

**Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta**

Ústav základního zpracování dřeva



**Projekt dřevostavby rodinného domu
rámové konstrukce**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Samostatná příloha: Projektová dokumentace

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a veškeré použité prameny informace uvádím v seznamu použití literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:.....

Podpis studenta:.....

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat své vedoucí práce doc. Dr. Ing. Zdeňce Havířové, za odborné konzultace.

Dále rád bych poděkoval Ing. Martinu Běťákovi za pomoc se stavební tepelnou technikou a energetikou budov a Janu Krejčíkovi z firmy Fine za pomoc při návrhu vazníkové střešní konstrukce.

Také bych rád poděkoval celé své rodině a přítelkyni, která mě podporovala po celou dobu studia.

ABSTRAKT

Autor: Adam Běťák

Název práce: Projekt dřevostavby rodinného domu rámové konstrukce

Bakalářská práce se zaměřuje na návrh rodinného domu typu bungalov systémem dřevěné rámové konstrukce. Cílem práce je vypracovat dokumentaci pro stavební povolení. Práce má dvě části - výkresovou a textovou část.

Výkresová část obsahuje výkresy pro stavební povolení včetně technických zpráv a výkres vzduchotechniky s příslušnou technickou zprávou. Součástí projektové dokumentace je výpočet tepelných ztrát domu a výpočet energetické náročnosti budovy včetně průkazu energetické náročnosti a 3D vizualizace domu.

V textové části jsou teoreticky popsány v současnosti využívané systémy nosných konstrukcí pro dřevostavby, materiály používané v dřevostavbách a způsoby jejich použití. Druhá část práce se zabývá samotným návrhem rámové dřevostavby. Jednotlivé navržené skladby konstrukcí na styku s exteriérem, jsou posouzeny z hlediska požadavků na tepelnou ochranu budov. V závěru práce jsou uvedeny základní konstrukční detaily.

Klíčová slova: dřevěné konstrukce, konstrukce rámu, KVH hranoly, minerální izolace Isover, OSB deska, polystyren, součinitel prostupu tepla, stavební materiál, SVD deska Fermacell.

ABSTRACT

Author: Adam Běťák

Title of thesis: A Timber Frame Family House Project

The bachelor work aims at a design of a family bungalow by means of a timber frame construction. The objective of the work is to prepare documentation for the building permit. The work has two parts - a drawing and a textual part.

The drawing part contains drawings for the building permit including technical reports and air conditioning drawing with a relevant technical report. The project documentation includes a calculation of the house's heat loss and a calculation of the energy performance of the building including an energy performance certificate along with 3D visualisations of the house.

The textual part theoretically describes the currently used systems of supporting structures for timber houses, materials used for timber houses and ways of their use. The second part deals with the designed timber frame house itself. The individual designed structures of construction in contact with the exterior are assessed in terms of the requirements for thermal protection of buildings. Basic construction details are presented in the conclusion.

Key words: Timber constructions, frame constructions, solid structural timber, Isover mineral insulation, oriented strand board, styrofoam, thermal transmittance, building materials, Fermacellgypsum board with fibrous reinforcement.

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE	10
3	METODIKA.....	11
4	VÝVOJ STAVEB ZE DŘEVA	12
4.1	Počátky stavění ze dřeva	12
4.2	Základní typy konstrukčních systémů dřevostaveb.....	14
4.2.1	Srubová stavba	14
4.2.2	Hrázděné stavby	14
4.2.3	Balloon-Frame, Platform-Frame	15
4.2.4	Skeletové stavby	15
4.2.5	Stavby z masivního dřeva	16
4.2.6	Rámové stavby.....	16
4.3	Současné používané konstrukční systémy dřevostaveb	17
4.4	Materiály pro dřevostavby	18
4.4.1	Nosné prvky	18
4.4.2	Velkoplošné materiály	19
4.4.3	Tepelné a akustické izolace.....	21
5	RÁMOVÁ DŘEVOSTAVBA	22
5.1	Dělení rámových dřevostaveb dle způsobu provádění.....	22
5.1.1	Realizace rámové dřevostavby na stavbě.....	22
5.1.2	Provádění rámových dřevostaveb částečnou prefabrikací	22
5.1.3	Rámová dřevostavba panelová.....	23
5.1.4	Rámová dřevostavba kompletní buňky	23
5.2	Skladba obvodového pláště	23
5.2.1	Difuzně uzavřené konstrukce	23
5.2.2	Difuzně otevřené konstrukce.....	24
6	ŘEŠENÝ RODINNÝ DŮM	26
6.1	Umístění rodinného domu	26
6.2	Dispoziční řešení domu	26
6.3	Konstrukční řešení navržených skladeb	27

7	NÁVRH KONSTRUKCÍ	28
7.1	Obvodová stěna.....	28
7.1.1	Skladba obvodové stěny.....	28
7.1.2	Tepelně technické posouzení obvodové stěny	29
7.2	Vnitřní stěny.....	34
7.2.1	Vnitřní nosná stěna.....	34
7.2.2	Vnitřní nenosné příčky.....	35
7.3	Podlaha na terénu	35
7.3.1	Tepelně technické posouzení	37
7.4	Konstrukce stropu nad 1.NP.....	38
7.4.1	Skladba stropu.....	38
7.4.2	Tepelně technické posouzení	39
7.5	Konstrukce střešního pláště.....	43
7.6	Výpočet tepelných ztrát navrhovaného domu.....	44
7.6.1	Navržená okna a dveře	45
8	DETAILY POUŽITÉ V NÁVRHU.....	46
8.1	Napojení obvodových stěn.....	46
8.2	Napojení vnitřní stěny na obvodovou stěnu	47
8.3	Uchycení podhledu.....	48
8.4	Hřeben.....	49
8.5	Osazení střešní konstrukce na obvodovou stěnu.....	50
8.6	Napojení obvodové stěny na základovou desku.....	51
9	DISKUZE	52
10	ZÁVĚR	53
11	SUMMARY	54
12	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
14	SEZNAM TABULEK.....	58
15	PŘÍLOHY.....	59

1 ÚVOD

Mezi nejstarší materiály používané na stavbu obydlí můžeme zařadit dřevo. Už od začátku mělo širokou škálu využití, a to nejen jako stavební materiál, ale i jako energeticky využitelná surovina, které je všude kolem dostatek. Dřevo se využívalo jako materiál pro stavbu jednoduchých staveb pro bydlení, které chránily majitele proti nepříznivému počasí, stejně tak pro ustájení domácích zvířat. Vlastnosti dřeva, jako jsou nízká hustota a relativně vysoká pevnost, snadná zpracovatelnost a nízká tepelná vodivost, jsou vlastnosti, díky kterým dřevo neztrácí své využití.

S vývojem nových materiálů dřevo ustupuje z pozic jako hlavní konstrukční materiál pro stavby, ale stále je využíván pro konstrukci střech, přístřešků a při výrobě stavebně truhlářských výrobků. Nahrazují ho materiály z ocele, pálené hlíny a převážně z betonu. Jedná se o cihly, tvárnice, bloky a betonové panely.

Současně s rozvojem materiálu na bázi dřeva je znovu pozvolný návrat ke stavbám z přírodního materiálu. Lidé se znovu navrací k přírodě, která jim není lhostejná, je kladen důraz na ekologii a šetření energiemi. Z hlediska environmentálního je dřevo obnovitelný materiál, jehož výrobky vykazují příznivé mechanicko-fyzikální vlastnosti při nízké energetické náročnosti při zpracování. Současná výstavba dřevostaveb u nás je velmi pozvolná oproti sousedním státům, kde mají dřevostavby dlouho tradici. Podíl výstavby dřevostaveb u nás je cca 2 % oproti 20 % v Spolkové republice Německo a 95 % v Norsku, kde je tradice dřevostaveb silně zakořeněna. Jasnou výhodou oproti klasickému zděnému způsobu výstavby je suchý proces výstavby od podlahy až po střechu bez potřeby technologické přestávky. Současní projektanti, kteří nepříliš věří dřevu jako materiálu pro stavby, jsou dost skeptičtí při použití dřeva jako hlavního konstrukčního materiálu domu a prosazují si léta vyzkoušené a prověřené metody zděných staveb.

Proto jsem si jako téma zvolil návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce montované přímo na stavbě, která je u nás nejvíce používaná z důvodu variability a možnosti případné změny dispozice přímo při výstavbě. Do budoucna se počítá s realizací navrženého rodinného domu.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vypracovat projektovou dokumentaci dřevostavby rodinného domu rámové konstrukce pro stavební povolení. Navrženým domem bude jednopodlažní rodinný dům typu bungalov, který má uspořádání vnitřní dispozice s ohledem na umístění na pozemku a ke světovým stranám. Práce bude obsahovat technické zprávy, výkresy situací, základů, půdorys 1.NP, střechu, řez, pohledy a základní konstrukční detaily, dále výkres vzduchotechniky včetně technické zprávy. Součástí dokumentace bude výpočet tepelných ztrát domu, protokol energetické náročnosti domu, průkaz energetické náročnosti a 3D vizualizace domu.

V textové části práce se seznámíme se stručným popisem konstrukčních systémů a materiálů používaných v dřevostavbách. Dále budou uvedeny skladby jednotlivých použitých konstrukcí a tepelně technické posouzení obvodové stěny, podlahy na terénu a stropu nad 1.NP. Do této části bude zahrnut také popis základních použitých konstrukčních detailů a výpočet celkových ztrát domu.

3 METODIKA

Práce je rozdělena na dvě části – textová část a část výkresová.

Výkresová část:

Tato část obsahuje návrh domu a vnitřní dispozice rodinného domu systému dřevěné rámové konstrukce bude zpracována dle vlastního návrhu a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce. Vnitřní dispozice bude upravena s ohledem na umístění domu na pozemku a orientaci ke světovým stranám, dále s ohledem k platným normám (ČSN 73 4301) zabývající se obytnými budovami a (ČSN 73 0580 – 2) zabývající se denním osvětlením obytných budov. Dále obsahuje návrh svislých a vodorovných konstrukcí z hlediska tepelné ochrany budov, bude vypracováno v programu (Teplo 2015), celkové posouzení budovy z hlediska energetické náročnosti (Energie 2015) a výpočet tepelných ztrát domu (Ztráty 2015). Projektová dokumentace pro stavební povolení bude zpracovávána v programu AutoCAD 2015, při rýsování musí být respektována norma (ČSN 01 3420) kreslení výkresů pozemních staveb. Součástí výkresové dokumentace podle vyhlášky 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb se změnami 62/2013 Sb. bude průvodní zpráva, souhrnná technická zpráva a technická zpráva. Jednotlivé technické zprávy budou zpracovávány v programu Word 2013. Při návrhu vzduchotechniky musí být respektovány normy uvedené v technické zprávě. Pro vytvoření 3D vizualizace bude použit program ArchiCAD 19.

Textová část:

První část se bude zabývat základním rozdělením současně využívaných nosných systému dřevostaveb a jejich základní charakteristikou. Bude vypracován bližší popis a zásady pro rámové konstrukce, charakteristika používaných materiálů a způsoby jejich použití. Dále budou vypracovány základní konstrukční detaily použité při návrhu, popis samotných použitých konstrukcí s tepelně technickým posouzením a výpočet tepelných ztrát domu.

4 VÝVOJ STAVEB ZE DŘEVA

4.1 Počátky stavění ze dřeva

První člověkem sestavené ochranné chýše měly konstrukci z větví, zakrytých listím nebo kůžemi. Nejjednodušší chýši z proutí a pletiva byla konstrukce z mladých stromků připevněných do země ve tvaru kruhu, ohnutých a vzájemně spojených. (Koželouh, 2004) Kočující kmeny stavěly stany, kde nosnou konstrukci tvořily dřevěné tyče, většinou ve vrcholu svázané lýkem, a na tuto nosnou konstrukci byly položeny kůže ze zabitých zvířat. S rozvojem společnosti souvisí snaha člověka o usazení na jednom místě a postupné zdokonalování staveb. Na půdních rašeliništích byly stavěny stavby na kůlech a palisádové stavby. U obou staveb byly zaraženy do země svislé kůly, které nesly celou stavbu. U kůlových staveb byla vytvořena na kůlech plošina, ke které se připevnila jednoduchá dřevěná chatrč. Palisádová stavba měla svislými kůly vytvořenou vnější stěnu, ke které se pevně připojoval povalový rošt tvořící podlahu. (Havířová, 2006)

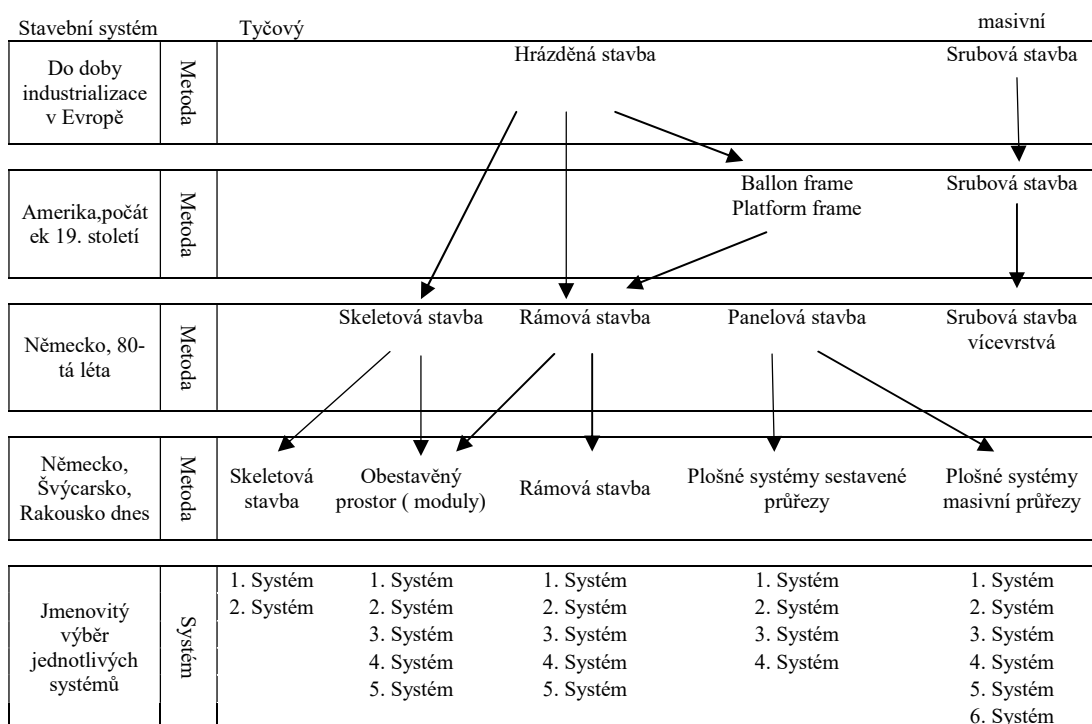
V mladší době kamenné vznikly stavby pletivové, které měly pevné podklady pro stavební konstrukci. Na podkladu ležely 3-4 příčné trámy nesoucí povalový rošt, který tvořil podlahu. Kolem takto vytvořeného roštu byly zhruba ve vzdálenosti jednoho metru zaraženy do země svislé kůly. Prostor mezi kůly byl vyplétán proutím a takto vytvořené stěny se z obou stran omazávaly hlínou. S postupným vývojem staveb ze dřeva přímo souvisí i vývoj nových dovedností člověka a vynálezy prvních nástrojů, které umožňovaly lépe opracovávat dřevo. Po překonání spojů svazováním pomocí lýka a přirozenou podpěrou vidlic ve větvích se vyvinuly počátky konstrukčních spojů, ze kterých se později vyvinuly dnešní tesařské spoje, lze takto nazývat vytvořený otvor a čep pro spojení dvou tyčových prvků v konstrukci. (Vaverka a kol., 2008)

Na evropském kontinentu, kde bylo dostatek dřeva pro stavební účely, se začaly realizovat domy srubové, u kterých byly vnější obvodové stěny vyplétané proutím nahrazeny stěnou z masivní kulatiny. Jednotlivé výřezy se klady horizontálně na sebe a byly spojovány v rozích stavby přeplátováním. Tímto způsobem byly plochy stěn vzájemně mezi sebou spojeny a plnily funkci jak ochrany interiéru před povětrností, tak zároveň nosnou funkci. Stěny prvních srubových staveb byly z profilů o průměru zhruba 15 – 18 cm. (Havířová, 2006)

Začátkem minulého století se vyvinuly v Evropě, především v Německu, hrázděné konstrukce s poměrně propracovanými tesařskými spoji tyčových prvků dřevěné kostry. Původně byly stěny těchto staveb jako u staveb pletivových vyplétány proutím a omazávány hlínou, teprve později se začali používat pálené a nepálené cihly. (Vaverka a kol., 2008)

Vývojem konstrukcí ze dřeva dochází ke zjednodušení spojů a k používání prvků s menšími průřezy. Ve stejné době proniká do Evropy vliv stavebnictví ze Severní Ameriky a Kanady, kde se dřevo používalo jako hlavní stavební materiál. Převážně se realizovaly stavby s dřevěnou kotrrou z řeziva opracovaného na pilách. Tento systém, který se nazývá „Timber frame houses“, se používá v podstatě dodnes. V Evropě se z tohoto vyvinul systém rámové dřevostavby, kde je dřevěná kostra poskládaná do rámu na výšku podlaží a opláštěna velkoplošným materiálem. (Havířová, 2006)

Se zdokonalením spojů dochází ke zjednodušení systému hrázděných staveb a spojů tyčových prvků vytvářejících dřevěnou kotrrou konstrukce, dochází k vyvinutí stavby skeletové, která využívá lepené nosné prvky a umožňuje překlenutí velkých rozponů o stále tvarové stabilitě. (Havířová, 2006)



Obr. č. 1 - Typologie dřevěných stavebních systémů

Zdroj: Vaverka a kol. (2008, s. 37)

4.2 Základní typy konstrukčních systémů dřevostaveb

4.2.1 Srubová stavba

Má se za to, že srubová stavba a roubenka jsou nejstarším typem dřevostaveb. Poznávacími znaky konstrukce je, že plášť složen pouze z jedné vrstvy masivního dřeva, která má všechny funkce (nosnou, obkladovou, izolační). Rozdíl mezi srubem a roubenkou je v rohovém spoji. Zatímco u srubového spoje klády v rohu „přečnávají“, roubenka používá v převážné míře spoj na rybinu v pravém úhlu. (Anonym, 2014)

Původně stěny srubových staveb tvořily loupané kuláče, skládané vodorovně na sebe. Výhodou těchto staveb, které se sestavovaly z rostlého dřeva, jehož povrch nebyl poškozen opracováním nebo byl narušen jen v minimální míře, byla podstatně delší životnost takových kuláčů. V rozích se většinou ponechával přesah dřeva (zhlaví) a ve křížení se klády spojovaly pomocí tesařského spoje (přeplátováním). Vodorovné spáry se utěšňovaly mechem nebo se vymazávaly hlínou s plevami, v současnosti je to nahrazeno moderními těsnícími hmotami. Později se používal spoj pomocí vloženého pera. Převratné u těchto staveb bylo použití polohraněného později hraněného řeziva nebo fošen s drážkami ve vodorovné spáře. Po délce nosné stěny dochází k velkým objemovým změnám, na což je nutné dbát při vytváření otvorů. Z důvodu požadavků tepelné ochrany, které samostatná nosná stěna z masivního dřeva nesplňuje, se musejí obvodové stěny zateplit. Izolace se vkládá mezi falešné roubení a nosnou stěnu nebo se provede dvojitě roubení o tloušťce 75 mm a mezi ně se vkládá izolace. (Haviřová, 2006)

4.2.2 Hrázděné stavby

Původně se konstrukce vyráběly v dílně a sestavovaly se na staveništi. Všechny spoje byly prováděny jako tesařské, a protože dřevěná kostra byla v hotové stavbě viditelná, musely být jednotlivé tesařské spoje provedeny ve vysoké kvalitě. Vyzdívka, která byla prováděna dodatečně, neměla nosnou funkci, ale funkci výplňovou, tedy slouží jako ochrana interiéru před povětrnostními vlivy. Pro výplň se používaly nejprve nepálené cihly později pálené. Problémovými detaily byly spáry mezi vyzdívkou a hrázděnou konstrukcí. Konstrukce hrázděné stěny se skládá ze spodního vodorovného prahu, svislých sloupků a horního rámu (ližiny), které slouží jako základní nosné prvky přenášející zatížení do základů. Pro přenos vodorovných sil se v konstrukci používají šikmé vzpěry, které přenáší zatížení větrem přes spodní práh do základů.

Šikmé prvky (vzpěry) se umísťují do krajních polí stěny, většinou postačí dvě vzpěry pro celou stěnu. U dlouhých stěn je nutné doplnit větší množství vzpěr. (Vaverka a kol., 2008) Práh musí být chráněn proti zemi vlhkosti a dešťové vodě. Vodorovné paždíky jsou umístěny mezi stojky, které stěnu vyztuží a slouží jako opora pro vyzdívkou nebo podklad pro bednění stěn, u otvorů mají funkci překladu. (Haviřová, 2006)

4.2.3 Balloon-Frame, Platform-Frame

Systém Balloon-Frame je charakteristický tím, že stěnové sloupky procházejí přes vícero podlaží (2-3 podlaží). Nahoře i dole jsou sloupky uzavřeny vodorovnými prkny, takzvaným prahem a vaznicí. Stropní nosníky jsou uloženy na stojaté fošně, která je zapuštěna do zářezu stěnových sloupků. (Kolb, 2011) Konstrukce pro ztužení je zavětřována diagonálami z prken zapuštěných do stěny, aby nepřekážela při provádění opláštění. (Haviřová, 2006)

Charakteristickým znakem Platform-Frame je, že má stojky stěn na výšku jednoho podlaží, nahoře jsou vzájemně spojeny vodorovným pasem a na takto vytvořený dřevěný „rám“ se pokládá konstrukce stropu. (Haviřová, 2006) Plošina se během stavby používá jako pracovní plocha a výrobní místo. V Severní Americe se jedná o používanou metodu pro stavbu jedno a dvoupodlažních budov. Tento způsob umožňuje standardizaci a prefabrikaci a používání normalizovaných konstrukčních prvků. Kromě toho je tento typ stavění velmi flexibilní vzhledem ke konstrukci i architektonickému řešení. (Kolb, 2011)

4.2.4 Skeletové stavby

Skeletová stavba je charakterizována použitím nosné kostry z tyčových prvků, která musí být v určité modulové síti. Tyčové prvky musí přenést veškerá zatížení, která mohou působit na konstrukci působící do základů, bez spolupůsobení stěn nebo vyztužného opláštění, jako tomu je u staveb rámových. Z historického hlediska byla první skeletovou stavbou stavba s hrázděnou konstrukcí. (Vaverka a kol., 2008) Novodobé skeletové stavby se většinou využívají pro výstavbu hal, skladišť, obchodních center, v současné době je snaha o využití systému pro stavby bytových budov. Skeletové stavby vynikají malým počtem svislých nosných prvků v půdoryse, umožňují navrhovat stavby s otevřenou vnitřní dispozicí bez nutnosti dělení nosnými konstrukcemi.

Stejně tak mohou být navrženy otevřené části v plášti budovy s využitím velkých prosklených ploch, možnost předsadit obvodový plášť budovy nezávisle na konstrukci budovy. Skeletové stavby můžeme rozdělit na takzvaný historický skelet, tedy hrázděné stavby, a současné dřevěné skeletové stavby. (Havířová, 2006)

4.2.5 Stavby z masivního dřeva

Novodobě stavěné stavby ze systému z masivního dřeva, jsou určitou alternativou k systému lehkých staveb, mezi které se dá zařadit většina dnešních dřevostaveb, ale také současně ke stavbám z klasických materiálů, jako jsou pálené cihly, bloky, a beton. (Vaverka a kol., 2008) Nosné konstrukce stěn a stropů se skládají z masivních bloků, nebo z jednotlivých přířezů. Další alternativou je vytváření dutých lepených nosných prvků s vnitřní výplní izolačním materiálem. Spojování bloků je prováděno mechanicky pomocí hřebíků, vrutů, šroubů, kolíků z tvrdého dřeva nebo jsou používány spoje lepené. (Havířová, 2006) U masivních dřevostaveb je použito plošně spojovaných elementů tvořící deskové prvky, které přenáší veškerá zatížení působící na konstrukci až do základové konstrukce. Nepopíratelnou výhodou těchto staveb je, že se realizují bez parozábrany v obvodovém plášti, tedy bydlení v takové dřevostavbě je opravdu bydlení „ve dřevě“, vytvořené mikroklima v interiéru je vrstvou masivního dřeva příznivě ovlivňováno. (Vaverka a kol., 2008)

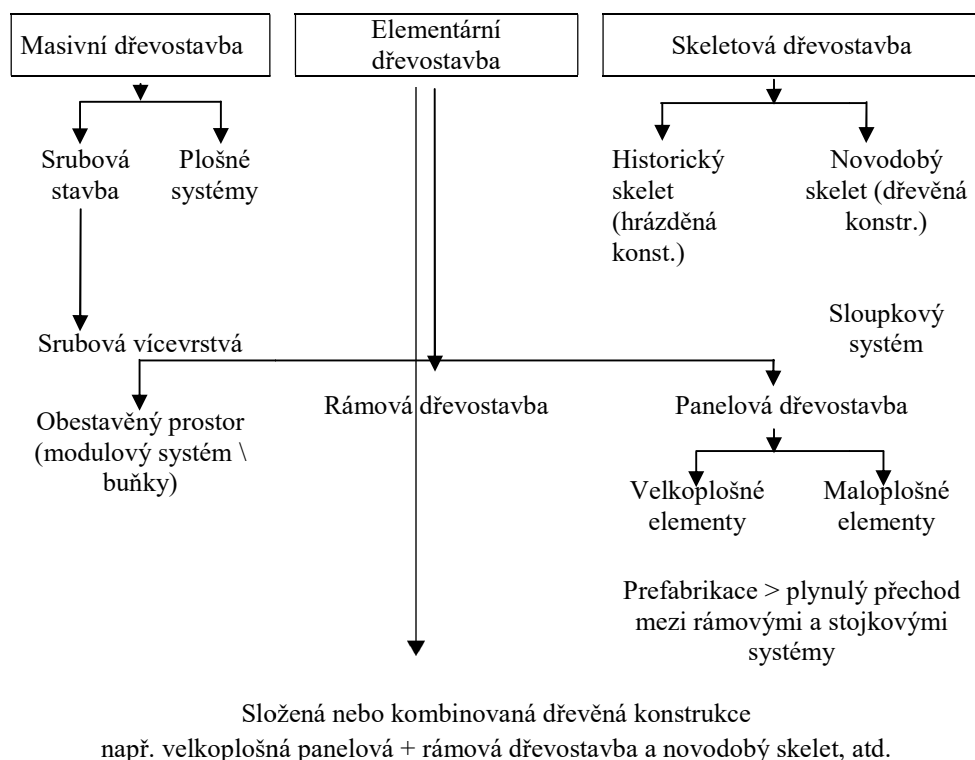
4.2.6 Rámové stavby

Nejpoužívanějším typem stavebního systému dřevostaveb je rámová konstrukce. Rámové dřevostavby jsou velmi rozšířené v Severní Americe pro svou rychlou a suchou výstavbu. Výsledkem je stavba s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi při zachování vysoké variability dispozičního a architektonického řešení. Rám je tvořen dřevěnými nosnými stojkami o průřezu 60 x 120 mm nebo v současnosti rozšířených profilů 60 x 180 mm z důvodu zvyšujících se požadavků na tepelnou izolaci obvodových stěn, které jsou opláštěny velkoplošným materiálem. Spolu s dřevěnými prvky spolupůsobí při přenášení zatížení. (Havířová, 2006) U vícepodlažních rámových staveb se musí rozměry průřezu tak jako tak zvětšit kvůli přenášení zatížení. Pro přerušení tepelných mostů a zlepšení izolačních vlastností obvodové stěny se nosná konstrukce opatří druhou izolační vrstvou. Jako konstrukční dřevo se používá převážně dřevo smrku a jedle, které se používá jako lepené nebo rostlé o vlhkosti 12 % ± 2 %. (Kolb, 2011) Dřevěné konstrukční prvky umístěné ve vzdálenostech 600 – 625 mm od sebe působí staticky především ve vertikálním směru.

Zesponu i shora jsou připevněny k hornímu a spodnímu pasu na tupý sraz nebo pomocí hřebíků, tento celek vytváří rám. Opláštění velkoplošným materiálem působí staticky ve směru horizontálním a fixuje stojky proti klopení do stran. (Novák, 2011) Pro výztužné opláštění se převážně používají OSB desky, dřevotřískové desky a sádrovláknité desky. Použitím OSB desek a dřevotřískových desek se vnitřní stěny a vnitřní líc obkládají sádrokartonovými deskami pro zvýšení požární odolnosti konstrukce. Vnější líc obvodové stěny může být proveden s odvětrávanou vzduchovou mezerou, nebo opatřen kontaktním zateplovacím systémem. (Haviřová, 2006)

4.3 Současně používané konstrukční systémy dřevostaveb

Dřevostavby pro bydlení lze rozdělit do tří základních skupin: stavby elementární (sestavované z jednotlivých elementů), stavby skeletové a masivní. Elementární a skeletové se vyvinuly ze staveb hrázděných a reprezentují stavění ze dřeva z tyčových prvků. Základem masivních dřevostaveb byla stavba srubová, která je realizována i v dnešní době, navíc k ní přibýly ještě novodobě masivní stavby. (Vaverka a kol., 2008)



Obr. č. 2 - Schéma rozdělení současných konstrukčních systémů dřevostaveb

Zdroj: Vaverka a kol. (2008, s. 38)

4.4 Materiály pro dřevostavby

4.4.1 Nosné prvky

4.4.1.1 Rostlé dřevo

Pro konstrukční účely se používá řezivo požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností, především však jehličnaté (smrk a jedle). Dle způsobu výroby je dělíme na omítané a neomítané. Podle poměru výšky ku tloušťce se dělí na deskové, hraněné a polohraněné. (Vaverka a kol., 2008) U rámových dřevostaveb se doporučuje nahradit lepeným lamelovým dřevem. (Kolb, 2011) V současné době se u většiny dřevostaveb rostlé řezivo nepoužívá, ale je nahrazeno konstrukčním lepeným lamelovým dřevem, takzvanými KVH hranoly, které jsou vyráběny z vysušeného a kvalitativně vyříděného řeziva, délkově nastavované lepeným zubovým spojem, jež vykazuje vyšší rozměrovou stabilitu a díky ohoblovanému povrchu se sraženými hranami i větší protipožární odolnost. (Čabrada, 2009)

4.4.1.2 Lepené nosníky

Jedná se o dřevěný prvek vytvořený plošným slepením dvou nebo tří bočně lepených fošen nebo hranolů z jehličnatého řeziva o maximálních rozměrech 80 x 280 mm. Vznikají takzvané DUO a TRIO nosníky. Slepují se tak, aby strana od středu kmene byla na vnější straně. Spojují se pomocí zubového spoje na maximální délku 18 m. (Vaverka a kol., 2008) Oproti rostlému řezivu mají vyšší pevnost a odolnost vůči prasklinám. Mají podobné využití jako KVH hranoly. Klade se důraz na estetický vzhled, použití je vhodné pro nosné viditelné konstrukce, stropní nosníky nebo průvlaky.

4.4.1.3 Lepené lamelové dřevo

Jedná se o nosný dřevěný prvek vyrobený slepením nejméně dvou rovnoběžných dřevěných lamel, obvykle smrkových. Prkna jsou pevnostně tříděna a nastavována pomocí zubového spoje, vzniká tedy možnost vyrábět nekonečnou lamelu. Pro výrobu lamelového dřeva se obvykle používá řezivo v rozmezí 32 mm až 40 mm. Výhodou oproti rostlému řezivu je možnost výroby prvku požadovaného rozměru, libovolného tvaru s vyšší pevností a tuhostí, díky vysušení lamel na 12% vlhkost a rovnoměrnému rozdělení suků. Vzhledem ke zvyšujícím se nárokům na tepelnou ochranu a s rozvojem nízkoenergetických a pasivních domů, kde se několikanásobně zvyšuje tloušťka tepelné izolace, hraje velice důležitou roli snížení tepelných mostů, kterými je samotné dřevo.

Z tohoto důvodu se začínají uplatňovat lepené I-nosníky na bázi dřeva. (Čabrada, 2009) Pásnice je tvořena KVH hranolem a stojina je ve většině případů tvořena OSB deskou nebo dřevovláknitou deskou. Při použití v obvodové stěně je tepelný most téměř zanedbatelný oproti KVH hranolu. I-nosníky je možno použít pro stropní konstrukci, střešní krokve a nosné prvky obvodové stěny. (Slovák, 2013)



Obr. č. 3 - I-nosníky Steico joist

Zdroj: Časopis stavebnictví, 2009

4.4.2 Velkoplošné materiály

Většinu stěnových systémů dřevostaveb je nutné zavětrovat, aby byla zajištěna dostatečná prostorová tuhost. K tomuto se využívají především OSB desky, sádrovláknité desky a tvrdé vláknité desky typu DHF. Mají výbornou ztužující schopnost a zároveň jsou difuzně otevřené pro vnější opláštění stěn dřevostaveb. OSB desky jsou velmi dobře zpracovatelné a mají poměrně vysoký difuzní odpor. Mohou tedy sloužit i jako kvalitní parobrzda. (Čabrada, 2009) Neméně důležitá je konstrukční ochrana dřeva ve stavbě použitím sádrovláknitých desek, sádrokartonových desek, cementotřískových a cementovláknitých desek zvyšujeme požární odolnost konstrukce. (Vaverka a kol., 2008)

4.4.2.1 OSB

Celosvětově nejrozšířenějším konstrukčním deskovým materiálem na bázi dřeva jsou OSB desky. OSB desky se používají v různých tloušťkách a formátech, s drážkou i bez ní, s různou povrchovou strukturou. Někdy mají broušený povrch, který je připraven pro použití v interiéru. (Zahradníček a Horák, 2011) Deska je tvořena z dlouhých tenkých a štíhlých třísek orientovaných podélně s hlavním směrem desky u vnějších vrstev a příčně ve vrstvě vnitřní.

Desky jsou oblíbené kvůli mechanickým a fyzikálním vlastnostem, objemové, tvarové stálosti a příznivé ceně. (Vaverka a kol., 2008) Lze je použít jako podlahovou desku, vnitřní opláštění stěn, stropů a příček. Nejčastěji se desky vyrábí v rozměru 2500 x 1250 mm, v násobcích rozměrů 625 mm pro modulovou koordinaci. OSB 3 Superfinish ECO se používá u difuzně otevřených konstrukcí, kde funguje jako parobrzda.

4.4.2.2 Třískové desky

Vyrábí se z dřevěných třísek a lepidla, a to dvěma způsoby - plošně lisované nebo výtlačně lisované desky. Použití jako konstrukční deska je v současnosti nahrazována v dřevostavbách OSB deskami. (Dvořák, 2011a) Při výrobě cementotřískových desek je jako pojivo použit portlandský cement. (Vaverka a kol., 2008) Desky se používají ve vlhkém prostředí, jako jsou koupelny, nebo jako opláštění vnější fasády. (Dvořák, 2011b)

4.4.2.3 Sádrokartonové a sádrovláknité desky

Tyto desky se používají v dřevostavbách z důvodu konstrukční ochrany dřeva, pro zvýšení požární odolnosti konstrukcí. Sádrokartonové desky nesmí být použity samostatně pro konstrukční účely. (Vaverka a kol., 2008) Sádrokartonové desky se používají jako běžný obklad interiéru, vlhkost by neměla přesahovat 65 % u impregnovaných desek je možné použití při zvýšené vlhkosti až 75 %. Jsou často používané v dřevostavbách, zvyšují tepelnou akumulaci schopnost domu a jsou schopny absorbovat a vydávat vlhkost, čehož využívají jak difuzně otevřené, tak i uzavřené konstrukční systémy. (Dvořák, 2011c) Sádrovláknité desky se využívají jako konstrukční opláštění dřevěných konstrukcí stěn, stropů a střešních konstrukcí. Spolupůsobí ze statického hlediska při přenášení zatížení, zároveň jsou desky nehořlavé. Sádrovláknité desky jsou vzduchotěsné, nepropustné pro vítr, mohou být tedy použity pro vnější vzduchotěsný plášť. (Havířová, 2006)

4.4.2.4 Překližované desky

Překližované desky jsou vyráběné slepením dýh lichého počtu – ale minimálně tři vrstev. Nejčastěji jsou využívány překližky a laťovky. (Vaverka a kol., 2008) Překližka se používá jako deskový materiál v rozličných konstrukčních prvcích, například jako stojina nebo pásnice nosníku, v panelech, jako plášť stěn, nebo jako styčnickové desky rámových prutů nebo příhradových vazníků. (Koželouh, 1998)

4.4.2.5 Vláknité desky

Vláknité desky jsou vyráběny z dřevěných vláken z dřevního odpadu. Mokrým způsobem se vyrábí desky měkké s hustotou do 400 kg/m³, polotvrdé od 650 do 900 kg/m³, tvrdé a velmi tvrdé s hustotou nad 900 kg/m³. Pro nosné a výztužné části stěny se smí používat pouze tvrdé a velmi tvrdé desky. (Havířová, 2006) Suchým způsobem se vyrábí polotvrdá vláknitá deska MDF. Používají se na střešní izolace kvůli přehřívání podkrovních prostor nebo jako podkladová vrstva podlah. (Dvořák, 2011a)

4.4.3 Tepelné a akustické izolace

Prováděná opatření na tepelnou ochranu budov zabraňují zbytečným ztrátám při vytápění budov, a tím nejenom přispívají k úsporám energii, ale také přímo chrání životní prostředí. Pro tepelné izolace se používají materiály s malou tepelnou vodivostí a malou nasákavostí. U dřevostaveb jsou používány především materiály z minerálních vláken, případně z vláken organických. (Havířová, 2006) Rámové dřevostavby jsou již skladbou svých stěn stvořené pro masivní vrstvy tepelné izolace mezi sloupky. Kromě materiálu na bázi minerálních či skleněných vláken se k izolaci dřevostaveb používají materiály na přírodní bázi, jako je foukaná celulóza, dřevovláknité desky, desky z konopí. Souvrství může být dále doplněno o provětrávanou mezeru a fasádní obklad, nebo kontaktní zateplovací systém. (Stará, 2013) Ochrana staveb proti hluku je stejně důležitá jako ochrana tepelná. U použitého materiálu je důležitá schopnost utlumení hluku, tedy vzduchová neprůzvučnost materiálu a závisí především na objemové hmotnosti. (Havířová, 2006)

Tab. č. 1 - Deklarované hodnoty izolačních materiálů

Zdroj: Pasivní domy, 2009

typ izolace	součinitel tepelné vodivosti λ_D	faktor difúzního odporu μ_n
expandovaný polystyren EPS	0,031 - 0,040	40 - 100
extrudovaný polystyren EPS	0,029 - 0,038	100 - 200
pěnový polyuretan PUR	0,024 - 0,028	180 - 200
minerální vlna	0,030 - 0,042	1 - 3
vakuová izolace	0,008	> 100 000
celulóza	0,037 - 0,042	1 - 2
dřevovláknité desky	0,038 - 0,046	5
desky na bázi konopí	0,04	1 - 4

5 RÁMOVÁ DŘEVOSTAVBA

5.1 Dělení rámových dřevostaveb dle způsobu provádění

- Stavby realizované na stavbě.
- Stavby z dřevěných ráků s jednostranným opláštěním připravené ve výrobní hale.
- Dřevěné stavby panelové.
- Obestavěný prostor.

(Havířová, 2006)

5.1.1 Realizace rámové dřevostavby na stavbě

Jde o způsob, který se běžně používá v Americe pod názvem „Timber frame houses“ a který praktikuje řada menších firem na tuzemském trhu. (Havířová, 2006) Při realizaci rámové konstrukce z jednotlivých přířezů přímo na staveništi se jednotlivé profily spojují natupo pomocí hřebíků. Dřevěná rámová konstrukce se sestavuje ve vodorovné poloze na zemi, po sestavení se celá zvedá do svislé polohy, kde je nutné provizorní zavětrování proti pádu. Je nutné provádět kontroly rovinnosti a svislosti prvků konstrukce. Stěny jednoho podlaží se v úrovni horního rámu převáží druhým vodorovným rámem, který plní funkci obvodového věnce. Zavětrování diagonálními vzpěrami a podpěrami je možné odstranit až po dokončení výztužného opláštění konstrukce. (Vaverka a kol., 2008)

Výhodou tohoto provádění je, že firma nepotřebuje prostory, ve kterých by realizovala přípravné práce pro stavbu. Nevýhodou je naopak prodloužená doba výstavby domu, manipulace s dřevěnými prvky na stavbě a deskovými materiály v nechráněném exteriérovém prostředí. Je nutná ochrana skladovaného materiálu před pronikáním vlhkosti do materiálu a chránění samotné rozestavěné konstrukce před vlivy počasí. (Havířová, 2006)

5.1.2 Provádění rámových dřevostaveb částečnou prefabrikací

Částečnou prefabrikací se rozumí, že dřevěný rám s jednostranným opláštěním je sestaven ve výrobní hale. Připravené rámy se dovezou na staveniště, kde se osadí na základový práh, který je impregnovaný a kotven ocelovými kotvicími prvky do předem připravené základové betonové desky. Základový práh musí být chráněn proti pronikání vlhkosti ze základové desky hydroizolací.

Rámy se vzájemně smontují, tím je vytvořena prostorová konstrukce domu, dostatečně vyztužená pro přenos zatížení, a je možné realizovat v co nejkratší době zastřešení celé stavby. Výhodou tohoto způsobu je příprava ráků v krytém výrobním prostoru, kde nedochází vnikání vlhkosti a k znehodnocení působením vody do konstrukce z vnějšího prostředí. Po dokončení střešní konstrukce následuje doplnění dalších vrstev ve skladbě stěn stropů, provádění rozvodů, podlah a úprava vnitřních a vnějších povrchů. (Vaverka a kol., 2008)

5.1.3 Rámová dřevostavba panelová

Panely se vyrobí, předem ve výrobní hale na pracovní ploše, kde dochází k sestavení dřevěného rámu, provede se opláštění z jedné strany a panel se otočí na druhou stranu. Následuje kompletace dílce ve vodorovné poloze vložím vláknité izolace mezi stojky, provedení rozvodných instalací a opláštění dílce z druhé strany. Pokud navržená skladba obsahuje parozábranu, musí být natažena před opláštěním. Připravený dílec se zvedne do svislé polohy a provádějí se další kompletační práce, jako je povrchová úprava vnějšího zateplovacího systému, osazení oken a dveří. Připravené panely jsou odváženy na stavbu, kde jsou pomocí jeřábu osazovány na předem připravenou základovou desku a smontují se dohromady. (Vaverka a kol., 2008)

5.1.4 Rámová dřevostavba kompletní buňky

Jedná se o nejvyšší stupeň prefabrikace staveb ze dřeva, dochází k výrobě kompletních buněk – takzvaného obestavěného prostoru, kdy je celá buňka sestavena ve výrobním závodě a poté je transportována na staveniště, kde je pomocí jeřábu osazena na připravenou základovou desku. (Havířová, 2006)

5.2 Skladba obvodového pláště

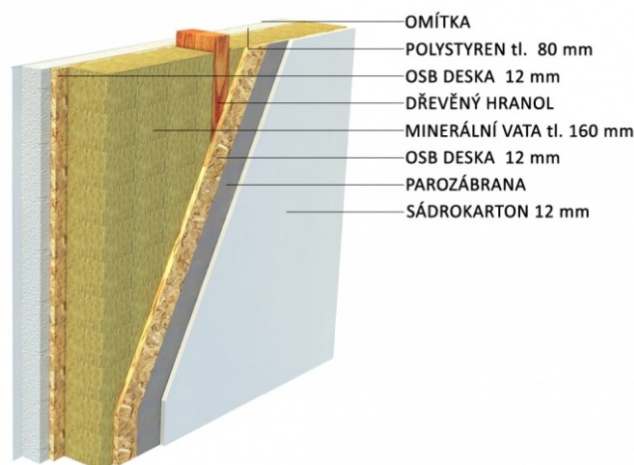
Většina rámových dřevostaveb, které jsou u nás realizovány, má skladbu stěn obvodového pláště navrženou s použitím parozábrany. Stále častěji se do dřevostaveb navrhuje takzvané difuzně otevřené rámové dřevostavby. (Vaverka a kol., 2008)

5.2.1 Difuzně uzavřené konstrukce

Difuzně uzavřené konstrukce mají na vnitřní straně konstrukce parozábranu (nejčastěji používanou PE fólii nebo hliníkovou fólii), která zabraňuje pronikání vlhkosti do konstrukce a jejímu srážení uvnitř. (Čechová, 2014)

Výhodou hliníkové fólie je její reflexivní vrstva, která za určitých podmínek „odráží“ zpět do interiéru tepelnou energii, a tím přispívá k lepší tepelné izolaci. (Zahradníček a Horák, 2011) Přesto je i při kvalitním provedení parotěsné vrstvy s přelepenými spoji nutné navrhnut dostatečně silnou vrstvu fasádního izolantu (fasádní polystyren). Polystyren chrání konstrukci nejen z hlediska tepelné ochrany, ale i z hlediska pronikání vlhkosti do konstrukce, při nechtěném porušení parotěsné fólie. Rosný bod by měl být maximálně na vnější straně fasádního polystyrenu. Z hlediska nebezpečí možného vzniku kondenzace je tedy bezpečnější difuzně otevřená konstrukce, která je navržena na průchod vlhkosti konstrukcí. (Čechová, 2014)

V případě porušení parozábrany může docházet k lokálnímu vnikání podstatně vyššího objemu vlhkosti, a ta může narušovat samotnou odolnost konstrukce. Na těchto místech je možný vznik plísní, které ničí zdravé klima v domě, také mohou degradovat i samotné konstrukční prvky dřevostavby. (Raška, 2011)



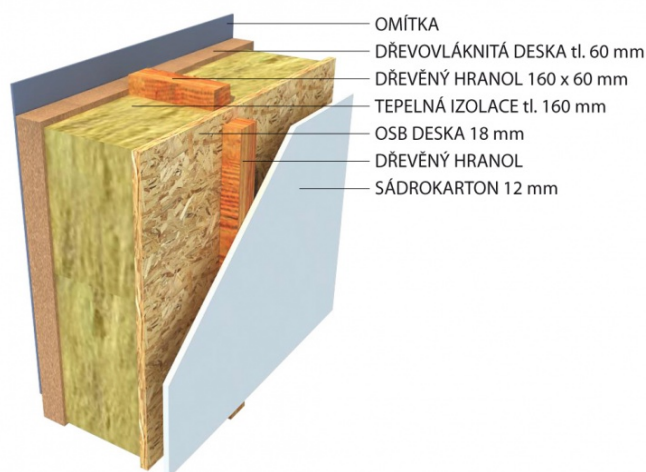
Obr. č. 4 - Skladba difuzně uzavřené konstrukce

Zdroj: EFEL – dřevostavby

5.2.2 Difuzně otevřená konstrukce

Difuzně otevřená konstrukce a její návrh musí být pečlivě posouzen z hlediska tepelně vlhkového chování při běžném užívání stavby. (Vaverka a kol., 2008) Konstrukce je navržena s ohledem na parobrzdnou vrstvu (OSB desky, sádrovláknité desky a jiné.), která musí brzdit průchod vodních par z interiéru směrem do exteriéru. Zároveň musí vrstva splnit kritéria na vzduchotěsnost celé konstrukce. Je nutné, aby fasádní izolace měla co nejmenší difuzní odpor. (Čechová, 2014)

V difuzně otevřené skladbě obvodové konstrukce není žádný prvek, který by ovlivňoval funkčnost konstrukčního systému a lze tedy předpokládat delší životnost konstrukce. Jako hlavní nevýhodou může být vnímána vyšší pořizovací cena, která brání jejímu širšímu rozšíření na trhu. Dále malá zkušenost prováděcích firem s difuzně otevřenou konstrukcí. Procházející vlhkost v difuzně otevřené konstrukci nevyhovuje plísním a houbám. Zároveň zlepšuje vnitřní prostředí dřevostavby. (Raška, 2011)



Obr. č. 5 - Skladba difuzně otevřené konstrukce

Zdroj: EFEL – dřevostavby

6 ŘEŠENÝ RODINNÝ DŮM

6.1 Umístění rodinného domu

Novostavba rodinného domu je umístěna na okraji obce Vlčnov, na pozemcích v nově budované ulice. Pozemek je po celé délce rovinný, bez stromů a keřů. Stavba je obdélníkového tvaru o rozměrech 15,521 x 8,021m. Vzhledem k umístění pozemku ku světovým stranám jsou obytné místnosti umístovány do přední části domu. Uliční část je orientována na jihozápad, tudíž je nejvíce prosklená, aby bylo možné maximálně využít solárních zisků. Dům je samostatně stojící, ovšem do budoucna se počítá se zástavbou okolních volných pozemků. Pozemek přímo sousedí s uliční obecní zpevněnou cestou. Všechny inženýrské sítě jsou vedeny pod cestou nebo vedle ní.

6.2 Dispoziční řešení domu

Dům je dispozičně navržen jako 4+1. Dům je navržen pro tříčlennou rodinu. Při vstupu do rodinného domu vstoupíme do zádveří, kde je možnost odložení svrchního oděvu, případně přezutí bot. V zádveří, na pravé straně, jsou umístěny dveře vedoucí do skladu, kde se ukládají sezónní věci, vysavač a jiné věci potřebné k úklidu. Po průchodu zádveřím se přes dveře dostaneme do chodby, která spojuje všechny místnosti v domě. Chodba je „srdcem“ tohoto domu. Na pravé straně je umístěn dětský pokoj a ložnice, obě místnosti jsou osvětleny velkými okny orientovanými na jihozápad a jihovýchod. Koupelna, technická místnost, pracovna a kuchyně jsou orientovány na severovýchod. Koupelna je vybavena sprchovým koutem, vanou, dvojumyvadlem a pračkou. Vedle koupelny je umístěna technická místnost, ve které se nachází plynový kondenzační kotel, rekuperační jednotka a komín. Přes technickou místnost je možný průchod do zahrady. V levé části domu je umístěn obývací pokoj, osvětlen dvěma velkými okny orientovanými na jihozápad. Obývací pokoj je vzájemně propojen přes otevřený průchod s kuchyní. Součástí obývacího pokoje je prostor pro jídelní stůl. Severozápadní strana fasády je bez oken a dveří. Proslunění kuchyně zajišťuje klasické okno a dveře vedoucí na terasu a do zahrady. Spižírní místnost, která není součástí domu, je nahrazena kuchyňskou spižní skříní. Skřín slouží k ukládání potravin a je odvětrávána do exteriéru. Mezi další místnosti přístupné z chodby patří WC, kde je umístěno malé umyvadlo. Pracovna je vybavena stolem a kancelářským nábytkem.

6.3 Konstrukční řešení navržených skladeb

Navržené skladby konstrukcí pro rodinný dům využívají difuzně uzavřeného konstrukčního systému. Realizace domu bude probíhat přímo na staveništi, rámová konstrukce bude tedy osazována na předem připravenou úložnou desku a kotvena k ní přes spodní práh. Při sestavování rámu je nutné provizorní zavětrování diagonálami proti pádu. Zavětrování může být odstraněno až po dokončení vyztužení rámu velkoplošnými materiály. Obvodová stěna se v úrovni horního rámu převážně dvěma vodorovnými KVH hranoly, které plní funkci obvodového věnce. Po dokončení rámu dřevostavby se přechází k zastřešení objektu, které bude realizováno pomocí příhradových vazníků. Návrh a posouzení příhradových vazníků pro zastřešení rodinného domu, bylo konzultováno s pracovníkem firmy Fine.

Po zajištění ochrany proti povětrnostním vlivům, tedy dokončení zastřešení objektu, může dojít k dokončení jednotlivých navržených skladeb tak, aby dřevěný rám nebyl znehodnocován působením dešťové vody.

7 NÁVRH KONSTRUKCÍ

7.1 Obvodová stěna

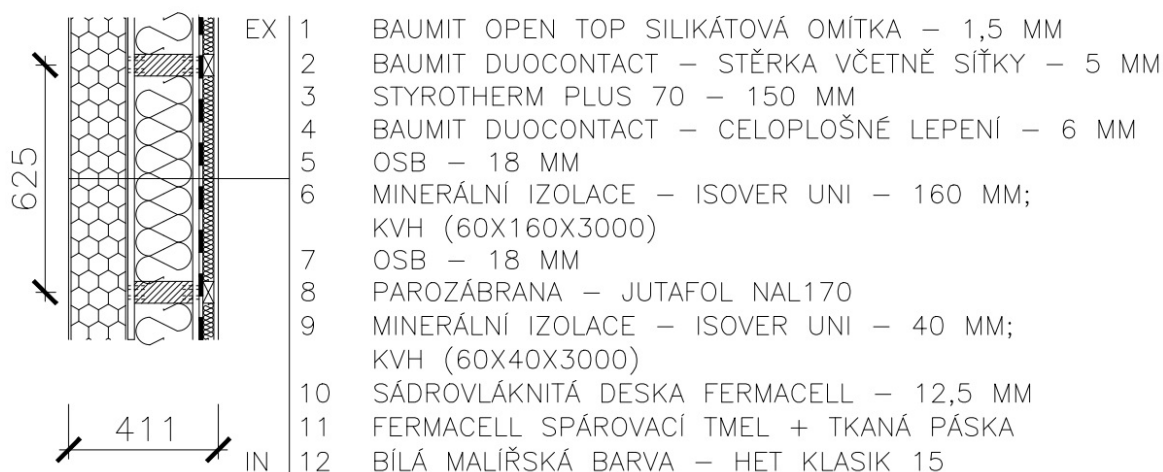
Obvodová stěna je navržena difuzně uzavřeným konstrukčním systémem. Záměrem návrhu obvodové stěny bylo, aby stěna jako největší ochlazovaná plocha domu vyhovovala doporučeným hodnotám U_n pro vnější stěny lehké $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pro pasivní domy je hodnota $0,18 - 0,12 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$, což navržená stěna s hodnotou $0,132 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ splňuje. Skladba obvodové stěny je po celém obvodu stavby jednotná.

7.1.1 Skladba obvodové stěny

Składba stěny z interiérové strany je tvořena čtyřicetimilimetrovou instalační předstěnou, která je určena pro rozvody vody, elektroinstalace a odpadů. Opláštění předstěny z interiérové strany tvoří sádrovláknitá deska Fermacell tloušťky $12,5 \text{ mm}$, deska je připevněna k dřevěným latím $60 \times 40 \text{ mm}$.

Kotvení se provádí pomocí pozinkovaných spon o rozměru $1,5 \times 10 \times 45 \text{ mm}$, nebo rychlořeznými šrouby $3,9 \times 30 \text{ mm}$ s roztečí $< 25 \text{ cm}$. Výběr Fermacell desky, jako opláštění předstěny je univerzálním řešením z hlediska požární bezpečnosti a ochrany proti hluku. Výplň prostoru předstěny tvoří minerální plst' Isover Uni, která je mírně natlačena tak, aby nehrozilo vypadávání při montáži. Spojení interiérového opláštění desek Fermacell budou vytmeleny a vyztuženy tkanou páskou. Další vrstvou je parotěsná folie Jutafol N AL 170, která bude kotvena k OSB desce pomocí sponek. Pro přelepení jednotlivých spojů a kotvicích prvků parozábrany, bude použita páska Jutafol SP AL. Napojení na pronikající nebo přiléhající konstrukce bude provedeno páskou Jutafol SP 1. Použité pásky zabraňují pronikání vodních par. Před zaklopením je nutná pečlivá kontrola spojů a provedení parotěsné fólie. Nosnou konstrukci stěny tvoří sloupky z dřevěných KVH hranolů o rozměrech $60 \times 160 \text{ mm}$ v roztečích po 625 mm . Mezery mezi hranoly jsou vyplněny mírně natlačenými deskami z univerzální minerální plsti Isover Uni tloušťky 160 mm . Opláštění rámové konstrukce tvoří z obou stran OSB desky tloušťky 18 mm , které jsou kotveny k rámu pomocí sponek o průměru drátu $1,5 \text{ mm}$, délce 50 mm a šířce 11 mm . Vzdálenost spon od sebe je 30 mm . Vnější strana konstrukce je opatřena termofasádou, která je tvořena polystyrenem Styrotherm plus 70 o tloušťce 150 mm . Polystyren je celoplošně nalepen na opláštění z OSB desek rámové konstrukce pomocí lepidla Baunit DuoContact. Povrch polystyrenu bude přetažen vrstvou stěrky včetně sklotextilní síťky BaunitDuoTex pro vyztužení.

Pro lepší přilnavost a sjednocení nasákavosti použijeme penetraci. Povrchová úprava fasády bude provedena silikátovou omítkou Baumit open Top o zrnitosti 1,5 mm.



CELKOVÁ TLOUŠŤKA = 411 MM

Obr. č. 6 - Skladba obvodové stěny

7.1.2 Tepelně technické posouzení obvodové stěny

Tab. č. 2 - Skladba obvodové stěny

Č.	Název	D [m]	λ [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
1	Fermacell deska	0,0125	0,32	1000	1250	13
2	rám + izolace	0,04	0,05	1000,3	52,4	1
3	Jutafol NAL 170	0,0002	0,39	1700	850	938600
4	OSB	0,018	0,11	1700	650	50
5	rám + izolace	0,16	0,52	1000,3	52,4	1
6	OSB	0,18	0,11	1700	650	50
7	lepidlo celoplošně	0,006	0,83	920	1400	10
8	Styrotherm - EPS	0,15	0,033	1270	16	30
9	stěrka + síťka	0,005	0,83	920	1400	10
10	silikátová omítka	0,015	0,7	920	1800	40

D – tloušťka vrstvy

ρ – objemová hmotnost

λ – návrhová hodnota tepelné vodivosti

μ - faktor difuzního odporu

c – měrná tepelná kapacita

Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0,13 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} :	0,25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{se} :	0,04 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} :	0,04 m ² K/W
Návrhová venkovní teplota T_e :	- 15,0 °C
Návrhová teplota vnitřní vzduchu T_{ai} :	20,0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RH_e :	84,0 %
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RH_i :	55,0 %
Korekce součinitele prostupu tepla dU :	0,02 W/m ² K

Tab. č. 3 – Okrajové podmínky

Měsíc	Délka [dny]	T_{ai} [°C]	RH_i [%]	P_i [Pa]	T_e [°C]	RH_e [%]	P_e [Pa]
1	31	21	65,2	1620,6	-2,1	81,1	415,9
2	28	21	68,1	1692,7	0,1	80,4	494,4
3	31	21	66,4	1650,4	4	79,1	643
4	30	21	66,2	1645,5	9,1	76,7	886,1
5	31	21	68,2	1695,2	14,1	73,5	1182
6	30	21	70,2	1744,9	17	70,9	1373,1
7	31	21	71,3	1772,2	18,5	69,3	1475,1
8	31	21	71	1764,8	18	69,9	1441,9
9	30	21	68,3	1697,7	14,2	73,4	1188
10	31	21	66,2	1645,5	9,3	76,6	896,9
11	30	21	66,4	1650,4	3,9	79	637,6
12	31	21	67,7	1682,7	-0,3	80,5	479,4

T_{ai} , RH_i a P_i - průměrné měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečných tlak vodní páry) a T_e , RH_e a P_e - průměrné měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry)

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti: 5,0%

Počet hodnocených let: 1

Výsledky výpočtu hodnocené konstrukce:

Tepelný odpor konstrukce R :	7,421 m ² K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :	0,132 W/m²K

$$U_{\text{rec},20(\text{doporučené})}=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{N},20(\text{požadované})}=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Navržená skladba konstrukce splňuje požadované hodnoty pro součinitel prostupu tepla a její hodnoty jsou v rozmezí doporučených hodnot 0,18 - 0,12 W/m²K pro pasivní budovy. Dle ČSN 73 0540 – 2:2011 tepelná ochrana budov – část 2. (Vaverka, 2006)

Difuzní odpor konstrukce a tepelně akumulční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce $Z_p T$: 1.0E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y dle EN ISO 13786: 639,8

Fázový posun teplotního kmitu $\Psi_i (\psi)$ dle EN 13786: 11,7 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{\text{si},p}$: 18,87 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{\text{Rsi},p}$: **0,968**

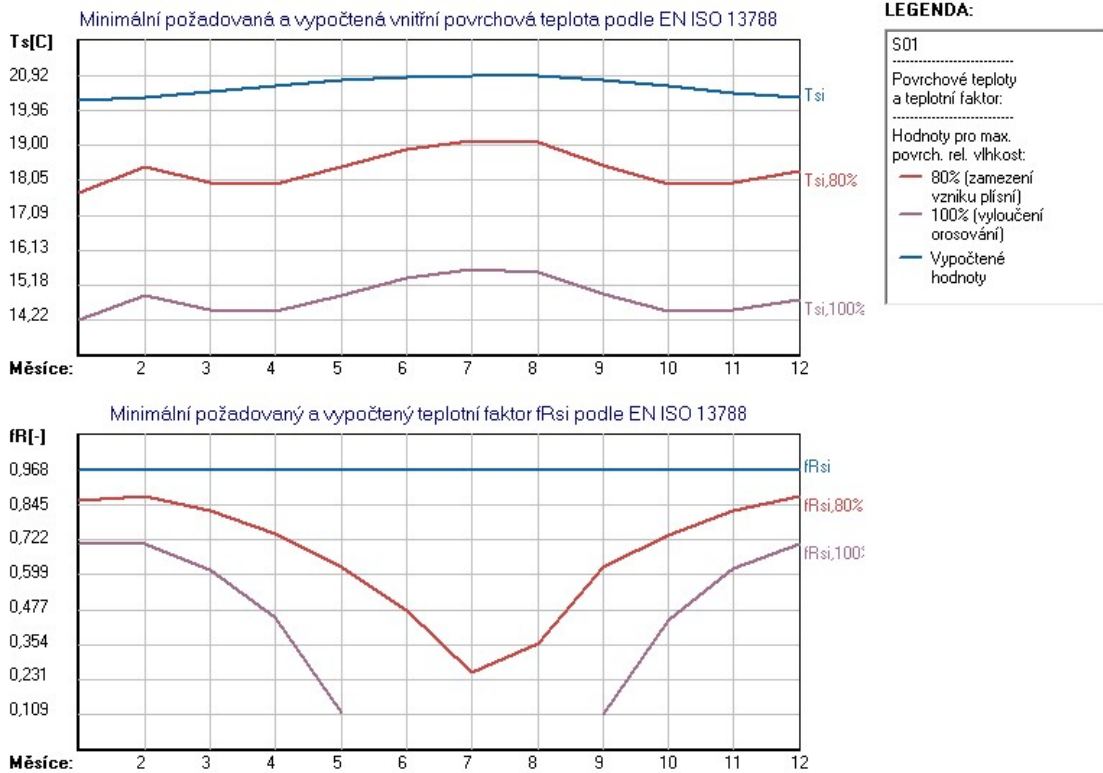
Tab. č. 4 - Srovnání vypočtených hodnot s minimálními požadovanými

Číslo měsíce	Min. požadované hodnoty při max. rel. Vlhkoti na vnitřním povrchu				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		$T_{\text{si}} [^{\circ}\text{C}]$	f_{Rsi}	RH_{si}
	$T_{\text{si},m} [^{\circ}\text{C}]$	$f_{\text{Rsi},m}$	$T_{\text{si},m} [^{\circ}\text{C}]$	$f_{\text{Rsi},m}$			
1	17,7	0,858	14,2	0,706	20,3	0,968	68,3
2	18,4	0,876	14,9	0,708	20,3	0,968	71
3	18	0,824	14,5	0,618	20,4	0,968	68,7
4	18	0,744	14,5	0,45	20,6	0,968	67,8
5	18,4	0,627	14,9	0,118	20,8	0,968	69,1
6	18,9	0,472	15,4	-	20,9	0,968	70,8
7	19,1	0,256	15,6	-	20,9	0,968	71,7
8	19,1	0,357	15,5	-	20,9	0,968	71,4
9	18,5	0,625	14,9	0,109	20,8	0,968	69,2
10	18	0,74	14,5	0,441	20,6	0,968	67,8
11	18	0,825	14,5	0,62	20,4	0,968	68,7
12	18,3	0,874	14,8	0,709	20,3	0,968	70,6

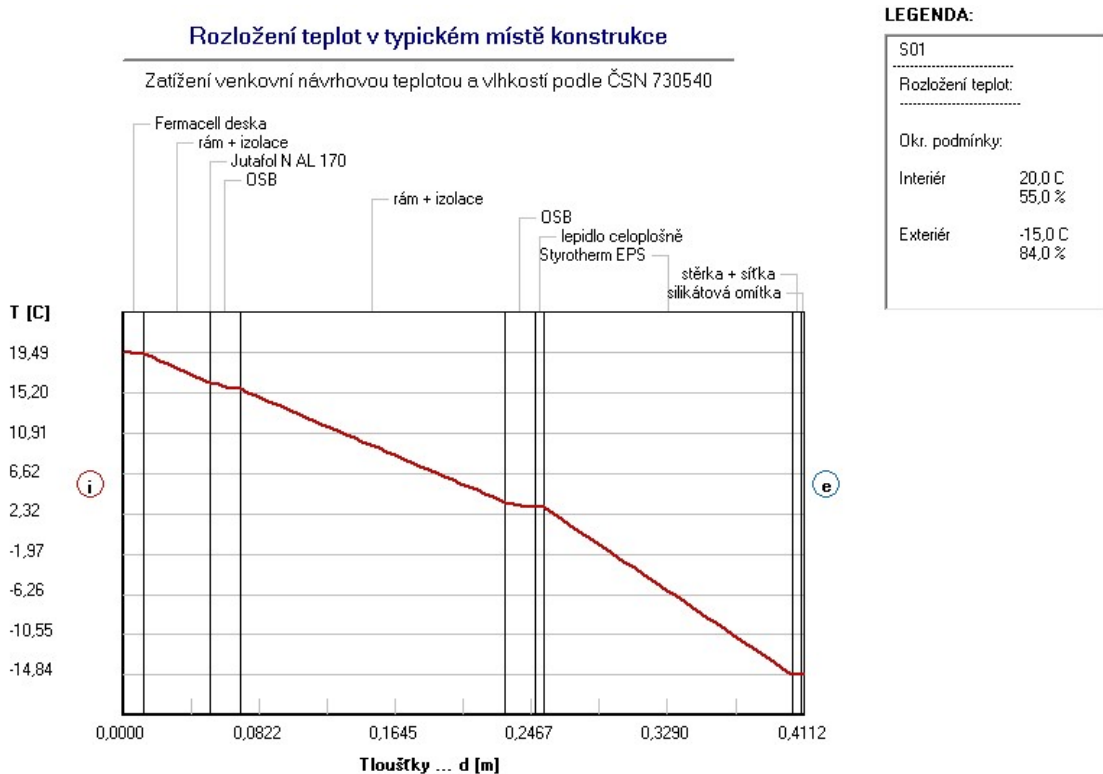
T_{si} - vnitřní povrchová teplota

f_{Rsi} - teplotní faktor

RH_{si} - relativní vlhkost na vnitřním povrchu



Obr. č. 7 - Minimální požadované povrchové teploty a teplotní faktor



Obr. č. 8 - Rozložení teplot v typickém místě konstrukce

Difuze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry dle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Tab. č. 5 - Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	e
theta [°C]	19,5	19,3	16,2	16,2	15,6	3,5	3	3	-14,8	-14,8	-14,8
p [Pa]	1285	1284	1284	177	172	171	166	166	139	139	138
p,sat [Pa]	2264	2243	1842	1842	1768	787	757	756	168	167	167

Theta - teplota na rozhraní vrstev

p - je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev

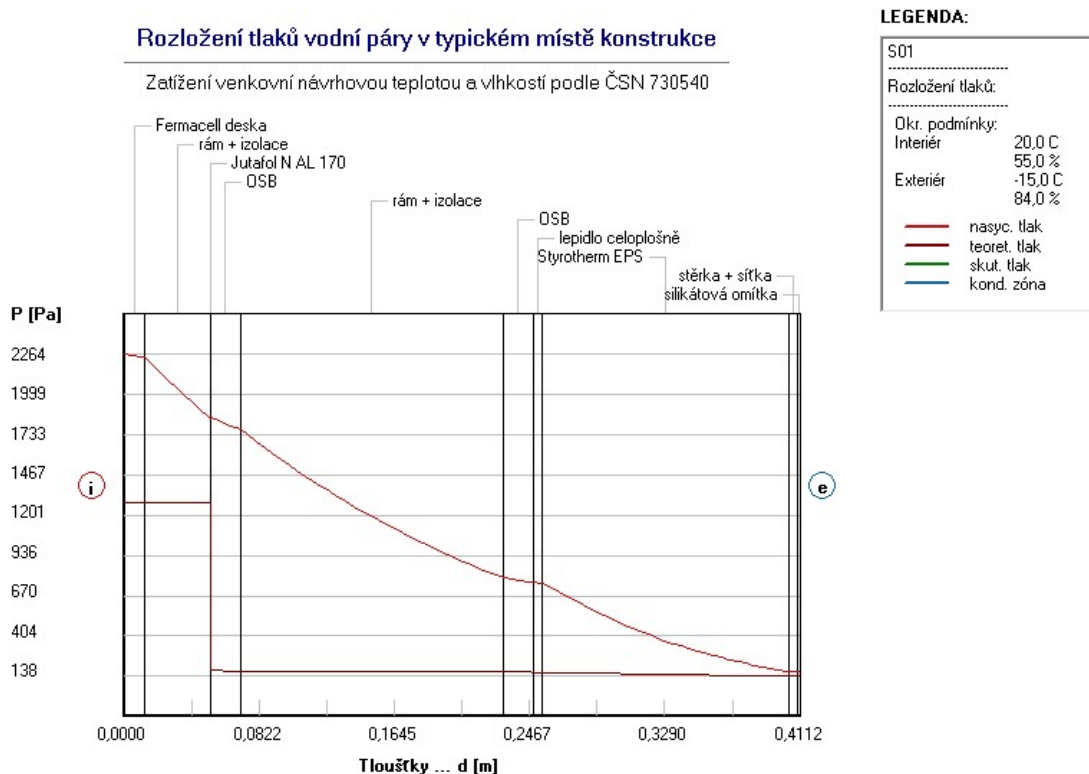
p.sat - částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd: 1,179E-0009 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.



Obr. č. 9 - Rozložení tlaku vodní páry v konstrukci

7.2 Vnitřní stěny

V navrženém domě jsou použity dva typy vnitřních stěn, nosná a nenosná.

7.2.1 Vnitřní nosná stěna

Vnitřní nosná stěna je provedena jako dřevěná rámová konstrukce s opláštěním ze sádrovláknitých desek Fermacell, které mají velmi dobré vlastnosti z hlediska protipožární ochrany, útlumu hluku a vysoké pevnosti. Nosný rám příčky tvoří svislé dřevěné KVH hranoly o rozměrech 60 x 120 mm s roztečí sloupků 625 mm. Sloupky jsou s dolním základovým prahem a horním rámem spojeny na tupý sraz. Prostor mezi sloupky je vyplněn akustickou skelnou izolací Isover Piano. Rám konstrukce je opláštěn z obou stran sádrovláknitými deskami Fermacell o tloušťce 12,5 mm. Desky jsou připevněny k rámu pomocí pozinkovaných spon o rozměru 1,5 x 10 x 45 mm. Vytmelení dělicích spár desek, nerovnosti po sponách a případné povrchové poškození desky bude vytmeleno.



Obr. č. 10 - Skladba vnitřní nosné stěny

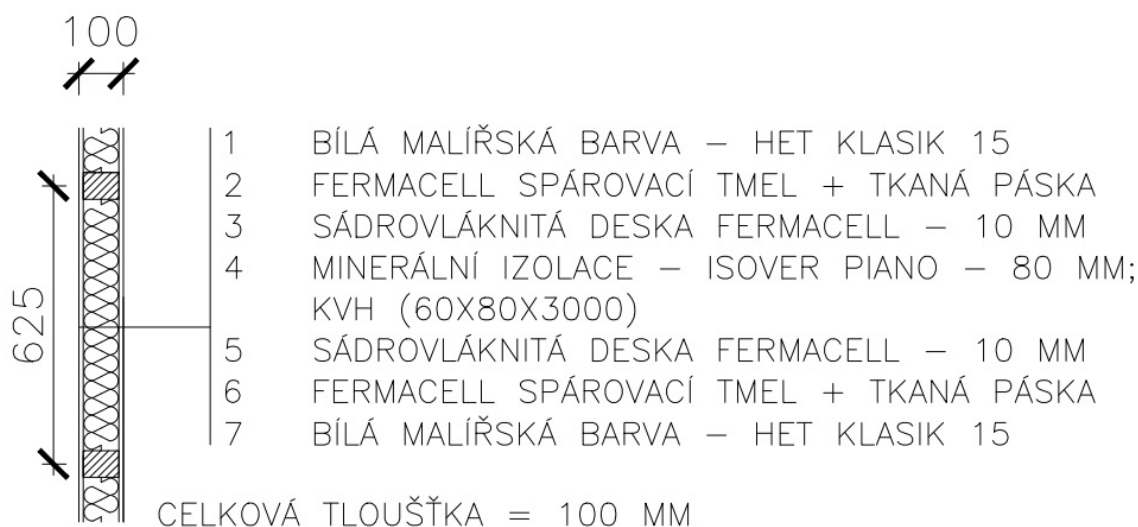


Obr. č. 11 - Ukázka montáže skelné izolace mezi krokve

Zdroj: Isover Saint - Gobain

7.2.2 Vnitřní nenosné příčky

Skladba vnitřní nenosné příčky je téměř stejná, jako je skladba vnitřní nosné stěny. Liší se tloušťkou použitých svislých KVH hranolu a tloušťkou opláštějících desek. Nosný rám příčky je tvořen KVH hranoly o rozměrech 60 x 80 mm. Sloupky jsou rozmístěny po 625 mm. Prostory mezi sloupky jsou opět vyplněny akustickou skelnou izolací Isover Piano. Opláštění konstrukce je tvořeno sádrovláknitými deskami Fermacell o tloušťce 10 mm. Vnitřní nenosná příčka nepřenáší žádné zatížení z konstrukcí, nese pouze sama sebe. Rozdělují objekt dispozičně na samostatné místnosti.

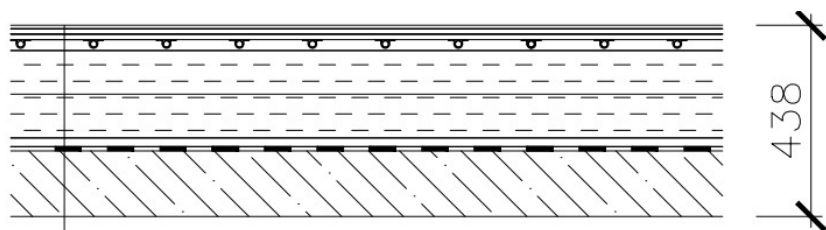


Obr. č. 12 - Skladba vnitřní nenosné příčky

7.3 Podlaha na terénu

Konstrukce podlahy se skládá z několika vrstev. V konstrukci je navrženo podlahové vytápění, které bylo převzato od firmy Giacomini. Jedná se o skladbu podlahového vytápění suchou cestou Klimadryl s dvěma deskami Fermacell. Podlaha je od železobetonové desky oddělena hydroizolační fólií Fatrafol 803, která kromě ochrany proti zemní vlhkosti zároveň chrání proti pronikání radonu. Nutno dbát na kvalitní provedení hydroizolace a chránit proti poškození. Jednotlivé pásy fólie jsou svařovány horkým vzduchem. Pro dokonalé vyrovnání nerovností železobetonové desky použijeme vyrovnávací podsyp keramzit Liapor 8 - 16 mm o tloušťce 20 mm. Na vyrovnaný a lehce zhutněný podsyp jsou ve dvou vrstvách ukládány izolační podlahové desky z grafitového polystyrenu Styrotherm plus 150 o tloušťce 100 mm. Jednotlivé vrstvy jsou kladeny do kříže tak, aby došlo k přerušení svislých mezer.

Na polystyren se dále sestavuje skladba pro podlahové vytápění. Další vrstvou je polyetylenová fólie pod označením R984, položená na podkladní izolační vrstvu pro podlahové topení. Na fólii je umístěna systémová izolační deska pro suchý systém podlahového vytápění pod označením R883 o rozměrech 1000 x 500 mm a tloušťce 25 mm. Součástí systémové desky jsou roznášecí Omega plechy K802P. Průměr trubek vkládaných mezi omega plechy je 16 mm. Podpůrnou vrstvu tvoří dvě podlahové desky Fermacell o celkové tloušťce 25 mm. Povrchová krytina se skládá z laminátové podlahy o tloušťce 8 mm. Mezi obvodovou stěnou a konstrukcí podlahy je umístěna dilatační páska K369 o tloušťce 8 mm.



IN	1	LAMINÁTOVÁ PLOVOUCÍ PODLAHA – 8 MM
	2	PODLAHOVÁ DESKA FERMACELL 2E22 – 12,5 MM)
	3	PODLAHOVÁ DESKA FERMACELL 2E22 – 12,5 MM)
	4	SYSTÉMOVÁ DESKA R883 + TRUBKA PEXB/AL/PEX (16X2), PB + OMEGA PLECH K802P – 25 MM
	5	PE FOLIE R984 (GIACOMINI) – 0,2 MM
	6	STYROTHERM PLUS 150 – 100 MM
	7	STYROTHERM PLUS 150 – 100 MM
	8	VYROVNÁVACÍ PODSYPOVÁ VRSTVA LIAPOR 8–16 – 20 MM
	9	HYDROIZOLAČNÍ FOLIE FATRAFOL 803 – 1 MM
	10	ŽELEZOBETONOVÁ DESKA
EXI		(V DOLNÍM LÍCI KARI SÍŤ 100/100/8 MM) – 150 MM

CELKOVÁ TLOUŠŤKA = 438 MM

Obr. č. 13 - Skladba podlahy na terénu

7.3.1 Tepelně technické posouzení

Tab. č. 6 - Skladba podlahy na terénu

Č.	Název	D [m]	λ [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
1	laminátová podlaha	0,008	0,34	1470	930	94000
2	Fermacell deska	0,0125	0,32	1000	1250	13
3	Fermacell deska	0,0125	0,32	1000	1250	13
4	systémová deska	0,025	0,035	1270	25	50
5	Styrotherm plus	0,1	0,032	1270	25	50
6	Styrotherm plus	0,1	0,032	1270	25	50
7	podsypaní Liapor	0,02	0,13	1260	400	2,5
8	Fatrafol 803	0,001	0,35	1470	1310	19300
9	železobeton	0,15	1,58	1020	2400	29

Pro výpočet neuvažujeme s vrstvami pod hydroizolací a včetně hydroizolace.

Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0,17 m²K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{se} : 0,00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : 5,0 °C

Návrhová teplota vnitřní vzduchu T_{ai} : 20,0 °C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 100,0 %

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{Hi} : 55,0 %

Korekce součinitele prostupu tepla dU : 0,02 W/m²K

Výsledky výpočtu hodnocené konstrukce:

Tepelný odpor konstrukce R : 6,268 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0,155 W/m²K**

$U_{rec,20(doporučené)}=0,30$ W/m²K

$U_{N,20(požadované)}=0,45$ W/m²K

Navržená skladba konstrukce splňuje požadované hodnoty pro součinitel prostupu tepla a její hodnoty jsou v rozmezí doporučených hodnot 0,22 - 0,15 W/m²K pro pasivní budovy. Dle ČSN 73 0540 – 2: 2011 Tepelná ochrana budov – část 2. (Vaverka, 2006)

Difuzní odpor konstrukce:

Difuzní odpor konstrukce $Z_p T$: 4.2E+0012 m/s

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19,58 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0,974

Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce: 492,35 Ws/m²K

Pokles dotykové teploty podlahy Delta T: 3,78 °C

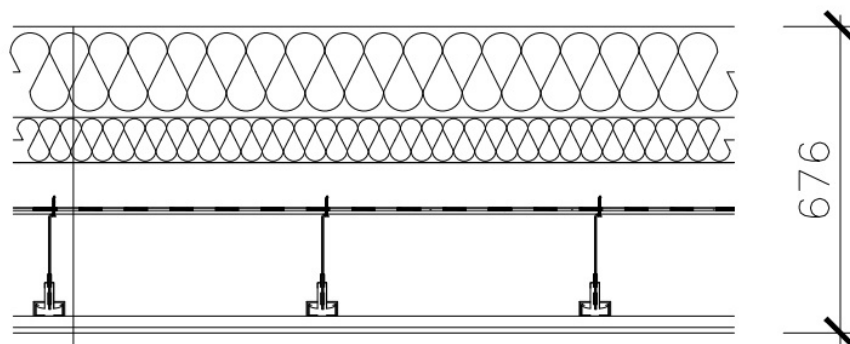
Šíření vodní páry konstrukcemi v kontaktu se zemínou se dle ČSN 730540 – 2 nehodnotí. (viz čl. 6.3).

7.4 Konstrukce stropu nad 1.NP

7.4.1 Skladba stropu

Nosnou konstrukci stropu tvoří spodní pásnice příhradové střešní konstrukce. Rozměr spodní pásnice je 50 x 100 mm. Prostor mezi pásnicemi je vyplněn minerální izolací Isover Unirol plus tloušťky 100 mm. Pro přerušení tepelného mostu pokládáme druhou vrstvu minerální izolace Isover Unirol tloušťky 100 mm do kříže. Poslední vrstvou stropu bude 200 mm totožné izolace, jako je v předešlých vrstvách. Na nosnou konstrukci je ze spodní strany připevněna sádrovláknitá deska Fermacell tloušťky 12,5 mm, která brání propadení minerální izolace a jiných nečistot do instalačního prostoru pro vedení vzduchotechniky. Na sádrovláknitou desku je připevněna parozábrana Jutafol N AL 170. Při montáži vzduchotechniky je nutné dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k poškození parozábrany. Spoje a kotvicí prvky parozábrany budou přelepeny páskou Jutafol SP AL. Závěsy pro konstrukci podhledu, které procházejí přes parozábranu, je nutné pomocí pásky Jutafol SP 1 napojit na parozábranu. Konstrukce podhledu bude kotvena pomocí pérového rychlozávěsu ve vzdálenosti 600 mm od sebe do spodních pásnic příhradových konstrukcí, které jsou od sebe vzdáleny 1000 mm. Na rychlozávěsy jsou připevněny CD nosné profily v osově vzdálenosti 600 mm. Pomocí křížových spojek posazených na nosném profilu jsou připevněny montážní CD profily. Osová vzdálenost montážních CD profilů je 400 mm. Opláštění roštu tvoří sádrovláknité desky Fermacell tloušťky 12,5 mm, které se pomocí vrutů připevní k montážnímu profilu.

Mezery mezi přilehlými stěnami a opláštěním podhledu je nutné vyplnit trvale pružným tmelem. Spáry mezi jednotlivými deskami se vytmelí spárovacím tmelem Fermacell.



EX	1	MINERÁLNÍ IZOL. ISOVER UNIROL PLUS – 200 MM
	2	MINERÁLNÍ IZOL. ISOVER UNIROL PLUS – 100 MM
	3	HRANOL – 50X100 MM, MINERÁLNÍ IZOL. ISOVER UNIROL PLUS – 100 MM
	4	SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACEL – 12,5 MM
	5	PAROZÁBRANA JUTAFOL N AL 170 – 1 MM
	6	SDK ROŠT + INSTALAČNÍ MEZERA
IN	7	SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL – 12,5 MM

CELKOVÁ TLOUŠŤKA = 676 MM

Obr. č. 14 - Skladba konstrukce nad 1.NP

7.4.2 Tepelně technické posouzení

Tab. č. 7 - Skladba stropu nad 1.NP

Č.	Název	D [m]	λ [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	ρ [kg/m ³]	μ [-]
1	Fermacell deska	0,0125	0,32	1000	1250	13
2	Instalační mezera	0,251	1,5688	1010	1,2	0
3	Jutafol N AL 1	0,0001	0,39	1700	850	938600
4	Fermacell deska	0,0125	0,32	1000	1250	13
5	střešní kce + izolace	0,1	0,046	923,5	34,7	1
6	Isover Unirol	0,1	0,04	840	40	1
7	Isover Unirol	0,2	0,04	840	40	1

D – tloušťka vrstvy

ρ – objemová hmotnost

λ – návrhová hodnota tepelné vodivosti

μ - faktor difuzního odporu

c – měrná tepelná kapacita

Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0,10 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} :	0,25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{se} :	0,1 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} :	0,1 m ² K/W
Návrhová venkovní teplota T_e :	- 15,0 °C
Návrhová teplota vnitřní vzduchu T_{ai} :	20,0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} :	84,0 %
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{Hi} :	55,0 %
Korekce součinitele prostupu tepla dU :	0,02 W/m ² K
Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti:	5,0%
Počet hodnocených let:	1

Výsledky výpočtu hodnocené konstrukce:

Tepelný odpor konstrukce R :	8,211 m ² K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :	0,119 W/m ² K

$$U_{rec,20(doporučené)}=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{N,20(požadované)}=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Navržená skladba konstrukce splňuje požadované hodnoty i doporučené pro součinitel prostupu tepla a její hodnoty jsou v rozmezí doporučených hodnot 0,15 - 0,10 W/m²K pro pasivní budovy. Dle ČSN 73 0540 – 2:2011 tepelná ochrana budov – část 2. (Vaverka, 2006)

Difuzní odpor konstrukce a tepelně akumulční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce Z_pT :	1.0E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce N_y dle EN ISO 13786:	166,8
Fázový posun teplotního kmitu Ψ_i (ψ) dle EN 13786:	7,3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 18,98 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0,971

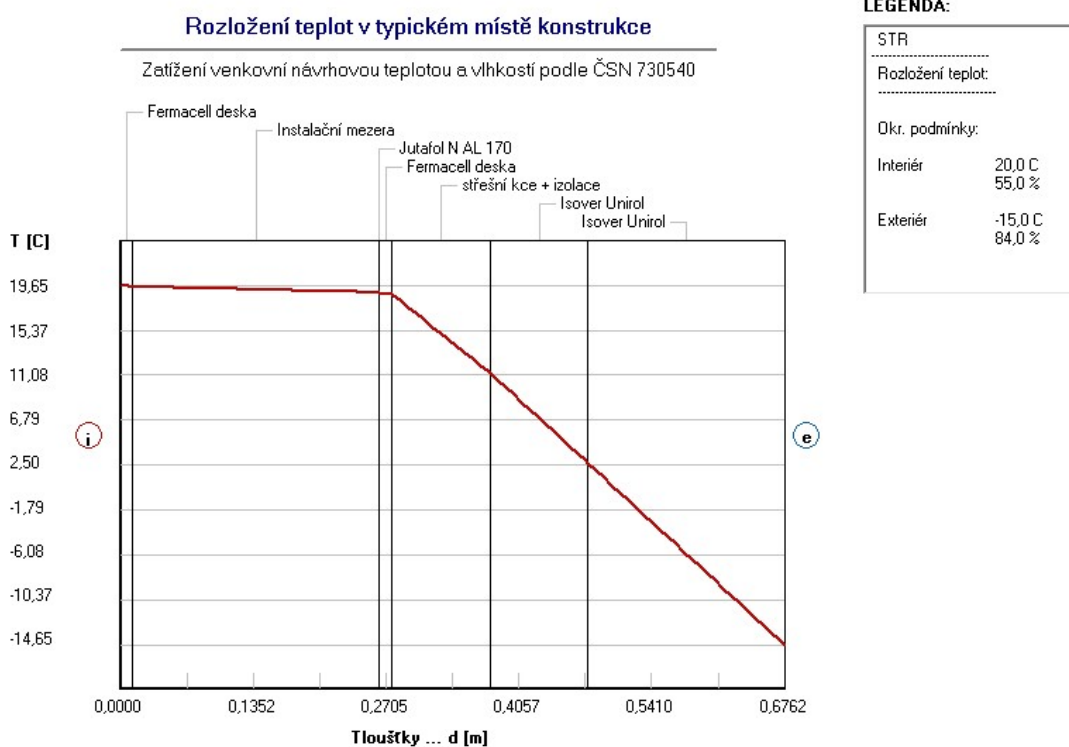
Tab. č. 8 - Srovnání vypočtených hodnot s minimálními požadovanými

Číslo měsíce	Min. požadované hodnoty při max. rel. Vlhkoti na vnitřním povrchu				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T_{si} [°C]	f_{Rsi}	RH _{si}
	$T_{si,m}$ [°C]	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}$ [°C]	$f_{Rsi,m}$			
1	17,6	0,853	14,1	0,702	20,3	0,971	67,5
2	18,1	0,862	14,6	0,695	20,4	0,971	69,5
3	18,1	0,829	14,6	0,623	20,5	0,971	68,9
4	17,9	0,74	14,4	0,446	20,7	0,971	67,4
5	18,2	0,6	14,7	0,092	20,8	0,971	68,2
6	18,7	0,427	15,2	-	20,9	0,971	69,9
7	19	0,192	15,5	-	20,9	0,971	70,9
8	18,9	0,297	15,4	-	20,9	0,971	70,6
9	18,3	0,604	14,8	0,088	20,8	0,971	68,5
10	17,9	0,736	14,4	0,437	20,7	0,971	67,4
11	18,1	0,83	14,6	0,625	20,5	0,971	68,9
12	18,2	0,869	14,7	0,705	20,4	0,971	69,9

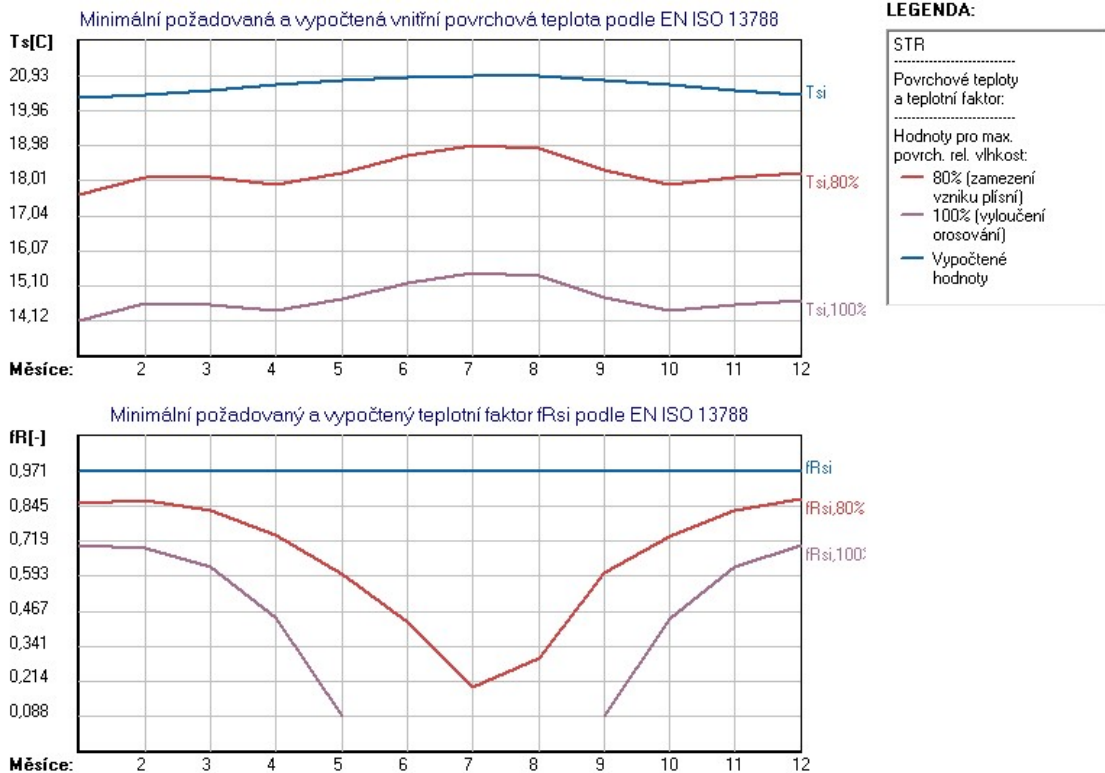
T_{si} - vnitřní povrchová teplota

RH_{si} - relativní vlhkost na vnitřním povrchu

f_{Rsi} - teplotní faktor



Obr. č. 15 - Rozložení teplot v typickém místě konstrukce



Obr. č. 16 - Minimální požadované povrchové teploty a teplotní faktor

Difuze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry dle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Tab. č. 9 - Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [°C]	19,7	19,5	19	19	18,8	11,3	2,7	-14,7
p [Pa]	1285	1284	1284	142	141	140	140	138
p,sat [Pa]	2287	2268	2191	2191	2173	1339	739	170

Theta - teplota na rozhraní vrstev

p - je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev

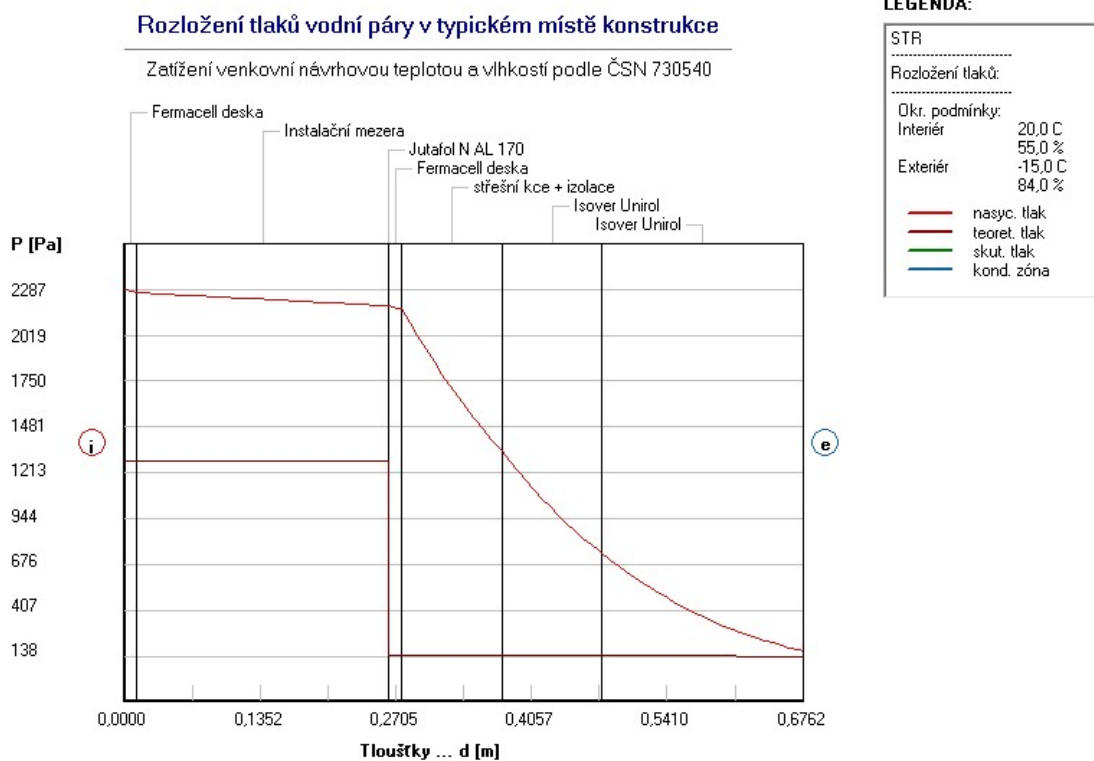
p.sat - částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd: 1,217E-0009 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.



Obr. č. 17 - Rozložení tlaku vodní páry v konstrukci

7.5 Konstrukce střešního pláště

Konstrukce střešního pláště je z exteriéru chráněna keramickou krytinou Tondach – Falcovka 11 v barvě rezná. Tašky jsou ukládány na střešní latě o tloušťce 40 x 60 mm. Vzdálenost mezi jednotlivými latěmi je 390 mm. Laťování je přibito pomocí hřebíků do kontralatí o stejném rozměru jako latě. Nosnou konstrukci střechy tvoří příhradové vazníky v osové vzdálenosti 1000 mm od sebe. Vazníky jsou zavětrovány pomocí desek 25 x 100 mm jak podélně, tak úhlopříčně. Střešní plášť je dále opatřen pojistnou hydroizolací, která je připevněna na samotnou konstrukci vazníku pod kontralatěmi. Minimální překrytí jednotlivých pásů pojistné hydroizolace je 15 cm.



Obr. č. 18 – Skladba střešního pláště

7.6 Výpočet tepelných ztrát navrhovaného domu

Návrhová (výpočtová) venkovní teplota T_e :	-12 °C
Průměrná roční teplota vzduchu $T_{e,m}$:	8,9 °C
Čísel ročního kolísání venkovní teploty f_{g1} :	1,45
Průměrná vnitřní teplota v budově $T_{i,m}$:	20 °C
Půdorysná plocha podlahy budovy A:	124,5 m ²
Exponovaný obvod budovy P:	47,1 m
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy V:	463,1 m ³
Účinnost zpětného získávání tepla ze vzduchu	77 %

Přehled tepelných ztrát místností:

1.01 - zádveří - ztráta prostupem 139 W, větráním - 8 W, celkem 148 W
1.02 - chodba - ztráta prostupem 66 W, větráním - 17 W, celkem 83 W
1.03 - sklad - ztráta prostupem 52 W, větráním - 4 W, celkem 56 W
1.04 - pokoj - ztráta prostupem 419 W, větráním - 99 W, celkem 518 W
1.05 - ložnice - ztráta prostupem 402 W, větráním - 141 W, celkem 544 W
1.06 - koupelna - ztráta prostupem 132 W, větráním - 13 W, celkem 144 W
1.07 - tech. místnost - ztráta prostupem 147 W, větráním - 10 W, celkem 157 W
1.08 - pracovna - ztráta prostupem 189 W, větráním - 94 W, celkem 283 W
1.09 - kuchyně - ztráta prostupem 341 W, větráním - 21 W, celkem 362 W
1.10 - obyv. pokoj - ztráta prostupem 566 W, větráním - 285 W, celkem 852 W
1.11 - wc - ztráta prostupem 69 W, větráním - 6 W, celkem 74 W

Celkové tepelné ztráty budovy

Celková tepelná ztráta (tep. výkon) $F_{i,HL}$	3,221 kW	100 %
Součet tep. ztrát prostupem $F_{i,T}$	2,523 kW	78,3 %
Součet tep. ztrát větráním $F_{i,V}$	0,698 kW	21,7 %

Tab. č. 10 - Ztráty prostupem u jednotlivých stavebních prvků

Tep. ztráta prostupem		% z celku	Plocha [m ²]	Fi,T/m ²
S01	0,612 kW	19%	147,1	4,2 W/m ²
D1	0,135 kW	4,20%	6,3	21,4 W/m ²
STR	0,478 kW	14,80%	124,5	3,8 W/m ²
PDL	0,259 kW	8%	124,5	2,1 W/m ²
O1	0,022 kW	0,70%	1	23 W/m ²
O2	0,351 kW	10,90%	15,2	23 W/m ²
O3	0,033 kW	1%	1,5	23 W/m ²
O4	0,019 kW	0,60%	0,9	20,8 W/m ²
O5	0,037 kW	1,20%	1,8	20,8 W/m ²
O6	0,03 kW	0,90%	1,4	20,8 W/m ²
Tepelné vazby		0,547 kW	17%	-

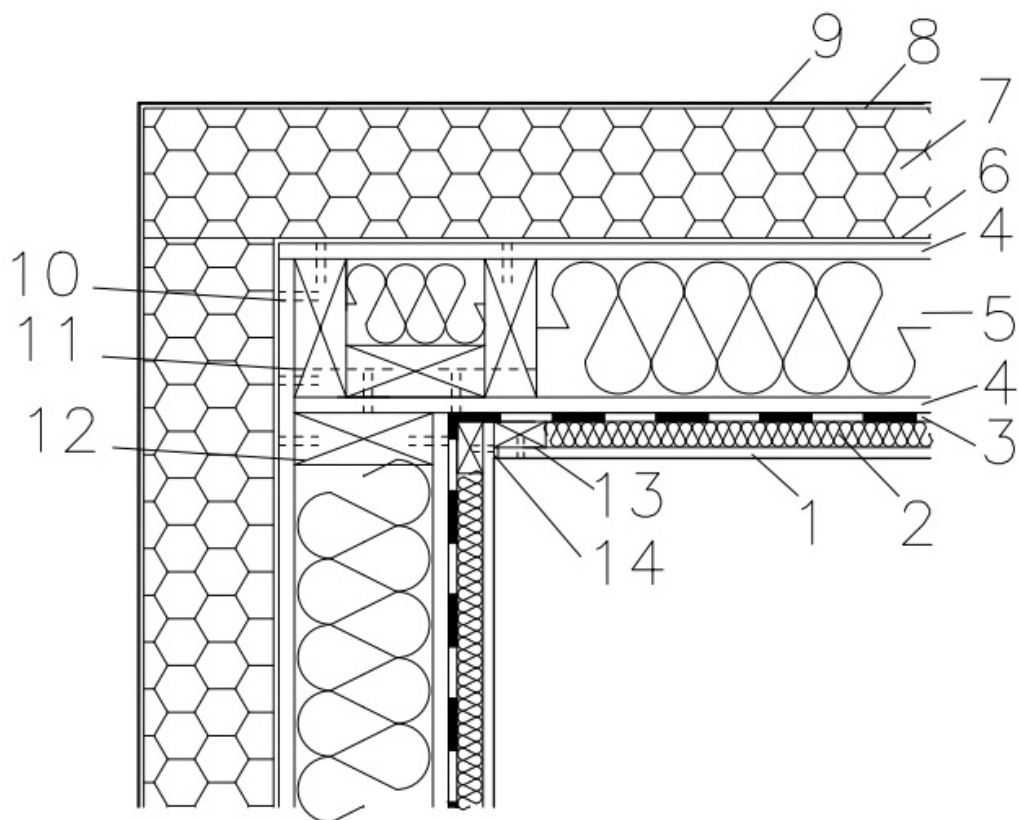
S01 – obvodová stěna, D1 – vchodové dveře, Str – strop, Pdl – podlaha na terénu, Ox – okna

7.6.1 Navržená okna a dveře

Otvorové výplně jsou navrženy tak, aby okna a dveře vyhovovaly pro stavby se sníženou spotřebou tepla na vytápění. Okna i dveře byly vybrány od výrobce Slavona. Vybraná okna Progression jsou s izolačním trojsklem a distančním rámečkem SWS Ultimate. Pro okna na jihozápadní a jihovýchodní stranu fasády jsou určena okna se součinitelem prostupu tepla $U_w = 0,72$ (W/m².K) a součinitelem propustnosti celkové energie slunečního záření $g = 0,62$. Použitá výplň CLIMATOP LUX: 4LUX – 18 – 4 – 18 – 4LUX, argon. Okna na severovýchodní straně fasády, která mají součinitele prostupu tepla $U_w = 0,65$ (W/m².K), mají součinitel propustnosti celkové energie slunečního záření $g = 0,5$ a s výplní CLIMATOP XN: VSG 33,2 XN 18 -4 – 18 – 6xn, argon. Vybrané vchodové dveře Progression – Trend mají součinitel prostupu tepla $U_d = 0,67$ (W/m².K) a propustnost celkového slunečního záření $g = 0,5$. Okna i dveře jsou opatřeny povrchovou úpravou v barvě dub.

8 DETAILY POUŽITÉ V NÁVRHU

8.1 Detail napojení obvodových stěn

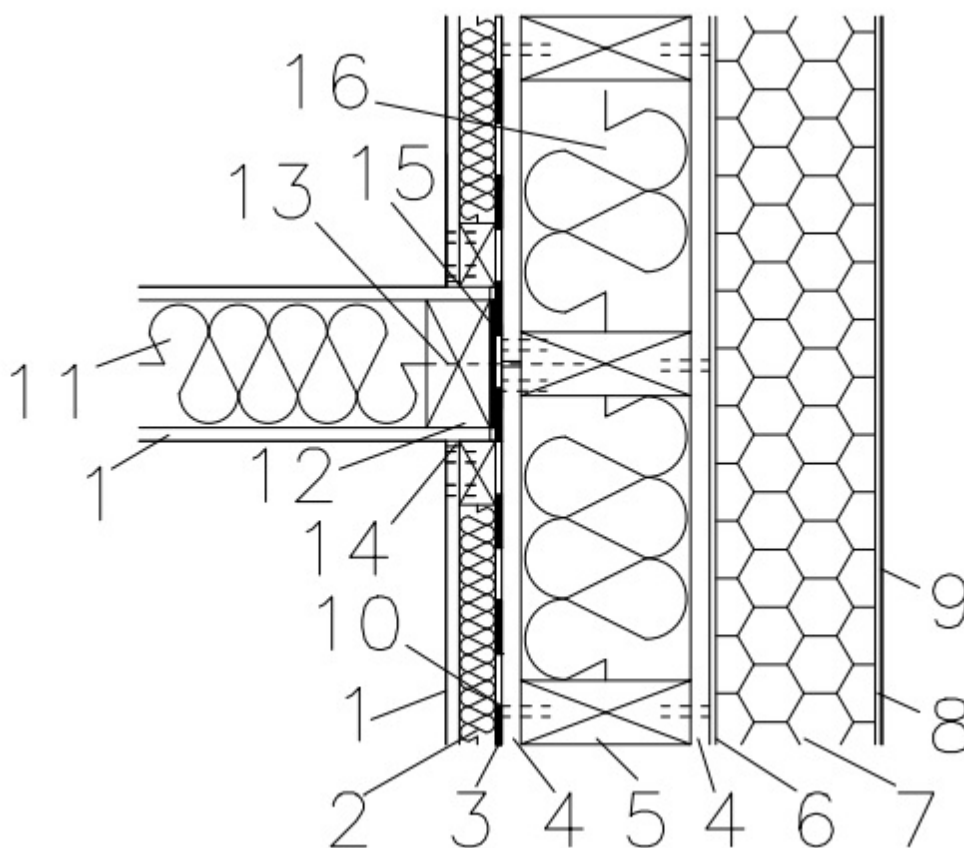


Obr. č. 19 – Detail napojení obvodových stěn

Legenda:

1 - sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm, 2 - minerální plst' Isover Uni 40 mm,
3 - parotěsná fólie Jutafol N AL 170, 4 - OSB deska 18 mm, 5 - minerální plst' Isover Uni 160 mm, 6 - lepicí vrstva lepidla Baumit DuoContact 6 mm, 7 - EPS Styrotherm plus 150 mm, 8 - vrstva lepidla Baumit DuoContact včetně sklotextilní sítě BaumitDuoTex 5 mm, 9 - silikátová omítka Baumit openTop 1,5 mm, 10 - sponka 1,5 x 10 x 45 mm, 11 - staticky ověřený kotvící prvek vrut, 12 - dřevěný KVH hranol 60 x 160 x 3000 mm, 13 - dřevěná lať 60 x 40 mm, 14 - trvale pružný tmel

8.2 Detail napojení vnitřní stěny na obvodovou stěnu

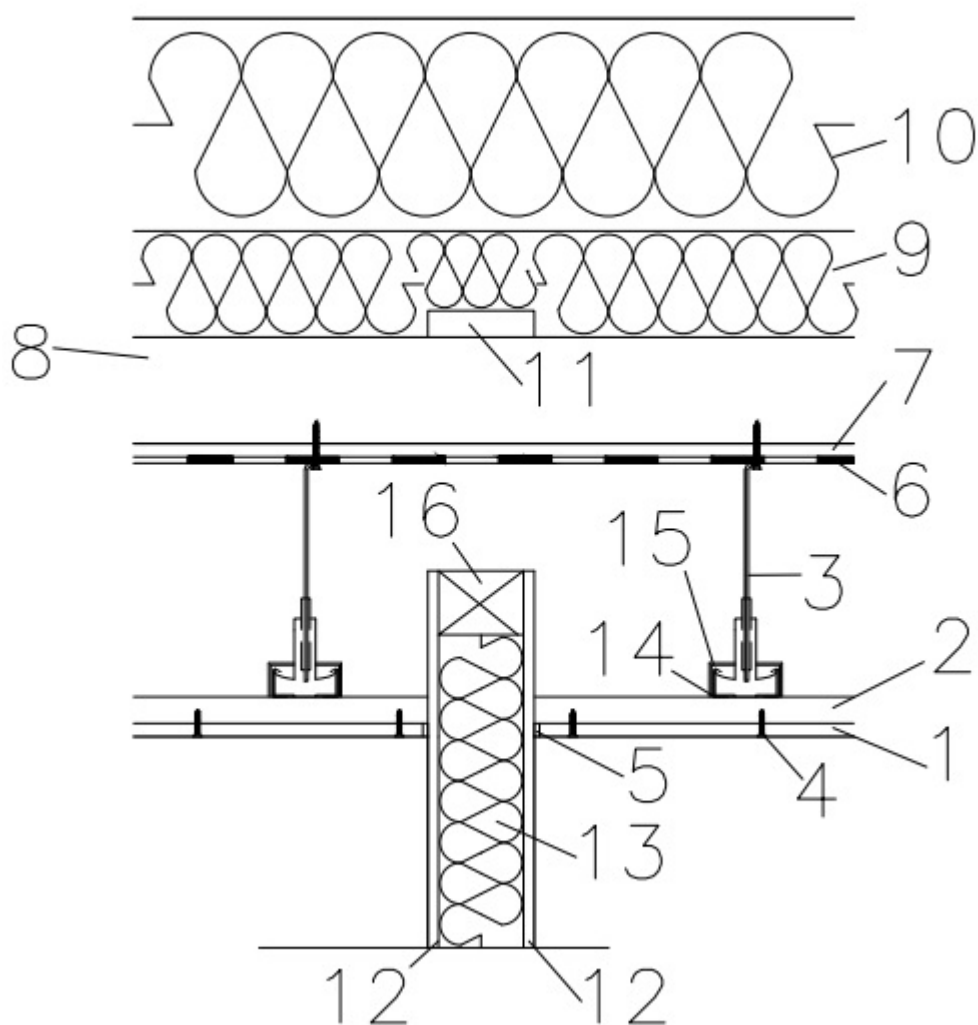


Obr. č. 20 – Detail napojení vnitřní stěny na obvodovou stěnu

Legenda:

1 - Sádroláknitá deska Fermacell 12,5 mm, 2 - minerální plst' Isover Uni 40 mm,
3 - parotěsná fólie Jutafol N AL 170, 4 - OSB deska 18 mm, 5 - dřevěný KVH hranol
60 x 160 x 3000 mm, 6 - lepicí vrstva lepidla Baumit DuoContact 6 mm, 7 - EPS
Styrotherm plus 150 mm, 8 - vrstva lepidla Baumit DuoContact včetně sklotextilní
sítěky BaumitDuoTex 5 mm, 9 - silikátová omítka Baumit openTop 1,5 mm, 10 - sponka
1,5 x 10 x 45 mm, 11 - minerální plst' Isover Piano 120 mm, 12 - dřevěný KVH hranol
60 x 120 x 3000 mm, 13 - staticky ověřený kotvící prvek vrut, 14 - trvale pružný tmel,
15 - okrajová izolační páska Fermacell, 16 - minerální plst' Isover Uni 160 mm

8.3 Detail uchycení podhledu

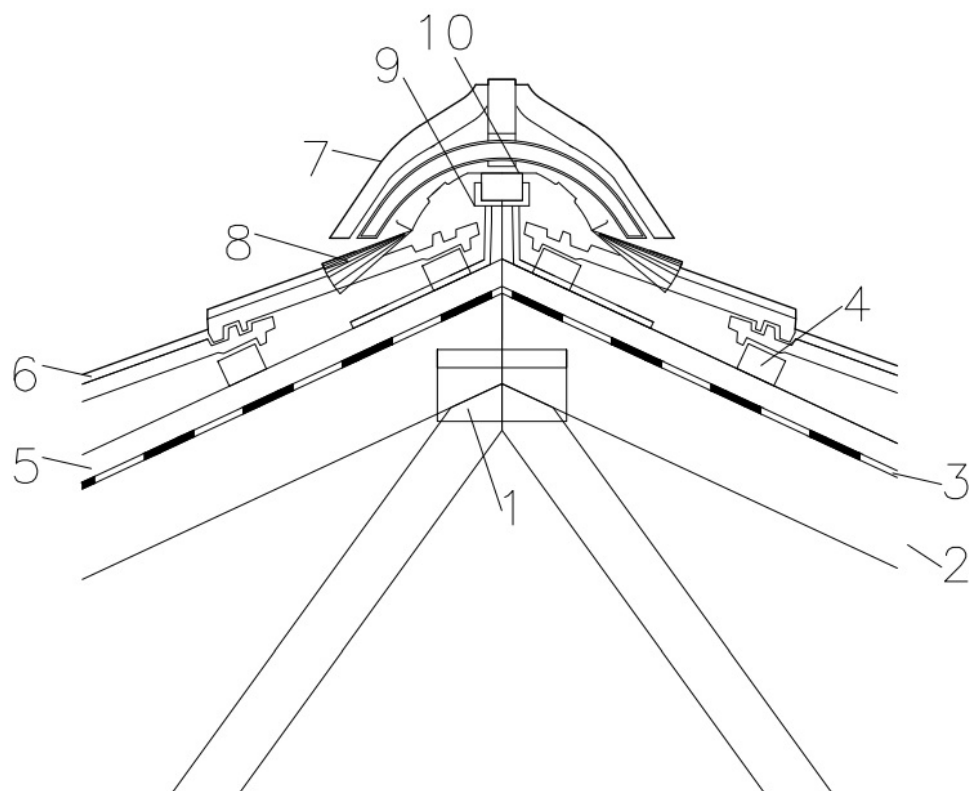


Obr. č. 21 – Detail uchycení podhledu

Legenda:

1 - sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm, 2 - montážní CD profil, 3 - pérový rychlozávěs, 4 - rychlořezný šroub 3,9 x 30 mm, 5 - trvale pružný tmel, 6 - parozábrana Jutafol N AL 170, 7 - sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm, 8 - spodní pásnice 100 x 50 mm + minerální izolace Isover Unirol mezi pásnicemi, 9 - minerální izolace Isover Unirol 100 mm, 10 - minerální izolace Isover Unirol 200 mm, 11 - podélné zavětrování deskou 100 x 25 mm, 12 - sádrovláknitá deska Fermacell 10 mm, 13 - minerální plst' Isover Piano 80 mm, 14 - nosný CD profil, 15 - křížová spojka, 16 - dřevěný KVH hranol 60 x 80 x 3000 mm

8.4 Detail hřebene

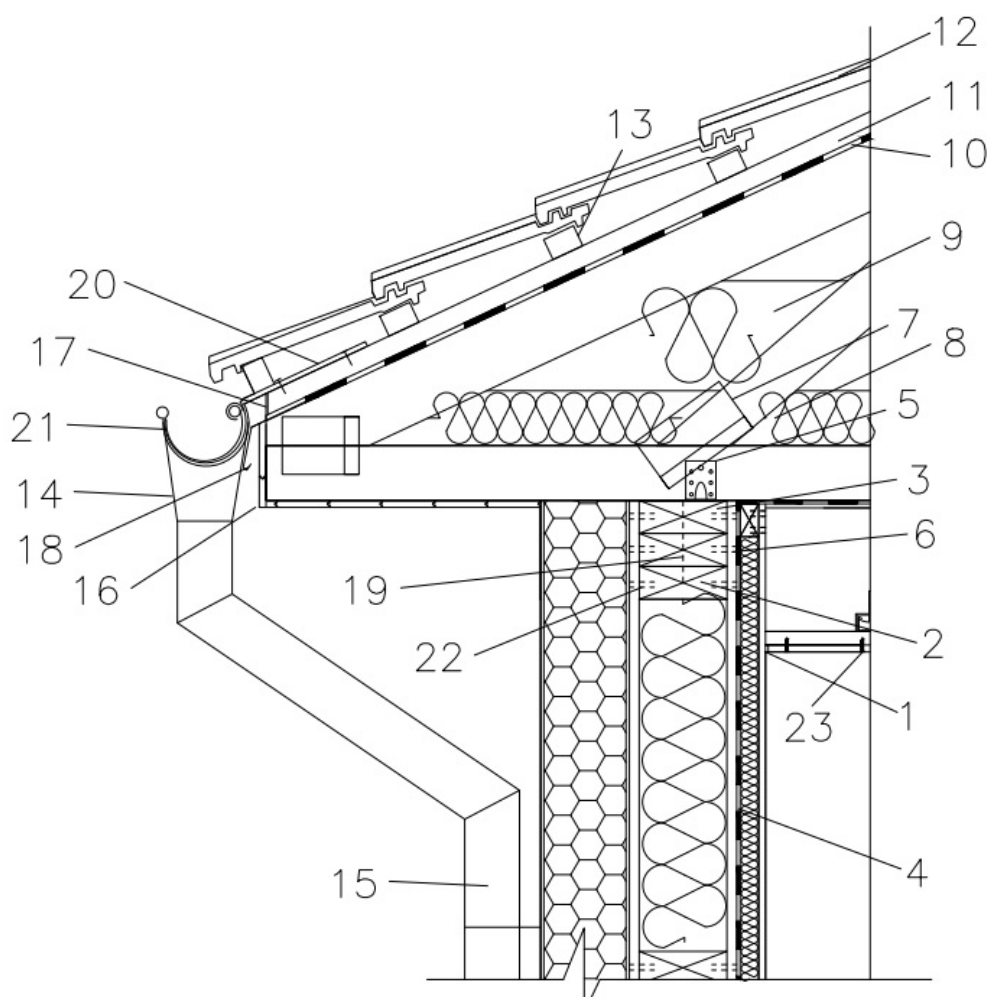


Obr. č. 22 – Detail hřebene

Legenda:

1 - styčníkový plech BV15/105/189, 2 - horní pás příhradové konstrukce, 3 – pojistná hydroizolace, 4 - latě 40 x 60 mm, 5 - kontralatě 40 x 60 mm, 6 - pálená krytina Tondach Falcovka 11 - rezná, 7 - hřebenáč drážkový, 8 - větrací pás hřebene, 9 - držák hřebenové latě, 10 - hřebenová latě

8.5 Detail osazení střešní konstrukce na obvodovou stěnu

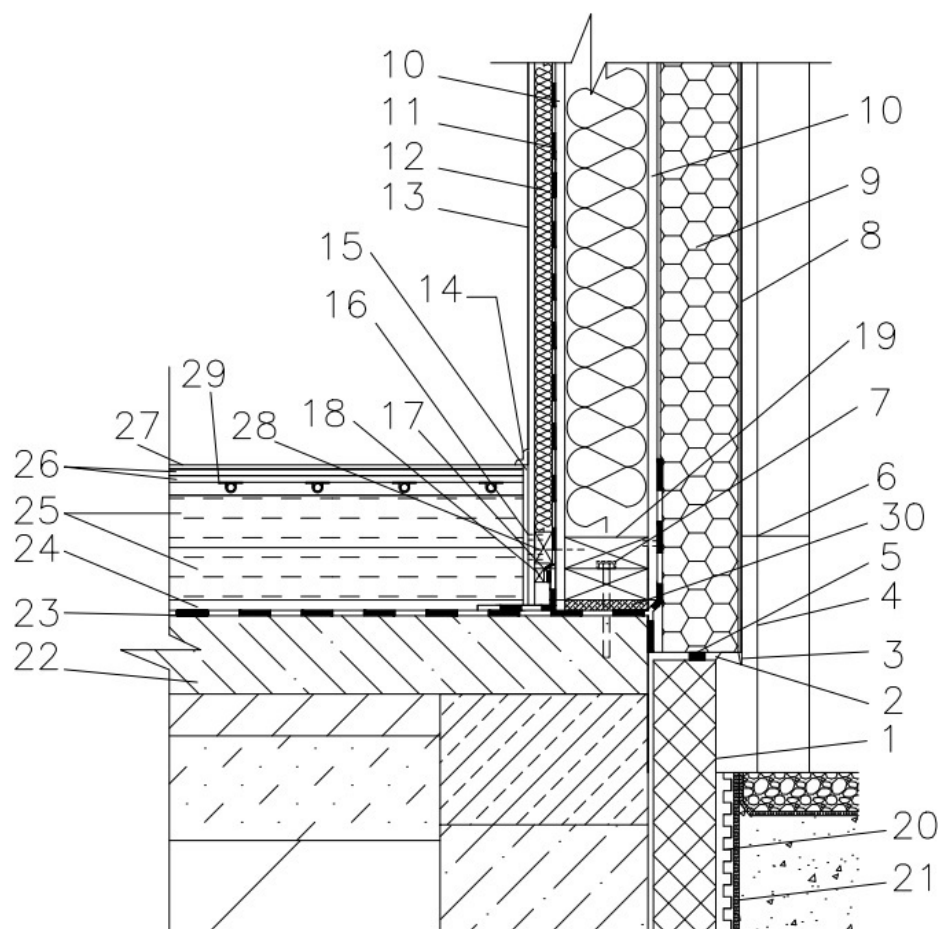


Obr. č. 23 – Osazení střešní konstrukce na obvodovou stěnu

Legenda:

1 - trvale pružný tmel, 2 - horní rám z KVH hranolu 60 x 160 x 3000 mm, 3 - ztužující věnec ze dvou KVH hranolů 60 x 160 x 3000 mm, 4 - parozábrana Jutafol N AL 170, 8 - minerální izolace Isover Unirol 100 mm, 9 - minerální izolace Isover Unirol 200 mm, 10 - pojistná hydroizolace, 11 - kontralat' 40 x 60 mm, 12 - pálená krytina Tondach Falcovka 11 – rezná, 13 - lat' 40 x 60 mm, 14 - měděný žlabový kotlík, 15 - měděný svod, 16 - palubkové podbití, 17 - větrací ochranný pás okapní, 18 - plechová okapnice, 19 - staticky ověřený kotvící prvek, 20 - žlabový hák, 21 - měděný žlab, 22 – sponka 1,5 x 10 x 45 mm

8.6 Detail napojení obvodové stěny na základovou desku



Obr. č. 24 – Napojení obvodové stěny na základovou desku

Legenda:

1 - XPS polystyren 120 mm, 2 - PU tmel, 3 - okapnice, 4 - měděný svod, 5 - těsnící páska, 6 – měděný držák svodu, 7 - závitová tyč \varnothing 12, 8 - silikátová omítka Baumit openTop 1,5 mm, 9 - EPS Styrotherm plus 150 mm, 10 - OSB deska 18 mm, 11 - parotěsná fólie Jutafol N AL 170, 12 - minerální plst' Iover Uni 40 mm, 13 - sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm, 14 - krycí lišta plovoucí podlahy, 15 - dilatační páska K369, 16 - sponka 1,5 x 10 x 45 mm, 17 - těsnící tmel, 18 - přítlačná lišta, 19 - spodní rám ze dvou KVH hranolů 60 x 160 x 3000 mm, 20 - nopová fólie, 21 - geotextílie, 22 - železobetonová deska 150 mm, 23 - hydroizolace Fatrafol 803, 24 - Liapor podsyp 8-16 – 20 mm, 25 - podlahový polystyren Styrotherm plus 150 - 2 x 100 mm, 26 - podlahové sádrovláknité desky Fermacell 2 x 12,5 mm, 27 - laminátová podlaha 8 mm, 28 - staticky ověřený kotvící prvek, 29 - systémová deska R883 s Omega plechy K802P a rozvody podlahového potrubí, 30 - výplňová malta

9 DISKUZE

Bakalářské práce se zaměřuje na samotný návrh rodinného domu systémem rámové konstrukce. Rodinný dům typu bungalov je navržen pro tříčlennou rodinu, stavba je umístěna na reálném pozemku patřící rodině. Do budoucna se počítá s pozemkem jako se stavební parcelou. Při návrhu rodinného domu byly brány v potaz stále rostoucí ceny energií. Navržené skladby obvodové stěny, podlahy na terénu a stropu nad 1.NP na styku s exteriérem splňují doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy dle ČSN 73 0540 – 2: 2011 Tepelné ochrany budov – část 2: požadavky. V konstrukcích v průběhu roku nedochází ke kondenzaci vodních par, která by degradovaly použité materiály. Konstrukční systém obvodového pláště domu je zvolen jako difuzně uzavřená konstrukce z důvodu ceny použitých materiálů a větších zkušeností provádějících firem. Při rozmístování obytných místností v domě byla brána v potaz orientace ke světovým stranám, jelikož solární zisky hrají pro vytápění objektu významnou roli v zimních měsících. Velká prosklená dřevěná okna byla umístěna na jihovýchodní a jihozápadní straně. Otvorové výplně jsou navrženy od výrobce Slavona, okna Progression s izolačním trojsklem a dveře Progression – Trend. Okna i dveře splňují doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. Jihovýchodní a jihozápadní strana je opatřena okny s nižším součinitelem prostupu tepla $U_w = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, ale vyšší solární propustností slunečního záření $g = 0,62$. Okna na severovýchodní straně, kde se nepředpokládají solární zisky, mají vyšší součinitel prostupu tepla $U_w = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ a nižší solární faktor $g = 0,5$.

Pro ještě efektivnější hospodaření s teplem v zimních měsících je navrženo rovnotlaké větrání s výměnou znečištěného vzduchu z místností a zpětného získávání tepla pomocí rekuperace. Objekt je vytápěn pomocí podlahového vytápění, čímž se docílí tepelné pohody v objektu. Zastřešení objektu bude provedeno příhradovými vazníky, navrženými firmou specializující se na návrh a realizaci. Samotná rámová konstrukce bude sestavována přímo na staveništi. Výhodou takto realizované výstavby je vysoká flexibilita a variabilita.

Rámovou dřevostavbu jaké téma bakalářské práce jsem si zvolil záměrně, z důvodu předpokládané realizace vlastního rodinného domu na uvažovaném pozemku.

10 ZÁVĚR

V práci se zabývám návrhem novostavby rodinného domu, ze systému dřevěné rámové konstrukce, která je dispozičně navržena jako 4+1 pro tříčlennou rodinu o užitné ploše 100,66 m². Projektová dokumentace obsahuje výkresy pro stavební povolení a dále je rozšířena o výkres vzduchotechniky, včetně technické zprávy. Dokladová část obsahuje tepelně technické posouzení jednotlivých použitých konstrukcí, výpočet tepelných ztrát domu, výpočet energetické náročnosti budovy, protokol energetické náročnosti budovy včetně energetického průkazu a 3D vizualizace domu.

Textová část práce je zpracována podle zadání. Na základě výpočtů energetické náročnosti budovy má rodinný dům měrnou potřebu tepla na vytápění 30 kWh/(m².a). Navržený rodinný dům tedy můžeme nazývat nízkoenergetický, jelikož měrná potřeba tepla na vytápění budovy je pod 50 kWh/(m².a). Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy je 3,714 MWh. Pro kvalitní provedení nízkoenergetického domu je důležité pečlivé provedení všech konstrukčních detailů. Celková roční dodaná energie pro vytápění, ohřev teplé vody, osvětlení, větrání je 10,342 MWh a celková měrná dodaná energie do budovy je 83 kWh/(m².a). Celková energeticky vztažná podlahová plocha budovy je 124,5 m². Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy je $U_{em} = 0,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Navržená budova tedy spadá do klasifikační třídy A, jako mimořádně úsporná budova. Jednotlivé navržené obvodové konstrukce splňují doporučeného hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy dle ČSN 73 0540 – 2: 2011 Tepelná ochrana budov – část 2: požadavky. Jednotlivé dílčí tepelné ztráty větráním 0,698 kW a prostupem 2,523 kW. Celková tepelná ztráta činí 3,221 kW.

11 SUMMARY

The work describes the design a new building family house which is made from a timber frame construction system with a process design of four rooms and a kitchen for a family of three with a 100.66 m² treated floor area. The project documentation comprises of drawings for a building permit and it is further extended to air conditioning drawing including a technical report. The part of the documents embraces the heat technical examination of the used constructions, a calculation of the house's heat loss, a calculation of the energy performance of the building and its protocol including an energy performance certificate along with 3D visualisations of the house.

The textual part of the work is compiled in accordance with the assignment. Based on the calculations of the energetic performance of the building, the specific heat requirements for the heating of the family house is 30 kWh/(m².a). Thus we can call the designed family house a low-energy house because its specific heat requirements are under 50 kWh/(m².a). The total annual heating demand is 3,714 MWh. For a quality low-energy house, it is important that all construction details are carried out carefully. The total annual supplied energy for heating, water heating, lighting and ventilation is 10,342 MWh and the total specific delivered energy of the building is 83 kWh/(m².a). The total energetically useful floor area of the building is 124,5 m². An average thermal transmittance of the building enclosure is $U_{em} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Thus the designed building belongs to Class A as an extraordinarily energy-efficient building. The individual designed peripheral constructions meet the recommended values of thermal transmittance for passive houses in accordance with the Czech Technical Standard 73 0540 – 2: 2011 Thermal Protection of Buildings – Part 2: Requirements. The individual partial heat losses caused by ventilation 0,698 kW and transmittance 2,523 kW. The total heat loss is 3,221 kW.

12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literatura:

1. HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Dům ze dřeva*. 2. vyd. Brno: ERA, 2006. 99 s. ISBN 80-7366-060-1.
2. KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 3. vyd. Praha: Grada, 2011. 317 s. ISBN 978-80-247-4071-3.
3. KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: Navrhování a konstrukční materiály. STEP 1*. Zlín: KODR, 1998. 462 s. ISBN 80-238-2620-4.
4. KOŽELOUH, B. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: Navrhování detailů a nosných systémů. STEP 2*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. 401 s. ISBN 80-86769-13-5.
5. VAVERKA, Jiří a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. 376 s. ISBN 978-80-247-2205-4.
6. VAVERKA, Jiří a kol. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. 648 s. ISBN 80-214-2910-0.
7. ZAHRADNÍČEK, Václav a Pavel HORÁK. *Moderní dřevostavby*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2011. 155 s. ISBN 978-80-251-3568-6.

Internetové zdroje:

Anonym. Co je dřevostavba a jaké jsou její druhy. In: *Dřevostavby: Co je dřevostavba a jaké jsou její druhy* [online]. Praha: PRO VORBIS, 2014, [cit. 2016-2-22]. Dostupné z: <http://www.drevoastavby.cz/cs/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy/3006-co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy>

Čabrada, Daniel. Materiály pro dřevostavby: Konstrukce rámové dřevostavby. In: *Časopis stavebnictví* [online]. Brno: EXPO DATA, 2009, [cit. 2016-3-2]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/materialy-pro-drevostavby_N2048

Čechová, Dagmar. Konstrukce dřevostaveb: Difuzně otevřená a uzavřená stěna – rozdíl v rosném bodu. In: *Dřevostavby: Konstrukce dřevostaveb* [online]. Praha: PRO VORBIS, 2014, [cit. 2016-3-2]. Dostupné z: <http://www.drevoastavby.cz/cs/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/2861-difuzne-otevrena-a-uzavrena-stena-rozdil-v-rosnem-bodu>

Dvořák, František. Cementové desky: V čem jsou nejlepší. In: *Dřevostavitel: Materiály* [online]. Brno: NETION, 2011c, [cit. 2016-3-10]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-3-dil>

Dvořák, František. Sádrokarton nebo sádrovláknitá deska. In: *Dřevostavitel: Materiály* [online]. Brno: NETION, 2011b, [cit. 2016-3-8]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-2-dil>

Dvořák, František. Velkoplošné materiály 1. díl: Desky na bázi dřeva. In: *Dřevostavitel: Materiály* [online]. Brno: NETION, 2011a, [cit. 2016-3-8]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-i-dil>

Novák, Petr. Stavební systémy dřevostaveb: Rámové konstrukce. In: *Dřevostavitel: Konstrukční systémy* [online]. Brno: NETION, 2011, [cit. 2016-2-22]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/stavebni-systemy-1-dil>

Raška, Petr. Konstrukční systém dřevostavby difuzně otevřený nebo uzavřený. In: *Dřevostavitel: Konstrukční systémy* [online]. Brno: NETION, 2011, [cit. 2016-3-5]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/system-difuzne-otevreny-uzavreny>

Slovák, Karel. Budoucnost dřevěných I nosníků. In: *Dřevostavitel: Dřevo* [online]. Brno: NETION, 2013, [cit. 2016-3-5]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/budoucnost-drevenych-i-nosniku>

Stará, Jana. Je to pasivní dřevostavba: 2. a 3. díl aneb použili jste dost izolace. In: *Dřevostavitel: Na co si dát pozor* [online]. Brno: NETION, 2013, [cit. 2016-3-10]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/je-to-pasivni-drevostavba-2-dil>

13 SEZNAM OBRÁZKŮ

1. obr. č.: - Typologie dřevěných stavebních systémů.....	13
Zdroj: (Vaverka a kol., 2008)	
2. obr. č.: - Schéma rozdělení současných konstrukčních systémů dřevostaveb.....	17
Zdroj: (Vaverka a kol., 2008)	
3. obr. č.: - I- nosníky Steico joist.....	19
Zdroj: http://www.casopisstavebnictvi.cz/materialy-pro-drevostavby_N2048	
4. obr. č.: - Skladba difuzně uzavřené konstrukce.....	24
Zdroj: http://www.efel-drevostavby.cz/difuzne-uzavrene-konstrukce/	
5. obr. č.: - Skladba difuzně otevřené konstrukce.....	25
Zdroj: http://www.efel-drevostavby.cz/difuzne-otevrene-konstrukce/	
6. obr. č.: - Skladba obvodové stěny.....	29
7. obr. č.: - Minimální požadované povrchové teploty a teplotní faktor.....	32
8. obr. č.: - Rozložení teplot v typickém místě konstrukce.....	32
9. obr. č.: - Rozložení tlaku vodní páry v konstrukci.....	33
10. obr. č.: - Skladba vnitřní nosné stěny.....	34
11. obr. č.: - Ukázka montáže skelné izolace mezi krokve.....	34
Zdroj: http://www.isover.cz/montazni-postup-zatepleni-mezi-a-pod-krokvemi	
12. obr. č.: - Skladba vnitřní nenosné příčky.....	35
13. obr. č.: - Skladba podlahy na terénu.....	36
14. obr. č.: - Skladba stropu nad 1.NP.....	39
15. obr. č.: - Rozložení teplot v typickém místě konstrukce.....	41
16. obr. č.: - Minimální požadované povrchové teploty a teplotní faktor.....	42
17. obr. č.: - Rozložení tlaku vodní páry v konstrukci.....	43
18. obr. č.: - Skladba střešního pláště.....	43
19. obr. č.: - Detail napojení obvodových stěn.....	46
20. obr. č.: - Detail napojení vnitřní stěny na obvodovou stěnu.....	47
21. obr. č.: - Detail uchycení podhledu.....	48
22. obr. č.: - Detail hřebene.....	49
23. obr. č.: - Detail osazení střešní konstrukce na obvodovou stěnu.....	50
24. obr. č.: - Detail napojení obvodové stěny na základovou desku.....	51

14 SEZNAM TABULEK

1. Tab. č.: - Deklarované hodnoty izolačních materiálů.....	21
Zdroj: http://www.pasivnidomy.cz/tepelne-izolace/t231?chapterId=1733	
2. Tab. č.: - Skladba obvodové stěny.....	29
3. Tab. č.: - Okrajové podmínky.....	30
4. Tab. č.: - Srovnání vypočtených hodnot s minimálními požadovanými.....	31
5. Tab. č.: - Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v navrhovaných okrajových podmínkách.....	33
6. Tab. č.: - Skladba podlahy na terénu.....	37
7. Tab. č.: - Skladba stropu nad 1.NP.....	39
8. Tab. č.: - Srovnání vypočtených hodnot s minimálními požadovanými.....	41
9. Tab. č.: - Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v navrhovaných okrajových podmínkách.....	42
10. Tab. č.: - Ztráty prostupem jednotlivých stavebních prvků.....	45

15 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I – textová část

Tepelně technické posouzení skladby podlahy na terénu.....	2
Tepelně technické posouzení skladby obvodové stěny.....	5
Tepelně technické posouzení skladby stropu nad 1.NP.....	8

Příloha II – Projektová dokumentace

a) DOKUMENTACE PRO STAVEBNÍ POVOLENÍ		Měřítko:	Počet A4:	
A.	PRŮVODNÍ ZPRÁVA		5	
B.	SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA		14	
C.	SITUAČNÍ VÝKRESY			
	C.1	SITUACE ŠIRŠÍCH VZTAHŮ	1:2500	4
	C.2	KOORDINAČNÍ SITUACE	1:200	4
D.	DOKUMENTACE OBJEKTŮ, TECHNICKÝCH A TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
	D.1.1	<i>ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ – RODINNÝ DŮM</i>		
	D.1.1.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA		13
	D.1.1.2	ZÁKLADY, ŘEZ A – A, ŘEZ B - B	1:50	4
	D.1.1.3	PŮDORYS 1.NP	1:50	4
	D.1.1.4	STŘECHA, ŘEZ D - D	1:50	4
	D.1.1.5	ŘEZ C - C	1:50	4
	D.1.1.6	POHLED JIHOZÁPADNÍ	1:50	2
	D.1.1.7	POHLED SEVEROVÝCHODNÍ	1:50	2
	D.1.1.8	POHLED JIHOVÝCHODNÍ	1:50	2
	D.1.1.9	DETAILY - E, G, H, J	1:20	2
	D.1.1.10	DETAILY- F, K	1:20	2
E.	DOKLADOVÁ ČÁST			
	E.1	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT DOMU		7
	E.2	VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY		9
	E.3	PROTOKOL ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY S ENERGETICKÝM PRŮKAZEM		20
	E.4	3D VIZUALIZACE DOMU		3

b) PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE VZDUCHOTECHNIKA		<i>Měřítko:</i>	<i>Počet A4:</i>
A.	PRŮVODNÍ ZPRÁVA – <i>není součástí dokumentace</i>		-
B.	SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA – <i>není součástí dokumentace</i>		-
C.	SITUAČNÍ VÝKRESY		
D.	DOKUMENTACE VZDUCHOTECHNIKY		
	D.2.1.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA VZDUCHOTECHNIKA	10
	D.2.1.2	VZDUCHOTECHNIKA 1.NP	1:50 4
E.	DOKLADOVÁ ČÁST		

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2015

Název úlohy : **PDL**
Zpracovatel : Adam
Zakázka :
Datum : 01.03.2016

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	lamin. podlaha	0,0080	0,3400	1470,0	930,0	94000,0	0.0000
2	Fermacell deska	0,0125	0,3200	1000,0	1250,0	13,0	0.0000
3	Fermacell deska	0,0125	0,3200	1000,0	1250,0	13,0	0.0000
4	Systémová deska	0,0250	0,0350	1270,0	25,0	50,0	0.0000
5	Styrotherm plus	0,1000	0,0320	1270,0	25,0	50,0	0.0000
6	Styrotherm plus	0,1000	0,0320	1270,0	25,0	50,0	0.0000
7	podšyp Liapor	0,0200	0,1300	1260,0	400,0	2,5	0.0000
8	† Fatrafol 803	0,0010	0,3500	1470,0	1310,0	19300,0	0.0000
9	† železobeton	0,1500	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

† vrstva se neuvažuje při výpočtu tep. odporu, souč. prostupu, tepl. faktoru a poklesu dotyk. teploty

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	laminátová podlaha	---
2	Fermacell deska	---
3	Fermacell deska	---
4	Systémová deska	---
5	Styrotherm plus	---
6	Styrotherm plus	---
7	podšyp Liapor	---
8	Fatrafol 803	---
9	železobeton	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 5.0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 6.268 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.155 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 4.2E+0012 m/s

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.58 °C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.974**

Pokles dotykové teploty podlahy podle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B : 492.35 Ws/m²K
Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT : 3.78 °C

STOP, Teplo 2015

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2015

Název úlohy : **S01**
Zpracovatel : Adam
Zakázka :
Datum : 03.03.2016

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Fermacell deska	0,0125	0,3200	1000,0	1250,0	13,0	0.0000
2	rám + izolace	0,0400	0,0500*	1000,3	52,4	1,0	0.0000
3	Jutafol N AL 1	0,0002	0,3900	1700,0	850,0	938600,0	0.0000
4	OSB	0,0180	0,1100	1700,0	650,0	50,0	0.0000
5	rám + izolace	0,1600	0,0520*	1000,3	52,4	1,0	0.0000
6	OSB	0,0180	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
7	lepidlo celopl.	0,0060	0,8300	920,0	1400,0	10,0	0.0000
8	Styrotherm EPS	0,1500	0,0330	1270,0	16,0	30,0	0.0000
9	stěrka + síťka	0,0050	0,8300	920,0	1400,0	10,0	0.0000
10	silikátová omítka	0,0015	0,7000	920,0	1800,0	40,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell deska	---
2	rám + izolace	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.039 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.0400 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
3	Jutafol N AL 170	---
4	OSB	---
5	rám + izolace	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.039 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
6	OSB	---
7	lepidlo celoplošně	---
8	Styrotherm EPS	---
9	stěrka + síťka	---
10	silikátová omítka	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [°C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [°C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	21.0	65.2	1620.6	-2.1	81.1	415.9
2	28	21.0	68.1	1692.7	0.1	80.4	494.4
3	31	21.0	66.4	1650.4	4.0	79.1	643.0
4	30	21.0	66.2	1645.5	9.1	76.7	886.1
5	31	21.0	68.2	1695.2	14.1	73.5	1182.0
6	30	21.0	70.2	1744.9	17.0	70.9	1373.1
7	31	21.0	71.3	1772.2	18.5	69.3	1475.1
8	31	21.0	71.0	1764.8	18.0	69.9	1441.9
9	30	21.0	68.3	1697.7	14.2	73.4	1188.0
10	31	21.0	66.2	1645.5	9.3	76.6	896.9
11	30	21.0	66.4	1650.4	3.9	79.0	637.6
12	31	21.0	67.7	1682.7	-0.3	80.5	479.4

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 7.421 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.132 W/m2K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.0E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 639.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 11.7 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 18.87 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.968**

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[°C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[°C]	f,Rsi,m	Tsi,m[°C]	f,Rsi,m			
1	17.7	0.858	14.2	0.706	20.3	0.968	68.3
2	18.4	0.876	14.9	0.708	20.3	0.968	71.0
3	18.0	0.824	14.5	0.618	20.4	0.968	68.7
4	18.0	0.744	14.5	0.450	20.6	0.968	67.8
5	18.4	0.627	14.9	0.118	20.8	0.968	69.1
6	18.9	0.472	15.4	-----	20.9	0.968	70.8
7	19.1	0.256	15.6	-----	20.9	0.968	71.7
8	19.1	0.357	15.5	-----	20.9	0.968	71.4
9	18.5	0.625	14.9	0.109	20.8	0.968	69.2
10	18.0	0.740	14.5	0.441	20.6	0.968	67.8
11	18.0	0.825	14.5	0.620	20.4	0.968	68.7
12	18.3	0.874	14.8	0.709	20.3	0.968	70.6

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	e
theta [°C]:	19.5	19.3	16.2	16.2	15.6	3.5	3.0	3.0	-14.8	-14.8	-14.8
p [Pa]:	1285	1284	1284	177	172	171	166	166	139	139	138
p,sat [Pa]:	2264	2243	1842	1842	1768	787	757	756	168	167	167

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 1.179E-0009 kg/(m2.s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce.
Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační.
Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2015

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2015

Název úlohy : **STR**
Zpracovatel : Adam
Zakázka :
Datum : 01.03.2016

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Strop pod nevytápěným či méně vytáp. vnitřním prostorem
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Fermacell deska	0,0125	0,3200	1000,0	1250,0	13,0	0.0000
2	Instalační mezera	0,2510	1,5688*	1010,0	1,2	0,0	0.0000
3	Jutafol N AL 170	0,0002	0,3900	1700,0	850,0	938600,0	0.0000
4	Fermacell deska	0,0125	0,3200	1000,0	1250,0	13,0	0.0000
5	střešní kce + Isover	0,1000	0,0460*	923,5	34,7	1,0	0.0000
6	Isover Unirol	0,1000	0,0400	840,0	40,0	1,0	0.0000
7	Isover Unirol	0,2000	0,0400	840,0	40,0	1,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell deska	---
2	Instalační mezera	velká vzduch. dutina dle EN ISO 6946 (standard) Směr tepelného toku: nahoru Typ vzduchové vrstvy: nevětraná Tloušťka vzduchové vrstvy: 0.2510 m
3	Jutafol N AL 170	---
4	Fermacell deska	---
5	střešní kce + Isover Unirol	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0500 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1000 m Os. vzdálenost tep. mostů: 1.0000 m
6	Isover Unirol	---
7	Isover Unirol	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.10 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [°C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [°C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	21.0	64.8	1610.7	-2.1	81.1	415.9
2	28	21.0	66.9	1662.9	0.1	80.4	494.4
3	31	21.0	66.8	1660.4	4.0	79.1	643.0
4	30	21.0	66.0	1640.5	9.1	76.7	886.1
5	31	21.0	67.4	1675.3	14.1	73.5	1182.0
6	30	21.0	69.4	1725.0	17.0	70.9	1373.1
7	31	21.0	70.6	1754.8	18.5	69.3	1475.1
8	31	21.0	70.2	1744.9	18.0	69.9	1441.9
9	30	21.0	67.7	1682.7	14.2	73.4	1188.0
10	31	21.0	66.0	1640.5	9.3	76.6	896.9
11	30	21.0	66.8	1660.4	3.9	79.0	637.6
12	31	21.0	67.3	1672.8	-0.3	80.5	479.4

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 8.211 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.119 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.0E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 166.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 7.3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 18.98 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.971

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[°C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[°C]	f,Rsi,m	Tsi,m[°C]	f,Rsi,m			
1	17.6	0.853	14.1	0.702	20.3	0.971	67.5
2	18.1	0.862	14.6	0.695	20.4	0.971	69.5
3	18.1	0.829	14.6	0.623	20.5	0.971	68.9
4	17.9	0.740	14.4	0.446	20.7	0.971	67.4
5	18.2	0.600	14.7	0.092	20.8	0.971	68.2
6	18.7	0.427	15.2	-----	20.9	0.971	69.9
7	19.0	0.192	15.5	-----	20.9	0.971	70.9
8	18.9	0.297	15.4	-----	20.9	0.971	70.6
9	18.3	0.604	14.8	0.088	20.8	0.971	68.5
10	17.9	0.736	14.4	0.437	20.7	0.971	67.4
11	18.1	0.830	14.6	0.625	20.5	0.971	68.9
12	18.2	0.869	14.7	0.705	20.4	0.971	69.9

Poznámka:RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [°C]:	19.7	19.5	19.0	19.0	18.8	11.3	2.7	-14.7
p [Pa]:	1285	1284	1284	142	141	140	140	138
p,sat [Pa]:	2287	2268	2191	2191	2173	1339	739	170

Poznámka:theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 1.217E-0009 kg/(m2.s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka:Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2015