

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**VÝVOJ TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ  
BUDOV**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta strojní**

Ústav techniky prostředí

Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**Jméno studenta:** Ondřej PAVELKA

**Studijní program:** Teoretický základ strojího inženýrství

**Obor:** bez oboru

**Název česky:** Vývoj tepelně technických vlastností budov

**Název anglicky:** Development of Building Thermal Properties

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Zmapujte vývoj tepelně technických vlastností neprůteplivých a průteplivých konstrukcí budov dle historicky dosažitelné dokumentace. Aplikujte získané poznatky na typickém objektu, u kterého porovnejte historicky se vyvíjející tepelnou ztrátu. Tepelnou ztrátu vypočtete obálkovou metodou podle ČSN 06 0210. V závěru práce se věnujte zmapování a zhodnocení různých zateplovacích systémů obvodové části stavební konstrukce.

**Rozsah grafických prací:** potřebná grafická dokumentace

**Rozsah průvodní zprávy:** podle potřeby k vyčerpání tématu

**Seznam odborné literatury:**

- 1) Vaverka, J. a kol.: Stavební tepelná technika a energetika budov. VUT v Brně, Brno 2006, 648s., ISBN 80-214-2910-0.
- 2) Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní – sešit projektanta. Třetí přepracované vydání. STP 2008, ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.
- 3) Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění. Grada Publishing, a.s., Praha 2010, 128s., ISBN 978-80-247-3524-5.

**Vedoucí bakalářské práce:** prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

**Konzultant:** -


**Datum zadání bakalářské práce:** 18.4. 2016

**Termín odevzdání bakalářské práce:** 29.6. 2016

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu a tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.


*Diplomant (student) bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou (bakalářskou) práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové (bakalářské) práci.*

Zadání bakalářské práce převzal dne:

  
.....  
student

  
Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
Vedoucí ústavu



  
Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
Děkan fakulty

V Praze dne 18.4. 2016

**Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph.D. za pomoc, cenné rady a podklady, které mi pomohly při vypracování této bakalářské práce.

## **Souhrn**

Cílem této bakalářské práce je zmapování historického vývoje tepelně technických vlastností konstrukcí budov. Na základě tohoto vývoje určit tepelnou ztrátu daného objektu pro jednotlivá historická období.

Další součástí bakalářské práce je zmapování a zhodnocení zateplovacích systémů obvodové části stavební konstrukce s uvedením několika konkrétních příkladů.

## **Summary**

The aim of this bachelor thesis is to chart out the historic development of thermal properties of building constructions. Based on this development the heat loss of the particular object for each historic period will be determined.

This thesis also contains summary and evaluation of insulating systems used on outside walls including specific examples.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Vývoj tepelně technických vlastností budov“ 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 13.6.2016

Ondřej Pavelka

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Vývoj normativních požadavků a předpisů .....	3
2.1 Vývoj normativních požadavků na našem území .....	3
2.1.1 Období po roce 1954.....	3
2.1.2 Rozmezí let 1964 až 1979.....	4
2.1.3 Rozmezí let 1979 až 1992.....	4
2.1.4 Rozmezí let 1992 až 1994.....	4
2.1.5 Rozmezí let 1994 až 2002.....	5
2.1.6 Rozmezí let 2002 až 2005.....	5
2.1.7 Rok 2005.....	6
2.1.8 Rok 2007.....	6
2.1.9 Současné normativní požadavky v České republice.....	6
2.2 Normativní požadavky v zahraničí (především v Evropě) .....	8
2.2.1 Energetické požadavky na budovy .....	9
2.2.2 Porovnání některých normativních požadavků.....	9
2.3 Vývoj tepelně technických požadavků u konkrétních stavebních konstrukcí .....	11
2.3.1 Vnější stěnová konstrukce .....	12
2.3.2 Stropní konstrukce pod nevytápěnou půdou (prostorem).....	13
2.3.3 Podlahová konstrukce přilehlá k zemině .....	14
2.3.4 Okno.....	16
2.3.5 Dveře.....	17
3 Výpočet tepelné ztráty budovy .....	19
3.1 Specifikace objektu.....	19
3.2 Výpočet tepelné ztráty objektu obálkovou metodou dle ČSN 06 0210.....	20
3.2.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem .....	20
3.2.2 Tepelná ztráta místnosti větráním.....	25
3.2.3 Celková tepelná ztráta.....	29

4 Zateplovací systémy .....	31
4.1 Rozdělení zateplovacích systémů .....	32
4.1.1 Rozdělení dle použitého materiálu .....	32
4.1.2 Rozdělení dle druhů a tvarů výrobků.....	33
4.1.3 Rozdělení dle konstrukčního řešení.....	33
4.2 Kontaktní zateplovací systémy .....	35
4.2.1 Konkrétní příklady kontaktních zateplovacích systémů .....	35
4.3 Odvětrávané zateplovací systémy.....	39
4.3.1 Konkrétní příklady odvětrávaných zateplovacích systémů .....	39
4.4 Zhodnocení zateplovacích systémů .....	43
5 Závěr .....	44
6 Seznam příloh .....	45
7 Použitá literatura .....	46



**Soupis použitého značení**

$B$	Charakteristické číslo budovy	$[\text{Pa}^{0,67}]$
$L$	Délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	$[\text{m}]$
$M$	Charakteristické číslo místnosti	$[-]$
$\dot{Q}_c$	Celková tepelná ztráta	$[\text{W}]$
$\dot{Q}_o$	Základní tepelná ztráta prostupem tepla	$[\text{W}]$
$\dot{Q}_p$	Tepelná ztráta prostupem tepla	$[\text{W}]$
$\dot{Q}_v$	Tepelná ztráta větráním	$[\text{W}]$
$\dot{Q}_{v,v}$	Tepelná ztráta větráním dána intenzitou výměny vzduchu	$[\text{W}]$
$\dot{Q}_{v,\text{inf}}$	Tepelná ztráta přirozeným větráním (infiltrací)	$[\text{W}]$
$R$	Tepelný odpor konstrukce	$[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$
$S_j$	Plocha ochlazované části konstrukce	$[\text{m}^2]$
$U$	Součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$U_c$	Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$V$	Vnitřní objem místnosti (objektu)	$[\text{m}^3]$
$V_k$	Objem konkrétní místností	$[\text{m}^3]$
$\dot{V}_V$	Objemový průtok větracího vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$\dot{V}_{V,v}$	Objemový průtok větracího vzduchu daný intenzitou výměny vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$\dot{V}_{V,\text{inf}}$	Objemový průtok větracího vzduchu pro přirozené větrání (infiltraci)	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$c_v$	Objemová tepelná kapacita vzduchu	$[\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}]$
$i_{LV}$	Součinitel spárové průvzdušnosti	$[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$
$n_h$	Intenzita výměny vzduchu	$[\text{h}^{-1}]$
$p_1$	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	$[-]$
$p_2$	Přirážka na urychlení zátoku	$[-]$
$p_3$	Přirážka na světovou stranu	$[-]$
$t_e$	Výpočtová venkovní teplota	$[\text{°C}]$
$t_{e,j}$	Výpočtová teplota prostředí na venkovní straně konstrukce	$[\text{°C}]$
$t_i$	Výpočtová vnitřní teplota	$[\text{°C}]$
$t_k$	Výpočtová vnitřní teplota konkrétní místnosti	$[\text{°C}]$
$\alpha_e$	Součinitel přestupu tepla na venkovní straně konstrukce	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$\alpha_i$	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$\Delta t_{\text{max}}$	Maximální rozdíl výpočtových teplot $t_i$ a $t_{e,i}$	$[\text{°C}]$
$\sum S$	Celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost	$[\text{m}^2]$

## 1. Úvod

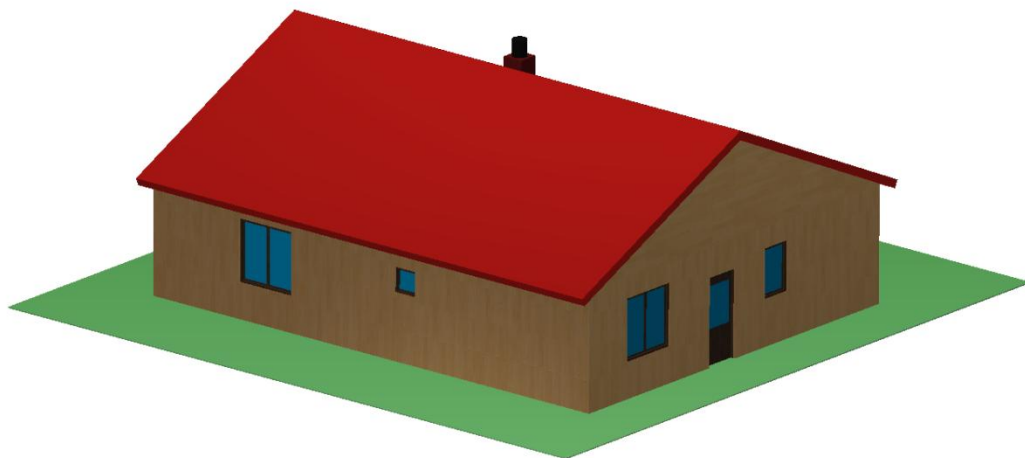
Tepelná náročnost budov je v dnešní době velmi diskutované téma. Současným trendem je co nejnižší energetická náročnost nově stavěných či rekonstruovaných budov s ohledem na tepelnou pohodu ve vnitřním prostředí konkrétní budovy. Snižování energetické náročnosti budov je úzce spjato s rostoucími cenami energií a také s větším důrazem na ekologii. Proto je v dnešní době cílem co největší úspora energie a to nejen tepelné.

Z tohoto důvodu sledujeme u stavebních materiálů a konstrukcí jejich tepelně technické vlastnosti, díky nimž pak hodnotíme, zda je daný materiál potažmo daná konstrukce vhodný pro realizaci stavby. Tyto tepelně technické vlastnosti jsou normativně upraveny, přičemž sledujeme především tepelný odpor konstrukce, resp. součinitel prostupu tepla konstrukcí.

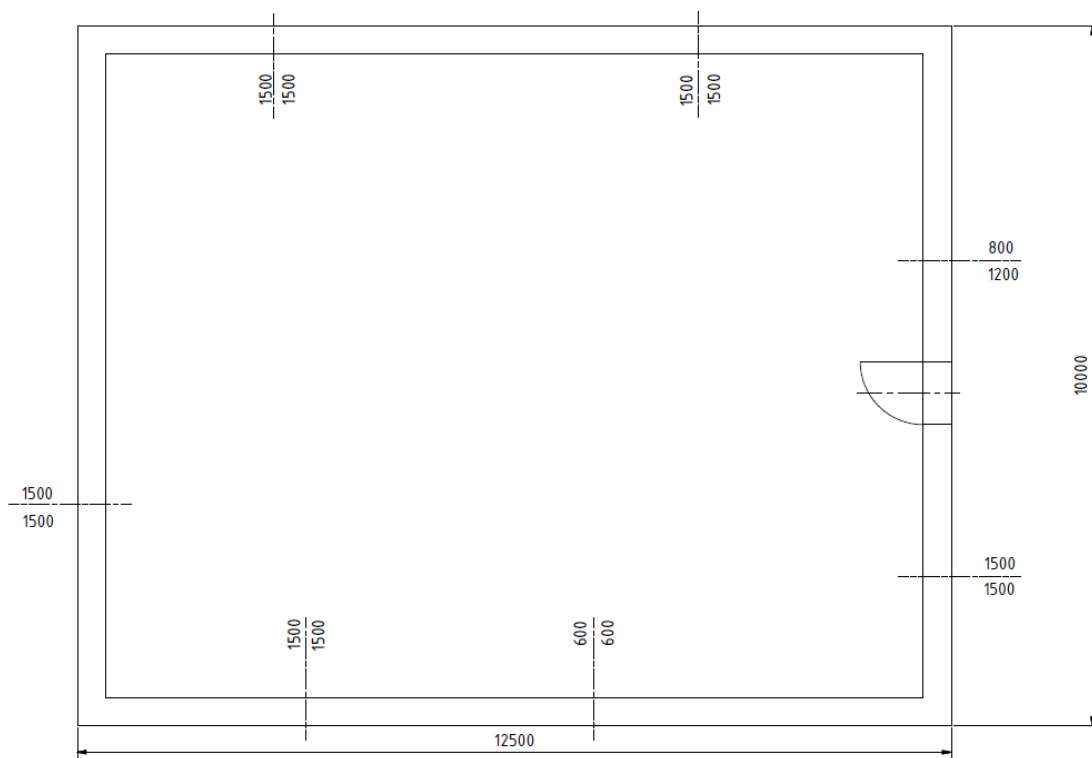
Požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí se historicky mění v závislosti na technické úrovni používaných materiálů a prvků v konstrukcích, ale především na vývoji energetické náročnosti budov. Změny spočívají hlavně ve zpřísňování kritérií pro tyto tepelně technické vlastnosti konstrukcí.

V několika posledních desítkách let se ke snižování tepelné náročnosti budov začaly používat i speciálně navržené systémy, které se dají použít i u staveb, jež byly postaveny již v minulosti. Tyto systémy nazýváme zateplovací a v posledních letech procházejí dynamickým vývojem. Používají se jak při rekonstrukcích, tak při stavbách nových budov a zajišťují snížení energetické náročnosti staveb.

Cílem této bakalářské práce je zmapování historického vývoje tepelného odporu, resp. součinitele prostupu tepla, stavebních konstrukcí podle normativních požadavků, jakožto nejvýznamnější veličiny pro určování energetické náročnosti budovy. Tento vývoj dále využít při výpočtech pomocí obálkové metody pro konkrétní objekt. Z výpočtů bude patrný vliv zpřísňování požadavků na tepelně technické vlastnosti budov. Dalším cílem je zhodnocení možností dnešních zateplovacích systémů, které je možné využít, při snižování tepelných ztrát staveb.



*Obr. 1.1 Řešená budova*



*Obr. 1.2 Půdorys objektu*

## 2. Vývoj normativních požadavků a předpisů

Normativní požadavky a předpisy v oblasti tepelné techniky procházejí svým vývojem v závislosti na energetické náročnosti objektů v daném období a především na současném stupni technické úrovně používaných a nově produkovaných konstrukčních prvků, které se pro realizaci staveb v dané době používaly a používají. Rychlost vývoje těchto požadavků závisí mimo jiné i na zeměpisném místě lokality, ve které tyto normativní změny pozorujeme. Například státy Skandinávie společně s Kanadou byly a jsou díky své poloze v trendu zpříšňování tepelně technických požadavků na budovy výrazně napřed. Během několika posledních desetiletí se poměrně často mění a zpříšňují kritéria a požadavky pro tepelně technické parametry pozemních staveb. Tyto změny probíhají nejen u nás, ale také v dalších státech střední a západní Evropy. Je samozřejmostí, že díky rozdílným klimatickým podmínkám se kritéria v jednotlivých státech liší a trend zpříšňování je patrný všude. Na rozdíly má vliv také rozcházející se legislativa a dále jisté stavební tradice v každé zemi. Částečné sjednocování nastává při přebírání mezinárodních normativních předpisů EN ISO. [1]

Konkrétní porovnání součinitele prostupu tepla pro dané konstrukce v různých státech bude naznačeno níže. Stejně tak historické změny v tuzemských normách.

### 2.1 Vývoj normativních požadavků na našem území

U nás platný soubor ČSN 73 0540 "Tepelná ochrana budov", který odráží výše zmíněné aspekty, jako stálé snižování energetické náročnosti budov a postupný rozvoj technické úrovně konstrukčních materiálů, prošel ve své historii několika změnami. Hlavní rozdíly jsou především v hodnotách tepelného odporu  $R$ , resp. součinitele prostupu tepla konstrukce  $U$ .

#### 2.1.1 Období po roce 1954

První norma zabývající se problematikou tepelně technických parametrů byla zpracována roku 1954. Kritéria pro tepelně technické vlastnosti jak vertikálních, tak i horizontálních konstrukcí vycházela z etalonu vlastností zdiva z plných cihel o tloušťce 450 mm. Požadavky na otvory v konstrukci, např. pro okna, nebyly stanoveny. [1]

### 2.1.2 Rozmezí let 1964 až 1979

Dne 12. 12. 1964 vešla v platnost nová norma. Při jejím zpracování se vycházelo z hygienického požadavku na hodnotu vnitřní teploty, která měla mít hodnotu vyšší než je hodnota rosného bodu. Problémy v dosažení této podmínky vznikaly především v koutech a rozích konstrukcí. [1]

### 2.1.3 Rozmezí let 1979 až 1992

Na začátku roku 1979, přesně 1. ledna, nabyla účinnosti nová norma ČSN 73 0540, čímž došlo opět ke změnám. Zpřísnily se nároky na tepelně technické parametry konstrukcí. U oken a dveří se objevuje tzv. celkový tepelný odpor při prostupu tepla, který zahrnuje také přestupy tepla mezi prostředím a konstrukcí na vnitřní i na vnější straně. Převrácená hodnota celkového tepelného odporu je v normě z roku 1979 uváděna jako součinitel prostupu tepla  $U$ . Hodnoty tepelného odporu  $R$  byly stanoveny pro tři různé výpočtové teploty venkovního vzduchu  $t_e$ , konkrétně pro  $t_e = -15\text{ °C}$ ,  $t_e = -18\text{ °C}$  a pro  $t_e = -21\text{ °C}$ .

Při tvorbě normy z roku 1979 byla výchozím parametrem tepelná pohoda během celého roku. Tato pohoda je definovaná tepelnou stabilitou v zimním období jako součtová teplota na konci otopné přestávky. Dále byla tepelná pohoda definována pro letní období jako nejvyšší vzestup teploty vzduchu uvnitř objektu. [1]

### 2.1.4 Rozmezí let 1992 až 1994

Toto období lze považovat za jakési překlenovací období, kdy nebyla vydána nová norma ČSN 73 0540, ale byla vydána pouze změna ke stávající normě. Ve změněné normě se zpřísnily nároky na konstrukce, přičemž převažovalo hledisko energetické náročnosti objektu. Pro ilustraci klesla spotřeba energie na vytápění průměrného bytu z 9,3 na 7,3 MWh za rok, což je poměrně razantní snížení. [1]

### 2.1.5 Rozmezí let 1994 až 2002

Kritéria v normě ČSN 73 0540 z roku 1994 už dosahovala na evropské standardy energeticky úsporných budov. [1]

Samotná norma byla rozdělena na 4 části a každá část byla samostatně věnována danému podtématu. Část jedna se věnovala termínům a definicím, část dvě funkčním požadavkům a zbylé části se zabývaly navrhováním a ověřováním. Poprvé se v normě objevily kromě požadovaných hodnot i doporučené a přípustné hodnoty tepelného odporu konstrukcí  $R$ . Hodnoty přípustné se vztahovaly pouze pro rekonstrukce již stávajících objektů. Požadované hodnoty se zpřísnily oproti hodnotám z minulých let. Dále byly hodnoty tepelného odporu určitých konstrukcí stanoveny pro konkrétní rozdíly vnitřní a venkovní výpočtové teploty, tedy pro  $t_i - t_e$ .

### 2.1.6 Rozmezí let 2002 až 2005

V listopadu 2002 byla novelizována část 2 normy ČSN 73 0540. Došlo k dalšímu zpřísnění tepelně technických požadavků na stavební konstrukce, ale také byly zavedeny požadavky nové. Poprvé byl použit součinitel prostupu tepla  $U$  pro neprůteplivé konstrukce, jako hodnotící veličina těchto konstrukcí. Dále se zavedla nová veličina, měrná potřeba tepla na vytápění  $e_v$ , pro energetické hodnocení budovy. K doložení splnění podmínek energetické náročnosti stavby byl jako novinka zaveden tzv. "energetický štítek". [1]

Štítek rozděloval budovy do několika kategorií v závislosti na jejich stupni energetické náročnosti. Stavby se dělily na budovy Mimořádně úsporné, Velmi úsporné, Úsporné, Vyhovující, Nevyhovující, Výrazně nevyhovující a Mimořádně nevyhovující. Nová norma zavedla konkrétnější popis a rozdělení stavebních konstrukcí. Hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  byly opět rozděleny na hodnoty požadované a na hodnoty doporučené. Tyto hodnoty byly stanoveny pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou 20 °C.

### 2.1.7 Rok 2005

V roce 2005 byla vydána změna k části 2 normy ČSN 73 0540 a také byly novelizovány části 1, 3 a 4 v návaznosti na normy evropské. Změna části dvě zavedla nové hodnotící veličiny, zvláště pro energetický požadavek na budovy, kdy se stavebně energetické vlastnosti budovy hodnotily pomocí průměrného součinitele prostupu tepla.

Změnily se požadované hodnoty součinitele prostupu tepla pro výplně otvorů. Nově zde byly samostatně uvedeny požadavky na lehké obvodové pláště, hodnocené jako smontovaná sestava.

### 2.1.8 Rok 2007

V tomto roce proběhla novelizace části 2 normy ČSN 73 0540. Došlo ke zpřísnění některých hodnot součinitele prostupu tepla  $U$  pro vybrané konstrukce oproti hodnotám z roku 2005. Díky těmto změnám se znovu mírně zmenšila energetická náročnost staveb. Změny se týkaly jak požadovaných, tak i doporučených hodnot součinitele prostupu tepla. Všechny hodnoty byly znovu stanoveny pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou 20 °C.

### 2.1.9 Současné normativní požadavky v České republice

V současné době je platný komplex částí normy ČSN 73 0540 „Tepelná ochrana budov“. Tato norma se i nadále skládá ze čtyřech částí.

ČSN 73 0540-1, tedy část 1 „Terminologie“ s účinností od 1. 7. 2005.

ČSN 73 0540-2, část 2 „Požadavky“ s účinností od 1. 11. 2011.

ČSN 73 0540-3, část 3 „Návrhové hodnoty veličin“ s účinností od 1. 12. 2005.

ČSN 73 0540-4, část 4 „Výpočtové metody“ s účinností od 1. 7. 2005.

Dále zde máme několik doplňkových norem s vazbou na problematiku tepelně technických parametrů. Jedná se o normy ČSN EN ISO. Tyto normy se věnují například problematice tepelného chování oken a dveří, tepelným mostům, tepelnému chování budov a dalšímu. [1]

Dnešní normativní požadavky na tepelně technické vlastnosti budov, korespondují zejména svými doporučenými hodnotami s předpisovou základnou ve vyspělých západoevropských státech. Celý soubor ČSN 73 0540, spolu s doplňkovými normami ČSN EN ISO, vytváří základ pro navrhování a posuzování konstrukčních prvků jak prostorů, tak i budov z tepelně technického hlediska. [1]

Samotná norma není v dnešní době závazná, jako tomu bylo do září 1997, kdy byl zrušen zákon č. 142/91 Sb. Z tohoto důvodu se dnes nepovažují normy za právní předpisy. K respektování norem dnes slouží jiné právní předpisy. V současnosti je platná vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Část této vyhlášky je novelizována vyhláškou č. 20/2012 Sb.,. Tyto vyhlášky vznikly na základě zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu. Jedná se o tzv. stavební zákon. Ve vyhlášce je této problematice věnován §16. Tento paragraf si dovoluji citovat, aby bylo jasné, že úspora energie a vztah tepelně technických požadavků na budovy s normami je dán přímo zákonem.

#### *„§16 Úspora energie a tepelná ochrana*

*(1) Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí výplní otvorů, použitými materiály a výrobky a systémy technického zařízení budov. Při návrhu stavby se musí respektovat klimatické podmínky lokality.*

*(2) Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly dlouhodobě po dobu jejich užívání zaručeny požadavky na jejich tepelnou ochranu splňující*

- a) tepelnou pohodu uživatelů,*
- b) požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov,*
- c) tepelně vlhkostní podmínky technologií podle různých účelů budov,*
- d) nízkou energetickou náročnost budov.*

*(3) Požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými hodnotami. “ [2]*



Jak je již výše uvedeno, poslední změna části 2 normy ČSN 73 0540 proběhla v roce 2011. Změny proběhly především u požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla, doporučené hodnoty se téměř nezměnily. Dále se u součinitele prostupu tepla objevují kromě hodnot požadovaných a doporučených, také hodnoty doporučené pro tzv. pasivní budovy. Hodnoty jsou stanoveny pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou od 18 až do 22 °C včetně.

## 2.2 Normativní požadavky v zahraničí (především v Evropě)

Evropská organizace zabývající se problematikou norem, tedy Evropský výbor pro normalizaci (CEN), se zavázala přejímat vznikající evropské normy (EN) a také se podílet na jejich tvorbě a vývoji. Česká republika je také součástí organizace CEN. Problematiku tepelné ochrany budov řeší technická komise CEN TC 89. Tato komise zpracovává především normy, které zahrnují výpočetní a měřicí postupy. Konkrétní specifické požadavky na konstrukce a budovy jsou už v národní kompetenci. Důvody jsou různé, především to jsou odlišné klimatické podmínky a stavební tradice. Roli hraje také jistá míra závažnosti této problematiky v daném státě a také zařazení požadavků do zákonů či jiných právních předpisů. Tendence v normách jednotlivých států je tvořit normy komplexně v celé šíři dané problematiky. Proto normy zahrnují klimatická data, číselné požadavky na vlastnosti konstrukčních prvků a budov a také výpočtové postupy a metodiky. [1]

I přes často odlišný způsob ve zpracování jednotlivých norem můžeme při výpočtovém hodnocení energetické náročnosti stavby nalézt jisté společné charakteristické vlastnosti. [1]

- oddělení výpočtů energetického hodnocení objektu od výpočtů pro dimenzování tepelných soustav v objektech
- důraz na jednotnou metodiku výpočtů v několika úrovních přesnosti (jednoduché - orientační, zjednodušené, podrobné - komplexní)
- důsledné zahrnování vlivu tepelných mostů do výpočtů
- započítání tepelných ztrát přilehlou zeminou
- vzetí v potaz teplotní vliv sousedních nevytápěných či temperovaných prostorů (střešní prostory, zimní zahrady atd.)
- snaha o zachování národních specifik jednotlivých zemí

### 2.2.1 Energetické požadavky na budovy

Jak již bylo uvedeno, normy nejsou samy o sobě závazné, ale jejich používání při návrhu budov souvisí s dodržováním vládních zákonů a vyhlášek v dané zemi. V zákonech a vyhláškách jsou definována omezující kritéria pro množství potřebné energie či pro povolené emise škodlivin při spalování paliv. Energie potřebná na vytápění, tvoří převážnou část z celkové energetické bilance objektu. Právě úroveň tepelné ochrany budov ovlivňuje potřebu právě této energie na vytápění. [1]

V návaznosti na tuto problematiku byla dne 19. 5. 2010 schválena Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov s účinností od 9. 7. 2010. Tato směrnice nahrazuje předešlou směrnicí z roku 2002. Nová směrnice je pro členské státy EU závazná. Směrnice klade důraz na co nejnižší spotřebu energie v budovách a na její co nejefektivnější využití. Také je kladen důraz na snížení negativních dopadů na životní prostředí. Dále je při renovacích požadováno snížení energetické náročnosti staveb všemi prostředky, pokud je to technicky proveditelné.

V článku 1 je shrnut cíl této směrnice, který si dovolím citovat: „*Tato směrnice podporuje snižování energetické náročnosti budov v Unii s ohledem na vnější klimatické a místní podmínky i požadavky na vnitřní mikroklimatické prostředí a efektivnost nákladů.*“ [3]

### 2.2.2 Porovnání některých normativních požadavků

K porovnání použiji tabulku 2.1, která používá hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  z roku 2005. Z tabulky plyne, že Česká republika patřila do evropského průměru ohledně tepelně technických požadavků na konstrukce. Také jsou patrné velké rozdíly mezi severskými státy a státy jižněji položenými, což samozřejmě plyne z klimatických podmínek v daných oblastech. Dále je patrné, že každý stát kladl důraz na jinou konstrukci.

Tab. 2.1 Přehled požadovaných součinitelů prostupu tepla  $U$  ve vybraných zemích Evropy z roku 2005 [1]

Země	Vnější stěna	Okno	Dveře	Stěna u nevytápěného prostoru	Strop pod nevytápěným prostorem; střecha	Podlaha
Česká republika	lehká: 0,30	nové: 1,7	nové: 1,7	0,60	0,30	0,60
	těžká: 0,38	uprav.: 2,0	uprav.: 2,0			
Česká republika *)	lehká: 0,20	nové: 1,2	nové: 1,2	0,40	0,20	0,40
	těžká: 0,25	uprav.: 1,4	uprav.: 1,4			
Slovensko	0,46	2,0	4,3	0,8 - 2,75	0,30	0,40-0,60
Slovensko *)	0,32	1,7	3,0	0,4 - 1,7	0 20	0,40-0,45
Rakousko	0,35	1,7	1,7	0,50	0,20	0,40
Belgie	0,4 - 0,6	2,5 - 3,5	3,5	0,60	0,4 - 0,6	0,6 - 1,2
Dánsko	0,3	1,5	1,8	0,40	0,15	0,20
Finsko	0,28	1,8	0,7	0,28	0,22	0,22
Francie (EC)	0,39	2,45	1,3	0,39	0,20	0,44
Francie (Elec)	0,28	2,45	1,3	0,28	0,20	0,37
Německo	0,50	1,65	2,0	0,50	0,22	0,35
Řecko	0,60	3,5	3,5	0,70	0,60	0,60
Itálie	0,58	2,75	3,66	0,58	0,75	0,74
Irsko	0,45	3,3	3,3	0,63	0,25	0,45
Lucembursko	0,40	2,0	2,0	0,50	0,40	0,50
Holandsko	0,20 - 0,40	1,5 - 2,5			0,2 - 0,4	0,2 - 0,4
Norsko	0,22	1,6	1,6	0,22	0,15	0,15
Portugalsko	0,95	4,2	3,5	0,95	0,75	0,75
Švédsko	0,22	1,6	1,6	0,22	0,15	0,15
Velká Británie	0,35	2,2	2,2	0,35	0,16 - 0,25	0,25
Skotsko	0,3	2,2	2,2	0,3	0,16 - 0,25	0,25

\*) doporučené hodnoty

### 2.3 Vývoj tepelně technických požadavků u konkrétních stavebních konstrukcí

Pro všechny konstrukce se během let měnily požadavky na jejich tepelně technické vlastnosti. Tento vývoj probíhal v závislosti na technické vyspělosti dané konstrukce, ale také na základě požadavků tepelné ochrany budov. Konstrukce, kterým budu dále věnovat pozornost, jsou zvoleny v návaznosti na následné výpočty tepelných ztrát pro daný objekt. Těmito konstrukcemi jsou, stropní konstrukce, podlahová konstrukce přilehlá k zemině, vnější stěna, okna a dveře. Pro tyto vybrané stavební prvky zhodnotím historický vývoj jejich tepelně technických vlastností. Hodnocení provedu od roku 1979 až po současnost.

Do roku 2002 se jako hodnotící parametr posuzovaných konstrukcí uvažoval tepelný odpor  $R$ , mimo oken a dveří, pro něž byl i v roce 1979 jako hodnotící parametr brán součinitel prostupu tepla  $U$ . Právě od roku 2002 se tento součinitel používá i pro ostatní konstrukce. Aby bylo srovnání možná, musíme převést tepelný odpor  $R$  konstrukce na součinitel prostupu tepla.

Převod provedeme pomocí rovnice

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R + \frac{1}{\alpha_e}}, \quad (1)$$

kde  $U$ .....součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ];

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

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

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

Za  $\alpha_i$  dosadíme hodnotu  $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  a za  $\alpha_e$  hodnotu  $23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ .

### 2.3.1 Vnější stěnová konstrukce

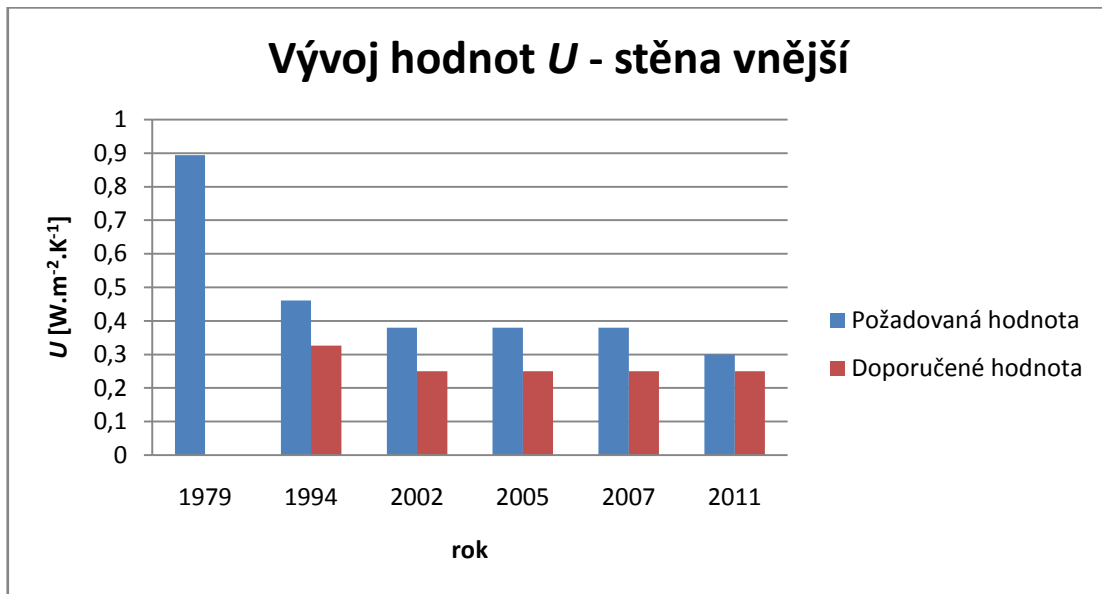
V roce 1979 byla v normě ČSN 73 0540 uvedena hodnota tepelného odporu pro vnější stěnovou konstrukci  $R = 0,95 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ , po přepočtení pomocí rovnice (1) dostaneme hodnotu součinitele prostupu tepla  $U = 0,894 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Hodnota tepelného odporu odpovídá teplotě vnějšího vzduchu  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ . V roce 1994 se zvýšila hodnota tepelného odporu o více než dvojnásobek na hodnotu  $R = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ , resp.  $U = 0,461 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Mimo těchto hodnot byly poprvé uvedeny také hodnoty doporučené, pro vnější stěny byla doporučená hodnota stanovena trojnásobně větší, než hodnota tepelného odporu v roce 1979.

V roce 2002 byly uváděny už hodnoty pro součinitel prostupu tepla  $U$ . Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla v tomto roce byla stanovena na  $0,38 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , což je téměř o 60 % menší hodnota, než v roce 1979. Mimo požadované hodnoty klesla také hodnota doporučená a to na  $0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Od tohoto roku byly uváděny také hodnoty pro konstrukce lehké, které jsou podle normy definovány jako konstrukce s nízkou tepelnou setrvačností a s celkovou plošnou hmotností vrstev nižší než  $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Pro lehké konstrukce byly hodnoty součinitele prostupu tepla nižší, než pro konstrukce ostatní, čili těžké a středně těžké. Konkrétně  $U = 0,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , jako požadovaná hodnota, a  $U = 0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , jako hodnota doporučená. Lehkými konstrukcemi se dále nebudu zabývat, protože je při výpočtech pro konkrétní budovu nevyužiji, jsou zde uvedeny pouze pro srovnání.

V dalších dvou následujících změnách, resp. novelách, se tepelně technické požadavky na vnější stěnové konstrukce nemění, čili požadované i doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  zůstávají stejné. Až při poslední novelizaci v roce 2011 došlo ke snížení požadované hodnoty součinitele prostupu tepla a to na hodnotu  $0,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Doporučená hodnota zůstala stejná jako v roce 2002. Můžeme si všimnout, že požadovaná hodnota klesla téměř třikrát oproti roku 1979. Kompletní srovnání vývoje součinitele prostupu tepla pro vnější stěnovou konstrukci můžeme vidět v grafu 2.1, kde jsou zobrazeny jak hodnoty požadované, tak i doporučené.

V poslední 2. platné části normy ČSN 73 0540 jsou uvedeny rovněž doporučené hodnoty  $U$  pro pasivní budovy, jak je již uvedeno výše. Konkrétně pro vnější stěnovou konstrukci je to hodnota  $0,18$  až  $0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Graf 2.1 Vývoj tepelně technických požadavků pro vnější stěnu



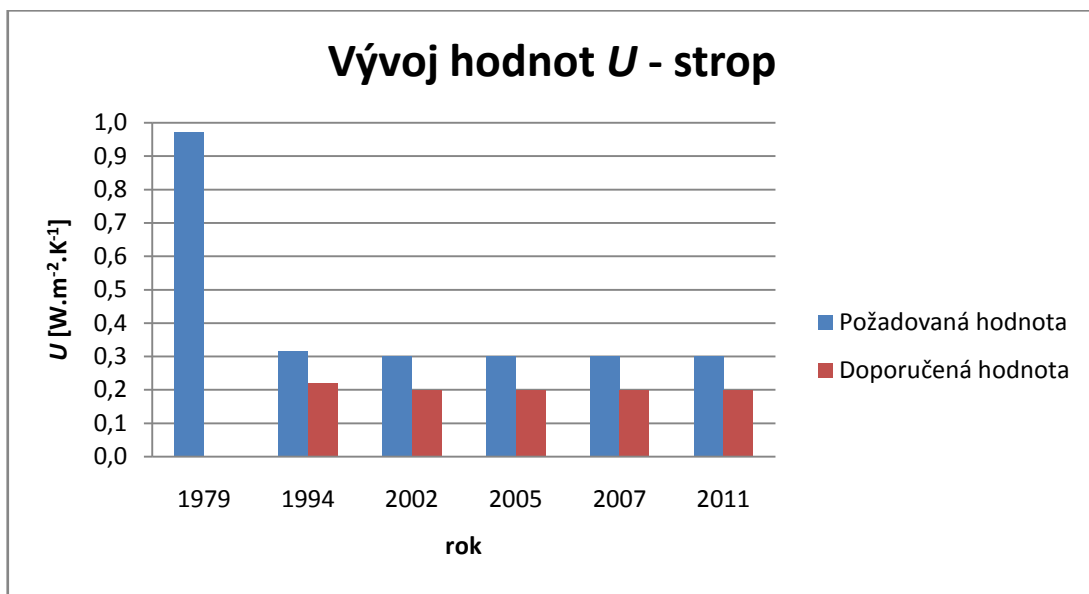
### 2.3.2 Stropní konstrukce pod nevytápěnou půdou (prostorem)

Opět započnu srovnávání rokem 1979, v tomto roce byla stanovena hodnota tepelného odporu stropní konstrukce na  $R = 0,86 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ . Po přepočtení podle rovnice (1) získáme součinitel prostupu tepla  $U = 0,972 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Stejně jako u vnější stěnové konstrukce odpovídá tepelný odpor, resp. součinitel prostupu tepla, teplotě venkovního vzduchu  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ . V roce 1994 přišlo razantní zvýšení požadavků na stropní konstrukci pod nevytápěným prostorem. Hodnota požadovaného tepelného odporu  $R$  stoupla více než na třinásovek hodnoty z roku 1979, konkrétně na hodnotu  $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ . Doporučená hodnota byla stanovena dokonce na  $4,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ . Po přepočtení požadované a doporučené hodnoty tepelného odporu stropní konstrukce pod nevytápěným prostorem na součinitel prostupu tepla  $U$ , získáme hodnoty  $U = 0,316 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , hodnota požadovaná, a  $U = 0,221 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , hodnota doporučená.

Další změna přišla v roce 2002, součinitel prostupu tepla pro stropní konstrukce pod nevytápěnou půdou bez tepelné izolace, označené jako "těžké", byl stanoven na hodnotu  $U = 0,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , toto číslo je hodnotou požadovanou. Doporučená hodnota měla hodnotu  $U = 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Tyto poslední dvě hodnoty zůstávají neměnné až do současné doby. Pro srovnání ještě uvedu hodnoty doporučené pro pasivní budovy, které jsou uvedeny v poslední platné normě, které jsou v rozmezí  $0,15$  až  $0,10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Můžeme si všimnout, že od roku 1994 jsou kladeny na stropní konstrukci pod nevytápěnou půdou bez tepelné izolace větší nároky na tepelně technické vlastnosti, než na vnější stěnové konstrukce. Což je spojeno s chováním teplého vzduchu, má nižší hustotu a stoupá do horní části místnosti. Díky tomu jsou stropní konstrukce více náchylné na tepelné ztráty, proto jsou na ně kladeny větší požadavky na tepelně technické vlastnosti. Kompletní srovnání hodnot součinitele prostupu tepla  $U$  pro stropní konstrukce je zobrazeno v grafu 2.2.

Graf 2.2 Vývoj tepelně technických požadavků pro strop pod nevytápěným prostorem (pod půdou se střechu bez tepelné izolace)



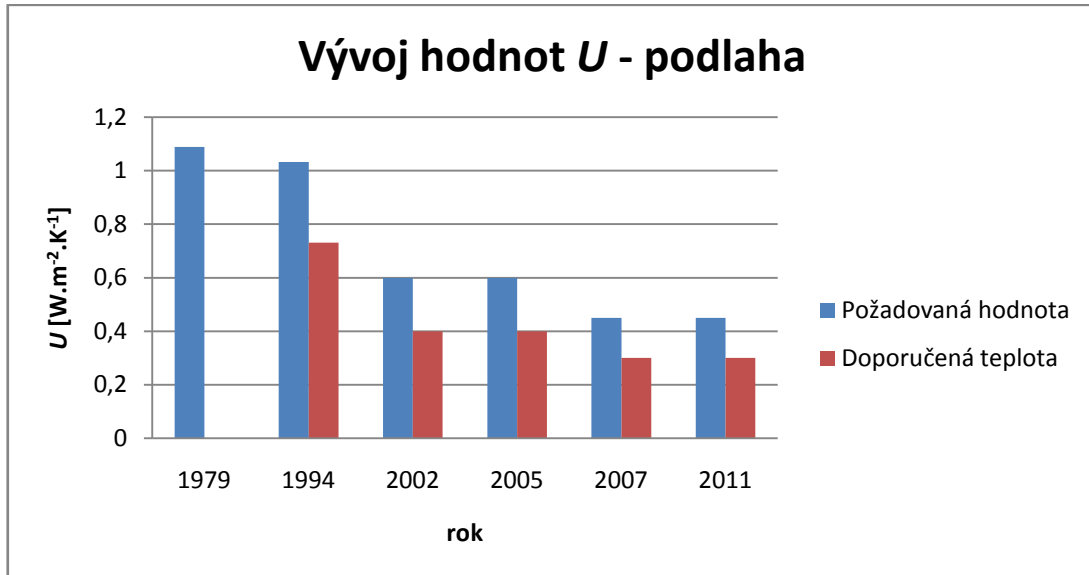
### 2.3.3 Podlahová konstrukce přilehlá k zemině

V roce 1979 byla hodnota tepelného odporu pro podlahu rovna  $0,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ , tato hodnota je opět určena pro teplotu vnějšího vzduchu  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po přepočítání pomocí rovnice (1) získáme součinitele prostupu tepla  $U = 1,089 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Zpřísnění přichází v roce 1994, kdy se požadovaná hodnota tepelného odporu zvýšila na hodnotu  $0,8 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ , doporučená hodnota tepelného odporu měla hodnotu  $1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ . Obě hodnoty jsem zvolil pro rozdíl vnitřní a venkovní výpočtové teploty od  $10$  do  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  včetně, ve kterém byly takto stanoveny, tento interval je dán vnější návrhovou teplotou pro zeminu  $t_e = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po převodu získáme hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$ .

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pak byla  $1,033 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  a hodnota doporučená  $0,731 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Větší zpřísnění tepelně technických požadavků na podlahovou konstrukci přišlo v roce 2002, kdy požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla klesla téměř o polovinu hodnoty z roku 1994, konkrétně na hodnotu  $0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Doporučená hodnota klesla na hodnotu  $0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Tyto hodnoty zůstaly stejné i po změně 2. části normy ČSN 73 0540 v roce 2005. Další změna přišla s novelizací normy v 2007. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla klesla na  $0,45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  a doporučená na  $0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Hodnoty z roku 2007 jsou platné i v současné době. Opět uvedu pro srovnání hodnoty pro pasivní budovy z roku 2011, pro které se doporučená hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  pohybuje v rozmezí  $0,22$  až  $0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Současná požadovaná hodnota je o 59 procent nižší než hodnota z roku 1979. Doporučená hodnota je pak o 72 procent nižší. Vývoj součinitele prostupu tepla  $U$  pro podlahovou konstrukci přilehlou k zemině je shrnut v grafu 2.3.

Graf 2.3 Vývoj tepelně technických požadavků pro podlahovou konstrukci přilehlou k zemině





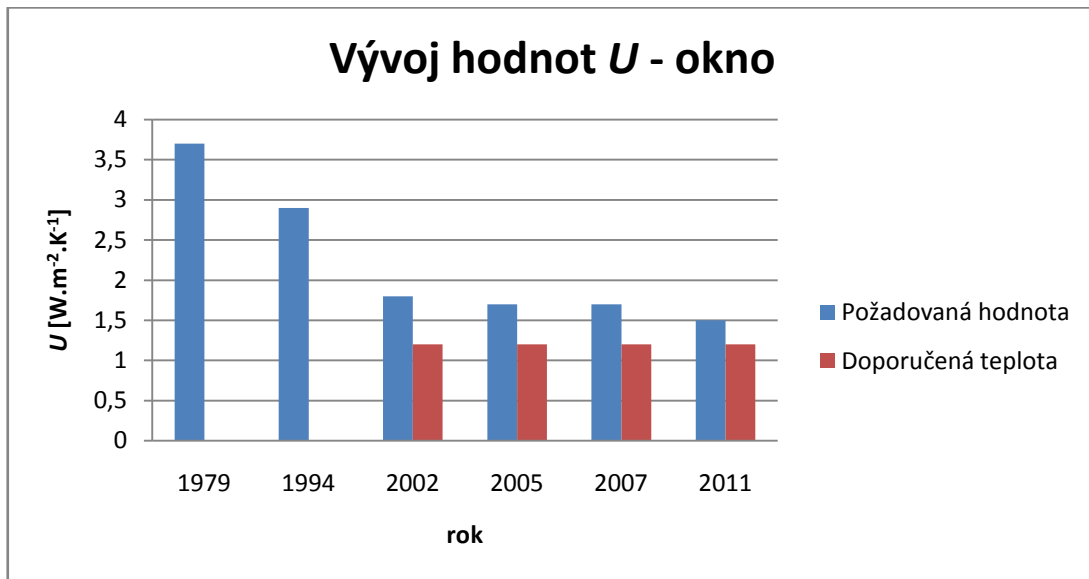
### 2.3.4 Okno

U oken se udává hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  už od roku 1979, na rozdíl od jiných konstrukcí, pro které se až do roku 2002 jako hodnotící veličina udával tepelný odpor konstrukce. V roce 1979 měl součinitel prostupu tepla pro okna hodnotu  $3,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Změna přišla v roce 1994, kdy hodnota klesla na  $2,9 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Tato hodnota byla stanovena pro rozdíl vnitřní a venkovní výpočtové teploty do  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hodnotu odpovídající intervalu výpočtových teplot do  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  jsem vybral s ohledem na praktické výpočty v další části této práce. V roce 2002 se hodnota součinitele prostupu tepla snížila na  $1,8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , což je poloviční hodnota oproti roku 1979. Tato hodnota byla požadovaná, za doporučenou byla stanovena hodnota  $U = 1,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Další změna tepelně technických požadavků u oken přichází v roce 2005. V tomto roce byl součinitel prostupu tepla roven hodnotě  $1,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Změna se týkala pouze hodnoty požadované, doporučená hodnota zůstala na stejné hodnotě jako v roce 2002. Tyto hodnoty nebyly změněny ani po novelizaci normy ČSN 73 0540 z roku 2007.

Naposledy změněná a také v současnosti platná hodnota součinitele prostupu tepla pro okenní konstrukci je  $1,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Doporučená hodnota zůstává stále na hodnotě  $1,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .

U oken je vidět velmi markantní zpřísnění požadavků na jejich tepelně technické vlastnosti. Tento trend je spojen jak s požadavky na tepelnou ochranu budov, tak především s technickým a konstrukčním vývojem oken. S ohledem na tepelnou ochranu budov, je trend zpřísnování pochopitelný, právě přes okna jsou u budov nezanedbatelná tepelné ztráty. Srovnání vývoje hodnot součinitele prostupu tepla  $U$  pro okna je uvedeno v grafu 2.4. Za zmínku ještě stojí doporučená hodnota  $U$  pro pasivní budovy, která se pohybuje v rozmezí  $0,8$  až  $0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .

Graf 2.4 Vývoj tepelně technických požadavků pro okna



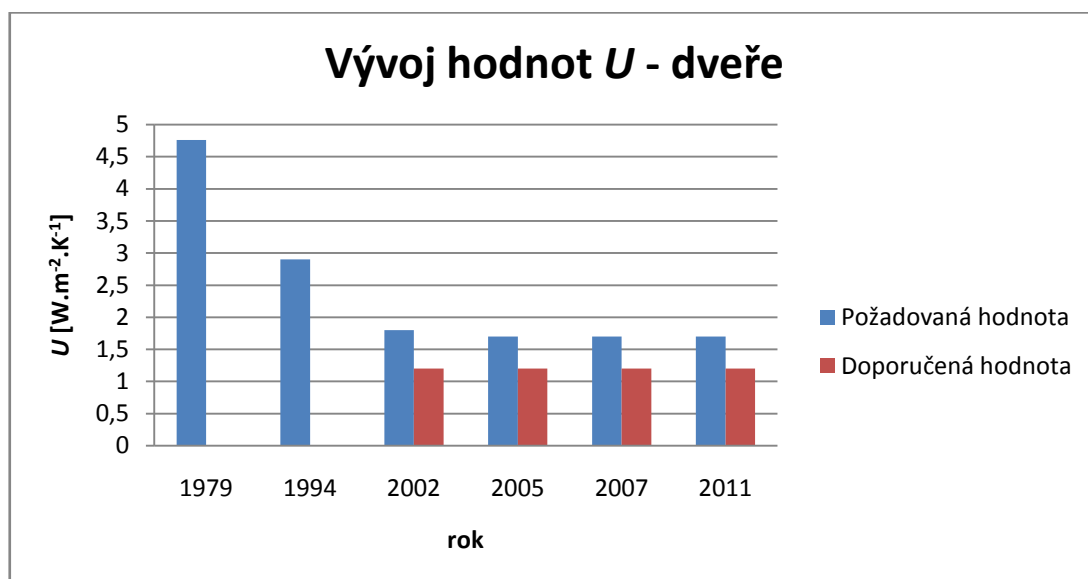
### 2.3.5 Dveře

Stejně jako tomu bylo u oken, tak i pro dveře byla stanovena hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  již v roce 1979. Pro dveře byla požadovaná hodnota  $U = 4,76 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . V roce 1994 byla snížena na stejnou hodnotu jako pro okna tedy na  $2,9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Hodnota byla opět stanovena pro rozdíl vnitřní a venkovní výpočtové teploty do  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . V roce 2002 došlo ke zpřísnění požadavků a součinitel prostupu tepla měl hodnotu  $1,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , tato hodnota byla požadovaná. Doporučený součinitel prostupu tepla byl stanoven stejný jako pro okna, tudíž na  $U = 1,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Podobně jako u oken, i u dveří klesla v roce 2005 požadovaná hodnota  $U$  na  $1,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro dveře zůstala na hodnotě z roku 2002. Hodnoty z roku 2005 zůstaly v platnosti až do současnosti, změny po novelizacích z roku 2007 a 2011 se jich netýkaly.

Z výše uvedených hodnot je patrné, že i pro dveře se v průběhu let tepelně technické požadavky výrazně zpříšňovaly. Požadovaná hodnota, která dnes platí je téměř třikrát menší než v roce 1979 a doporučená hodnota součinitele prostupu tepla je dokonce čtyřikrát menší.

Pro porovnání ještě uvedu doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy, pro dveře je tentokrát jeho hodnota  $0,9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Celkový vývoj součinitele prostupu tepla pro dveře je zobrazen v grafu 2.5.

Graf 2.5 Vývoj tepelně technický požadavků pro dveře



### 3 Výpočet tepelné ztráty budovy

V této části práce se budu zabývat výpočtem tepelné ztráty konkrétní budovy. Tepelnou ztrátu stanovím na základě normy ČSN 06 0210. Pomocí této normy stanovím tepelné ztráty v závislosti na vývoji tepelně technických požadavků pro dané konstrukce, tedy dle vývoje požadavků na tepelný odpor konstrukce  $R$ , resp. součinitele prostupu tepla  $U$ . Za výchozí hodnoty tepelného odporu, resp. součinitele prostupu tepla, budu uvažovat hodnoty z roku 1979. Následně provedu výpočty pro daná období až do současnosti. Časová období odpovídají vždy změnám, nebo novelizacím normy ČSN 73 0540, konkrétně části 2 této normy. Změny tepelně technických požadavků pro konkrétní konstrukce v daných obdobích jsou již uvedeny v kapitole 2.3.

#### 3.1 Specifikace objektu

Budova, pro kterou provedu výpočet tepelné ztráty, je přízemní stavba se sedlovou střechou. Objekt je vidět na obrázku 1.1. Obývaná je pouze přízemní část budovy, čili půdní prostor není určen k trvalému pobytu osob. Stavba je obdélníkového půdorysu o rozměrech 12,5 x 10 m. Světlá výška stropu je 2,5 m, tloušťka stropu je 0,3 m. V obvodových stěnách, o tloušťce 0,4 m, je pět oken o rozměrech 1,5 x 1,5 m, jedno okno o rozměrech 0,8 x 1,2 m a jedno okno o rozměrech 0,6 x 0,6 m. Ve vnější stěně jsou také vstupní dveře o rozměrech 2,1 x 0,9 m. Všechny rozměry a polohy oken a dveří jsou vidět v příloze č. 002, eventuálně na obr. 1.2.

Vnitřní uspořádání pokojů je vidět v příloze č. 001. Jelikož budu provádět výpočet tepelné ztráty pro celou budovu obálkovou metodou, jsou podstatné především rozměry celé budovy, tj. obvodového pláště stavební konstrukce.

### 3.2 Výpočet tepelné ztráty objektu obálkovou metodou dle ČSN 06 0210

Pro stanovení celkové tepelné ztráty obálky budovy  $\dot{Q}_C$  [W] musíme určit tepelnou ztrátu prostupem a také tepelnou ztrátu větráním. Celková tepelná ztráta je pak dána vztahem

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_P + \dot{Q}_V - \dot{Q}_Z, \quad (2)$$

kde  $\dot{Q}_P$  je tepelná ztráta prostupem [W];

$\dot{Q}_V$  tepelná ztráta větráním [W];

$\dot{Q}_Z$  trvalý tepelný zisk.

Trvalé tepelné zisky jsou spojeny především s teplem získaným od technologií. Jelikož budova není určena jako např. výpočetní centrum, můžeme trvalé tepelné zisky během zimního období zanedbat a ve výpočtech s nimi nepočítat.

Dále budu postupovat dle metodiky normy ČSN 06 0210, čili nejprve stanovím tepelnou ztrátu prostupem a následně i větráním.

#### 3.2.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelnou ztrátu prostupem tepla  $\dot{Q}_P$  [W] určíme pomocí vztahu

$$\dot{Q}_P = \dot{Q}_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3), \quad (3)$$

kde  $\dot{Q}_0$  je základní tepelná ztráta prostupem tepla [W];

$p_1$  přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-];

$p_2$  přírážka na urychlení zátoku [-];

$p_3$  přírážka na světovou stranu [-].

Nejprve stanovím základní tepelnou ztrátu prostupem a následně určím opravné součinitele  $p_1$ ,  $p_2$  a  $p_3$ .

**Výpočet základní tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_0$** 

Základní tepelná ztráta prostupem je dána součtem dílčích tepelných toků prostupem tepla v ustáleném stavu konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost od venkovního prostředí. Základní tepelná ztráta prostupem je tedy dána vztahem

$$\dot{Q}_0 = \sum_{j=1}^{j=n} U_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{e,j}), \quad (4)$$

kde  $U_j$  je součinitel prostupu tepla konkrétní konstrukce [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ];  
 $S_j$  plocha ochlazované části konstrukce [ $\text{m}^2$ ];  
 $t_i$  výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $t_{e,j}$  výpočtová teplota prostředí na venkovní straně konstrukce [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  pro konkrétní konstrukce odpovídají hodnotám uvedeným v kapitole 2.3. Plochou ochlazované části je myšlena vnější plocha konstrukce (včetně rohů). Hodnoty  $S_j$  jsou uvedeny v tabulce č. 3.2. Hodnoty výpočtové teploty prostředí na venkovní straně konstrukce jsou uvedeny v tab. 3.3.

Pro stanovení výpočtové vnitřní teploty pro celou budovu použijeme hodnoty výpočtových vnitřních teplot jednotlivých místností. Výpočtové vnitřní teploty místností vztáhneme ještě na jednotlivé objemy daných místností. Výpočtovou vnitřní teplotu pak stanovíme pomocí vztahu

$$t_i = \frac{\sum V_k \cdot t_k}{\sum V_k}, \quad (5)$$

kde  $t_k$  je výpočtová vnitřní teplota konkrétní místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $V_k$  objem konkrétní místnosti [ $\text{m}^3$ ].

Hodnoty  $t_k$  jsou uvedeny v příloze č. 001 a jsou stanoveny na základě tabulky A.3 z normy ČSN 06 0210. Hodnoty  $V_k$  jsou vypočítány na základě přílohy č. 001 a jsou uvedeny v tabulce č. 3.1.

Tab. 3.1 Hodnoty objemu konkrétních místností  $V_k$ 

č. místnosti	$V_k$ [m <sup>3</sup> ]
101	68,330
102	44,439
103	34,533
104	32,798
105	16,125
106	30,938
107	12,422
108	5,250

Výpočtová vnitřní teplota budovy dle vztahu (5) a hodnot určených dle přílohy č.001 je  $t_i = 19,87$  °C.

Tab. 3.2 Velikost plochy ochlazované části konstrukce  $S_j$ 

Konstrukce	$S_j$ [m <sup>2</sup> ]
okna	12,57
dveře	1,89
stěny	111,54
podlaha	125,00
strop	125,00

Hodnoty  $S_j$  jsou stanoveny na základě přílohy č. 001 a specifikace budovy a konstrukcí v kap. 3.1.

Tab. 3.3 Hodnoty výpočtové teploty prostředí na venkovní straně konstrukce jsou  $t_{e,j}$ 

	$t_{e,j}$
zemina	5
vnější vzduch	-12
půdní prostor	-3

Hodnoty základní tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_0$  pro požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  v daných letech jsou uvedeny v tabulce č. 3.4.

Tab. 3.4 Hodnoty základní tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_0$ 

rok	$\dot{Q}_0$ [W] pro $U$ požadované	$\dot{Q}_0$ [W] pro $U$ doporučené
1979	9 749	-
1994	5 796	4 485
2002	4 153	2 757
2005	4 106	2 757
2007	3 828	2 571
2011	3 463	2 571

### Výpočet přírážek $p_1, p_2$ a $p_3$

#### Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí $p_1$

Tato přírážka vyrovnává vliv ochlazovaných konstrukcí na teplotu vzduchu uvnitř místnosti. Vliv ochlazovaných konstrukcí je především pokud je jejich povrchová teplota nižší než výpočtová vnitřní teplota místnosti  $t_i$ . Přírážka  $p_1$  umožňuje jakési navýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí byla v místnosti dosažena právě požadovaná výpočtová vnitřní teplota. Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti  $U_c$ . Tento součinitel se stanoví pomocí následujícího vztahu

$$U_c = \frac{\dot{Q}_0}{\sum S \cdot (t_i - t_e)}, \quad (6)$$

kde  $\sum S$  je celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost [ $\text{m}^2$ ];  
 $t_i$  výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ];  
 $t_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Hodnota celkové plochy konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost  $\sum S = 319,78 \text{ m}^2$ .

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí se pak určí pomocí vztahu

$$p_1 = 0,15 \cdot U_c, \quad (7)$$



**Přirážka na urychlení zátoku  $p_2$** 

Tato přirážka se uvažuje pouze v případě, kdy ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Za normálních okolností se s přirážkou na urychlení zátoku nepočítá. Pro budovy se samostatnou kotelnou na tuhá paliva se stanoví v závislosti normy ČSN 06 0210. Pro další výpočty nebude tuto přirážku uvažovat.

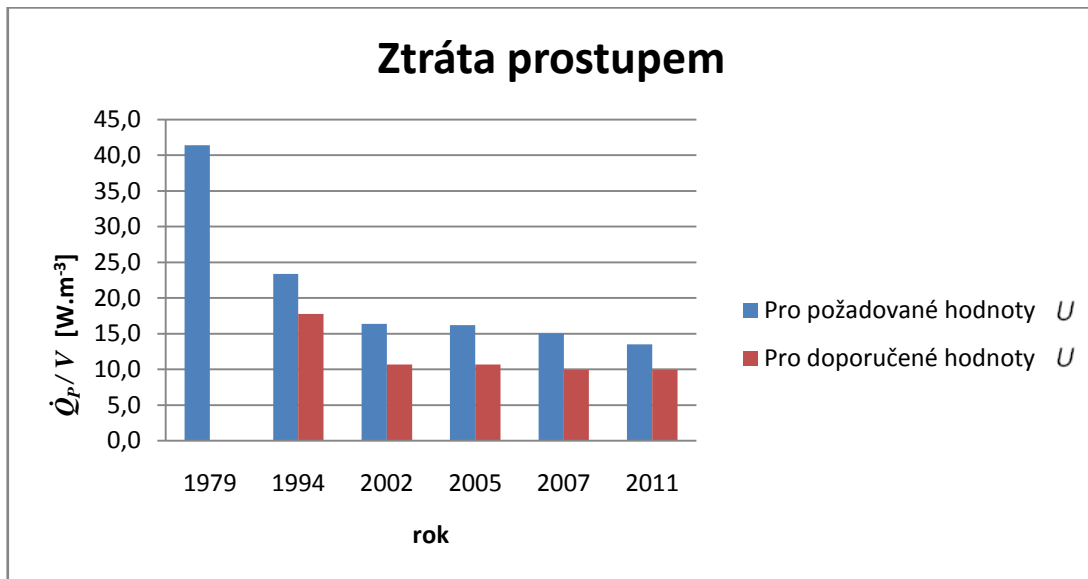
**Přirážka na světovou stranu  $p_3$** 

Tato přirážka se stanoví dle tabulky A.8 v normě ČSN 06 0210. O její výši rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při daných rozměrech a poloze budovy dle přílohy č. 002 lze konstatovat, že součet přirážky na světovou stranu jednotlivých konstrukcí vyjde nulový, proto ani přirážku  $p_3$  pro výpočet celková tepelné ztráty prostupem neuvažují.

Hodnoty tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_P$  vypočítané pomocí vztahu (3) jsou uvedeny v tabulce č 3.5. V grafu č. 3.1 jsou znázorněny hodnoty tepelné ztráty prostupem vztažené na vnitřní objem místnosti (budovy). Jak z hodnot v tabulce č. 3.5 tak z grafu č. 3.1 můžeme vidět, že tepelná ztráta prostupem se pro doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  v rozmezí let 2002 až 2005 a 2007 až 2011 nemění. To je způsobeno stejnými hodnotami doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro konkrétní konstrukce během změn normy ČSN 73 0540 ve výše uvedených letech.

Tab. 3.5 Hodnoty tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_P$

rok	$\dot{Q}_P$ [W] pro požadované $U$	$\dot{Q}_P$ [W] pro doporučené $U$
1979	11 148	-
1994	6 291	4 781
2002	4 406	2 868
2005	4 355	2 868
2007	4 043	2 668
2011	3 640	2 668

Graf 3.1 Vývoj hodnot tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_P$ 

### 3.2.2 Tepelná ztráta místnosti větráním

Tepelnou ztrátu větráním můžeme rozdělit na tepelnou ztrátu větráním  $\dot{Q}_{V,v}$  [W], danou potřebnou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$  [ $h^{-1}$ ], a na tepelnou ztrátu infilrací  $\dot{Q}_{V,inf}$  [W]. Tyto ztráty se liší v objemovém průtoku větracího vzduchu  $\dot{V}_v$  [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]. Pokud je objemový průtok větracího vzduchu při přirozeném větrání větší, než je hodnota objemového průtoku pro požadovanou intenzitu výměny vzduchu, tak do celkové tepelné ztráty místnosti (objektu) za tepelnou ztrátu větráním bereme právě hodnotu tepelné ztráty přirozeným větráním. Když přirozené větrání nezaručí dostatečnou výměnu vzduchu v místnosti, bereme jako tepelnou ztrátu větráním hodnotu danou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$ . Zjednodušeně lze říci, že za tepelnou ztrátu místnosti větráním bereme vždy větší z hodnot  $\dot{Q}_{V,v}$  a  $\dot{Q}_{V,inf}$ .

**Tepelná ztráta větráním dána intenzitou výměny vzduchu  $n_h$** 

Tato tepelná ztráta je pro danou intenzitu výměny vzduchu,  $n_h = 0,5 \text{ h}^{-1}$ , v čase neměnná a je dána vztahem

$$\dot{Q}_{V,v} = \dot{V}_{V,v} \cdot 1300 \cdot (t_i - t_e), \quad (8)$$

kde  $\dot{V}_{V,v}$  je objemový průtok větracího vzduchu daný intenzitou výměny vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];

1300 hodnota objemové tepelné kapacity vzduchu  $c_v$  [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ ] při teplotě  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

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

$t_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^\circ\text{C}$ ].

Velikost objemového průtoku větracího vzduchu daného intenzitou výměny vzduchu určíme pomocí vztahu

$$\dot{V}_{V,v} = \frac{n_h \cdot V}{3600}, \quad (9)$$

kde  $V$  je vnitřní objem místnosti (objektu) [ $\text{m}^3$ ].

Pro všechna období, pro která určíme tepelnou ztrátu, vychází tepelná ztráta větráním dána intenzitou výměny vzduchu  $n_h$  ( $n_h = 0,5 \text{ h}^{-1}$ )  $1548 \text{ W}$ . Po vztažení na vnitřní objem místnosti získáme hodnotu  $5,8 \text{ W m}^{-3}$ .

**Tepelná ztráta přirozeným větráním (infiltrací)**

Tepelná ztráta infiltrací je závislá na objemovém průtoku vzduchu, který na základě tlakového spádu vniká do místnosti přes netěsnosti výplní otvorů ve vnější stěně. Tepelná ztráta infiltrací  $\dot{Q}_{V,inf}$  je dána vztahem

$$\dot{Q}_{V,inf} = \dot{V}_{V,inf} \cdot 1300 \cdot (t_i - t_e), \quad (10)$$

kde  $\dot{V}_{V,inf}$  je objemový tok větracího vzduchu při infiltraci [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];

1300,  $t_i$  a  $t_e$  stejné jako ve vztahu (8)

Můžeme si všimnout že vtahy pro stanovení tepelné ztráty větráním  $\dot{Q}_{V,v}$  a  $\dot{Q}_{V,inf}$  jsou stejné, jediné v čem se liší je právě určení objemového průtoku větracího vzduchu. Objemový průtok větracího vzduchu pro infiltraci je dán vztahem

$$\dot{V}_{V,inf} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M, \quad (11)$$

kde  $i_{LV}$  je součinitel spárové průvzdušnosti [ $m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$ ];

$L$  délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří [m];

$B$  charakteristické číslo budovy [ $Pa^{0,67}$ ];

$M$  charakteristické číslo místnosti [-].

Charakteristické číslo budovy závisí na velikosti rychlosti větru, která je volena podle polohy budovy vzhledem ke krajině. Rozlišuje se poloha chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá. Také záleží na poloze objektu vzhledem k okolním budovám, zda se jedná o řadovou budovu, či osaměle stojící. Hodnoty charakteristického čísla budovy  $B$  se volí dle tabulky A.4 normy ČSN 06 0210. Pro mnou řešený objekt je  $B = 8 Pa^{0,67}$ .

Charakteristické číslo místnosti  $M$  závisí na poměru průvzdušností oken a vnitřních dveří a stanoví se na základě tabulky A.5 normy ČSN 06 0210. Jelikož řeším celý objekt pomocí obálkové metody, tedy že celý objekt je z pohledu tepelných ztrát brán jako jedna místnost, jsou pro volbu charakteristického čísla místnosti  $M$  vstupní dveře zároveň dveřmi vnitřními.

Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  jsou dány výrobcí oken a dveří. Jeho hodnota se během let poměrně razantně snížila i o dva řády. Díky dřívějším velkým hodnotám součinitele spárové průvzdušnosti stačila infiltrace pro dostatečnou výměnu vzduchu v místnosti, potažmo v budově. Dnešní okna a dveře již díky své těsnosti nezajišťují dostatečnou výměnu vzduchu, proto je nutné zajistit výměnu vzduchu v místnosti jinak. Možné je využití větracích klapek či mřížek.

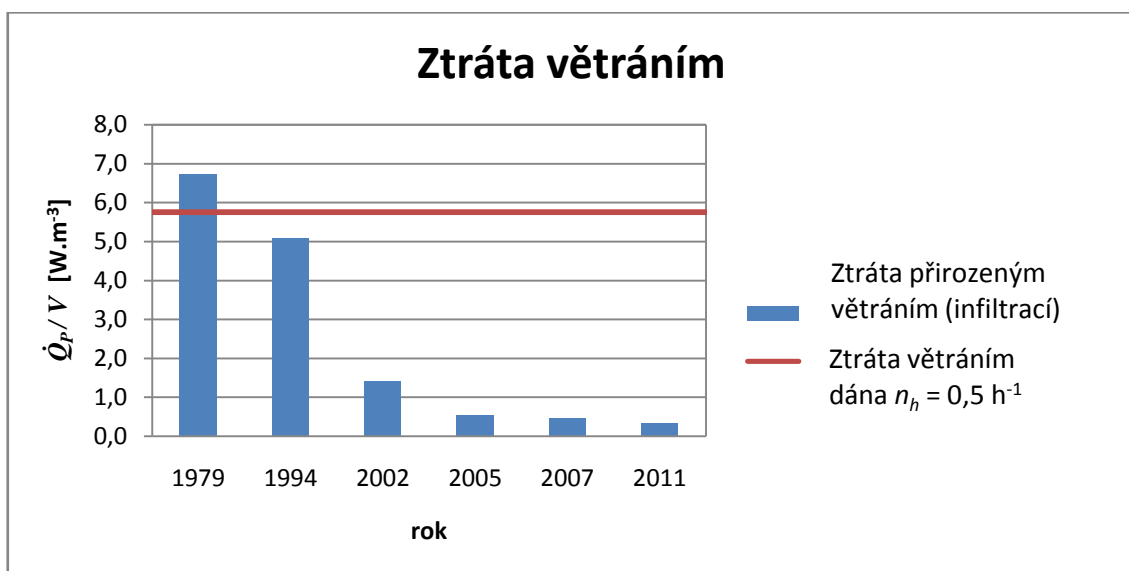
Hodnoty tepelné ztráty přirozeným větráním jsou uvedeny v tabulce č. 3.6.

Tab. 3.6 Vývoj hodnot tepelných ztrát infiltrací

rok	$\dot{Q}_{V,inf}$ [W]
1979	1 814
1994	1 366
2002	381
2005	148
2007	126
2011	92

Výsledné hodnoty obou tepelných ztrát větráním vtažené na objem vnitřního objemu budovy jsou graficky znázorněny v grafu č. 3.2. Z grafu je patrné, že od roku 1994 už infiltrace nesplňuje požadavek na výměnu vzduchu v místnosti. Z grafu můžeme také určit jakou hodnotu budeme uvažovat do celkové tepelné ztráty  $\dot{Q}_C$ . Jak bylo již výše uvedeno uvažujeme vždy hodnotu vyšší z tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty dané potřebnou intenzitou výměny vzduchu. Tedy pouze v roce 1979 bereme hodnotu tepelné ztráty infiltrací. Od roku 1994 do celkové tepelné ztráty budovy uvažujeme tepelnou ztrátu větráním danou požadovanou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$ .

Graf 3.2 Hodnoty tepelné ztráty větráním



### 3.2.3 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta budovy je dle ČSN 06 0210 dána vztahem (2), v tomto vztahu neuvažují trvalé tepelné zisky. Výsledná tepelná ztráta je pak dána součtem tepelné ztráty prostupem  $\dot{Q}_P$  a větráním  $\dot{Q}_V$ . Po provedení tohoto součtu pro každé období, získáme hodnoty celkové tepelné ztráty uvedené v tabulce č. 3.7.

Tab. 3.7 Vývoj hodnot celkové tepelné ztráty řešeného objektu

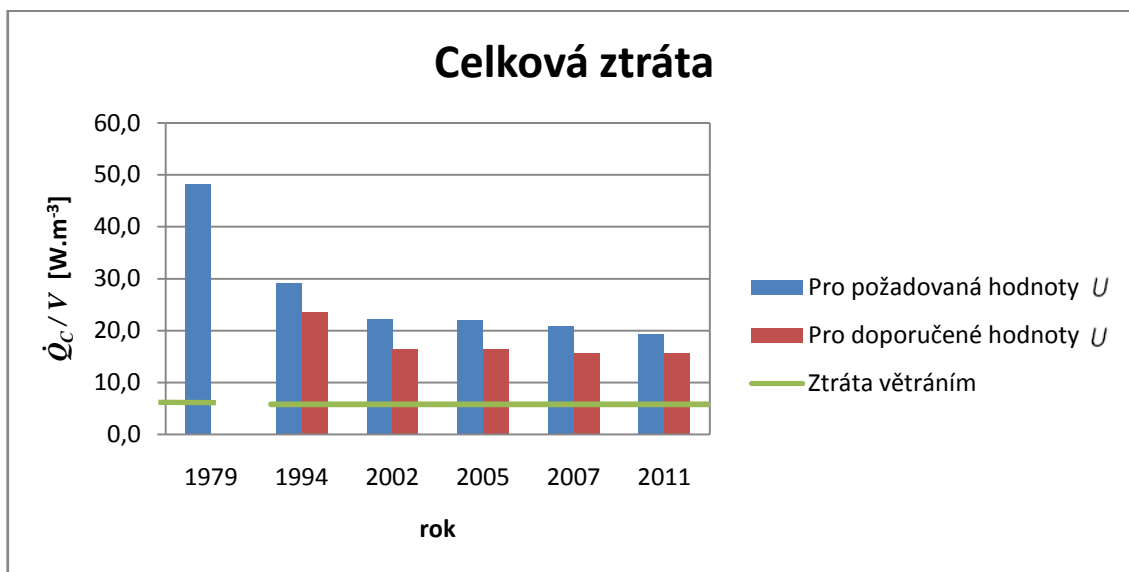
rok	$\dot{Q}_C$ [W] pro požadované $U$	$\dot{Q}_C$ [W] pro doporučené $U$
1979	12 962	-
1994	7 839	6 329
2002	5 954	4 416
2005	5 903	4 416
2007	5 591	4 216
2011	5 188	4 216

Z tabulky je patrné, že tepelné ztráty budovy během let klesají. To odpovídá trendu snižování tepelné náročnosti objektů, čili zpřísňování tepelně technických požadavků na stavební konstrukce. Největší změny můžeme pozorovat v roce 1994 a 2002. To platí i pro celkovou tepelnou ztrátu objektu pro doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  při změně normy v roce 2002. Rozdíl v hodnotách pro další období už není tak razantní, což je způsobeno už jen mírnými úpravami požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro dané konstrukce při změnách normy ČSN 73 0540 v letech 2005, 2007 a 2011.

Pokud srovnáme celkové tepelné ztráty v roce 1979 a 2011 pro požadované hodnoty součinitele prostupu tepla zjistíme, že pokles je téměř o 60 % z hodnoty v roce 1979. Tento rozdíl je poměrně značný a odráží již výše zmíněné fakty, jako technické zdokonalení stavebních konstrukcí a samozřejmě kontinuální zpřísňování tepelně technických požadavků na stavební konstrukce.

Celková tepelná ztráta je pro doporučené hodnoty  $U$  v letech 2002 a 2005, resp. 2007 a 2011, stejná. To je způsobeno neměnnými hodnotami právě doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla při změnách normy ČSN 73 0540 v těchto letech. Graficky jsou celkové tepelné ztráty znázorněny v grafu č. 3.3. V grafu jsou výsledné hodnoty vztaženy na vnitřní objem objektu.

Graf 3.3 Hodnoty celkové tepelné ztráty.



## 4 Zateplovací systémy

Zateplovací systémy jsou dnes ve velké míře používány ke snížení tepelných ztrát budov. Využívají se především ke snížení tepelné náročnosti starších objektů při jejich rekonstrukci. U novostaveb se dají využít pro realizaci tzv. pasivních budov. Ve všech případech pomáhají zateplovací systémy snížit náklady na vytápění. Snížení nákladů je v dnešní době jeden z hlavních důvodů, proč jsou zateplovací systémy v tak velké míře využívány.

Ekonomické hledisko není jediným důvodem pro zateplení objektu a možná není ani tím nejdůležitějším. K zateplení objektu vedou především technické důvody. Jedním z nejdůležitějších je odstranění kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu konstrukcí. Tato kondenzace je hlavní příčinou vzniku hnilob a plísní v objektu. Kondenzaci je zabráněno především zvýšením povrchové teploty konstrukce díky zateplení. Dále se sníží teplotní roztažnost původní konstrukce, čili nedochází k takovému namáhání. Je také zajištěna ochrana před okolním prostředím pro původní konstrukci. Samozřejmostí je zlepšení tepelné pohody uvnitř objektu, jak během otopné období tak i v letních měsících, kdy nedochází k takovému přehřívání vnitřních prostor. Také lze částečně ovlivnit architekturu stávajícího objektu. Po zateplení je možné využít i jiné než klasické zdroje tepla, jako např. tepelné čerpadlo, solární systémy či zdroje o menším výkonu než byl zdroj původní. [4]

Zateplují se jak stěnové, tak i střešní konstrukce. Dá se zateplovat nejen vnější, ale také vnitřní konstrukce. Převážně se zateplují vnější obvodové pláště a střešní konstrukce.



#### 4.1 Rozdělení zateplovacích systémů

Zateplovací systémy se dají dělit podle mnoha kritérií. Lze je rozdělit dle použitého materiálu, druhu a tvaru výrobku a nebo dle konstrukčního řešení.

##### 4.1.1 Rozdělení dle použitého materiálu

Materiálů používaných pro izolační účely bylo a je mnoho. Používají se syntetické i přírodní materiály. Historicky byly nejpoužívanější především přírodní materiály, jako sláma, rákos, hlína či dřevo. Dnes se nejvíce používají materiály, jako polystyren a minerální vlna.

Příklady používaných materiálů: [5]

- minerální vlákna
- skleněná vlákna, pěněné sklo
- keramická vlákna
- pěnový polystyrén, extrudovaný polystyrén
- pěnové polyuretany
- pěnové pryskyřice
- pěněný kaučuk
- dřevotříska, dřevovláknové materiály, piliny
- korek
- drcený papír, voštinové desky
- celulózová vlákna
- sláma, konopí
- ovčí vlna
- bavlna

V poslední době se také objevují materiály na bázi vakuové technologie. U klasických materiálů je základním izolantem vzduch, proto je cílem klasických technologií materiál s co největším obsahem vzduchu. Ve vakuové izolaci je vzduch odsán a tím je docíleno potlačení vedení tepla právě v uzavřeném objemu vzduchu. Strukturu výrobků tvoří například oxid křemičitý. Po odčerpání vzduchu je důležitý vzduchotěsný obal základního materiálu. Vakuová izolace se vyrábí jako desky o velmi malých tloušťkách od 2 do 8 cm. [6]

#### 4.1.2 Rozdělení dle druhů a tvarů výrobků

Podobně jako u materiálů je i mnoho podob výrobků tepelných izolací. Výrobci vyrábějí mnoho výrobků různých podob, ale dle tvaru můžeme rozdělit výrobky do tří hlavních skupin. [5]

- desky
- rohože
- volné (sypané) materiály

Desky mohou mít také povrchovou úpravu. Díky povrchové úpravě jsou zlepšeny mechanické vlastnosti materiálu. Mohou být použity tenké kovové fólie, stříkané či nátěrové hmoty, nebo různé textilie. [5]

Rohože mohou mít také povrchové úpravy, kromě nich můžou být použity vnitřní nosiče, jako syntetická pletiva, kovové či polyetylenové fólie. [5]

Volně sypané materiály se uzavírají do pytlů, které jsou různě tvarované. Vznikají tak jakési matrace. [5]

#### 4.1.3 Rozdělení dle konstrukčního řešení

U zateplování stěn, především obvodových, rozeznáváme dva hlavní typy konstrukčního řešení zateplení objektu. [7]

- kontaktní zateplovací systém (ETICS)
- odvětrávaný zateplovací systém

Kontaktní zateplovací systémy, neboli ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems), jsou u nás nejpoužívanější variantou zateplovacích systémů. Princip kontaktního zateplovacího systému spočívá v nalepení tepelné izolace přímo na povrch základní zatepované konstrukce. Na izolační vrstvu je následně nanášena, opět kontaktním způsobem, konečná povrchová úprava, většinou se jedná o tenkovrstvou omítku s výstužnou tkaninou. Pro mnohé je hlavní výhodou tohoto způsobu nižší pořizovací cena, než je tomu u odvětrávaného systému zateplení. Kromě ekonomického hlediska jsou dalšími výhodami menší tloušťka při stejných izolačních vlastnostech a omezení tepelných mostů, které jsou způsobeny kotvicími prvky u odvětrávaného systému. Velkou nevýhodou jsou horší difuzní vlastnosti, díky kterým mohou nastat problémy s odvodem vlhkosti z povrchu stěnové konstrukce do okolního prostředí. [7]

Odvětrávané zateplovací systémy, neboli provětrávané fasády, mají takřka opačné výhody a nevýhody. Pořizovací cena je mnohdy vyšší, celková tloušťka systému bývá větší a jsou zde problémy s tepelnými mosty. Znatelnou výhodou je ale téměř zaručený odvod vlhkosti a tedy zabránění znehodnocení původní konstrukce. Princip realizace se od kontaktních zateplovacích systémů znatelně liší. Na původní zateplovanou konstrukci je znovu umístěna tepelná izolace, na rozdíl od kontaktních systémů je důležité, aby měl materiál tepelné izolace nízký difuzní odpor, tedy aby jí mohla dobře prostupovat vlhkost. Po vytvoření izolační vrstvy se na předem připravený kotevní systém upevní ochranná povrchová vrstva. Pomocí kotevního systému je mezi tepelnou izolací a povrchovou vrstvou vytvořena vzduchová mezera, kterou může vlhkost odcházet z interiéru do okolního prostředí. Povrchová vrstva chrání tepelnou izolaci, před nepříznivými vlivy počasí. [7]

O konkrétních materiálech a podrobnějších konstrukčních řešeních, používaných při realizaci obou systémů, bude pojednáno v následujících kapitolách.

## 4.2 Kontaktní zateplovací systémy

Tento zateplovací systém u nás nabízí velké množství výrobců. Každý výrobce nabízí všechny potřebné komponenty pro daný systém a tyto komponenty jsou vyráběny tak, aby se jednoduše nedaly nahradit výrobky konkurence. Při nahrazení mohou nastat funkční problémy. Pro kvalitní funkci systému je proto nutné zakoupit vše právě od jednoho výrobce. Příklady některých konkrétních systémů budou uvedeny níže.

U nás se v dnešní době používají výhradně dva typy tepelné izolace, jedná se o pěnový polystyren a o minerální vatu. Výhodou minerální vaty je její nehořlavost, ale je o něco dražší než polystyren. Pro kotvení izolační vrstvy se používá lepidlo a hmoždinky. Hmoždinky mohou být buď zatloukací a nebo s vrutem. Jako kotvící prvky izolační vrstvy lze použít i lišty, ale mnohem více se používají výše uvedené hmoždinky, především zatloukací. Povrchová vrstva systému je pak zpravidla tvořena vrstvou lepidla na izolačním prvku, do tohoto lepidla je vtačena výstužná tkanina. Lepidlo se následně natře penetračním nátěrem a je natažena finální omítka. Pro zarovnání okrajů se používají kovové lišty, které jsou připevněny k základní konstrukci. Někdy se používají také dilatační lišty. Všechny tyto lišty se instalují před nanášením lepidla a výstužné tkaniny, a to buď před upevněním izolačních prvků a nebo během upevňování. [7]

Omítka bývá poměrně tenká a proto není celý systém moc odolný proti mechanickému poškození. K poškození může dojít neopatrným pohybem v blízkosti konstrukce, či dokonce od ptáků, kteří si můžou hledat v "dutém" prostoru potravu a nebo si zde stavět své obydlí. K lepší ochraně se dají pořídit i omítky o větší vrstvě, které odolají většímu mechanickému namáhání, ale jejich cena je vyšší. [7]

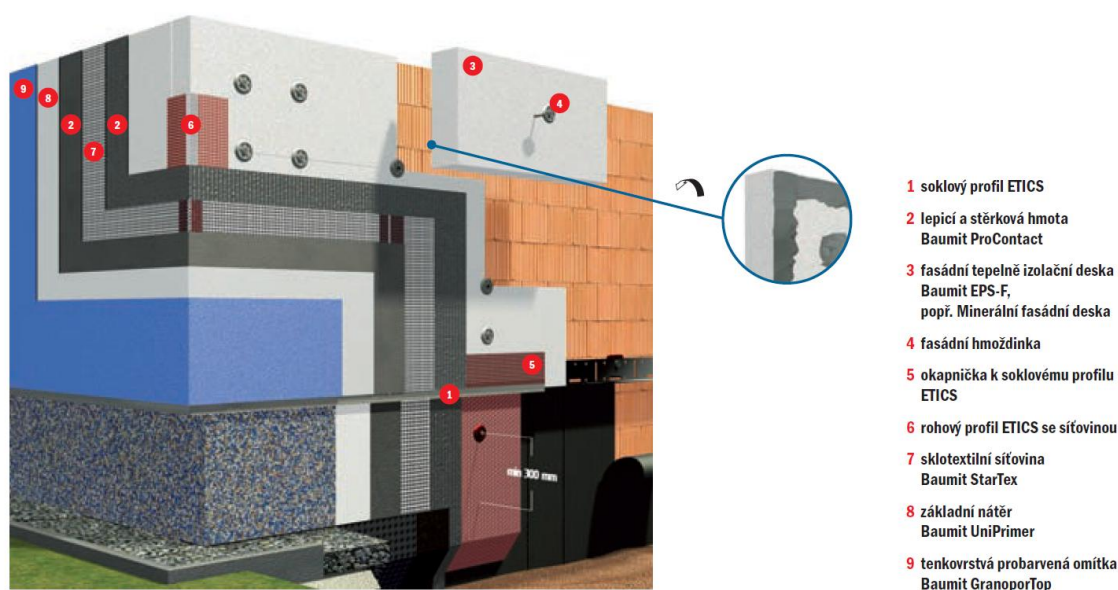
### 4.2.1 Konkrétní příklady kontaktních zateplovacích systémů

Jak již bylo uvedeno, v dnešní době je na našem trhu mnoho výrobců a distributorů kontaktních zateplovacích systémů. V této části uvedu několik příkladů zateplovacích systémů, které jsou k dostání na našem trhu.

## Baumit Pro

Jedním z příkladů může být zateplovací systém Baumit PRO od firmy Baumit. Jedná se o klasický kontaktní zateplovací systém vhodný pro všechny druhy staveb. Dle výrobce je to skvělé řešení v poměru cena - výkon. Jako izolační prvek slouží desky z fasádního polystyrenu (EPS), lze je nahradit minerálními deskami. Kompletní složení je vidět na obrázku č. 4.1. Kromě tohoto systému nabízí výrobce i jiné varianty, dokonce i kontaktní zateplovací systém se zvýšenou paropropustností nazvaný Baumit open. [8]

Pokud se podíváme na finanční stránku tohoto zateplovacího systému, musíme nejprve zvolit izolační materiál. Zvolíme-li fasádní polystyren dostaneme se na částku 489 Kč za m<sup>2</sup>, při variantě s minerálními deskami vzroste cena na 627,- Kč. Pro porovnání uvedu ještě cenu systému Baumit open, kde je základní cena 657,- Kč za m<sup>2</sup>. [9]



Obr. 4.1 Konstrukce zateplovacího systému Baumit Pro [8]

### Cemix THERM P BASIC SILVER

Další možností je zateplovací systém od firmy Cemix s izolantem z pěnového polystyrenu s příměsí grafitu. Grafit zvyšuje izolační vlastnosti, ale je náchylný na sluneční záření. Díky černé barvě se snadno zahřívá a dochází k teplotní roztažnosti materiálu, proto je důležité zajistit odstínění prostoru během montáže. Skladbu celého systému můžeme vidět na obrázku č. 4.2. [10]

Cenově nás tento systém vyjde na 648,- Kč za m<sup>2</sup>. V porovnání se systémem Baumit Pro je největší rozdíl v ceně za omítku a izolační materiál, kde omítkový systém od firmy Cemix je více než čtyřikrát dražší. [9]



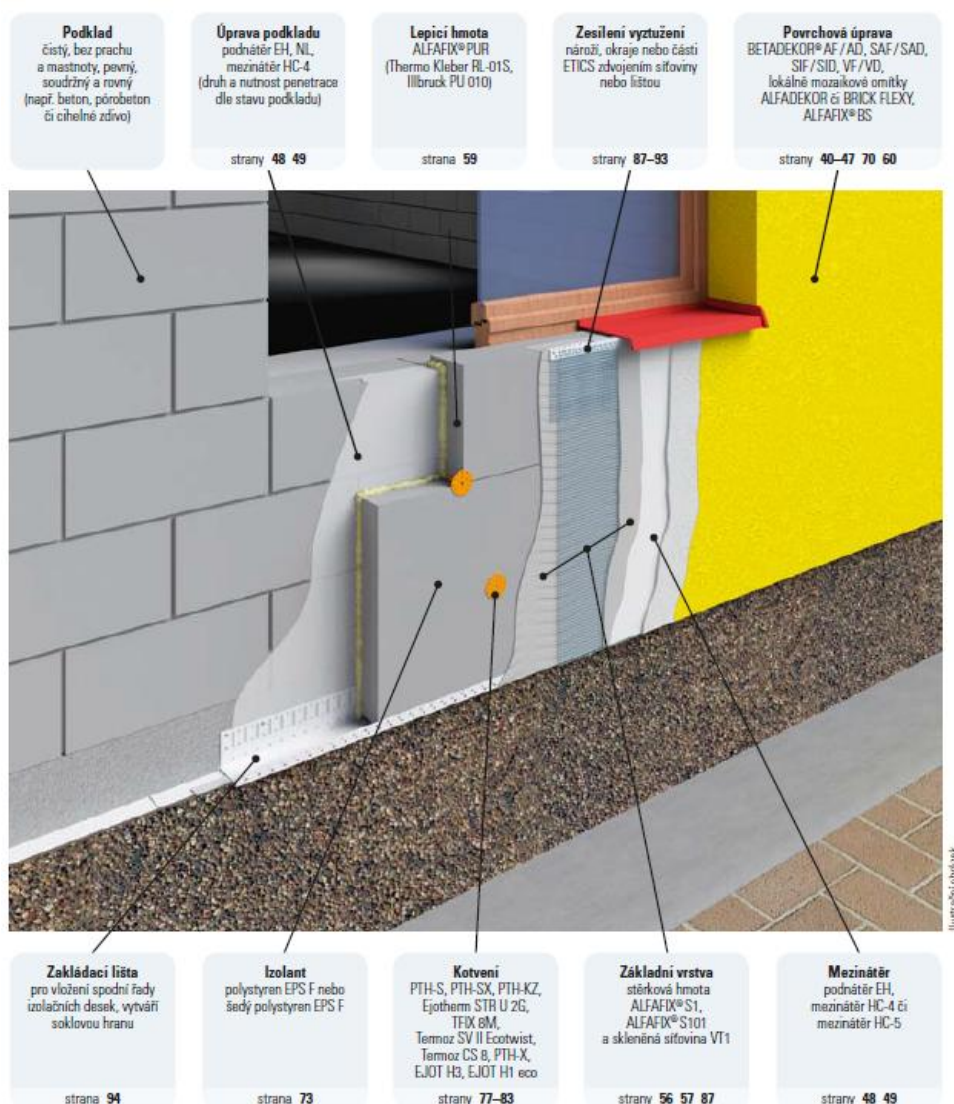
- 2 lepicí hmota 115
- 3 polystyren EPS F
- 4 zatlučovací hmoždinky
- 5 lepicí a stěrkovácí hmota 135
- 6 síťovina VARTEX R131
- 7 penetrace Akrylát-silikon P ASN
- 8 Akrylátová omítka ARB

Obr. 4.2 Konstrukce zateplovacího systému Cemix THERM P BASIC SILVER [10]

## STX. THERM PUR

Tento kontaktní zateplovací systém je od české firmy Stomix. Tento systém používá k upevnění izolačního elementu polyuretanovou lepicí hmotu ALFAFIX PUR. Díky tomu se zkracuje technologický proces montáže zateplovacího systému. Použití tohoto systému je omezeno výškou 9 m. Konstrukce zateplovacího systému STX. THEM PUR je patrná z obrázku č. 4.3. [11]

Cena této varianty zateplovacího systému od společnosti Stomix vychází na 570,- Kč za m<sup>2</sup>. [9]



Obr. 4.3 Konstrukce zateplovacího systému STX. THERM PUR [11]

Výše uvedené tři příklady jsou minimem všech nabízených zateplovacích systémů na našem území. Všechny ostatní mají téměř stejnou konstrukci, liší se pouze v použitých materiálech a také cenách. Dražší jsou především systémy s využitím minerální vaty jako izolačního prvku. Podobně jako společnost Baunit, nabízejí i ostatní firmy zateplovací systémy se zvýšenou paropropustností.

### **4.3 Odvětrávané zateplovací systémy**

U nás se tento zateplovací systém používá v mnohem menší míře, podle mého názoru je to způsobeno hlavně jeho mnohdy vyšší cenou. Tento systém se hodí především pro objekty u kterým není zajištěna izolace proti zemní vlhkosti. Jako izolační materiál se používá kamenná vlna, buničina, ovčí vlna, desky ze lnu či konopí. U toho systému hraje důležitou roli nosný rošt, který zaručí, že mezi izolací a povrchovou vrstvou vznikne dostatečná vzduchová mezera. Nosný rošt může být buď kovový a nebo dřevěný. Díky roštu můžou vzniknout tepelné mosty a mezery mezi tepelnou izolací, což snižuje izolační účinek celého systému. Vzniklá větrací mezera zaručuje odvod vodních par a její velikost je určena výškou objektu. Její dolní i horní konec je uzavřen mřížkou, která brání vniknutí živočichů. Mřížky musejí zajišťovat dostatečné proudění vzduchu. [7]

Vrchní vrstva odvětrávaného zateplovacího systému má dvě hlavní funkce. Chrání izolační vrstvu nejen před deštěm, větrem a mechanickým poškozením, ale má také funkci estetickou. Jako ochranná vrstva se dá využít velké množství materiálů. Používají se plastové lamely, dřevěná prkna, OSB desky, plechové tabule, kamenné desky, keramické desky, tvarované betonové obklady, cementovláknité desky či sklo. Lze použít i klasické zdivo, které pak tvoří ozdobný prvek budovy. [7]

#### **4.3.1 Konkrétní příklady odvětrávaných zateplovacích systémů**

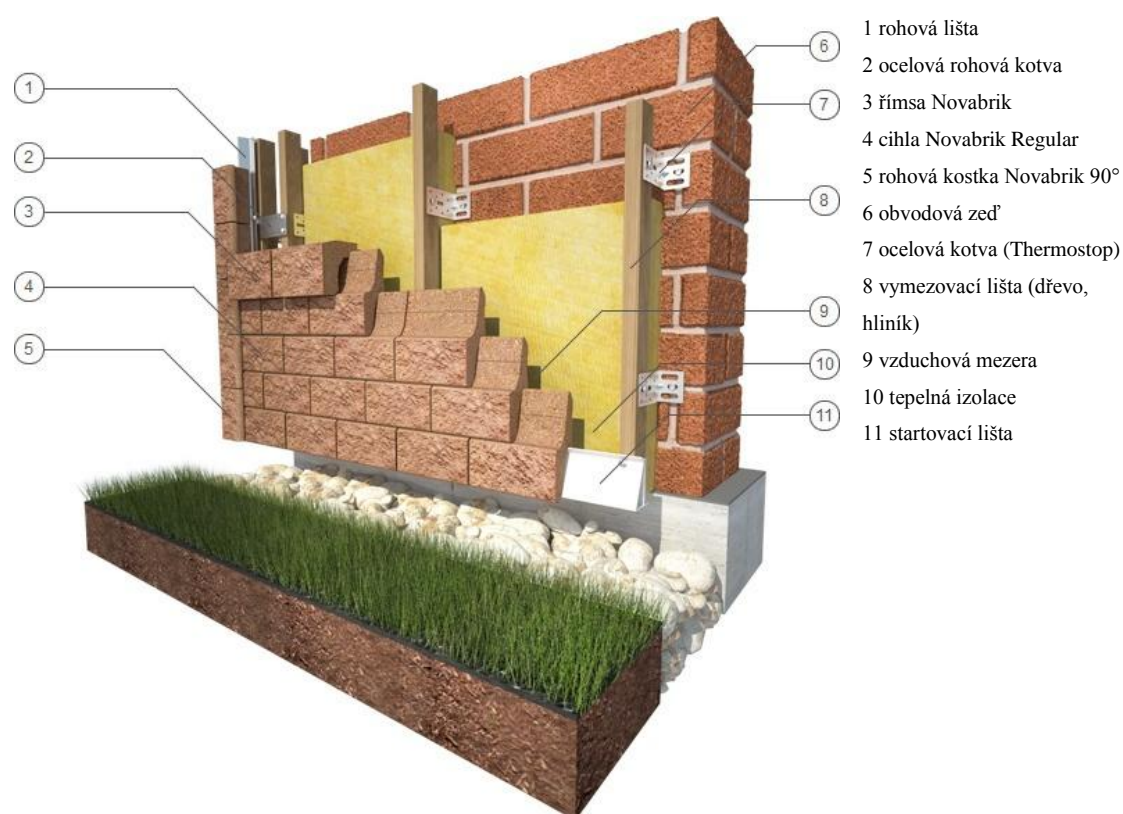
Odvětrávané fasády dávají větší možnosti z hlediska estetického díky velké rozmanitosti používaných materiálů. Pokud se investor rozhodne pro provětrávanou fasádu, může si vybrat dle svého vkusu. Bohužel některá řešení jsou poněkud dražší než je tomu u kontaktních zateplovacích systémů. V následující kapitole přiblížím pouze pár příkladů ze všech možných variant.



## Novabrik Regular

Výrobce Novabrik se zabývá výrobou cihlových obkladů. Materiálem je vibrolisovaný probarvený beton. Varianta Regular je podle výrobce vhodná pro rekonstrukce a všude tam, kde jsou problémy s nadměrnou vlhkostí. Výrobce nabízí mnoho barevných provedení. Materiál tohoto obkladu je vysoce odolný a zaručuje velmi dobrou ochranu izolačního prvku. Příklad konstrukce je znázorněn na obrázku č. 4.4 . [12]

Tato varianta řešení odvětrávané fasády patří do těch relativně dražších. Cena za m<sup>2</sup> cihlového obkladu Novabrik Regular se pohybuje od 1 089,- Kč do 1 210,- Kč. Cena se odvíjí od povrchové úpravy pohledové strany obkladu. Do celkové ceny ještě musíme zahrnout cenu kotvicího roštu, dalších prvků obkladového systému a samozřejmě cenu za tepelnou izolaci. Rošty se pohybují od 351,- Kč do 811,- Kč za m<sup>2</sup>. Ceny roštů jsou závislé na použitém materiálu a tloušťce tepelné izolace. [13]



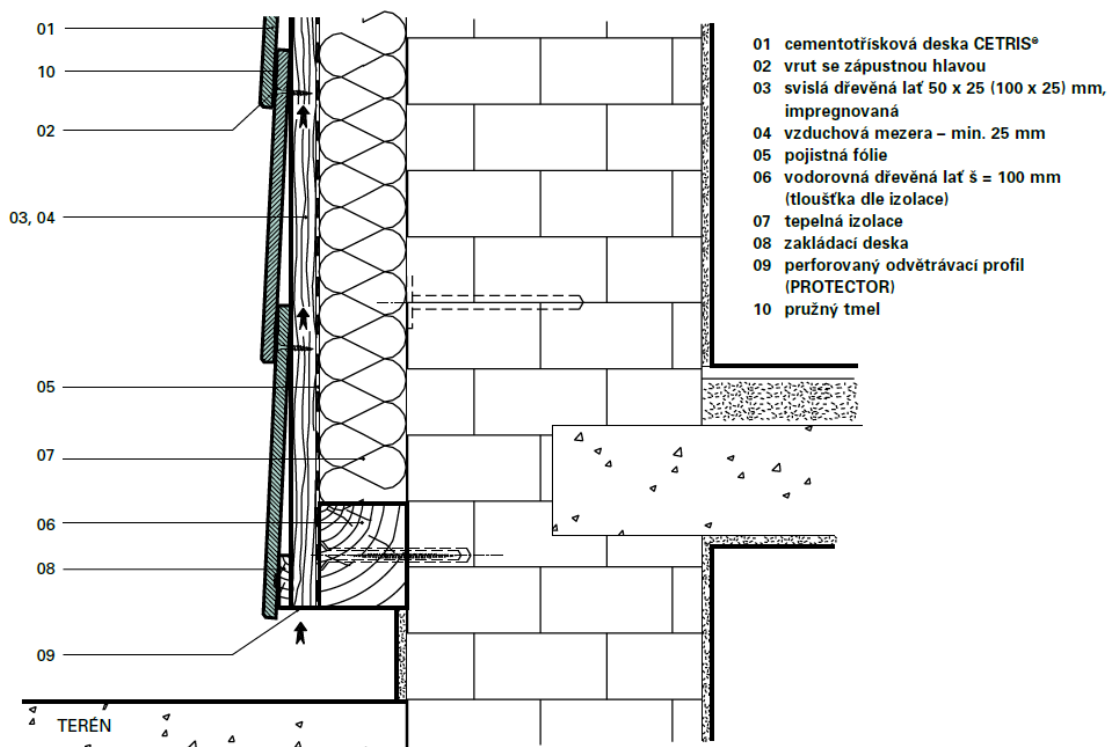
Obr. 4.4 Model skladby systému Novabrik Regular [12]

## CETRIS PLANK

Firma CETRIS nabízí fasádní odvětrávaný systém s použitím cementotřískových desek. Ve verzi PLANK jsou jednotlivé desky přeložené jedna přes druhou, díky tomu je systém lépe odolný proti vniknutí vody. Desky je možné upevnit na dřevěný, kovový a nebo kombinovaný rošt. Konstrukci tohoto systému znázorňuje obrázek č. 4.5, jedná se o příklad s využitím dřevěného roštu. [14]

Cena se zásadně odvíjí od použitého typu a tloušťky desek, výrobce jich nabízí velké množství. Nejlevnější variantou je deska BSIC, kdy za m<sup>2</sup> desky o tloušťce 10 mm zaplatíme 184,- Kč, naopak desky PROFIL FINISH vyjdou na 1 121,- Kč za m<sup>2</sup> a tloušťku 10 mm. Plus cena nosného roštu a tepelné izolace. [14]

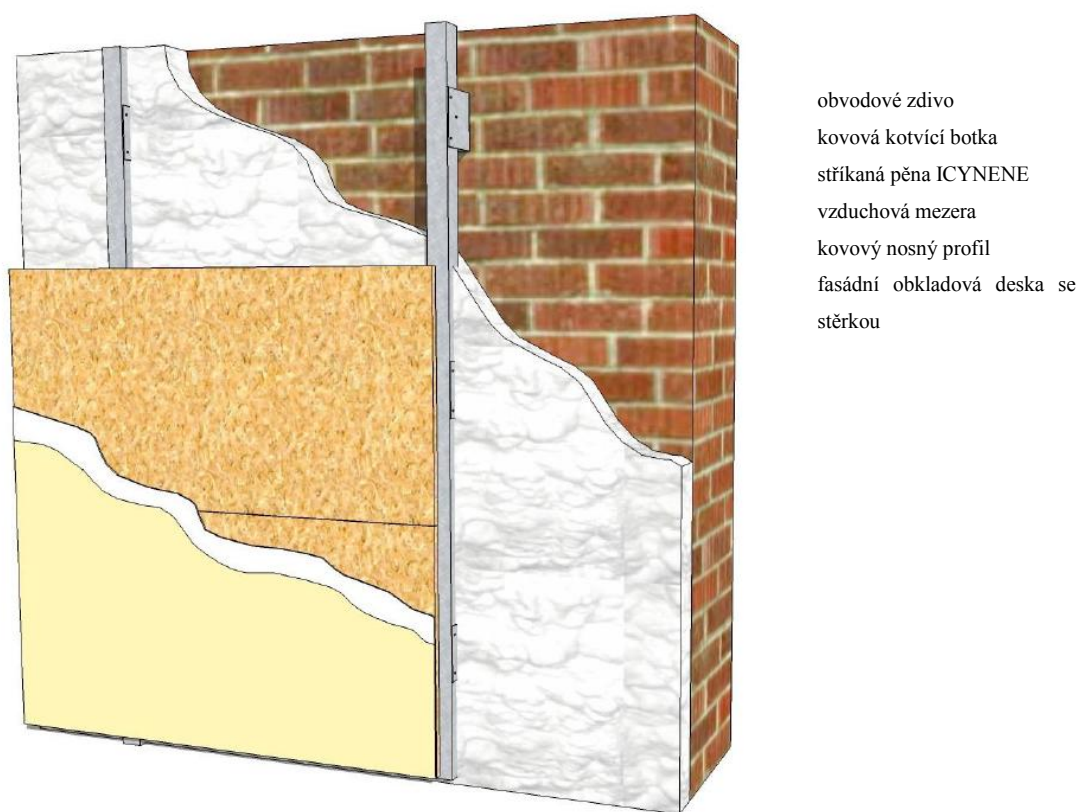
Firma CETRIS ve svých informacích také doporučuje další výrobce, kteří nabízejí nosné rošty a tepelnou izolaci vhodné pro použití na tento odvětrávaný fasádní systém. [14]



Obr. 4.5 Spodní ukončení CETRIS PLANK [14]

### Izolace ICYNENE v kombinaci s OSB deskami

Firma LIKO-S nabízí jako izolační materiál stříkanou pěnu od kanadského výrobce ICYNENE. Výhodou stříkané pěny je vyplnění všech potřebných míst. V porovnání s jinými izolačními materiály, především s minerální vatou je stříkaná izolační pěna mnohem dražší. Společnost současnou cenu izolace neuvádí. Firma uvádí pouze cenu z roku 2014 a to 555,- Kč za m<sup>2</sup> a tloušťku izolace 100 mm. Pro porovnání uvedu cenu desek z kamenné vlny VENTI MAX od výrobce ROCKWOOL [15], který uvádí cenu 266,- Kč za m<sup>2</sup> při stejné tloušťce izolace. K celkové ceně ještě značně přispějí náklady na nosný rošt, OSB desky a povrchovou vrstvu na OSB deskách. Graficky je konstrukce znázorněna na obrázku č. 4.6. [16]



Obr. 4.6 Skladba odvětrávané fasády s využitím OSB desek a stříkané pěny ICYNENE [16]

#### 4.4 Zhodnocení zateplovacích systémů

Každá z variant zateplení má své výhody a nevýhody. Před konkrétní volbou je nutné stanovit si požadavky, které od zateplovacího systému očekáváme. Je také nutné znát technické vlastnosti objektu, který má být zateplen, abychom zvolili správný typ zateplení. Každopádně se ve všech případech bude konečná volba odvíjet od finančních možností investora. Jak již bylo uvedeno, na našem území se převážně využívají kontaktní zateplovací systémy, především při zateplování větších objektů, kdy cena hraje nejdůležitější roli. Jedná se hlavně o panelové domy, školy, obecní a městské budovy.

Pokud bych měl já sám volit zateplovací systém, rozhodoval bych se na základě vlastností zateplovacího objektu a mých finančních možností. Pokud by se jednalo o novostavbu s dobrou hydroizolací základů, volil bych nějakou z variant kontaktních zateplovacích systémů. Asi bych se rozhodl pro nějakou variantu s minerální vatou z důvodu její větší odolnosti proti ohni. Kdyby se jednalo o zateplení staršího objektu s větší vlhkostí, zvolil bych odvětrávaný zateplovací systém. Konkrétní varianta by se podstatně odvíjela od finančních prostředků. Při dostatku prostředků bych se rozhodl pro obkladové cihly, buď od společnosti Novabrik a nebo od jiného výrobce. Obkladové cihly bych volil s ohledem na zajímavý estetický faktor.

## 5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zmapování historického vývoje tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí. Nejprve jsem popsal vývoj normativních požadavků na našem území konkrétně normy ČSN 73 0540. S postupem let se naše legislativa začala prolínat s legislativou evropskou a to se přeneslo i do normativních požadavků. Z norem je patrné, že se tepelně technické požadavky na stavební konstrukce zpříšňovaly. Nejrazantnější změny nastaly při novelách normy ČSN 73 0540 v letech 1994 a v roce 2002. Toto zpříšňování požadavků na stavební konstrukce odráží trend snižování energetické náročnosti budov.

Po úvodním přiblížení problematiky jsem uvedl vývoj hodnot tepelně technických vlastností pro konkrétní typy stavebních konstrukcí. Od roku 2002 byly pro všechny typy konstrukcí uváděny, mimo hodnot požadovaných, hodnoty doporučené. Doporučené hodnoty se v posledních letech skoro neměnily na rozdíl od hodnot požadovaných. Největší zpřísnění požadované hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  od roku 1979 bylo pro stropní konstrukci pod nevytápěnou půdou bez tepelné izolace. Pro ostatní konstrukce byly změny hodnot také poměrně znatelné.

Hodnoty tepelně technických vlastností jsem následně využil pro výpočet tepelných ztrát dané budovy. Pro výpočet celkové tepelné ztráty jsem použil obálkovou metodu dle normy ČSN 06 0210. Z výsledků je patrné, že zpříšňování tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí má přímý vliv na zmenšování tepelných ztrát objektu. Postupné zmenšování celkových tepelných ztrát je patrné z grafu č. 3.3, kde můžeme porovnávat dílčí změny hodnot celkové tepelné ztráty v závislosti na vývoji tepelně technických požadavků na stavební konstrukce. Z grafu je také patrné, že současné hodnoty celkové tepelné ztráty jsou mnohem menší, než tomu bylo v roce 1979.

V závěru práce jsem se věnoval zateplovacím systémům, které se používají pro snižování tepelných ztrát, především při rekonstrukcích objektů. Zhodnotil jsem výhody i nevýhody používaných zateplovacích systémů a uvedl několik konkrétních příkladů konstrukčního provedení.

Snižování tepelných ztrát je přímo spjato s energetickou náročností objektu. V dnešní době má minimální energetická náročnost vliv jak na životní prostředí, tak především vliv ekonomický.

## **6 Seznam příloh**

**001** Půdorys přízemí

**002** Půdorys přízemí (pro výpočty pomocí obáلكové metody)

Soubor Excel s dílčími výpočty na přiloženém CD

Vypocty.xlsx

## 7 Použitá literatura

- [1] VAVERKA, Jiří a kolektiv. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: VUTIUM, 2006. ISBN 80-214-2910-0.
- [2] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. In. *Sbírka zákonů*. 26. 10. 2009. ISSN 1211-1244. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5535>
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-prepracovani>
- [4] MACHATKA, Milan, ŠÁLA, Jiří, SVOBODA, Pavel. *Kontaktní zateplovací systémy: příručku pro navrhování a provádění*. Praha: Cech pro zateplování budov, 1998.
- [5] NOVOTNÝ, Marek, KEIM, Lubomír, ŠÁLA, Jiří, SVOBODA, Zbyněk. *Tepelné izolace a stavební tepelná technika*. Praha: ARCH, 1994. ISBN -901608-0-8.
- [6] DAŇKOVÁ, Dana Dalmatika, HEJHÁLEK, Jiří. Tepelné izolace - přehled, materiály, druhy, způsoby použití. *Stavebnictví 3000.cz nejvíce informací o stavebnictví v ČR*. [online]. 24. 2. 2009, článek byl naposledy aktualizován 21. 2. 2011. [cit. 7. 5. 2016], dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>
- [7] ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. Brno: ERA group spol. s r.o., 2008. ISBN 978-80-7366-138-0.
- [8] Baumit, *Prospekty, Zateplovací systémy* [online]. [cit. 11. 5. 2016], dostupné z: <http://www.baumit.cz/upload/1403>
- [9] Izolace-info, *Katalog zateplovací systémy*, [online].n[cit. 11. 5. 2016], dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog-zateplovacich-systemu>
- [10] Cemix, *Zateplovací systém* [online]. [cit. 11. 5. 2016], dostupné z: <http://www.cemix.cz/systemy/projektanti/zateplovaci-system/rodinny-dum-chalupa-chata?par=e95f944af58597e89c07c54c3fafd72c5df568ae5a94f3c1e90fe9de7f9c2d821b8b0589683b9f8c03a47b80e6c0c946c564b2d6cb1b06e26da24d630114c9db>
- [11] Stomix, *Ke stažení, Produktový katalog*, [online]. [cit. 11. 5. 2016], dostupné z: [http://www.stomix.cz/media/documents/download\\_broschuere/kategorie\\_fassade/Katalog\\_Stomix\\_2016.pdf](http://www.stomix.cz/media/documents/download_broschuere/kategorie_fassade/Katalog_Stomix_2016.pdf)

- [12] Novabrik, *Fasáda pro starší dům* [online]. [cit. 13. 5. 2016], dostupné z: <http://www.novabrik.cz/fasada-pro-stars-i-dum>
- [13] Novabrik, *E-shop* [online]. [cit. 13. 5. 2016], dostupné z: <http://www.novabrik-eshop.cz/kotveni-novabrik-regular#pageNumber=2>
- [14] CETRIS, *Cementotřísková deska pro stavebnictví* [online]. [cit. 13. 5. 2016], dostupné z: <http://www.cetris.cz/>
- [15] ROCKWOOL, *Produkty a řešení, Ceník* [online]. [cit. 13. 5. 2016], dostupné z: <http://www.rockwool.cz/files/RW-PL-Group/Home/CZ%20Files/cenik-rw-cz-2016.pdf>
- [16] LOKO-S [online]. [cit. 13. 5. 2016], dostupné z: <http://www.liko-s.cz/upload/1389879351.pdf>

ČSN 73 0540. *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov*. 2. náklad, Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1980.

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: Český normalizační institut, 2002.

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov, Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

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

ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 1993.