



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb

Pasivní domy

REŠERŠE

Bakalářská práce

Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vypracoval:	Jan Abel
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Ctislav Fiala, Ph.D.
Část:	E

Praha 2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební


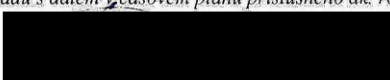
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: Abel	Jméno: Jan	Osobní číslo: 458746
Zadávací katedra: K124-Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: Bakalářský, Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Bytový dům Třebíč	
Název bakalářské práce anglicky: Apartment building Třebíč	
Pokyny pro vypracování: Úvodní řešerše k tématu pasivního domu - koncepce návrhu, odlišnosti od "běžné výstavby", rozsah cca 20 stran. Na zadání dle studie zpracovat energetické a stavebně-technické řešení obálky objektu (v max. míře blížíící se pasivnímu standardu) v materiálových/konstrukčních variantách s jejich následným vyhodnocením, zpracovat projektovou dokumentaci pro stavební povolení částí: A, C,3, D.1.1, D.1.2 (předběžný návrh a vybrané výkresy tvaru/skladby), D.1.4 (návrh zdrojů + přípojky, základní trasování, koncepce a dimenze VZT, výkres rozvodů VZT), část D.1.1 doplnit o vybrané stavební detaily (min. 5).	
Seznam doporučené literatury: Konstrukční detaily pro pasivní domy - Juraj Hazucha, Jan Bárta vyhl. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb vyhl. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, navazující ČSN (ČSN EN)	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing.Ctislav Fiala, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 20.02.2019	Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019
	Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příštího ak. roku 
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské 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“.

<u>21.02.2019</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 26.05.2019

.....
Jan Abel

Poděkování

Děkuji Ing. Ctislavu Fialovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

Anotace

Cílem bakalářské práce je vytvoření projektové dokumentace bytového domu pro stavební povolení dle architektonické studie v maximální míře blížící se pasivnímu standartu. Dokumentace je tvořena stavební částí, předběžným statickým návrhem nosných prvků, základním konceptem TZB s podrobnějším zpracováním vzduchotechniky. Před tvorbou projektové dokumentace byly zpracovány 3 materiálové varianty obvodového pláště s následným vyhodnocením nejlepší varianty, která byla v dokumentaci užita.

Klíčová slova:

Bytový dům, pasivní dům, nízkoenergetický dům, součinitel prostupu tepla, keramické bloky

Summary

The aim of the bachelor thesis is to design, based on an architectural study, a residential building closely approaching passive standard and prepare project documentation for obtaining building permit. The documentation consists of a construction part, a preliminary static design of load-bearing elements, a basic concept of HVAC with more detailed elaboration of air-conditioning. Three different variants of the material used for building envelope were proposed and evaluated. Finally the best variant was chosen and used for preparing the project documentation.

Key words:

Residential building, passive house, low-energy house, heat transfer coefficient, ceramic blocks

OBSAH

1	ÚVOD DO PROBLEMATIKY PASIVNÍCH STAVEB.....	8
1.1	Úvod	8
1.2	Historický vývoj.....	8
1.3	Dělení energeticky efektivních staveb.....	9
1.4	Srovnání pasivního domu s běžnou novostavbou	10
2	CELKOVÁ KONCEPCE BUDOVY.....	10
2.1	Pozemek a umístění budovy	10
2.2	Tvarové řešení budovy	11
2.3	Dispozice budovy	11
3	STAVEBNÍ KONSTRUKCE	12
3.1	Obvodové stěny.....	12
3.2	Střechy	13
3.3	Výplně otvorů.....	14
3.4	Podlahy a základy	16
3.5	Obálkové konstrukce-součinitel prostupu tepla.....	16
3.6	Obálkové konstrukce-vzduchotěsnost	19
4	TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ	19
4.1	Větrání	19
4.2	Vytápění	21
5	VYHODNOCENÍ OBVODOVÝCH STĚN	22
5.1	Varianta 1	23
5.2	Varianta 2	25
5.3	Varianta 3	27
5.4	Vyhodnocení.....	28
6	ZÁVĚR.....	30
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	31
8	SEZNAM TABULEK	31
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY PASIVNÍCH STAVEB

1.1 Úvod

Pasivní domy jsou budovy, které spadají do skupiny energeticky efektivních staveb. Jedná se o stavby poskytující optimální komfort pro bydlení s nízkou energetickou potřebou. Hlavním cílem má být minimální spotřeba energie za vytápění a osvobození od nadbytečného technického zařízení. Pro splnění nižší energetické potřeby budovy je třeba dodržení řady pravidel. Prvním z nich je dokonalá tepelná ochrana jednotlivých konstrukcí s důsledným provedením detailů (předcházení vzniku tepelných mostů). Dále je nutné zajistit vzduchotěsnou obálku, vlivem které je vyžadováno užití nuceného větrání pro výměnu vzduchu v objektu. Dalším potřebným opatřením je správné umístění stavby na pozemku z hlediska světových stran, uspořádání terénu, vegetace, druhu urbanistické zástavby a pokud možno zajistit jednoduchý, kompaktní tvar domu, bez zbytečných výstupků. [2, 5]

Energeticky efektivní stavby využívají tepelné zisky ze slunečního světla, vnitřních zdrojů tepla a zpětného získávání tepla. Pro pokrytí zbytkové potřeby tepla se volí obnovitelné zdroje energie. [2]

1.2 Historický vývoj

V roce 1939 se v USA poprvé objevily návrhy domů s velkými zásobníky tepla v podobě vody, kamene, a zdiva. U těchto staveb, které jsou dnes označovány jako pasivní domy, zatím nebyl kladen takový důraz na tepelnou ochranu budovy a větrání. [6, 7]

Za zmínku stojí i další předchůdce pasivních domů, kterým byla loď s názvem Fram. Tato loď využívala principu pasivního domu, neboť její boky a stropy byly zatepleny a pro vyhřátí interiéru postačila petrolejová lampa. [6, 7]

Další výzkumy domů s nízkou spotřebou energií probíhaly kolem roku 1970 v souvislosti s energetickou krizí. Výzkumy probíhaly například v Kodani, Severní Americe a Německu. Byla experimentálně realizována řada domů, které dodnes slouží, ačkoliv „jen“ jako nízkoenergetické, neboť nebyl ještě

kladen dostatečný důraz na vzduchotěsnost a byly vybaveny poruchovou technikou. Poslední krok k vytvoření skutečně pasivních domů, tak jak je známe dnes nastal v Německu roku 1991, kde byly postaveny čtyři řadové pasivní domy. Pasivní domy jsou od té doby stále rozvíjeny díky vývoji nových technologií. [6, 7]

1.3 Dělení energeticky efektivních staveb

Nízkoenergetický dům:

Do této skupiny energeticky efektivních staveb spadají budovy s měrnou potřebou tepla za rok na vytápění do 50 kWh/(m²a). [2, 3, 4]

Pasivní domy:

Jedná se o budovy, jejich roční měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje 15 kWh/(m²a). Dalšími požadavky těchto domů je, že celkové množství primární energie bude nižší než hodnota 120 kWh/(m²a) a celková neprůvzdušnost budovy nepřekročí hodnotu 0,6 1/h. [2, 3, 4]

Nulové domy:

Tyto domy se vyskytují velmi málo. Díky měrné spotřebě tepla za vytápění do 5 kWh/(m²a) jsou označovány jako domy s „nulovou spotřebou energie“.

[2, 3, 4]

Energeticky nezávislé domy:

Zpravidla se jedná o domy, kde není možné se napojit na veřejné energetické sítě. Tyto objekty jsou schopny si potřebnou energii vyprodukovat samy. [2, 3, 4]

Plusenergetické domy:

V podstatě se jedná o energeticky nezávislé domy s tím rozdílem, že jsou schopny vyrobit více energie, než potřebují pro vlastní potřebu. Tuto přebytečnou energii pak vlastníci těchto domů odprodávají. [2, 3, 4]

1.4 Srovnání pasivního domu s běžnou novostavbou

Tab.1 Základní rozdíly mezi pasivním domem a dosud běžnou novostavbou [8]

	Charakteristika	Potřeba tepla na vytápění (kWh/(m ² a))	Zdroj vytápění	Tloušťka izolace (mm)	Větrání
Pasivní dům	pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla	méně než 15	teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla	200-400	větrání s rekuperací
	vynikající parametry tepelné izolace				
	velmi těsné konstrukce				
Běžná novostavba	Klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu	80-140	klasická otopná soustava	70-150	otevření oken

2 CELKOVÁ KONCEPCE BUDOVY

2.1 Pozemek a umístění budovy

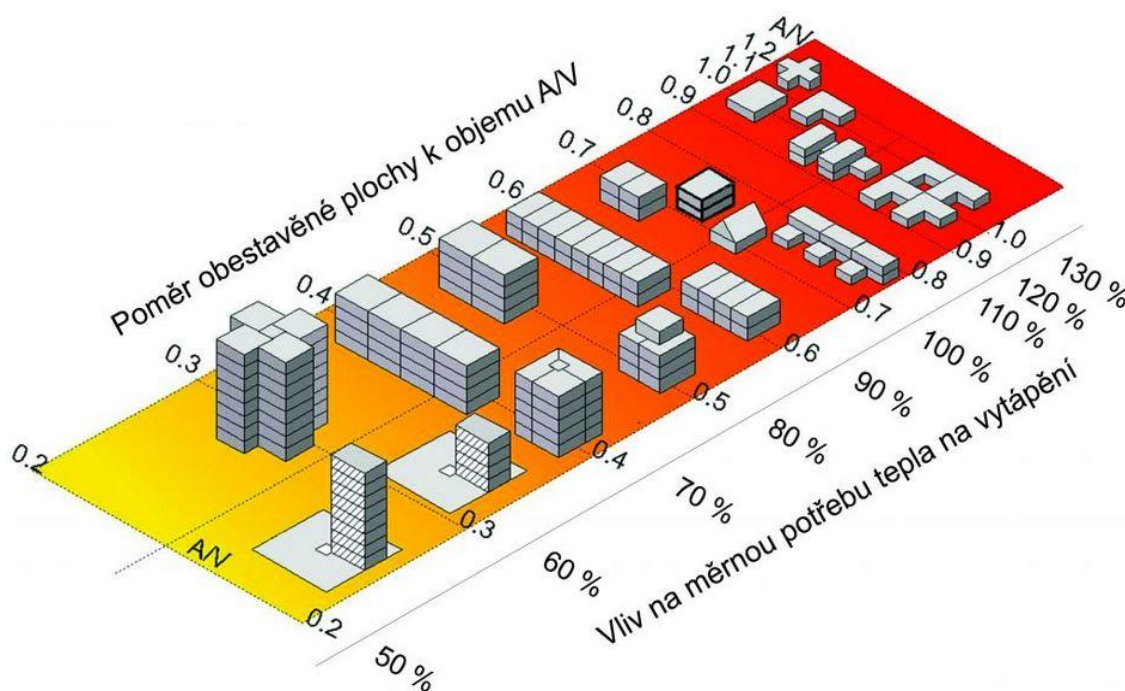
Při výběru pozemku pro pasivní dům nejprve řešíme stejné otázky, jako u běžných budov. Zajímá nás, jak jsou položeny inženýrské sítě, zda nemá pozemek nějaké omezení a jaká je v blízkosti pozemku dopravní dostupnost a občanská vybavenost. [3, 9]

Při umístění pasivní obytné budovy na pozemek je vhodné, aby strana objektu, kde jsou plánovány obytné místnosti s největší prosklenou plochou byla orientována na osluněnou stranu (jih). Dále hrají roli další vlivy jako stínění okolní zástavby, vegetace, tvar terénu, povětrnostní vlivy dané lokality či vodní plochy, které zmírňují výkyvy teplot. Najít ideální pozemek pro stavbu pasivního domu může být v dnešní době obtížné, a proto některé nedostatky je nutné kompenzovat vhodnou úpravou projektu. [3, 9]

2.2 Tvarové řešení budovy

Cílem tvarového řešení pasivních budov je dosažení nízké hodnoty faktoru tvaru, která je definována jako poměr ochlazovaných ploch obvodových konstrukcí budovy a obestavěného prostoru budovy a ovlivňuje tepelné ztráty objektu. Z tohoto hlediska je výhodné realizovat řadové domy a vícepodlažní budovy. Nejméně vhodné jsou pak samostatně stojící rodinné domy o jednom podlaží, neboť mají vysokou hodnotu faktoru tvaru, viz Obr. 1. [2]

Z hlediska geometrie je optimální stavět budovy kompaktní, uzavřené, s nízkou mírou členitosti. To může mít i příznivý vliv na rychlost výstavby a pořizovací cenu nemovitosti. [2]



Obr.1 Faktor tvaru A/V různých typů budov [10]

2.3 Dispozice budovy

Dispozice objektu se volí z hlediska teplotního režimu jednotlivých místností, účelu místností, výhledu na okolí a potřebného denního osvětlení. S ohledem na tyto hlediska je doporučeno obytné prostory s většími prosklenými plochami situovat na osluněné straně, tedy na jih až jihozápad.

Větší prosklené plochy zaujímají na této straně cca 30-40 % plochy této fasády. Ložnice je vhodné umístit na východ až jihovýchod. Místnosti s nejmenšími prosklenými plochami jako jsou například WC, koupelny, šatny či kuchyně je výhodné situovat na sever. Toto uspořádání interiéru je vhodné z hlediska přirozeného osvětlení a solárních zisků okny, kterým je nutné věnovat dostatečnou pozornost kvůli riziku přehřívání místností. [3, 9]

3 STAVEBNÍ KONSTRUKCE

3.1 Obvodové stěny

Obvodové stěny pasivních domů musejí zabezpečit dostatečnou izolační schopnost a vzduchotěsnost při co nejmenší celkové tloušťce. Obecně je lze dělit na stěny lehké (dřevostavby) a stěny masivní. [11]

Dřevostavby:

Mezi hlavní pozitiva dřevostaveb patří jejich rychlost realizace, menší náročnost, menší hmotnost a tloušťka konstrukce. Dřevo je v těchto konstrukcích použito jako nosný prvek, který je doplněn tepelnou izolací, neboť bez ní by nebyly tyto stavby schopny splnit požadavky pasivních domů. Dřevostavby nejčastěji využívají konstrukce fošnové nebo panelové systémy. [2, 3, 11]

Dřevostavby fošnové konstrukce se nejvíce využívají v Severní Americe. Jsou tvořeny kombinací svislých sloupků s velkoformátovými deskami umístěnými nejčastěji na vnější straně. Jako sloupky se využívají masivní fošny nebo kombinované I-nosníky. Velkoformátové desky jsou pak tvořeny OSB deskami. Prostor mezi jednotlivými sloupky je vyplněn minerální izolací, která je ze strany interiéru pokryta parozábranou a následným pomocným roštem s obkladem. V poslední době je parozábrana nahrazována OSB deskami na interiérové straně. Spojení desek musí být přelepeny parotěsnými páskami. Z vnější strany je systém vhodné doplnit dalšími izolačními deskami jako podklad pro tenkovrstvou omítku. [2, 3, 11]

Panelové systémy dřevostaveb se skládají z velkoplošných prvků, které jsou vyráběny ve výrobních halách pomocí mechanizace. Panely jsou velmi přesné a je možné je doplnit rozvody již při výrobě. Další výhodou je rychlá

realizace hrubé stavby. Vnější i vnitřní vrstvu je pro pasivní domy vhodné doplnit o izolační desky s tenkovrstvou omítkou. [2, 3, 11]

Masivní stěny:

Masivní stěny mají oproti dřevostavbám vyšší únosnost, vyšší hmotnost, lepší akumulační schopnost tepla, ale delší dobu realizace. V současné době je velké množství možností pro provedení těchto stěn. Pro stavbu pasivních domů volíme pro nosné konstrukce materiály o malé tloušťce, s vyšší únosností a větší objemovou hmotností, aby celková tloušťka stěny byla přijatelná. Vhodnými materiály jsou například vápenopískové tvarovky, pórobetonové tvarovky, stěny ze železobetonu nebo stěny tvořené ztraceným bedněním z polystyrenových tvarovek, které jsou vyplněny betonovou směsí. Z vnější strany jsou stěny opatřeny tepelně izolačním materiálem s omítkou. Oproti běžné výstavbě je vhodné tepelné izolace lepit na speciální talířové hmoždinky, které jsou zapuštěny do nosné konstrukce a lícují s povrchem stěny. Hlavní výhodou těchto hmoždinek je eliminace tepelných mostů.

[2, 3, 11]

3.2 Střechy

Hlavními funkcemi střechy je ochrana před deštěm, slunečným zářením, sněhem, větrem nebo hlukem. U pasivní domů je nutné, aby střecha dosahovala požadovaných tepelně izolačních vlastností (tloušťka tepelné izolace 300-400 mm) a byla vzduchotěsná. Z hlediska tvaru nejsou pasivní domy omezené, a tak je možné realizovat jak střechy ploché, tak i šikmé. [2, 3]

Ploché střechy mají menší ochlazované plochy, není zde problém zvětšit tloušťku tepelné izolace na 300-400 mm a mají menší riziko tepelných mostů oproti střechám šikmým. Dále je možné využití celého půdorysu objektu. Realizují se střechy jak jednoplášťové, které jsou nejjednodušší, tak i dvouplášťové s provětrávanou vzduchovou mezerou. U jednoplášťových střech je skladba tvořena nosnou konstrukcí stropu, parotěsnou zábranou, dostatečnou tloušťkou tepelné izolace, která plní i funkci spádovou a povlakovou krytinou. Oblíbená je v poslední době také zelená střecha, kdy tloušťka substrátu má příznivý vliv na tepelnou stabilitu stavby a estetiku. Skladba dvouplášťových střech může být tvořena dřevěnými nosníky

oplaštěnými z vrchní i spodní strany OSB deskami. Na spodní desce je pak uložena tepelná izolace a vzduchová mezera musí být větrána z vnějších prostor. [2, 3]

U šikmých střech je pro pasivní domy vyžadována tloušťka tepelné izolace aspoň 400 mm, a tak izolace pouze mezi krokvemi nedostačuje. Je nutné dodání tepelné izolace pod krokve či nad krokve. Výhodné může být také užití kombinovaných I-nosníků s funkcí krokve, které částečně eliminuje tepelné mosty. Pro ztužení střešní roviny se využívá celoplošné bednění z OSB desek, které mohou zajistit s dobře provedenými spoji požadovanou vzduchotěsnost. [2, 3]

3.3 Výplně otvorů

Významným prvkem u pasivní staveb jsou bezpochyby výplně otvorů, hlavně okenních. Kromě obvyklých funkcí jako jsou vizuální kontakt s exteriérem a osvětlení interiéru zajišťují pasivní solární zisky. Z hlediska výhodných solárních zisků je potřeba splnit několik zásad. Okna je vhodné nejvíce situovat na jižní stranu a jejich velikost by měla být 30-40 % z plochy této fasády. Je třeba se také zamyslet nad ochranou proti přehřívání. Dále je nutné volit kvalitní rám s nízkým součinitelem prostupu tepla a kvalitní izolační zasklení s teplým distančním rámečkem. Součinitel prostupu tepla celého okna může být nanejvýš $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. [1, 2, 3]

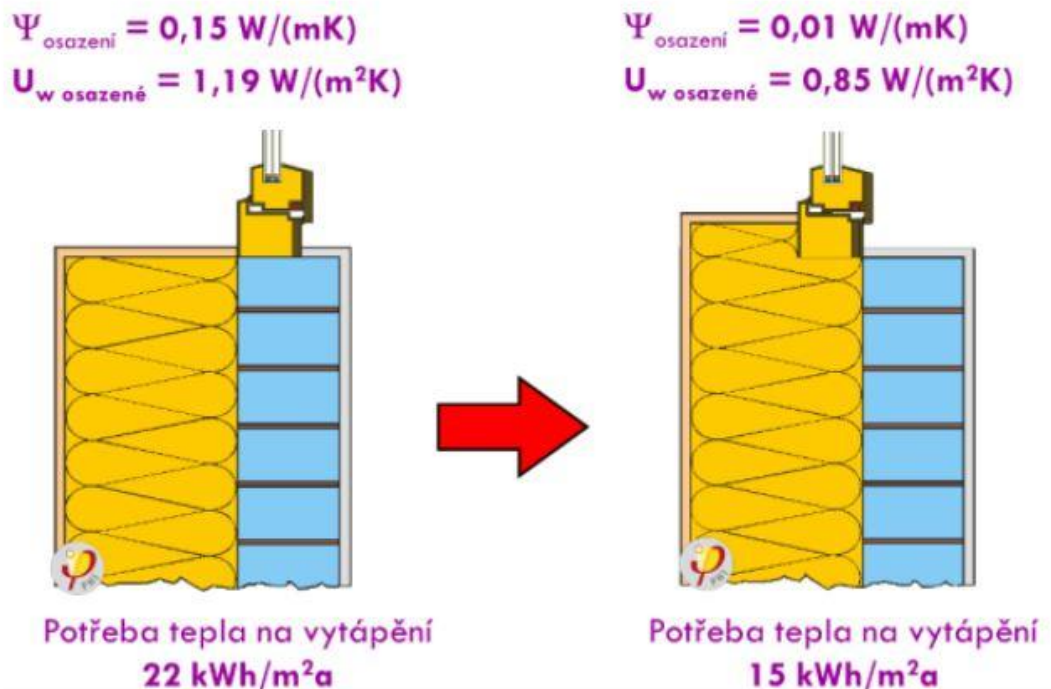
Pro pasivní domy je výhodné, aby zasklení bylo provedeno z tepelně izolačních trojskel, viz Obr. 2. Tabule skel jsou opatřeny tenkým kovovým povlakem a prostor mezi jednotlivými tabulemi je vyplněn inertními plyny jako jsou argon či krypton. Solární faktor zasklení by měl být nad 50 % v závislosti účelu budovy. Dále je vhodné volit plastové nebo silikonové distanční rámečky. [1, 2, 3]

Dalším prvkem, který má vliv na součinitele prostupu tepla okna jsou rámy. Rámy pasivních domů by měly obsahovat tepelnou izolaci a měly by být co nejnižší za účelem zvětšení prosklené plochy, která na rozdíl od rámu přináší solární zisky. [1, 2, 3]



Obr.2 Řez okny pro pasivní domy [12]

Při osazování okna do otvoru je vhodné zvolit tzv. předsazenou montáž do tepelného izolantu, viz Obr. 3. Pokud je to tedy možné, středová rovina okna by se měla blížit středové rovině tepelné izolace. Dále je nutné zajistit dostatečné překrytí rámu tepelnou izolací. [1, 2, 3]

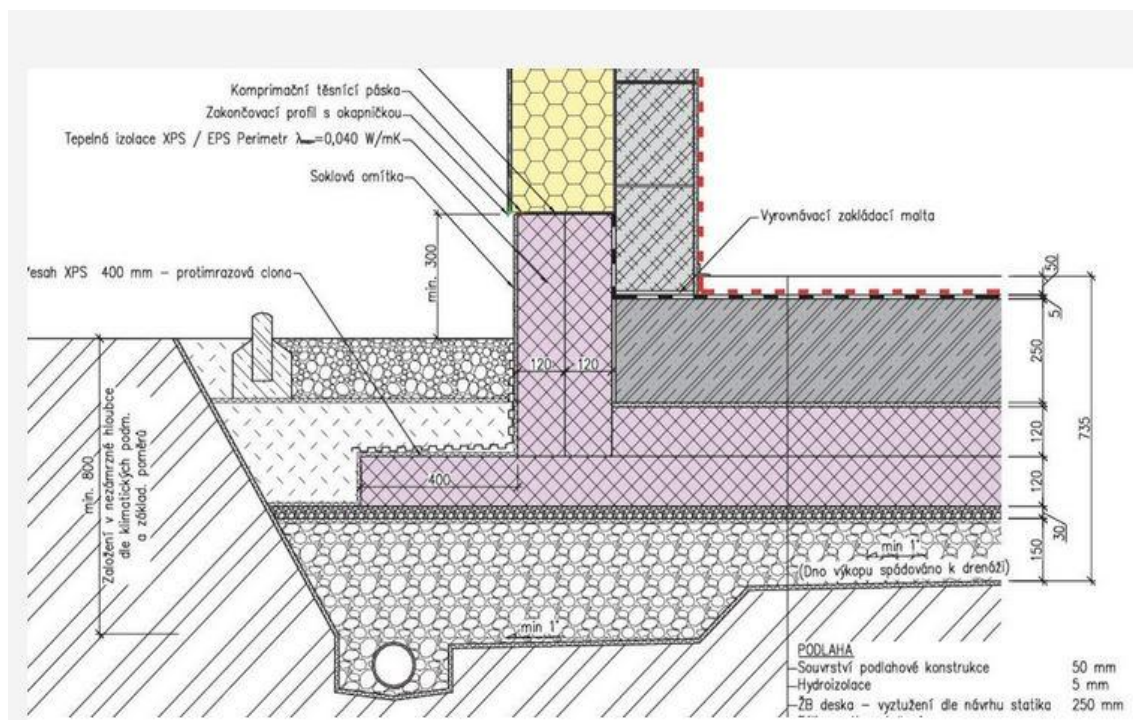


Obr.3 Porovnání rozdílného osazení oken [13]

Pro vchodové dveře platí podobné požadavky jako pro okna. [1, 2, 3]

3.4 Podlahy a základy

Většina pasivních domů je nepodsklepená, a proto je doporučeno je zateplit tloušťkou tepelné izolace 250-300 mm. Asi nejčastějším způsobem zateplení je, když je tepelná izolace součástí podlahy přilehlé na terénu. Další variantou zateplení je umístění tepelné izolace vně základů, viz Obr. 4. Pro tuto variantu se používají deskové izolace s vyššími únosnostmi (např. XPS nebo pěnové sklo) nebo sypané izolace (štěrk z pěnoskla, kamenivo Liapor). Pro oba případy je nutné zhotovit podkladní vrstvu ze štěrkového lože. Pro deskové materiály musí být dostatečně rovné nebo je možné podkladní vrstvu zhotovit z betonu. Řešení tepelně izolační vrstvy vně základů se využívá hlavně v případě základových desek. [1, 2]



Obr.4 Zateplení základové desky (fialová barva v obrázku je únosná tepelná izolace z XPS desek, žlutá barva je tepelná izolace z EPS desek) [14]

3.5 Obálkové konstrukce-součinitel prostupu tepla

Důležitým parametrem z hlediska pasivního standartu je součinitel prostupu tepla, který charakterizuje tepelně izolační schopnost konstrukcí. Dnešní požadavky běžné výstavby jsou oproti pasivnímu standartu velmi vzdálené, což je vidět v tabulce č.2. [3]

Tab.2 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující vnitřní teplotou v intervalu 18 °C až 22 °C [15]

Popis konstrukce	Součinitele prostupu tepla (W/(m ² K))		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{N,20}$
Stěna vnější	0,3 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,12
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,12
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,12
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,3 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,3 až 0,2
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna z vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,7	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9

Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m^2/m^2 , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m^2 ; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m^2 .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4f_w$	0,2+ f_w	0,15+0,85 f_w
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		-	1,8	1
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾		-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,8	1,2
Poznámky: 1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m ² K). 2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m ² K). 3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni. 4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru. 5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy. 6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370. 7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m ² K).				

3.6 Obálkové konstrukce-vzduchotěsnost

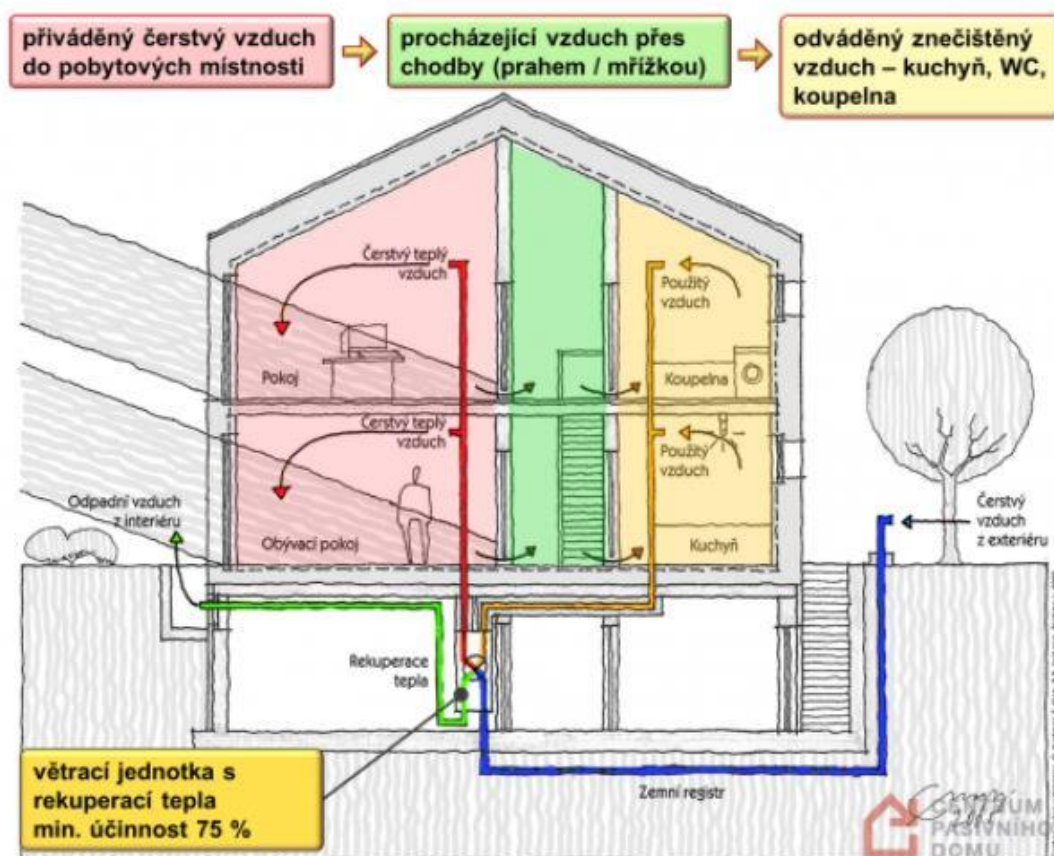
Neprůvzdušnost obálkových konstrukcí je třeba řešit u jakékoliv stavby. U pasivních budov je požadavek přísnější. Vlivem netěsností dochází k tepelným ztrátám, materiály ztrácejí jejich tepelně izolační vlastnosti, zvyšuje se riziko vlhkosti a následné kondenzace. Dále se například snižuje účinnost větrací jednotky. Aby konstrukce nebyly průvzdušné, je třeba věnovat pozornost dodržení správných postupů od návrhu projektu až po realizaci stavby a její následné dokončení. Zejména je nutné zvolit správný materiál, zajistit spojitost vzduchotěsné vrstvy, snažit se minimalizovat prostupující prvky a provést dobře spoje jednotlivých vrstev. Za hlavní vzduchotěsnicí vrstvu se považuje materiál, který nepropouští vzduch. U masivních staveb může tuto funkci plnit zdivo i omítka, která musí být provedena z obou stran bez trhlin. U lehkých staveb jako jsou dřevostavby plní funkci neprůvzdušnosti například plastové folie nebo OSB desky s dobře utěsněnými spoji. [2,3]

4 TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ

4.1 Větrání

Z důvodů požadavků na vzduchotěsnost obálky pasivních domů a minima tepelných ztrát je na rozdíl od běžné výstavby u těchto budov potřebné nucené větrání. Výměna vzduchu se zajišťuje pomocí větrací jednotky s rekuperací tepla, která přivádí čerstvý vzduch do obytných místností a odvádí odpadní vzduch, nejčastěji z místností jako WC, koupelna a kuchyň, viz Obr. 5. Odpadní vzduch je využíván pro ohřev čerstvého vzduchu za pomoci rekuperačního výměníku. Účinnost rekuperace pro pasivní domy by měla být alespoň 75 %.

[2, 9, 16]



Obr.5 Schéma nuceného větrání s rekuperací tepla [16]

Mezi hlavní výhody nuceného větrání se řadí účelný odvod nepříjemných pachů a škodlivin, neustálý přívod čerstvého vzduchu do všech místností, odvod vlhkosti (zamezení vzniku plísní), vyloučení průvanu a diskomfortu, snížení rizika přehřívání budovy, omezení hluku z venkovního prostředí a úspora nákladů za energii. [2, 9, 16]

Umístění větrací jednotky je vhodné mimo obytné místnosti. Jednotky se umísťují například do technické místnosti, suterénu, koupelny či chodby. Větrací jednotky je možné uložit na masivní odpruženou podlahovou desku nebo zabudovat do podhledu. Rozvody pro přívod a odvod vzduchu je možné vést v podhledech, podlahách či stěnách. Vzduchovody by měli být co nejkratší a s minimem ohybů. Nejvíce jsou prováděny z kruhového nebo hranatého pozinkovaného potrubí. [2, 9, 16]

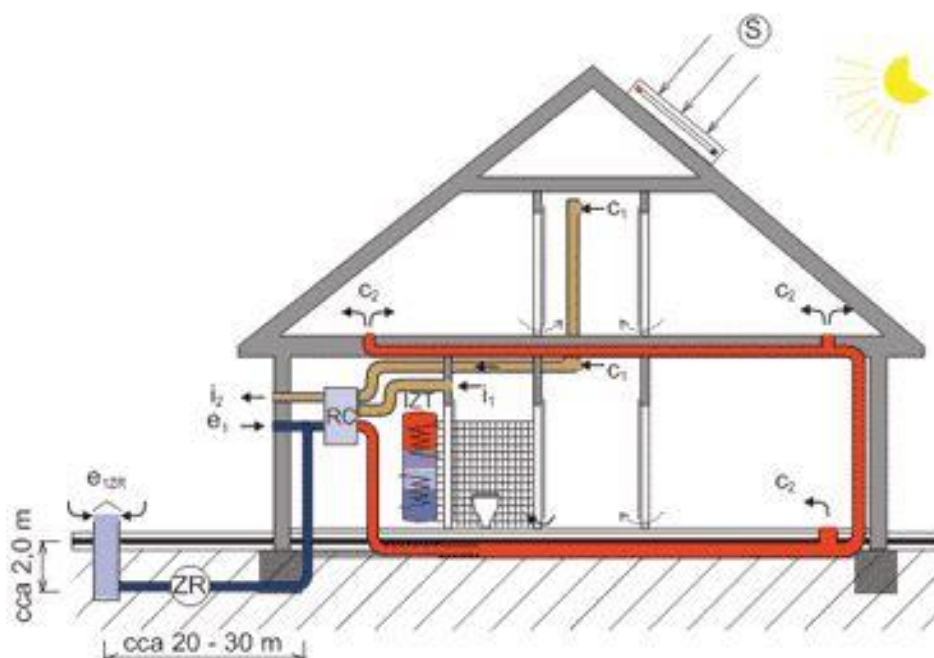
4.2 Vytápění

Na rozdíl od běžné výstavby je u pasivních domů tepelná ztráta velmi malá a k její pokrytí navíc přispívají pasivní solární zisky a vnitřní zisky. I přes to je třeba navrhnout vytápění pro případ, kdy budou tepelné zisky malé nebo pro ohřev teplé vody. Je dobré volit obnovitelné zdroje tepla. [1, 2, 17]

U pasivních domů lze sloučit řízené větrání s teplovzdušným vytápěním. Tento způsob distribuce tepla vede k úspoře nákladů na další rozvody. K dohřívání vzduchu slouží teplovodní výměník nebo elektrické spirály umístěné za rekuperační jednotkou. [1, 2, 17]

U větších tepelných ztrát je nutné navrhnout teplovzdušné vytápění s cirkulací, které má o jednu větev rozvodu víc, viz Obr. 6. Tímto potrubím je odsáván vzduch z obytných místností, který je přimícháván k venkovnímu vzduchu a následně dohříván a vrácen zpět. Odpadní vzduch z hygienických místností je nejčastěji odváděn do venkovního prostředí. Nevýhodou teplovzdušného vytápění je vysušování vzduchu a chybějící sálavá složka.

[1, 2, 17]



Obr.6 Schéma teplovzdušného vytápění s cirkulací (c_2 -čerstvý vzduch do obytných místností, e_{ZR} -venkovní vzduch přiváděný zemním registrem, i_1 -odpadní vzduch, c_1 -cirkulační vzduch, i_2 -výfuk odpadní vzduchu po rekuperaci, RC-větrací jednotka, ZR-zemní registr, IZT-integrovaný zásobník tepla) [18]

Dalším způsobem vytápění je užití klasických otopných těles či jiných teplosměnných ploch. Jelikož jsou domy dobře izolované tepelnou izolací a součinitel prostupu tepla okny je malý, není nutné otopná tělesa situovat pod okenní otvory. Díky tomu je možné použití malých otopných těles umístěných u stěnových distribučních prvků od větrání, viz Obr. 7. Vstupující čerstvý vzduch do místnosti se tak efektivně ohřeje a další teplo sálá z tělesa. [1, 2, 17]



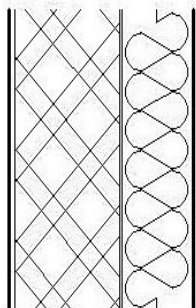
Obr.7 Otopné těleso pod větrací mřížkou [17]

5 VYHODNOCENÍ OBVODOVÝCH STĚN

Pro projekt bytového domu byly navrženy tři materiálové varianty obvodových stěn, pro jejichž vyhodnocení byla využita environmentální hlediska, celková tloušťka a cena konstrukce. Jednotlivé varianty jsou navrženy tak, aby součinitel prostupu tepla byl u všech stejný a srovnání bylo objektivní.

5.1 Varianta 1

OBVODOVÁ STĚNA 1.-5. NP



- TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA SILIKONOVÁ TL.1,5 mm
- LEPÍČÍ HMOTA S PERLINKOU TL.3 mm
- TEPELNÁ IZOLACE KOMBINACE EPS S GRAFITEM A MW TL.200 mm ($\lambda=0,034 \text{ W/(m.K)}$)
- LEPÍČÍ HMOTA TL. 5 mm
- OBVODOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH TVAROVEK P15, TL.300 mm ($\lambda=0,2 \text{ W/(m.K)}$)
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

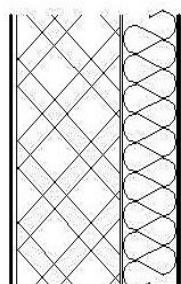
SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA = $0,129 < 0,12 - 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 520 mm

Obr.8 Skladba obvodové stěny 1.-5. NP (varianta 1)

Tab.3 Parametry obvodové stěny varianty 1 (1.-5.NP)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1235,88	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	82,00	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	219,38	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	520	mm
Hmotnost stěny	283	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,129	W/(m ² K)
Cena	2695	Kč/m ²

OBVODOVÁ STĚNA 1.PP (NAD TERÉNEM)



- SOKLOVÁ TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA TL.2 mm
- LEPÍČÍ HMOTA S PERLINKOU TL.3 mm
- TEPELNÁ IZOLACE FASÁDNÍ EPS DESKY S GRAFITEM TL.160 mm ($\lambda=0,032 \text{ W/(m.K)}$)
- LEPÍČÍ HMOTA TL. 5 mm
- OBVODOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH TVAROVEK P15, TL.300 mm ($\lambda=0,2 \text{ W/(m.K)}$)
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

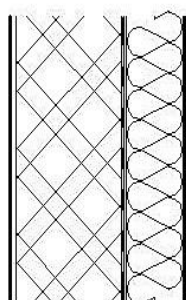
SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA $0,147 < 0,12 - 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 480 mm

Obr.9 Skladba obvodové stěny 1.PP nad terénem (varianta 1)

Tab.4 Parametry obvodové stěny varianty 1 (1.PP nad terénem)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1149,72	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	78,93	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	206,55	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	480	mm
Hmotnost stěny	283	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,147	W/(m ² K)
Cena	2590	Kč/m ²

OBVODOVÁ STĚNA 1.PP (POD TERÉNEM)



- NOPOVÁ FOLIE
- TEPelná IZOLACE XPS DESKY TL.160 mm ($\lambda=0,033$ W/(m.K))
- LEPIČÍ HMOTA TL. 5 mm
- HYDROIZOLACE - 2 x MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS, TL.2*4 = 8 mm
- OBVODOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH TVAROVEK P15, TL.300 mm ($\lambda=0,2$ W/(m.K))
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA 0,15<0,12-0,18 W/m²K
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 483 mm

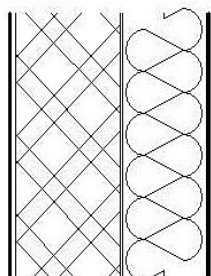
Obr.10 Skladba obvodové stěny 1.PP pod terénem (varianta 1)

Tab.5 Parametry obvodové stěny varianty 1 (1.PP pod terénem)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1455,65	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	80,39	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	242,71	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	483	mm
Hmotnost stěny	283	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,15	W/(m ² K)
Cena	2625	Kč/m ²

5.2 Varianta 2

OBVODOVÁ STĚNA 1.-5. NP



- TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA SILIKONOVÁ TL.1,5 mm
- LEPÍČÍ HMOTA S PERLINKOU TL.3 mm
- TEPELNÁ IZOLACE KOMBINACE EPS S GRAFITEM A MW TL.240 mm ($\lambda=0,034 \text{ W}/(\text{m.K})$)
- LEPÍČÍ HMOTA TL. 5 mm
- OBVODOVÉ ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH CIHEL P20, TL.300 mm ($\lambda=1,1 \text{ W}/(\text{m.K})$)
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

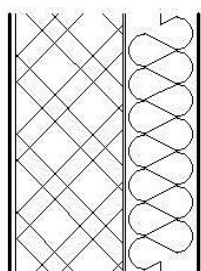
SOUČINITEĽ PROSTUPU TEPLA = $0,129 < 0,12 - 0,18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 560 mm

Obr.11 Skladba obvodové stěny 1.-5. NP (varianta 2)

Tab.6 Parametry obvodové stěny varianty 2 (1.-5.NP)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1205,31	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	84,57	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	186,14	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	560	mm
Hmotnost stěny	480	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,129	W/(m ² K)
Cena	3610	Kč/m ²

OBVODOVÁ STĚNA 1.PP (NAD TERÉNEM)



- SOKLOVÁ TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA TL.2 mm
- LEPÍČÍ HMOTA S PERLINKOU TL.3 mm
- TEPELNÁ IZOLACE FASÁDNÍ EPS DESKY S GRAFITEM TL.200 mm ($\lambda=0,032 \text{ W}/(\text{m.K})$)
- LEPÍČÍ HMOTA TL. 5 mm
- OBVODOVÉ ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH CIHEL P20, TL.300 mm ($\lambda=1,1 \text{ W}/(\text{m.K})$)
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

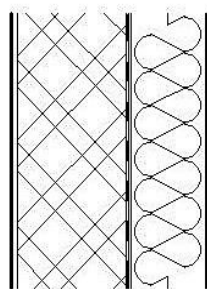
SOUČINITEĽ PROSTUPU TEPLA $0,147 < 0,12 - 0,18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 520 mm

Obr.12 Skladba obvodové stěny 1.PP nad terénem (varianta 2)

Tab.7 Parametry obvodové stěny varianty 2 (1.PP nad terénem)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1245,23	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	86,56	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	191,18	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	520	mm
Hmotnost stěny	480	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,147	W/(m ² K)
Cena	3490	Kč/m ²

OBVODOVÁ STĚNA 1.PP (POD TERÉNEM)



- NOPOVÁ FOLIE
 - TEPelnÁ IZOLACE XPS DESKY TL.200 mm ($\lambda=0,033$ W/(m.K))
 - LEPÍČÍ HMOTA TL. 5 mm
 - HYDROIZOLACE 2*MAP, TL.2*4 = 8 mm
 - OBVODOVÉ ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH CIHEL P20, TL.300 mm ($\lambda=1,1$ W/(m.K))
 - SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm
- SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA = 0,15<0,12-0,18 W/m2K
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 523 mm

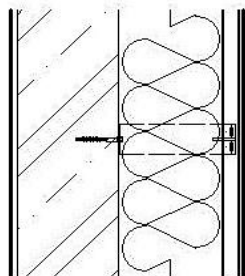
Obr.13 Skladba obvodové stěny 1.PP pod terénem (varianta 2)

Tab.8 Parametry obvodové stěny varianty 2 (1.PP pod terénem)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1521,59	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	86,79	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	222,853	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	520	mm
Hmotnost stěny	480	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,15	W/(m ² K)
Cena	3435	Kč/m ²

5.3 Varianta 3

OBVODOVÁ STĚNA 1.-5. NP



- FASÁDNÍ DESKY CEMBRIT RAW TL.10 mm
- VZUCHOVÁ PROVĚTRÁVANÁ MEZERA TL.40 mm
- DIFUZNĚ OTEVŘENÁ FOLIE
- TEPELNÁ IZOLACE Z ČEDIČOVÉ VLNY TL.260 mm ($\lambda=0,034 \text{ W/(m.K)}$)
- OBVODOVÉ ŽB STĚNA TL.250 mm, TL.300 mm ($\lambda=1,74 \text{ W/(m.K)}$)
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

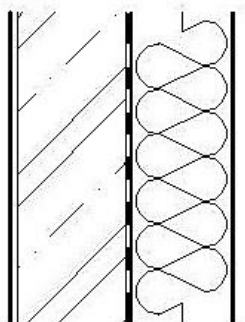
SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA = $0,126 < 0,12 - 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 620 mm

Obr.14 Skladba obvodové stěny 1.-5.NP (varianta 3)

Tab.9 Parametry obvodové stěny varianty 3 (1.-5.NP)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	787,14	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	96,94	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	227,45	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	620	mm
Hmotnost stěny	625	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,126	W/(m ² K)
Cena	6780	Kč/m ²

OBVODOVÁ STĚNA 1.PP (POD TERÉNEM)



- NOPOVÁ FOLIE
- TEPELNÁ IZOLACE XPS DESKY TL.200 mm ($\lambda=0,033 \text{ W/(m.K)}$)
- LEPICÍ HMOTA TL. 5 mm
- HYDROIZOLACE 2*MAP, TL.2*4 = 8 mm
- OBVODOVÉ ŽB STĚNA, TL.250 mm ($\lambda=1,74 \text{ W/(m.K)}$)
- SÁDROVÁ OMÍTKA TL.10 mm

SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA = $0,153 < 0,12 - 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
 CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY: 473 mm

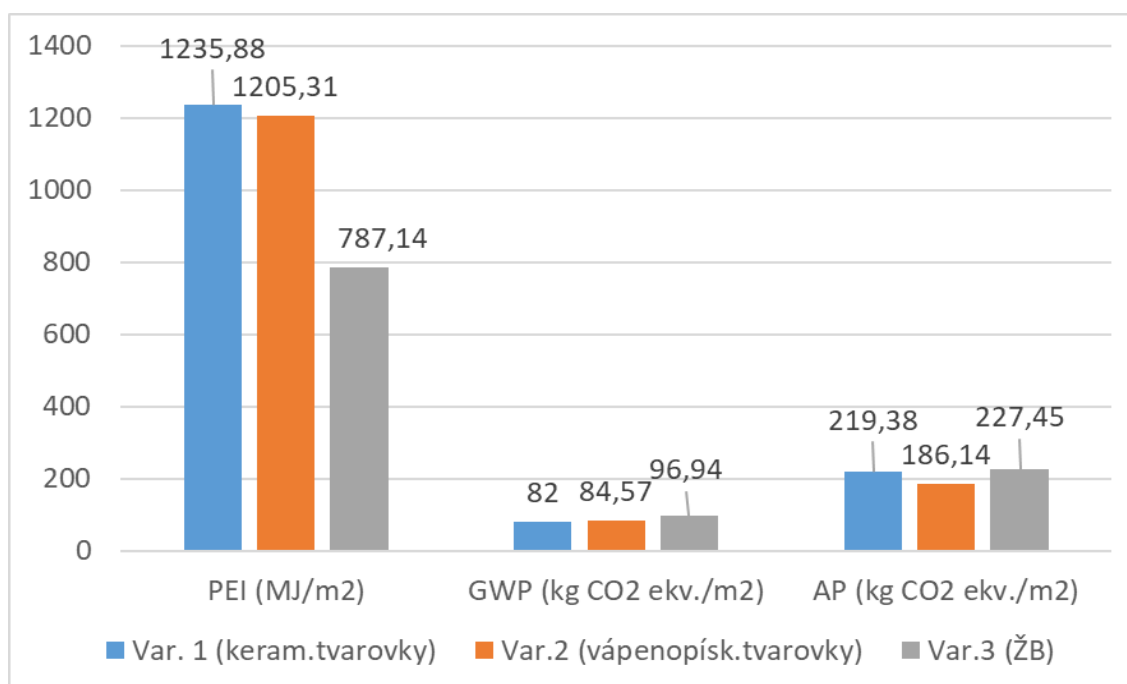
Obr.15 Skladba obvodové stěny 1.PP pod terénem (varianta 3)

Tab.10 Parametry obvodové stěny varianty 3 (1.PP pod terénem)

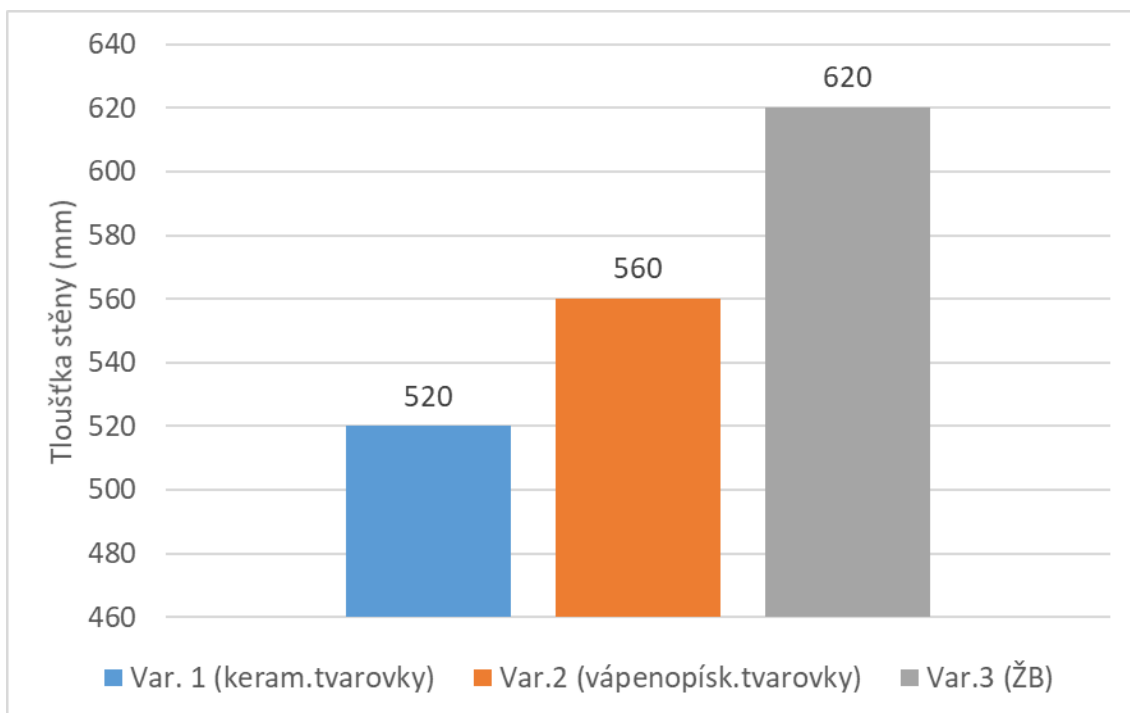
Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	1355,86	MJ/m ²
Svázaná emise CO ₂ (GWP)	108,172	kg CO ₂ ekv./m ²
Svázaná emise S ₂ (AP)	260,40	kg CO ₂ ekv./m ²
Tloušťka stěny	473	mm
Hmotnost stěny	625	kg/m ²
Součinitel prostupu tepla	0,153	W/(m ² K)
Cena	4140	Kč/m ²

5.4 Vyhodnocení

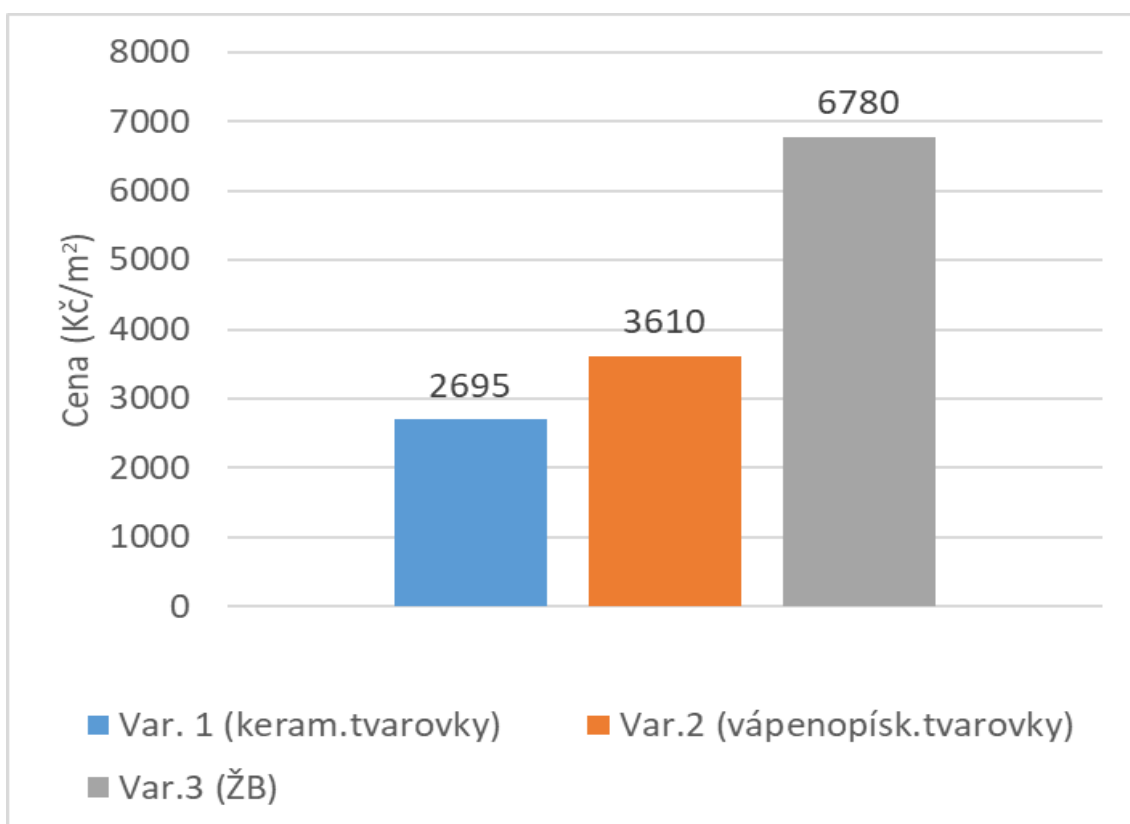
Pro vyhodnocení byla vybrána sada parametrů, pro které bylo provedeno grafické srovnání mezi jednotlivými variantami. Jedná se o parametry environmentální, tloušťku a cenu stěny.



Obr.16 Grafické porovnání variant z hlediska environmentálních parametrů



Obr.17 Grafické porovnání variant z hlediska celkové tloušťky stěny



Obr.18 Grafické porovnání variant z hlediska ceny konstrukce

Z hlediska environmentálních parametrů je nejlepší varianta č.3 (ŽB monolitická stěna s tepelnou izolací z čedičové vlny a provětrávanou fasádou). Nevýhodou této varianty je dvakrát větší cena a větší tloušťka konstrukce pro dosažení stejného součinitele tepla jako u varianty č.1 (zděná konstrukce z keramických tvarovek s tepelnou izolací z EPS desek + MW) a varianty č.2 (zděná konstrukce z vápenopískových tvarovek s tepelnou izolací z EPS desek + MW). Varianty č.1 a varianty č.2 dosahují z hlediska environmentálních parametrů podobných hodnot, ovšem z hlediska ceny a celkové tloušťky stěny je výhodnější varianta č.1 (zděná stěna z keramických tvarovek). Z tohoto byla pro projektovou dokumentaci bytového domu zvolena varianta ze zděných keramických tvarovek.

6 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se věnoval tvorbě projektové dokumentace bytového domu pro stavební povolení v maximální míře blížíící se pasivnímu standartu. Projektová dokumentace je tvořena stavební částí, předběžným statickým návrhem nosných konstrukcí a základním konceptem TZB. Součástí této práce je zpracování rešerše na téma pasivních domů, a také vhodný výběr materiálové varianty obvodového pláště, na který byl následně podle architektonické studie projekt zpracován.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1 Faktor tvaru A/V různých typů budov [10]
Obr.2 Řez okny pro pasivní domy [12]
Obr.3 Porovnání rozdílného osazení oken [13]
Obr.4 Zateplení základové desky [14]
Obr.5 Schéma nuceného větrání s rekuperací tepla [16]
Obr.6 Schéma teplovzdušného vytápění s cirkulací [18]
Obr.7 Otopné těleso pod větrací mřížkou [17]
Obr.8 Skladba obvodové stěny 1.-5. NP (varianta 1)
Obr.9 Skladba obvodové stěny 1.PP nad terénem (varianta 1)
Obr.10 Skladba obvodové stěny 1.PP pod terénem (varianta 1)
Obr.11 Skladba obvodové stěny 1.-5. NP (varianta 2)
Obr.12 Skladba obvodové stěny 1.PP nad terénem (varianta 2)
Obr.13 Skladba obvodové stěny 1.PP pod terénem (varianta 2)
Obr.14 Skladba obvodové stěny 1.-5.NP (varianta 3)
Obr.15 Skladba obvodové stěny 1.PP pod terénem (varianta 3)
Obr.16 Grafické porovnání variant z hlediska environmentálních parametrů
Obr.17 Grafické porovnání variant z hlediska celkové tloušťky stěny
Obr.18 Grafické porovnání variant z hlediska ceny

8 SEZNAM TABULEK

- Tab.1 Základní rozdíly mezi pasivním domem a dosud běžnou novostavbou [8]
Tab.2 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující vnitřní teplotou v intervalu 18 °C až 22°C [15]
Tab.3 Parametry obvodové stěny varianty 1 (1.-5.NP)
Tab.4 Parametry obvodové stěny varianty 1 (1.PP nad terénem)
Tab.5 Parametry obvodové stěny varianty 1 (1.PP pod terénem)
Tab.6 Parametry obvodové stěny varianty 2 (1.-5.NP)
Tab.7 Parametry obvodové stěny varianty 2 (1.PP nad terénem)
Tab.8 Parametry obvodové stěny varianty 2 (1.PP pod terénem)

Tab.9 Parametry obvodové stěny varianty 3 (1.-5.NP)

Tab.10 Parametry obvodové stěny varianty 3 (1.PP pod terénem)

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] HANZUCH, J. a BÁRTA, J. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2016. ISBN 978-80-247-4551-0.

[2] NAGY, E. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga Group, s. r. o., 2009. ISBN 978-80-8076-077-9.

[3] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy principy a příklady*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. ISBN 80-247-1101-X.

[4] TYWONIAK, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 3 nulové, pasivní a další*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-3832-1.

Internetové zdroje:

[5] Centrum pasivního domu, *Co je pasivní dům* [online]. [2019-05-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>>.

[6] Centrum pasivního domu, *Z historie pasivních domů* [online]. 2013 [2019-05-04]. Dostupné z WWW: <https://www.pasivnidomy.cz/z-historie-pasivnich-domu/t1083?fbclid=IwAR10e5ecVmDIUsRIhJN52FCqpx_fGLCs6-rVgRmg4ZC_0ts4DQ89iCzuEVA>.

[7] Zelené zprávy, *Historie pasivních domů* [online]. 2010 [2019-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.zelenezpravy.cz/historie-pasivnich-domu/?fbclid=IwAR28v9zdl5ES2uoVd-pZytbDVUaK8-0Bs3WpfonL-ROUSVla4XYTOUVUO8E>>.

[8] Nazeleno, *Co je dobré vědět o pasivních domech* [online]. 2019 [2019-05-04]. Dostupné z WWW: <https://www.nazeleno.cz/pasivni-domy-co-je-dobre-o-nich-vedet.aspx?fbclid=IwAR16iRgCtf0OoVvQAmRikus_w7Py_6xFL5eA-Br2Nte67yNC9Ik0yzkFNdc>.

[9] Biom, *Pasivní domy-rady, zipy, informace* [online]. 2010 [2019-05-04]. Dostupné z WWW: <https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pasivni_domy_rady_typy_informace.pdf>.

[10] Bydlení ve vatě, *Pasivní dům je především otázkou promyšleného návrhu* [online]. 2018 [2019-05-04]. Dostupné z WWW: <<https://bydlenivevate.cz/pasivni-dum-je-predevsim-otazkou-promyslneho-navrhu/?fbclid=IwAR2ZTVyiSoV09rZobRfKPNy0SpGettCkR0Dkrlg6hfxC4CHFud-iYHR58ac>>.

[11] MPO Efekt, *Pasivní domy, technické a dispoziční řešení* [online]. 2007 [2019-06-04]. Dostupné z WWW: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/02_tech_reseni.pdf>.

[12] Asting pasivní domy, *Okna v pasivních domech* [online]. [2019-06-04]. Dostupné z WWW: <https://www.asting.cz/okna-v-pasivnich-domech.php?fbclid=IwAR0XCGD2ZuXXzc_92uzqKBapAiP3fnJ9XxFLGF0_GcAmWliBLvbpz0ZJpNo>.

[13] Centrum pasivního domu, *Expertí ukázali, že osazení oken je při stavbě zásadní* 2014 [online]. [2019-07-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.pasivnidomy.cz/experti-ukazali-ze-osazeni-oken-je-pri-stavbe-zasadni/t4103>>.

[14] Stavíme pasivní dům, *Základová deska na extrudovaném polystyrenu* 2017 [online]. [2019-07-04]. Dostupné z WWW: <<https://stavime-pasiv.cz/2017/11/zakladova-deska-na-extrudovanem-polystyrenu-xps/?fbclid=IwAR2ZTVyiSoV09rZobRfKPNy0SpGettCkR0Dkrlg6hfxC4CHFudYHR58ac>>.

[15] Tzbinfo, *Tabulky a výpočty* [online]. [2019-08-04]. Dostupné z WWW: <<https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>>.

[16] Centrum pasivního domu, *Větrání a vytápění* [online]. 2009 [2019-09-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.pasivnidomy.cz/vetrani-a-vytapeni/t379>>.

[17] Centrum pasivního domu, *Větrání a vytápění* [online]. 2009 [2019-10-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.pasivnidomy.cz/vetrani-a-vytapeni/t379?chapterId=1658>>.

[18] Alter-nativa, *Systém teplovzdušného vytápění a větrání* [online]. 2010 [2019-10-04]. Dostupné z WWW: <http://alter-nativa.cz/300-system-teplovzdusneho-vytapeni-a-vetrani.html?fbclid=IwAR1bYgn-ZNZNmp4qau5B8P2r0bR1rL3Cq-nvMRQiDd0Vg_xQGOA23MzqtSU>.