

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**VÝVOJ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ BUDOV
A ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pompl** Jméno: **Dominik** Osobní číslo: **438345**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
 Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
 Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vývoj tepelně-technických vlastností budov a zateplovacích systémů

Název bakalářské práce anglicky:

Development of Thermal Properties of Buildings and Thermal Insulation Systems

Pokyny pro vypracování:

Zmapujte historický vývoj z hlediska normativních nároků na tepelný odpor, resp. součinitel prostupu tepla u stavebních konstrukcí. Tento vývoj aplikujte na tepelné ztráty rodinného domu počítané obálkovou metodou. Součástí práce bude rovněž přehledný popis dnešních zateplovacích systémů až po problematiku odvětrávaných fasád.

Seznam doporučené literatury:

Vaverka, J. a kol.: Stavební tepelná technika a energetika budov. VUT v Brně, Nakladatelství Vutium 2006. ISBN 80-214-2910-0
 Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní - sešit projektanta. Třetí přepracované vydání. STP 2008, ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.
 ČSN 73 0540 od roku 1977

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Bašta Ph.D., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.04.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **30.06.2017**

Platnost zadání bakalářské práce:



Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

21.4.2017

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi zapůjčili potřebnou literaturu nebo mě jakkoliv podpořili při psaní této bakalářské práce. Zejména děkuji panu **prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph.D.** za jeho odborné vedení, zapůjčení potřebné literatury a užitečné rady při zpracování této bakalářské práce. Děkuji i mé rodině a přítelkyni za jejich podporu a trpělivost po celou délku mého studia.

Anotace

V rámci této bakalářské práce byl formou literární rešerše zpracován historický vývoj z hlediska normativních nároků na tepelný odpor, resp. součinitel prostupu tepla u stavebních konstrukcí. Potom byl tento vývoj aplikován na tepelné ztráty zadaného rodinného domu. Dále je popsán přehledný popis dnešních zateplovacích systémů a jednotlivých tepelně-izolačních materiálů.

Summary

This bachelor thesis describes the historical development in terms of normative demands on thermal resistance, respectively heat transfer coefficient of building materials. Then was this development applied to the heat loss of specified house. Further there is a description of today's building thermal insulation systems and individual heat-insulating materials.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Vývoj tepelně-technických vlastností budov a zateplovacích systémů“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Bašty, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 28. 6. 2017

.....

Dominik Pompl

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK.....	8
1 Úvod	10
2 Normativní požadavky a předpisy v tepelné technice	12
2.1 Vývoj legislativy v ČR	12
2.1.1 ČSN 1450	12
2.1.2 ČSN 73 0020	12
2.1.3 ČSN 06 0210	12
2.1.4 ČSN 73 0540	13
2.1.5 ČSN 73 0540 členěná do částí 1 - 4	13
2.1.6 Současné požadavky	14
2.2 Vývoj legislativy v Evropě	14
2.3 Vývoj požadavků na tepelně-technické vlastnosti budov u jednotlivých stavebních konstrukcí.....	16
2.3.1 Vnější svislá obvodová konstrukce	18
2.3.2 Podlahová konstrukce na terénu.....	21
2.3.3 Stropní konstrukce pod nevytápěným půdním prostorem.....	23
2.3.4 Dveře	25
2.3.5 Okna	27
3 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu.....	30
3.1 Zadaný rodinný dům	30
3.2 Specifikace výpočtové metody	32
3.2.1 Výpočet a návrh teplot u zadaného rodinného domu	33
3.3 Výpočet celkové tepelné ztráty	36
3.3.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla	36
3.3.2 Výpočet tepelné ztráty větráním	40
3.4 Celková tepelná ztráta zadaného rodinného domu	42
4 Zateplovací systémy	44

4.1 Proč zateplovat?	44
4.2 Druhy tepelných izolací	45
4.2.1 Pěnový polystyren EPS	46
4.2.2 Extrudovaný polystyren XPS	47
4.2.3 Minerální vlna MW	48
4.2.4 Pěnový polyuretan.....	48
4.2.5 Pěnové sklo	49
4.2.6 Celulóza.....	50
4.2.7 Pěnový polyetylén	50
4.2.8 Ovčí vlna	51
4.3 Dělení zateplovacích systémů.....	51
4.3.1 Kontaktní zateplovací systémy.....	51
4.3.2 Bezkontaktní zateplovací systémy	61
4.3.2 Rozdíly mezi kontaktním a bezkontaktním zateplením	61
4.3.4 Příklady zateplovacích systémů od výrobců	63
4.4 Nežádoucí jev u zateplování	64
4.5 Doporučení.....	66
5 Závěr.....	67
6 Seznam příloh.....	69
7 Seznam obrázků.....	70
8 Seznam tabulek.....	72
9 Seznam použitých zdrojů	73

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

\dot{Q}_c	[W]	celková tepelná ztráta
\dot{Q}_o	[W]	základní tepelná ztráta prostupem tepla
\dot{Q}_p	[W]	tepelná ztráta prostupem tepla
\dot{Q}_v	[W]	tepelná ztráta větráním
\dot{Q}_z	[W]	trvalý tepelný zisk
\dot{V}_v	[m ³ .s ⁻¹]	objemový tok větracího vzduchu
\dot{V}_{vH}	[m ³ .s ⁻¹]	objemový tok větracího vzduchu daný intenzitou výměny vzduchu
\dot{V}_{vP}	[m ³ .s ⁻¹]	objemový tok větracího vzduchu při infiltraci
i_{LV}	[m ² .s ⁻¹ .Pa ^{0,67}]	součinitel spárové provzdušnosti
n_h	[h ⁻¹]	intenzita výměny vzduchu
p_1	[-]	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
p_2	[-]	přirážka na urychlení zátopy
p_3	[-]	přirážka na světovou stranu
ΣS	[m ²]	celková plocha všech konstrukcí, které ohraničují vytápěnou místnost
S_j	[m ²]	ochlazovaná část stavební konstrukce
S_k	[m ²]	plocha konkrétní místnosti
t_{ej}	[°C]	výpočtová teplota na vnější straně konstrukce
t_i	[°C]	výpočtová vnitřní teplota
t_k	[°C]	vnitřní teplota konkrétní místnosti
U_c	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	průměrný součinitel prostupu tepla
U_j	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla stavební konstrukce
V_k	[m ³]	objem konkrétní místnosti
V_m	[m ³]	vnitřní objem prostoru
α_e	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla na venkovní straně konstrukce
α_i	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
μ	[-]	difúzní faktor
B	[Pa ^{0,67}]	charakteristické číslo budovy
c_p	[J.m ⁻³ .K ⁻¹]	objemová tepelná kapacita vzduchu
h	[m]	výška místnosti
L	[m]	délka spáry

M	[-]	charakteristické číslo místnosti
R	[m ² .K.W ⁻¹]	tepelný odpor konstrukce
R _{se}	[m ² .K.W ⁻¹]	odpor konstrukce při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R _{si}	[m ² .K.W ⁻¹]	odpor konstrukce při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R _T	[m ² .K.W ⁻¹]	odpor konstrukce při prostupu tepla
t _e	[°C]	výpočtová venkovní teplota
U	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla
λ	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti

1 Úvod

Jeden z pojmů, který bývá často diskutován, je energie. Její dostatek je jednou ze základních podmínek pro život obyvatelstva, přičemž tato potřeba neustále roste a její většina je čerpána z neobnovitelných zdrojů. Tato tendence nemůže pokračovat do nekonečna. Uvolňováním oxidu uhličitého se mění složení atmosféry, a tím i tepelná bilance Země. Časem by také mohlo dojít k vyčerpání těchto zdrojů. Pokud se tedy nepodaří najít nějaký nový, pro životní prostředí nepoškozující zdroj energie, máme v podstatě dvě možnosti. A sice buď snížit spotřebu energie, nebo začít více používat obnovitelné zdroje. U snížení spotřeby se může jednat jak o energetické úspory, tak o zvyšování účinnosti využití energie. Samotné snížení spotřeby znamená snížení výdajů. A každá nyní vynaložená investice, která povede k nižší spotřebě, bude mít význam i do budoucna. Na druhé straně je třeba si uvědomit, že mnoho úsporných opatření má dlouhou dobu ekonomické návratnosti.

V našem klimatickém pásmu se musí po poměrně značnou část roku topit. Kolik energie se na to spotřebuje, závisí na celé řadě vlivů, například na teplotě uvnitř budovy, na venkovní teplotě a na velikosti budovy.

Potřebou uživatelů budov je snaha o vytvoření tepelné pohody, která by se měla uskutečnit za podmínek nízké energetické spotřeby. V běžném domě se nejvíce energie spotřebuje na vytápění. U starších budov je spotřeba energie na vytápění větší, zatímco u nových nebo zrekonstruovaných budov je spotřeba na vytápění výrazně nižší. Je proto důležité zabránit únikům tepla, ke kterým dochází. A zároveň vzhledem k zabezpečení kvality vnitřního vzduchu zajistit pravidelné větrání. Veliký potenciál je právě u starších budov. Neboť musíme vzít v úvahu, že životnost staveb je dlouhá a staré budovy tvoří nezanedbatelnou část půdního fondu. Je důležité si ujasnit, kolik tepla uniká jednotlivými konstrukcemi. A také, kde se nachází místa největších úniků, na která bychom se měli zaměřit. Z tohoto důvodu jsou důležité tepelně technické vlastnosti materiálů, především součinitel prostupu tepla U u stavebních konstrukcí. Tyto vlastnosti jsou normativně upraveny.

Cílem této bakalářské práce je nejprve provést historický přehled vývoje z hlediska normativních nároků na tepelný odpor R , resp. součinitel prostupu tepla U u stavebních konstrukcí. Přičemž tento vývoj se v čase měnil a docházelo k zpříšňování jednotlivých kritérií pro tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí.

V další kapitole je pro zadaný rodinný dům vypočítána tepelná ztráta, která vychází z tohoto vývoje. Tepelná ztráta je počítána v odlišných časových obdobích od roku 1979 až do přítomnosti obálkovou metodou podle normy ČSN 06 0210. Aplikace je provedena na jednopodlažní rodinný dům s valbovou střechou. Tato budova je postavena v Plzni. Následující kapitola si klade za cíl seznámit čtenáře s používanými zateplovacími systémy, které je možné využít při snižování tepelných ztrát. V jedné z podkapitol jsou porovnány tepelně izolační materiály, které se používají zejména u nás.

V závěru práce jsou shrnuty důležité poznatky. Neboť cílem práce je přispět k utřídění informací souvisejících se snižováním tepelných ztrát budov.

2 Normativní požadavky a předpisy v tepelné technice

Normativní požadavky a předpisy odpovídají energetické náročnosti objektů a závisí na technické úrovni konstrukčních prvků. Rychlost vývoje se v jednotlivých zemích liší odlišnými stavebními tradicemi a klimatickými podmínkami.

2.1 Vývoj legislativy v ČR

Vývoj tepelně technických požadavků je zachycen v závazných technických předpisech, kterými jsou ČSN. Revize norem souvisely se změnami požadavků. Z nich pak vyplynulo odlišné projektové řešení konstrukcí.

2.1.1 ČSN 1450

Poprvé byly technické požadavky na základní konstrukce formulovány v roce 1949 v úvodních částech ČSN 1450:1949, kde byly uvedeny požadavky na součinitel prostupu tepla rozhodujících konstrukcí budovy.

2.1.2 ČSN 73 0020

V letech 1955 až 1963 platila ČSN 73 0020:1958, která byla vydána v prosinci 1954. Byla vyhlášena za závaznou a požadavky na tepelné izolace zpřesnila. V průběhu roku 1963 se stala normou doporučenou s tím, že odlišná řešení se musela oznámit ministerstvu výstavby.

Tepelně izolační kvalita stavebních konstrukcí se vyjadřovala zdívkem z plných pálených cihel tloušťky 45 cm. Tepelný odpor konstrukce se počítal bez zahrnutí vlivu tepelných mostů a byl užíván pro celou konstrukci.

2.1.3 ČSN 06 0210

Původní požadavky na tepelně izolační vlastnosti konstrukcí byly v roce 1955 zpracovány do revize topenářské normy známé pod označením ČSN 06 0210:1956, která byla vydána v březnu. Tyto požadavky platily do její další revize v roce 1961. Norma byla zrušena až v roce 2008.

2.1.4 ČSN 73 0540

Tato norma s názvem „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov“ se připravovala souběžně s revizí předcházející normy a byla vydána v prosinci v roce 1962 s platností od dubna 1963.

V prosinci 1964 byla provedena její revize. Bylo zavedeno hodnocení stavebních konstrukcí pomocí přesnějších proměnných veličin. Norma byla účinná od října 1965. V sedmdesátých letech se rozšířilo stavění lehkých prefabrikovaných konstrukcí. Zavádělo se hodnocení letní a zimní tepelné stability. Budova byla charakterizována spotřebou tepla na vytápění a tepelnou charakteristikou budovy. To vše bylo shrnuto ve „Směrnici pro navrhování a posuzování obytných panelových budov z hlediska stavební tepelné techniky“. Tato směrnice byla vypracována ve VÚPS Praha pro Ministerstvo stavebnictví ČSR.

V březnu 1977 byla vydána nová verze ČSN 73 0540:1977 s názvem „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov - Názvosloví. Požadavky a kritéria.“ V této revizi došlo ke zvýšení tepelných odporů. Pro obvodové stěny byl požadován tepelný odpor $R = 0,95 - 1,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a pro střechy tepelný odpor $R = 1,80 - 2,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Současně s požadavky byly vydány samostatně další části ČSN 73 0540:1977 s názvem „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Vlastnosti materiálů a konstrukcí.“ a ČSN 73 0540:1977 s názvem „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Výpočtové metody.“

V dalších letech byly k normě postupně vydávány drobnější změny. Od května 1992 platila poslední změna s již přísnějšími požadavky. Ta byla součástí připravované komplexnější revize souboru tepelně technických norem. Pro obvodové stěny byl tepelný odpor $R = 2,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a pro střechy byl tepelný odpor $R = 3,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

2.1.5 ČSN 73 0540 členěná do částí 1 - 4

Norma připravovaná v letech 1991 až 1993 vyšla v květnu 1994 již jako česká norma a byla členěna do čtyř částí:

- ČSN 73 0540-1:1994 Tepelná ochrana budov, část 1: Termíny a definice,
- ČSN 73 0540-2:1994 Tepelná ochrana budov, část 2: Funkční požadavky,
- ČSN 73 0540-3:1994 Tepelná ochrana budov, část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování,
- ČSN 73 0540-4:1994 Tepelná ochrana budov, část 4: Výpočtové metody pro navrhování a ověřování.

Název normy se změnil na „Tepelnou ochranu budov“. Tento název byl výstižnější. Vyjadřoval jeden z požadavků na stavbu a také na návaznost na evropské technické předpisy. Norma byla nově pojata pro všechny druhy budov pozemních staveb. Tato norma již na Slovensku nevyšla, a tak je od té doby vývoj v obou zemích rozdílný. Evropskou komisí pro normalizaci je od roku 1995 až do současnosti přijat větší soubor tepelně technických norem, které se neustále novelizují. Tyto normy jsme povinni začlenit i do našich norem.

V listopadu roku 2002 vyšla revize části 2. Zde došlo k zpřísnění požadavků na prostup tepla a ke změně stavebně technického požadavku. Ve shodě s tehdy vydanou vyhláškou se hodnotila měrná spotřeba tepla na vytápění. Jako způsob vyjádření se doporučoval energetický štítek budovy.

Do roku 2005 byly zrevidovány i další části 1, 3 a 4. V této souvislosti byly v listopadu 2005 provedeny změny i v požadavcích v části 2 jako změna Z1. Ve změně se doplnily požadavky na součinitel prostupu tepla u jednotlivých konstrukcí a nově byl vyjádřen stupeň energetické náročnosti SEN.

V dubnu 2007 byla vydána další revize části 2. V této revizi zůstal zachován primární princip. Norma k hodnocení energetickým štítkem používá klasifikační ukazatel, který vychází z průměrného součinitele prostupu tepla. Budova je na základě dosaženého stupně zařazena do energetické třídy A až G.

V říjnu 2011 vyšla poslední revize části 2. Zde byly upraveny zejména požadavky zabývající se nejnižší vnitřní povrchovou teplotou, součinitelem prostupu tepla a průměrným součinitelem prostupu tepla obálky budovy. Nově se průměrný součinitel prostupu tepla budovy porovnává s průměrným součinitelem prostupu tepla referenční budovy. [3, 7]

2.1.6 Současné požadavky

Do konce roku 1999 byly požadavky normy závazné. Od roku 2000 je většina ČSN nezávazná, ale platná. To znamená, že závaznost není daná přímo normou, ale je určena zákony, vyhláškami a nařízeními vlády. Závaznost normových hodnot tepelně technických vlastností podle ČSN 73 0540-2 je určena vyhláškou č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu, která je prováděcí vyhláškou stavebního zákona.

2.2 Vývoj legislativy v Evropě

Na evropské úrovni jsou za vypracováním norem zodpovědné organizace, které byly oficiálně uznány EU a EFTA. Jedná se o organizaci CEN (European Committee

for Standardization). CEN je uznáván jako evropský normalizační orgán. Česká republika je také jejím členem. Konkrétně oblastí tepelné ochrany budov se zabývá technická komise CEN TC 89. Dalšími evropskými normalizačními orgány jsou CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) a ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

Trendem v normách jednotlivých států je vytvářet komplexní normy, zahrnující klimatická data, numerické požadavky na vlastnosti konstrukčních prvků a budov, výpočtové postupy a metodiky.

Mezi společné atributy evropských norem patří:

- odloučení výpočtů energetického hodnocení budov od výpočtů pro dimenzování tepelných soustav v objektech,
- jednotná metodika výpočtů v několika stupních přesnosti,
- zahrnování vlivu tepelných mostů do energetických výpočtů,
- započítávání tepelných ztrát přílehlou zeminou,
- akceptování teplotního vlivu sousedících nevytápěných a temperovaných ploch,
- snaha o zachování specifik jednotlivých zemí.

Kromě technických norem je pro návrh budov důležité dodržování zákonů a vyhlášek v dané zemi. V legislativě jsou definována omezující kritéria pro nezbytné množství energie a pro povolené emise škodlivin při spalování paliv. Úroveň tepelné ochrany budov tvoří podstatnou část celkové energetické bilance budov.

Evropská komise v roce 1985 uvedla, že 40 % celkové energie spotřebovávané v Evropě souvisí s budovami. Z toho vycházela směrnice s názvem SAVE (Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency), ve které byla velká část spojená se stavebním sektorem. V roce 1997 bylo Evropskou unií přijato rozhodnutí o redukci emisí CO₂. V květnu 2001 byl podpořen význam směrnice SAVE. Z toho vznikl návrh tvořící základy pro energetické hodnocení budov, který se používá v současnosti. Tento návrh se 16. prosince 2002 stal první směrnicí evropské komise 2002/91/ES - o energetické náročnosti budov.

Tuto směrnici nahradila Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov, která vstoupila v platnost

8. července 2010. V ní jsou definovány nové nástroje ke snížení energetické náročnosti budov. Směrnice byla do naší legislativy implementována novelou zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. [27]

2.3 Vývoj požadavků na tepelně-technické vlastnosti budov u jednotlivých stavebních konstrukcí

Požadavky na tepelně technické vlastnosti se u budov postupem času měnily a zpříšňovaly, tak jak společnost dávala větší důraz na neplýtvání energiemi. V normě ČSN 73 0540 máme plno stavebních konstrukcí, které mají různé tepelně technické vlastnosti. Já zde ale zmíním jen pár konstrukcí, s kterými budu počítat v další části mojí bakalářské práce.

Jelikož v některých starších verzích vydání normy ČSN 73 0540 jsou tepelně technické vlastnosti budov vyjádřeny přes tepelný odpor R musíme pro srovnání těchto hodnot u jednotlivých stavebních konstrukcí převést tepelný odpor R na součinitel prostupu tepla U . V novějších vydáních normy se uvádí už jen součinitel prostupu tepla U .

Součinitel prostupu tepla U je definován vztahem:

$$U = \frac{1}{R_T}, \quad (1)$$

kde

R_T odpor konstrukce při prostupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$].

V normě ČSN 73 0540 - 1 je R_T popisován jako tepelný odpor, který brání výměně tepla mezi prostředími oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými vzduchovými vrstvami.

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T je definován vztahem:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}, \quad (2)$$

kde

R_{si} odpor konstrukce při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$],

R odpor konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$],

R_{se} odpor konstrukce při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$].

Odpor konstrukce při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce je definován vztahem:

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_i}, \quad (3)$$

kde

α_i součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$].

V normě ČSN 73 0540 - 1 je R_{si} popisován jako tepelný odpor vzduchové vrstvy přiléhající k vnitřní straně konstrukce.

Odpor konstrukce při přestupu tepla na vnější straně konstrukce je definován vztahem:

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_e}, \quad (4)$$

kde

α_e součinitel přestupu tepla na venkovní straně konstrukce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$].

V normě ČSN 73 0540 - 1 je R_{se} popisován jako tepelný odpor vzduchové vrstvy přiléhající k vnější straně konstrukce.

Po skloubení vztahů (1), (2), (3), (4) a po zvolení a dosazení za α_i hodnotu $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a α_e hodnotu $23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ obdržíme vztah (5):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + R + \frac{1}{23}}. \quad (5)$$

2.3.1 Vnější svislá obvodová konstrukce

1. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 1979. V tomto roce ještě nebyla uvedena hodnota součinitele prostupu tepla U , ale jen hodnota tepelného odporu R pro vnější svislou stěnovou konstrukci. Ta v roce 1979 činila $R = 0,95 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$. Podle normy tohle byla jen hodnota nejmenšího dovoleného tepelného odporu R . Po převedení tepelného odporu R na součinitel prostupu tepla U podle vzorce (5) nám vyjde hodnota $U = 0,89 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. V tomto prvním vydání normy nebyly hodnoty rozděleny na doporučené či požadované, ale dělily se na hodnoty v závislosti na venkovní výpočtové teplotě t_e . V normě byly uvedeny tři hodnoty, a to $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-21 \text{ }^\circ\text{C}$. Já budu v další části bakalářské práce počítat s hodnotou tepelného odporu, resp. součinitele prostupu tepla pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$, proto hodnoty pro jiné teploty zde jen uvedu, ale nebudu je srovnávat na obrázcích níže. Pro hodnotu $t_e = -18 \text{ }^\circ\text{C}$ byla hodnota $R = 1,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,86 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. A pro hodnotu $t_e = -21 \text{ }^\circ\text{C}$ byla hodnota $R = 1,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,79 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Také se v tomto roce neuvádí hodnoty pro těžkou a lehkou svislou konstrukci jako to bylo u novějších norem. Také se tam nezmiňuje nic o hodnotách pro pasivní domy.

2. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 1994. Ani v tomto roce nebyly v normě uvedeny hodnoty pro pasivní domy či pro rozdělení na lehkou a těžkou svislou konstrukci. Pořád se neuváděl součinitel prostupu tepla U , ale tepelný odpor R . Oproti normě z roku 1979 tady přibylo rozdělení tepelného odporu R na požadovanou a doporučenou hodnotu. Požadovaná hodnota tepelného odporu pro vnější svislou stěnu činila $R = 2,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Po přepočtení podle vzorce (5) dostáváme hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,46 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Doporučená hodnota činila $R = 2,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,32 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. V tomto roce byla ještě v normě uvedena takzvaná přípustná hodnota $R = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Ta platila ale jen pro rekonstrukce.

3. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2002. Je to první norma, kde se už neuváděla hodnota tepelného odporu R , ale jen součinitele prostupu tepla U . Od tohoto roku se už hodnota tepelného odporu R neuváděla. V této normě přibylo také rozdělení na těžkou a lehkou svislou konstrukci. Hodnoty pro pasivní domy se ještě neuváděly. Norma definuje lehkou svislou konstrukci jako konstrukci s nízkou tepelnou setrvačností, která má plošnou hmotnost vrstev nižší než $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Tedy konstrukce s vyšší tepelnou setrvačností než je $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ jsou už považovány za těžké. Pro lehkou svislou konstrukci byla v normě požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U = 0,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu $U = 0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Hodnoty pro těžkou

svislou konstrukci byly $U = 0,38 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro požadovanou, resp. $U = 0,25 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Tyto hodnoty byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně).

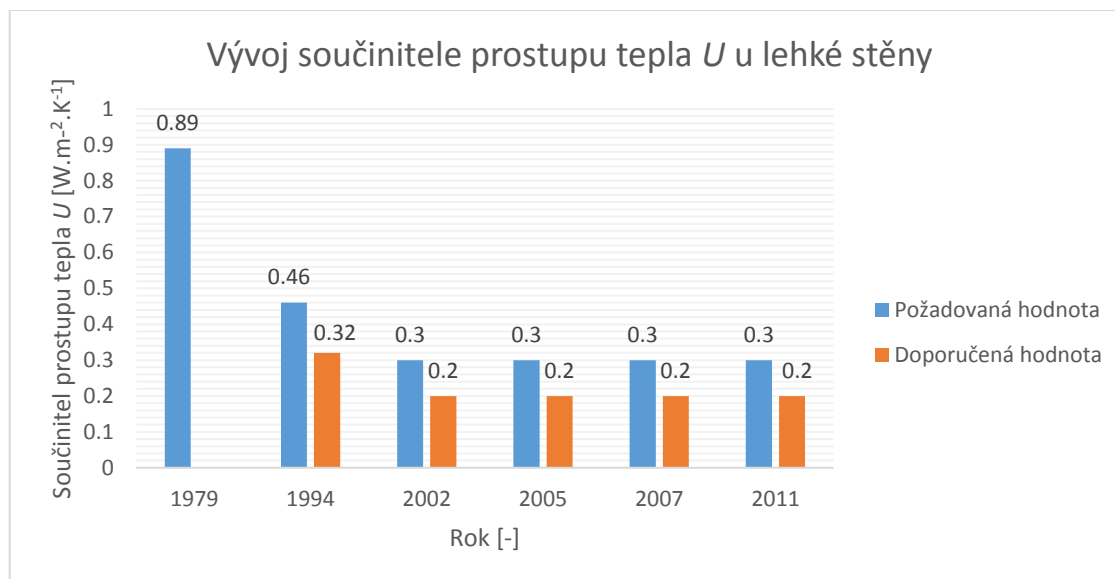
4. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2005. Rozdělení v normě je jak na doporučené, tak dovolené hodnoty jako rozdělení na svislou těžkou a lehkou konstrukci. Hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly. Pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C byla požadovaná hodnota vnější svislé lehké stěny $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Pro stejnou návrhovou vnitřní teplotu byla požadovaná hodnota pro vnější svislou těžkou stěnu $U = 0,38 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,25 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu.

5. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2007. První vydání, kde se objevila hodnota už pro pasivní domy, a to jak požadovaná, tak doporučená. A tyto hodnoty se ještě dělily u pasivních domů na lehkou a těžkou svislou konstrukci. Všechny hodnoty součinitele prostupu tepla byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně). Pro normální lehkou svislou konstrukci (tj. ne pro pasivní domy) byla požadovaná hodnota $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Normální těžká svislá konstrukce měla $U = 0,38 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro požadovanou, resp. $U = 0,25 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou. Pasivní domy měly tyto hodnoty mnohem přísnější, pro lehkou stěnu u pasivních domů byla požadovaná hodnota $U = 0,13 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 0,09 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Těžká stěna u pasivních domů měla $U = 0,17 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro požadovanou, resp. $U = 0,11 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu.

Nejaktuálnější vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2011. Rozdělení oproti normě vydané v roce 2007 bylo skoro stejné, pouze u pasivních domů ubyla požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla a zbyla tam jen doporučená. Také se u pasivních domů už nedělilo na těžké a svislé konstrukce a doporučená hodnota u pasivních domů byla v rozmezí $U = 0,18$ až $0,12 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Zajímavé je, že v normě je stejná požadovaná hodnota pro svislé konstrukce (ne pro pasivní domy) jak pro těžkou a lehkou stěnu, a to $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Norma uvádí doporučenou hodnotu pro lehké stěny $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,25 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro těžké stěny. Všechny požadované a doporučené hodnoty v tomto vydání byly pro stejnou návrhovou vnitřní teplotu jako v roce 2007.

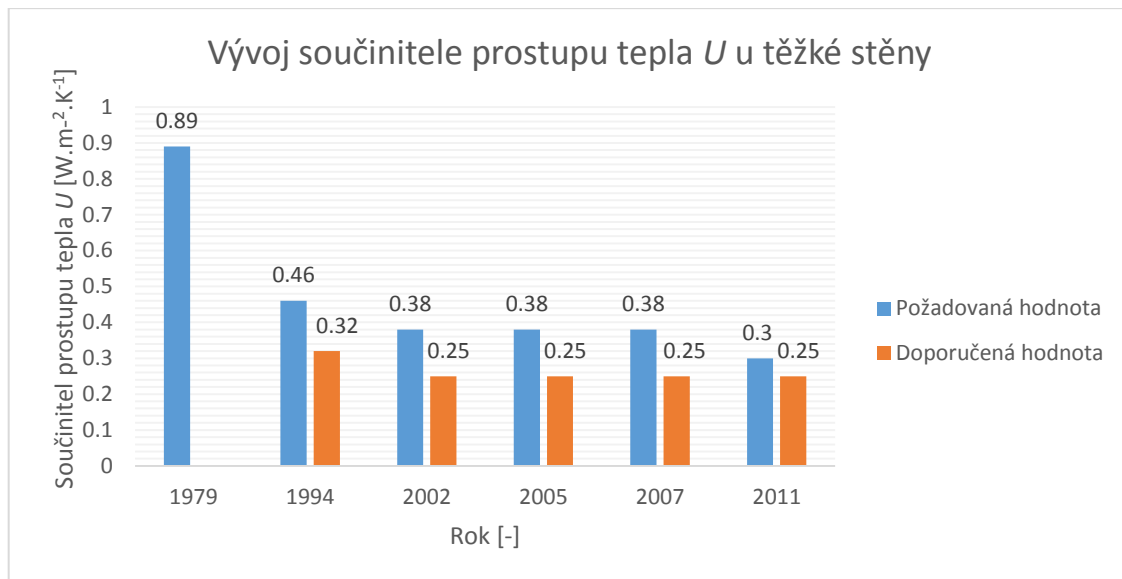
Z obrázku č. 1 je vidět, že požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla u lehké stěny zažila svůj největší skok z aktualizace na aktualizaci v roce 1994, kdy se její hodnota zmenšila o víc jak 48 % oproti hodnotě z roku 1979. V roce 2002 pak přišla další aktualizace

normy, doporučená hodnota se pak změnila o necelých 35 % oproti hodnotě z roku 1994 a o 66 % oproti první doporučené hodnotě z roku 1979. Po roce 2002 se požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla už nezměnila. Když se podíváme na obrázek č. 1 vidíme, že doporučená hodnota se zavedla u lehké stěny až v roce 1994. Ta pak zažila jen jedno zmenšení, a to hned následující aktualizaci a to o necelých 38 %. Pro další roky hodnota zůstala neměnná.



Obr. 1 Vývoj součinitele prostupu tepla U u lehké stěny

Když se podíváme na obrázek č. 2, který ukazuje požadované a doporučené hodnoty tentokrát ale u těžké stěny, tak vidíme u požadované hodnoty stejný skok z roku 1979 na 1994 jako u lehké stěny. V roce 2002 se zavedlo do normy už dělení na těžkou a lehkou stěnu a tady je vidět, že požadovaná hodnota je vyšší u těžké stěny než u lehké. Potom to další roky zůstalo neměnné, až se to v posledním vydání zmenšilo jen nepatrně. Doporučená hodnota z roku 1994 se změnila jen o necelých 22 % a další vydání zůstávala stejná.



Obr. 2 Vývoj součinitele prostupu tepla U u těžké stěny

2.3.2 Podlahová konstrukce na terénu

V 1. vydání normy ČSN 73 0540 byla také jako u vnější stěny uvedena jen hodnota tepelného odporu R , resp. hodnota nejmenšího dovoleného tepelného odporu R pro podlahovou konstrukci přilehlou k terénu. Ta v roce 1979 činila $R = 0,75 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$. Po převedení tepelného odporu R na součinitel prostupu tepla U podle vzorce (5) je hodnota součinitele prostupu tepla $U = 1,08 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. V tomto prvním vydání normy nebyly hodnoty rozděleny na doporučené či požadované, ale dělily se na hodnoty v závislosti na teplotě vnějšího vzduchu t_e . V normě byly uvedeny tři hodnoty teploty vnějšího vzduchu, a to $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-21 \text{ }^\circ\text{C}$. Já budu v další části bakalářské práce počítat s hodnotou tepelného odporu, resp. součinitele prostupu tepla pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$, proto hodnoty pro jiné teploty zde jen uvedu, ale nebudu je srovnávat na obrázcích níže. Pro hodnotu $t_e = -18 \text{ }^\circ\text{C}$ byla hodnota $R = 0,93 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,91 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a pro $t_e = -21 \text{ }^\circ\text{C}$ byla hodnota $R = 1,10 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,78 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Toto vydání se nezmiňuje o hodnotách stropních konstrukcí pro pasivní domy.

2. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 1994. Ani v tomto roce nebyly v normě uvedeny hodnoty pro pasivní domy. Pořád se neuváděl součinitel prostupu tepla U , ale tepelný odpor R . Oproti normě z roku 1979 tady přibýlo rozdělení tepelného odporu R na požadovanou a doporučenou hodnotu. V této normě byly tepelně technické vlastnosti podlahové konstrukce rozděleny podle vzorce $|t_i - t_e|$. Spočítáním podle vzorce (6) vyšla výpočtová vnitřní teplota $t_i = 19,37 \text{ }^\circ\text{C}$ a podle ČSN 06 0210 dle tabulky A.6 v téže normě

jsem vybral teplotu prostředí $t_e = 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Poté jsem vybral hodnoty pro interval $10 < |t_i - t_e| \leq 15$, ty činily $R = 0,80 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ pro požadovanou hodnotu, resp. $R = 1,20 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Po přepočtení podle vzorce (5) dostáváme hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 1,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,73 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. V tomto roce byla ještě v normě uvedena takzvaná přípustná hodnota $R = 0,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$, resp. $U = 1,49 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Ta platila ale jen pro rekonstrukce.

3. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2002. Je to první norma, kde se už neuváděla hodnota tepelného odporu R , ale jen součinitele prostupu tepla U pro podlahové konstrukce přilehlé k terénu. Od téhle normy se už hodnota tepelného odporu R neuváděla. Hodnoty pro pasivní domy se ještě neuváděly. Pro podlahovou konstrukci byla v normě požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U = 0,60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 0,40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Tyto hodnoty byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 $^\circ\text{C}$ (včetně).

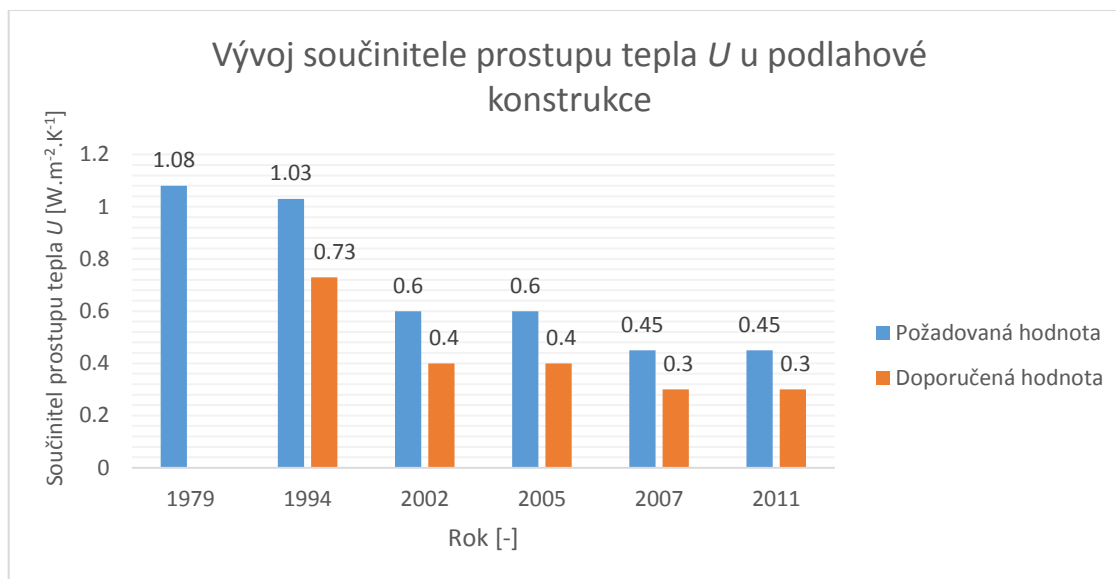
4. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2005. Rozdělení v normě je na doporučené a požadované hodnoty. Hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly. Pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 $^\circ\text{C}$ byla požadovaná hodnota podlahové konstrukce $U = 0,60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu.

5. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2007. První vydání, kde se objevila hodnota už pro pasivní domy, a to jak požadovaná, tak doporučená. Všechny hodnoty součinitele prostupu tepla byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 $^\circ\text{C}$ (včetně). Pro normální podlahovou konstrukci (tj. ne pro pasivní domy) byla požadovaná hodnota $U = 0,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu $U = 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Pasivní domy měly tyto hodnoty mnohem přísnější, pro konstrukci u pasivních domů byla požadovaná hodnota $U = 0,20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Nejaktuálnější vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2011. Rozdělení oproti normě vydané v roce 2007 bylo skoro stejné, akorát u pasivních domů ubyla požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla a zbyla tam jen doporučená. Doporučená hodnota u pasivních domů byla v rozmezí $U = 0,22$ až $0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. I v téhle aktualizaci je stejná požadovaná hodnota, a to $U = 0,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Všechny požadované a doporučené hodnoty v tomhle vydání byly pro stejnou návrhovou vnitřní teplotu jako v roce 2007.

Když se podíváme na obrázku č. 3 vidíme, že razantní změna přišla v roce 2002. To se požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla zmenšila o necelých 44 %. To byl

největší skok pro podlahovou konstrukci. Další roky se zmenšila o dalších 25 % oproti hodnotě z roku 2002, resp. 2005. Jako u jiných konstrukcí, doporučená hodnota se zavedla až v roce 1994. Ta prodělala další dva skoky. Z roku 1994 na rok 2002 se změnila o skoro polovinu, další skok byla změna o 25 % oproti hodnotě z roku 2002. Je vidět, že se kladl větší důraz na tepelné technické vlastnosti u vnější svislé stěny než u podlahové konstrukce přilehlé k zemině.



Obr. 3 Vývoj součinitele prostupu tepla U u podlahové konstrukce

2.3.3 Stropní konstrukce pod nevytápěným půdním prostorem

V 1. vydání normy ČSN 73 0540 byla také jako u vnější stěny uvedena jen hodnota tepelného odporu R , resp. hodnota nejmenšího dovoleného tepelného odporu R pro stropní konstrukci pod půdním prostorem. Ta v roce 1979 činila $R = 0,86 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$. Po převedení tepelného odporu R na součinitel prostupu tepla U podle vzorce (5) je hodnota součinitele prostupu tepla $U = 0,97 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. V tomto prvním vydání normy nebyly hodnoty rozděleny na doporučené či požadované, ale dělily se také na hodnoty v závislosti na venkovní výpočtové teplotě t_e . V normě byly uvedeny tři hodnoty teplot, a to $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-21 \text{ }^\circ\text{C}$. Já budu v další části bakalářské práce počítat s hodnotou tepelného odporu, resp. součinitele prostupu tepla pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$, proto hodnoty pro jiné teploty zde jen uvedu, ale nebudu je srovnávat na obrázcích níže. Pro hodnotu $t_e = -18 \text{ }^\circ\text{C}$ byla hodnota $R = 0,95 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, resp. $U = 0,89 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a pro hodnotu $t_e = -21 \text{ }^\circ\text{C}$ byla hodnota $R = 1,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, resp.

$U = 0,82 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Tato norma se nezmiňuje o hodnotách stropních konstrukcí pro pasivní domy.

2. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 1994. Ani v tomto roce nebyly v normě uvedeny hodnoty pro pasivní domy. Pořád se neuváděl součinitel prostupu tepla U , ale tepelný odpor R . Oproti normě z roku 1979 tady přibýlo rozdělení tepelného odporu R na požadovanou a doporučenou hodnotu. Požadovaná hodnota tepelného odporu pro stropní konstrukci pod nevytápěným půdním prostorem činila $R = 3,00 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$. Po přepočtení podle vzorce (5) dostáváme hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,315 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Doporučená hodnota činila $R = 4,35 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$, resp. $U = 0,22 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. V tomto roce byla ještě v normě uvedena takzvaná přípustná hodnota $R = 1,9 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$, resp. $U = 0,48 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Ta platila ale jen pro rekonstrukce.

3. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2002. Je to první norma, kde se už neuváděla hodnota tepelného odporu R , ale jen součinitele prostupu tepla U . Od téhle normy se už hodnota tepelného odporu R neuváděla. Hodnoty pro pasivní domy se ještě neuváděly. Pro těžkou stropní konstrukci byla v normě požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Tyto hodnoty byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně).

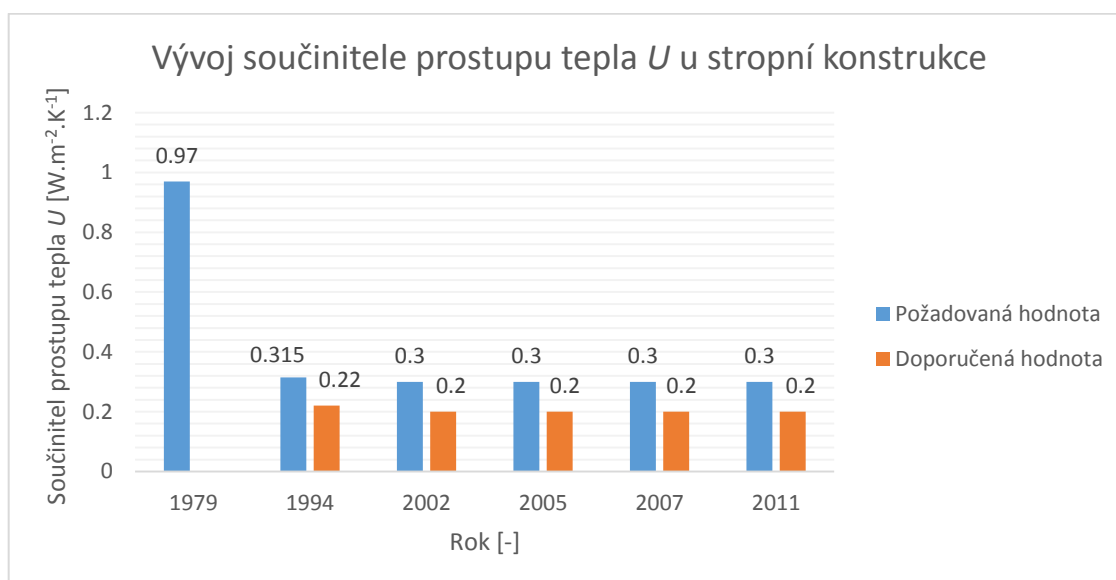
4. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2005. Rozdělení v normě je na doporučené a požadované hodnoty. Hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly. Pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C byla požadovaná hodnota stropní konstrukce pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu.

5. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2007. První vydání, kde se objevila hodnota už pro pasivní domy, a to jak požadovaná, tak doporučená. Všechny hodnoty součinitele prostupu tepla byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně). Pro normální stropní konstrukci (tj. ne pro pasivní domy) byla požadovaná hodnota $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Pasivní domy měly tyto hodnoty mnohem přísnější, pro stropní konstrukci u pasivních domů byla požadovaná hodnota $U = 0,13 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 0,09 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

Nejaktuálnější vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2011. Rozdělení oproti normě vydané v roce 2007 bylo skoro stejné, akorát u pasivních domů ubyla požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla a zbyla tam jen doporučená. Doporučená hodnota u pasivních domů byla v rozmezí $U = 0,15$ až $0,10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. I v téhle aktualizaci je stejná požadovaná hodnota, a to $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu.

Všechny požadované a doporučené hodnoty v tomto vydání byly pro stejnou návrhovou vnitřní teplotu jako v roce 2007.

Z obrázku č. 4 je patrné, že největší skok přišel z roku 1979 na rok 1994. Požadovaná hodnota se změnila skoro o 68 %. Na tomhle vidíme, že se kladl větší důraz na tepelné technické vlastnosti u stropní konstrukce více než u vnějších svislých zdí. To je zapříčeno tím, že teplo ve vytápěné místnosti stoupá vzhůru, a nezatepleným stropem uniká do okolí. Nezatepleným stropem může totiž unikat až 15 % tepla. S další aktualizací v roce 2002 se požadovaná hodnota změnila jen o pár procent a ustálila se na hodnotě $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$. Doporučená hodnota se změnila v roce 2002 o $U = 0,02 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$, což byla nepatrná změna a po další vydání normy se hodnota neměnila. [25]



Obr. 4 Vývoj součinitele prostupu tepla U u stropní konstrukce

2.3.4 Dveře

V 1. vydání normy ČSN 73 0540 byla už uvedena hodnota součinitele prostupu, a ne hodnota tepelného odporu R jako u ostatních konstrukcí. Ta v roce 1979 byla $U = 4,76 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$, a byla to nejvyšší dovolená hodnota. Pro dveře se v této normě nerozlišovaly hodnoty podle venkovní výpočtové teploty, ale byla tu jen jedna hodnota společná pro všechny teploty. V tomto prvním vydání normy nebyly hodnoty rozděleny na doporučené či požadované a také na hodnoty pro pasivní domy.

2. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 1994. Jako v prvním vydání normy, nezmiňovala se tu hodnota tepelného odporu R a hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly zavedeny. Zajímavé je, že hodnoty tady nebyly pořád rozděleny na požadované

a doporučené, jako to bylo u ostatních konstrukcí, a také tu nebyla žádná přípustná hodnota pro rekonstrukce. Hodnoty se v této normě pro dveře dělily dle rozdílu výpočtových teplot, tj. $|t_i - t_e|$. Spočítáním podle vzorce (6) vyšla vnitřní výpočtová teplota $t_i = 19,37 \text{ °C}$ a podle ČSN 06 0210 dle tabulky A.1 v téže normě jsem vybral teplotu prostředí $t_e = -12 \text{ °C}$ pro Plzeň. Poté jsem vybral hodnotu pro rozdíl teplot do 35 °C . Byla to požadovaná hodnota a ta činila $U = 2,90 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

3. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2002. První norma, kde přibýlo rozdělení na požadovanou a doporučenou hodnotu. Hodnoty pro pasivní domy se ještě neuváděly. Pro dveře byla v normě požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U = 1,80 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Tyto hodnoty byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně).

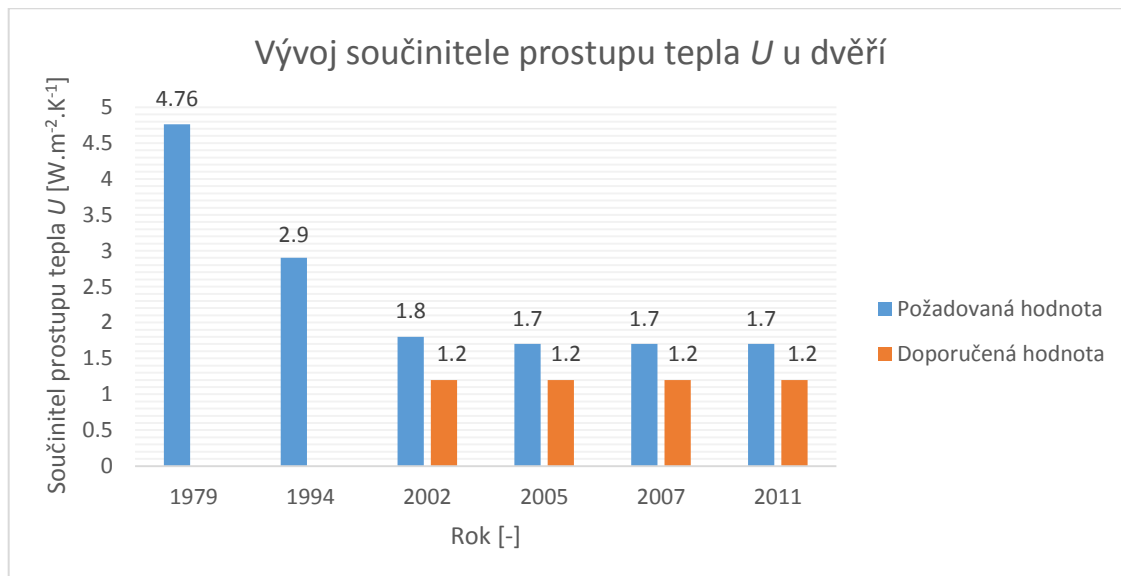
4. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2005. Rozdělení v normě je na doporučené a požadované hodnoty. Hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly. V téhle normě bylo rozdělení na nové a upravené dveře. Pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C byla požadovaná hodnota nových dveří $U = 1,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Pro upravené dveře byla doporučená hodnota stejná jako u nových dveří a požadovaná hodnota $U = 2,00 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

5. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2007. První vydání kde se objevila hodnota už pro pasivní domy, a to jak požadovaná, tak doporučená. Všechny hodnoty součinitele prostupu tepla byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně). Už se neuvádělo rozdělení na nové a upravené dveře. Pro normální dveře (ne pro pasivní domy) byla požadovaná hodnota $U = 1,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu stále $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Pasivní domy měly hodnoty dveří pro požadovanou $U = 0,75 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu $U = 0,50 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

Nejaktuálnější vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2011. Rozdělení oproti normě vydané v roce 2007 bylo skoro stejné, akorát u pasivních domů ubyla požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla a zbyla tam jen doporučená. Doporučená hodnota u pasivních domů pro dveře byla $U = 0,90 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. I v téhle aktualizaci je stejná požadovaná a doporučená hodnota dveří, a to $U = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro požadovanou, resp. $U = 0,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Všechny požadované a doporučené hodnoty v tomhle vydání byly pro stejnou návrhovou vnitřní teplotu jako v roce 2007.

Na obrázku č. 5 vidíme, že požadovaná hodnota se zmenšila z roku 1979 na rok 2011 o necelých 64 %. To je velké zpřísnění. Je to zapříčeno tím, že dveřmi a okny uniká nejvíce

tepla. Proto také často táhne vchodovými dveřmi. Řešení je jednoduché, pořídit si kvalitnější dveře s menším součinitelem prostupu tepla, či nějaké těsnění. Doporučená hodnota stanovená v roce 2002, se až do nynější doby nezměnila.



Obr. 5 Vývoj součinitele prostupu tepla U u dveří

2.3.5 Okna

V 1. vydání normy ČSN 73 0540 byla už uvedena hodnota součinitele prostupu, a ne hodnota tepelného odporu R jako u ostatních konstrukcí. Ta v roce 1979 byla $U = 3,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, a byla to nejvyšší dovolená hodnota. Pro okna se v této normě nerozlišovaly hodnoty podle venkovní výpočtové teploty, ale byla tu jen jedna hodnota společná pro všechny teploty. V tomto prvním vydání normy nebyly hodnoty rozděleny na doporučené či požadované a také na hodnoty pro pasivní domy.

2. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 1994. Jako v prvním vydání normy, nezmiňovala se tu hodnota tepelného odporu R a hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly zavedeny. Zajímavé je, že hodnoty tady nebyly pořád rozděleny na požadované a doporučené, jako to bylo u ostatních konstrukcí, a také tu nebyla žádná přípustná hodnota pro rekonstrukce. Hodnoty se v této normě pro okna dělily dle rozdílu výpočtových teplot, tj. $|t_i - t_e|$. Spočítáním podle vzorce (6) vyšla vnitřní výpočtová teplota $t_i = 19,37 \text{ °C}$ a dle ČSN 06 0210 dle tabulky A.1 v téže normě jsem vybral teplotu prostředí $t_e = -12 \text{ °C}$ pro Plzeň. Poté jsem vybral hodnotu pro rozdíl teplot do 35 °C . Byla to stejná požadovaná hodnota jako u dveří a činila $U = 2,90 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

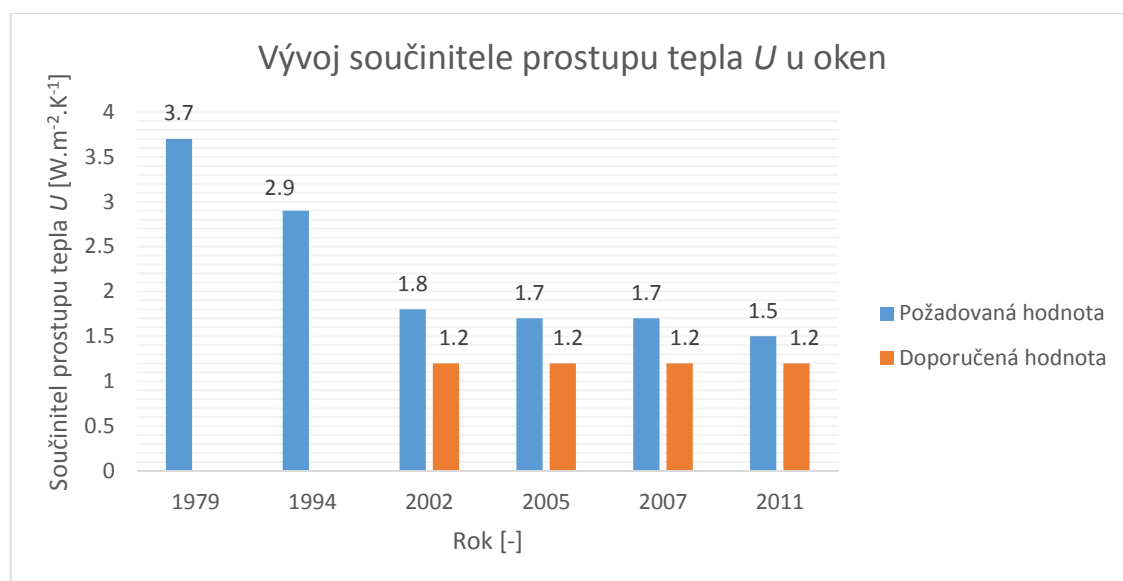
3. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2002. První norma, kde přibýlo rozdělení na požadovanou a doporučenou hodnotu. Hodnoty pro pasivní domy se ještě neuváděly. Pro dveře byla v normě požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U = 1,80 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Tyto hodnoty byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně).

4. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2005. Rozdělení v normě je na doporučené a požadované hodnoty. Hodnoty pro pasivní domy ještě nebyly. V téhle normě bylo rozdělení na nová a upravená okna. Pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C byla požadovaná hodnota nových oken $U = 1,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, resp. $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ pro doporučenou hodnotu. Pro upravená okna byla doporučená hodnota stejná jako u nových oken a požadovaná hodnota $U = 2,00 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

5. vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2007. První vydání, kde se objevila hodnota už pro pasivní domy, a to jak požadovaná, tak doporučená. Všechny hodnoty součinitele prostupu tepla byly pro vnitřní návrhovou teplotu 18 až 22 °C (včetně). Už se neuvádělo rozdělení na nová a upravená okna. Pro normální okna (ne pro pasivní domy) byla požadovaná hodnota $U = 1,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu stále $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Pasivní domy měly hodnoty oken pro požadovanou $U = 0,75 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a pro doporučenou hodnotu $U = 0,50 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

Nejaktuálnější vydání normy ČSN 73 0540 bylo v roce 2011. Rozdělení oproti normě vydané v roce 2007 bylo skoro stejné, akorát u pasivních domů ubyla požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla a zbyla tam jen doporučená. Doporučená hodnota u pasivních domů pro okna byla v rozmezí $U = 0,80$ až $0,60 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. V tomhle vydání se požadovaná hodnota změnila na $U = 1,50 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Doporučená hodnota zůstala stejná a to $U = 1,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Všechny požadované a doporučené hodnoty v tomhle vydání byly pro stejnou návrhovou vnitřní teplotu jako v roce 2007.

Z obrázku č. 6 vidíme největší skok požadované hodnoty z roku 1979 na rok 2011 o 59 %. Změna z roku 1979 na rok 1994 byla necelých 22 % a z roku 1994 na rok 2002 bylo zmenšení o necelých 38 %. Požadovaná hodnota je v roce 2011 menší u oken než u dveří, tím je vidět, že na okna se klade o trochu větší důraz než na dveře. Doporučené hodnoty se jako u dveří neměnily a zůstaly na stejné hodnotě.



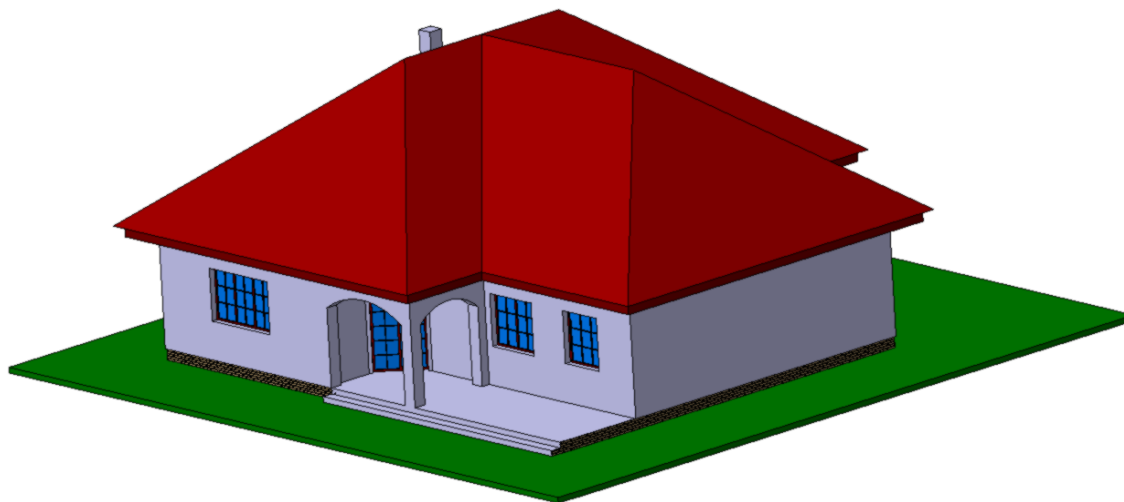
Obr. 6 Vývoj součinitele prostupu tepla U u oken

3 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu

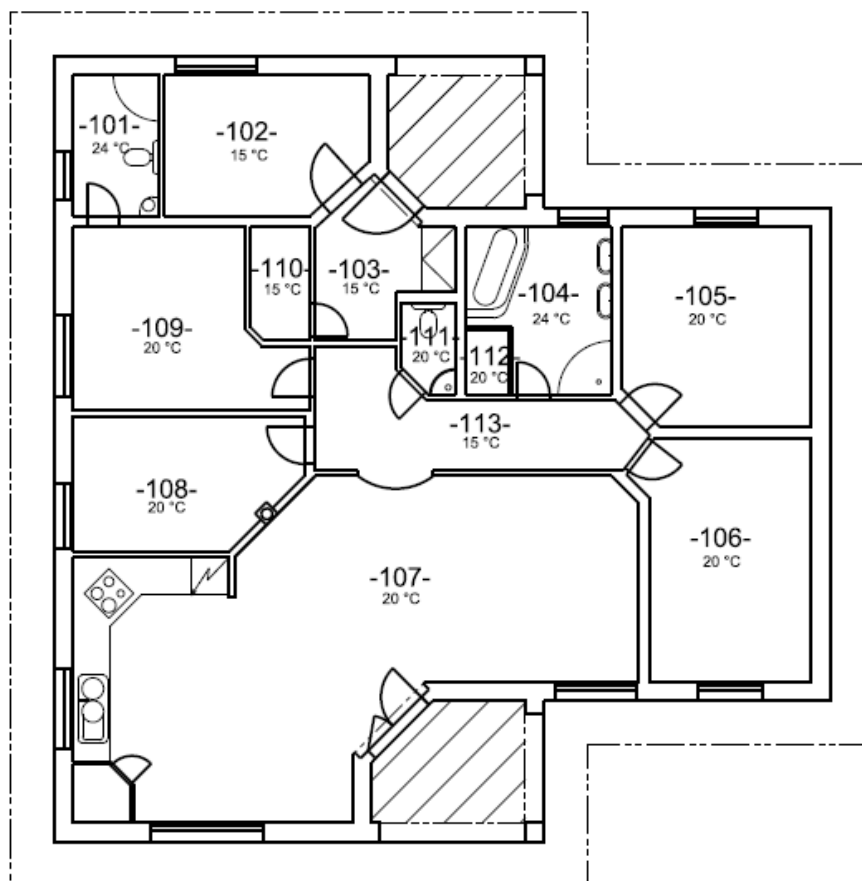
V této kapitole mé práce se budu zabývat výpočtem tepelných ztrát zadaného rodinného domu obálkovou metodou. Výpočet tepelných ztrát budu provádět podle normy ČSN 06 0210 z roku 1994. Historický vývoj tepelného odporu, resp. součinitele prostupu tepla u stavebních konstrukcí, který jsem zmapoval v kapitole 2 z normy ČSN 73 0540-2, pak aplikuji na výpočet tepelných ztrát. Tepelné ztráty budu počítat v různých časových obdobích od roku 1979 až po současnost pro požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla u jednotlivých stavebních konstrukcí.

3.1 Zadaný rodinný dům

Rodinný dům kde budu počítat tepelné ztráty, je jednopodlažní rodinný dům s valbovou střechou. Dům je možné vidět na obrázku č. 7. Rodinný dům se skládá ze 13 místností. Každá místnost má výšku 2,8 m. Výška vnější stěny činí 3,3 m. V domě se nachází jedny venkovní dveře o rozměrech 1,8 x 2 m a druhé o rozměrech 1,3 x 2 m. Dům má jedno okno o rozměrech 2,1 x 1,4 m, 4 okna o rozměrech 1,5 x 1,4 m, 3 okna o rozměrech 1,2 x 1,4 m a 2 okna o rozměrech 0,9 x 1,4 m. Dům nemá sklep a půdní prostor je neobývaný. Půdorys domu s jednotlivými místnostmi je na obrázku č. 8.



Obr. 7 Rodinný dům



Obr. 8 Půdorys rodinného domu s místnostmi

Tab. 1 Legenda k půdorysu rodinného domu s místnostmi

Číslo místnosti	Účel místnosti
101	Koupelna
102	Technická místnost
103	Chodba
104	Koupelna
105	Dětský pokoj
106	Dětský pokoj
107	Kuchyně
108	Pracovna
109	Ložnice
110	Šatna
111	Záchod
112	Úklidová komora
113	Chodba

3.2.1 Výpočet a návrh teplot u zadaného rodinného domu

Abychom mohli úspěšně vypočítat tepelné ztráty rodinného domu obálkovou metodou, budeme potřebovat tyto teploty:

- výpočtová venkovní teplota t_e ,
- výpočtová vnitřní teplota t_i ,
- teplota zeminy,
- teplota podstřešního prostoru.

Výpočtová venkovní teplota t_e

V normě jsou zavedeny tři venkovní výpočtové teploty, a to -12 °C , -15 °C a -18 °C . Jsou stanoveny na základě tabulky A.1 v normě ČSN 06 0210, a to dle místa a nadmořské výšky. Já uvažuji, že zadaný rodinný dům se nachází ve městě Plzeň. Pro Plzeň a zároveň nadmořskou výšku 311 m je venkovní výpočtová teplota $t_e = -12\text{ °C}$. Budu tedy počítat s touto teplotou.

Výpočtová vnitřní teplota t_i

Pro určení výpočtové vnitřní teploty zadaného objektu použiji vzorec:

$$t_i = \frac{\sum(V_k \cdot t_k)}{\sum V_k}, \quad (6)$$

kde

- V_k objem konkrétní místnosti [m^3],
 t_k vnitřní teplota konkrétní místnosti [°C].

Objem konkrétní místnosti stanovím dle vztahu:

$$V_k = S_k \cdot h, \quad (7)$$

kde

- S_k plocha konkrétní místnosti [m^2],
 h výška místnosti [m].

Hodnoty t_k jsou stanoveny na základě tabulky A.3 v normě ČSN 06 0210 a jsou uvedeny v příloze č.1. Výšku místnosti h ve všech místnostech uvažují $h = 2,8$ m. Hodnoty S_k byly odměřeny z půdorysu domu s jednotlivými místnostmi, který je na obrázku č. 8 a jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. 2 Hodnoty ploch konkrétních místností S_k

Číslo místnosti [-]	Plocha místnosti S_k [m^2]
101	4,16
102	9,33
103	5,31
104	7,20
105	12,74
106	13,70
107	48,23
108	9,77
109	12,36
110	2,25
111	1,58
112	0,96
113	9,36

Po vynásobení ploch konkrétních místností, tj. dle přepočtení dle vzorce (7) dostanu hodnoty objemů konkrétních místností. Výpočet je proveden v excelu přiloženém k bakalářské práci. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tab. 3 Hodnoty objemů konkrétních místností V_k

Číslo místnosti [-]	Objem místnosti V_k [m^3]
101	11,65
102	26,12
103	14,87
104	20,16
105	35,67
106	38,36
107	135,04
108	27,36
109	34,61
110	6,30
111	4,42
112	2,69
113	26,21

Po dosazení vnitřních výpočtových teplot místností t_k dle půdorysu na obrázku č. 8 a hodnot objemů konkrétních místností V_k dle tabulky č. 3 do vzorce (6) dostanu hodnotu vnitřní výpočtové teploty zadaného objektu $t_i = 19,37$ °C.

Teplota zeminy

Teplotu přilehlé zeminy ke stavební konstrukci určím dle tabulky A.6 v normě ČSN 06 0210. Ta se v tabulce stanovuje dle venkovní výpočtové teploty a také dle polohy přilehlé vrstvy zeminy. Pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -12$ °C a polohu přilehlé vrstvy zemi pod podlahou dostáváme teplotu +5 °C.

Teplota podstřešního prostoru

Jako u teploty zeminy, teplotu podstřešního prostoru určím dle normy ČSN 06 0210, ale dle tabulky A.2. Teplota se v tabulce určuje dle venkovní výpočtové teploty a také podle druhu nevytápěných místností. Pro venkovní výpočtovou teplotu $t_e = -12$ °C a půdu s těsnou krytinou bez tepelné izolace dostáváme teplotu -3 °C.

Pro přehled jsou všechny vypočtené či stanovené teploty z tabulek v normě ČSN 06 0210 uvedeny v tabulce č. 4.

Tab. 4 Teploty prostředí u rodinného domu

Teplota prostředí	Teplota [°C]
venkovní výpočtová teplota	- 12
vnitřní výpočtová teplota	+ 19,37
teplota zeminy	+ 5
teplota podstřešního prostoru	- 3

3.3 Výpočet celkové tepelné ztráty

Celková tepelná ztráta \dot{Q}_c [W] je definována jako součet tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním a tento součet je zmenšený o trvalý tepelný zisk. Celková tepelná ztráta je dána vztahem:

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z, \quad (8)$$

kde

- \dot{Q}_p tepelná ztráta prostupem tepla [W],
- \dot{Q}_v tepelná ztráta větráním [W],
- \dot{Q}_z trvalý tepelný zisk [W].

Trvalý tepelný zisk je zisk tepla od technologií vnitřních zdrojů (např. počítače, ventilátory, apod.). Protože v rodinném domě nemám větší množství těchto technologií, tak ho ve svém výpočtu nebudu už nadále uvažovat.

Nejdříve si vypočtu tepelnou ztrátu prostupem tepla a pak větráním.

3.3.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_p [W] se stanoví dle vztahu:

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3), \quad (9)$$

kde

- \dot{Q}_o základní tepelná ztráta prostupem tepla [W],
- p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-],

p_2 přírážka na urychlení zátopy [-],

p_3 přírážka na světovou stranu [-].

Základní tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_o

Základní tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_o [W] se stanovuje součtem všech tepelných toků prostupem tepla v ustáleném stavu jednotlivými konstrukcemi, které ohraničují vytápěnou místnost od vnějšího prostředí nebo do sousedních místností. Základní tepelná ztráta je dána vztahem:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_o &= U_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + U_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + \dots + U_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) \\ &= \sum_{j=1}^{j=n} U_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}), \end{aligned} \quad (10)$$

kde

$S_1, S_2 \dots S_n$ (S_j) ochlazovaná část stavební konstrukce [m^2],

$U_1, U_2 \dots U_n$ (U_j) součinitel prostupu tepla konstrukce [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$],

t_i výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$],

$t_{e1}, t_{e2} \dots t_{en}$ (t_{ej}) výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [$^{\circ}C$].

Plochy ochlazovaných konstrukcí byly odečteny z půdorysu pro obálkovou metodu na obrázku č. 9 a jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tab. 5 Plochy ochlazovaných částí stavební konstrukce

Ochlazovaná část stavební konstrukce [m^2]	Stavební konstrukce
163,65	Vnější svislá stěna
164,63	Podlaha
164,63	Strop
4,60	Dveře
18,90	Okna

Základní tepelná ztráta prostupem tepla v jednotlivých letech byla spočtena podle vzorce (10) v příloženém excelu a je uvedena v tabulce č. 6.

Tab. 6 Základní tepelná ztráta prostupem tepla v jednotlivých letech

Rok	Základní tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_o [W]	
	pro U požadované	pro U doporučené
1979	13577	-
1994	8096	6318
2002	5802	3851
2005	5728	3851
2007	5373	3614
2011	4844	3614

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1

Definice přirážky na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí po konzultaci s vedoucím práce zní, že se přirážka snaží zohlednit tu skutečnost, že vnitřní výpočtová teplota je vlastně výslednou teplotou a nikoli teplotou vzduchu a teplota vzduchu bude jiná v prostorách vytápěných sálavým nebo konvekčním způsobem narozdíl od výsledné teploty.

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 [-] závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla U_c [W.m⁻².K⁻¹] všech konstrukcí místností. Průměrný součinitel prostupu tepla je dán vztahem:

$$U_c = \frac{\dot{Q}_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)}, \quad (11)$$

kde

- \dot{Q}_o základní tepelná ztráta prostupem tepla [W],
- $\sum S$ celková plocha všech konstrukcí, které ohraničují vytápěnou místnost [m²],
- t_i výpočtová vnitřní teplota [°C],
- t_e výpočtová venkovní teplota [°C].

Přirážka na vyrovnání chladných konstrukcí se stanoví z koeficientu násobeném průměrným součinitel prostupu tepla, tedy:

$$p_1 = 0,15 \cdot U_c. \quad (12)$$

Po skloubení vztahů (11) a (12) obdržíme vztah (13):

$$p_1 = 0,15 \cdot \frac{\dot{Q}_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)}. \quad (13)$$

Celková plocha všech konstrukcí, které ohraničují vytápěnou místnost je 516,39 m². Přírážka na vyrovnání chladných konstrukcí v jednotlivých letech byla spočtena podle vzorce (13) v přiloženém excelu a její hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tab. 7 Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

Rok	Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 [–]	
	pro U požadované	pro U doporučené
1979	0,126	-
1994	0,075	0,059
2002	0,054	0,036
2005	0,053	0,036
2007	0,050	0,033
2011	0,045	0,033

Přírážka na urychlení zátoku p_2

S přírážkou na urychlení zátoku v bytové výstavbě, nemocnicích apod. se počítá jen když, ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Normálně se s přírážkou na urychlení zátoku nepočítá, protože při výpočtové venkovní teplotě t_e se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění. S přírážkou se například počítá u objektů se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o tepelném výkonu menším než 150 kW či u průmyslových závodů a administrativních budov, kde se již v zadání předpokládá přerušovaný provoz vytápění.

Při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin se počítá s přírážkou $p_2 = 0,10$. Když bude denní doba vytápění kratší než zmíněných 16 hodin počítáme přírážku podle normy ČSN 06 0220:1993.

Pro moje zadání rodinného domu nebudu přírážku na urychlení zátoku uvažovat.

Přirážka na světovou stranu p_3

O téhle přirážce rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. U více ochlazovaných konstrukcí rozhoduje poloha jejich společného rohu. U místností se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou, která je největší. Přirážka se stanoví dle tabulky A.8 uvedené v normě ČSN 06 0210.

Pro můj výpočet obálkovou metodou se přirážka na světovou stranu vyruší, protože součet přirážek na světovou stranu konstrukcí vyjde nulový. Proto jí nebudu uvažovat.

Po zohlednění výše uvedených vztahů dostáváme tepelné ztráty prostupem tepla v jednotlivých letech, které byly spočteny v příloženém excelu a jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tab. 8 Tepelné ztráty prostupem tepla

Rok	Tepelná ztráta prostupem tepla $Q_p[W]$	
	pro U požadované	pro U doporučené
1979	15 288	-
1994	8703	6691
2002	6115	3990
2005	6032	3990
2007	5642	3733
2011	5062	3733

3.2.2 Výpočet tepelné ztráty větráním

Pro dobrou tepelnou pohodu lidí a i z hygienických důvodů je nutné větrat. Vzduch v rodinném domě by se vždy měl vyměnit za nějaký čas. Ztráty větráním mohou být způsobeny větráním o nějaké intenzitě výměny vzduchu n_h či infiltrací. Infiltrace je pronikání studeného vzduchu netěsnostmi mezi okenním křídlem a rámem a únikem teplého vzduchu horní částí oken. Aby byl co nejpřesnější výpočet celkových tepelných ztrát rodinného domu, tak nebudu uvažovat tepelnou ztrátu infiltrací. Tepelné ztráty pak nebudou záležet na kvalitě oken a budou přesnější.

Tepelné ztráta prostoru větráním

Tepelná ztráta prostoru větráním \dot{Q}_v [W] je dána vztahem:

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \dot{V}_v \cdot (t_i - t_e), \quad (14)$$

kde

- \dot{V}_v objemový tok větracího vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
- t_i výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$],
- t_e výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$],
- 1300 objemová tepelná kapacita vzduchu c_p [$\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$] při teplotě 0 $^{\circ}\text{C}$.

Stanovení \dot{V}_v

Podle normy ČSN 06 0210 se za \dot{V}_v dosadí větší z hodnot \dot{V}_{vP} a \dot{V}_{vH} . Kde \dot{V}_{vP} je objemový tok větracího vzduchu při infiltraci a \dot{V}_{vH} je objemový tok větracího vzduchu, který je dán intenzitou výměny n_h .

Objemový průtok \dot{V}_{vP} se je dán vztahem:

$$\dot{V}_{vP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M, \quad (15)$$

kde

- i_{LV} součinitel spárové provzdušnosti [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{0,67}$],
- L délka spáry [m],
- B charakteristické číslo budovy [$\text{Pa}^{0,67}$],
- M charakteristické číslo místnosti [-].

Hodnoty součinitele spárové provzdušnosti oken a venkovních dveří jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-3. Celková délka spáry se stanovuje z rozměrů otevíratelných oken a dveří. Charakteristické číslo budovy se snaží zmapovat vliv větru na infiltraci a závisí na rychlosti větru, která se volí podle polohy budovy vzhledem ke krajině a na druhu budovy. Polohy rozlišujeme chráněné, nechráněné a velmi nepříznivé, zatímco druhy budovy se rozlišují jako řadové a osaměle stojící. Hodnoty charakteristického čísla budovy a místnosti jsou uvedeny v tabulkách A.4 a A.5 v normě ČSN 06 0210.

Vzorec pro objemový průtok infiltrací zde byl uveden jen pro celkový ilustraci. Já ho pro výpočet nebudu kvůli přesnosti uvažovat.

Objemový průtok \dot{V}_{vH} se je dán vztahem:

$$\dot{V}_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m, \quad (16)$$

kde

n_h intenzita výměny vzduchu [h^{-1}],

V_m vnitřní objem prostoru [m^3].

Pro zadaný rodinný dům jsem zvolil $n_h = 0,5 h^{-1}$. To je požadovaná hodnota pro obytné místnosti obytných budov. Vnitřní objem prostoru je spočítán součtem všech místností v domě a činí $383,46 m^3$.

Po skloubení vztahů (14) a (16) dostáváme vztah:

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \cdot (t_i - t_e). \quad (17)$$

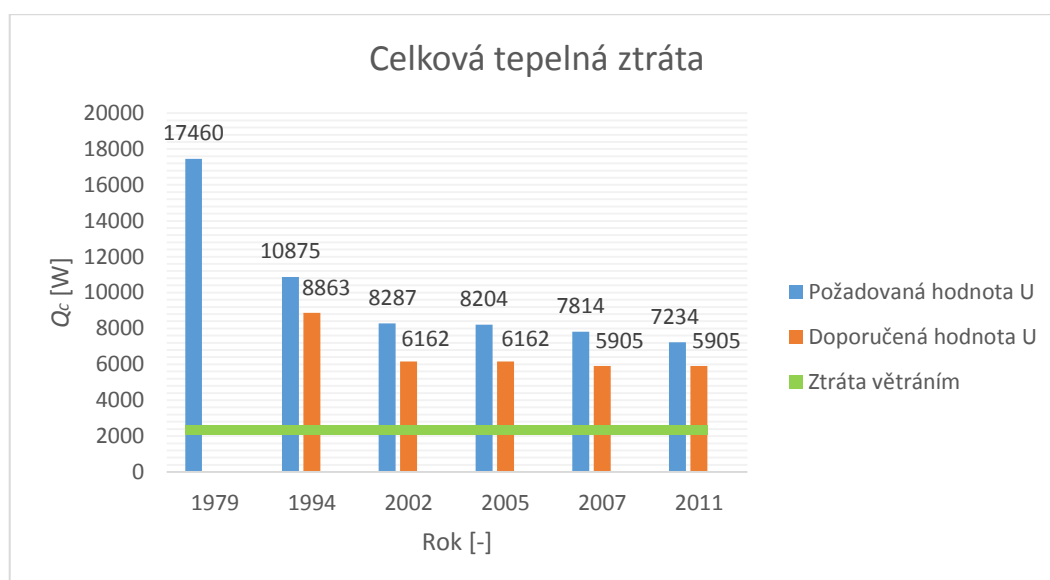
Tepelná ztráta větráním je pro všechny roky stejná a činí 2172 W po dosazení do vzorce (17).

3.4 Celková tepelná ztráta zadaného rodinného domu

Celková tepelná ztráta domu se vypočte dle vztahu (8). Hodnoty celkové tepelné ztráty spočítané pomocí excelu v jednotlivých rocích jsou uvedeny v tabulce č. 9 a na obrázku č. 10.

Tab. 9 Celková tepelná ztráta zadaného rodinného domu

Rok	Celková tepelná ztráta \dot{Q}_c [W]	
	pro U požadované	pro U doporučené
1979	17 460	-
1994	10 875	8863
2002	8287	6162
2005	8204	6162
2007	7814	5905
2011	7234	5905



Obr. 10 Celková tepelná ztráta zadaného rodinného domu

Na obrázku č. 10 je uvedena i tepelná ztráta větráním. Jak vidíme, pro všechny roky byla hodnota stejná. Doporučená hodnota udělala výraznější skok z roku 1994 na 2002 a to o 30 %. Další roky se měnila už jen minimálně, a poslední dvě období zůstala na stejné hodnotě. Zato požadovaná hodnota udělala razantnější skoky. Z roku 1979 se zmenšila o 37 %, hned potom se zmenšila o dalších 24 %. Další roky se z aktualizace na aktualizaci také měnila, ale hodnota zůstávala podobná, a skok nebyl tak velký. Celková ztráta se z roku 1979 na rok 2011 zmenšila o necelých 59 %. To je velká úspora energie i peněz v řádů tisíců Kč. Přesně z tohoto důvodu se vyplatí investovat do zateplení, jednak se šetří naše peněženka, a také životní prostředí. Druhy zateplení a izolačních materiálů jsou uvedeny v další kapitole.

4 Zateplovací systémy

4.1 Proč zateplovat?

Zateplování budov se provádí za účelem zlepšení fyzického stavu budov, odstranění chyb, které jsou způsobeny vlivem špatné údržby a snahy dosáhnout technických parametrů, které jsou požadovány v dnešní době na stavebních konstrukcích a budovách. Zateplování budov nám přináší různé výhody, mezi ty nejčastější patří:

- **snížení spotřeby energie, a tím i nákladů na vytápění:** Pravděpodobně je to nejčastější příčina zateplování. Snižování spotřeby energie je požadavkem, který souvisí s rozvojem společnosti a vytrácením přírodních zdrojů paliv a energií. Zvyšující se ceny energií nutí lidi ke snížení tepelných ztrát při vytápění a tím i snížení výdajů. Ke snížování tepelných ztrát dochází zlepšováním vlastností jako zvyšováním tepelného odporu R a snižováním součinitele prostupu tepla U .
- **eliminování hygienických nedostatků a zatékání:** Zateplením konstrukce se posouvá bod mrazu (0 °C) většinou do izolace, a tím se na vnitřních stěnách nesráží vodní pára. Díky tomu se sníží nebo úplně vyloučí vznik plísní.
- **snížení teplotního namáhání konstrukcí:** Díky změně teploty vzduchu prostředí, které obklopuje budovu, vznikají objemové změny a posuny, které způsobují pnutí konstrukce a dodatečné silové účinky v materiálech. Tyto změny mohou způsobit trhliny v materiálu. Obvodové konstrukce (stěny budovy) jsou namáhány teplotním rozdílem vnějšího a vnitřního vzduchu. Teplotní rozdíl se mění v průběhu dne a roku. Účinkem zateplení se sníží teplota na povrchu konstrukce (tj. v místě, kde se stýká zateplení a konstrukce) a tím i teplotní rozdíl. [2]
- **zlepšení tepelné pohody lidí uvnitř budov:** Díky správnému zateplení nekolísá teplota uvnitř budovy nějak výrazně a to má vliv na tepelnou pohodu. Tepelná pohoda je pocit člověka, který se cítí příjemně, a je spokojen, tj. není mu zima ani horko. [8]
- **zvýšení tepelné setrvačnosti budov a zpomalení chladnutí místností při vytápěcích přestávkách**
- **prevence koroze výztuže ve stycích a panelech**
- **prodloužení životnosti budovy**
- **zlepšení vzhledu budovy [2]**

4.2 Druhy tepelných izolací

Jednou z hlavních složek zateplovacího systému je tepelná izolace. Je dodávána výrobcem ve formě desek - tzv. fasádní tepelně izolační desky. Fasádní tepelně izolační desky jsou výrobcem charakterizovány dle materiálových vlastností, tvarovanými okraji desek, charakterem povrchu a výjimečně i způsobem jejich výroby. [4]

U izolačních desek sledujeme tyto vlastnosti:

- součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]: Je to nejdůležitější vlastnost, kterou sledujeme. Čím je jeho velikost nižší, tak tím je vyšší i účinnost tepelné izolace.
- difúzní faktor μ [-]: Udává propustnost vodní páry materiálem.
- pevnost
- objemová hmotnost
- hořlavost
- cena
- zpracovatelnost
- toxicita
- tepelná stabilita

Vlastnosti izolačních materiálů jsou dány jednak druhem materiálu, ale existují i menší odchylky u různých výrobců. [5]

V současné době se tloušťky tepelných izolací v zateplovacím systému vybírají v rozsahu 80 až 120 mm. S narůstajícími ceny energií bude lepší tyto tloušťky navrhovat v rozsahu 100 až 160 mm, pro nízkoenergetické domy ještě větší. Zvětšení tloušťky tepelné izolace v uvedeném rozsahu je rychle návratná investice - návratnost činí 4 až 6 let. [4]

Tepelně izolační vlastnosti zhoršují v zateplovacím systému hlavně přípeňovací prvky, které prostupují napříč tepelnou izolací - to jak kotvící prostředky systému (hmožděnky, lišty), tak přípeňování různých prvků na fasádu. V místě, kde je větší počet těchto přípeňovacích prvků, se snižuje izolační schopnost zateplení konstrukce. Jestliže je vliv těchto prvků na prostup tepla nižší jak $0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, tak se může zanedbat. Je-li vyšší, tak musíme považovat izolační desku za nehomogenní a je potřeba stanovit tepelně izolační vlastnosti konstrukce s přihlédnutím vlivu těchto tepelných mostů. Dalším důvodem ke zhoršení tepelně izolačních vlastností může být šterková a lepicí hmota vtlačena zdola či shora do spár mezi desky tepelné izolace a do míst, kde došlo k porušení desek.

Pokud takto vzniknou tepelné mosty, je třeba zohlednit tuto technologickou nezáležitost při stanovení návrhových izolačních vlastností konstrukce se zateplením. [4]

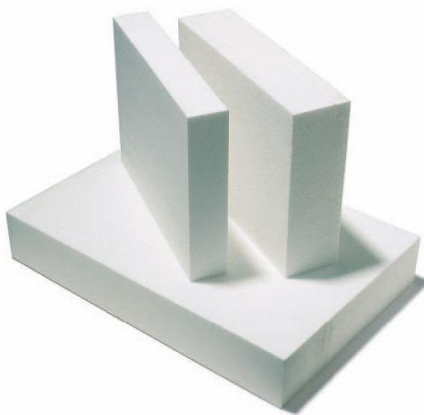
V ČR se používají zejména tyto tepelně izolační materiály:

- extrudovaný polystyren
- pěnový polystyren
- minerální vlna
- pěnový polyuretan
- pěnové sklo
- celulóza
- pěnový polyetylén
- perlit
- desky z dřevité vlny a cementu
- keramzit
- ovčí vlna [5]

4.2.1 Pěnový polystyren EPS

Pěnový neboli expandovaný polystyren EPS (obrázek č. 11) je jeden z nejrozšířenějších a nejdostupnějších tepelně izolačních materiálů. Je známý hlavně díky své ceně. Vyrábí se dvěma způsoby. První způsob je vypěňování do forem. Takto vyrobený pěnový polystyren má uzavřenou buněčnou strukturu, a kvůli tomu je málo nasáklý. Druhým způsobem vznikne pěnový polystyren řezaný z bloků. Oproti pěnovému polystyrenu vyrobenému vypěňováním je tento materiál méně pevný a často i levnější. Jeho zajímavou vlastností je smršťování do původního nenapěněného stavu. Tato změna je závislá na teplotě a době, která uplynula od jeho výroby. Tento proces se po několika týdnech zastaví. [5]

Při jeho aplikaci je nutné eliminovat jeho zatížení působením organických rozpouštědel, včetně i difúze jejich par (např. nátěry). Pěnový polystyren je třeba chránit před déletrvajícím a přímým působením UV záření. Dlouhodobá teplotní odolnost je od 85 °C do 90 °C. Je nevhodné používat velmi tmavé povrchy zateplovacích systémů vzhledem ke zvýšenému teplotnímu namáhání EPS. [4]



Obr. 11 Pěnový polystyren EPS [11]

4.2.2 Extrudovaný polystyren XPS

Extrudovaný neboli vytlačovaný polystyren XPS (obrázek č. 12) má lepší mechanické vlastnosti než pěnový polystyren. Výhodou oproti pěnovému je praktická nenasákavost a nižší tepelná vodivost. Díky tomu je dražší než pěnový polystyren. Oproti pěnovému polystyrenu se pozná tak, že se při rozlomení nedrolí na kuličky, ale má stejnorodou strukturu vzduchových bublinek jako například molitan. Při jeho aplikaci musí být na paměti, že u XPS dochází k větším objemovým změnám než u EPS. Proto je vhodné používat izolační desky XPS v menších plochách. XPS se uplatní při zateplování míst s vlhkostí, jako jsou konstrukce pod terénem, okenní ostění, sokly teras, balkonů a lodžii. Díky lepším izolačním vlastnostem tohoto materiálu, můžeme aplikovat tento materiál v menších tloušťkách oproti EPS. To je výhodné zejména při zateplování míst s nedostatkem prostoru. Omezení kdy použít a nepoužít XPS jsou stejná jako u EPS. [4, 5]



Obr. 12 Extrudovaný polystyren XPS [12]

4.2.3 Minerální vlna MW

Minerální vlna MW (obrázek č. 13) je vedle pěnového polystyrenu jeden z nejrozšířenějších tepelně izolačních materiálů. Vyrábí se tavením různých hornin na slabá vlákna a posléze lisováním do příslušných výrobků. Jako prvotní surovina pro tavení se využívá čedič nebo křemen a další sklotvorné příměsi (např. skelná vlna). [5]

Tepelně izolační vlastnosti minerální vlny MW jsou podobné polystyrenovým izolacím. Mají vyšší cenu kvůli dobrým požárně technickým a akustickým vlastnostem. Vzhledem k tomu jsou vhodné pro zateplení konstrukcí s vysokými požárně technickými nároky, vyšších domů či požárních únikových cest. Kontaktní zateplovací systémy, které jsou složeny z minerální vlny nejsou vhodné do vlhkého prostředí. [4]



Obr. 13 Minerální vlna MW [15]

4.2.4 Pěnový polyuretan

Pěnový polyuretan (obrázek č. 14) se používá buď ve formě měkké polyuretanové pěny (molitanu) nebo tvrdé polyuretanové pěny (PUR). Ve stavebnictví se používá téměř tvrdá polyuretanová pěna PUR. Objemová hmotnost se obvykle pohybuje v rozmezí 35 až 120 kg.m⁻³. Snáší teploty od -50 °C do +130 °C. Materiál je odolný vůči kyselinám, většině rozpouštědům a louhům. Pěnový polyuretan není za dobře s UV zářením, a proto ho musíme před tímto zářením chránit. [5]



Obr. 14 Pěnový polyuretan [19]

4.2.5 Pěnové sklo

Pěnové sklo (obrázek č. 15) vzniká napěněním skloviny pomocí práškového uhlí. Díky tomu, že má tento materiál póry uzavřené, získává tím vlastnosti jako vodotěsnost a parotěsnost. Materiál je nehořlavý. Snáší teploty od $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+430\text{ }^{\circ}\text{C}$. Objemová hmotnost se pohybuje v rozmezí 120 až $180\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Materiál není elastický, proto se využívá jako izolace zatížených podlah, bazénů, saun, střech i komínů. [5]



Obr. 15 Pěnové sklo [9]

4.2.6 Celulóza

Celulóza (obrázek č. 16) se vyrábí z papíru. Při její výrobě je třeba dbát na to, aby nebyla porušena buňčitá vlákna. Při jejich porušení má hmota větší objemovou hmotnost a tím i menší izolační účinek. Snáší teploty od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výhodou celulózy je nízká cena a i vysoká nasákavost. [5]



Obr. 16 Celulóza [14]

4.2.7 Pěnový polyetylén

Pěnový polyetylén (obrázek č. 17) je relativně drahý. Hlavní výhodou tohoto izolantu spočívá v tom, že je ohebný a nenasákavý. Díky tomu se používá jako tepelná izolace potrubí, nebo i v slabých tloušťkách (do 2 mm) jako pružná podložka pod plovoucí podlahy. Snáší teploty od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. [5]



Obr. 17 Pěnový polyetylén [18]

4.2.8 Ovčí vlna

Ovčí vlna (obrázek č. 18) je poměrně nový zejména ekologický materiál. Výroba spočívá, že se ovčí vlna chemicky ošetří, a pak se kolmo všívá do nosné tkaniny. Jeho výhodou je snadné pohlcování a udržování vzdušné vlhkosti. Používá se například jako tepelná izolace u ekologických dřevostaveb. [5]



Obr. 18 Ovčí vlna [17]

4.3 Dělení zateplovacích systémů

Zateplovací systém je komplex řešení, který má výrobce vytvořen pro zateplení budovy. Je to tedy celek, který je ekvivalentem stavebního výrobku. Proto musí podle zákona jeho výrobce splňovat jak požadavky na bezpečnost výrobku, tak povinnosti při uvádění stanoveného výrobku na trh a při jeho používání. Zateplovací systémy se dělí na :

- **kontaktní zateplovací systémy**
- **bezkontaktní zateplovací systémy** [4, 29]

4.3.1 Kontaktní zateplovací systémy

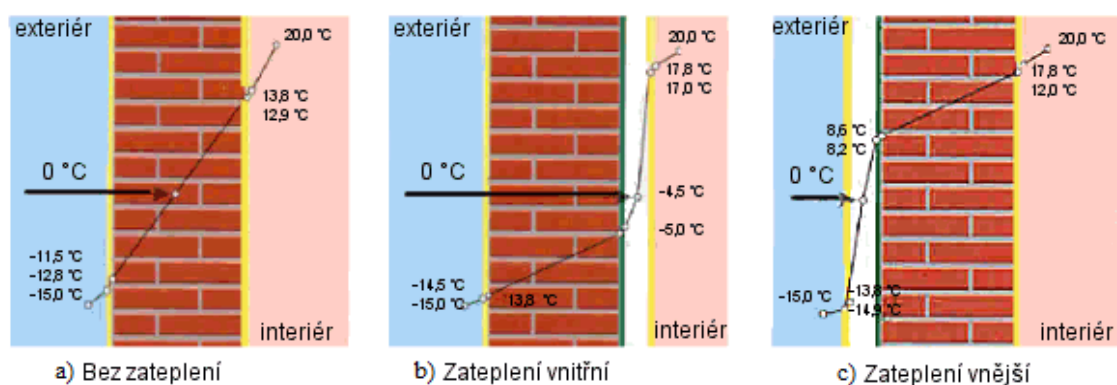
Kontaktní zateplovací systémy patří v jisté míře k nejlevnějším zateplovacím systémům. Jde o zateplovací systém bez vzduchové mezery, kdy je tepelná izolace nalepena a ukotvena na zdivu a přes ní jsou nanášeny další vrstvy zakončené vnější omítkou. [30]

K výhodám patří menší tepelné mosty kotvícími prvky, nižší cena a menší tloušťka při zachování stejných tepelně izolačních vlastností. [24]

Kontaktní zateplovací systém se ve většině případů dává na vnější stranu konstrukce, tj. na stranu, která je v zimním období chladnější. Na vnitřní stranu konstrukce se téměř

nedává. Má to svůj důvod. Zateplením konstrukce se změni průběh teplot uvnitř konstrukce, tj. ve zdivu eventuelně v izolantu. Na obrázku č. 19 je vidět průběh teplot uvnitř konstrukce.

Nulová teplota je u konstrukce bez zateplení v zimním období zhruba uprostřed konstrukce (obrázek 19a). Naproti tomu se nulová teplota u vnitřního zateplení posouvá až na rozhraní mezi původní konstrukcí a izolační materiál (obrázek č. 19b). To má za následek výrazné podchlazování původní konstrukce v zimním období a nadměrné přehřívání původní konstrukce v letním období. Tyto rozdílné teploty se mohou pak snadno v místech tepelných mostů přenášet na vnitřní povrch. Díky snížení povrchových teplot v těchto místech pod teplotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je přítomna kondenzace vodní páry ze vzduchu na vnitřním povrchu konstrukce. To jen přispívá ke vzniku plísní. Naproti tomu u vnějšího zateplení, je tepelná izolace před původní konstrukcí a tím ji chrání před teplotními výkyvy. Nulová teplota je v tomto případě uvnitř tepelného izolantu (obrázek č. 19c). Teplota původní konstrukce má teplotu skoro stejnou jako je teplota vnitřního prostředí. Díky tomu se původní konstrukce nepřehřívá ani neprochlazuje. [4, 23]



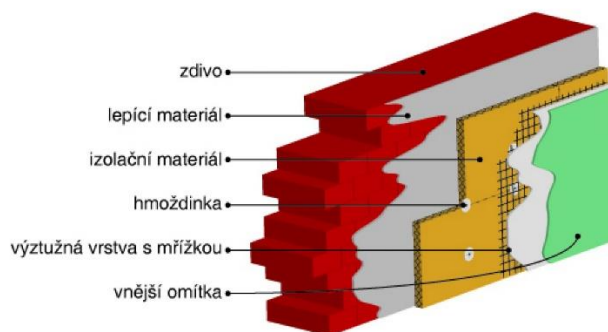
Obr. 19 Zateplení obvodové konstrukce [22]

Kontaktní zateplovací systém můžeme rozdělit podle způsobu zateplení na:

- **vnější**
- **vnitřní:** Kvůli jeho nevýhodám, a tomu, že se moc často nevyužívá, ho nezmíním.

Vnější kontaktní zateplovací systém - ETICS

Kontaktním zateplovací systém (obrázek č. 20), u kterého je vnější zateplení, se nazývá VKZS, tedy vnější kontaktní zateplovací systém a v Evropské unii je zavedená zkratka ETICS (External thermal insulation composite systems). [4]



Obr. 20 Řez kontaktního zateplovacího systému [30]

Vnější kontaktní zateplovací systém se skládá z:

- spojovací vrstvy
- tepelnoizolační vrstvy
- výztužné vrstvy s výztužnou mřížkou
- povrchové vrstvy [2]

Přípevnění k podkladu

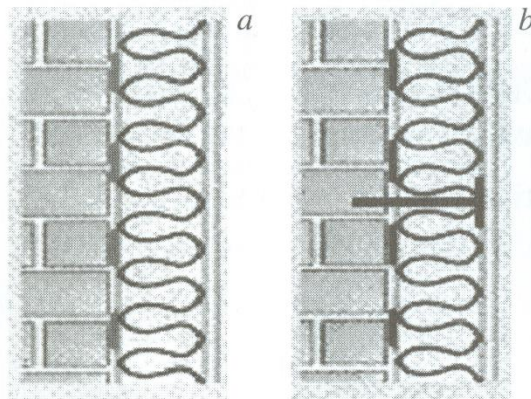
VKZS je na konstrukci vystaven různým druhům zatížení (např. vlastní hmotnosti, účinkami větru, ...). Je proto nutné ho připevnit ke stavebnímu pokladu tak, aby byla zajištěna bezpečnost a mechanická stabilita a byly vyloučeny poruchy.

Vnější kontaktní zateplovací systém se připevňuje:

- lepením (obrázek č. 21a)
- lepením a hmoždinkami (obrázek č. 21b)
- kotvicími lištami současně s bodovým lepením
- kotvicími lištami současně s bodovým lepením a hmoždinkami

Použití nějakého způsobu připevnění je dáno hlavně stavem podkladu, výškou a polohou budovy. Připevnění ovlivňuje také druh tepelné izolace. Například zateplovací systém,

který je založen na izolačních deskách z minerální vlny s podélnou orientací vláken vždy vyžaduje, aby byl mechanicky připevněn hmoždinkami.



Obr. 21 Příklady připevnění [4]

Lepící hmota

K připevnění tepelné izolace k podkladu (zdivu) a k zajištění její polohy slouží lepicí hmoty. Podle materiálu tmelu se rozlišují tyto druhy lepicích hmot:

- disperzní lepicí hmota k doplnění cementem s pojivem na bázi vodních disperzí látek, do které se před zpracováním přidá určité množství cementu
- disperzní lepicí hmota k přímému použití s pojivem na bázi vodních disperzí látek
- suchá lepicí hmota v práškové formě s pojivem na bázi cementu, která se před použitím rozmíchá s určitým množstvím vody

Nejčastěji se používá lepicí hmota v práškové formě s pojivem na bázi cementu. Její výhodou je lepší tepelná izolace na nerovných podkladech.

Mechanické kotvící prostředky

Slouží k mechanickému připevnění tepelné izolace k podkladu. Jsou to hmoždinky a kotvící lišty.

Hmoždinky mohou doplnit lepení, nebo mohou zajistit připevnění při současném lepení. Hmoždinka se většinou skládá z těla hmoždinky rozšířeného do talíře, a z rozpěrného šroubu nebo rozpěrného trnu. U nastřelovacích hmoždinek proniká do podkladu pouze kovová jehla. Kovové rozpěrné šrouby a trny musí mít na konci zajištěnou izolaci vznikajícího tepelného mostu (např. čepička z tepelně nevodivých materiálů).

Podle druhu rozpěrného prvku se rozlišují tyto základní druhy hmoždinek:

- talířová hmoždinka s kovovým rozpěrným trnem
- talířová hmoždinka s plastovým rozpěrným trnem (obrázek č. 22)
- talířová hmoždinka s kovovým šroubem (obrázek č. 23)

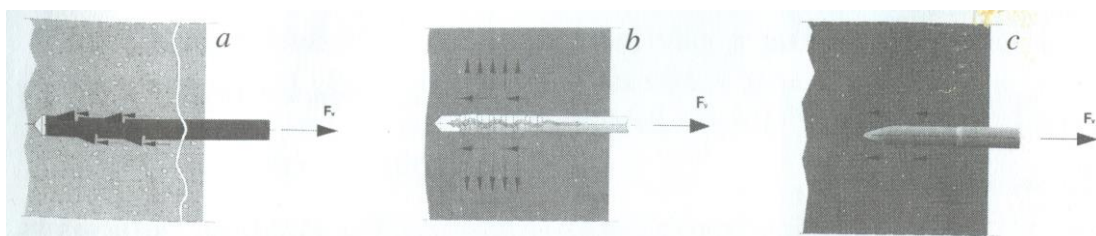


Obr. 22 Talířová hmoždinka s plastovým rozpěrným trnem [13]



Obr. 23 Talířová hmoždinka s kovovým šroubem [10]

Hmoždinky se podle podkladu zakotvují hlavně pomocí tvarového (obrázek č. 24a), třecího (obrázek č. 24b) a nebo materiálového spoje (obrázek č. 24c).

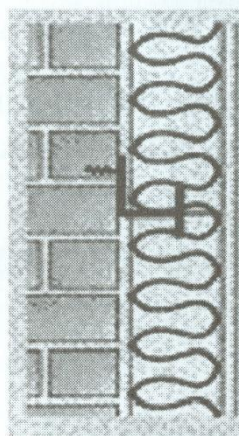


Obr. 24 Druhy spojů [4]

V případě třecího spoje rozšiřuje šroub nebo trn kotevní část hmoždinky, a tím ji přitlačuje ke stěnám předem vyvrtávaného otvoru. Tvarový spoj pomáhá vytvářet výčnělky z kotevní části pouzdra hmoždinky. Při zasouvání hmoždinky do předem

vyvrtného otvoru se výčnělky sklopí do pouzdra hmoždinky a působením trnu nebo šroubu se zatlačí do materiálu podkladu. Materiálový spoj vzniká při nastřelování. Ocelová jehla jako součást hmoždinky je energií vražena do podkladu. Při prudkém zaražení se povrch jehly spojí s materiálem stavebního podkladu. Způsob zakotvení je dán materiálem stavebního podkladu. Například pro pórovité materiály se používá tvarový spoj. Do hutných materiálů se většinou navrhuje třecí spoj či materiálový spoj. Do dutých materiálů zase třecí spoj.

Dalším z mechanicky kotvicích prvků jsou kotvicí lišty, ty se připevňují k podkladu plastovými hmoždinkami s kovovým rozpěrným trnem. Připevněné lišty vytvoří kolejničky, do nichž se zasune deska tepelná izolace, která je po svém obvodu opatřena drážkou (obrázek č. 25).



Obr. 25 Připevnění pomocí kotvicích lišt [4]

Návrh hmoždinek zejména závisí na:

- materiálu a struktuře podkladu
- požadované požární bezpečnosti (například jsou rozdílené požadavky při různých výškách poloh požárních úseků)
- druhu tepelné izolace

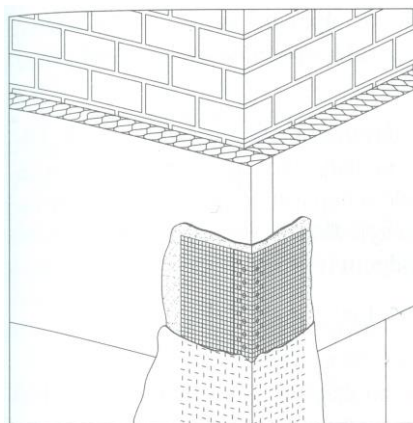
Výztužná vrstva

Výztužná vrstva má zásadní vliv na zajištění mechanických vlastností, stability a životnosti zateplovacího systému. Nanáší se přímo na povrch tepelnoizolačního materiálu. Tvoří ji jedna vrstva (obvykle prováděná dvakrát) nebo více vrstev stěrkové hmoty,

z nichž aspoň jedna obsahuje vyztužení. Vyztužení se v místech zvýšeného namáhání zesiluje a musí být po celé ploše zateplení.

Stěrková hmota zajišťuje spolupůsobení mezi povrchovou úpravou, vyztužením a tepelnou izolací. V některých případech může být stěrková hmota totožná s lepící hmotou.

Vyztužení zlepšuje mechanické vlastnosti vnějších vrstev kontaktního zateplovacího systému. Většinou je tvoří síťovina ze skelných vláken, která je chráněná proti působení alkalického prostředí. Je-li třeba, pak se vyztužení místně zesiluje zdvojením síťoviny hlavně v nároží obvodových stěn. Například zdvojující síťovina může být součástí rohových lišt (obrázek č. 26).



Obr. 26 Ztužení nároží rohovou lištou s nakaširovanou síťovinou [4]

Síťovinu má chránit stěrková hmota, jak ze strany povrchové úpravy, tak i tepelné izolace. Nejmenší tloušťka krytí síťoviny je většinou 1 mm a v oblasti překryvání jednotlivých pásů 0,5 mm. S dodržением tloušťky krytí vyztužení musí být dodrženo celkové tloušťky výztužné vrstvy podle výrobce.

Povrchová úprava

Povrchová úprava má především dvě funkce:

- **ochrannou:** Chrání ostatní složky zateplovacího systému a tím i obvodový plášť budovy proti působení povětrnostních vlivů.
- **dekorativní:** Podílí se na vnějším vzhledu budovu (barevnost, struktura).

Vlastnosti charakteristické pro povrchové úpravy jsou:

- odolnost proti působení mrazu a vody
- odolnost proti působení teplotních změn
- propustnost pro vodní páru
- odolnost proti rázu
- šíření plamene po povrchu

Jak už bylo zmíněno, pro povrchovou úpravu je důležité spolupůsobení s ostatními složkami zateplovacího systému. Například při mechanickém poškození rázem je velikost poškození výhradně závislá nejen na odolnosti omítky, ale i na odolnosti výztužné vrstvy.

Druhy povrchových úprav

Hlavní dvě skupiny povrchových úprav jsou omítky a obklady. V některých případech se na omítku nanáší nátěr jako konečná vrstva.

Nejčastěji používané povrchové úpravy jsou omítky. Ty se můžou dělit podle objemové hmotnosti, tloušťky, struktury atd. Hlavní je, ale jejich rozdělení podle použitých pojivových složek.

Omítky dělíme na:

- **disperzní:** Hlavní pojivovou složku tvoří disperze syntetického polymeru ve vodě, tvořící při zasychání film. Přednostmi jsou pružnost, vodotěsnost a množství barevných odstínů.
- **silikátové:** Převažujícím pojivem je anorganické draselné vodní sklo. Přednostmi jsou odolnost proti zašpinění, propustnost pro vodní páru a minimální obsah organických látek.
- **silikonové a silikon-disperzní:** Pojivem v těchto omítkách je kombinace disperze syntetického polymeru ve vodě a emulze silikonové pryskyřice. Přednostmi jsou odolnost proti zašpinění, propustnost pro vodní páru a vodotěsnost.
- **minerální:** Pojivem u této omítky je cement a vápenný hydrát. Přednostmi jsou odolnost proti zašpinění, propustnost pro vodní páru a minimální obsah organických látek.

Podle dosažené struktury se omítky dělí na:

- **rýhované:** Mají přímý nebo točený směr rýh (obrázek č. 27).
- **roztírané:** Většinou mají viditelnou strukturu, která je určena zrnitostí kameniva a způsobem nanášení (obrázek č. 28).



Obr. 27 Struktura rýhované omítky [26]



Obr. 28 Struktura roztírané omítky [26]

Dost často se ještě na omítku aplikuje nátěr, který zajišťuje barevnost povrchu. Díky nátěru bude mít omítka zvýšenou odolnost proti vodě a také chrání povrch proti výtvarům sprejerů. Je vhodné používat nátěry s dobrou propustností pro vodní páru. Nejčastěji používané nátěry jsou silikonové a silikon-disperzní.

Pro kontaktní zateplovací systémy je zapotřebí, vždy použít obkladové prvky. Nejčastěji se používají:

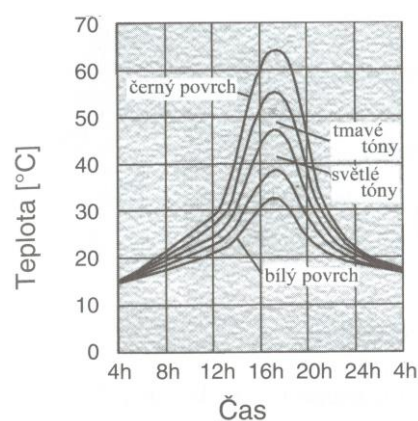
- **imitice obkladu** (materiál je podobný disperzní omítce)
- **keramické obkládačky a pásy**

Jeden z možných druhů obkladů (cihlový) je na obrázku č. 29.



Obr. 29 Příklady obkladů [16]

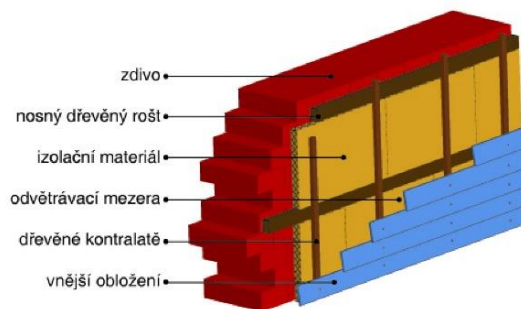
U omítek je důležité zohledňovat barvu omítky, resp. její barevný tón. Barevný tón by měl být zvolen tak, aby nedocházelo k nadměrnému přehřívání vnějších vrstev zateplovacího systému. Nedoporučují se tmavé tóny, kvůli zahřívání vnějšího souvrství (obrázek č. 30). V průběhu životnosti zateplovacího systému pak kvůli přehřívání dochází k větším dilatačním pohybům vrstev systému, a to může způsobit vznik trhlinek. Z podobných důvodů se nedoporučuje ostrý ohraničený přechod z tmavého do světlého barevného tónu a naopak. Činitel světelného odrazu charakterizuje světlost barevných odstínů. Ten by měl být vyšší než je hodnota stanovená výrobcem zateplovacího systému. U tenkovrstvých omítek se požaduje hodnota světelného odrazu minimálně 0,30. To znamená, že z dopadajícího množství světla se odrazí 30 %. [4]



Obr. 30 Vliv barevného tónu na teplotu fasády [4]

4.3.2 Bezkontaktní zateplovací systémy

Znak, který charakterizuje bezkontaktní zateplovací systémy (tzv. odvětrávané fasády) je volný prostor mezi nosnou konstrukcí s izolačním materiálem a pohledové fasádní vrstvy. Tím vzniká vzduchová mezera, která odvádí vlhkost mimo konstrukci budovy. Odvětrávané fasády jsou vhodné jako dodatečné zateplení budov s vyšší vnitřní vlhkostí. Jako tepelná izolace se nejčastěji používá polyuretan nebo ovčí vlna. Na obklady můžou být použity desky z dřevotřísek, betonu nebo keramiky. [30]



Obr. 31 Řez odvětrávané fasády [30]

Princip

Při realizaci odvětrávaných fasád vždy začínáme roštem. Nosný rošt by měl být součástí všech systémů odvětrávaných fasád. Nosný rošt se montuje na stěny objektu dvěma způsoby, buď vodorovně, a nebo svisle. Rošt může být z dřevěných latí (montovaných přes sebe křížem) nebo z hliníkových profilů. Do připraveného a namontovaného roštu se pak vkládá tepelná izolace, třeba minerální vata, která má malý difúzní odpor, aby vlhkost mohla skrz tuhle izolace procházet pryč od stěny. [20]

Obklad fasády se nedotýká tepelné izolace, ale je zde vzduchová mezera, která je velká minimálně 40 mm. Tloušťka této mezery se řídí výškou budovy a velikostmi horních a dolních otvorů, které větrají. Tyto větrací otvory jsou zakryty mřížkou proti hmyzu, myším atd. a umožňují vodní páře utéci do exteriéru. Materiál obkladu fasády má mnoho variant. Vedle estetické funkce má i funkci ochrannou, jak už bylo zmíněno u kontaktních zateplovacích systémů. [6]

4.3.2 Rozdíly mezi kontaktním a bezkontaktním zateplením

Jak už bylo zmíněno, máme dva druhy zateplovacích systémů - kontaktní (tzv. ETICS) a bezkontaktní (tzv. odvětrávané fasády).

Z hlediska tepelných mostů se nám lépe jeví kontaktní zateplovací systém. Při správném postupu a instalaci systému eliminujeme vznik tepelných mostů na rozdíl od bezkontaktních, které jsou na to náchylnější. U kontaktních systémů používáme menší tloušťku tepelně izolačního materiálu v porovnání s bezkontaktními systémy. Celkově jsou tedy kontaktní systémy finančně efektivnější než bezkontaktní. Kontaktní zateplení samozřejmě nemá jen přednosti, ale i nedostatky. Kontaktní zateplení má vyšší difúzní odpor, kvůli tomu je omezený přístup vodních par. Je to náročnější na kvalitu provedení a použité materiály. Při instalaci jsme omezeni klimatickými podmínkami. Musíme dávat pozor na nižší odolnost proti mechanickému poškození. Zato bezkontaktní zateplení má především hlavní výhody v možnosti instalace i za mrazu. Je to vhodnější na budovy, které se potýkají s vyšší vlhkostí. Má dobrou omyvatelnost a dlouhou životnost. Tyto přednosti a nedostatky, které byly zmíněny a další jsou v následujících dvou tabulkách. [30]

Tab. 10 Kontaktní zateplovací systémy [30]

Přednosti	Nedostatky
Eliminace tepelných mostů	Náročné na kvalitu provedení a materiály
Zlepšení akumulární schopnosti stěn	Vyšší difúzní odpor
Menší tloušťka izolace	Omezení klimatickými podmínkami
Snadná údržba a opravitelnost	Nižší odolnost proti mechanickému poškození
Technologicky nenáročné	Složitější u členitých pláštů
Cena	

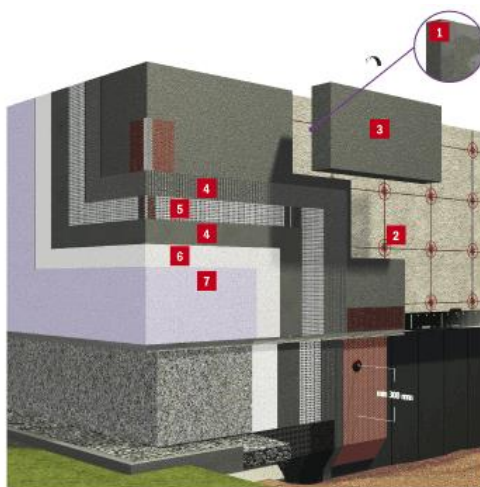
Tab. 11 Bezkontaktní zateplovací systémy [30]

Přednosti	Nedostatky
Použití na budovy s vyšší vlhkostí	Náchylnější na tepelné mosty
Instalace za nepříznivých klim.podmínek (mráz)	Cena
Omyvatelnost	Větší tloušťka izolace
Životnost	Složitější u členitých pláštů
Možná demontáž či výměna poškozené části	

4.3.4 Příklady zateplovacích systémů od výrobců

Pro kontaktní zateplovací systém

Jako příklad pro kontaktní zateplení jsem vybral zateplovací systém od výrobce Baumit, který má obchodní označení Baumit Star (obrázek č. 32). Tento systém je zvláštní v tom, že dosáhneme dokonalého zateplení bez hmoždinek pro novostavby z pálených a vápenopískových cihel do maximální výšky 8 m s dvěma nadzemními podlažími a do tloušťky izolantu (polystyrenu) 200 mm.



Obr. 32 Skladba zateplovacího systému Baumit Star [28]

Legenda k systému Baumit Star:

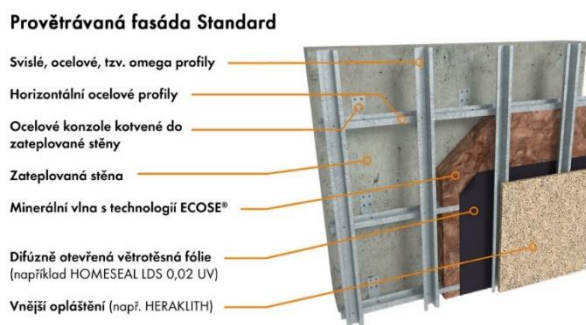
1. Lepící hmota - Baumit StarContact
2. Kotevní prvky - Hmoždinky
3. Izolační desky - Baumit StarTherm
4. Základní vrstva - BaumitStarContatc
5. Sklotextilní síťovina - Baumit StarTex
6. Základní nátěr - Baumit UniPrimer
7. Povrchová úprava - Baumit SilikonTop

Jako první je použita lepící hmota Baumit StarContact, ta je na bázi cementu určená především k lepení a stěrkování izolačních desek. Tu pak využívají i jako základní vrstvu pro další operace. Jako fasádní izolační deska je použit produkt Baumit StarTherm. To jsou šedé stabilizované desky z polystyrenu. Součinitel tepelné vodivosti uvádí výrobce menší jak $0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Základní nátěr Baumit UniPrimer je použit k vyrovnání nasákavosti

podkladu a zajištění přilnavosti nanášených povrchových vrstev. Omítka byla použita Baumit SilikonTop. Ta je z materiálu na bázi silikonu a je dobře paropropustná a vysoce vodoodpudivá. [28]

Pro bezkontaktní zateplovací systém

Jako příklad pro bezkontaktní zateplovací systém jsem vybral zateplovací systém od výrobce Knauf Insulation, který má obchodní označení Standard (obrázek č. 33). Postup je následující, nejdříve se přišroubují svislé ocelové profily na zdivo. Potom se mezi ně dá tepelný izolant. V tomto systému je minerální vlna. Na to se dá otevřená větotěsná fólie. Potom na to přijdou horizontální ocelové profily a jako finální povrch se použijí obkladové desky Heraklith, které mají vysokou mechanickou odolnost a dobře tlumí hluk. Projektová cena konstrukce je od 289 Kč za m² bez DPH. [21]

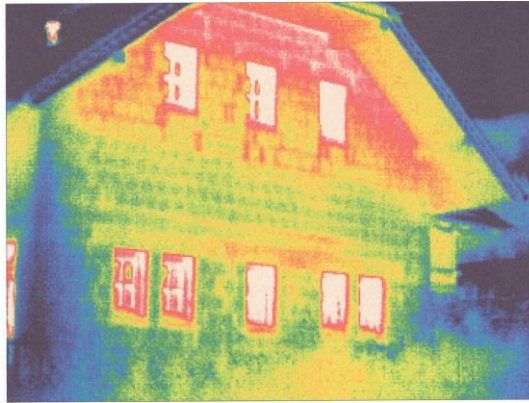


Obr. 33 Odvětrávaná fasáda Standard [21]

4.4 Nežádoucí jev u zateplování

Tepelný most

Tepelný most je místo, kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Tímto místem pak uniká více tepelné energie. V interiéru má místo chladnější povrch a v exteriéru teplejší povrch než konstrukce v okolí. To můžeme vidět na následujícím obrázku. Tento typ obrázku se nazývá termogram. Termogram (obrázek č. 34) je infračervený snímek, který je výstupem z termokamery. Na obrázku jsou vidět tepelné mosty nad okny. [1, 5]



Obr. 34 Termogram rodinného domu [5]

Proč vlastně vadí tepelný most? Tepelný most vadí ze dvou důvodů. Prvním je hygiena. V současnosti, kdy se snažíme o co největší úspory energií, tak tím omezujeme větrání jen na hygienickou výměnu vzduchu, někdy i skoro vůbec. Díky tomu je vzduch v jednotlivých místnostech vlhčí a dochází ke kondenzaci vodní páry na chladnějších površích, tj. v interiéru, kde jsou místa tepelných mostů. Výsledným efektem je pak růst plísní. Druhým důvodem jsou samozřejmě tepelné ztráty konstrukcí. [5]

Na vznik tepelných mostů má vliv i způsob zateplení u kontaktního zateplovacího systému. Zatímco správné vnější zateplení umožňuje provedení souvislé izolační obálky konstrukce s vyloučením tepelných mostů, tak u vnitřního zateplení je to naopak. Navazující konstrukce způsobují skoro vždy tepelné mosty podél ukončení vnitřního zateplení - je zde těžké dodržet zásadu izolační obálky konstrukce. Vedením tepla navazujícími konstrukcemi kolem boků izolace se zmenší povrchová tepla na teplotu skoro stejnou jako je nižší teplota pod tepelnou izolací. Díky tomu vzniká na hraně s navazující konstrukcí riziko kondenzace vodní páry. Při vnitřním zateplení je charakteristické, že zateplená plocha konstrukce je bez vad, ale navazující konstrukce jsou chyceny porostem plísní.

Tepelnými mosty se také stávají kovové předměty, které jsou zapuštěné do vnitřní tepelné izolace, jako jsou například nadokenní nosiče záclon, úchyty pro obrazy a připevnění různých polic. Narušením měkké vnitřní tepelné izolace také dojde ke vzniku tepelných mostů. Nachází se v tom drážky pro instalační rozvody. K narušení může dojít také úpravou elektrické instalace. [4]

4.5 Doporučení

Volbu zateplovacího systému či tepelné izolace ovlivňuje hodně faktorů. Bez určitých vstupních dat se nedá tedy říci, která tepelná izolace či systém je lepší. Tepelnou izolaci můžeme také poskládat z různých materiálů a z různých tloušťek. Obecně se pro nízkoenergetické či pasivní domy používají větší tloušťky tepelných izolací než u normálních domů.

Dejme si příklad, máme starší dům bez izolace, který se potýká s vlhkostí. Bude tedy lepší zvolit pro zateplení bezkontaktní zateplovací systém, tzv. odvětrávanou fasádu. To je vhodné proto, že vzduchová mezera odvede vlhkost mimo konstrukci. Jako tepelný izolant můžeme zvolit třeba extrudovaný polystyren. Tato izolace se díky nenasákavosti výborně hodí do vlhkého prostředí.

Další příklad, máme dům, který chceme, aby byl nízkoenergetický. Dům se nepotýká se zvýšenou vlhkostí. Nechceme používat co nejdražší řešení. Pro tento případ bych tedy zvolil levnější variantu a to kontaktní zateplovací systém. Tloušťku izolace bych zvolil kolem 0,5 m, a skládala by se třeba z levnější izolace jako pěnový polystyren, a na polystyrenu by byla ještě minerální vlna. Díky této kombinaci bychom získali řešení, které bude mít požární a akustické vlastnosti, a zároveň nebude úplně nejdražší.

5 Závěr

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo zmapování vývoje požadavků na tepelný odpor R , resp. součinitel prostupu tepla U . Mapoval jsem veličiny, které charakterizují kolik tepla unikne konstrukci. Přičemž součinitel přestupu tepla U chceme co nejmenší. Čím je menší, tím jsou i menší ztráty. Tento cíl jsem pojal tak, že jsem začal vývojem legislativy na našem území. Zjistil jsem, že první norma byla ČSN 1450, ta položila základy požadavků pro základní konstrukce v roce 1949. Pak následovaly normy jako ČSN 73 0020, ČSN 06 0210 a ČSN 73 0540. Přičemž ČSN 73 0540 se pak od roku 1994 rozdělila na 4 části, a tato norma a rozdělení platí až do teď. S touto normou jsem pak dále pracoval u výpočtu tepelných ztrát rodinného domu. Norma začala poprvé platit v roce 1979 a od té doby prodělala řadu změn. Vydání neboli aktualizace této normy byla v letech 1979, 1994, 2002, 2005, 2007 a v roce 2011 vyšla zatím poslední aktualizace. Jak se měnil tepelný odpor R , resp. součinitel prostupu tepla U v jednotlivých letech jsem poté z této normy přehledně zpracoval do grafů. Z grafů je patrné, že největší zpříšňování nároků na stavební konstrukce, resp. zmenšování součinitele prostupu tepla U u jednotlivých stavebních konstrukcí bylo ve vydání, které vyšlo v roce 1994. Další roky se také zpříšňovalo, ale už to nebyly takové skoky jako tento. Ať starší nebo nejaktuálnější vydání obsahuje plno stavebních konstrukcí, a já z nich vybral jen ty které budu potřebovat v další kapitole mé bakalářské práce. Stavební konstrukce, které jsem vybral, byly vnější svislá stěna, podlaha, stropní konstrukce, dveře a okna. Nejmenší změny prodělala podlahová konstrukce. Naproti tomu největší změny prodělala vnější svislá stěna a okna. Co nejmenší požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla je u vnější svislé stěny a stropní konstrukce.

Dalším z cílů této práce bylo aplikování tohoto vývoje na výpočet tepelných ztrát rodinného domu. Výpočet jsem prováděl podle normy ČSN 06 0210 pomocí obálkové metody. Nejdříve, než jsem mohl přejít k výpočtu tepelných ztrát, jsem si musel vypočítat či stanovit z této normy jednotlivé teploty. Zadaný rodinný dům jsem uvažoval, že se nachází v Plzni, že je jednopodlažní, nemá sklep a půdní prostor byl neobývaný. Postupoval jsem podle metodiky ČSN 06 0210, a po výpočtu mi vyšlo že v roce pro požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla byla celková tepelná ztráta 17 460 W, zato v roce 2011 už jen 7234 W. To je pokles ztráty o necelých 59 %. To už je velká úspora peněz i životního prostředí. Tepelné ztráty představují největší položku u domácností, proto platí, že pokud chceme ušetřit peníze za vytápění je dobré začít u zateplení.

Poslední cíl této bakalářské práce bylo popsání druhů zateplovacích systémů a materiály, které se používají pro zateplení. Zateplení přináší řadu výhod, a ne jen snížení výdajů či zlepšení tepelné pohody lidí uvnitř domácnosti. V této kapitole jsem popisoval tepelné izolace, které se nejčastěji používají na našem území, jako např. extrudovaný polystyren, pěnový polystyren a minerální vlna. Zmínil jsem dva druhy zateplovacích systémů a to kontaktní a bezkontaktní. Popsal jsem o co se jedná, jaké mají výhody a nevýhody. Kontaktní zateplovací systém je sice levnější a rozšířenější, ale pro budovy se zvýšenou vlhkostí se hodí více bezkontaktní zateplovací systém, kde je vzduchová mezera, která odvádí vlhkost. U kontaktního zateplení jsem popsals princip aplikace zateplení od připevnění podkladu, přes výztužnou vrstvu až po povrchovou úpravu. Popsal jsem dva příklady zateplení od různých výrobců a jaký je největší problém, resp. na co si dát největší pozor u zateplení. Tím problémem je tepelný most.

6 Seznam příloh

Vypoctova_cast.xlsx - soubor excel s výpočty

7 Seznam obrázků

Obr. 1 Vývoj součinitele prostupu tepla U u lehké stěny	20
Obr. 2 Vývoj součinitel prostupu tepla U u těžké stěny	21
Obr. 3 Vývoj součinitele prostupu tepla U u podlahové konstrukce.....	23
Obr. 4 Vývoj součinitele prostupu tepla U u stropní konstrukce.....	25
Obr. 5 Vývoj součinitele prostupu tepla U u dveří.....	27
Obr. 6 Vývoj součinitele prostupu tepla U u oken	29
Obr. 7 Rodinný dům	30
Obr. 8 Půdorys rodinného domu s místnostmi	31
Obr. 9 Půdorys rodinného domu pro obálkovou metodu s rozměry	32
Obr. 10 Celková tepelná ztráta zadaného rodinného domu.....	43
Obr. 11 Pěnový polystyren EPS [11].....	47
Obr. 12 Extrudovaný polystyren XPS [12]	47
Obr. 13 Minerální vlna MW [15]	48
Obr. 14 Pěnový polyuretan [19]	49
Obr. 15 Pěnové sklo [9].....	49
Obr. 16 Celulóza [14].....	50
Obr. 17 Pěnový polyetylen [18]	50
Obr. 18 Ovčí vlna [17].....	51
Obr. 19 Zateplení obvodové konstrukce [22].....	52
Obr. 20 Řez kontaktního zateplovacího systému [30].....	53
Obr. 21 Příklady připevnění [4].....	54
Obr. 22 Talířová hmoždinka s plastovým rozpěrným trnem [13]	55
Obr. 23 Talířová hmoždinka s kovovým šroubem [10]	55
Obr. 24 Druhy spojů [4]	55
Obr. 25 Připevnění pomocí kotvících lišt [4]	56
Obr. 26 Ztužení nároží rohovou lištou s nakaširovanou síťovinou [4]	57
Obr. 27 Struktura rýhované omítky [26]	59
Obr. 28 Struktura roztírané omítky [26].....	59
Obr. 29 Příklady obkladů [16].....	60
Obr. 30 Vliv barevného tónu na teplotu fasády [4]	60
Obr. 31 Řez odvětrávané fasády [30]	61
Obr. 32 Skladba zateplovacího systému Baumit Star [28].....	63
Obr. 33 Odvětrávaná fasáda Standard [21]	64

Obr. 34 Termogram rodinného domu [5] 65

8 Seznam tabulek

Tab. 1 Legenda k půdorysu rodinného domu s místnostmi.....	31
Tab. 2 Hodnoty ploch konkrétních místností Sk	34
Tab. 3 Hodnoty objemů konkrétních místností Vk	35
Tab. 4 Teploty prostředí u rodinného domu	36
Tab. 5 Plochy ochlazovaných částí stavební konstrukce.....	37
Tab. 6 Základní tepelná ztráta prostupem tepla v jednotlivých letech	38
Tab. 7 Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	39
Tab. 8 Tepelné ztráty prostupem tepla	40
Tab. 9 Celková tepelná ztráta zadaného rodinného domu.....	43
Tab. 10 Kontaktní zateplovací systémy [30]	62
Tab. 11 Bezkontaktní zateplovací systémy [30].....	62

9 Seznam použitých zdrojů

Knižní publikace

- [1] LINHART, Ladislav. *Zateplování budov*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.
- [2] STERNOVÁ, Zuzana. *Zatepľovanie budov: Tepelná ochrana*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, v. o. s., 1999. 207 s. ISBN 80-88905-11-7.
- [3] ŠÁLA, Jiří, KEIM, Lubomír, SVOBODA, Zbyněk, TYWONIAK, Jan. *Komentář k ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. 292 s. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [4] ŠÁLA, Jiří, MACHATKA, Milan. *Zateplování v praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2002. 108 s. ISBN 80-247-0224-X.
- [5] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 2. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008. 160 s. ISBN 978-80-7300-234-3.
- [6] ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. 1. vyd. Brno: ERA, 2008. 102 s. ISBN 978-80-7366-138-0.
- [7] VAVERKA, Jiří a kolektiv. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. VUT Brno: Nakladatelství Vutium, 2006. 648 s. ISBN 80-214-2910-0.

Elektronické zdroje

- [8] CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. In: *TZB-info: Větrání a klimatizace* [online]. 2000-12-13 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [9] CONÍKOVÁ, Martina. Pěnové sklo. In: *TZB-info: Izolace střechy fasády* [online]. 2013-05-03 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/112316-penove-sklo-geocell-na-konferenci-zdrave-domy-2013-v-brne>
- [10] Ejothem STR H hmoždinka s ocelovým šroubem do dřeva. In: *Ráj zateplení: Talířové hmoždinky* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.rajzatepleni.cz/hmozdinka-ejothem-str-h-kotevni-hloubka-30-40-mm-talirova-hmozdinka-p19>
- [11] EPS polystyren. In: *Coleman S.I.: Tepelná izolace* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.coleman.cz/tepelna-izolace-eps/>
- [12] Extrudovaný polystyren XPS-F. In: *LevnéStavebniny.cz: Izolace* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.levnestavebniny.cz/extrudovany-polystyren-austrotherm-xps-top-p-gk-.7896/>
- [13] Hmoždinka Fischer FIF-K. In: *Centrum zateplení: Kotvící hmoždinky* [online]. 2012 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.centrum-zatepleni.cz/kotvici-hmozdinky/hmozdinky-beton-kamen/hmozdinka-fischer-fif-k/>
- [14] Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma): Celulóza. In: *TZB-info: Izolace střechy fasády* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelnych-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama>
- [15] Minerální izolace. In: *TZB-info: Izolace střechy fasády* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

- [16] Obklady podle typu. In: *Simplehome.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.stomix.cz/cz/projektanti/ukazky-struktury/3-columns---subnavigation.html>
- [17] Ovčí vlna. In: *Ekostavivo: Tepelné izolace* [online]. 2014 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.ekostavivo.cz/ovci-vlna-comfort-role-15-m2-3302-01/>
- [18] Pěnový polyetylen. In: *AB Prům Obal 4U* [online]. 2016 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: http://www.prumobal.cz/?page_id=41
- [19] Pěnový polyuretan. In: *Foam Sales* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.foamsales.com.au/products/rigid-polyurethane>
- [20] Provětrávaná fasáda - jednoduchý postup. *Stavebniny - rychle.cz* [online]. 2015-06-26 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/provetravana-fasada-jednoduchy-postup.html>
- [21] Provětrávaná fasáda Standard. *Knauf Insulation* [online]. 2017 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/provetravana-fasada-standard>
- [22] SEDLÁČEK, Jiří. Přednosti vnitřního a venkovního zateplení. In: *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1840-prednosti-vnitriho-a-venkovniho-zatepleni>
- [23] ŠÁLA, Jiří. O vnitřním zateplení. In: *TZB-info: Izolace střechy fasády* [online]. 2001-05-04 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/540-o-vnitrnim-zatepleni>
- [24] ŠUBRT, Roman. Zateplování stěn. In: *Izolace-Info: Poradenství, články* [online]. 2017 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-sten/#.WUSrhDdpdxdi>

- [25] Teplo stoupá vzhůru! Zateplení brání úniku tepla stropem a střechou. In: *Nazeleno.cz: Stavba a rekonstrukce* [online]. 2013-05-24 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/teplo-stoup%C3%A1-vzh%C5%AFru-zateplen%C3%AD-br%C3%A1n%C3%AD-%C3%BAniku-tepla-stropem-a-st%C5%99echou.aspx>
- [26] Ukázky různých struktur z produktové nabídky. In: *Stomix: Ukázky struktur* [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.stomix.cz/cz/projektanti/ukazky-struktury/3-columns---subnavigation.html>
- [27] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v platném znění. In: *TZB-info: Právní předpisy* [online]. 2000 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-406-2000-sb-a-souvisejici-predpisy>
- [28] Zateplovací systém Baumit Star. *Baumit* [online]. 2016-03-01 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <https://www.baumit.cz/reseni-pro-kazdeho/zateplovaci-systemy/standard/baumit-star/>
- [29] Zateplovací, tepelně izolační systémy. *Fasády - zateplení Kwaczek* [online]. 2017 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <http://www.zatepleni-kwaczek.cz/zatepovaci-systemy>
- [30] Způsoby zateplování obvodového pláště domu. In: *IStavitel: Tepelné izolace* [online]. 2009-04-21 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zpusoby-zatepleni-obvodoveho-plaste-domu_81

Normy

ČSN 1450:1949. *Výpočet tepelných ztrát budovy při navrhování ústředního vytápění.*

Praha: Československá společnost normalisační, 1949.

ČSN 73 0020:1958. *Obytné budovy.* Praha: Vydavatelství ÚNM, 1954.

ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.* Praha: Český normalizační institut, 1994.

ČSN 73 0540. *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov.* Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1980.

ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov. Část 1: Terminologie.* Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky.* Praha: Český normalizační institut, 1993.

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky. Změna Z1.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov. Část 3: Návrhové hodnoty veličin.* Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody.* Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN 73 0542. *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Vlastnosti materiálů a konstrukcí.* Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1987.