



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

BYTOVÝ DŮM

RESIDENTIAL BUILDING

6.01 TEPELNÁ TECHNIKA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Gabriela Pastorková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. JITKA MOHELNÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

Obsah

1	Identifikační údaje	3
1.1	Údaje o stavbě	3
1.2	Údaje o stavebníkovi	3
1.3	Údaje o zpracovateli projektové dokumentace.....	3
2	Účel posouzení	3
3	Podklady pro zpracování	3
4	Posouzení součinitele prostupu tepla	4
4.1	Normativní požadavky.....	4
4.1.1	Součinitel prostupu tepla.....	4
4.1.2	Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou	5
4.2	Výpočet součinitele prostupu tepla.....	6
4.2.1	Výpočet konstrukcí na obálce budovy	8
4.3	Protokol k energetickému štítku obálky budovy.....	13
4.4	Energetický štítek obálky budovy	17
5	Šíření vlhkosti konstrukcí	18
5.1	Normativní požadavky.....	18
5.2	Výpočet	18
5.2.1	Protokol posouzení z programu Teplo 2017	19
5.3	Porovnání s normovými hodnotami	23
6	Závěrečné hodnocení.....	23

1 Identifikační údaje

1.1 Údaje o stavbě

a) název stavby

Bytový dům

b) místo stavby (adresa, čísla popisná, katastrální území, parcelní čísla pozemků)

adresa: ulice Houškova, Brno-Komín 624 00

katastrální území: Komín (okres Brno-město); 610585

parcelní číslo: 2549/27

1.2 Údaje o stavebníkovi

a) jméno, příjmení a místo trvalého pobytu (fyzická osoba)

jméno: Gabriela

příjmení: Pastorková

místo trvalého pobytu: Bezručova 13, Hodonín 695 01

1.3 Údaje o zpracovateli projektové dokumentace

a) jméno, příjmení, obchodní firma, identifikační číslo osoby, místo podnikání (fyzická osoba podnikající) nebo obchodní firma nebo název, identifikační číslo osoby, adresa sídla (právnícká osoba)

jméno: Gabriela

příjmení: Pastorková

místo trvalého pobytu: Bezručova 13, Hodonín 695 01

2 Účel posouzení

Účelem posouzení je ověřit, zda objekt splní požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na tepelnou ochranu budov ve znění pozdějších předpisů Z1:2012.

3 Podklady pro zpracování

Podkladem byly půdorysy objektu a skladby konstrukcí na obálce budovy.

4 Posouzení součinitele prostupu tepla

4.1 Normativní požadavky

4.1.1 Součinitel prostupu tepla

Dle znění ČSN 73 0540:2:2011 Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky ve znění pozdějších předpisů Z1:2012

Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60 \%$ součinitel prostupu tepla U , ve $W/(m^2 \cdot K)$ taková, aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N$$

kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve $W/(m^2 \cdot K)$

U je stanovený součinitel prostupu tepla pro danou konstrukci, ve $W/(m^2 \cdot K)$

Požadovaná hodnota U_N se stanoví pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 3.

Tabulka 3 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W/(m^2 \cdot K)$]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní dům $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,6	0,45 až 0,30

Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,7	0,5	
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7		
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9		
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45		
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8		
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6	
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9	
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9	
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7	
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7	
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4	
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru	f _w ≤ 0,5	0,3 + 1,4·f _w	0,2 + f _w	0,15 + 0,85·f _w
f _w = A _w / A, v m ² /m ² ,				
A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ;	f _w > 0,5	0,7 + 0,6·f _w		
A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně částí rámu v LOP, v m ² .				
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1	
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9-0,7	
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2	

Konstrukce na obálce budovy musí být navrženy tak, aby vyhovovaly požadavkům na budovy s téměř nulovou spotřebou energie:

$$U \leq U_N = (U_{N,20} \cdot 0,7)$$

4.1.2 Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou

Dle znění ČSN 73 0540:2:2011 Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky ve znění pozdějších předpisů Z1:2012

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , ve W/(m².K), budovy nebo vytápěné zóny budovy musí splňovat podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

kde $U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, ve $W/(m^2.K)$.

$$U_{em,N} = \sum(U_{N,j} \cdot A_i \cdot b_i) / \sum A_j + 0,02$$

kde $U_{N,j}$ je odpovídající normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce

A_j je plocha j-té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů

b_j je teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci, v ČSN 73 0540-3 (F.2)

POZN.: Průměrný součinitel prostupu tepla se zjišťuje v případě posouzení budovy jako celku. Je důležitý u vyhodnocování energetického štítku obálky budovy.

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanoví pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 5.

Tabulka 5 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ [$W/(m^2.K)$]
Nově obytné budovy	Výsledek výpočtu, nejvýše však 0,50
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu, nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,2$ $U_{em,N,20} = 1,05$ $A/V > 1,0$ $U_{em,N,20} = 0,45$ Pro ostatní hodnoty A/V $U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$.

4.2 Výpočet součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla U se spočítá jako převrácená hodnota tepelného odporu R_T , který se skládá z vlastního tepelného odporu konstrukce zvětšeného o odpory na vnitřní a vnější straně konstrukce.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

kde R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, ve $(m^2.K)/W$

R je tepelný odpor konstrukce, ve $(m^2.K)/W$

R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, ve $(m^2.K)/W$

Tepelná odpor materiálu R se spočítá jako podíl tloušťky vrstvy ku jejímu součiniteli tepelné vodivosti λ . Tepelný odpor celé konstrukce je roven součtu tepelných odporů jednotlivých vrstev, ze kterých se konstrukce skládá.

$$R = \frac{d}{\lambda} \qquad R = \sum R_j$$

kde d je tloušťka vrstvy v konstrukci, v m

λ je součinitel tepelné vodivosti materiálu, ve W/(m.K)

4.2.1 Výpočet konstrukcí na obálce budovy

S5 Strop nad 1.S (keramická dlažba)					
Č.	Funkce	Popis vrstvy	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Odpor při prostupu tepla
-	-	-	d	λ	$R = d/\lambda$
-	-	-	[m]	[W/(m.K)]	[m².K/W]
1	nášlapná	keramická dlažba	0,010	1,200	0,008
2	spojovací	flexibilní lepicí tmel pro dlažbu	0,010	0,220	0,045
3	penetrační	hloubková penetrace	-	-	-
4	roznášecí	anhydritový potěr	0,030	1,230	0,024
5	separační	separační polyethylenová folie	0,001	0,350	0,003
6	tepelně/zvukově izolační	desky z čedičové vlny	0,050	0,042	1,190
7	nosná	železobetonová monolitická deska, beton C25/30, výztuž B500B	0,250	1,360	0,184
8	penetrace	penetrační nátěr	-	-	-
9	spojovací	lepicí a stěrková minerální směs na bázi cementu	0,010	0,220	0,045
10	tepelně izolační	desky z čedičové vlny	0,150	0,042	3,571
11	podkladní	jednovrstvá sádrová omítka	0,010	0,990	0,010
12	penetrace	penetrační nátěr	-	-	-
13	pohledová	finální malba	-	-	-
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			$R_{si} =$	0,17	(m².K)/W
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			$R_{se} =$	0,04	(m².K)/W
			$\sum R =$	5,082	(m².K)/W
Odpor při prostupu tepla			$R_T = R_{si} + R + R_{se} =$	5,292	(m².K)/W
Součinitel prostupu tepla			U =	0,19	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_{N,20} =$	0,60	W/(m².K)
Hodnota součinitele prostupu tepla pro posouzení			$U_N =$	0,42	W/(m².K)
Posouzení:			U	≤	U_N
			0,19	<	0,42
Skladba splňuje podmínku na součinitel prostupu tepla.					

S3 Podlaha na zemině (1.NP) (keramická dlažba)					
Č.	Funkce	Popis vrstvy	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Odpor při prostupu tepla
-	-	-	d	λ	$R = d/\lambda$
-	-	-	[m]	[W/(m.K)]	[m ² .K/W]
1	nášlapná	keramická dlažba	0,010	1,200	0,008
2	spojovací	lepicí tmel pro dlažbu – flexibilní	0,010	0,220	0,045
3	roznášecí	anhydritový potěr	0,030	1,230	0,024
4	separační	separační polyethylenová folie	0,001	0,350	0,003
5	tepelněizolační	extrudovaný polystyren (XPS)	0,100	0,038	2,632
6	hydroizolační	modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněné tkaniny (2x4mm)	0,008	0,210	0,038
7	nosná	podkladní betonová deska C25/30 s kari sítí 150x150x6mm	0,150	1,360	0,110
8	původní terén	zemina	-	-	-
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			$R_{si} =$	0,17	(m ² .K)/W
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			$R_{se} =$	0,00	(m ² .K)/W
			$\Sigma R =$	2,861	(m ² .K)/W
Odpor při prostupu tepla			$R_T = R_{si} + R + R_{se} =$	3,031	(m ² .K)/W
Součinitel prostupu tepla			U =	0,33	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_{N,20} =$	0,85	W/(m ² .K)
Hodnota součinitele prostupu tepla pro posouzení			U_N =	0,60	W/(m².K)
Posouzení:			U	≤	U_N
			0,33	<	0,60
Skladba splňuje podmínku na součinitel prostupu tepla.					

S13 Obvodová stěna nad terénem (ETICS)					
Č.	Funkce	Popis vrstvy	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Odpor při prostupu tepla
-	-	-	d	λ	$R = d/\lambda$
-	-	-	[m]	[W/(m.K)]	[m².K/W]
1	pohledová	finální malba	-	-	-
2	penetrace	penetrační nátěr	-	-	-
3	podkladní	štuková omítka	0,002	0,950	0,002
4	podkladní	sádrová jádrová omítka	0,010	0,990	0,010
5	nosná	zdivo PTH 38 Profi	0,380	0,108	3,519
6	penetrace	penetrační nátěr	-	-	-
7	spojovací	lepicí hmota na bázi cementu	0,010	0,840	0,012
8	tepelněizolační	expandovaný polystyren (EPS)	0,100	0,037	2,703
9	základní	cementová stěrková malta pro kontaktní zateplovací systém se zatřenou skelnou tkaninou	0,010	0,840	0,012
10	pohledová	tenkovrstvá omítka na silikonsilikátové bázi	0,003	0,120	0,025
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			$R_{si} =$	0,13	(m².K)/W
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			$R_{se} =$	0,04	(m².K)/W
			$\Sigma R =$	6,282	(m².K)/W
Odpor při prostupu tepla			$R_T = R_{si} + R + R_{se} =$	6,452	(m².K)/W
Součinitel prostupu tepla			U =	0,15	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_{N,20} =$	0,30	W/(m².K)
Hodnota součinitele prostupu tepla pro posouzení			$U_N =$	0,21	W/(m².K)
Posouzení:			U	≤	U_N
			0,15	<	0,21
Skladba splňuje podmínku na součinitel prostupu tepla.					

S21 Skladba ploché střechy (nepochozí)					
Č.	Funkce	Popis vrstvy	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti	Odpor při prostupu tepla
-	-	-	d	λ	$R = d/\lambda$
-	-	-	[m]	[W/(m.K)]	[m ² .K/W]
1	hydroizolační	folie z PVC-P určená k mechanickému kotvení	0,002	0,160	0,013
2	separační	geotextilie z polypropylenu	0,003	0,500	0,006
3	tepelněizolační	desky z expandovaného pěnového polystyrenu (EPS)	0,200	0,037	5,348
4	tepelněizolační, spádová	spádové klíny z expandovaného pěnového polyuretanu (EPS)	0,050	0,037	1,337
5	parotěsnící	pás z SBS modifikovaného asfaltu s jemnozrnným posypem	0,004	0,210	0,019
6	penetrační	penetrační nátěr	-	-	-
7	nosná	železobetonová monolitická deska, beton C25/30, výztuž B500B	0,250	1,430	0,175
8	penetrace	penetrační nátěr	-	-	-
9	podkladní	sádrová jádrová omítka	0,010	0,990	0,010
8	podkladní	štuková omítka	0,002	0,950	0,002
8	penetrace	penetrační nátěr	-	-	-
9	pohledová	finální malba	-	-	-
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce			$R_{si} =$	0,10	(m ² .K)/W
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce			$R_{se} =$	0,04	(m ² .K)/W
			$\sum R =$	6,909	(m ² .K)/W
Odpor při prostupu tepla			$R_T = R_{si} + R + R_{se} =$	7,049	(m ² .K)/W
Součinitel prostupu tepla			U =	0,14	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_{N,20} =$	0,24	W/(m ² .K)
Hodnota součinitele prostupu tepla pro posouzení			U_N =	0,17	W/(m².K)
Posouzení:			U	≤	U_N
			0,14	<	0,17
Skladba splňuje podmínku na součinitel prostupu tepla.					

Px Plastové okno, trojsklo			
Součinitel prostupu tepla skla	$U_g =$	0,50	W/(m ² .K)
Součinitel prostupu tepla rámu	$U_f =$	0,95	W/(m ² .K)
Součinitel prostupu tepla okna	$U_w =$	0,72	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	$U_{N,20} =$	1,50	W/(m ² .K)
Hodnota součinitele prostupu tepla pro posouzení	$U_N =$	1,05	W/(m².K)
Posouzení:	U	\leq	U_N
	0,72	<	1,05
Konstrukce splňuje podmínku na součinitel prostupu tepla.			

P1 Plastové vchodové dveře			
Součinitel prostupu tepla okna	$U =$	1,10	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	$U_{N,20} =$	1,70	W/(m ² .K)
Hodnota součinitele prostupu tepla pro posouzení	$U_N =$	1,19	W/(m².K)
Posouzení:	U	\leq	U_N
	1,10	<	1,19
Konstrukce splňuje podmínku na součinitel prostupu tepla.			

Všechny konstrukce na obálce budovy **splňují** požadavek na součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 – Z1:2012.

4.3 Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Katastrální území a katastrální číslo Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Bytový dům Houškova, Brno-Komín, 612 00 2549/27 -
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník Adresa Telefon / E-mail	Gabriela Pastorková Bezručova 13, Hodonín, 695 01 +420 773 998 341 / 205638@vutbr.cz

Charakteristika budovy

Objem budovy V – vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	4065,17 m ³
Celková plocha A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy	1 487,76 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0,37 m ² /m ³
Převažující vnitřní teplota v otopném období Θ_m	20 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období Θ_e	-15 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Tabulka č. 1

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy (doporučená hodnota U)								
Konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U _{rec} (doporučená hodnota) [W/(m ² ·K)]	Redukční součinitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H _T [W/K]	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	Redukční součinitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H _T [W/K]
Obvodová stěna S13	746,07	0,20	1,00	149,21	746,07	0,15	1,00	111,91
Plochá střecha S21	315,13	0,16	1,00	50,42	315,13	0,14	1,00	44,12
Strop nad 1.S S5	156,10	0,40	0,49	30,60	156,10	0,19	0,49	14,53
Podlaha na terénu S3	159,03	0,60	0,66	62,98	159,03	0,33	0,66	34,64
Okno Px	109,13	1,20	1,00	130,95	109,13	0,72	1,00	78,57
Vstupní dveře P1	2,31	1,20	1,00	2,17	2,31	1,10	1,00	2,54
Celkem Σ	1487,76	-	-	426,93	1487,76	-	-	286,31
Tepelné vazby	0,02*A			29,76	0,02*A			29,76
Celková měrná ztráta prostupem tepla				456,69				316,06
Průměrný součinitel prostupu tepla	$U_{em,N} = \sum (U_{N,i} \cdot A_i \cdot b_i) / \sum A_i + 0,02$ max 0,50			0,307	$U_{em} = \sum H_{Ti} / \sum A_i$			0,212
Doporučená hodnota	$U_{em, rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}$			0,230				
Klasifikační třída obálky budovy								
A	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$ 0,212 > 0,153			nevyhovuje				
B	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$ 0,153 < 0,212 < 0,230			vyhovuje				
Klasifikační třída obálky budovy podle Přílohy C			B	Úsporná				

Tabulka č. 2

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy (hodnota U pro pasivní budovy)								
Konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U _{pas} (hodnota pro pasivní budovy) [W/(m ² .K)]	Redukční součinitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H _T [W/K]	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Redukční součinitel b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H _T [W/K]
Obvodová stěna S13	746,07	0,18	1,00	134,29	746,07	0,15	1,00	111,91
Plochá střecha S21	315,13	0,15	1,00	47,27	315,13	0,14	1,00	44,12
Strop nad 1S S5	156,10	0,30	0,49	22,95	156,10	0,19	0,49	14,53
Podlaha na terénu S3	159,03	0,30	0,66	31,49	159,03	0,33	0,66	34,64
Okno Px	109,13	0,80	1,00	87,30	109,13	0,72	1,00	78,57
Vstupní dveře P1	2,31	0,90	1,00	2,08	2,31	1,10	1,00	2,54
Celkem Σ	1487,76	-	-	325,37	1487,76	-	-	286,31
Tepelné vazby	0,02*A			29,76	0,02*A			29,76
Celková měrná ztráta prostupem tepla				355,13				316,06
Průměrný součinitel prostupu tepla	U _{em,N} = Σ(U _{N,i} *A _i *b _i)/ΣA _i + 0,02 max 0,50			0,239	U _{em} = ΣH _{Ti} /ΣA _i			0,212
Doporučená hodnota	U _{em, rec} = 0,75.U _{em,N}			0,179				
Klasifikační třída obálky budovy								
A	U _{em} ≤ 0,5.U _{em,N} 0,212 > 0,119 nevyhovuje							
B	0,5.U _{em,N} < U _{em} ≤ 0,75.U _{em,N} 0,119 < 0,212 < 0,179 nevyhovuje							
C	0,75.U _{em,N} < U _{em} ≤ U _{em,N} 0,179 < 0,212 < 0,239 vyhovuje							
Klasifikační třída obálky budovy podle Přílohy C			C	Vyhovující				

Konstrukce **splňují** požadavky na součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2:2011 ve znění pozdějších změn Z1:2012.

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Klasifikační třída	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m ² .K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	$U_{em} \leq 0,50 \cdot U_{em,rq}$	Velmi úsporná
B	$0,50 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,rq}$	Úsporná
C	$0,75 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq 1,00 \cdot U_{em,rq}$	Vyhovující
D	$1,00 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq 1,50 \cdot U_{em,rq}$	Nevyhovující
E	$1,50 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq 2,00 \cdot U_{em,rq}$	Nehospodárná
F	$2,00 \cdot U_{em,rq} < U_{em} \leq 2,50 \cdot U_{em,rq}$	Velmi nehospodárná
G	$U_{em} > 2,50 \cdot U_{em,rq}$	Mimořádně nehospodárná

Datum vystavení stavebně energetického štítku budovy:

11. 5. 2021

Zpracovatel stavebně energetického štítku budovy:

Gabriela Pastorková

Zpracoval: Gabriela Pastorková

podpis

4.4 Energetický štítek obálky budovy

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY (pro tab. 1)						
Bytový dům Houškova, Brno-Komín					Hodnocení obálky budovy	
Celková podlahová plocha $A_c = 1206,87 \text{ m}^2$					stávající	doporučení
<div><div>CI Velmi úsporná</div><div><div><div>A</div><div>B</div><div>C</div><div>D</div><div>E</div><div>F</div><div>G</div></div><div>0,50</div><div>0,75</div><div>1,00</div><div>1,50</div><div>2,00</div><div>2,50</div><div>Mimořádně ne hospodárná</div></div></div> <div><div>0,69</div><div>1,00</div></div>						
KLASIFIKACE					B	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{em} = H_T/A$					0,212	0,307
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2, $U_{em,N}$ ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$					0,307	0,307
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,154	0,230	0,307	0,461	0,614	0,768
Platnost štítku od: 11. 5. 2021				Datum vystavení štítku: 11. 5. 2021		
Štítek vypracoval:			Gabriela Pastorková			

5 Šíření vlhkosti konstrukcí

5.1 Normativní požadavky

Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

Dle znění ČSN 73 0540:2:2011 Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky ve znění pozdějších předpisů Z1:2012

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy:

$$M_c = 0$$

Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tak, aby splňovalo podmínku:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

kde $M_{c,N}$ je požadované maximální množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce za rok, ve $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry; pro objemovou hmotnost menší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$ se použije 6 %.

Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tedy **musí být nižší** než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce M_{ev} , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$.

$$M_c \leq M_{ev}$$

5.2 Výpočet

Výpočet byl proveden v programu Teplo 2017 a to pro jednoplášťovou plochou střechu.

5.2.1 Protokol posouzení z programu Teplo 2017

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kece DeltaT10 [C]	Typ	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	M _{a,max} [kg/m ²]	Odpaření
----------------------------	-----	-------------------------	-------------------------	---	----------

Jednoplášťová plochá střecha	střecha	5.106	0.191	0.0068	ano
------------------------------	---------	-------	-------	--------	-----

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce

U součinitel prostupu tepla konstrukce

M_{a,max} maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok

DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

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

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

Teplo 2017

Název úlohy: **Jednoplášťová plochá střecha**

Zpracovatel: Gabriela Pastorková

Zakázka:

Datum: 11. 5. 2021

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Typ hodnocené konstrukce: Střecha jednoplášťová

Korekce součinitele prostupu d_{U} : 0.050 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru):

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	M _i [-]	M _a [kg/m ²]
1	štuková omítka	0,0020	0,9500	790,0	1800,0	25,0	0.0000
2	jádrová sádrov	0,0100	0,9900	1000,0	1300,0	10,0	0.0000
3	žb monolitická	0,2500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
4	modifikovaný S	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	50000,0	0.0000
5	spádové klíny	0,0500	0,0370	1270,0	21,0	50,0	0.0000
6	desky z EPS	0,2000	0,0370	1270,0	21,0	50,0	0.0000
7	geotextilie z	0,0030	0,5000	1470,0	910,0	50000,0	0.0000
8	folie z PVC-P	0,0005	0,1600	960,0	1400,0	16700,0	0.0000

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

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	štuková omítka	---
2	jádrová sádrová omítka	---
3	žb monolitická deska	---
4	modifikovaný SBS asfaltový pás	---
5	spádové klíny z EPS	---
6	desky z EPS	---
7	geotextilie z propylenu	---
8	folie z PVC-P	---

Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0.10 m ² .K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} :	0.25 m ² .K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} :	0.04 m ² .K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} :	0.04 m ² .K/W
Návrhová venkovní teplota T_e :	-15.0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	20.6 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} :	55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE:

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R:	5.106 m ² .K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	0.191 W/m².K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.21 / 0.24 / 0.29 / 0.39 W/m².K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} :	2.0E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny^* podle EN ISO 13786:	685.0
Fázový posun teplotního kmitu Ψ^* podle EN ISO 13786:	11.7 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$:	18.95 °C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$:	0.954

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m².K/W.

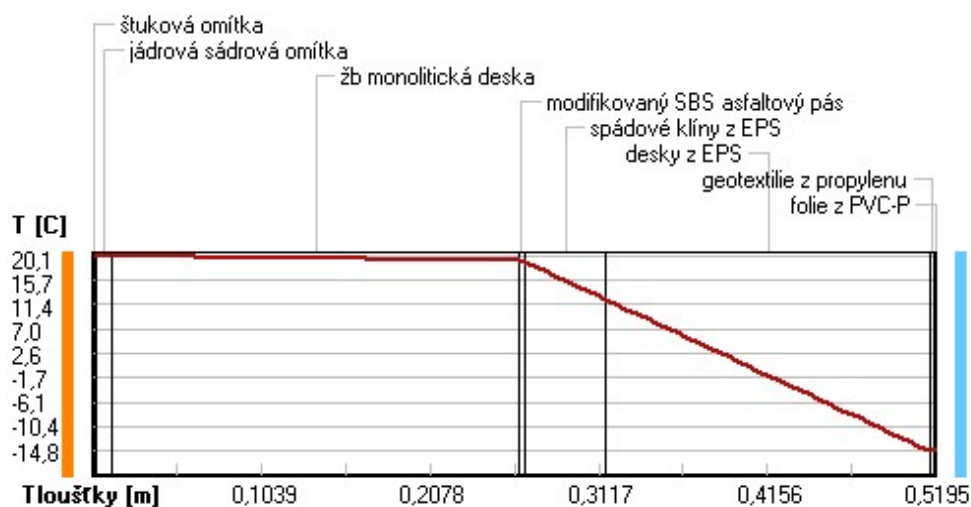
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

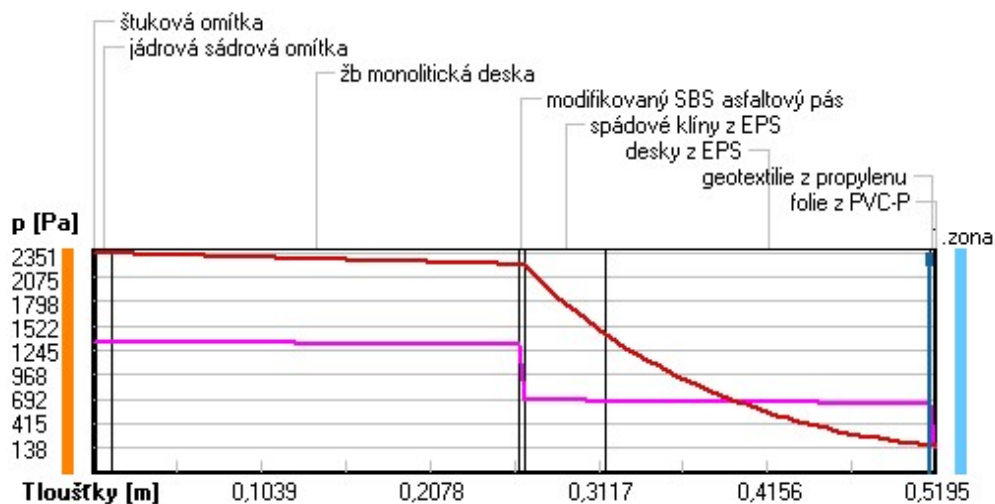
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	e
theta [°C]:	20.1	20.1	20.0	19.2	19.1	12.3	-14.8	-14.8	-14.8
p [Pa]:	1334	1334	1333	1315	681	673	641	165	138
p_{sat} [Pa]:	2351	2350	2343	2219	2205	1430	169	168	168

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

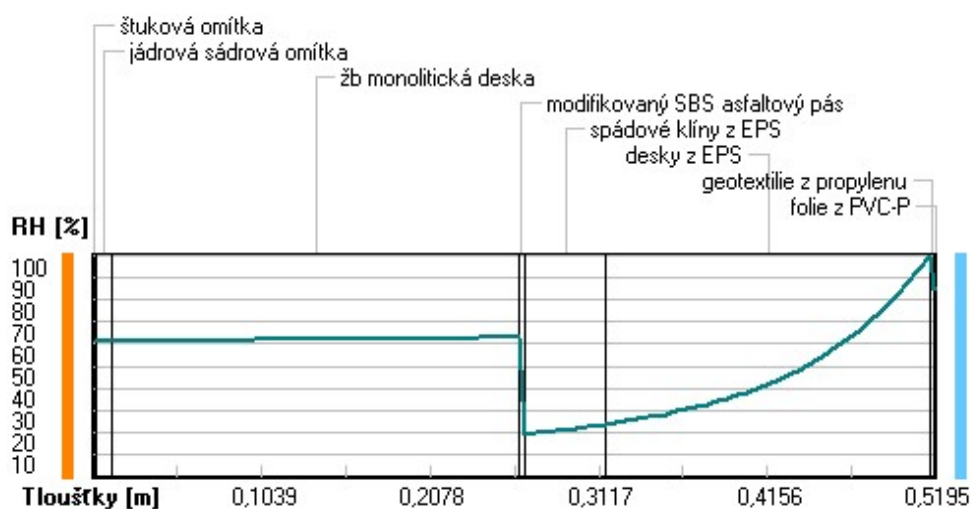
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



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

Kond. zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m ² .s)]
1	0.5160	0.5160	1.029E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0068 kg/(m².rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.0152 kg/(m².rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 °C.

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

Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software

5.3 Porovnání s normovými hodnotami

Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

$$M_c = 0,0068 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Podmínka:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

$$0,0068 < 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

VYHOVUJE

Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

$$M_c = 0,0068 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

$$M_{ev} = 0,0152 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Podmínka:

$$M_c \leq M_{ev}$$

$$0,0068 < 0,0152 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

VYHOVUJE

6 Závěrečné hodnocení

Skladby konstrukcí na obálce budovy **splnily** požadavek na součinitel prostupu tepla. Objekt se tedy zařadil do klasifikační třídy B.

Konstrukce střechy **splnila** požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí.

Navrhovaný objekt **vyhovuje** požadavkům normy ČSN 73 0540-2:2011 - Z1:2012 Tepelná ochrana budov.