



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

HOTEL

HOTEL

P01 – POSOUZENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA TEPELNÉ TECHNIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Pavel Šamalík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Bohuslav Brukner

BRNO 2025

OBSAH

1	Identifikační údaje budovy.....	3
1.1	Název stavby.....	3
1.2	Místo stavby	3
1.3	Předmět posouzení.....	3
1.4	Popis stavby	3
2	Účel posouzení	3
3	Podklady pro zpracování	4
4	Použité právní předpisy a normy.....	4
5	Posouzení	5
5.1	Součinitel prostupu tepla	5
5.1.1	Normové požadavky.....	5
5.1.2	Výpočet a posouzení	7
5.2	Teplotní faktor vnitřního povrchu	8
5.2.1	Normové požadavky.....	8
5.2.2	Výpočet a posouzení	9
5.3	Kondenzace vodní páry v konstrukci a roční bilance.....	11
5.3.1	Normové požadavky.....	11
5.3.2	Výpočet a posouzení	13
6	Seznam příloh	14
7	Použité programy	14

1 Identifikační údaje budovy

1.1 Název stavby

Hotel

1.2 Místo stavby

Adresa: Brno [582786]

Katastrální území: Veveří [610372]

Parcelní čísla pozemků: 794/1; 794/3; 794/4; 794/5; 794/6; 794/7; 794/8; 794/9; 794/10; 794/11; 794/12; 794/13

1.3 Předmět posouzení

Druh: Hotel

Charakter: Novostavba

Účel stavby: Stavba pro přechodné ubytování a stravování

1.4 Popis stavby

Novostavba hotelového objektu je moderní monolitická budova s bezprůvlakovým skeletovým konstrukčním systémem, založená na hlubinných základech s vrtanými piloty a základovou deskou z vodostavebního železobetonu. Nosné konstrukce jsou z monolitického železobetonu, včetně sloupů, stěn výtahových šachet a vodorovných stropních desek. Obvodový plášť je tvořen hliníkovým celoskleněným fasádním systémem, částečně doplněným tvarovkami YTONG. Střecha je plochá, jednoplášťová, s možností vegetačního řešení, a je zateplena EPS izolací. Objekt je zateplen kontaktním zateplovacím systémem. Vnitřní konstrukce zahrnují monolitická schodiště a výtahové šachty, s povrchovými úpravami stěn ve společných prostorech štukovou omítkou, betonovou stěrkou, keramickými obklady a dalšími moderními materiály. Podlahy jsou kombinací keramických dlažeb, kobereců a betonových povrchů s epoxidovou stěrkou.

2 Účel posouzení

Účelem posouzení navrženého objektu z hlediska tepelně technických vlastností je ověřit, zda splňuje požadavky dle Stavebního zákona a vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění pozdějších předpisů.

3 Podklady pro zpracování

- Podkladem pro zpracování je projektová dokumentace
- Podklad z katastru nemovitostí
- Urbanistické a klimatické poměry dané lokality

4 Použité právní předpisy a normy

- Stavební zákon 183/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění vyhl. č. 20/2012 Sb.
 - ČSN 73 0540-1, 3, 4:2005, ČSN 73 0540-2:2011 + Z1:2012 Tepelná ochrana budov
 - Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb ve znění pozdějších předpisů
 - Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov.

5 Posouzení

5.1 Součinitel prostupu tepla

5.1.1 Normové požadavky

Konstrukce vytápěných nebo klimatizovaných budov musí dle ČSN 73 0540–2: 2011+Z1: 2012 splňovat podmínku na součinitel prostupu tepla U [W/m²K], s návrhovou relativní vlhkostí vzduchu $\phi \leq 60\%$.

$$U \leq U_{N,20}$$

U - Součinitel prostupu tepla [W/m²K]

$U_{N,20}$ - Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m²K]

$$U = \frac{1}{R_T}$$

U - Součinitel prostupu tepla [W/m²K]

R_T - Tepelný odpor při přestupu tepla [m²K/W]

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_N pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18 °C až 22 °C dle ČSN 73 0540-2:2011

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W·m ⁻² K ⁻¹]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	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)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	

Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině		0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru		0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí		0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna částečně vytáp. prostoru přilehlá k zemině		0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami		1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,30	0,90	
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	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří		1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,4	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
Kovový rám výplně otvoru		-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru		-	1,3	0,9 až 0,7
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,8	1,2
Lehký obvodový plášť (LOP) hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A \text{ v m}^2/\text{m}^2$ kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště v m ² A_w plocha průsvitné výplně otvoru včetně příslušných částí rámu v m ² Rámy LOP by přitom měly mít $U_f \leq 2,0$	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$	$0,15 + 0,85 \cdot f_w$

5.1.2 Výpočet a posouzení

Souhrnná tabulka - součinitel prostupu tepla (Dle českých technických norem)

Konstrukce		Součinitel prostupu tepla			
		Dle českých technických norem			
Ozn.	Název	U_N	U_{rec}	U	Hod.
[-]	[-]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]
STN-1	OBVODOVÁ STĚNA 1NP SOKL	0,30	0,25	0,163	x
STN-2	OBVODOVÁ STĚNA 1-9NP	0,30	0,25	0,174	x
STN-3	VNITŘNÍ NOSNÁ ZATEPLENÁ ŽB STĚNA	0,60	0,40	0,230	x
PDL(z)-4	PODLAHA U SCHODIŠTĚ A VÝTAHŮ 3S	0,45	0,30	0,194	x
PDL-5	PODLAHA 1NP	0,75	0,50	0,217	x
STR-6	TERASA 2NP	0,24	0,16	0,175	+
STR-7	TERASA 3NP	0,24	0,16	0,170	+
STR-8	JEDNOPLÁŠŤOVÁ VEGETAČNÍ PLOCHÁ STŘECHA 2 A 8NP	0,24	0,16	0,169	+
STR-9	JEDNOPLÁŠŤOVÁ PLOCHÁ STŘECHA 9NP NEPOCHOZÍ	0,24	0,16	0,176	+
VYP-10	Okno	1,50	1,20	0,920	x
VYP-11	Dveře	1,70	1,20	1,100	x
VYP-12	LOP	1,28	1,17	0,690	x
Legenda: ! ... nevyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 + ... vyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 x ... vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 U ... vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla U_N ... požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 U_{rec} ... doporučená hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2					

- Podrobný výpočet proveden pomocí programu Deksoft - Tepelná technika 1D viz. Protokol č.1 – Výpočty tepelné obálky budovy. Veškeré konstrukce vyhoví na součinitel prostupu tepla. Posuzováno dle normy ČSN 73 0540-2: 2011+Z1: 2012.

5.2 Teplotní faktor vnitřního povrchu

5.2.1 Normové požadavky

Konstrukce budou posouzeny dle ČSN 73 0540 – 2: 2011+Z1: 2012 a musí splňovat podmínku dle následujícího vztahu $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$. Je uvažováno s relativní vlhkostí $\varphi=50\%$. Styky konstrukcí a jednotlivé konstrukce musí splňovat v zimním období v každém místě (při návrhové teplotě vzduchu venkovní $\theta_e = -15\text{ °C}$ a vnitřní teplotě $\theta_{ai} = 20,0\text{ °C}$) požadovanou hodnotu pro nejvyšší povrchovou vnitřní teplotu $f_{Rsi,cr}$.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e \theta_{ai}}{\theta_{ai} - \theta_e}$$

$f_{Rsi,N}$ - požadovaná hodnota nejvyššího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-]

$f_{Rsi,cr}$ - kritický teplotní faktor vnitřního povrchu [-]

θ_e - návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období [°C]

θ_{ai} - návrhová teplota vnitřního vzduchu [°C]

θ_{si} - vnitřní povrchová teplota [°C]

Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\%$.

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} [°C]	Návrhová teplota venkovního vzduchu θ_e [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$								
Stavební konstrukce	20,0	0,748	0,746	0,744	0,751	0,757	0,764	0,770	0,776	0,781
	20,3	0,750	0,747	0,745	0,752	0,759	0,765	0,765	0,777	0,782
	20,6	0,751	0,749	0,747	0,754	0,760	0,766	0,766	0,778	0,783
	20,9	0,753	0,751	0,748	0,755	0,762	0,768	0,768	0,779	0,784
	21,0	0,753	0,751	0,749	0,756	0,762	0,768	0,768	0,779	0,785
Výplň otvoru	20,0	0,647	0,648	0,649	0,649	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
	20,3	0,649	0,650	0,651	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,651
	20,6	0,652	0,653	0,653	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,653
	20,9	0,654	0,655	0,655	0,656	0,656	0,656	0,656	0,655	0,655
	21,0	0,655	0,656	0,656	0,656	0,657	0,657	0,656	0,656	0,655

Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru f_{Rsi} , c_r pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$.

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu t_{ai} [°C]	Návrhová teplota venkovního vzduchu t_{e} [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		Teplota odpovídající teplotnímu faktoru vnitřního povrchu f_{Rsi} , c_r								
Stavební konstrukce	20,0	11,68	11,36	11,04	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02
	20,3	11,98	11,62	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
	20,6	12,23	11,92	11,59	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
	20,9	12,53	12,21	11,85	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86
	21,0	12,60	12,29	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96
Výplň otvoru	20,0	8,35	8,03	7,72	7,36	7,05	6,70	6,35	6,00	5,65
	20,3	8,61	8,30	7,98	7,67	7,32	6,97	6,62	6,28	5,89
	20,6	8,91	8,59	8,25	7,94	7,59	7,24	6,90	6,55	6,16
	20,9	9,17	8,86	8,51	8,21	7,86	7,52	7,17	6,79	6,44
	21,0	9,27	8,96	8,62	8,27	7,97	7,62	7,24	6,90	6,51

5.2.2 Výpočet a posouzení

Souhrnná tabulka - teplotní faktor vnitřního povrchu

Konstrukce		Teplotní faktor					
		ČSN 73 0540			ČSN EN ISO 13788		
Ozn.	Název	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
STN-1	OBVODOVÁ STĚNA 1NP SOKL	0,649	0,960	+	-	-	-
STN-2	OBVODOVÁ STĚNA 1-9NP	0,649	0,957	+	-	-	-
STN-3	VNITŘNÍ NOSNÁ ZATEPLENÁ ŽB STĚNA	0,181	0,943	+	-	-	-
PDL(z)-4	PODLAHA U SCHODIŠTĚ A VÝTAHŮ 3S	0,386	0,952	+	-	-	-
PDL-5	PODLAHA 1NP	0,181	0,946	+	-	-	-
STR-6	TERASA 2NP	0,649	0,957	+	-	-	-
STR-7	TERASA 3NP	0,649	0,958	+	-	-	-

Konstrukce		Teplotní faktor					
		ČSN 73 0540			ČSN EN ISO 13788		
Ozn.	Název	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
STR-8	JEDNOPLÁŠŤOVÁ VEGETAČNÍ PLOCHÁ STŘECHA 2 A 8NP	0,649	0,958	+	-	-	-
STR-9	JEDNOPLÁŠŤOVÁ PLOCHÁ STŘECHA 9NP NEPOCHOZÍ	0,649	0,957	+	-	-	-
Legenda: ! ... nevyhovuje požadované hodnotě + ... vyhovuje požadované hodnotě							

- Podrobný výpočet proveden pomocí programu Deksoft - Tepelná technika 1D viz. Protokol č.1 – Výpočty tepelně technického posouzení skladeb. Veškeré konstrukce vyhoví na teplotní faktor vnitřního povrchu. Posuzováno dle normy ČSN 73 0540-2: 2011+Z1: 2012.

5.3 Kondenzace vodní páry v konstrukci a roční bilance

5.3.1 Normové požadavky

U konstrukcí, kde by mohlo dojít k ohrožení funkci konstrukce musí platit podmínka pro zkondenzovanou vodní páru v konstrukci:

$$M_c=0$$

Ve stavebních konstrukcích, kde vodní páry neohrožují požadovanou funkci konstrukce, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce a musí tedy platit podmínka:

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

M_c - Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce [$\text{kg/m}^2\text{a}$]

$M_{c,N}$ - Přípustné množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce [$\text{kg/m}^2\text{a}$]

S připuštěnou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce nesmí zbýt žádné zkondenzované množství vodní páry v roční bilanci, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Musí tedy platit podmínka:

$$M_c \leq M_{ev}$$

M_{ev} - Roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce [$\text{kg/m}^2\text{a}$]

Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce:

Popis konstrukce	Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce $M_{c,N}[\text{kg/m}^2\text{a}]$	
Jednoplášťová střecha, konstrukce se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukce s vnějším tepelně izolačním obkladem, jiná obvodová konstrukce s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami	Nižší z hodnot	0,1
		3% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry při $p > 100 \text{ kg/m}^3$
		6% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry při $p < 100 \text{ kg/m}^3$
Ostatní stavební konstrukce	Nižší z hodnot	0,5
		5% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry při $p > 100 \text{ kg/m}^3$
		10% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry při $p < 100 \text{ kg/m}^3$

5.3.2 Výpočet a posouzení

Souhrnná tabulka - šíření vodní páry v konstrukci

Konstrukce		Šíření vodní páry							
		ČSN 73 0540				ČSN EN ISO 13788			
Ozn.	Název	M_C	$M_{C,N}$	Hod.	Bil.	M_C	$M_{C,N}$	Hod.	Bil.
[-]	[-]	[kg/(m ² .a)]	[kg/(m ² .a)]	[-]	[-]	[kg/(m ² .a)]	[kg/(m ² .a)]	[-]	[-]
STN-1	OBVODOVÁ STĚNA 1NP SOKL	-	-	-	-	0,000	0,500	+	+
STN-2	OBVODOVÁ STĚNA 1-9NP	-	-	-	-	0,015	0,254	+	+
STN-3	VNITŘNÍ NOSNÁ ZATEPLENÁ ŽB STĚNA	-	-	-	-	0,000	0,000	+	+
PDL-5	PODLAHA 1NP	-	-	-	-	0,000	0,000	+	+
STR-6	TERASA 2NP	-	-	-	-	0,000	0,000	+	+
STR-7	TERASA 3NP	-	-	-	-	0,000	0,000	+	+
STR-8	JEDNOPLÁŠŤOVÁ VEGETAČNÍ PLOCHÁ STŘECHA 2 A 8NP	-	-	-	-	0,000	0,000	+	+
STR-9	JEDNOPLÁŠŤOVÁ PLOCHÁ STŘECHA 9NP NEPOCHOZÍ	-	-	-	-	0,000	0,000	+	+

Legenda:
! ... nevyhovuje požadované hodnotě / pasivní bilance kondenzace a vypařování
+ ... vyhovuje požadované hodnotě / aktivní bilance kondenzace a vypařování
Poznámka: V tabulce jsou uvedeny pouze základní posouzení. Některé další požadavky (např. vlhkost v místě zabudovaného dřeva) jsou hodnoceny v podrobném protokolu.

- Podrobný výpočet proveden pomocí programu Deksoft - Tepelná technika 1D viz. Protokol č.1 – Výpočty tepelně technického posouzení skladeb. Veškeré konstrukce vyhoví na šíření vodní páry v konstrukci. Posuzováno dle normy ČSN 73 0540-2: 2011+Z1: 2012.

6 Seznam příloh

Složka č.6 – Stavební fyzika

PROTOKOL č.1 – Výpočty tepelně technického posouzení skladeb

7 Použité programy

- Deksoft - Tepelná technika 1D
- Excel Office
- Word Office

V Brně dne
09.12.2024
Bc. Pavel Šamalík