

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Budovy a prostředí

(zaměření Konstrukce budov)



DIPLOMOVÁ PRÁCE

OBYTNÝ KOMPLEX V PASIVNÍM STANDARDU BŘEVNOV

Vyhotovil: Bc. Tomáš Uchytíl

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Petr Hájek, CsC., FEng.

Praha 2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Uchytíl	Jméno: Tomáš	Osobní číslo: 423819
Zadávací katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: (N3649) Budovy a prostředí		
Studijní obor: (3608T006) Budovy a prostředí		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Obytný komplex v pasivním standardu Břevnov	
Název diplomové práce anglicky: Břevnov residential complex in passive standard	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte projektovou dokumentaci na úrovni rozšířeného projektu pro stavební řízení. Zpracujte komplexní řez v M1:20 - M1:25 obálkou budovy + soubor 5 ti detailů. Vypracujte analýzu možných alternativ řešení se zaměřením na energetickou efektivitu budovy s možností dosažení pasivního standardu.	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Petr Hájek, CsC., Feng.	
Datum zadání diplomové práce: 3.10.2018	Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019 <small>Údaj uvedte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

3.10.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Tomáš Uchytíl

Název diplomové práce: Obytný komplex v pasivním standardu Břevnov

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 70 %

Formulace úkolů: Vypracujte projektovou dokumentaci na úrovni rozšířeného projektu pro stavební řízení. Komplexní řez v M 1:20 - 1:25, Soubor detailů obálky budovy a posouzení 2D teplotního pole, Technická a průvodní zpráva, Situační výkresy, Výkresy půdorysů, Řez 1:50, Výkres střechy, Pohledy, Konstrukční systém, Průkaz energetické náročnosti budovy

Podpis vedoucího DP: _____

Datum: 2. 10. 2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Technická zařízení budov podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Miroslav Urban, PhD.

Formulace úkolů: Zpracování základních bilancí, Základní generel ÚT, VZT, ZTI řadového rodinného domu, Situace parteru + inženýrské sítě, Nakládání s dešťovou vodou

Podpis konzultanta _____

Datum: 12. 11. 2018

3. Část: Rozšiřující část - KPS podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): prof. Ing. Petr Hájek, CSc., FEng.

Formulace úkolů: Vypracujte analýzu konstrukčního řešení objektu z hlediska energetické efektivity se zaměřením a dosažením pasivního standardu.

Podpis konzultanta: _____

Datum: 2. 10. 2018

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Obytný komplex v pasivním standardu Břevnov** zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 6.1.2019

.....
Jméno Příjmení

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Petru Hájkovi, CsC.,FEng. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Urbanovi, PhD. za odborné rady při konzultacích oborové části TZB. Také bych chtěl poděkovat Bc. Václavu Ulčovi za poskytnutí architektonické studie.

OBYTNÝ KOMPLEX V PASIVNÍM STANDARDU BŘEVNOV

PASSIVHAUS COMPLEX BŘEVNOV

Anotace

Práce se zabývá návrhem obytného komplexu v pasivním standardu. Objekt je koncepčně navržen jako železobetonový prefabrikovaný skelet se sloupkovou dřevěnou obálkou, dbáno je na minimalizaci energetické náročnosti. Diplomová práce má dvě části – výkresovou dokumentaci stavební části, tepelně-technické posouzení, návrh technického zařízení budov. Druhá část je rešerše pojednávající o pasivním standardu a aplikaci kritérií na objektu, popis konstrukčního řešení, schéma TZB a vyhodnocení detailů obálky budovy.

Klíčová slova:

Pasivní dům, železobeton, dřevostavba, energetická náročnost, detaily obálky budovy

Summary

The thesis deals with the design of a residential complex in a passive standard. The object is conceptually designed as a reinforced concrete prefabricated skeleton with a wooden envelope. The project is design to minimize energy demand. The diploma thesis has two parts - drawing documentation of building part, thermal technical assessment, design of technical equipment of buildings. The second part is a review of the passive standard and the application of the criteria on the building, the description of the design solution, the technical scheme and the evaluation of the details of the building envelope.

Key words:

Passive house, reinforced concrete, wooden building, building energy demand, details of the building envelop

Obsah

1.	ÚVOD	6
2.	OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA PASIVNÍHO DOMU	7
2.1.	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	7
2.2.	HODNOTY LINEÁRNÍHO Činitele PROSTUPU TEPLA	9
2.3.	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A MĚRNÁ SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	10
2.4.	TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ	10
2.5.	TĚSNOST OBÁLKY BUDOVY	12
3.	PŘÍKLADY PASIVNÍCH OBYTNÝCH DOMŮ	14
3.1.	OBYTNÝ SOUBOR BYTOVÝCH DOMŮ WOHNEN AM LOBACH (RAKOUSKO)	14
3.2.	OBYTNÝ SOUBOR BYTOVÝCH DOMŮ V HALLEINU (RAKOUSKO)	16
3.3.	BYTOVÝ DŮM WOLFURTU (RAKOUSKO)	17
3.4.	NULOVÝ RODINNÝ DŮM - DŮM T (ČESKÁ REPUBLIKA)	18
4.	LOKALITA	20
5.	KLIMATICKÉ PODMÍNKY	21
6.	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PROJEKTU	21
6.1.	PŘÍPRAVA ÚZEMÍ A ZEMNÍ PRÁCE	21
6.2.	ZALOŽENÍ OBJEKTU A SPODNÍ STAVBA	22
6.3.	KONCEPCE HORNÍ STAVBY, OBVODOVÝ PLÁŠŤ	22
6.4.	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ, TERASY	24
6.5.	VNITŘNÍ DĚLICÍ KONSTRUKCE	24
7.	KONCEPCE TZB	25
7.1.	NÁVRH VYTÁPĚNÍ	25
7.2.	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	26
7.3.	NÁVRH VĚTRÁNÍ	26
7.4.	HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU	26
8.	APLIKACE SBTOOLCZ	28
8.1.	SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE (E.01)	29
8.2.	SPOTŘEBA PITNÉ VODY (E.10)	29
8.3.	ZELEŇ NA BUDOVĚ A POZEMKU (E.13)	30
8.4.	TEPELNÁ POHODA V LETNÍM OBDOBÍ (S.03)	30
8.5.	VYHODNOCENÍ KRITÉRIÍ	31
9.	DETAILY OBÁLKY BUDOVY	32

9.1.	DETAIL A.....	33
9.2.	DETAIL B.....	34
9.3.	DETAIL C	35
9.4.	DETAIL C	36
9.5.	DETAIL E.....	37
9.6.	DETAIL F.....	38
10.	ZÁVĚR.....	39
11.	ZDROJE.....	40
12.	SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ.....	41
13.	SEZNAM OBRÁZKŮ	41
14.	SEZNAM TABULEK.....	42

1. ÚVOD

Studie bytového domu a řadových domů v Praze - Břevnově vznikla jako studentská práce architekta Bc. Václava Ulče. Cílem této diplomové práce je z architektonické studie vytvořit stavební projekt v pasivním standardu a také stanovit koncepci větrání a vytápění. Projekt má kombinovat statické, akumulční výhody železobetonu s výhodami suché výstavby dřevěných konstrukcí s cílem navrhnout pasivní standard domu.

Obytný komplex se skládá ze dvou částí. Při jižní hranici, podél zdi klášterní zahrady je navrženo 14 dvoupatrových řadových domů. V druhé řadě v severní části je navržen bytový dům s pěti nadzemními podlažími, který je rozdělen do 4 samostatných vchodů. Celý komplex je propojen podzemními garážemi, které mají vjezd ve východní části, přímo do ulice Radimova.



Obrázek 1 - Vizualizace bytového domu, v popředí řadové domy, převzato z [1]

2. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA PASIVNÍHO DOMU

Pasivní budovy se vyznačují minimalizovanou spotřebou energie k získání požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou spotřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich činnost prostřednictvím optimalizovaného stavebního řešení a dalších opatření. Základní údaje lze nalézt v ČSN 73 0540-2 od roku 2002, upřesněno v znění z roku 2011. Veličiny, které je třeba sledovat dle TNI 73 0329 a TNI 73 0330.[2]

- Prostup tepla konstrukcí
- Průměrný součinitel prostupu tepla
- Měrná potřeba tepla na vytápění
- Měrná spotřeba primární energie na provoz budovy
- Tepelná stabilita v letním období
- Těsnost obálky budovy
- Zajištění dostatečného přísunu čerstvého vzduchu [3]

2.1. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla musí splňovat dvě kritéria. Jednotlivé konstrukce musí splňovat požadované hodnoty pro pasivní dům a obálka objektu zároveň vyhovuje průměrnému součiniteli prostupu tepla U_{em} . Doporučené hodnoty pro pasivní budovy jsou uvedeny v intervalech (viz. tabulka níže). Hodnoty při horním okraji jsou uvedeny pro větší a kompaktní budovy, kterou je navrhovaný objekt. [4] Skladby konstrukcí (viz. D.1.1.1.) použité v projektu splňují tyto doporučené hodnoty.

Konstrukce	Označení konstrukce v projektu	Hodnota součinitele prostupu tepla U [W/m ² *K]	Hodnota součinitele prostupu tepla U _{pas} dop. pro pasivní domy [W/m ² *K]
Stěna obvodová	S01	0,136	0,18-0,12
Stěna obvodová	S11	0,172	0,18-0,12
Střecha plochá (sklon do 45°)	S02	0,131	0,15-0,10
Střecha plochá (sklon do 45°)	S08	0,148	0,15-0,10
Strop vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostředí	S06	0,160	0,30-0,20
Výplň otvoru z vytápěného prostředí do venkovního prostředí	Ox	0,72	0,8-0,6

Tabulka 1 - Tabulka hodnot součinitele prostupu tepla konstrukcí

Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $R_i \leq 60\%$ součinitel prostupu tepla U [W/m²*K] takový, aby splňoval podmínku: $U \leq U_N$

kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m²*K]., převzato z [5]

Pro navrhovanou budovu se stanoví hodnota U_N , kde převažuje návrhová vnitřní teplota θ_{im} v rozmezí 18 - 22°C dle doporučených hodnot normy ČSN 73 05 40-2. [6]

Komplex budov Břevnov splňuje podmínku průměrného součinitele prostupu tepla na základě posouzení objektu v programu Energie 2017 s následujícími výsledky:

Požadavek průměrného součinitele prostupu tepla pro bytový dům

$$U_{em} = 0,35 \text{ [W/m}^2\text{*K]}$$

Doporučený průměrný součinitel prostupu tepla pro bytový dům

$$U_{em, dop} = 0,30 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla

$$U_{em} = 0,24 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$$

$$U_{em} < U_{em} \text{ požadavek je splněn (viz. D.1.1.4.)}$$

Mezi hodnotící kritéria řadíme i lineární činitel prostupu tepla, o němž pojednává samostatná kapitola.

2.2. Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla

Lineární činitel prostupu tepla konstrukcí určuje velikost tepelné vazby ve styku obvykle dvou, ale i více konstrukcí. Je specifikován normou ČSN 730540-2, která stanovuje požadované, doporučené a doporučené „pasivní“ hodnoty této veličiny. Lineární činitel slouží při vynásobení délkou styku konstrukcí k určení lineární tepelné vazby a upřesňuje výpočet tepelných ztrát objektu.[7] Pro účel projektu Komplex Břevnov bylo vypracováno 5 styků dvou konstrukcí za účelem prokázání doporučených hodnot pro pasivní budovy.

Tab. 1: Požadovaný lineární činitel prostupu tepla ψ_N podle ČSN 730540-2

	Požadované hodnoty ψ_N	Doporučené hodnoty ψ_{rec}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy ψ_{pas}
	[W/(m·K)]	[W/(m·K)]	[W/(m·K)]
Styk vnější stěny a další konstrukce s výjimkou výplně otvoru (např. styk se základem, stropem, jinou stěnou, střechou, balkonem apod.)	0,20	0,10	0,05
Styk vnější stěny a výplně otvoru (parapet, ostění, nadpraží)	0,10	0,03	0,01
Styk střechy a výplně otvoru (střešní okno, světlík apod.)	0,30	0,10	0,02

Tabulka 2 - Tabulka hodnot součinitele lineárního činitele prostupu tepla, převzato z [8]

Použité veličiny pro výpočty uvedené v kapitole „9.DETAILY OBÁLKY BUDOVY“:

Ψ = lineární činitel prostupu tepla [W/(m²*K)]

Ψ_N = požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla [W/(m²*K)]

Ψ_{pas} = hodnota lineárního činitele prostupu tepla požadovaná pro pasivní domy [W/(m²*K)]

L = lineární tepelná propustnost [W/(m²*K)]

U_{Si} = součinitel prostupu tepla dané skladby v projektu [W/(m²*K)]

l = délka příslušné konstrukce v detailu

2.3. Potřeba tepla na vytápění a měrná spotřeba primární energie

Mezi základní vlastnosti pasivních budov také patří Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m²*a] v rámci požadavku na obytný dům není překročena požadovaná hodnota 15 kWh/m²*a. Tato hodnota pro daný objekt byla ověřena v programu Energie 2017, dle zadaných parametrů budovy byla vypočtena hodnota Měrné potřeby tepla na vytápění 5 kWh/m²*a. (viz. D.1.1.4.).

Další požadavkem pro obytné budovy je Měrná potřeba energie na chlazení [kWh/m²*a], která je pro objekt požadována jako nulová tzn. není za potřebí strojního chlazení. Tento požadavek je ověřen výpočtem tepelné stability objektu v letním období a zabývá se jím kapitola „2.4. Tepelná stabilita“.

Třetím požadavkem standardu pasivního domu je Měrná potřeba primární energie [kWh/m²*a], která pro bytový dům činí nejvýše 60 kWh/m²*a. [9] Hodnota Měrné potřeby primární energie byla stanovena výpočtem (viz. D.1.1.5.) z Celkové primární energie (385,2 MWh/a) na 54,65 kWh/m²*a

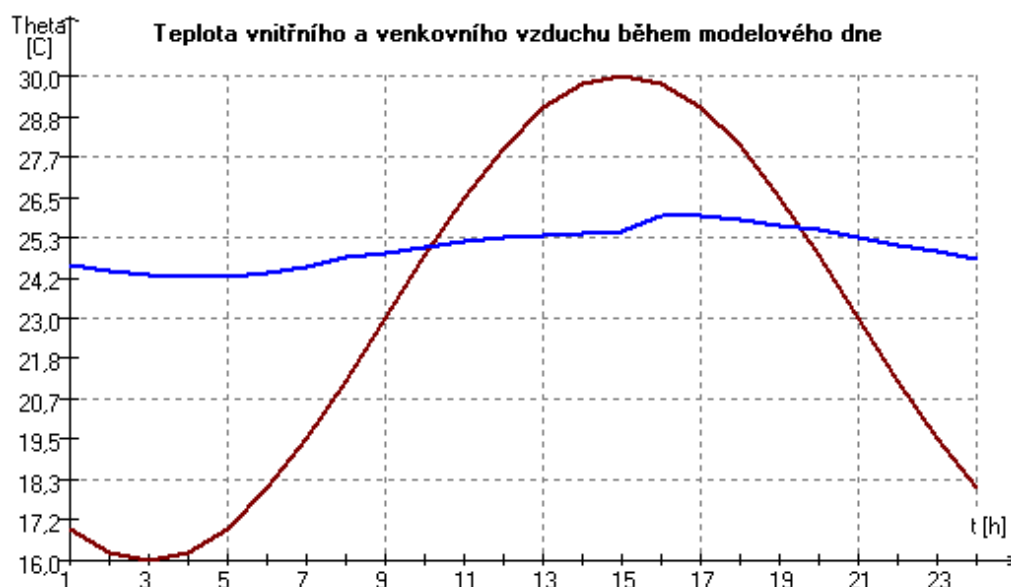
2.4. Tepelná stabilita v letním období

Kritická místnost musí mít nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C] dle vztahu $\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$, kde $\theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období [°C], která je stanovena pro nevýrobní budovu 27 °C.

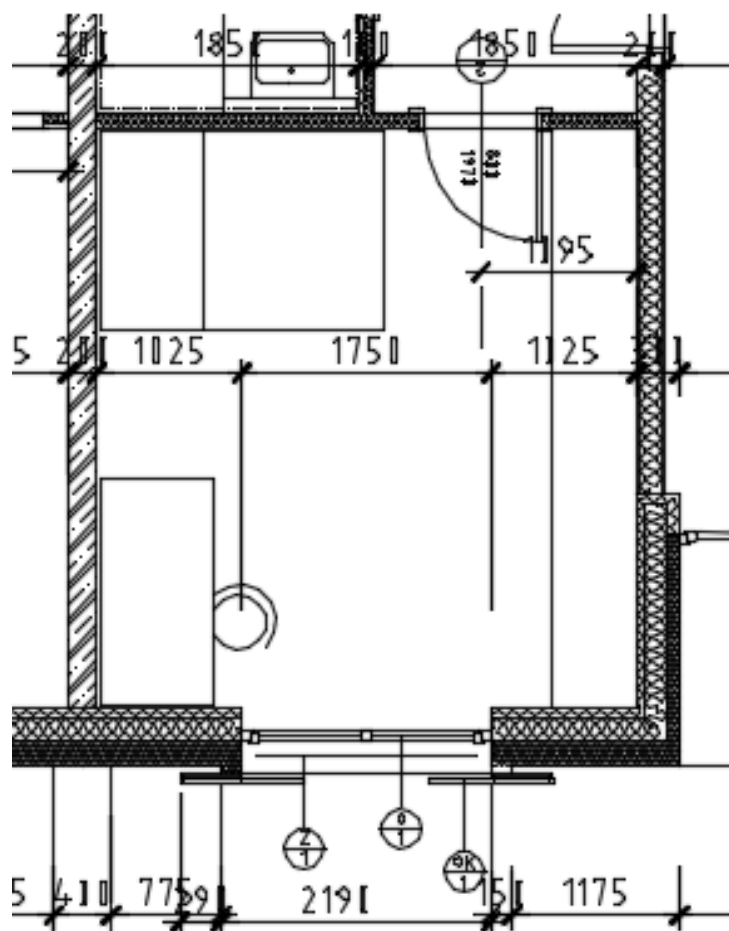
Kritická místnost je charakterizována jako místnost s největší plochou přímo osluněných výplní otvorů směřujících na Z, JZ, J, JV, a to v poměru k podlahové ploše přilehlého prostoru. Pro splnění požadavků se využívá výpočtových postupů dle ČSN EN ISO 13791 a ČSN EN ISO 13792 při použití okrajových podmínek dle ČSN 73 05 40-3. Ve výpočtu se neuvažují vnitřní tepelné zisky. Při

hodnocení je možné vzít v potaz proměnlivou intenzitu větrání např. zvýšenou intenzitu v nočních hodinách, pokud je to provozně zajištěno a je to bezpečně možné. [10]

V projektu Břevnov byla vybrána kritická místnost v posledním nadzemním podlaží, orientovaná okenním otvorem na jih o rozměru 5m². Místnost je uvažována dle studie jako ložnice o podlahové ploše 15,5 m². Pro splnění normového požadavku 27°C bylo nutné použití venkovních stínících prostředků a to posuvných dřevěných okenic. Dále pak do výpočtu bylo uvažováno s nočním větráním, které bude zajištěno vzduchotechnickou jednotkou. Výsledkem těchto opatření je vypočtená teplota vnitřního prostředí $T_{ai,max} = 25,95$ °C. (viz. D.1.1.6.)



Obrázek 2- Křivka teploty vnitřního a venkovního vzduchu (viz. D.1.1.6)



Obrázek 3 - Půdorys uvažované kritické místnosti

2.5. Těsnost obálky budovy

V doporučeních pro nízkoenergetické domy a v doporučeních a předpisech pro hodnocení energetické náročnosti budov obecně lze nalézt požadavek relativní vzduchotěsnosti budovy. Tento požadavek je velice přísný v případě domů s deklarovanou extrémně nízkou potřebou tepla na vytápění, o něco méně přísný v rámci budov obvyklých s přirozeným větráním. V případě několika států je tento požadavek považován jako naprosto zásadní, je uváděn v projektové dokumentaci, bývá měřen jako součást kontroly kvality a jeho plnění je zahrnuto ve smluvních vztazích. Tento požadavek by měl být vyžadován automaticky i v našem státě. Celková průvzdušnost obálky budovy či její ucelené části se ověřuje pomocí celkové intenzity výměny vzduchu. Požadavek neprůvzdušnosti obálky n_{50} znamená, že při rozdílu tlaku uvnitř budovy 50 Pa nedochází k výměně vzduchu z důvodu nedokonalosti obálky více jak $0,6^{-1}/\text{hod}$. [11]

Projekčně je tento požadavek řešen důrazem na kvalitní parozábranu v podobě desky OSB III, přelepené ve spojích vzduchotěsnou lepicí páskou. Tato páska bude též využita v detailu napojení OSB – rám okna a OSB – železobetonová konstrukce (viz. výkresová dokumentace - D.1.2.13-18). Tento požadavek bude ověřen v průběhu stavby tzv. blower-door testem dle ČSN EN ISO 9972.

3. PŘÍKLADY PASIVNÍCH OBYTNÝCH DOMŮ

3.1. Obytný soubor bytových domů Wohnen am Lobach (Rakousko)

Autor: C.Baumschlager a D. Eberle

Rok realizace: 2000

Potřeba tepla: 20,0 kWh/m²*a

Co do obytné plochy, která činí 22 150 m² a s dvěma patry podzemních garáží se jedná o velikostně podobný projekt v pasivním standardu srovnatelný s navrhovaným Komplexem Břevnov. Dalším spojujícím prvkem těchto dvou objektů jsou rozsáhlé okenní otvory realizované na výšku podlaží a otvírající se do lodžii. Projekt má před lodžii předsazené sklápějící se okenice z mědi a zábradlí ze satínového skla, které tvoří sluneční a povětrnostní clonu. Obdobně bude realizováno v uvažovaném projektu, kde bude použito také satínové sklo, jako funkční prvek zábradlí.

Konstrukčně je objekt řešen jako železobetonový skelet ze sloupů o tloušťce 180 mm, zateplený tepelnou izolací tloušťky 280 mm a dřevěným obkladem. Objekt má obrácenou skladbu ploché střechy o tloušťce izolační vrstvy 300 mm. I přesto, že objekt byl vystaven na počátku milénia disponuje izolačními trojskly. Každý z bytů je vybavený kompaktním agregátem s výměníkem tepla zahrnující integrované malé tepelné čerpadlo a zásobník teplé vody. Při nízkých venkovních teplotách se přiváděný vzduch do místností dohřívá malým tepelným čerpadlem cca na 30-40°C. Objekt disponuje solárním systémem, ze kterého teplo proudí do centrálního zásobníku každé budovy.

Zajímavostí je využívání zařízení na zachyt srážkové vody pro splachování WC. Obdobným způsobem bude zachytávána srážková voda i v projektu diplomové práce avšak voda bude využita pro zavlažování zelených střech. [12]



Obrázek 4 - Pohled na bytový komplex Wohnen am Lobach, převzato z [13]

3.2. Obytný soubor bytových domů v Halleinu (Rakousko)

Autor: O. Essl

Rok realizace: 2000

Potřeba tepla: 13,9 kWh/m²*a

Koncepčně je soubor řešen jako čtyři bytové domy se třemi resp. čtyřmi podlažími s 31 bytovými jednotkami a celkovou užitnou plochou 2334 m² obklopující centrální nádvoří. Konstrukčně je objekt řešen kombinovaným stavebním systémem zahrnující železobetonový skelet ze stěn a pilířů o tloušťce 180 mm, mezi pole mají výplň dřevěné rámové konstrukce složené z EPS o tloušťce 150 mm a minerální vlny tloušťky 180 mm. Stropy objektu jsou železobetonové o tloušťce 240 mm a se střechem s vnějším zateplením o tloušťce izolantu 300 mm. Okenní otvory jsou osazeny tepelně izolačním trojsklem z kryptonovou výplní. Po technické stránce je objekt decentrálně větrán pomocí řízeného větrání. Stejný systém bude využit v uvažovaném projektu. Distribuce tepla je řešena pomocí konvenčního dvoutrubkového systému vytápění s nízkoteplotními otopnými tělesy. [14]



Obrázek 5- Pohled na bytový komplex Hallein s řezem a půdorysem, převzato z [14]

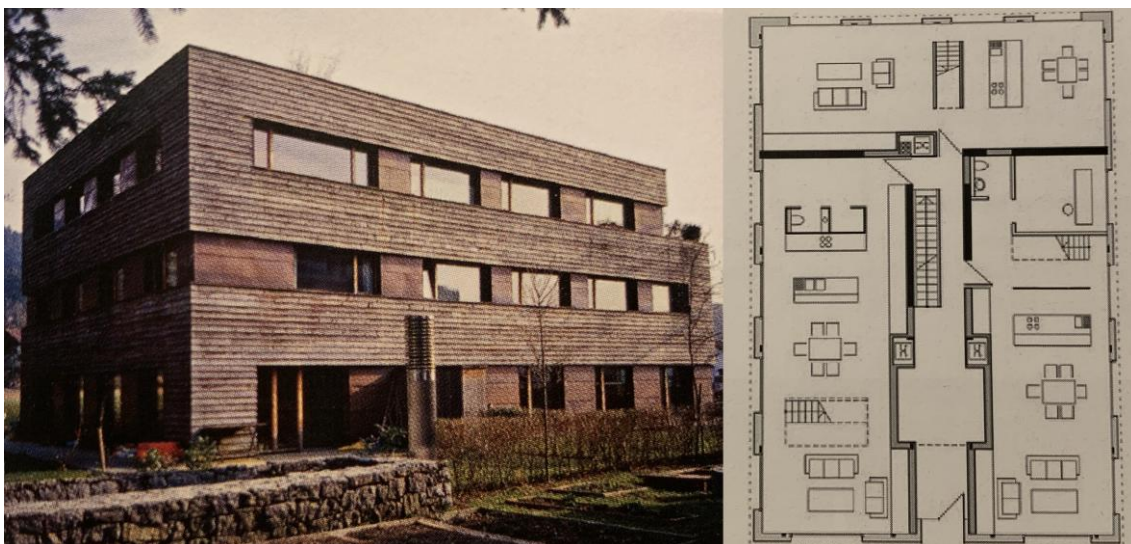
3.3. Bytový dům Wolfurtu (Rakousko)

Autor: G. Zweirl

Rok realizace: 1999

Potřeba tepla: 13,5 kWh/m²*a

Bytový dům stojí na pozemku o rozloze 2700 m² s delší stranou orientovanou na jihozápad. Pozemek je tedy přibližně stejně velký a má stejnou orientaci jako zamýšlený projekt. Schodiště, které se nachází uprostřed půdorysu, zabezpečuje přístup do bytu v každém podlaží. Jde o kombinovaný stavební systém zahrnující nosnou konstrukci z masivních železobetonových stropů spočívajících na ocelových sloupech a ztužujících betonových stěnách. Obvodové stěny jsou z prefabrikovaných lehkých panelů s fošnovými nosníky a výplní z minerální vlny o tloušťce 260 mm. Střecha je plochá s opačným pořadím vrstev. Příčky jsou konstruovány jako lehké sádkartonové. Zajímavostí je použití vakuových tepelně-izolačních panelů ve skladbě střešní terasy, jelikož při použití konvenčního tepelně-izolačního materiálu by došlo ke zvýšení roviny terasy cca o 300 mm a tím pádem by vznikl schod na terasu.[15]



Obrázek 6 – Pohled na bytový dům ve Wolfurtu s půdorysem, 2.NP převzato z [15]

3.4. Nulový rodinný dům - dům T (Česká republika)

Autor: J. Tywoniak

Rok realizace: 2009-2010

Potřeba tepla: 20 kWh/m²*a

Rodinný dům je navržený pro 4 osoby, rozkládající se na jižním okraji Prahy. Tepelným zdrojem jsou automatická peletová kamna s vodním zásobníkem. Na střeše jsou umístěny solární fotovoltaický i fototermický systém. Konstrukčně je objekt řešen jako železobetonový monolitický prefabrikovaný skelet monolitickými stropem. Obvodový plášť není nosný, je z dřevěné konstrukce. Konstrukce druhého podlaží je dřevěná odvozená od principu „two by four“ vyplněné dostatečnou tloušťkou minerální izolace. Střecha domu je řešena jako kombinace fošen, OSB přířezů, dřevěných hranolů a OSB desek vytvářející ztužující funkci. Pozornost byla věnována řešení napojení konstrukcí mezi sebou a přítomností železobetonových prvků v obálce budovy. Správná pozice železobetonových prvků byla prokázána výpočtem 2D stacionárního pole teplot. [16]

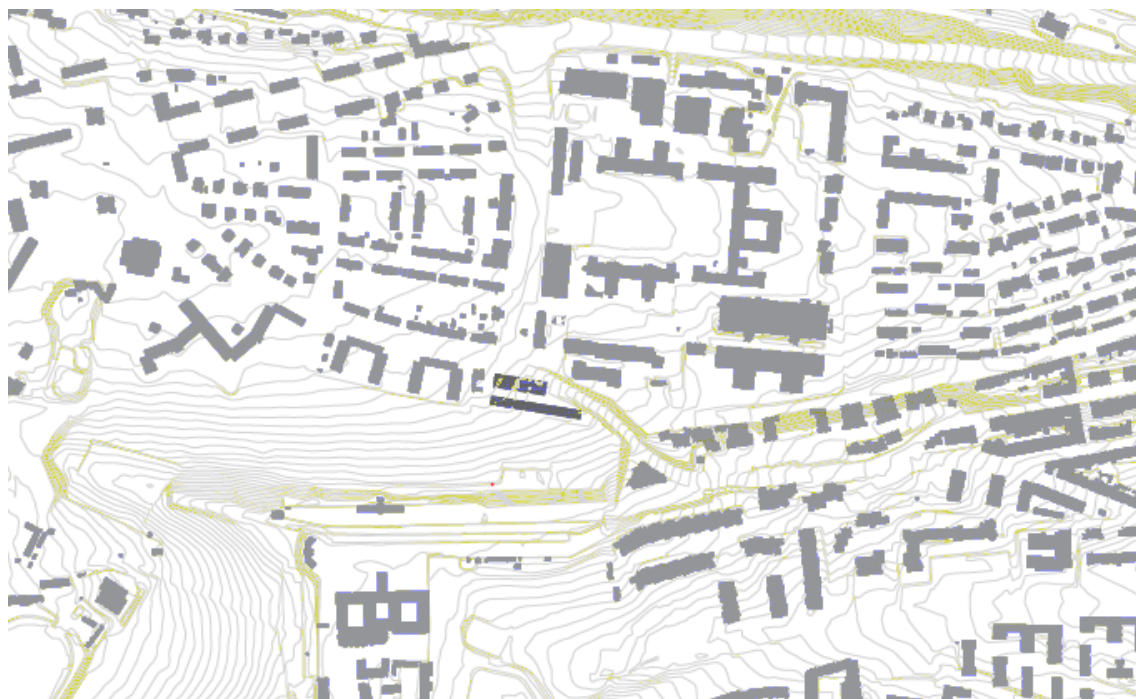


Obrázek 7 – Průběh stavby domu T, převzato z [17]

4. LOKALITA

Mírně svažité pozemek o rozloze 5 727 m² se nachází v Pražské části Břevnov. Pozemek sousedí z jižní strany se zahradou Břevnovského kláštera. Při severní hranici vede místní komunikace ul. Radimova, která je spojnicí mezi částmi Prahy 6 a to Kajetánkou a Petřinami. Ze západu objekt navazuje na rozvolněnou zástavbu rodinných domů a vysokoškolských kolejí. Přes ulici Radimova se nachází areál Ústřední vojenské nemocnice. Pozemek je v současné době rozdělen do většího počtu parcel, na kterých stojí zanedbané řadové garáže. Současné garáže mohou být označeny za „brownfield“ a proměna pozemku v primárně obytnou zónu je žádoucí.

Pozemek se nachází v širším centru s dostatečnou dopravní dostupností a s plnou občanskou vybaveností.

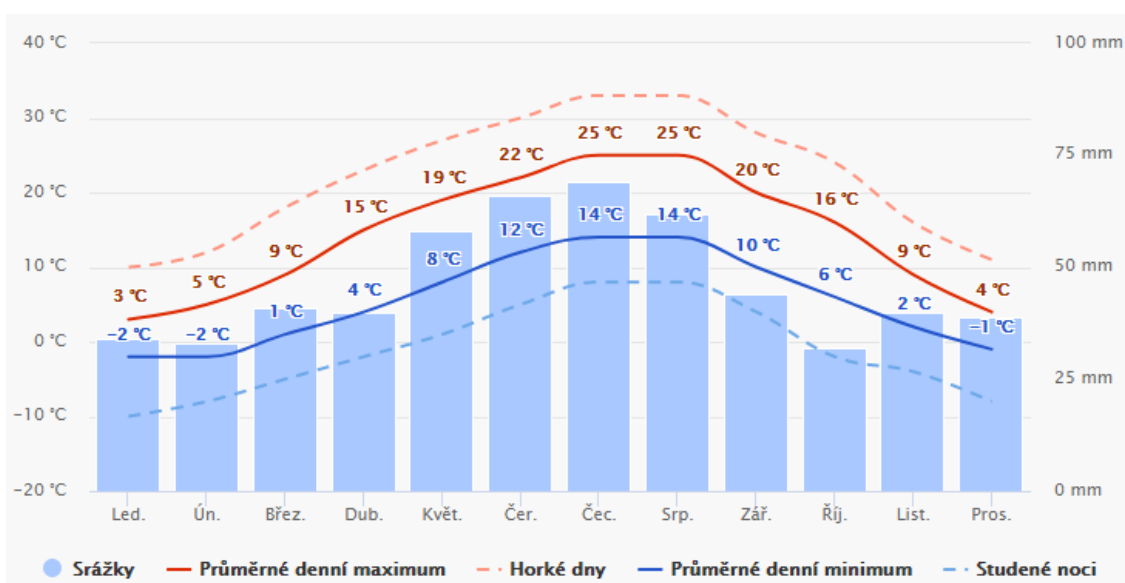


Obrázek 8 – Poloha objektu s okolní zástavbou, převzato z [1]

5. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Komplex bytových domů se nachází 314 m.n.m na konci plochy, která se rozléhá od Bílé hory přes Petřiny po areál ÚVN. Z důvodu umístění na vyvýšenině, lze očekávat zhoršené povětrnostní podmínky.

Teplotní podmínky v Praze nejsou extrémního charakteru a návrh bytového domu není tudíž těmito vlivy omezen.



Obrázek 9 – Klimatické podmínky Praha, převzato [18]

6. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PROJEKTU

Komplex je koncipovaný jako železobetonový stěnový příčný systém doplněný difúzně otevřený obvodový plášť dřevostavby.

6.1. Příprava území a zemní práce

Pro realizaci stavby jsou nutné demoliční práce řadových garáží a odstranění asfaltových přístupových ploch. Dále je nutné v částečném rozsahu kácení stromů a keřů. V severní části pozemku budou zachovány vzrostlé stromy. Po dobu realizace stavby je nutné tyto stromy ochránit. Podél jižní hranice pozemku stojí kamenná opěrná zeď, která bude vyžadovat stavební průzkum, popřípadě dočasné podepření v průběhu zemních prací. Pro založení objektu bude zhotovena pažená stavební

jáma přesahující půdorys objektu. Výjezd ze stavební jámy bude zhotoven v severo-západní části pozemku na místě budoucího vjezdu do garáží.



Obrázek 10 – Současný stav, převzato [19]

6.2. Založení objektu a spodní stavba

Komplex bude založený plošně na základové desce o tloušťce určené dle geologického průzkumu základových poměrů a navrženém zatížení. Konstrukce spodní stavby je navržena jako monolitická železobetonová konstrukce. Stropní desky jsou navrženy jako bez-průvlakové a v případě potřeby budou lokálně zesíleny v místech hlavicemi. Desky lokálně podpírají sloupy a po obvodě liniově železobetonovou stěnou. Tloušťka desek musí být stanovena dle statického výpočtu v závislosti na zatížení. Prostorová tuhost bude zajištěna obvodovými stěnami a železobetonovými jádry, ve kterých se bude nacházet schodiště a výtah. Celkem se jedná o 4 železobetonová jádra, vždy pro každou část objektu bytového domu.

6.3. Koncepce horní stavby, obvodový plášť

Horní stavbu tvoří 5-ti patrový objekt bytového domu a 14 domů řadových. Délka bytového domu je 64 metrů a jeho šířka je 16,4 metrů. Odstup řadových domů od bytového domu činí 12 m. Souhrnná délka řadových domů je 112 m a šíře rodinných domů je 10,4 m.

Konstrukční systém akceptuje studii bytového domu a v projektu bylo dbáno na minimum změn oproti architektonické studii.

Řadové domy mají modulový rozměr 7,8 m. Západní a východní stěna každého rodinného domu je uvažována jako železobetonová monolitická. Výhoda tohoto systému je v uložení stropních prefa-filigránových desek na celý rozměr domku. Další nespornou výhodou je zajištění akustických vlastností železobetonu. V každém rodinném domě jsou umístěné prefa-monolitické schodiště, které plní funkci vertikální komunikace v domě přes 3 podlaží. Severní a jižní fasáda je navržena jako difúzně otevřená skladba dřevostavby.

Bytový dům je navržen ve stejném konceptu jako domy řadové. Dům je rozdělen do 4 sekcí se samostatnými vchody. Vertikální komunikaci v každé ze sekcí plní prefa-monolitické schodiště s osobním výtahem. Tyto schodiště a výtahy jsou vedeny z podzemního podlaží do 4NP. Poslední patro je navrženo jako mezonetové s přístupem ze 4. podlaží. Stěny západní/východní jsou navrženy jako železobetonové nosné, oddělující mezi sebou bytové jednotky. Na nich jsou uloženy filigránové prefabrikované panely. Ztužující funkci plní schodišťové jádro s výtahy. Jižní a severní fasády jsou navrženy stejně jako u řadových domů difúzně otevřenou skladbou dřevostavby.



Obrázek 11 – Studie 1.NP komplexu Břevnov, převzato z [1]

6.4. Střešní plášť, terasy

Objekty řadových domů mají navrženou plochou, jednoplášťovou zelenou střechu. Stejná skladba střechy se nachází nad posledním patrem bytového domu. V posledním, pátém patře bytového domu jsou navrženy pochozí terasy. Odvodnění zelených střech je řešeno pomocí vnitřních svodů. Svody budou zaústěny do retenční nádrže. Odvodnění teras je umístěno v rozích fasád, popřípadě vnitřními svody.

6.5. Vnitřní dělicí konstrukce

V prvním podzemním podlaží – v technických místnostech a skladech řadových domů budou příčky realizovány z dutinových cihel. V horních patrech je uvažováno s bytovými příčkami z dřevěné sloupkové konstrukce, vyplněné akustickou izolací a opláštěné vláknitými deskami např. Fermacell. Mezibytové stěny budou z důvodu akustických a statických požadavků řešeny jako železobetonové monolitické.

7. KONCEPCE TZB

Koncepce studie komplexu Břevnov nabízí rozdělení technického zařízení budov do několika úseků. Řadové rodinné domy lze koncipovat odděleně, každý dům má v suterénu dostatečný prostor pro technické zařízení. Taktéž pod každou z částí bytového domu se nachází technická místnost.

7.1. Návrh vytápění

Potřeba tepla na vytápění byla stanovena dle výpočtu ENB v programu Energie 2017. Výsledná hodnota měrné potřeby tepla na vytápění činí $5 \text{ kWh/m}^2\text{*a}$ a tudíž se energeticky objekt nachází na hranici nulového a pasivního domu.

Jako zdroj tepla byly uvažovány tři varianty – centrální zásobování teplem, plynové kondenzační kotle a tepelné čerpadla vzduch/voda s COP faktorem 4,6. Tyto tři varianty byly posouzeny v programu Energie 2017 pro navržený konstrukční stav a následně vyhodnoceny dle environmentálních požadavků na budovu a to primární energie a emisí oxidu uhličitého (viz tab. níže).

Zdroj tepla	Tepelné čerpadlo	Plynový kotel	Centrální zásobování teplem
Emise CO ₂ /rok	221,8 t	84,52 t	111,1 t
Neobnovitelná primární energie	657,41 MWh	358,41 MWh	351,5 MWh
Měrné emise CO ₂	31 kg/m ² *a	12 kg/m ² *a	16 kg/m ² *a
Měrná celková primární energie E _{PC,A}	104 kWh/m ² *a	52 kWh/m ² *a	54 kWh/m ² *a

Tabulka 3 – Porovnání environmentální požadavků na zdroj tepla – zdroj Energie 2017 (D.1.1.4.)

Všechny tři varianty zdroje tepla jsou v daném místě technicky realizovatelné. Pro ekonomické hodnocení lze předpokládat, že nejdražší variantou bude realizace tepelného čerpadla, při kterém je

nutno realizovat i sekundární zdroj tepla. Nejekologičtější variantou se dle srovnání jeví varianta plynový kondenzační kotel. Tato varianta pro svoji jednoduchou realizovatelnost, ekologičnost a cenovou přijatelnost byla vybrána jako zdroj tepla pro komplex Břevnov.

Objekt bytového domu počítá se dvěma kaskádově zapojenými kondenzačními kotli. Řadové domy jsou koncipovány jako samostatné jednotky, proto bylo zvoleno decentrální vytápění, kdy každý dům má svůj vlastní plynový kotel. Jako koncové prvky otopné soustavy bylo zvoleno v obytných prostorech podlahové vytápění, které vyhovuje k použitému zdroji tepla. V místnostech technického rázu, byla zvolena desková tělesa.

7.2. Příprava teplé vody

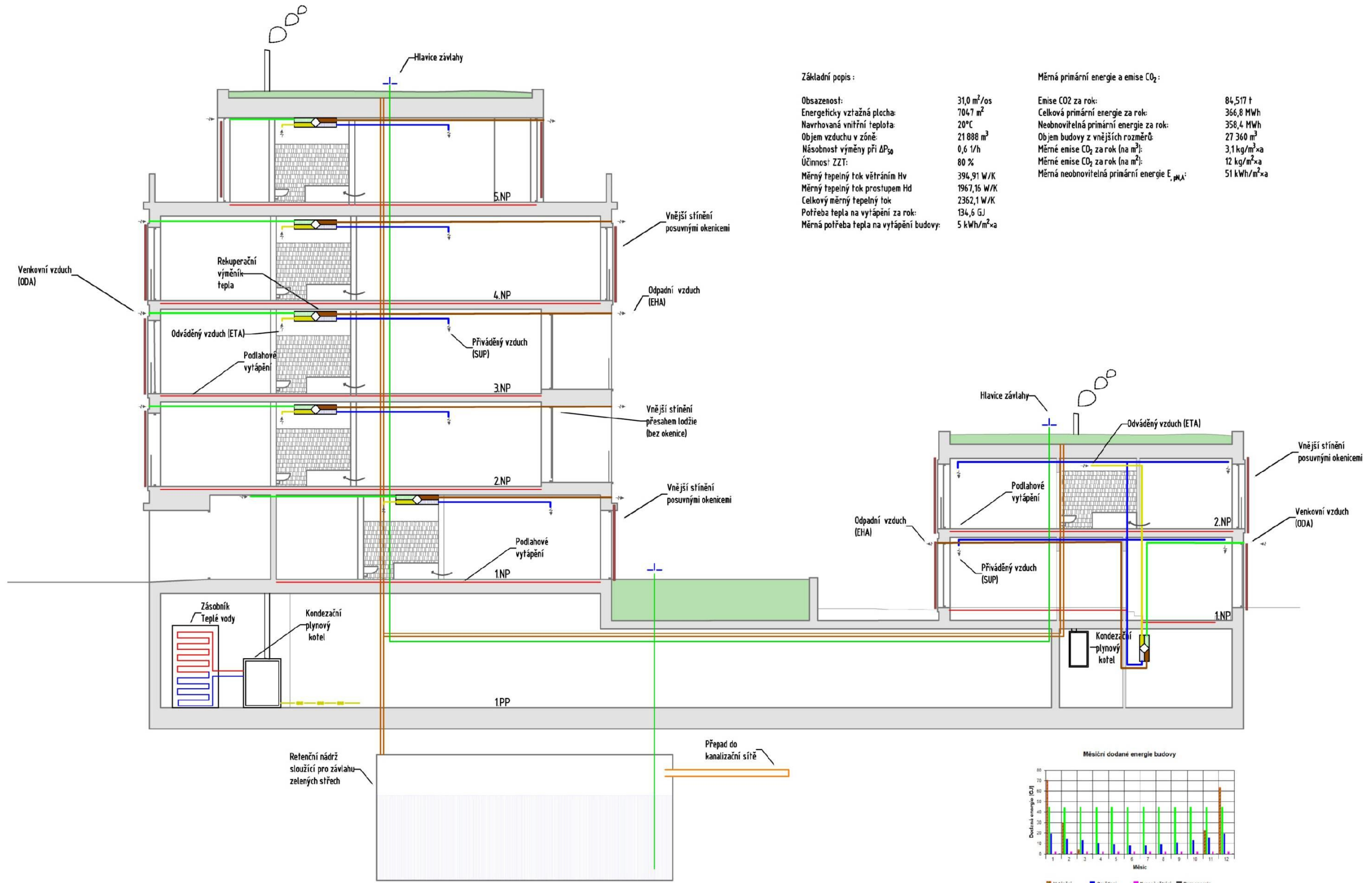
Pro přípravu teplé vody byl vybrán koncept zásobníkového ohřevu teplé vody pomocí plynového kotle. Bytový dům bude osazen jedním zásobníkem teplé vody a řadové domy budou mít každý vlastní zásobník. S touto variantou lze uvažovat i s budoucím využitím fototerminického zdroje ohřevu teplé vody, který nebyl realizován z důvodu maximálního využití ploch střech pro vegetační účely.

7.3. Návrh větrání

Pro návrh pasivního objektu je nutné zahrnout nucené větrání. Z důvodu nedostatku prostor technologického zázemí bylo přistoupeno k decentrálnímu větrání bytových jednotek pomocí rekuperace (ve výpočtech uvažována 80% účinnost systému). Každý byt bude mít vlastní podstropní větrací jednotku umístěnou v podhledu konstrukce stropu. V rodinném domě bude umístěna jednotka v technické místnosti. Přívod a odvod větraného vzduchu bude realizován přes mřížku na fasádě objektu. Koncepce větrání je znázorněna v části dokumentace vnitřního prostředí staveb. (D.1.4.)

7.4. Hospodaření s dešťovou vodou

V rámci nakládání s dešťovou vodou bude vybudována retenční nádrž o objemu 400 m³. Tato nádrž bude situována na pozemku investora a bude do ní svedeno potrubí ze zelených střech řadových domů i bytového domu. Voda z nádrže bude využita na závlahu střešní vegetace a na závlahu pozemku komplexu. Přebytek bude sveden do stokové sítě.



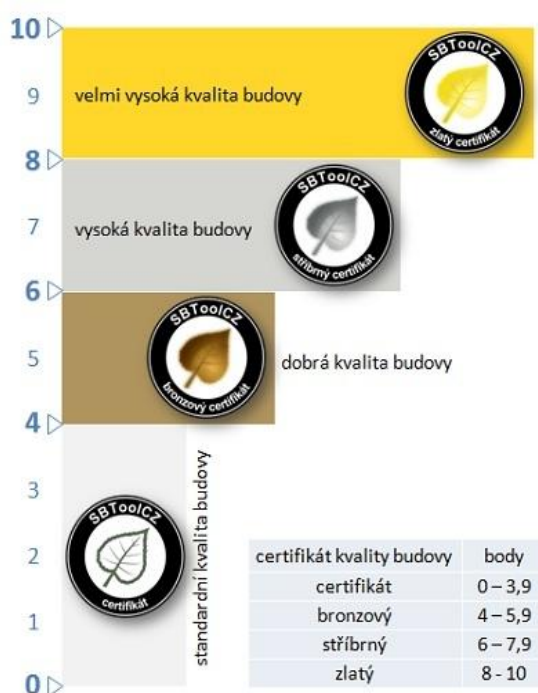
Obrázek 12 – Schéma koncepce TZB – komplex Břevnov

8. APLIKACE SBTOOLCZ

SBToolCZ je multikriteriální analýza projektu budovy, která zohledňuje udržitelnost výstavby. Vyhodnocuje tři okruhy návrhu – environmentální, sociální, ekonomická a každému okruhu přiřazuje určitou váhu. Kritéria jsou vyhodnocena samostatnou stupnicí:

- 0-4 – body odpovídají normovým požadavkům a výsledný stav je standardem pro výstavbu
- 4-6 – hodnota odpovídá nadstandardní kvalitě
- 6-8 – body odpovídají vysoké kvalitě
- 8-10 – nejvyšší kvalita, hodnota odpovídající nejlepší dostupné technologii

Posléze jsou vynásobena příslušnou váhou a je vypočtena celková hodnota, která určí výsledný certifikát budovy. [20]



Obrázek 13 - Příslušné bodové hodnocení pro dosažení certifikátů, převzato [20]

Projekt byl vyhodnocen čtyřmi kritérii metodiky SBTool CZ a bude brán v potaz váha každého hodnoceného kritéria. Pro výpočet byla použita příručka SBTool CZ pro bytové domy 2013.

8.1. Spotřeba primární energie (E.01)

První posouzené kritérium se promítá do celkového hodnocení 11,2% a proto je nejdůležitějším ukazatelem. Klade za cíl co nejnižší spotřebu primární energie v době životnosti stavby. Toto kritérium se vyhodnocuje na základě měrné roční spotřeby primární energie. Hodnota roční spotřeby primární energie u budovy činí 1 320,5 GJ.(viz. D.1.1.4) tzn. při energeticky vztahné podlahové ploše 7 047 m² činí 187,4 MJ/m²*a. Což dle tabulky vyhodnocení ukazatele činí maximální počet bodového hodnocení.

Tab. 13 Kriteriační meze pro E.01 Spotřeba primární energie

Celková měrná roční spotřeba primární energie [MJ/(m ² .a)]	Body
≥ 920	0
857	1
794	2
731	3
668	4
605	5
542	6
479	7
416	8
353	9
≤ 290	10

Mezilehlé hodnoty se lineárně interpolují.

Tabulka 4- Tabulka pro určení bodového hodnocení

8.2. Spotřeba pitné vody (E.10)

Kritérium má za cíl snížení množství odebraného vody z vodovodního řadu. Hodnotí bodově úspory pitné vody. V projektu je počítáno s využitím dešťové vody, jejím zachycením do retenční nádrže, což dle hodnocení SBTool přináší 2 kredity. Další body kritérium přisuzuje využití šedé splaškové vody pro další využití např. splachování. S tímto projekt nepočítá z důvodu vyšší finanční a technické náročnosti oddílného systému zásobování vody. Celkově proto je toto kritérium hodnoceno pouze dvěma body na 10ti bodové škále.

8.3. Zeleň na budově a pozemku (E.13)

Hodnocení se týká využití ploch na pozemku a objektu, které jsou porostlé vegetací. Projekt Břevnov počítá s extenzivními střechami, které jsou typické pro střechu nad 5.NP a střechu řadových domů. První část hodnocení přiděluje body za travnaté procento ploch terénu na pozemku. Ze situace projektu bylo změřeno procento ploch travnatého terénu 1 244 m² a dlážděných ploch 1193m². Z toho vyplývá procento zelených ploch 51%. Dle bodového hodnocení vyplývá 5 bodů na 10ti bodové stupnici. Další hodnoceným bodem je procento zeleně na střeše, v případě Komplexu Břevnov se jedná o extenzivní zelené střechy o ploše 2 189 m², které představují 69,8% ploch střech objektu. Z tohoto vyplývá 5 bodů. Dalším bodovým hodnocením v rámci zeleně na budovách je využití ploch fasád k vegetačnímu účelu. Projekt se drží architektonické studie a nevyužívá plochy fasády, jako možnost využití zelených fasád. Dalším bodem hodnocení je procento zastínění fasády objektu korunami stromů. Z důvodu realizačních prací bylo nutné vykácet náletovou vegetaci na pozemku, krom severní části, kde došlo k zachování vzrostlých stromů. Tyto stromy však nestíní na žádnou z fasád objektu. Pátou součástí kreditového hodnocení jest plán rozvojové péče a následné údržby. K získání bodu je nutné tento plán vytvořit. Jelikož se na objektu nachází velké procento zelených střech, lze předpokládat, že je nutné tento plán vytvořit a bude s ním v celkovém hodnocení počítáno.

Posledním dílčím kritériem je existence prvků zeleně s původním rostlinným materiálem dané lokality. Projekt počítá se zachováním původních vzrostlých stromů v severní části objektu, a tudíž je tento požadavek hodnocen kladně a lze hodnotit jedním kreditem.

Po sečtení všech dílčích kritérií a převedením do celkového hodnocení získává objekt v tomto hodnocení 5,5 bodu.

8.4. Tepelná pohoda v letním období (S.03)

Hodnocení tepelné pohody vyjadřuje míru snížení rizika letního přehřívání. Důraz je kladen na pasivní prvky chlazení. Pro splnění této podmínky je nutný výpočet letní tepelné stability pro alespoň jednu kritickou místnost v objektu, což bylo splněno výpočtem (viz. D.1.1.6.). Maximální hodnota nesmí přesahovat v obytném domě 27°C. Tato hodnota nebyla překročena, za předpokladu nočního nuceného větrání. Celkový počet bodů tohoto hodnocení činí 2 body na 10ti bodové škále.

8.5. Vyhodnocení kritérií

Na základě vyhodnocení čtyř kritérií nelze hodnotit budovu jako celek. Jednotlivá kritéria byla však vybrána na základě oblastí, které jsou v práci řešeny. Například u kritéria „Zeleň na budově a pozemku“, kdy objekt má poměrně rozsáhlé zelené střechy, bylo díky nevyužití fasád hodnoceno pouze průměrnými 5,5 body. Tepelná pohoda u pasivního standardu budovy vyžadovala nucené noční větrání, které zvyšuje spotřebu elektrické energie a dům v tomto ohledu získal nízké hodnocení 2 bodů. Výtečného plného ohodnocení dům získal na základě spotřeby primární energie, kde získal plné hodnocení.

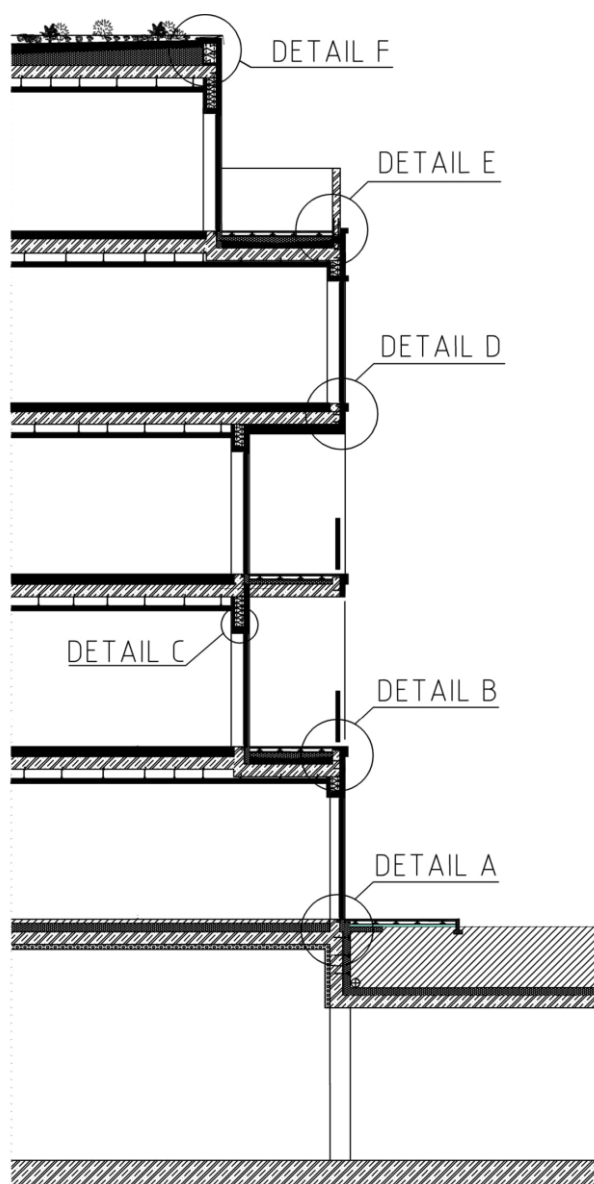
Z vypracování hodnocení vyplývá, že pro získání většího počtu bodů objektu je optimální, když objekt je navržen již ve fázi architektonické studie, dle příručky SBTool BD. Těž je nutností, aby projekt navrhoval, co nejvíce řešení uvedených v příručce. Pokud objekt je navržen jedním směrem ve vysoké míře (např. rozlehlé extenzivní střechy), nemá šanci z prostorových důvodů získat další body v jiných kritériích (např. fotovoltaika nebo fototermika). Na závěr jsou uvedeny procentuální hodnoty dílčích kritérií.

Výsledná procenta jednotlivých kritérií:

Spotřeba primární energie (E.01)	100 %
Spotřeba pitné vody (E.10)	20 %
Zeleň na budově a pozemku (E.13)	55 %
Tepelná pohoda v letním období (S.03)	20 %

9. DETAILS OBÁLKY BUDOVY

V rámci projektu byly vybrány nejtypičtější stavební detaily obálky domu. Celkem se jedná o šest detailů styku konstrukcí obytného domu. Tyto detaily byly optimalizovány na základě výpočtu v programu Area 2017 a následně byl vypočten lineární činitel prostupu tepla.

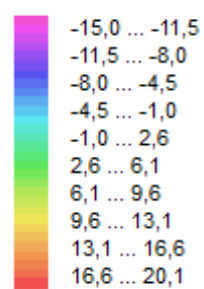


Obrázek 14 - Schéma rozmístění posuzovaných detailů v rámci obálky obytného domu

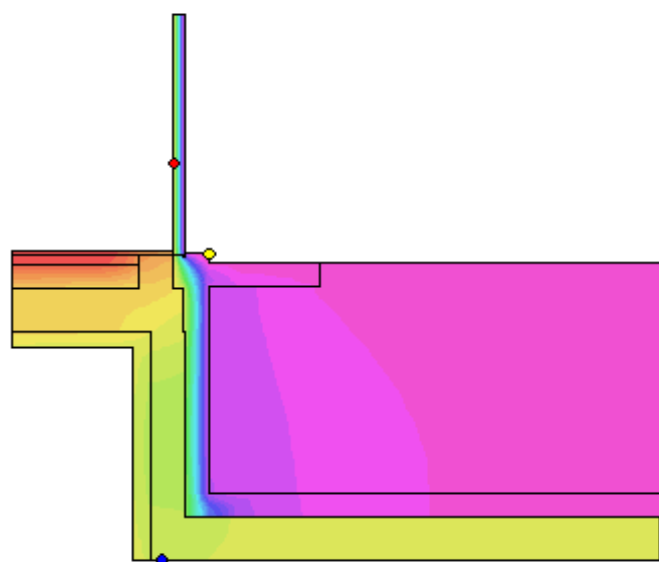
9.1. DETAIL A

Soklový detail vstupu na terasu, který je typický pro jižní fasády řadových domů, ale i domu bytového. Jedná se o styk tří konstrukcí – výplně otvoru, stropu nad nevytápěným suterénem S06 ($U=0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) a suterénní stěnou S04 ($U=0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Tento detail je na rozhraní tří teplotních zón – interiér, exteriér a nevytápěný suterén a nebyl posouzen v rámci lineárního činitele prostupu tepla

Teplotní pole [C]:



- Tsi=14,01 C
- Tsi=9,39 C
- Tsi=-15,00 C



Obrázek 16 - Výsledek výpočtu stacionárního pole teplot detailu A

Teplotní faktor (dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2):

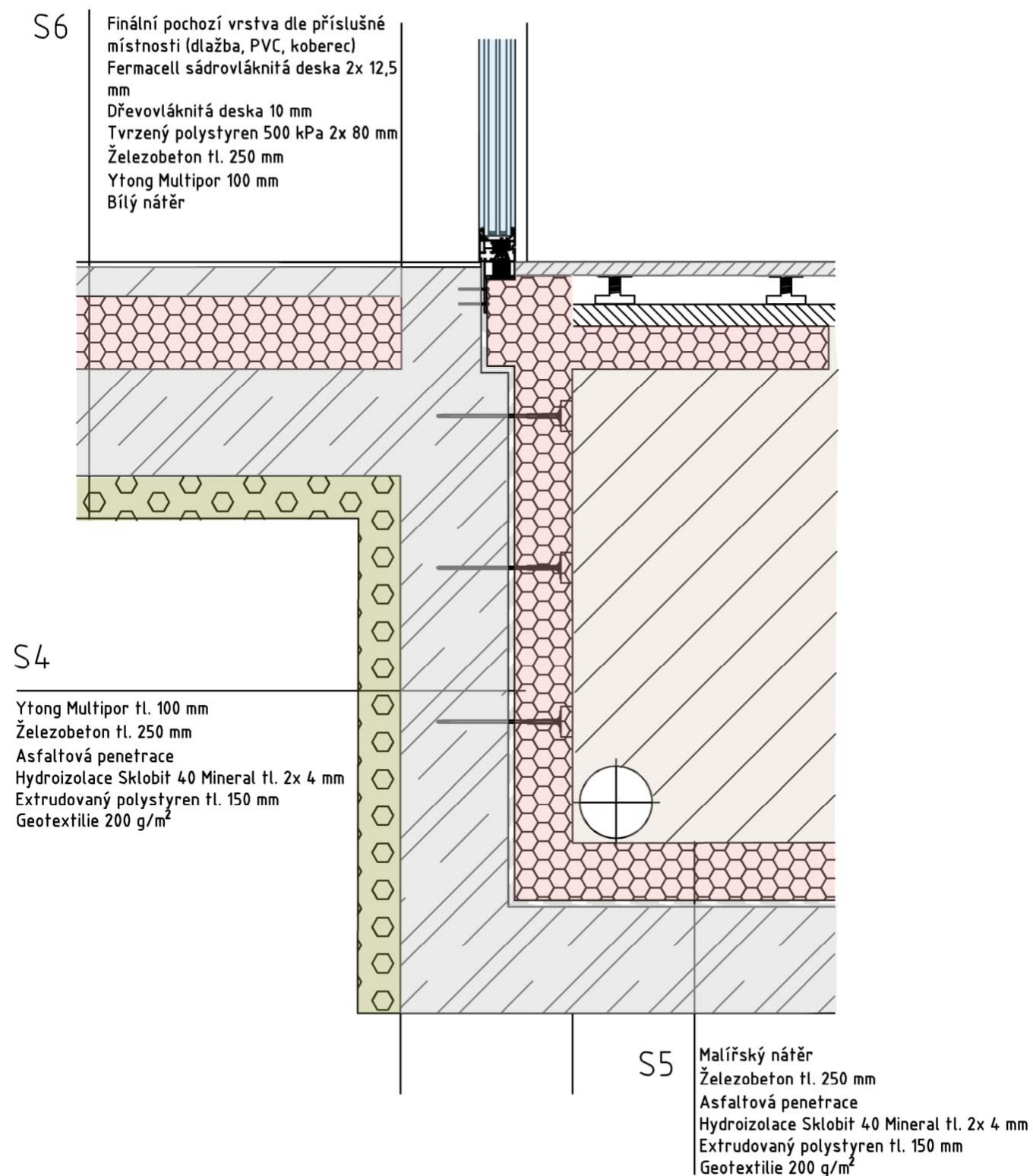
Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,747$

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,825$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$ - požadavek je splněn

Závěr:

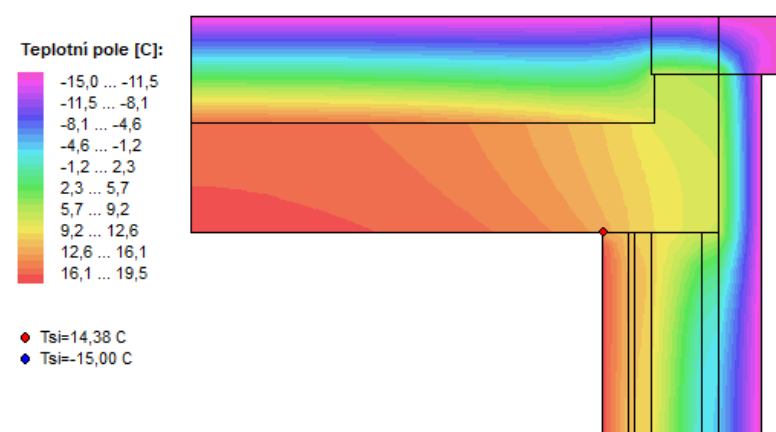
Teplotní faktor pro nejvyšší přípustnou relativní vlhkost 80% byl též splněn.



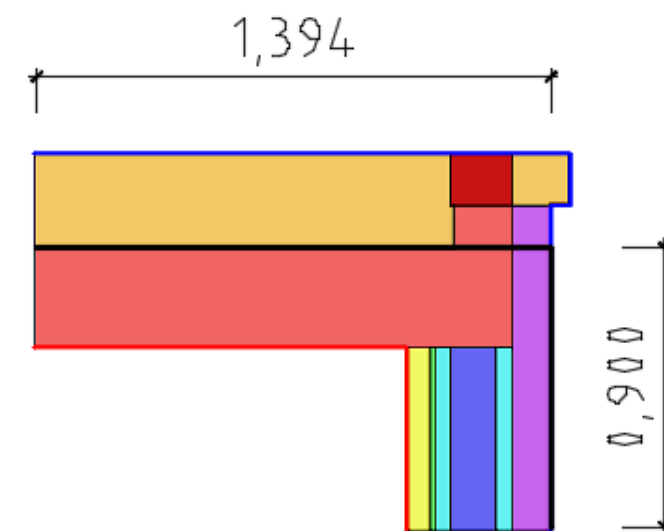
Obrázek 15 – Detail A

9.2. DETAIL B

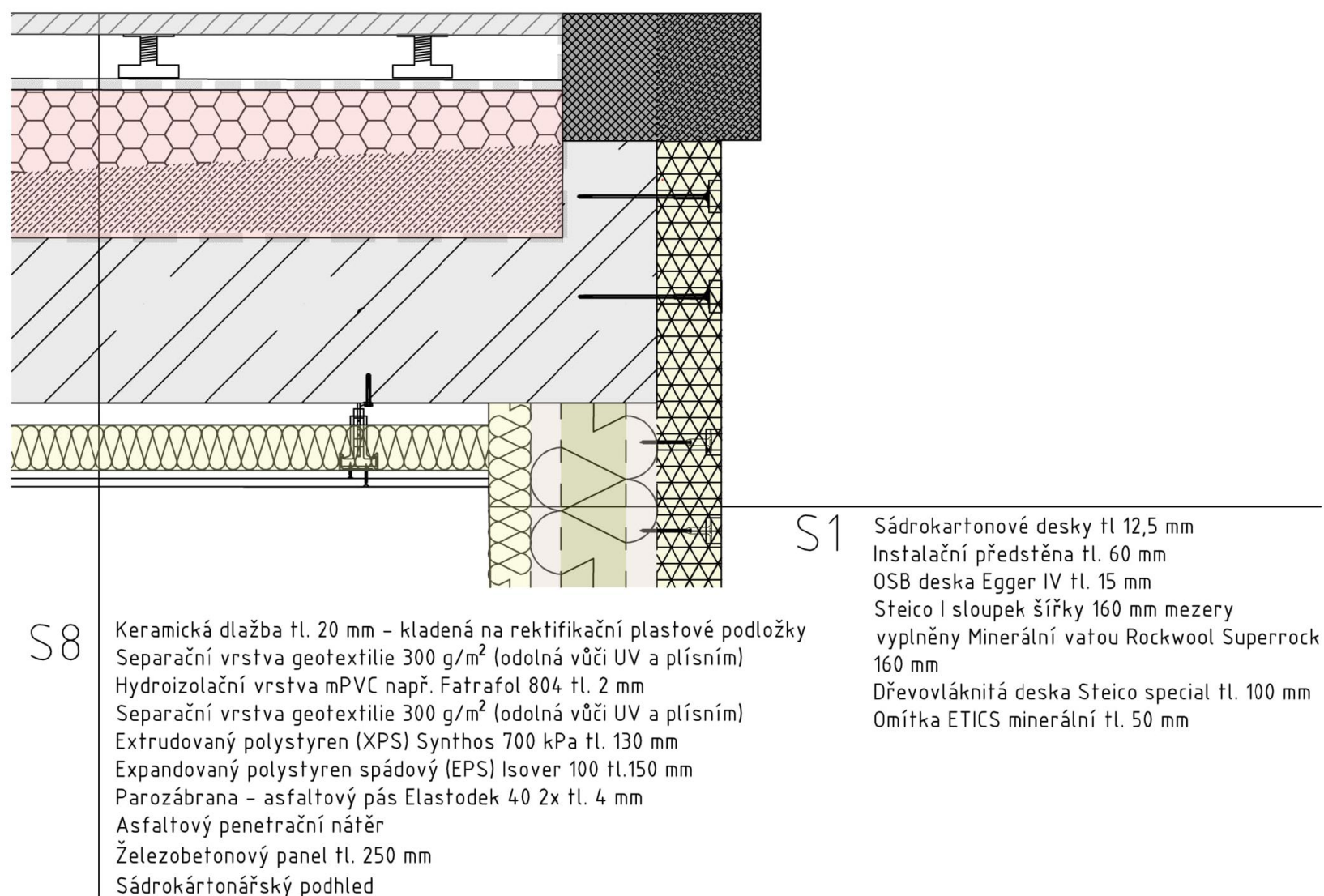
Jedná se o detail styku pochozí střechy skladby S08 ($U = 0,148 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) s obvodovou stěnou S01 ($U = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Tento detail se nachází u obytného domu vždy v místech, kde nad obytnou plochou je lodžie. Celkem se jedná o typické řešení pro 18 lodžii. Stavební detail byl posouzen výpočtem stacionárního dvourozměrného pole teplot a částečných tlaků vodní páry dle ČSN 730 540 (viz. D.1.1.3.). Konstrukce byla též posouzena výpočtem lineárního činitele prostupu tepla.



Obrázek 18 - Výsledek výpočtu stacionárního pole teplot detailu B



Obrázek 19- Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla



Obrázek 17 – Detail B

Teplotní faktor (dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2):

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,747$

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,825$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$ - požadavek je splněn

Vstupní parametry pro výpočet Ψ :

$L = 0,37808 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

- z protokolu posouzení 2D stacionárního pole teplot (viz.D.1.1.3)

$U_{S8} = 0,148 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$U_{S1} = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

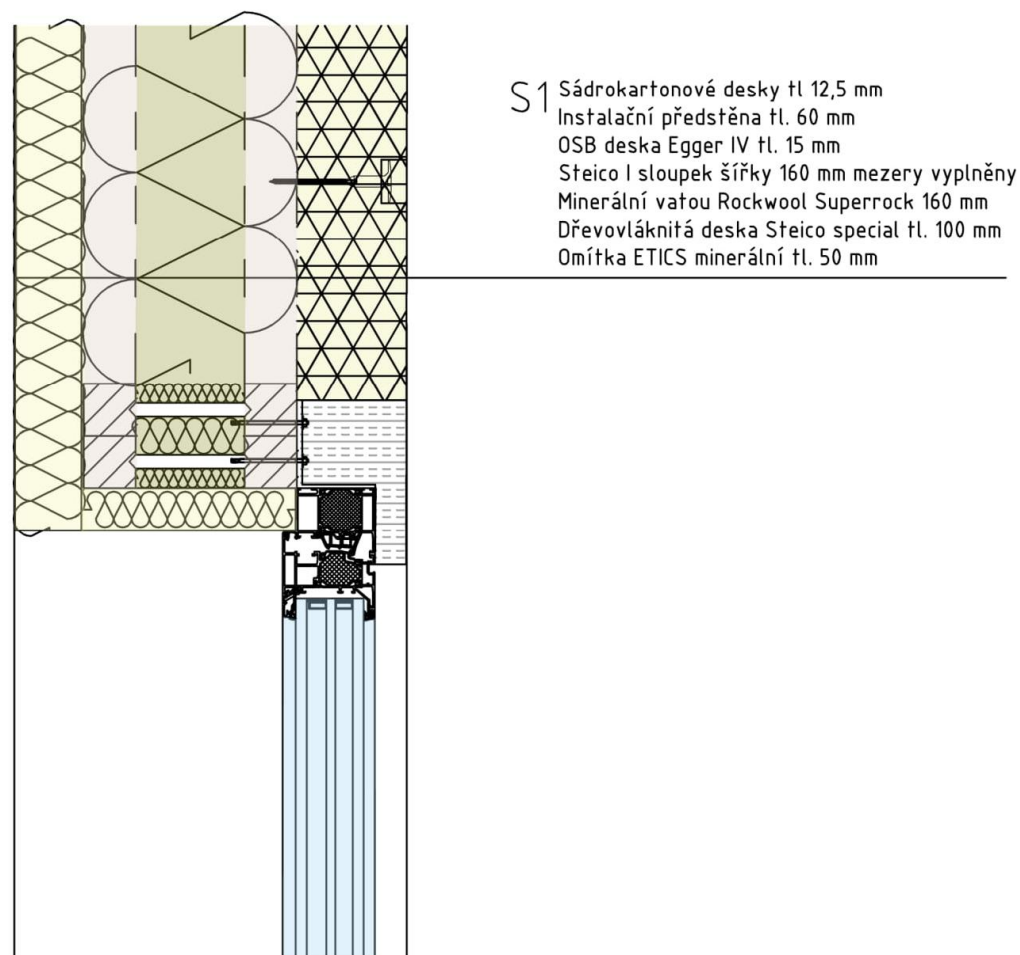
$\Psi = L \cdot \sum U_{Si} \cdot l = 0,37808 - 1,394 \cdot 0,148 - 0,9 \cdot 0,136 = 0,04936 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Závěr:

Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla je splněna $\Psi_N = 0,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, též je splněna na horní hraně doporučená hodnota lineárního činitele prostupu tepla pro pasivní budovy $\Psi_{pas} = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) > 0,04936 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Teplotní faktor pro nejvyšší přípustnou relativní vlhkost 80% byl též splněn.

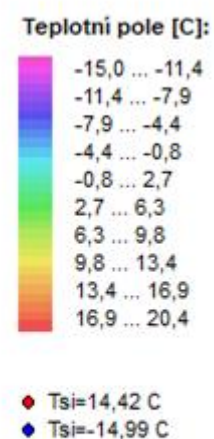
9.3. DETAIL C

Detail styku rámu okna a obvodové difúzně otevřené stěny S01 ($U=0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Tento detail je typickým pro celý komplex Břevnov. Stavební detail byl posouzen výpočtem stacionárního dvourozměrného pole teplot a částečných tlaků vodní páry dle ČSN 730 540 (viz. D.1.1.3.). Konstrukce byla též posouzena výpočtem lineárního činitele prostupu tepla. Rám okna byl zateplen pomocí bloku z PUR

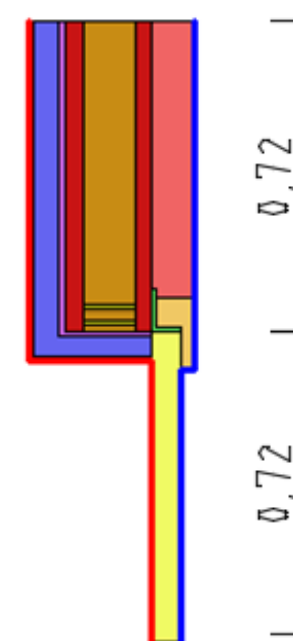


S1 Sádkartonové desky tl. 12,5 mm
 Instalační předstěna tl. 60 mm
 OSB deska Egger IV tl. 15 mm
 Steico I sloupek šířky 160 mm mezery vyplněny
 Minerální vatou Rockwool Superrock 160 mm
 Dřevovláknitá deska Steico special tl. 100 mm
 Omítka ETICS minerální tl. 50 mm

Obrázek 20 – Detail C



Obrázek 21-Výsledek výpočtu stacionárního pole detailu C



Obrázek 22 - Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla

Teplotní faktor (dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2):

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,747$

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,827$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$ - požadavek je splněn

Vstupní parametry:

$L = 0,5534 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

- z protokolu posouzení dvourozměrného stacionárního pole teplot (viz.D.1.1.3)

$U_w = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

$U_{S1} = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

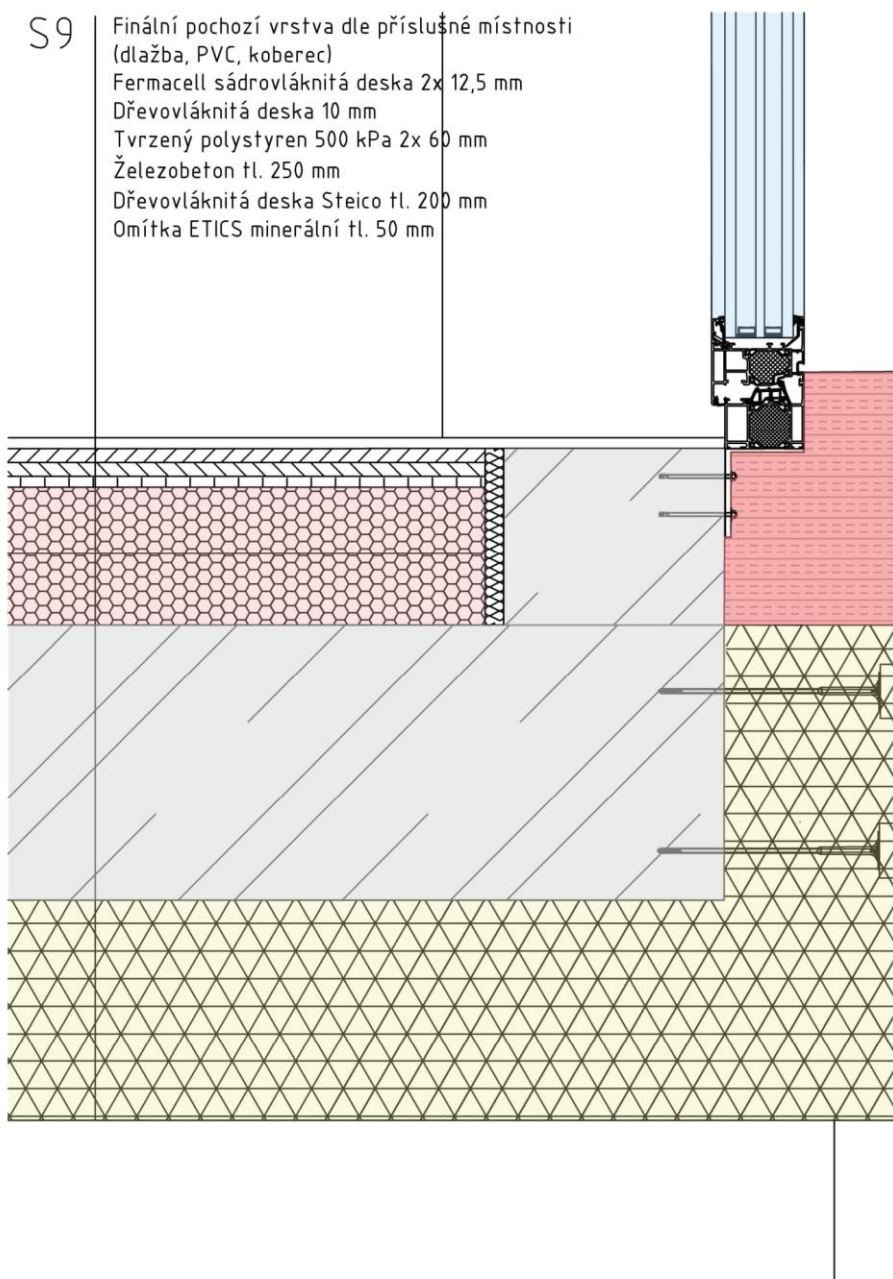
$\Psi = L \cdot \sum U_{Si} \cdot l = 0,5534 - 0,720 \cdot 0,136 - 0,720 \cdot 0,72 = -0,05742 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Závěr:

Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla je splněna $\Psi_N = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, je také splněna doporučená pasivní hodnota lineárního činitele prostupu tepla $\Psi_{pas} = 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) > -0,05742 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Teplotní faktor pro nejvyšší přípustnou relativní vlhkost 80% byl též splněn.

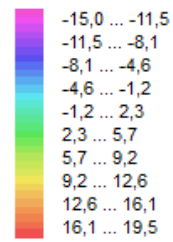
9.4. DETAIL C

Detail styku rámu výplně otvoru se stropem S9 ($U = 0,171 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) v místě nad lodžíí. Tento detail je typický pro bytový dům a jedná se o řešení v 18 případech na jižní straně fasády. Rám okna je zateplen pomocí PUR bloků, tak aby byl eliminován tepelný most.

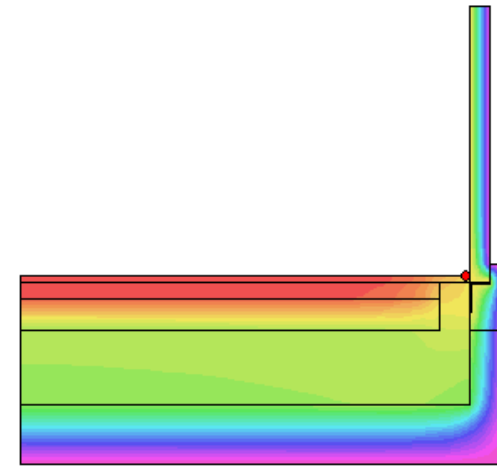


Obrázek 23 – Detail D

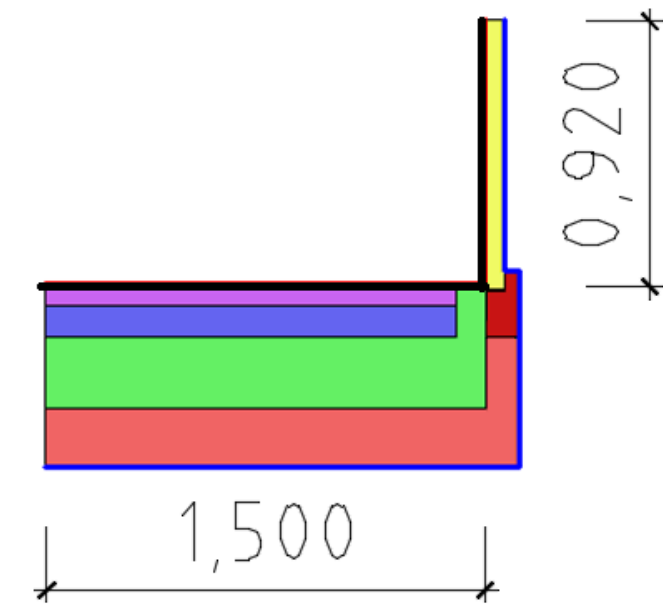
Teplotní pole [C]:



● $T_{si} = 12,68 \text{ C}$
● $T_{si} = -15,00 \text{ C}$



Obrázek 24- Výsledek výpočtu stacionárního pole detailu D



Obrázek 25- Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla

Teplotní faktor (dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2):

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,747$

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,778$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$ - požadavek je splněn

Vstupní parametry:

$L = 0,971 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

- z protokolu posouzení dvourozměrného stacionárního pole teplot

$U_w = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$U_{S9} = 0,171 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

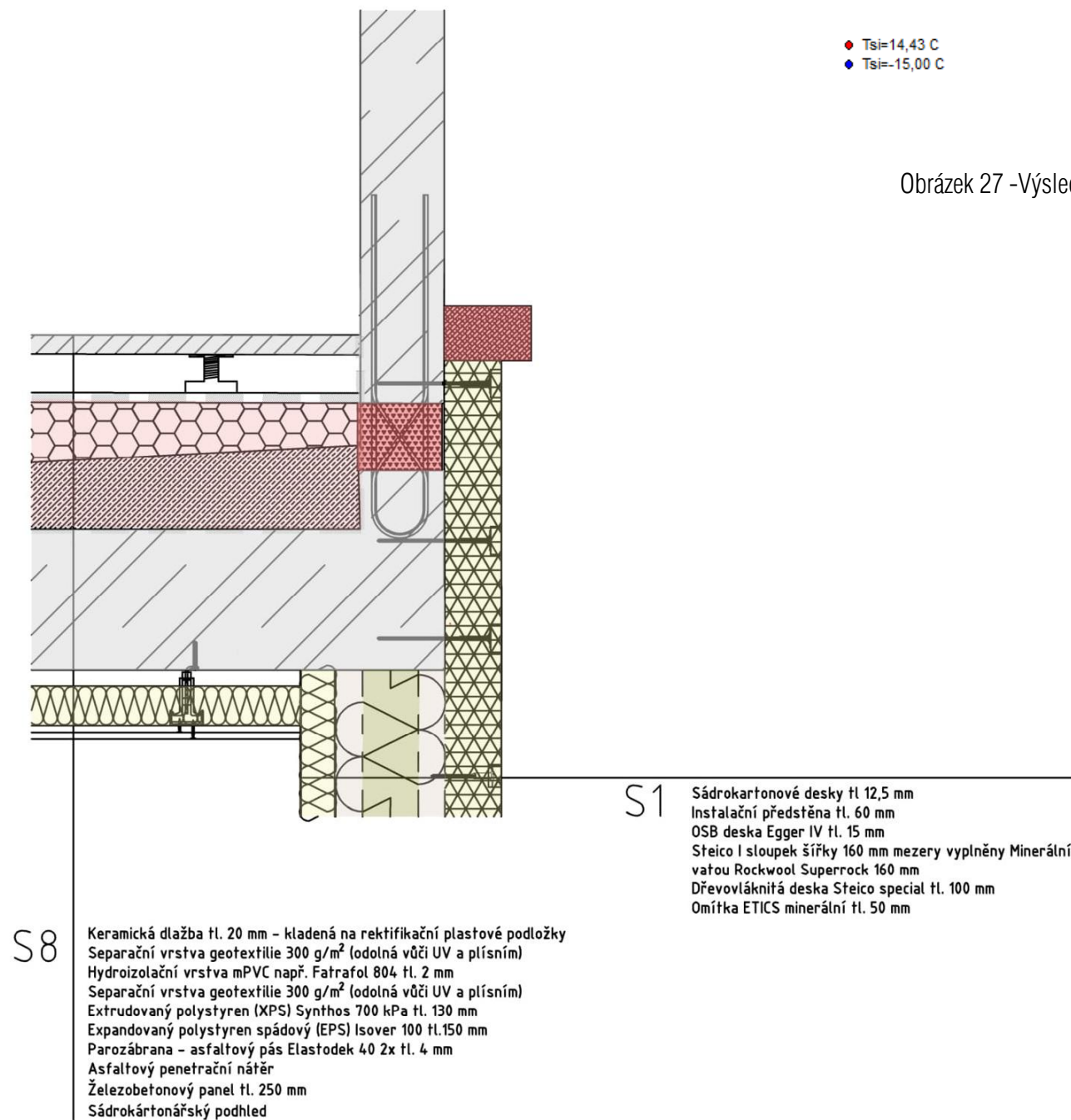
$\Psi = L \cdot \sum U_{Si} \cdot l = 0,971 \cdot 1,500 \cdot 0,171 + 0,920 \cdot 0,72 = 0,0521 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Závěr:

Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla je splněna $\Psi = 0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, je také splněna po zaokrouhlení doporučená pasivní hodnota lineárního činitele prostupu tepla $\Psi_{pas} = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \approx 0,0521 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Teplotní faktor pro nejvyšší přípustnou relativní vlhkost 80% byl též splněn.

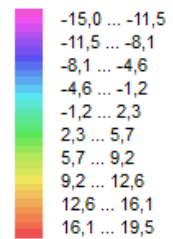
9.5. DETAIL E

Detail E je specifický pro poslední nadzemní podlaží, jedná se o styk S01 ($U = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) a S08 ($U = 0,148 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) v tomto místě navazuje na hranu střechy monolitické zábradlí, které je odděleno ISO nosníkem (Schock ISOKORB ABXT) a tvoří atiku nad 4.NP.

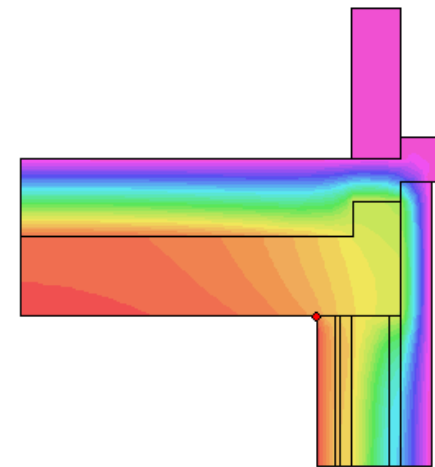


Obrázek 26 – Detail E

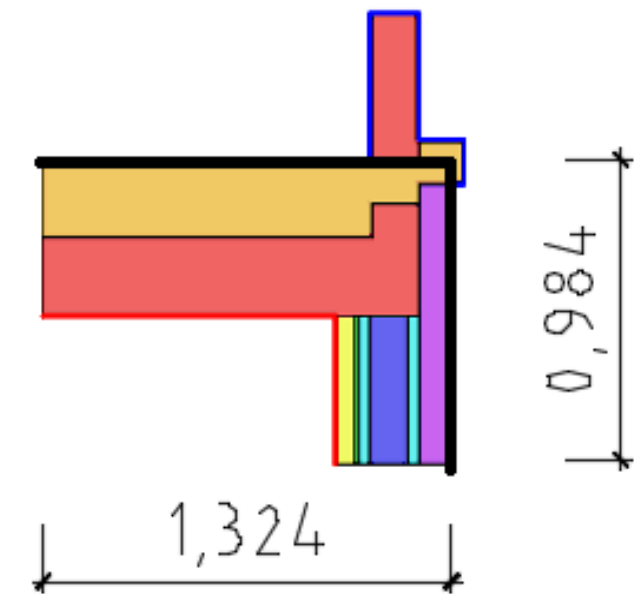
Teplotní pole [C]:



● Tsi=14,43 C
 ● Tsi=-15,00 C



Obrázek 27 -Výsledek výpočtu stacionárního pole detailu E



Obrázek 28 - Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla

Teplotní faktor (dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2):

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,747$

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,827$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$ - požadavek je splněn

Vstupní parametry:

$L = 0,3758 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

- z protokolu posouzení dvourozměrného stacionárního pole teplot

$U_{S8} = 0,148 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$U_{S1} = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

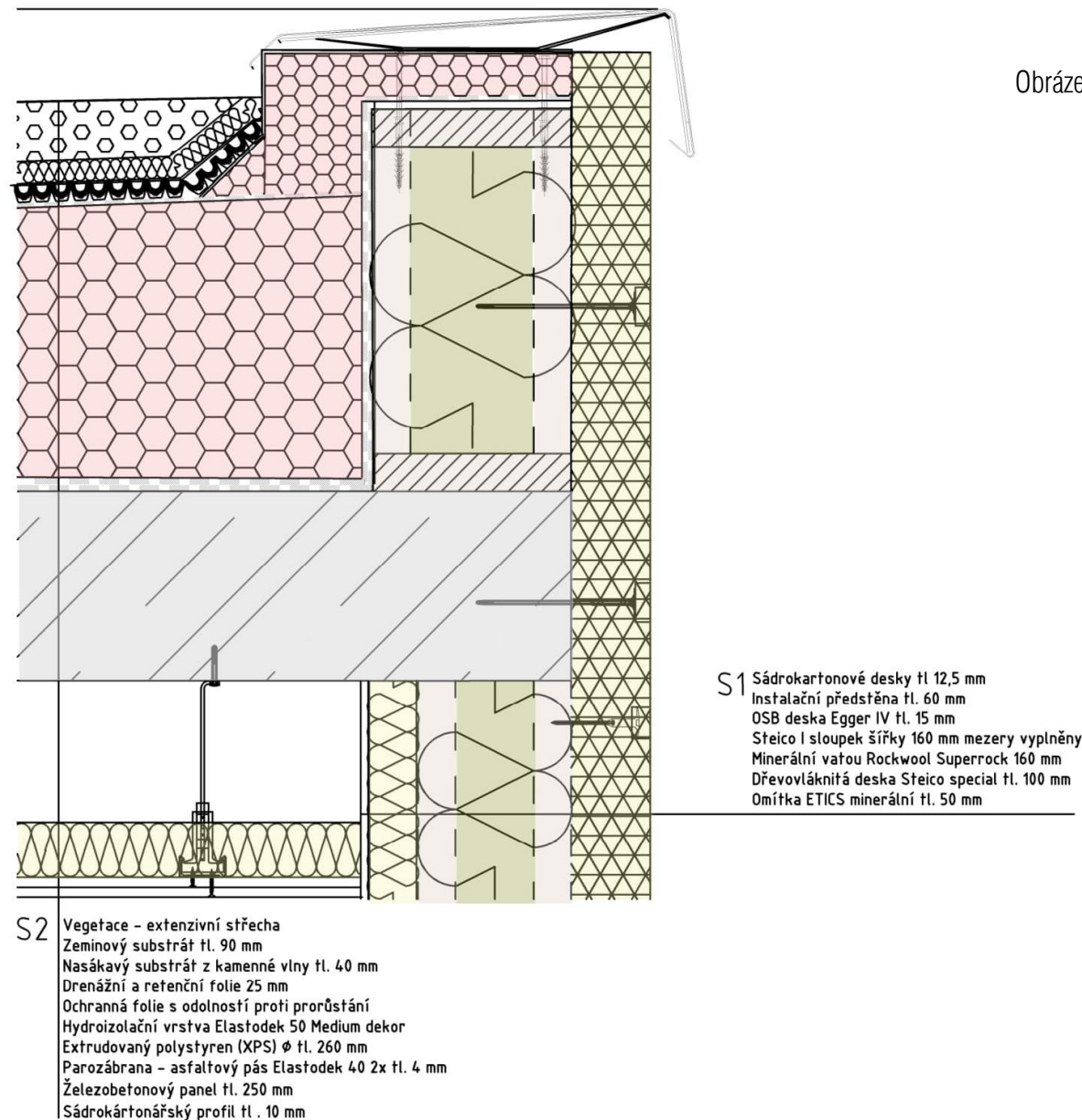
$\Psi = L - \sum U_{Si} \cdot l = 0,3758 - 1,324 \cdot 0,148 - 0,984 \cdot 0,136 = 0,0460 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Závěr:

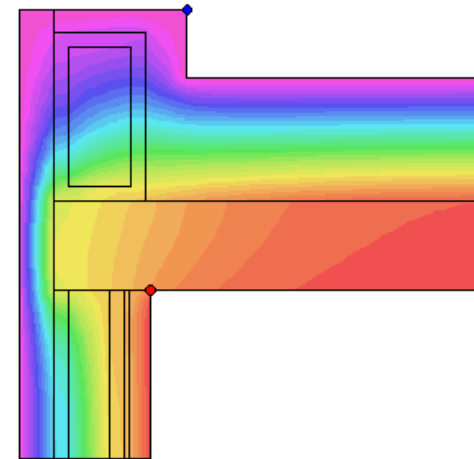
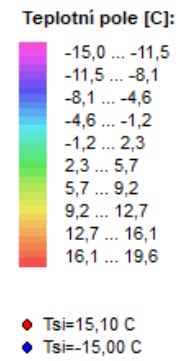
Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla je splněna $\Psi = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, je také splněna doporučená pasivní hodnota lineárního činitele prostupu tepla $\Psi_{pas} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) > 0,0460 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Teplotní faktor pro nejvyšší přípustnou relativní vlhkost 80% byl též splněn.

9.6. DETAIL F

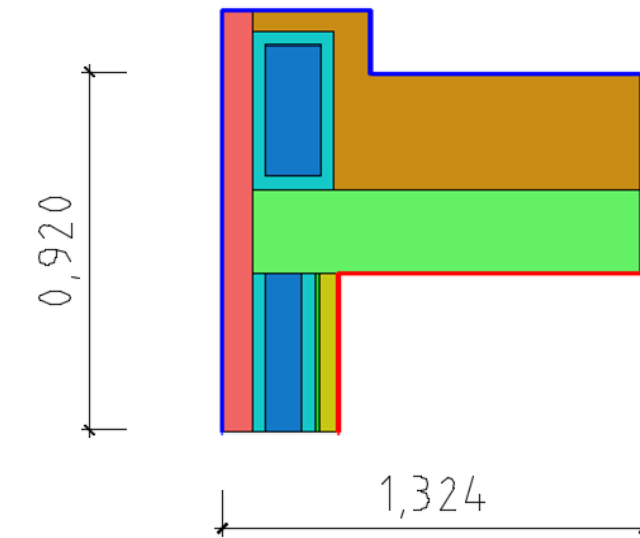
Posledním hodnoceným detailem obálky budovy je atika střechy na 5. NP. Tato atika ukončuje zelenou střechu S02 ($U = 0,131 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) a stěnu skladby S01 ($U = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Atika je tvořena konstrukcí dřevěné sloupkové konstrukce.



Obrázek 29 – Detail F



Obrázek 30 - Výpočet stacionárního pole detailu F



Obrázek 31- Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla

Teplotní faktor (dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2):

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,747$

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,845$

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$ - požadavek je splněn

Vstupní parametry:

$L = 0,3758 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

- z protokolu posouzení dvourozměrného stacionárního pole teplot

$U_{S2} = 0,131 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$U_{S1} = 0,136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$\Psi = L \cdot \sum U_{Si} \cdot l = 0,3257 - 1,344 \cdot 0,131 - 1,084 \cdot 0,136 = 0,0212 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Závěr:

Požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla je splněna $\Psi = 0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, je také splněna doporučená pasivní hodnota lineárního činitele prostupu tepla $\Psi_{pas} = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) > 0,0212 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Teplotní faktor pro nejvyšší přípustnou relativní vlhkost 80% byl též splněn.

10.ZÁVĚR

Práce měla za cíl vytvořit ze studie, objekt v pasivním standardu ze železobetonového skeletu a dřevěného sloupkového pláště. Při projekčních pracích se ukázalo, že lze optimálně rozdělit objekt železobetonovými stěnami, tak aby byla splněna požární odolnost a statická funkce objektu. Dřevěný plášť a koncepce suché výstavby zase dává možnost rychlejší realizace stavby.

V úvodu práce jsou požadavky pasivního standardu vyjmenovány a vždy je uvedeno, jakým způsobem je projekt splňuje. Spočteny byly součinitelé prostupu tepla konstrukcí, průměrný součinitel prostupu tepla a prokázány doporučené hodnoty pro pasivní stavby. Byla prokázána energetická náročnost budovy výpočtem pomocí programu Energie. Dům byl klasifikován, co se týče spotřeby energií do kategorie A, čili mimořádně úsporná. Obálka budovy byla klasifikována též do kategorie A, neboli velmi úsporná. Komplex tedy dosahuje nejlepších hodnot. Projekt též hodnotil stabilitu v letním období, kdy za pomoci nočního větrání a stínění dřevěnými okenicemi bylo dosaženo normových požadavků.

V textové části práce byly vybrány příklady takových staveb pasivních domů, které určitými vlastnostmi jsou podobné návrhu Břevnovského komplexu a byly pro projekt inspirativní.

Koncepce technického zařízení byla navržena v souladu s udržitelným rozvojem. Byly posouzeny tři varianty zdroje tepla. Vybrán byl plynový kotel s nejnižšími hodnotami emisí CO₂ a spotřebovanou celkovou primární energií. Koncept též stanovuje hospodaření s dešťovou vodou, kdy je zachytávána do retenční nádrže. Stanovena byla koncepce zpětného získávání tepla pomocí řízeného větrání, která je řešena decentrálně.

Projekt je mimo požadavky na pasivní standard zpětně hodnocen dle příručky SBTool pro bytové domy. Čtyři kritéria ukázala nutnost hodnotit objekt celkově a návrh přizpůsobit příručce již ve fázi studie.

V závěrečných kapitolách textové části jsou vyhotoveny vybrané detaily obálky objektu a posouzeny na lineární činitel prostupu tepla. Vyhodnocený teplotní faktor ověřuje konstrukční řešení kombinované železobetonové nosné části s obálkou z dřevěné sloupkové konstrukce.

Všechny požadavky na pasivní standard objektu tudíž byly splněny a objekt lze řadit mezi stále častěji se objevující pasivní domy. Rozdílem oproti rozšířené praxi je využití kombinované výstavby beton-dřevo.



11.ZDROJE

- [1] Bc. Václav Ulč. Bydlení Břevnov. Praha, zs 2017, semestrální práce. ČVUT Fakulta architektury.
- [2] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 20 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [3] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 20,21 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [4] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 33 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [5] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 33-34 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [6] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 34 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [7] Ryšavý Zdeněk, <http://www.stavebnictvi3000.cz/> [online]. cit 22-12-2018
<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vypocet-tepelnych-ztrat-budov-podle-csn-en-12831-a/>
- [8] ČSN 730540-2
- [9] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 23 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [10] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 49 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [11] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. s. 45 Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [12] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Překlad Jaroslava Pokorná. Bratislava: Jaga, 2009. s 63. ISBN 978-80-8076-077-9.
- [13] Baumschlager Eberle. <https://www.baumschlager-eberle.com> [online]. cit 22-12-2018.
Dostupné z: <https://www.baumschlager-eberle.com/werk/projekte/projekt/lohbach-i/>
- [14] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Překlad Jaroslava Pokorná. Bratislava: Jaga, 2009. s 65. ISBN 978-80-8076-077-9.
- [15] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Překlad Jaroslava Pokorná. Bratislava: Jaga, 2009. s 93. ISBN 978-80-8076-077-9.

[16] TYWONIAK, Jan a kol. Sledování energetických vlastností pasivních domů. 1. vyd. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, 2012. s 64,65. ISBN 978-80-247-4277-9.

[17] TYWONIAK, Jan a kol. Sledování energetických vlastností pasivních domů. 1. vyd. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, 2012. s 66. ISBN 978-80-247-4277-9.

[18] Meteoblue.cz, <https://www.meteoblue.com/cs> [online]. cit 23-12-2018, dostupné z https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modeclimate/praha_%C4%8Cesko_3067696

[19] Google Maps, <https://www.google.com/maps> , [online]. cit 23-12-2018. Dostupné z : https://www.google.com/maps/@50.087867,14.3588375,3a,75y,171.78h,82.45t/data=!3m6!1e1!3m4!1sgd_TgEBxVAPfEAQLRPG86w!2e0!7i13312!8i6656

[20] SBTool CZ, <https://www.sbtool.cz> [online]. cit 27-12-2018, Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/cs/metodika>

12. SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

Energie 2017

Area 2017

Teplo 2014

Teplo 2017

Simulace 2018

MS Word 2007

MS Excel 2007

Autodesk AutoCAD 2019

13. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Vizualizace bytového domu, v popředí řadové domy, převzato z [1]..... 6

Obrázek 2- Křivka teploty vnitřního a venkovního vzduchu (viz. D.1.1.6)..... 11

Obrázek 3 - Půdorys uvažované kritické místnosti 12

Obrázek 4 - Pohled na bytový komplex Wohnen am Lobach, převzato z [13] 15

Obrázek 5- Pohled na bytový komplex Hallein s řezem a půdorysem, převzato z [14]..... 16

<i>Obrázek 6 – Pohled na bytový dům ve Wolfurtu s půdorysem, 2.NP převzato z [15]</i>	17
<i>Obrázek 7 – Průběh stavby domu T, převzato z [17]</i>	19
<i>Obrázek 8 – Poloha objektu s okolní zástavbou, převzato z [1]</i>	20
<i>Obrázek 9 – Klimatické podmínky Praha</i>	21
<i>Obrázek 10 – Současný stav</i>	22
<i>Obrázek 11 – Studie 1.NP komplexu Břevnov, převzato z [1]</i>	23
<i>Obrázek 12 – Schéma koncepce TZB – komplex Břevnov</i>	27
<i>Obrázek 13- Příslušné bodové hodnocení pro dosažení certifikátů</i>	28
<i>Obrázek 14 - Schéma rozmístění posuzovaných detailů v rámci obálky obytného domu</i>	32
Obrázek 16 - Výsledek výpočtu stacionárního pole teplot detailu A	33
Obrázek 15 – Detail A	33
Obrázek 18 - Výsledek výpočtu stacionárního pole teplot detailu B	34
Obrázek 19- Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla	34
Obrázek 17 – Detail B	34
Obrázek 21-Výsledek výpočtu stacionárního pole detailu C.....	35
Obrázek 22 - Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla	35
Obrázek 20 – Detail C	35
Obrázek 24- Výsledek výpočtu stacionárního pole detailu D.....	36
Obrázek 25- Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla	36
Obrázek 23 – Detail D	36
Obrázek 27 -Výsledek výpočtu stacionárního pole detailu E	37
Obrázek 28 - Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla	37
Obrázek 26 – Detail E.....	37
Obrázek 31- Schéma pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla	38
Obrázek 29 – Detail F.....	38
Obrázek 30 - Výpočet stacionárního pole detailu F	38

14. SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 -Tabulka hodnot součinitele prostupu tepla konstrukcí</i>	8
<i>Tabulka 2 - Tabulka hodnot součinitele lineárního činitele prostupu tepla, převzato z [8]</i>	9
<i>Tabulka 3 – Porovnání environmentální požadavků na zdroj tepla – zdroj Energie 2017 (D.1.1.4.)</i>	25

Tabulka 4- Tabulka pro určení bodového hodnocení.....29