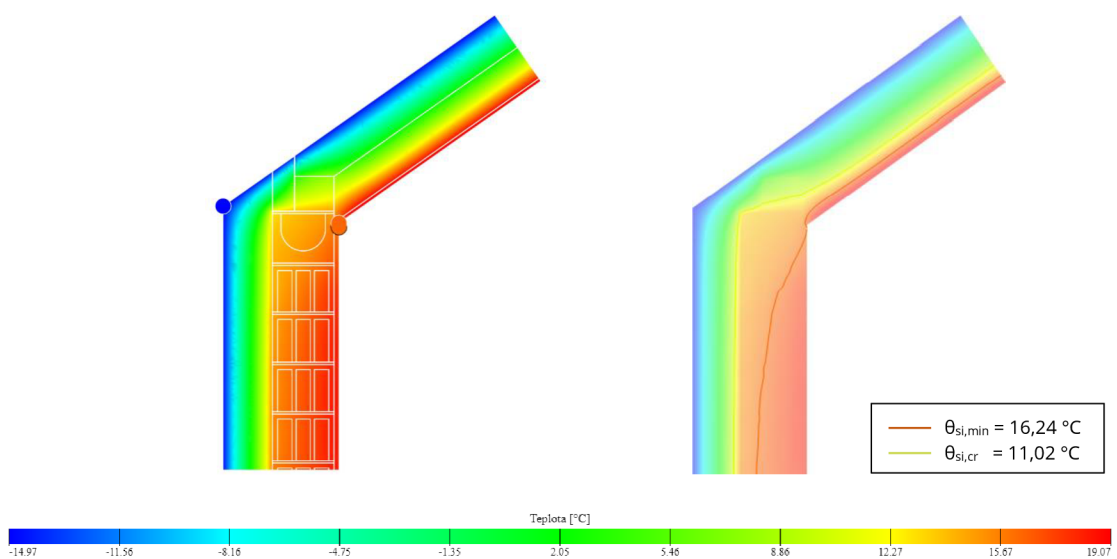
Obr. 105: Vlhkostní pole detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 - vnitřní zateplení

C.3.5.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



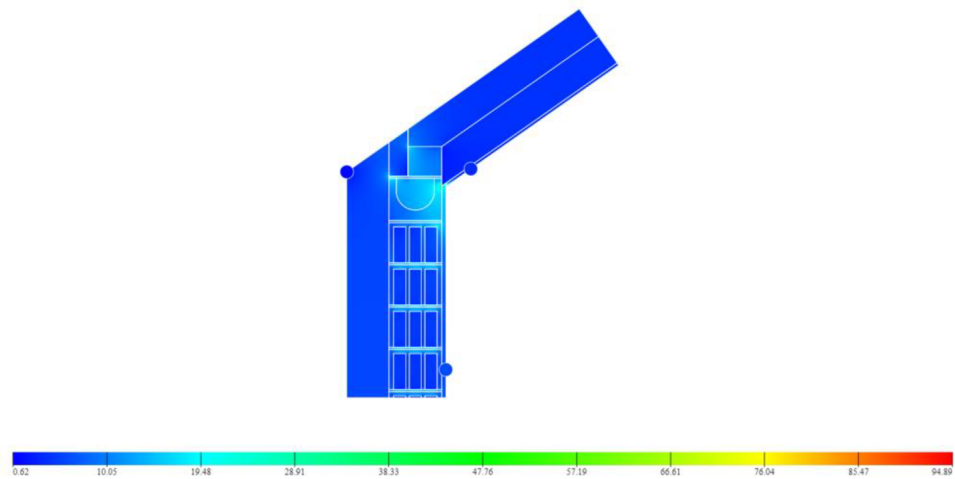
Obr. 106: Detail napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



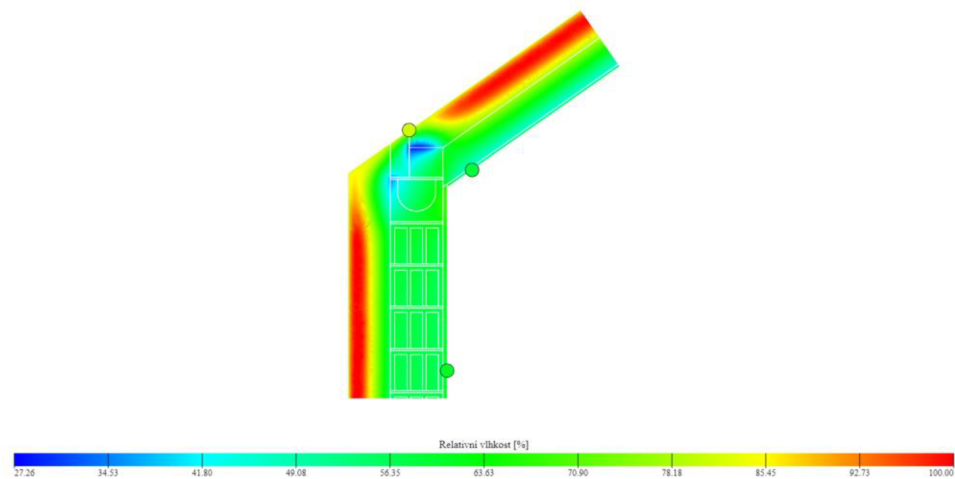
Obr. 107: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení

Tepelné toky



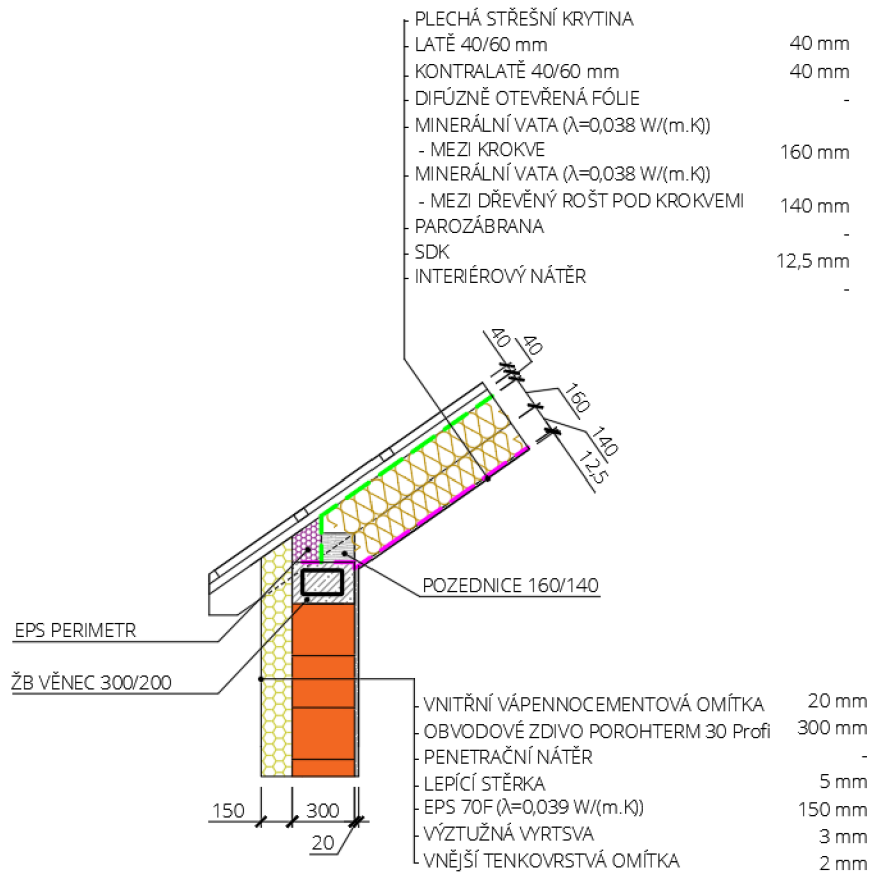
Obr. 108: Tepelné toky detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení

Vlhkostní pole



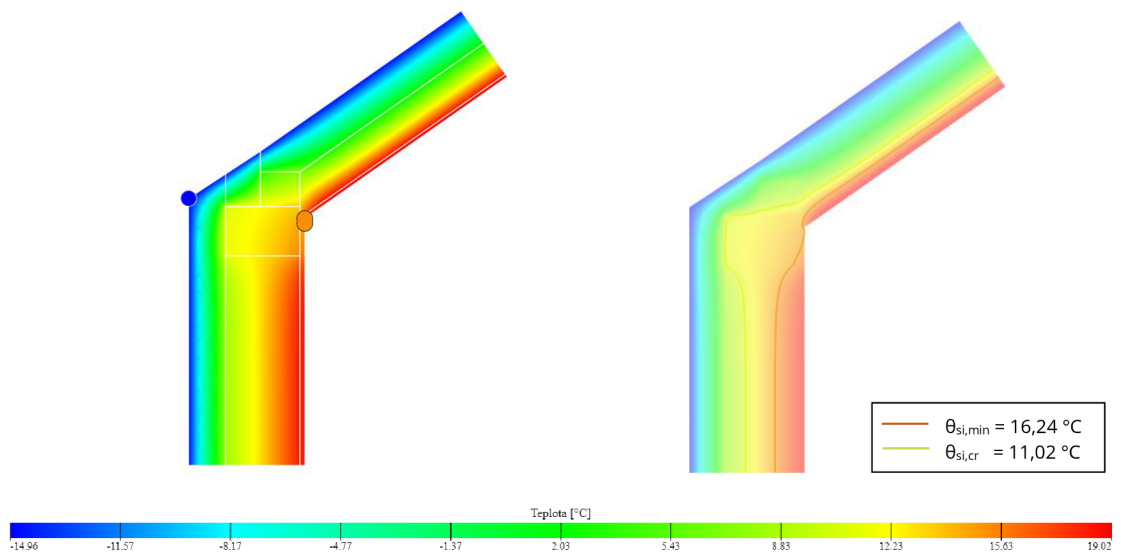
Obr. 109: Vlhkostní pole detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení

C.3.5.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



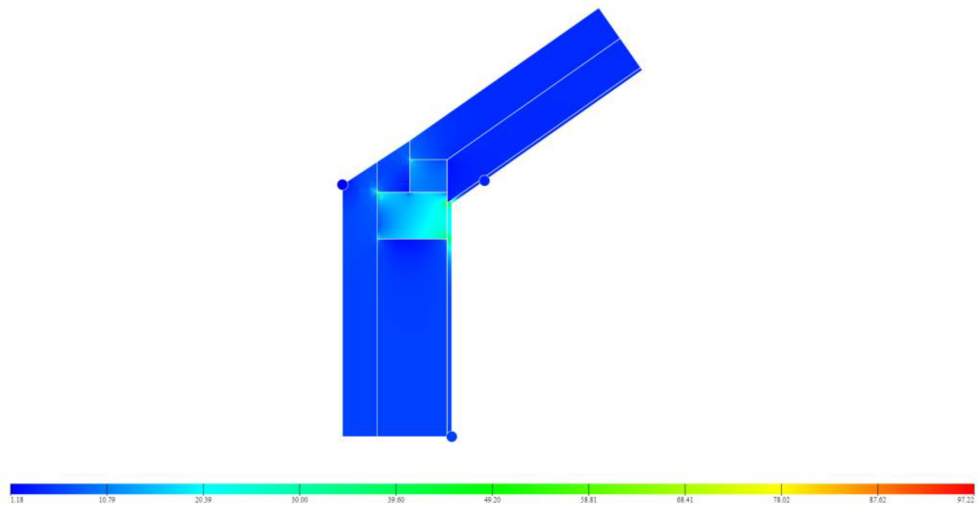
Obr. 110: Detail napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



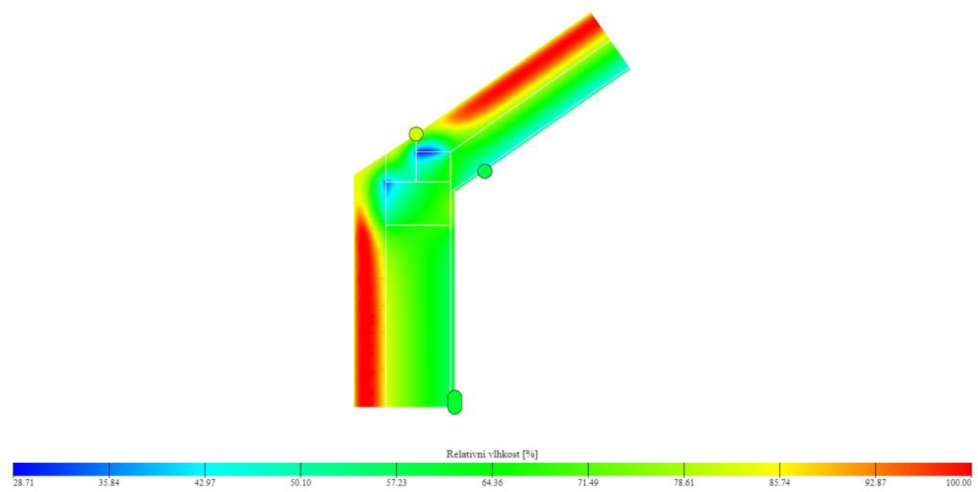
Obr. 111: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detail napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

Tepelné toky



Obr. 112: Tepelné toky detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

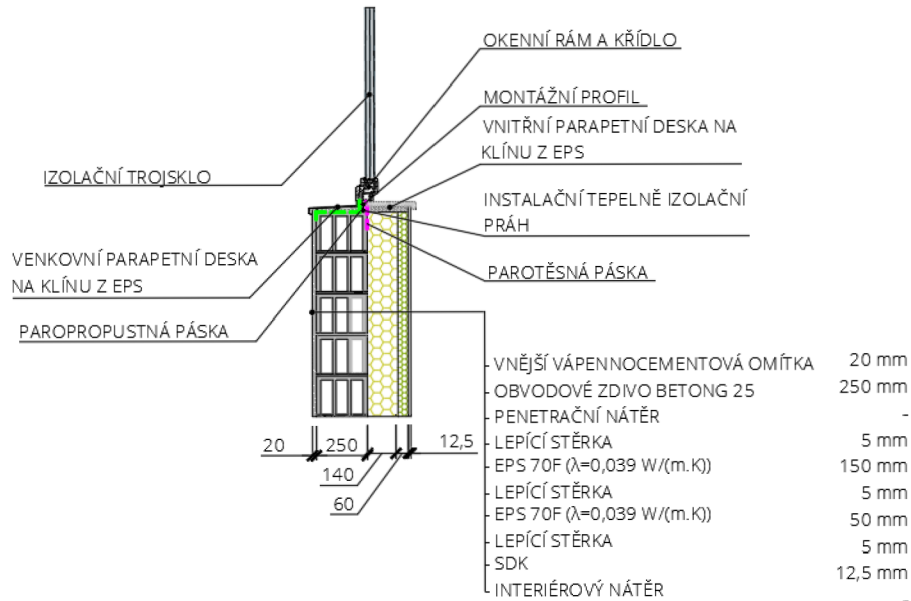
Vlhkostní pole



Obr. 113: Vlhkostní pole detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení

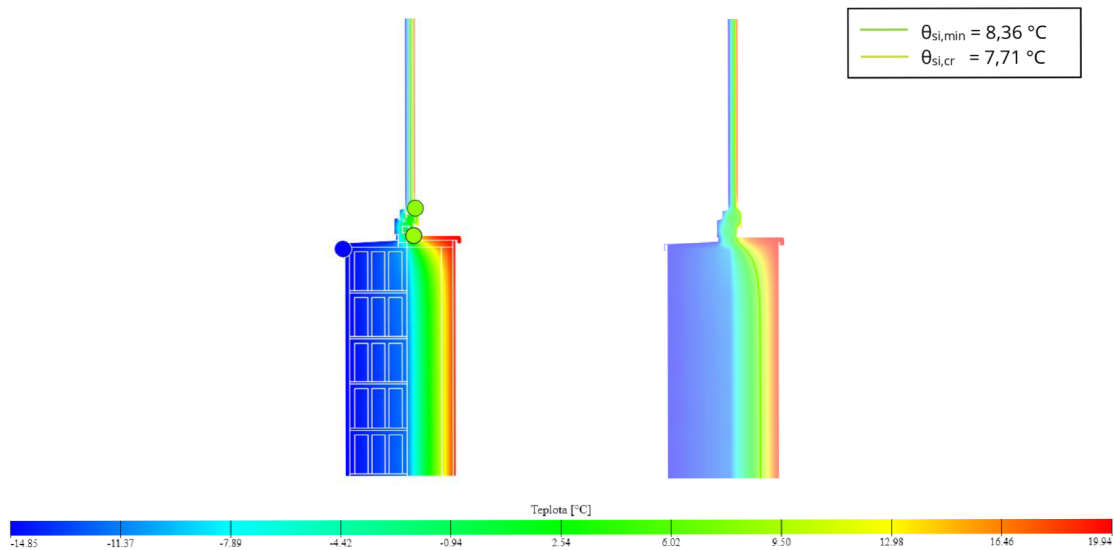
C.3.6. DETAIL NAPOJENÍ PARAPETU OKNA NA OBVODOVOU STĚNU

C.3.6.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ



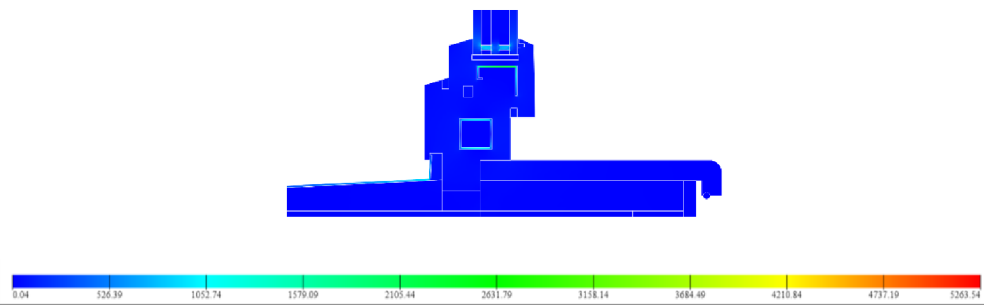
Obr. 114: Detail napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



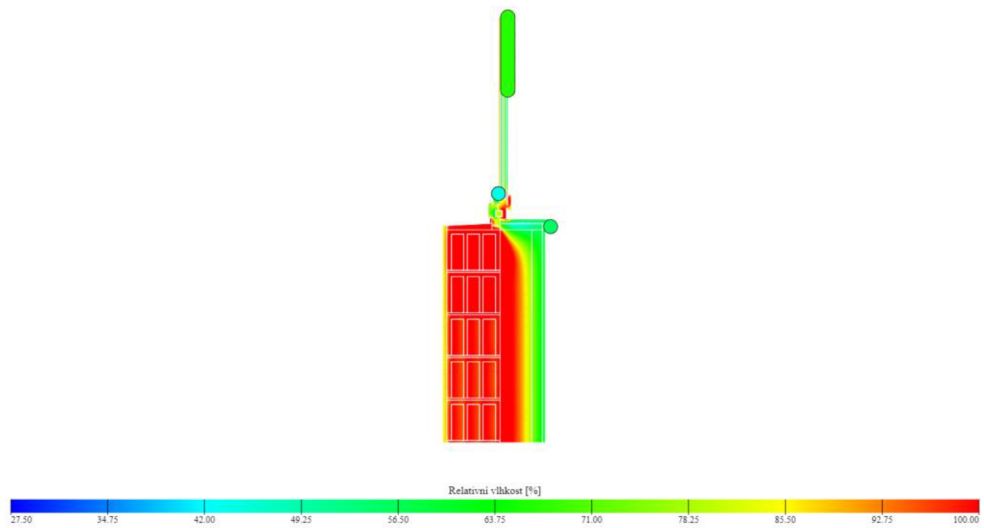
Obr. 115: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

Tepelné toky



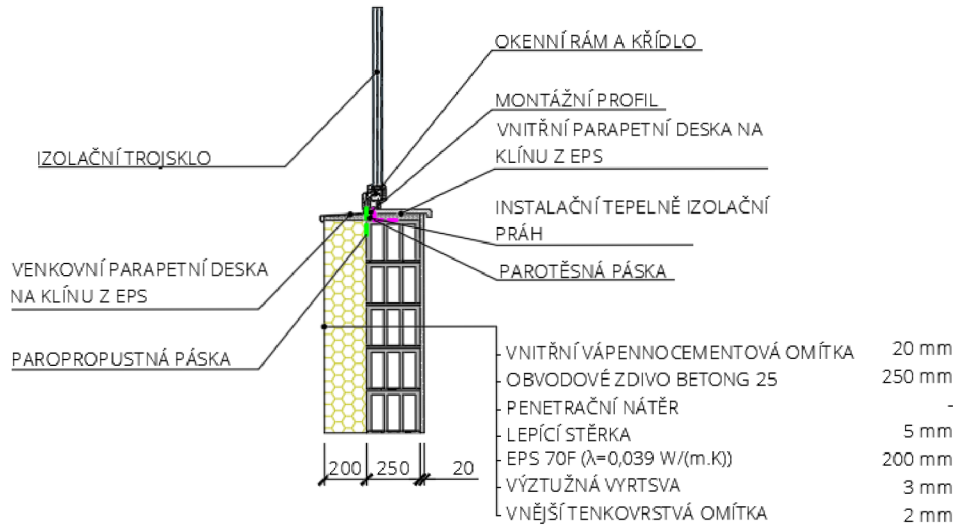
Obr. 116: Tepelné toky detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

Vlhkostní pole



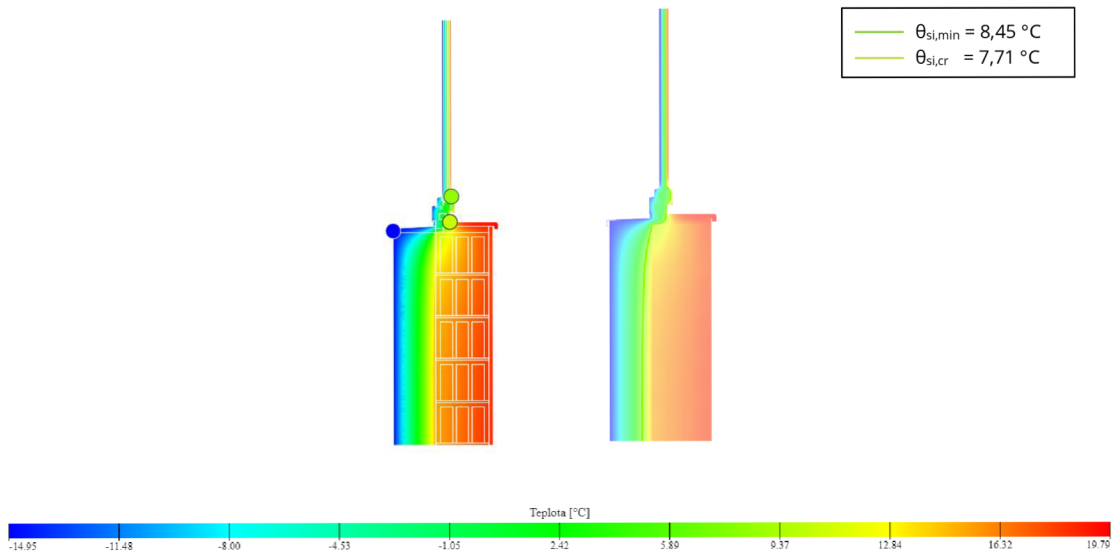
Obr. 117: Vlhkostní pole detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení

C.3.6.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



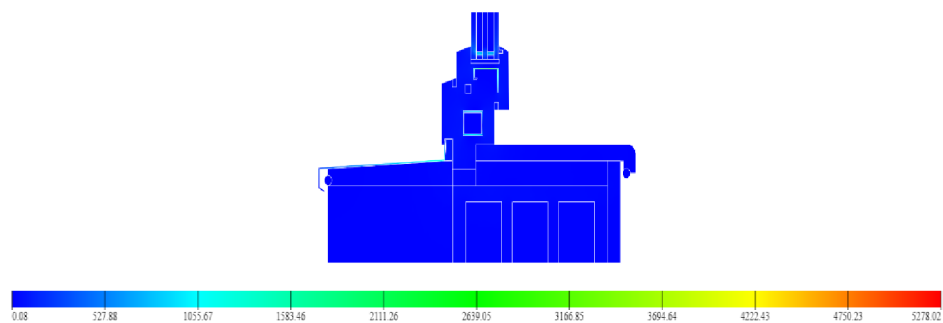
Obr. 118: Detail napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



Obr. 119: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení

Tepelné toky



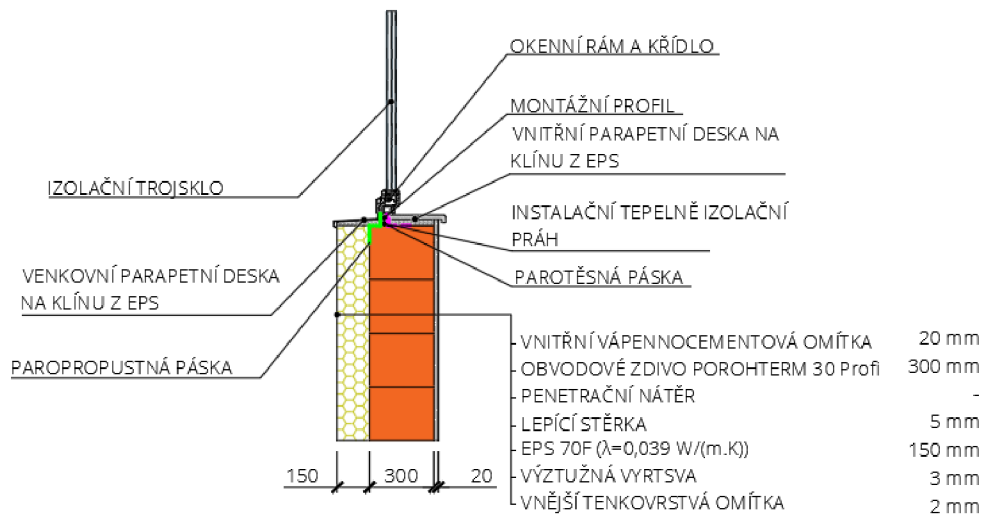
Obr. 120: Tepelné toky detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení

Vlhkostní pole



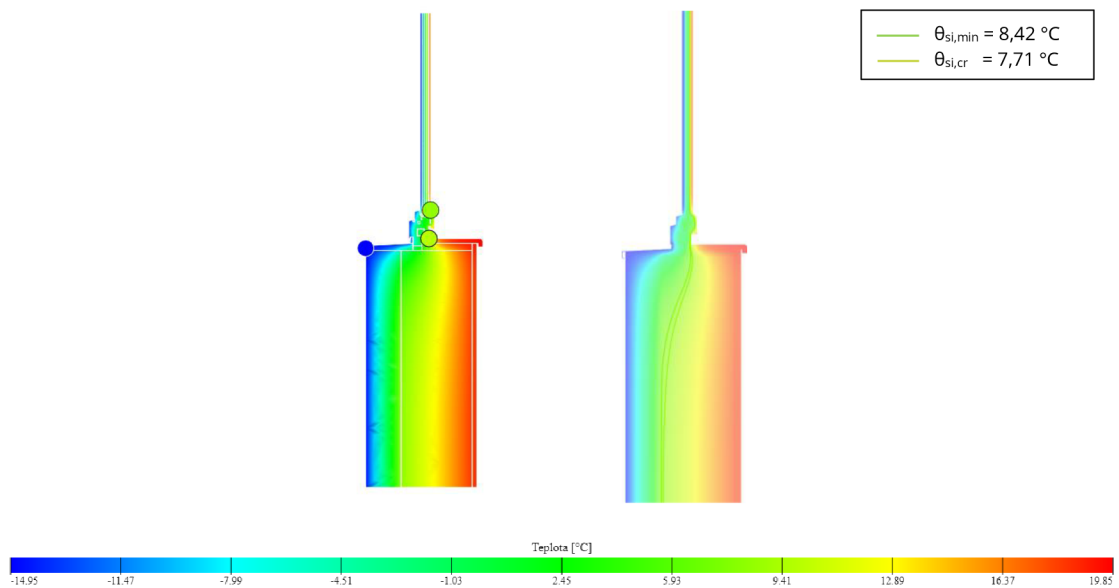
Obr. 121: Vlhkostní pole detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení

C.3.6.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



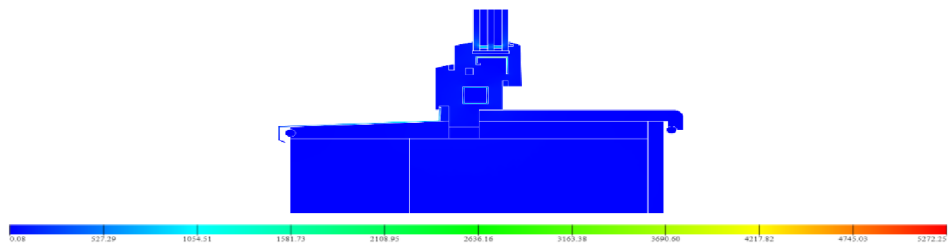
Obr. 122: Detail napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



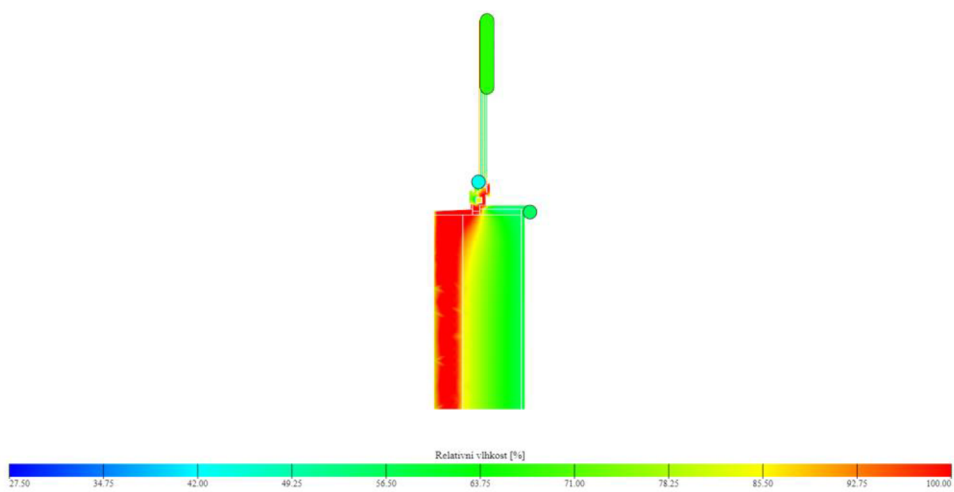
Obr. 123: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Tepelné toky



Obr. 124: Tepelné toky detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

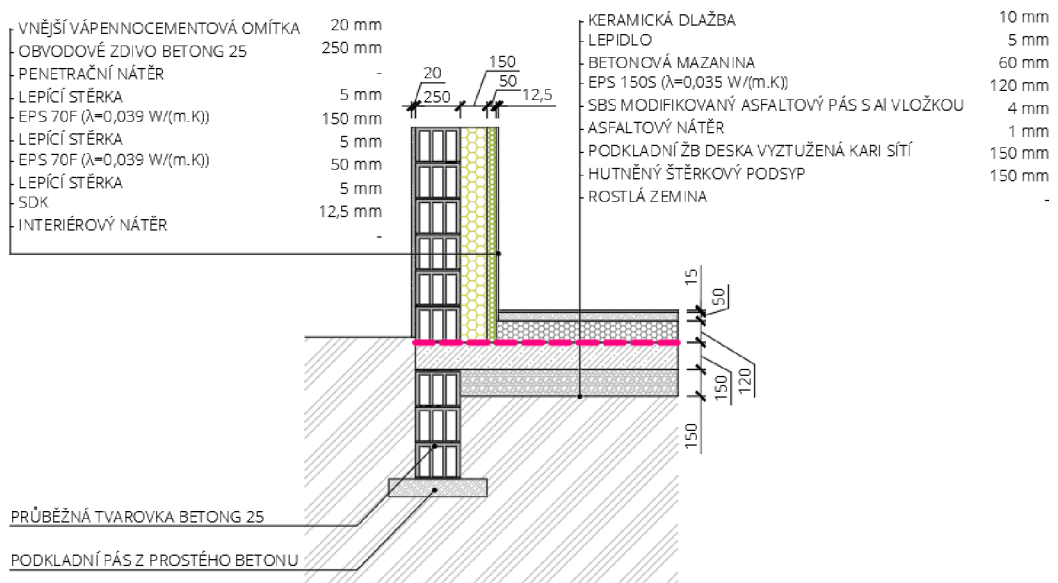
Vlhkostní pole



Obr. 125: Vlhkostní pole detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

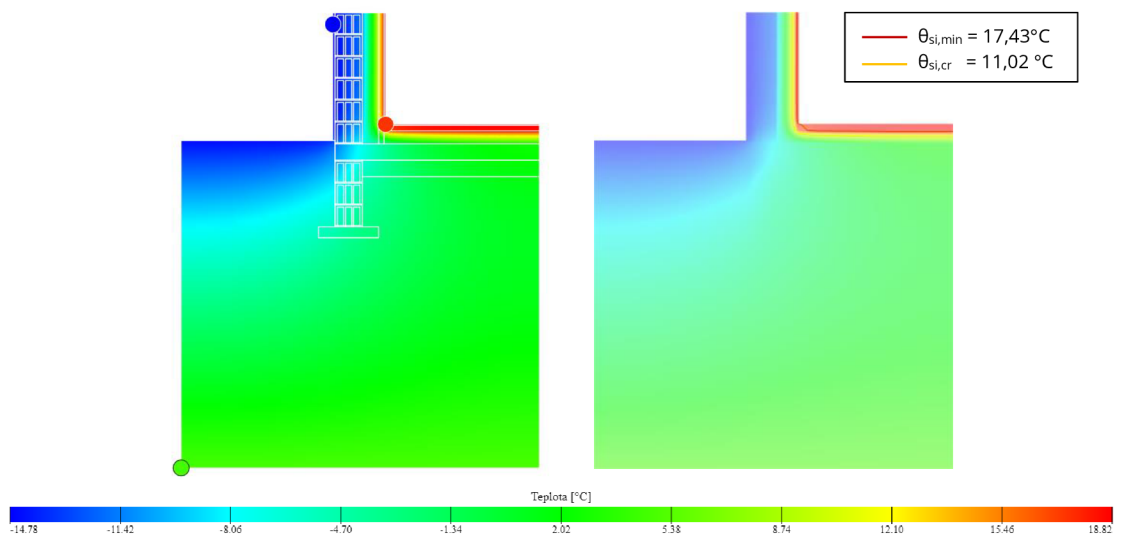
C.3.7. DETAIL NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA ZÁKLADOVOU KONSTRUKCI

C.3.7.1. BETONG 25 - VNITŘNÍ ZATEPLENÍ



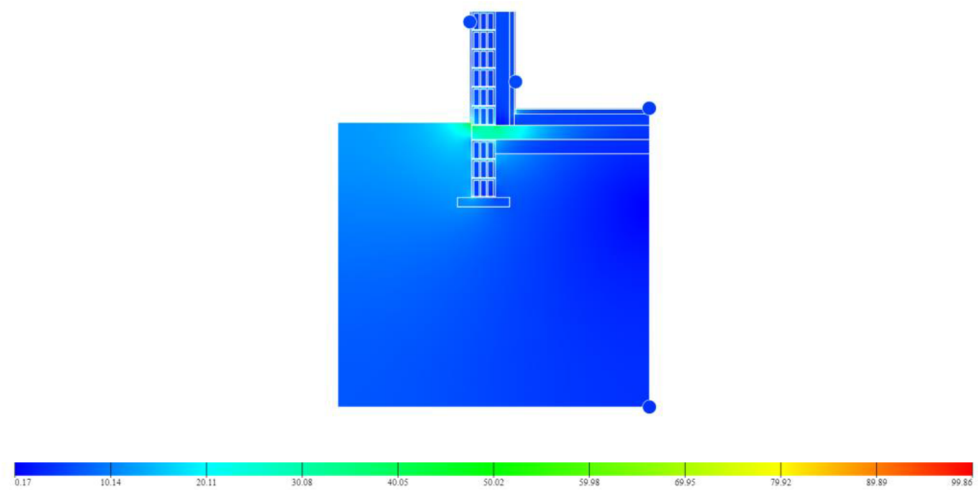
Obr. 126: Detail napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



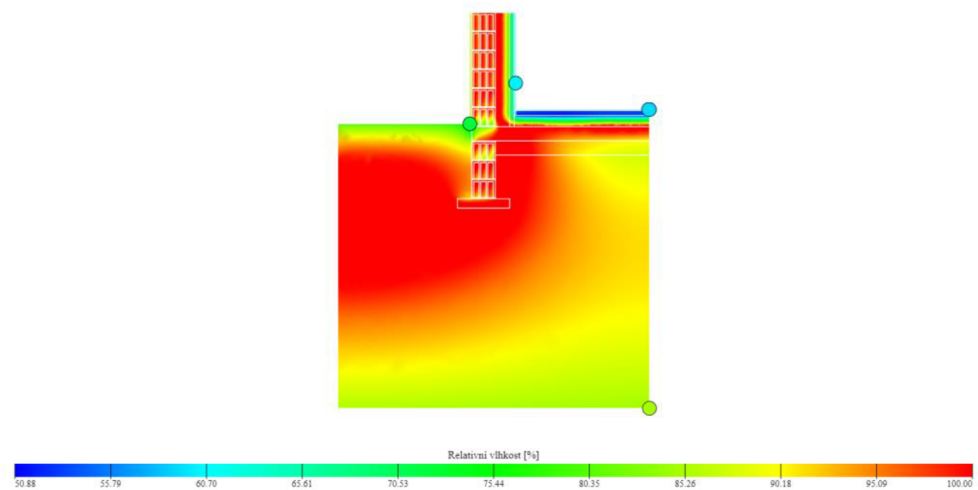
Obr. 127: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení

Tepelné toky



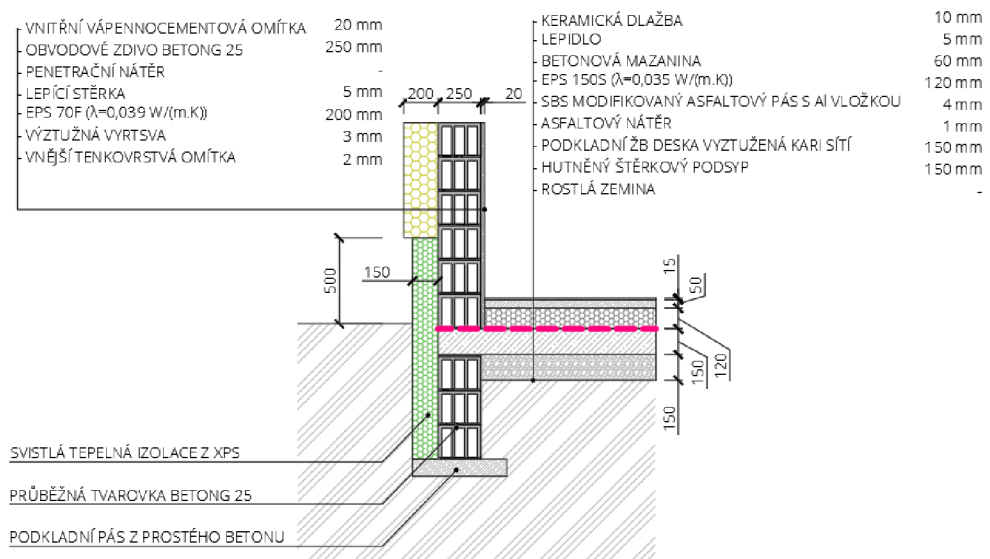
Obr. 128: Tepelné toky detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení

Vlhkostní pole



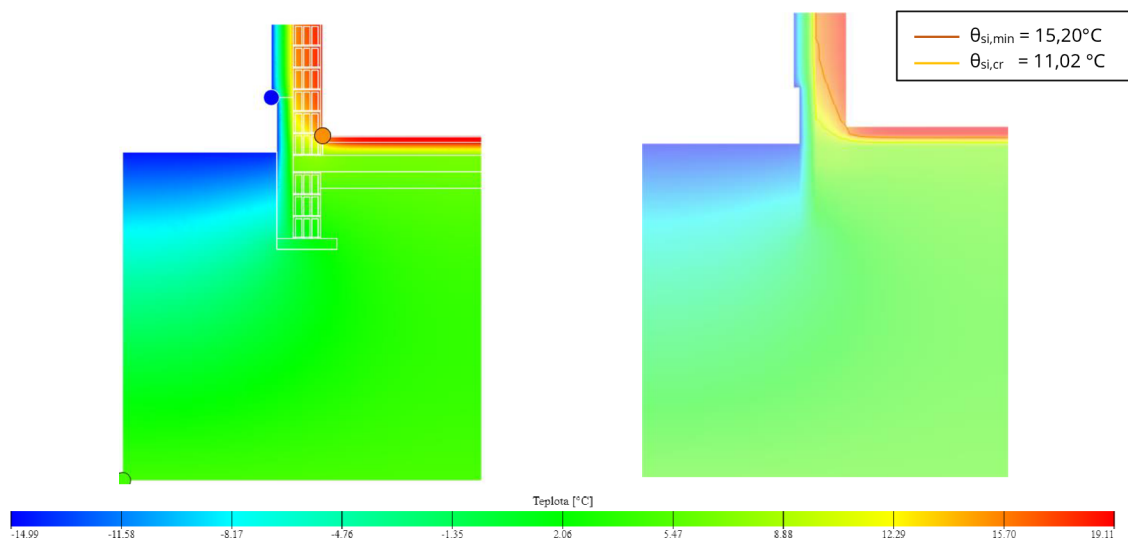
Obr. 129: Vlhkostní pole detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení

C.3.7.2. BETONG 25 – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



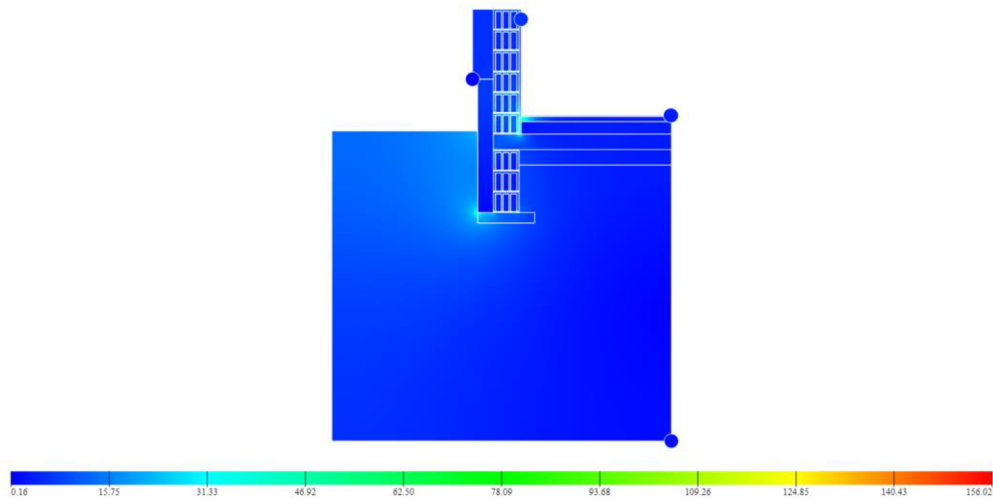
Obr. 130: Detail napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



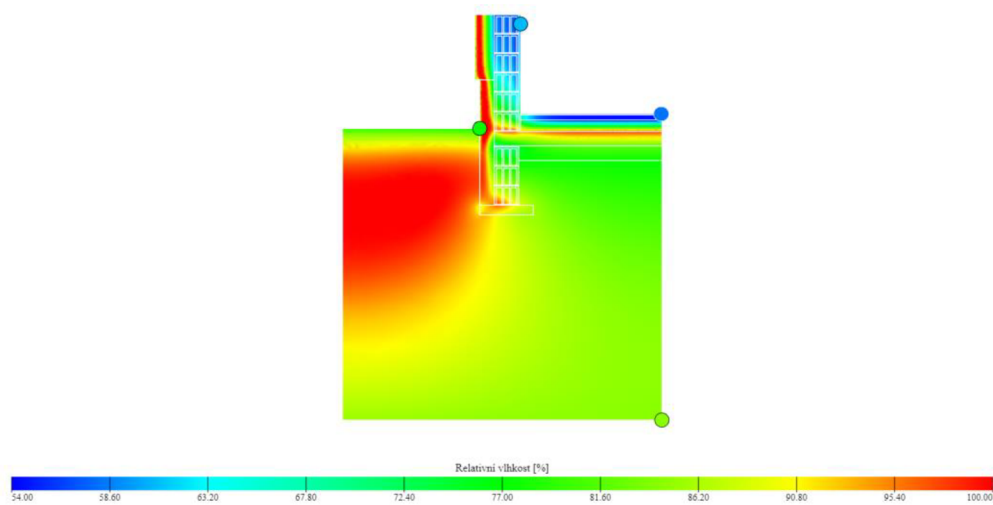
Obr. 131: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení

Tepelné toky



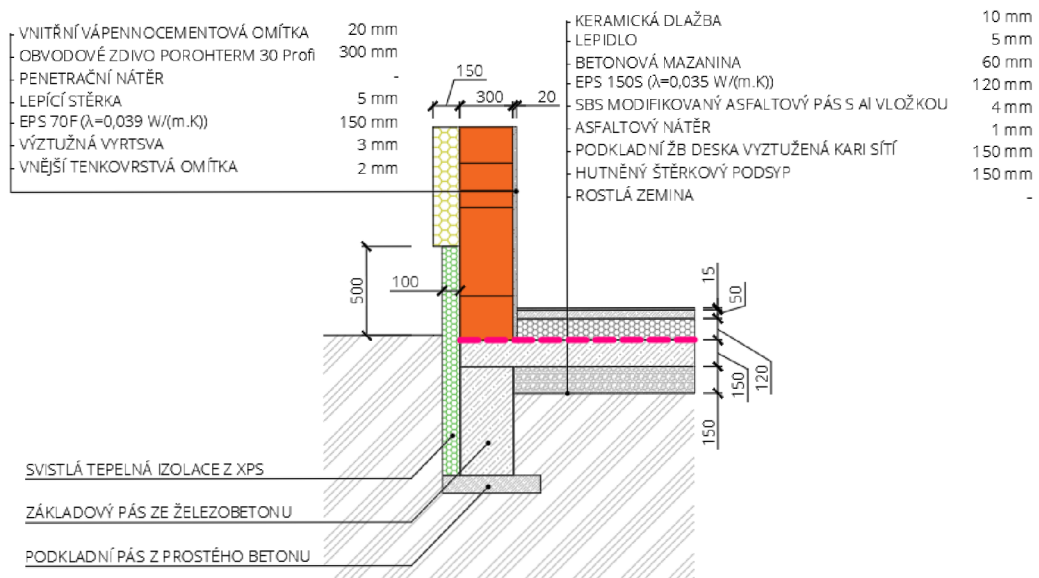
Obr. 132: Tepelné toky detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení

Vlhkostní pole



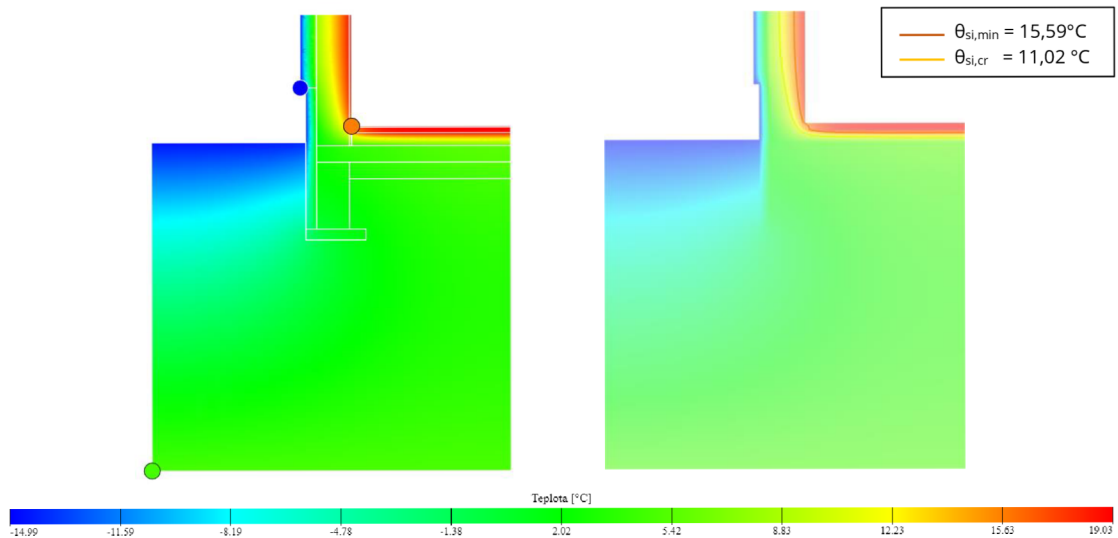
Obr. 133: Vlhkostní pole detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení

C.3.7.3. POROTHERM 30 PROFI – VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ



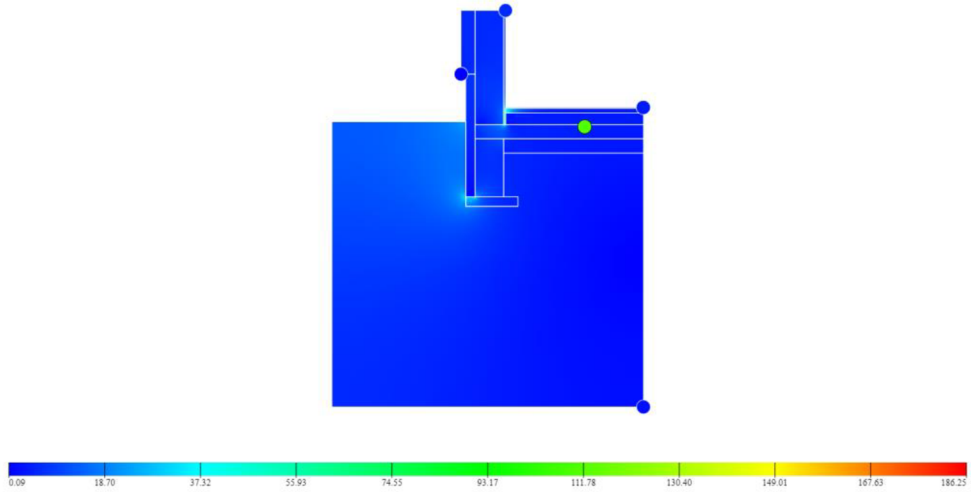
Obr. 134: Detail napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Teplotní pole a průběh povrchové teploty



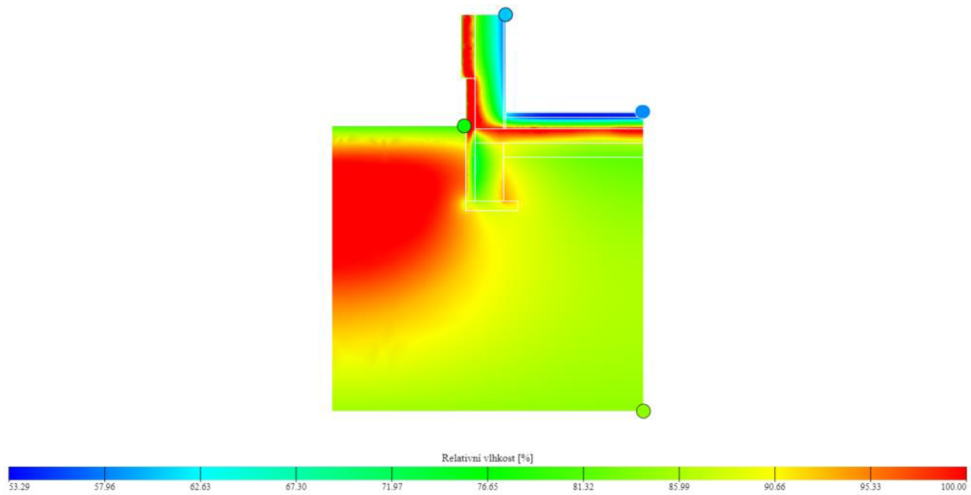
Obr. 135: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Tepelné toky



Obr. 136: Tepelné toky detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

Vlhkostní pole



Obr. 137: Vlhkostní pole detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení

C.3.8. SOUHRN VÝSLEDKŮ

Tab. 55: Souhrn výsledků nejnižší vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru vnitřního povrchu detailů stavebních konstrukcí

Posuzovaný detail podle konstrukčního provedení	Nejnižší vnitřní povrchová teplota		Teplotní faktor vnitřního povrchu	
	Vypočítaná	Kritická	Vypočítaný	Kritický
	$\theta_{si,min}$ [°C]	$\theta_{si,cr} = 11,02$ [°C]	$f_{Rsi,min}$ [-]	$f_{Rsi,cr} = 0,744$ [-]
ROH OBVODOVÉ STĚNY	Posouzení	$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,cr}$	Posouzení	$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,cr}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	16,42	ANO	0,898	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	16,41	ANO	0,897	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	16,44	ANO	0,898	ANO
NAPOJENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,cr}$	Posouzení	$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,cr}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	17,53	ANO	0,929	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	18,40	ANO	0,954	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	18,28	ANO	0,951	ANO
NAPOJENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,cr}$	Posouzení	$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,cr}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	16,16	ANO	0,890	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	18,49	ANO	0,957	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	18,08	ANO	0,945	ANO
NAPOJENÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,cr}$	Posouzení	$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,cr}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	17,64	ANO	0,933	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	16,24	ANO	0,892	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	15,02	ANO	0,858	ANO
NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA ZÁKLADOVOU KONSTRUKCI	Posouzení	$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,cr}$	Posouzení	$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,cr}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	17,43	ANO	0,926	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	15,20	ANO	0,863	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	15,59	ANO	0,874	ANO

Tab. 56: Souhrn výsledků nejnižší vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru vnitřního povrchu detailu parapetu okna

Posuzovaný detail podle konstrukčního provedení	Nejnižší vnitřní povrchová teplota		Teplotní faktor vnitřního povrchu	
	Vypočítaná	Kritická	Vypočítaný	Kritický
	$\theta_{si,min}$ [°C]	$\theta_{si,cr} = 7,71$ [°C]	$f_{Rsi,min}$ [-]	$f_{Rsi,cr} = 0,649$ [-]
NAPOJENÍ OKNA NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,cr}$	Posouzení	$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,cr}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	8,36	ANO	0,667	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	8,45	ANO	0,670	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	8,42	ANO	0,669	ANO

Stavební detaily všech zdících systémů splňují požadavky na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru vnitřního povrchu. Z hlediska kondenzace vodní páry v konstrukci je nejvíce ohrožen zdící systémem BETONG s vnitřním zateplením. Roční bilance vlhkosti uvedená pro skladby tohoto systému v předchozí kapitole prokazuje, že dojde k vypaření zkondenzované vlhkosti uvnitř konstrukce a nebude ohrožena její funkce.

Tab. 57: Souhrn výsledků lineárního činitele prostupu tepla detailů stavebních konstrukcí

Posuzovaný detail podle konstrukčního provedení	Lineární činitel prostupu tepla			
	Vypočítaný	Požadovaný	Doporučený	Pasivní domy
	Ψ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	$\Psi_N = 0,200$ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	$\Psi_{rec} = 0,100$ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	$\Psi_{pas} = 0,050$ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
ROH OBVODOVÉ STĚNY	Posouzení	$\Psi < \Psi_N$	$\Psi < \Psi_{rec}$	$\Psi < \Psi_{pas}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	-0,028	ANO	ANO	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	0,038	ANO	ANO	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	0,015	ANO	ANO	ANO
NAPOJENÍ VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\Psi < \Psi_N$	$\Psi < \Psi_{rec}$	$\Psi < \Psi_{pas}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	0,007	ANO	ANO	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	-0,048	ANO	ANO	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	-0,061	ANO	ANO	ANO
NAPOJENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\Psi < \Psi_N$	$\Psi < \Psi_{rec}$	$\Psi < \Psi_{pas}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	0,157	ANO	NE	NE
BETONG 25 - vnější zateplení	-0,061	ANO	ANO	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	-0,047	ANO	ANO	ANO
NAPOJENÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\Psi < \Psi_N$	$\Psi < \Psi_{rec}$	$\Psi < \Psi_{pas}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	-0,007	ANO	ANO	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	0,055	ANO	ANO	NE
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	0,074	ANO	ANO	NE
NAPOJENÍ OBVODOVÉ STĚNY NA ZÁKLADOVOU KONSTRUKCI	Posouzení	$\Psi < \Psi_N$	$\Psi < \Psi_{rec}$	$\Psi < \Psi_{pas}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	-0,095	ANO	ANO	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	-0,026	ANO	ANO	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	-0,053	ANO	ANO	ANO

Tab. 58: Souhrn výsledků lineárního činitele prostupu tepla detailu parapetu okna

Posuzovaný detail podle konstrukčního provedení	Lineární činitel prostupu tepla			
	Vypočítaný	Požadovaný	Doporučený	Pasivní domy
	Ψ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	$\Psi_N = 0,100$ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	$\Psi_{rec} = 0,030$ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	$\Psi_{pas} = 0,010$ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
NAPOJENÍ OKNA NA OBVODOVOU ZEĎ	Posouzení	$\Psi < \Psi_N$	$\Psi < \Psi_{rec}$	$\Psi < \Psi_{pas}$
BETONG 25 - vnitřní zateplení	-0,154	ANO	ANO	ANO
BETONG 25 - vnější zateplení	-0,128	ANO	ANO	ANO
POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení	-0,162	ANO	ANO	ANO

Kladná hodnota znamená, že dochází k přídavnému tepelnému toku prostupem. Záporná hodnota znamená, že vliv hodnocené tepelné vazby na tepelný tok prostupem obálky budovy je již obsažen v tepelném toku přes rovinné konstrukce [25].

Stavební detaily všech zdících systémů splňují požadavky na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty, teplotního faktoru vnitřního povrchu a lineárního činitele prostupu tepla. Z hlediska kondenzace vodní páry v konstrukci je nejvíce ohrožen zdící systémem BETONG s vnitřním zateplením. Roční bilance vlhkosti uvedená pro skladby tohoto systému v předchozí kapitole prokazuje, že dojde k vypaření zkondenzované vlhkosti uvnitř konstrukce a nebude ohrožena její funkce.

C.3.9. VLIV LINEÁRNÍHO ČINITELE PROSTUPU TEPLA NA TEPELNOU ZTRÁTU

Rozdíl výsledku návrhové tepelné ztráty uvažovaného objektu za použití stavebního systému Betong s vnitřním zateplením je minimální.

Tab. 59: Rozdíl výsledků výpočtu tepelné ztráty objektu podle metody zahrnutí vlivu tepelných mostů

Místnost		Vliv tepelných mostů vyjádřen přírážkou $\Delta U = 0,03 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$		Vliv tepelných mostů vyjádřen lineárním činitelem prostupu tepla		Rozdíl [W]
		Návrhová tepelná ztráta prostupem	Návrhový tepelný výkon	Návrhová tepelná ztráta prostupem	Návrhový tepelný výkon	
		Φ_T [W]	Φ_{HL} [W]	Φ_T [W]	Φ_{HL} [W]	
1.01	Zádveří	245,9	356,7	299,5	410,3	53,6
1.02	Chodba + schodiště	166,3	352,6	214	400,2	47,6
1.03	WC	1,7	26,5	1,7	26,5	0
1.04	Pracovna	721	899,7	796,9	975,6	75,9
1.05	Společenská místnost + KK	951,7	1662,7	1211,8	1922,9	260,2
1.06	Spíž	53,4	76,8	64,8	88,2	11,4
1.07	Technická místnost	186,5	256,1	214,1	283,7	27,6
1.08	Dílna	326,4	419,9	396,6	490,1	70,2
1.09	Garáž	791	1171,6	924,7	1305,2	133,6
Celková tepelná ztráta pro 1.NP		3443,9	5222,6	4124,1	5902,7	680,1
2.01	Chodba	188,6	424,8	226,5	462,7	37,9
2.02	Koupelna	307,7	328,6	341,3	362,2	33,6
2.03	Ložnice	308,2	570,2	383,5	645,5	75,3
2.04	Pokoj č.1	208	418,9	264,8	475,6	56,7
2.05	Pokoj č.2	375,3	602,1	450,6	677,4	75,3
2.06	Šatna	140,6	223,1	160,1	242,6	19,5
Celková tepelná ztráta pro 2.NP		1528,4	2567,7	1826,8	2866	298,3
CELKOVÁ NÁVRHOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA		4972,3	7790,3	5950,9	8768,7	978,4

C.4. TEPELNÁ STABILITA V ZIMNÍM A LETNÍM OBDOBÍ

V této kapitole jsem se věnoval posouzení tepelné stability vybraných místností v zimním a letním období při použití zděného systému BETONG s vnitřním zateplením, který je uvažován ve výpočtech v kapitole B a při použití podlahového vytápění navrženého ve vybrané variantě koncepčního řešení systému vytápění v kapitole B. Výpočet jsem provedl pomocí cloudového softwaru DEK Soft – Komfort, podle ČSN 73 0540-4 [11], přílohy F a G. Protokol výpočtu je součástí přílohy D.6. této diplomové práce.

C.4.1. TEPELNÁ STABILITA V ZIMNÍM OBDOBÍ

Jako kritická místnost pro posouzení tepelné stability v zimním období byla pro svou velikost stanovena místnost 1.05 – Společenská místnost + KK a dále pro svou severní orientaci místnost 2.03 – Ložnice.

Tab. 60: Výsledky posouzení zimní stability místnosti

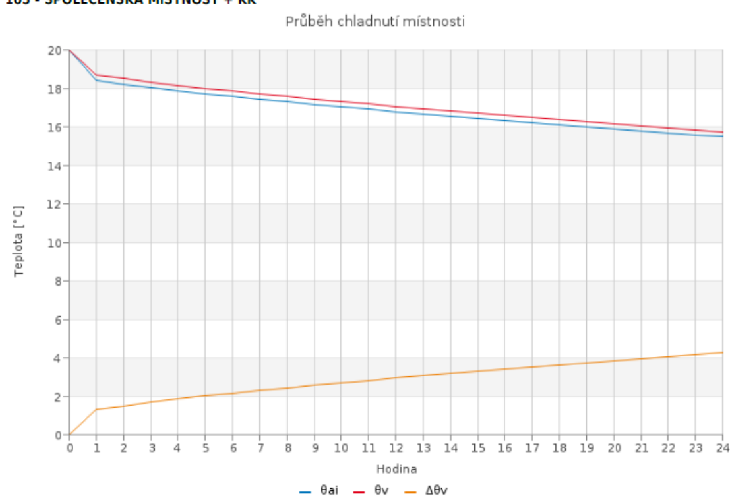
Zimní stabilita		
Místnost	Max. pokles výsledné teploty $\Delta\theta_{v,N}$ [°C]	Doba chladnutí místnosti t [hod]
1.05 Společenská místnost + KK	4,0	21,5
2.03 Ložnice	4,0	24,0

Požadavek na maximální dobu chladnutí místnosti není normou stanoven. V praxi se často uvažuje, že tato doba je 8 hodin [25].

Jak ukazuje výsledek výpočtu je tato doba více jak třikrát překročena – pokles teploty o 4 °C nastane u místnosti 1.05 po 21,5 hodinovém chladnutí místnosti a u místnosti 2.03 po 24 hodinovém chladnutí místnosti.

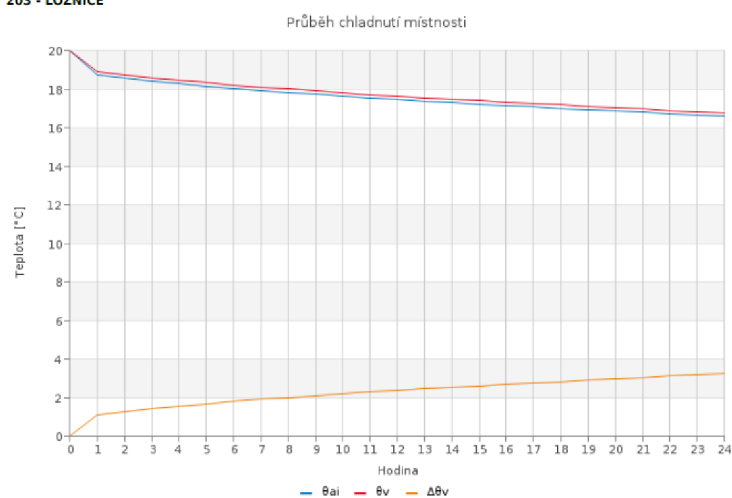
Z hlediska tepelné stability místnosti v zimním období je objekt navržený ze zděného systému BETONG s vnitřním zateplením vyhovující.

105 - SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST + KK



Graf 21: Pokles výsledné teploty v zimním období – místnost 1.05

203 - LOŽNICE



Graf 22: Pokles výsledné teploty v zimním období – místnost 2.03

C.4.2. TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ

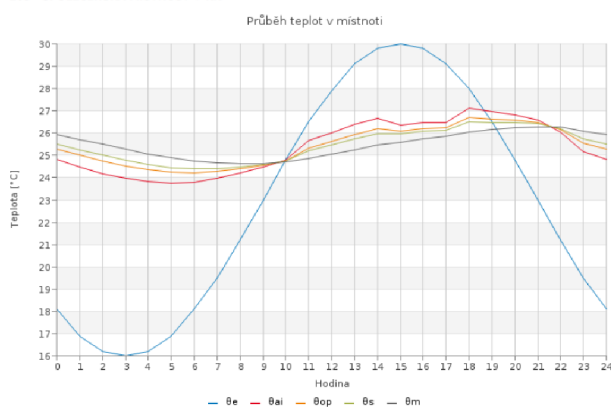
Jako kritická místnost pro posouzení tepelné stability v zimním období byla pro svou velikost stanovena místnost 1.05 – Společenská místnost + KK a dále pro svou jihozápadní orientaci místnost 2.05 – Pokoj č.2.

Tab. 61: Výsledky posouzení letní stability místnosti

Letní stabilita			
Místnost	Max. nejvyšší vzestup denní teploty $\Delta\theta_{ai,max,N}$ [°C]	Nejvyšší denní teplota $\Delta\theta_{ai,max}$ [°C]	Posouzení $\Delta\theta_{ai,max} \leq \Delta\theta_{ai,max,N}$
1.05 Společenská místnost + KK	27,0	27,13	NEVYHOVUJE
2.05 Pokoj č.2	27,0	25,10	VYHOVUJE

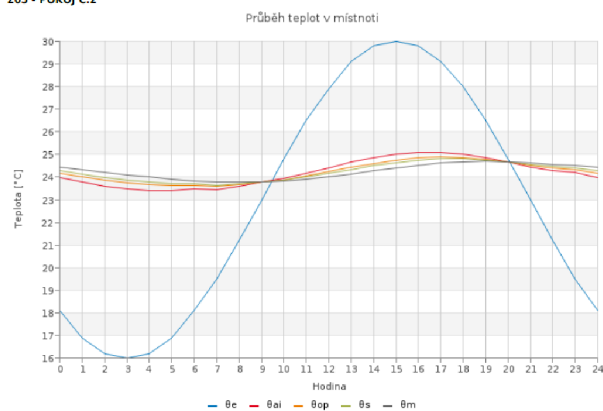
U místnosti 1.05 je překročena hranice maximální nejvyšší denní teploty o 0,13 °C. Podle normy je však překročení tohoto požadavku u obytných budov, za souhlasu investora přípustné, pokud se jedná o překročení tohoto požadavku o maximálně 2 °C na dobu maximálně 2 hodin, během dne. Tato výjimka je splněna, protože vypočítaná nejvyšší denní teplota 27,13 °C nastane pouze po dobu jedné hodiny (17:00 – 18:00). U místnosti 2.05 není požadavek na nejvyšší denní teplotu v místnosti překročen.

105 - SPOLEČENSKÁ MÍSTNOST + KK



Graf 23: Průběh teplot v letním období – místnost 1.05

205 - POKOJ Č.2



Graf 24: Průběh teplot v letním období – místnost 2.05

2. ZÁVĚR

Mým cílem bylo navrhnout systém vytápění pro zadaný rodinný dům s výběrem nejvhodnější varianty a posouzení vhodnosti použití uvažovaného stavebního systému tvořeného skořepinovými tvárnicemi a vnitřním kontaktním zateplením, při porovnání s jinými možnostmi provedení stavební části.

Jako nejvhodnější varianta koncepčního řešení byla vybrána varianta č. 3 – systém nízkoteplotního podlahového vytápění s tepelným čerpadlem vzduch/voda pro venkovní instalaci. Jedná se o dispozičně nenáročné řešení bez nutnosti budování komínu, se kterým se v původním dispozičním řešení nepočítalo a bez nutnosti budování dalších přípojek. Investiční náklady na pořízení systému a zejména samotného tepelného čerpadla jsou vyšší než u ostatních variant, ale provozní náklady jsou nejnižší. Vybraný systém vytápění představuje vysoký užitelský komfort. Tepelné čerpadlo patří mezi obnovitelné zdroje energie a je tedy šetrné k životnímu prostředí. Podlahové vytápění vytváří rovnoměrný teplotní profil místnosti a z fyziologického hlediska vytváří nejlepší tepelnou pohodu.

Z hlediska tepelně technických vlastností, je zdící systém BETONG s vnitřním zateplením tl. 150+50 mm, systémem splňující požadavky normy ČSN 73 0540 [9]. Součinitel prostupu tepla skladby obvodového zdiva BETONG splňuje základní požadavek i doporučenou hodnotu normy, a taky požadovanou hodnotu pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Systém s vnitřním zateplením je sice ohrožen kondenzací vodní páry v konstrukci více než systém s vnějším zateplením, ale posouzení roční vlhkostní bilance dokládá schopnost zdícího systému BETONG s vnitřním zateplením zkondenzovanou vlhkost vypařit a omezit tak ohrožení správné funkce skladby zdiva. Při posouzení kritických detailů byly splněny požadavky na teplotní faktor vnitřního povrchu a lineární činitel prostupu tepla. Průběh povrchových teplot v konstrukci dokladuje, že nevzniká riziko vzniku plísní ani povrchové kondenzace.

Z hlediska tepelné stability místnosti v zimním období je objekt navržený ze zdícího systému BETONG s vnitřním zateplením vyhovující. V letním období je dodržen požadavek na nejvyšší denní teplotu místnosti, což dokladuje, že nebude docházet k přehřívání místnosti bez nutnosti instalace strojního chlazení.

Při předpokladu dodržení vysoké kvality provádění staveb ze zdícího systému BETONG, lze konstatovat, že jde o plnohodnotný stavení systém ať bude použito vnitřní nebo vnější kontaktní zateplení splňující tepelně technické a hygienické požadavky na konstrukce.

3. SEZNAM PŘÍLOH

D.1. Výkresová část

D.2. Výpočet tepelné ztráty objektu

D.2.1. Výpočet tepelné ztráty objektu – se zahrnutím vlivu tepelných mostů přírážkou

D.2.2. Výpočet tepelné ztráty objektu– se zahrnutím přesného vlivu tepelných mostů

D.3. Průkaz energetické náročnosti budovy – posouzení variant koncepčního řešení

D.3.1. Posouzení koncepčního řešení – varianta č. 1

D.3.2. Posouzení koncepčního řešení – varianta č. 2

D.3.3. Posouzení koncepčního řešení – varianta č. 3

D.4. Tepelně – technické posouzení skladeb konstrukcí

D.5. Tepelně – technické posouzení stavebních detailů

D.6. Tepelná stabilita v zimním a letním období

4. SEZNAM VÝKRESŮ

Jednotlivé výkresy jsou součástí přílohy D.1.

Číslo výkresu	Název výkresu	Měřítko
D.1.1.01	PŮDORYS 1. NP	1:50
D.1.1.02	PŮDORYS 2. NP	1:50
D.1.1.03	ŘEZ A-A´	1:50
D.1.2.01	PŮDORYS 1. NP – VYTÁPĚNÍ, VARIANTA Č.1	1:100
D.1.2.02	PŮDORYS 2. NP – VYTÁPĚNÍ, VARIANTA Č.1	1:100
D.1.2.03	PŮDORYS 1. NP – VYTÁPĚNÍ, VARIANTA Č.2	1:100
D.1.2.04	PŮDORYS 2. NP – VYTÁPĚNÍ, VARIANTA Č.2	1:100
D.1.2.05	PŮDORYS 1. NP – VYTÁPĚNÍ, VARIANTA Č.3	1:100
D.1.2.06	PŮDORYS 2. NP – VYTÁPĚNÍ, VARIANTA Č.3	1:100
D.1.2.07	SCHÉMA ZAPOJENÍ – VARIANTA Č. 1	1:100
D.1.2.08	SCHÉMA ZAPOJENÍ – VARIANTA Č. 2	1:100
D.1.2.09	SCHÉMA ZAPOJENÍ – VARIANTA Č. 3	1:100

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

5.1. LEGISLATIVA A NORMY

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES, o energetické náročnosti budov – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepřacování)
- [3] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozměňujících předpisů
- [4] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozměňujících předpisů
- [5] Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku
- [6] Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- [7] Nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- [8] ČSN 73 0540–1 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie
- [9] ČSN 73 0540–2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [10] ČSN 73 0540–3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [11] ČSN 73 0540–4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- [12] ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3
- [13] ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
- [14] ČSN EN 1264-1-2-3-4-5 Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Část 1 až 5
- [15] ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování
- [16] DIN 4708-1:1994-04 Zentrale Wassererwärmungsanlagen; Begriffe und Berechnungsgrundlagen (Centrální teplovodní instalace; termíny a výpočet)
- [17] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov – Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení
- [18] ČSN EN ISO 52016-1 Energetická náročnost budov – Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení – Část 1: Postupy výpočtu
- [19] TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup

5.2. LITERATURA

- [20] ČEJKA, Ing. Michal. Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů. In: *Tzb-info* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 16.1.2017 [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnani-energeticky-ch-standardu>
- [21] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [22] POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům*. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-131-1.

- [23] JÍCHA, Miroslav. *Přenos tepla a látky*. 2001. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2029-4.
- [24] PLÁŠEK, Josef a Ondřej ŠIKULA. *Modelování tepelného sálání v budovách*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS - Advanced Materials, Structures and Technologies, 2012. ISBN 978-80-214-4383-9.
- [25] ŠÁLA, CSC., Ing. Jiří, Ing. Lubomír KEIM, CSC., Doc, Dr. Ing. Zbyněk SVOBODA, Prof. Ing. Jan TYWONIAK, CSC. a Ing. Jiří Novák PH.D. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. 2008. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [26] OSTRÝ, Milan a Roman BRZOŇ. *Stavební fyzika - tepelná technika v teorii a praxi*. Březen 2014. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební: Vysoké učení technické v Brně, 2014. ISBN 978-80-214-4879-7.

5.3. INTERNETOVÉ ZDROJE

- [27] *Betong, technická příručka pro projektanty*. Hodonín, [2010]. Dostupné také z: <http://www.be-tong.cz/>
- [28] Betonové skořepinové tvárnice Betong®. *Be-Tong spol. s.r.o.* [online]. Hodonín: Be-Tong spol. s r.o., ©2010 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <http://www.be-tong.cz/>
- [29] *Technické listy – betonové tvárnice Betong*. Hodonín, 2013. Dostupné také z: http://www.be-tong.cz/soubory/technicke-listy/technickelisty2013_07.pdf
- [30] ŠÁLA, Ing. Jiří. O vnitřním zateplení. In: *Tzb-info: Izolace střechy fasády* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 4.5.2001 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/540-o-vnitrim-zatepleni>
- [31] KABELE, CSC., prof. Ing. Karel. Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov. In: *Tzb-info: Energetická náročnost budov* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 30.8.2010 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6739-revize-evropske-smernice-2002-91-es-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [32] JIRÁSEK, Ing. Pavel. Implementace směrnice č. 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov a novela zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií – I. díl. In: *Tzb-info: Energetická náročnost budov* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 20.8.2012 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8952-implementace-smernice-c-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-a-novela-zakona-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii-i-dil>
- [33] JIRÁSEK, Ing. Pavel. Implementace směrnice č. 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov a novela zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií – II. díl. In: *Tzb-info: Energetická náročnost budov* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 21.8.2012 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8954-implementace-smernice-c-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-a-novela-zakona-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii-ii-dil>
- [34] Energetická náročnost budov – definice pojmů. *Tzb-info: Energetická náročnost budov* [online]. Praha: Topinfo, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [35] Katalog Pipelife - RADOPRESS. In: *PipeLife: Ke stažení* [online]. Otrokovice: Pipelife Czech, [2012], 06/2018 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: https://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/RADOPRESS_2016.pdf
- [36] RADIK VK: Deskové otopné těleso s pravým spodním připojením. In: *Korado* [online]. Česká Třebová: KORADO, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-vk.html>
- [37] KORALUX LINEAR COMFORT: Komfortní trubková otopná tělesa s vyváženou kombinací funkce a designu se spodním krajním připojením. In: *Korado* [online]. Česká Třebová: KORADO, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/koralux/koralux-linear-comfort.html>
- [38] KORAFLEX FV. In: *Korado* [online]. Česká Třebová: KORADO, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/konvektory/koraflex-fv.html>

- [39] Kondenzační plynový kotel Therm 14 KDZN. In: *Thermona* [online]. Česká republika: Thermona, spol., ©2017 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: <https://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/s-pripojenim-na-externi-zasobnik/therm-14-kdzn>
- [40] Návod na instalaci, obsluhu a údržbu kotle THERM 14 KDZN. In: *Thermona* [online]. Česká republika: Thermona, spol., ©2017, 10/2018 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: https://www.thermona.cz/getattachment/Plynove-kotle/Plynove-kondenzacni-kotle/S-pripojenim-na-externi-zasobnik/THERM-14-KDZN/Navod-na-instalaci-obsluhu-a-udrzbu-kotle-THERM-14_24-KDxN_CZ_2018-10.pdf.aspx
- [41] Ekvitermní set PT 59. In: *Thermona* [online]. Česká republika: Thermona, spol., ©2017 [cit.2019-01-05].
Dostupné z: <https://www.thermona.cz/regulace/inteligentni-regulatory/ekvitermni-set-pt-59>
- [42] Kotel na peletky BIOPEL PREMIUM /V9. In: *OPOP* [online]. Valašské Meziříčí: OPOP.cz, ©2017 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.opop.cz/kotle-na-peletky-biopel-premium-v9>
- [43] Návod k obsluze - Kotel na peletky BIOPEL PREMIUM /V9. In: *OPOP: Ke stažení* [online]. Valašské Meziříčí: OPOP.cz, ©2017 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://www.opop.cz/kotle-na-peletky-biopel-premium-v9>
- [44] AKUMULAČNÍ NÁDRŽE NAD A UKV. In: *DZD Dražice* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/akumulacni-nadrze/bez-pripravy-tuv#ke-stazeni>
- [45] ELEKTRICKÁ TOPNÁ JEDNOTKA TPK. In: *DZD Dražice* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/prislusenstvi/topna-jednotka-tpk?highlight=Wyj0cG siXQ==>
- [46] Návod k obsluze a instalaci NAD V1 - V5. In: *DZD Dražice: Ke stažení* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o, ©2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/akumulacni-nadrze/bez-pripravy-tuv#ke-stazeni>
- [47] Technické informace - tepelná čerpadla. In: *Svět tepelných čerpadel: Ke stažení* [online]. Praha: STIEBEL ELTRON spol., ©2006-2019 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <http://www.tepelná-čerpadla.cz/cz/ke-stazeni>
- [48] Akumulační zásobníky SBP 200 E. In: *Stiebel Eltron* [online]. Německo: STIEBEL ELTRON GmbH & Co., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/systemovy_zasobnik/akumulacni_zasobniky/akumulacni_zasobniksbp200400700e/sbp_200_e.html
- [49] SBP 200 E – Příslušenství: Šroubovací topné těleso BGC/45. In: *Stiebel Eltron* [online]. Německo: STIEBEL ELTRON GmbH & Co., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdroje_energie/systemovy_zasobnik/akumulacni_zasobniky/akumulacni_zasobniksbp200400700e/sbp_200_e/prislusenstvi.html
- [50] Návod k montáži a obsluze SBP 200-700 E. In: *Stiebel Eltron* [online]. Německo: STIEBEL ELTRON GmbH & Co., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdroje_energie/systemovy_zasobnik/akumulacni_zasobniky/akumulacni_zasobniksbp200400700e/sbp_200_e/ke-stazeni.html
- [51] Regulátor tepelného čerpadla. In: *Stiebel Eltron* [online]. Německo: STIEBEL ELTRON GmbH & Co., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdroje_energie/regulace_energetickymanagement/wpmsystem/wpm.html
- [52] Regulátory topných okruhů. In: *Siemens* [online]. Česká republika: Siemens, ©1996-2019 [cit.2019-01-05].
Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/ibt/synco_living/funkce_systemu/pages/regulace_vytapeni.aspx
- [53] Návod k obsluze a instalaci OKC NTR/BP. In: *DZD Dražice: Ke stažení* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-strojírna, ©2019 [cit. 2019-01-05].

- Dostupné z: <http://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntr-bp?highlight=WyjudHilCJicClSlm50ciBicJd#ke-stazeni>
- [54] Nepřímotopný zásobník OKC NTR/BP. In: *DZD Dražice* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-strojírna, ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: <http://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntr-bp?highlight=WyjudHilCJicClSlm50ciBicJd>
- [55] Elektrická topná jednotka TJ 6/4". In: *DZD Dražice* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-strojírna, ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: <http://www.dzd.cz/prislusenstvi/topna-jednotka-tj-64?highlight=Wyj0ailsNiw0LCI0Jy05liwiNCctNyw1liwiNCctNilsjQnLTQsNSIsjQnLTMsnzUiLCI0Jy0zLDMiLCI0Jy0yLDUiLCI0Jy0yliwiNCiLCJ0aiA2liwidGogNiA0liwiNiA0Ii0=#technicke-parametry>
- [56] VAVŘIČKA, PH.D., Ing. Roman. Metody návrhu zásobníku teplé vody: Příprava teplé vody. In: *Tzb-info* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 3.10.2011 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- [57] HODBOŇ, Ing. Josef. Objem akumulací nádrže ke kotli: Příprava teplé vody. In: *Tzb-info* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 16.8.2017 [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/16134-objem-akumulacni-nadrze-ke-kotli>
- [58] Plochý solární kolektor SOL 27 premium S. In: *Stiebel Eltron* [online]. Německo: STIEBEL ELTRON GmbH & Co., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdroje_energie/solarni_systemy/solarni_kolektory/vysoce_vykonne_plochekolektoryinstalacinastrechusol27premium/sol_27_premium_s.html
- [59] Nepřímotopný zásobník OKC NTRR/SOL. In: *DZD Dražice* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: <http://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntrr-sol>
- [60] Návod k obsluze a instalaci OKC NTRR/SOL. In: *DZD Dražice: Ke stažení* [online]. Dražice: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o., ©2019 [cit. 2019-01-05].
Dostupné z: <http://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntrr-sol#ke-stazeni>
- [61] BAŠTA, PH.D., Doc. Ing. Jiří. Podlahové vytápění (III). In: *Tzb-info* [online]. Praha: Topinfo, ©2019, 7.8.2006 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3449-podlahove-vytapani-iii>
- [62] RTS Cloud. *RTS Cloud* [online]. Brno: RTS, ©2018 [cit. 2019-01-06].
Dostupné z: <http://www.rtscloud.cz/App/SCSP/scsp/>
- [63] POČINKOVÁ, PH.D., Ing. Marcela. *Cvičení 3 - Zabudované vodní velkoplošné otopné soustavy: Studijní podklad do cvičení z předmětu CT001*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, [2018].
Dostupné z: https://lms.fce.vutbr.cz/pluginfile.php/36701/mod_resource/content/0/CT001_C03.pdf

6. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výrobní závod Be-Tong s.r.o., Ratíškovice [28]	15
Obr. 2: Vylisované tvárnice Betong [28]	15
Obr. 3: Skladování tvárnic Betong automatickým skladníkem Adler [28]	15
Obr. 4: Skladování tvárnic Betong před expedicí [28]	16
Obr. 5: Skladování stropních nosníků před expedicí [28]	16
Obr. 6: Tvárnice Betong 10 a Betong 15 [29]	16
Obr. 7: Tvárnice Betong 20 s hranatým otvorem [29]	16
Obr. 8: Tvárnice Betong 20 s kulatým otvorem [29]	17
Obr. 9: Oblouková tvárnice Betong 20 s kulatým otvorem [29]	17
Obr. 10: Tvárnice Betong 25 s hranatým otvorem [29]	17

Obr. 11: Průběh teplot konstrukci bez tepelné izolace / v konstrukci s vnitřním zateplením / v konstrukci s vnějším zateplením [30]	18
Obr. 12: Konstruktivní řešení Betong - vedení vnitřních rozvodů v tepelné izolaci [27].....	19
Obr. 13: Konstruktivní řešení – napojení vnitřní stěny na obvodovou zeď.....	20
Obr. 14: Konstruktivní řešení – napojení vnitřní okna v parapetu.....	20
Obr. 15: Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy [4].....	23
Obr. 16: Grafické znázornění energetického štítku obálky budovy [9].....	24
Obr. 17: Grafické znázornění energetického štítku obálky budovy [35].....	27
Obr. 18: Prostup tepla stěnou.....	32
Obr. 19: Vizualizace řešeného rodinného domu [Autor DP].....	35
Obr. 20: Dispoziční studie 1. NP.....	36
Obr. 21: Dispoziční studie 2. NP.....	36
Obr. 22: Řešený objekt – situace.....	37
Obr. 23: Skladba obvodové stěny s vnitřním zateplením a vnitřní nosné stěny s vnitřním zateplením	39
Obr. 24: Skladba vnitřní nosné stěny	39
Obr. 25: Skladba stropní konstrukce nad 1. NP	39
Obr. 26: Skladba střešní konstrukce.....	40
Obr. 27: Skladba podhledu 2. NP.....	40
Obr. 28: Skladba podlahy na terénu obytné části.....	40
Obr. 29: Skladba podlahy na terénu garáže	40
Obr. 30: Otopné těleso Korado RADIK VK [36]	46
Obr. 31: Otopné těleso Korado KORALUX LINEAR COMFORT [37].....	46
Obr. 32: Podlahový konvektor Licon KORAFLEX FV [38].....	46
Obr. 33: Kondenzační plynový kotel Therm 14 KDZN KORAFLEX FV [39]	49
Obr. 34: Zjednodušené funkční schéma kondenzačního plynového kotle THERM 14 KDZN [40]	50
Obr. 35: Regulátor a externí čidlo ekvitermiálního setu PT 59 [41].....	50
Obr. 36: Schéma zapojení systému vytápění – varianta č.1	51
Obr. 37: Kotel na peletky Biopel Premium 10/V9 [42]	52
Obr. 38: Akumulační nádrž DZD Nad 500v1[44] a elektrické topné těleso TPK 210-2 [45]	53
Obr. 39: Hlavní panel řídicí jednotky V9 [43]	59
Obr. 40: Schéma zapojení systému vytápění – varianta č.2.....	60
Obr. 41: Schéma podlahové konstrukce na zemině s podlahovým vytápěním a schéma podlahové konstrukce na stropní konstrukci s podlahovým vytápěním	63
Obr. 42: Výpočtové schéma pro stanovení výkonu topného okruhu [61].....	63
Obr. 43: Střední teplota v rovině proložené osou potrubí v půlce rozteče	64
Obr. 44: Rozdělovač topných okruhů Pipelife Radopress FT-VxA [35].....	74
Obr. 45: Tepelné čerpadlo STIEBEL ELTRON WPL 15 AS [47].....	75
Obr. 46: Akumulační zásobník SBP 200 E [48] a elektrické topné těleso BGC/45 [49].....	76
Obr. 47: Hluková studie – situace	81
Obr. 48: Regulátor tepelného čerpadla [51].....	82
Obr. 49: Regulátor topných okruhů [52].....	82
Obr. 50: Schéma zapojení systému vytápění – varianta č.3.....	83
Obr. 51: zásobníkový ohříváč DZD – OKC160 NTR/BP [54] a elektrické topné těleso Tj 6/4" [55].....	87
Obr. 52: Dispoziční uspořádání technické místnosti – koncepční řešení, varianta č. 1.....	89
Obr. 53: Dispoziční uspořádání technické místnosti – koncepční řešení, varianta č. 2.....	89
Obr. 54: Dispoziční uspořádání technické místnosti – koncepční řešení, varianta č. 3.....	89
Obr. 55: Zónování objektu pro výpočet PENB varianty č.1 a 3	102
Obr. 56: Zónování objektu pro výpočet PENB varianty č.2	102
Obr. 57: Grafický výstup PENB koncepčního řešení – varianta č.1.....	103
Obr. 58: Grafický výstup PENB koncepčního řešení – varianta č.2.....	103
Obr. 59: Grafický výstup PENB koncepčního řešení – varianta č.3.....	104
Obr. 60: Plochy solární kolektor SOL 27 premium S [58].....	110
Obr. 61: zásobníkový ohříváč DZD - OKC 200 NTRR/SOL [59]	110
Obr. 62: Skladba obvodové stěny ze skořepinových tvárníc BETONG 25 – vnitřní zateplení.....	113
Obr. 63: Skladba obvodové stěny ze skořepinových tvárníc BETONG 25 – vnější zateplení	113
Obr. 64: Skladba obvodové stěny z keramických tvárníc POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	113
Obr. 65: Konstrukce bez kondenzace–A, kondenzační rovina–B, kondenzační oblast–C [26].....	122
Obr. 66: Detail rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení.....	130
Obr. 67: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení.....	130
Obr. 68: Tepelné toky detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení.....	131
Obr. 69: Vlhkostní pole detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnitřní zateplení	131

Obr. 70: Detail rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení.....	132
Obr. 71: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení.....	132
Obr. 72: Tepelné toky detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení.....	133
Obr. 73: Vlhkostní pole detailu rohu obvodového zdiva BETONG 25 – vnější zateplení.....	133
Obr. 74: Detail rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	134
Obr. 75: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	134
Obr. 76: Tepelné toky detailu rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	135
Obr. 77: Vlhkostní pole detailu rohu obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	135
Obr. 78: Detail napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	136
Obr. 79: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	136
Obr. 80: Tepelné toky detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	137
Obr. 81: Vlhkostní pole detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	137
Obr. 82: Detail napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení.....	138
Obr. 83: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení.....	138
Obr. 84: Tepelné toky detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení.....	139
Obr. 85: Vlhkostní pole detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď BETONG 25 - vnější zateplení.....	139
Obr. 86: Detail napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	140
Obr. 87: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	140
Obr. 88: Tepelné toky detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	141
Obr. 89: Vlhkostní pole detailu napojení vnitřní nosné stěny na obvodovou zeď POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	141
Obr. 90: Detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	142
Obr. 91: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	142
Obr. 92: Tepelné toky detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	143
Obr. 93: Vlhkostní pole detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	143
Obr. 94: Detail napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení.....	144
Obr. 95: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení.....	144
Obr. 96: Tepelné toky detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení.....	145
Obr. 97: Vlhkostní pole detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu BETONG 25 – vnější zateplení.....	145
Obr. 98: Detail napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	146
Obr. 99: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	146
Obr. 100: Tepelné toky detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	147
Obr. 101: Vlhkostní pole detailu napojení stropní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	147
Obr. 102: Detail napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 - vnitřní zateplení.....	148
Obr. 103: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 - vnitřní zateplení.....	148
Obr. 104: Tepelné toky detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 - vnitřní zateplení.....	149
Obr. 105: Vlhkostní pole detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 - vnitřní zateplení.....	149

Obr. 106: Detail napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení.....	150
Obr. 107: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení.....	150
Obr. 108: Tepelné toky detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení.....	151
Obr. 109: Vlhkostní pole detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu Betong 25 – vnější zateplení.....	151
Obr. 110: Detail napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	152
Obr. 111: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	152
Obr. 112: Tepelné toky detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	153
Obr. 113: Vlhkostní pole detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	153
Obr. 114: Detail napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	154
Obr. 115: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	154
Obr. 116: Tepelné toky detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	155
Obr. 117: Vlhkostní pole detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	155
Obr. 118: Detail napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení.....	156
Obr. 119: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení.....	156
Obr. 120: Tepelné toky detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení.....	157
Obr. 121: Vlhkostní pole detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu BETONG 25 - vnější zateplení.....	157
Obr. 122: Detail napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	158
Obr. 123: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	158
Obr. 124: Tepelné toky detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	159
Obr. 125: Vlhkostní pole detailu napojení parapetu okna na obvodovou stěnu POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	159
Obr. 126: Detail napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	160
Obr. 127: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	160
Obr. 128: Tepelné toky detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	161
Obr. 129: Vlhkostní pole detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnitřní zateplení.....	161
Obr. 130: Detail napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení.....	162
Obr. 131: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení.....	162
Obr. 132: Tepelné toky detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení.....	163
Obr. 133: Vlhkostní pole detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci BETONG 25 - vnější zateplení.....	163
Obr. 134: Detail napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	164
Obr. 135: Teplotní pole a průběh povrchové teploty v detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	164
Obr. 136: Tepelné toky detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	165
Obr. 137: Vlhkostní pole detailu napojení obvodové stěny na základovou konstrukci POROTHERM 30 Profi - vnější zateplení.....	165

7. SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech dle vyhlášky 6/2003 Sb. [6]	27
Tab. 2: Tabulka místností 1. NP.....	36
Tab. 3: Tabulka místností 2. NP.....	36
Tab. 4: Posouzení skladeb konstrukcí na hodnotu součinitele prostupu tepla U	41
Tab. 5: Návrhová tepelná ztráta místností a celková návrhová ztráta objektu.....	45
Tab. 6: Stanovení skutečného výkonu otopných tělese pro koncepční řešení – varianta č.1.....	47
Tab. 7: Dimenzování potrubí systému vytápění pro koncepční řešení – varianta č.1	48
Tab. 8: Technické údaje kondenzačního plynového kotle THERM 14 KDZN [40].....	49
Tab. 9: Technické údaje kotle na peletky Biopel Premium 10/V9 [43]	53
Tab. 10: Technické údaje akumulční nádrže DZD Nad 500v1 [46]	54
Tab. 11: Výsledky výpočtu doby nabíjení a vybití akumulční nádrže pro koncepční řešení – varianta č.2.....	57
Tab. 12: Výsledky výpočtu doby nabíjení a vybití akumulční nádrže pro koncepční řešení – varianta č.3.....	61
Tab. 13: Dimenzování potrubí systému vytápění pro koncepční řešení – varianta č.3.....	62
Tab. 14: Dimenzování topného okruhu místnosti 1.01	67
Tab. 15: Dimenzování topného okruhu místnosti 1.04	68
Tab. 16: Dimenzování topného okruhu místnosti 1.05	69
Tab. 17: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.02	70
Tab. 18: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.03	71
Tab. 19: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.04	72
Tab. 20: Dimenzování topného okruhu místnosti 2.05	73
Tab. 21: Dimenzování přírodních potrubí do rozdělovače a sběrače.....	74
Tab. 22: Technické informace tepelného čerpadla STIEBEL ELTRON WPL 15 AS [47].....	75
Tab. 23: Technické informace akumulčního zásobníku SBP 200 E [50].....	77
Tab. 24: Výsledky výpočtu doby nabíjení a vybití akumulční nádrže pro koncepční řešení – varianta č.3.....	78
Tab. 25: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb [7]	80
Tab. 26: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru [7]	80
Tab. 27: Časové rozložení odběru TV podle ČSN 06 0320 [15]	85
Tab. 28: Potřeba tepla odběrných míst [16]	85
Tab. 29: Technické údaje zásobníkového ohříváče DZD – OKC160 NTR/BP [53].....	87
Tab. 30: Doba dohřevu	88
Tab. 31: Investiční náklady	90
Tab. 32: Roční spotřeba dřevěných pelet.....	92
Tab. 33: Roční provozní náklady	93
Tab. 34: Produkce škodlivin jednotlivých variant zdrojů tepla	94
Tab. 35: Porovnání produkce škodlivin jednotlivých variant zdrojů tepla	95
Tab. 36: Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení – varianta č.1	105
Tab. 37: Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení – varianta č.2	105
Tab. 38: Souhrn variant opatření pro variantu koncepčního řešení – varianta č.3	105
Tab. 39: Technické údaje plochého solárního kolektoru SOL 27 premium S [58]	110
Tab. 40: Technické údaje zásobníkového ohříváče DZD OKC 200 NTRR/SOL [60]	110
Tab. 41: Bilance solárního systému	111
Tab. 42: Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla [10].....	114
Tab. 43: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla vybraných stavebních konstrukcí [9]..	115
Tab. 44: Porovnání hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých variant zdíciho systému při zachování jednotné tloušťky.	116
Tab. 45: Porovnání hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých variant zdíciho systému při stejné velikosti hodnoty U.	117
Tab. 46: Posouzení skladeb obvodové stěny na hodnotu součinitele prostupu tepla.....	117
Tab. 47: Posouzení nejnižší vnitřní povrchové teploty skladeb konstrukcí	118
Tab. 48: Posouzení skladeb na teplotní faktor vnitřního povrchu	119
Tab. 49: Posouzení roční vlhkostní bilance skladeb obvodové stěny	123
Tab. 50: Posouzení roční vlhkostní bilance skladby střešní konstrukce a pohledu 2. NP	125
Tab. 51: Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy [9]	128
Tab. 52: Kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty	128
Tab. 53: Posouzení poklesu dotekové teploty skladby podlahy	128
Tab. 54: Požadovaná a doporučená hodnota lineárního činitele prostupu tepla [9].....	129
Tab. 55: Souhrn výsledků nejnižší vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru vnitřního povrchu detailů stavebních konstrukcí.....	166
Tab. 56: Souhrn výsledků nejnižší vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru vnitřního povrchu detailu parapetu okna.....	166

Tab. 57: Souhrn výsledků lineárního činitele prostupu tepla detailů stavebních konstrukcí.....	167
Tab. 58: Souhrn výsledků lineárního činitele prostupu tepla detailu parapetu okna	167
Tab. 59: Rozdíl výsledků výpočtu tepelné ztráty objektu podle metody zahrnutí vlivu tepelných mostů.....	169
Tab. 60: Výsledky posouzení zimní stability místnosti.....	170
Tab. 61: Výsledky posouzení letní stability místnosti.....	171

8. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Doba nabíjení z teploty 10 °C a vybíjení akumulční nádrže – varianta koncepčního řešení č.2	58
Graf 2: Doba nabíjení z teploty 60 °C a vybíjení akumulční nádrže – varianta koncepčního řešení č.2	58
Graf 3: Návrhový diagram pro stanovení součinitele prostupu tepla konvekcí [63].....	65
Graf 4: Návrhový diagram pro stanovení součinitele prostupu tepla sáláním [63]	66
Graf 5: Graf výkonu tepelného čerpadla [47] a stanovení bodu bivalence	76
Graf 6: Doba nabíjení z teploty 10 °C a vybíjení akumulční nádrže – varianta koncepčního řešení č.3	79
Graf 7: Doba nabíjení z teploty 60 °C a vybíjení akumulční nádrže – varianta koncepčního řešení č.3	79
Graf 8: Návrh dodávky tepla pro ohřev teplé vody	85
Graf 9: Investiční náklady jednotlivých variant koncepčního řešení	91
Graf 10: Roční provozní náklady jednotlivých variant koncepčního řešení.....	93
Graf 11: Roční náklady na energie jednotlivých variant koncepčního řešení.....	94
Graf 12: Vyprodukované množství znečišťujících látek jednotlivých variant koncepčního řešení.....	95
Graf 13: Vyprodukované množství CO ² jednotlivých variant koncepčního řešení	95
Graf 14: Bilance solárního systému	112
Graf 15: Porovnání ceny 1 m ² zdiva a hodnoty U	116
Graf 16: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci obvodového zdiva BETONG25 – vnitřní zateplení.....	124
Graf 17: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci obvodového zdiva BETONG25 – vnější zateplení	124
Graf 18: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci obvodového zdiva POROTHERM 30 Profi – vnější zateplení.....	125
Graf 19: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci podhledu 2. NP	126
Graf 20: Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace ve střešní konstrukci	126
Graf 21: Pokles výsledné teploty v zimním období – místnost 1.05.....	170
Graf 22: Pokles výsledné teploty v zimním období – místnost 2.03.....	170
Graf 23: Průběh teplot v letním období – místnost 1.05	171
Graf 24: Průběh teplot v letním období – místnost 2.05	171