VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ
INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

SPORTOVNÍ CENTRUM
SPORT CENTRE

SLOŽKA Č. 6 – PŘÍLOHA Č.03 – ZPRAVA – POSOUZENÍ Z HLEDISKA TEPELNÉ TECHNIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Bc. Stanislav Štepanovský

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
prof. Ing. Jitka Mohelníková, Ph.D.

BRNO 2026

Obsah

1. Identifikační údaje ... 3
1.1. Údaje o stavbě ... 3
2. Dispoziční řešení ... 3
3. Konstrukční řešení ... 3
4. Účel posouzení ... 4
5. Podklady pro zpracovaní ... 4
6. Použité právní předpisy a normy ... 5
7. Posouzení z hlediska úspory energie a ochrany tepla ... 5
7.1. Součinitel prostupu tepla ... 5
7.2. Úhrnný tepelný odpor konstrukce: ... 5
7.3. Posouzení konstrukce: ... 6
7.4. Lineární a bodový činitel prostupu tepla ... 8
7.5. průměrný součinitel prostupu tepla ... 9
7.6. Šíření vlhkosti konstrukcí ... 11
7.7. Pokles dotykové teploty ... 12
7.8. Tepelná jímavost podlahy ... 13
7.1. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce ... 13
8. Posouzení jednotlivých skladeb v konstrukci ... 15
8.1. Souhrnná tabulka – součinitel prostupu tepla ... 15
8.2. Souhrnná tabulka – teplotní faktor vnitřního povrchu ... 16
8.3. Souhrnná tabulka – šíření vodní páry v konstrukci ... 17
8.4. Souhrnná tabulka – pokles dotykové teploty ... 18
9. Energetický štítek ... 18
10. Literatura ... 21

1. Identifikační údaje

1.1. Údaje o stavbě

Název stavby:	Sportovní centrum
Místo stavby:	Brno
Účel objektu:	Novostavba, trvalá, sportovní a rekreační využití, sportovní a rekreační zařízení doplněné o administrativní prostory.
Zastavěná plocha:	1051 m^2

2. Dispoziční řešení

Dispoziční řešení

Předmětem projektové dokumentace je novostavba sportovního a rekreačního centra doplněného o administrativní prostory. Celý objekt je koncipován jako bezbariérový.

V prvním podzemním podlaží se nacházejí hromadné garáže s celkovou kapacitou 31 parkovacích stání, z toho šest je určeno pro osoby s omezenou schopností pohybu. Dále jsou zde umístěny technické místnosti, sklad a strojovna výtahu.

V prvním nadzemním podlaží se nachází zádveří, recepce, komunikační prostor s evakuačním výtahem a schodištěm. Dále je zde zázemí pro klienty i zaměstnance, kanceláře, sklad a posilovna s vlastním hygienickým zázemím. Posilovna je rozdělena do pěti funkčních zón:

- Bezbariérová zóna – určena pro osoby se zdravotním znevýhodněním a pacienty po úrazech či autonehodách.
- CrossFit zóna
- Kardio zóna
- Zóna s posilovacími stroji
- Venkovní zóna

Druhé nadzemní podlaží zahrnuje hygienické zázemí a kanceláře. Střecha objektu je navržena jako plochá vegetační. Objekt splňuje požadavky na bezbariérové užívání staveb dle platné legislativy.

3. Konstrukční řešení

Objekt je navržen jako železobetonový skeletový systém s monolitickými stropními deskami a vyzdívanými výplňovými stěnami. Maximální osové rozpětí sloupů činí 7,5 × 6,65 m. Nosné sloupy jsou navrženy v průřezu 500 × 300 mm.

Z důvodu eliminace tepelných mostů mezi nevytápěnými podzemními garážemi a vytápěnými nadzemními podlažími jsou v konstrukci využity prvky přerušení tepelného mostu. V hlavách sloupů jsou osazeny prvky Schöck Sconnex typ P. U ztužujících stěn jsou navrženy prvky Schöck Sconnex typ M. Ztužení objektu dále zajišťují železobetonové stěny a ztužující věnce o rozměru 750 × 300 mm.

Celková výška objektu činí 9,1 m.

Objekt je založen plošně na monolitické železobetonové základové desce o tloušťce 500 mm. Spodní stavba je řešena technologií bílé vany (vodonepropustný beton). Konstrukce je z exteriéru opatřena tepelnou izolací z extrudovaného polystyrenu (XPS) o tloušťce 160 mm do hloubky 1250 mm pod terén.

Specifikace provedení bílé vany:

- Stupeň těsnosti: Konstrukce je navržena pro třídu těsnosti 2 (dle TP ČBS 02) – pro podzemní parkoviště a technické zázemí je přípustná pouze vlhkostní mapa, nikoliv průsaky vody.
- Materiál: betonová směs je navržena jako vodonepropustná (průsak tlakovou vodou max. 50 mm dle ČSN EN 12390-8) s omezeným smršťováním.
- Pracovní spáry: těsnění je provedeno pomocí bentonitových bobtnavých pásků osazených do středu spáry.
- Pojistný systém: do pracovních spár (styk deska–stěna) jsou osazeny injektážní hadičky pro možnost dodatečného dotěsnění.
- Prostupy: všechny prostupy instalací a potrubí jsou opatřeny bentonitovými páskami nebo systémovými těsnicími manžetami.
- Otvory po bednění: distanční otvory po spínacích tyčích budou uzavřeny betonovými zátkami vlepenými vodotěsným dvousložkovým lepidlem.

Stropní konstrukce jsou řešeny jako monolitické železobetonové desky o tloušťce 250 mm. Střešní konstrukce je rovněž tvořena monolitickou ŽB deskou o tloušťce 250 mm. Schodiště je navrženo jako železobetonové monolitické. Pro zamezení přenosu kročejového hluku je schodišťové rameno akusticky oddilatováno od okolních konstrukcí pomocí prvků Schöck Tronsole (typy L, M, T). Výtahová šachta je od objektu oddilatována pomocí minerální vaty tloušťky 20 mm.

Obvodový plášť tvoří výplňové zdivo z cihel Porotherm 30 s Rw = 46 dB, λ = 0,175 W/(m·K)), které je zatepleno minerální vatou o tloušťce 200 mm. Fasáda je řešena jako provětrávaná s opláštěním z nehořlavých cementotřískových desek v kombinaci se systémem ETICS.

4. Účel posouzení

Účelem posouzení je ověřit, zda objekt splňuje požadavky na tepelnou techniku a úsporu energie podle ČSN 73 0540-2:2025, Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Dále podle vyhláška č. 264/2020 Sb.

5. Podklady pro zpracovaní

- Studie navrhovaného objektu
- Okrajové podmínky vnitřní a vnější
- Klimatické podmínky v dané lokalitě
- Technické listy výrobců

6. Použité právní předpisy a normy

- Vyhláška č. 264/2020 Sb. – O energetické náročnosti budov.
- ČSN 73 0540-1:2005 – Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie
- ČSN 73 0540-2:2025 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540-3:2005 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0540-4:2005 – Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody

7. Posouzení z hlediska úspory energie a ochrany tepla

7.1. Součinitel prostupu tepla

„Hodnotí vliv celé konstrukce a k ní přilehlých vzduchových vrstev na šíření tepla prostupem. Je odvozena z tepelného odporu konstrukce R. Vzájemný vztah součinitele prostupu tepla U, ve $\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}$, a tepelného odporu konstrukce R, v $\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}$, popř. odporu při prostupu tepla R_t v $\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}$." [1]

Je definován se podle vztahu:

$$U = \frac{1}{R_t} \; [\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$$

7.2. Úhrnný tepelný odpor konstrukce:

„Brání výměně tepla mezi prostředími oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami." [2]
Je definován vztahem:

$$R_t = R_{si} + \mathrm{R} + R_{se} \; [\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}]$$

„R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $[\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}]$." [2]
„R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $[\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}]$." [2]
„R je tepelný odpor konstrukce $[\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}]$." [2]

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \; [\mathrm{m^2} \cdot \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{W}}]$$

„d_i je tloušťka vrstvy v konstrukci [m]." [2]
„λ_i je součinitel tepelné vodivosti $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m \cdot K}}]$." [2]

7.3. Posouzení konstrukce:

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

$U_{N,20}$ je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$
$U_{rec,20}$ je doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$
$U_{pas,20}$ je doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní domy $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$

Pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie je nutné splnit hodnotu f_R = 0,7. Hodnota f_R znamená násobek hodnoty U_{N20} [3].

f_R je redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla.

$$U \leq U_{N,20} * 0{,}7$$

Při výpočtu součinitele prostupu tepla U $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$, se u tepelněizolačních materiálů použije návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m \cdot K}}]$, kterou je potřebné zvětšit o procentuální přirážku z důvodu bezpečnostních opatření, aby se zohlednily možné odchylky v materiálu nebo v konstrukci [4].

- „nejméně ve výši 7 % u nasákavých materiálů (např. minerální vlna) [4]“
- „3 % u méně nasákavých materiálů (např. EPS, PUR, PIR) [4]“
- „0 % u nenasákavých materiálů (např. XPS, pěnové sklo) [4]“

Výpočet součinitele prostupu tepla pro výplně otvorů:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f + U_f + I_g \cdot \psi_g}{A_g \cdot A_f}$$

A_g *je* celková plocha zasklení [m^2]

A_f - celková plocha rámu [m^2]

U_g - součinitel prostupu tepla zasklení $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$

U_f- součinitel prostupu tepla rámu $\left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}\right]$

I_g - viditelný obvod zasklení [m]

ψ_g - lineární činitel prostupu tepla způsobený kombinovanými tepelnými vlivy zasklení, distančního rámečku a rámu $\left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m \cdot K}}\right]$

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

U_w je součinitel prostupu tepla okna$[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$

$U_{N,20}$ j e požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$

Tabulka 3 – požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18 °C až 22 °C včetně.“

Popis konstrukce		**Součinitel prostupu tepla** W/(m²·K)		
		Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{REC,20}$	Cílové hodnoty $U_{FIN,20}$
Stěna vnější		0,30	Těžké[7]: 0,25 Lehké[7]: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 60°		0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 60° 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
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině [1), 2)]		0,45	0,30	0,22 až 0,15
Podlaha vytápěného prostoru nad průlezným prostorem provětrávaným venkovním vzduchem (zvýšená podlaha)		0,30	0,20	0,18 až 0,12
Výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří [5), 6)]		1,50	1,20	0,80 až 0,60
Výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí se sklonem do 60°		1,50	1,20	1,10 až 0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,70	1,20	0,90 až 0,80
Lehký obvodový plášť (LOP)[3)], hodnocený jako smontovaná sestava včetně vlivu nosných rámů, sloupků a příčníků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m²/m², kde je A celková plocha charakteristického výseku LOP, v m²; A_w plocha průsvitné výplně otvoru včetně **příslušných částí** rámů, sloupků a příčníků v charakteristickém výseku LOP, v m².	$f_w \leq 0,5$	$0,25 + 1,2 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$	$0,2 + 0,8 \cdot f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		–	1,00	0,90
Nekovový rám výplně otvoru [4)]		–	1,00 až 0,70	0,90 až 0,60
Rám lehkého obvodového pláště		–	1,20	0,90

1) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.
2) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.
3) Požadavek platí pro LOP v jakékoli poloze. Uplatní se tedy i pro prosklené střechy a další obdobné konstrukce. V případě, že LOP je odkloněn od svislé polohy o více než 30°, stanovuje se f_w ze vztahu $f_w = A_w / A + 0,2$.
4) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.
5) Vztahuje se i na výplně otvorů v odklonu od svislé polohy do 30°.
6) Prosklené balkonové dveře a prosklená zdvižně posuvná výplň otvoru (tzv. HS portál) se hodnotí jako okno.
7) Rozlišení typu konstrukce podle 3.7.

7.4. Lineární a bodový činitel prostupu tepla

Lineární činitel prostupu tepla, označovaný řeckým písmenem ψ a udávaný v jednotkách $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m \cdot K}}]$, je veličina charakterizující tepelně-technické vlastnosti dvourozměrných tepelných vazeb a tepelných mostů.

Bodový činitel prostupu tepla, označovaný řeckým písmenem χ a udávaný v jednotkách $[\mathrm{W/K}]$, charakterizuje tepelně-technické vlastnosti trojrozměrných tepelných vazeb a mostů.

Lineární činitel prostupu tepla ψ a bodový činitel prostupu tepla χ tepelných vazeb mezi konstrukcemi vytápěných budov musí splňovat následující podmínky:

$$\psi \leq \psi_{RQ}$$

$$\chi \leq \chi_{RQ}$$

kde:

ψ_{RQ} je požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla [W/(m·K)] dle tabulky 2,

χ_{RQ} je požadovaná hodnota bodového činitele prostupu tepla [W/K] dle tabulky 2.

Požadované hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla pro jednotlivé typy tepelných vazeb jsou uvedeny v tabulce 2

Typ lineární tepelné vazby	**Lineární činitel prostupu tepla** [W/(m·K)]	
	Požadované hodnoty Ψ_{RQ}	Doporučené hodnoty Ψ_{REC}
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci), aj.	0,15	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10[1)]	0,01[1)]
Střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,20	0,03
Typ bodové tepelné vazby	**Bodový činitel prostupu tepla** [W/K]	
	χ_{RQ}	χ_{REC}
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly, apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,30	0,02
[1)] Pokud tato hodnota není technicky dosažitelná, například v napojení okna na obvodovou stěnu v místě parapetu, připouští se hodnocení pomocí váženého průměru lineárního činitele prostupu tepla po obvodu okna.		

7.5. průměrný součinitel prostupu tepla

„Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,R}$ slouží jako základní veličina pro hodnocení stavebně energetických vlastností budovy. Tento parametr v sobě zahrnuje celkový prostup tepla na systémové hranici budovy, případně její vytápěné zóny. Teplosměnná obálka budovy je definována jako celková plocha všech stavebních prvků, které obklopují vytápěný prostor a přes které dochází k šíření tepelné energie do vnějšího prostředí nebo nevytápěných prostor.“ [5]

„Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy se stanoví vztahem:“ [5]

$$U_{em,R} = \frac{H_{T,R,j}}{\sum A_j \cdot f_R \cdot \Delta U_{em,R}}$$

kde:

"$H_{T,R,j}$referenční měrný tepelný tok prostupem j-tou teplosměnnou konstrukcí obálky budovy ve $[W/K]$“ [5]

„A je plocha j-té teplosměnné konstrukce obálky budovy s referenčním měrným tepelným tokem prostupem $H_{T,R,j} > 0$ v $[m^2]$. stanovená z vnějších rozměrů“ [5]

„f_R redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla.“ [5]

„$\Delta U_{em,R}$ je referenční hodnota přirážky na vliv tepelných vazeb ve $[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}}]$“ [5]

„Referenční měrný tepelný tok prostupem *j*-tou teplosměnnou konstrukcí obálky budovy $H_{T,R,j}$se stanoví:“ [5]

$$H_{T,R,j} = \sum \left(A_j \cdot U_{R,j} \cdot b_j\right)$$

„Přičemž pro podlahovou konstrukci na zemině v zónách s $\theta_{im} > 5^{\circ}C$ je referenční ustálený měrný tepelný tok prostupem $H_{T,R,j}$roven nejméně“ [5]

$$H_{T,R,min,j} = \frac{\left(A_j \cdot U_{R,j} \cdot (\theta_{im} - 5\right)}{\theta_{im} - \theta_e}$$

kde

„$U_{R,j}$ je referenční hodnota součinitele prostupu tepla *j*-té teplosměnné konstrukce obálky budovy, ve $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$“ [5]

„b_j je teplotní redukční činitel *j*-té teplosměnné konstrukce obálky budovy, bezrozměrný, stanovený podle ČSN 73 0540-2, s tím, že nejnižší hodnota je 0;“ [5]

„θ_{im} je převažující návrhová vnitřní teplota v zóně přilehlé k j-té teplosměnné konstrukci obálky budovy, ve °C, podle ČSN 730540-2;“ [5]

„θ_e je návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období, ve °C, podle ČSN 730540-3.“ [5]

„Referenční hodnota součinitele prostupu tepla *j*-té teplosměnné konstrukce obálky budovy $U_{R,j}$ se stanoví:“ [5]

a) „Pro konstrukci obálky budovy v zóně provozované jako mrazírna nebo chladírna podle vztahu:“ [5]

$$U_{R,j} = U_{N,j}$$

„$U_{N,j}$ je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla *j*-té teplosměnné konstrukce obálky budovy, ve W·m^{-2}·K^{-1}, stanovená pro návrhovou vnitřní teplotu v přilehlé zóně podle ČSN 14 8102, přičemž pro výplně otvorů se použije požadovaná hodnota pro obvodové stěny zvýšená o 30 %.“ [5]

b) „Pro konstrukci obálky budovy v ostatních zónách:“ [5]

$$U_{R,j} = f_R \cdot e_1 \cdot U_{N,20,j}$$

kde

„e_1 je součinitel typu zóny přilehlé k j-té teplosměnné konstrukci obálky budovy, který se stanoví:“

- „pro zóny s θ_{im} od 18 °C do 22 °C včetně jako e_1 = 1
- pro ostatní zóny jako e_1 = 16 / abs (θ_{im} – 4); nejméně však 0,75 a nejvýše však 1,75“ [5]

„$U_{N,20,j}$ je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce obálky budovy, ve W·m^{-2}·K^{-1}, stanovená pro převažující návrhovou vnitřní teplotu θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně podle ČSN 73 0540-2 s výjimkou lehkého obvodového pláště, pro jehož neprůsvitné výplně se použije požadovaná normová hodnota $U_{N,20}$podle ČSN 73 0540-2 pro vnější stěnu a pro průsvitné výplně požadovaná normová hodnota $U_{N,20}$ podle ČSN 73 0540-2 pro výplň otvoru ve vnější stěně.“ [5]

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční hodnota	
			Dokončená budova a její změna	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	f_R	-	1,0	0,7
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy nebo ucelené části budovy	$U_{em,R}$	W/(m^2·K)	referenční hodnota průměrného součinitele tepla podle odstavce 4 textové části Přílohy č.1 Vyhlášky	
Součinitel prostupu tepla vnitřních konstrukcí	$U_{R,int}$	W/(m·K)	doporučená hodnota podle ČSN 730540-2	
Přirážka na vliv tepelných vazeb	$\Delta U_{em,R}$	W/(m^2·K)	0,02	

7.6.Šíření vlhkosti konstrukcí

„Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce Mc, v kg/(m2·a), mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy: [5]“

$$Mc = 0$$

„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 kg/(m²·a), tak, aby splňovalo podmínku: [5]“

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

„Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difuzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot [5]“:

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

„nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m³, pro materiál s objemovou hmotností ρ ≤ 100 kg/m³ se použije 6 % jeho plošné hmotnosti; pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot: [5]“

$$M_{c,N} = 0{,}50\ \mathrm{kg/(m^2 \cdot a)}$$

„nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m³, pro materiál s objemovou hmotností ρ ≤ 100 kg/m³ se použije 10 % jeho plošné hmotnosti. [5]“

7.7. Pokles dotykové teploty

„Podlahy se zatřiďují z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy $\theta_{10,RQ}$ do kategorií podle tabulky.“

$$\theta_{10} \leq \theta_{10,RQ}$$

„$\theta_{10,RQ}$ je požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy, ve °C, která se stanový z tabulky 3.

Tabulka 3 – Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy $\theta_{10,RQ}$

Kategorie podlahy	**Pokles dotykové teploty podlahy** $\Delta\theta_{10,RQ}$ [°C]
I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
II. Teplé	do 5,5 včetně
III. Méně teplé	do 6,9 včetně
IV. Studené	od 6,9

Tabulka 4 – Kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty

Druh budovy	Účel místnosti	Kategorie podlahy	
		Požadovaná	Doporučená
Obytná budova	dětský pokoj, ložnice	I.	I.
	obývací pokoj, pracovna	II.	I.
	kuchyň	III.	I.
	koupelna, WC, předsíň sousedící s pokoji	IV.	II.
	předsíň před vstupem do bytu	IV.	III.
Občanská budova	učebna, kabinet	II.	II.
	tělocvična	II.	II.
	místnost pro pobyt dětí v předškolním vzdělávacím zařízení (jesle, dětské skupiny, mateřské školy apod.)	I.	I.
	operační sál, předsálí, ordinace, přípravna, vyšetřovna, služební místnost	II.	II.
	chodba a předsíň nemocnice	III.	II.
	pokoj dospělých nemocných	II.	I.
	pokoj nemocných dětí	I.	I.
	pokoj intenzivní péče	II.	I.
	kancelář	II.	II.
	hotelový pokoj	II.	I.
	pokoj v ubytovně	III.	II.
	sál kina, divadla	II.	II.
	místa pro hosty v restauraci	III.	II.
	prodejna potravin	III.	III.
Výrobní budova	trvalé pracovní místo při sedavé práci	II.	II.
	trvalé pracovní místo bez podlážky nebo předepsané teplé obuvi	III.	II.
	sklad se stálou obsluhou	IV.	III.

7.8.Tepelná jímavost podlahy

$B[W \cdot s^{0,5}/(m^2 \cdot K)]$, ochlazovací účinek podlahy na živý organismus. Pro podlahu tvořenou silnou vrstvou stejnorodého materiálu je definována vztahem:

$$B = \sqrt{b}$$

kde:

b je tepelná jímavost materiálu $[W^2 \cdot s/(m^4 \cdot K^2)]$

7.1.Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

„Obálka budovy musí vykazovat takovou nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu$f_{Rsi,min}$ bezrozměrný, splňoval podmínku:[5]“

$$f_{Rsi,min} \geq f_{Rsi,RQ}$$

„$f_{RsiRQ:}$ je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [5]“

$$f_{Rsi,RQ} = f_{Rsi,cr}$$

„$f_{Rsi,cr:}$ je kritický tepelní faktor vnitřního povrchu [5]“

Splnění podmínky se ověřuje:

a) „Pro povrchy zabudovaných konstrukcí s nízkou tepelnou setrvačností výpočtem pro návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období podle ČSN 730540:3 zvýšenou o 5 K, návrhovou teplotu vnitřního vzduchu a návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu.“ [5]

b) „pro povrchy ostatních konstrukcí, nebo jejich částí, výpočtem pro všechny měsíce roku prostřednictvím průměrných měsíčních hodnot teploty a relativní vlhkosti venkovního vzduchu, návrhové teploty vnitřního vzduchu a průměrných měsíčních hodnot relativní vlhkosti vnitřního vzduchu stanovených podle ČSN EN ISO 13788 buď výpočtem s použitím vnitřních vlhkostních tříd podle účelu přilehlé místnosti, nebo přímým zadáním návrhové hodnoty udržované klimatizací zvýšené o bezpečnostní přirážku 5 %; plnění požadavku se ověřuje pro měsíc s maximální hodnotou nejnižšího požadovaného teplotního faktoru.“ [5]

„Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$, bezrozměrný, se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13788 z kritické vnitřní povrchové vlhkosti $\varphi_{si,cr}$, v % (relativní vlhkost vzduchu bezprostředně při vnitřním povrchu konstrukce), která je:“ [5]

a) „Pro povrchy zabudovaných konstrukcí s nízkou tepelnou setrvačností dána hodnotou $\varphi_{si,cr}$ = 100 %, která zajišťuje prevenci rizika vzniku kondenzace na vnitřním povrchu konstrukcí.“ [5]
b) „Pro povrchy ostatních konstrukcí, nebo jejich částí, dána hodnotou $\varphi_{si,cr}$ = 80 %, která zajišťuje prevenci rizika vzniku plísní na vnitřním povrchu konstrukcí.“ [5]

„Požadavek se ověřuje pomocí numerického řešení diferenciální rovnice vícerozměrného vedení tepla výpočtovými postupy v souladu s ČSN EN ISO 10211 s použitím okrajových podmínek podle ČSN 73 0540-3 a ČSN EN ISO 13788 a vlastností materiálů podle ČSN 73 0540-3, ČSN EN ISO 10077-2 a ČSN EN ISO 10456. Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} i požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,N}$ se uvádějí s přesností na tři desetinná místa.

Výpočtové hodnocení zabudování konstrukcí s nízkou tepelnou setrvačností se provede na charakteristických řezech napojení na okolní konstrukce výpočtem dvourozměrného vedení tepla. Do výpočtu se zahrnují žaluziové a roletové schránky. Zastiňovací prvky se nezahrnují.

U konstrukce s větranou vzduchovou vrstvou musí část konstrukce od větrané vzduchové vrstvy k venkovnímu prostředí vykazovat v zimním období teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} podle 5.1.1. Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ se stanoví podle 5.1.2.b, přičemž se místo průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu použije návrhová venkovní teplota v zimním období podle ČSN 730540-3 a místo průměrné návrhové měsíční teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu teplota a vlhkost vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě vypočtená podle ČSN 73 0540-4. Kritická relativní vlhkost se uvažuje $\varphi_{si,cr}$ = 90 %.“[5]

8. Posouzení jednotlivých skladeb v konstrukci

8.1. Souhrnná tabulka – součinitel prostupu tepla

Konstrukce		Součinitel prostupu tepla			
		Dle českých technických norem			
Ozn.	Název	U_{RQ}	U_{REC}	U	Hod.
[-]	[-]	[W/(m^2 K)]	[W/(m^2 K)]	[W/(m^2 K)]	[-]
STN-1	S.01 - Větraná fasáda – Cihelný blok	0,30	0,25	0,16	x
STN-2	S.02 - ETICS – Cihelný blok	0,30	0,25	0,16	x
STN-3	S.03 - ETICS – ŽB	0,30	0,25	0,19	x
STN-4	S.04 - Sokl	0,30	0,25	0,23	x
STN-5	S.08 - stěna schodiště / garáž	0,53	0,35	0,26	x
STR-6	PV.01 Vegetační_plochá_střecha	0,24	0,16	0,14	x
PDL-7	P.01 Strop nad garážemi - ker. dlažba	0,30	0,20	0,19	x
PDL-8	P.02 Strop nad garážemi – gumová podlah	0,30	0,20	0,18	x
PDL-9	P.03 Strop nad garážemi – vinyl	0,30	0,20	0,18	x
VYP-10	Okno O.01 -1000x750	1,50	1,20	0,89	x
VYP-11	Okno O.02 -1500x750	1,50	1,20	0,84	x
VYP-12	Okno O.03 -1750x750	1,50	1,20	0,84	x
VYP-13	Okno O.04 -2000x1000	1,50	1,20	0,77	x
VYP-14	Okno O.05 1500x2000	1,50	1,20	0,78	x
VYP-15	Okno O.06 -1750x1250	1,50	1,20	0,73	x
VYP-16	Okno O.08 2380x2000	1,50	1,20	0,76	x
VYP-17	Okno O.09 1500x2250	1,50	1,20	0,76	x
VYP-18	Okno O.10 2380x2250	1,50	1,20	0,74	x
VYP-19	LOP 01 - 6,15 m	0,99	1,20	0,87	x
VYP-20	LOP 02 - 6,7 m	0,99	1,20	0,86	x
VYP-21	LOP 03- 7,2 m	0,99	1,20	0,86	x
VYP-22	VSTUPNÍ DVEŘE 2380x1450	1,50	1,20	1,1	x
VYP-23	VSTUPNÍ DVEŘE 2380x1100	1,50	1,20	1,1	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

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

8.2.Souhrnná tabulka – teplotní faktor vnitřního povrchu

Konstrukce		Teplotní faktor					
		ČSN 73 0540			ČSN EN ISO 13788		
Ozn.	Název	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.	$f_{Rsi,RQ}$	f_{Rsi}	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
STN-1	S.01 - Větraná fasáda - Cihelný blok	0,693	0,961	+	0,539	0,961	+
STN-2	S.02 - ETICS - Cihelný blok	0,869	0,961	+	0,863	0,961	+
STN-3	S.03 - ETICS - ŽB	0,869	0,953	+	0,863	0,953	+
STN-4	S.04 - Sokl	0,869	0,943	+	0,863	0,943	+
STN-5	S.08 - stěna schodiště / garáž	0,000	0,937	+	-	-	-
STR-6	PV.01 Vegetační_plochá_střecha	0,869	0,965	+	0,863	0,965	+
PDL-7	P.01 Strop nad garážemi - ker. dlažba	0,695	0,954	+	0,867	0,954	+
PDL-8	P.02 Strop nad garážemi - gumová podlah -DONE	0,695	0,954	+	0,867	0,954	+
PDL-9	P.03 Strop nad garážemi - vinyl	0,695	0,954	+	0,867	0,954	+
Legenda: ! ... nevyhovuje požadované hodnotě + ... vyhovuje požadované hodnotě							

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,RQ}, \boldsymbol{VYHOVUJE}$$

8.3.Souhrnná tabulka – šíření vodní páry v konstrukci

Konstrukce		Šíření vodní páry							
		ČSN 73 0540				ČSN EN ISO 13788			
Ozn.	Název	M_c	$M_{C,RQ}$	Hod.	Bil.	M_c	$M_{C,RQ}$	Hod.	Bil.
[-]	[-]	[kg/(m^2.a)]	[kg/(m^2.a)]	[-]	[-]	[kg/(m^2.a)]	[kg/(m^2.a)]	[-]	[-]
STN-1	S.01 - Větraná fasáda - Cihelný blok	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
STN-2	S.02 - ETICS - Cihelný blok	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
STN-3	S.03 - ETICS - ŽB	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
STN-4	S.04 - Sokl	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
STN-5	S.08 - stěna schodiště / garáž	-	0,1000	+	+	-	-	-	-
STR-6	PV.01 Vegetační_plochá_střecha	0,0006	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
PDL-7	P.01 Strop nad garážemi - ker. dlažba	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
PDL-8	P.02 Strop nad garážemi - gumová podlah -DONE	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+
PDL-9	P.03 Strop nad garážemi - vinyl	-	0,1000	+	+	0,0000	0,1000	+	+

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.

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

8.4.Souhrnná tabulka – pokles dotykové teploty

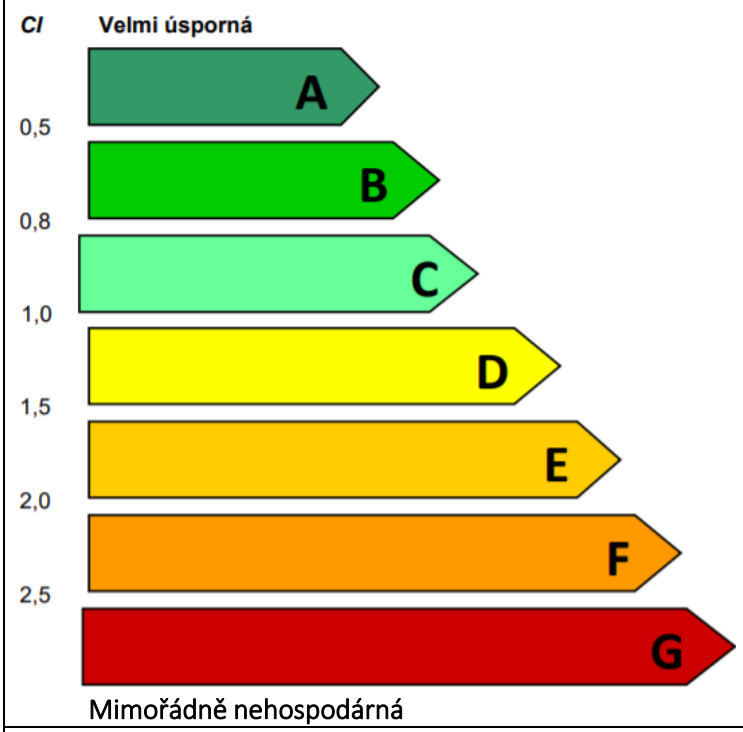
Konstrukce		Pokles dotykové teploty		
		ČSN 73 0540-2		
Ozn.	Název	B	$\Delta\theta_{10}$	Kat.
[-]	[-]	[W.s^{0,5}/(m^2.K)]	[°C]	[-]
PDL-7	P.01 Strop nad garážemi - ker. dlažba	1 419,8	7,55	IV.
PDL-8	P.02 Strop nad garážemi – gumová podlah	531,3	4,34	II.
PDL-9	P.03 Strop nad garážemi – vinyl	603,9	4,72	II.

9. Energetický štítek

Konstrukce		Referenční budova (stanovení požadavku)				Hodnocená budova			
		Plocha	Součinitel prostupu tepla · 0,7	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla
		A [m^2]	U [W/(m^{2}K)]	b [-]	HT [W.K^{-1}]	A [m^2]	U [W/(m^{2}K)]	b [-]	HT [W.K^{-1}]
Konstrukce	Obvodová stěna	793,18	0,21	1,0	166,57	793,18	0,19	1,0	150,70
	Sokl	120,08	0,21	1,0	25,22	120,08	0,23	1,0	27,62
	Strop nad garážema	927,75	0,21	1,0	194,83	927,75	0,19	1,0	176,27
	Vegetační plochá střecha	980	0,17	1,0	166,60	980	0,14	1,0	137,20
Výplně otvorů	Okno O.01	3	1,05	1,0	3,15	3	0,74	1,0	2,22
	Okno O.02	2,25	1,05	1,0	2,36	2,25	0,84	1,0	1,89
	Okno O.03	1,31	1,05	1,0	1,38	1,31	0,84	1,0	1,10
	Okno O.04	0,2	1,05	1,0	0,21	0,2	0,77	1,0	0,15
	Okno O.05	6	1,05	1,0	6,30	6	0,78	1,0	4,68
	Okno O.06	2,2	1,05	1,0	2,31	2,2	0,73	1,0	1,61
	Okno O.08	66,64	1,05	1,0	69,97	66,64	0,76	1,0	50,65
	Okno O.09	3,375	1,05	1,0	3,54	3,375	0,76	1,0	2,57
	Okno O.10	5,35	1,05	1,0	5,62	5,35	0,74	1,0	3,96
	Dveře D.01	6,9	1,05	1,0	7,25	6,9	1,1	1,0	7,59
	Dveře D.02	2,62	1,05	1,0	2,75	2,62	1,1	1,0	2,88
	LOP .01	19,25	1,05	1,0	20,21	19,25	0,87	1,0	16,75
	LOP .02	20,97	1,05	1,0	22,02	20,97	0,86	1,0	18,03
	LOP .03	90,16	1,05	1,0	94,67	90,16	0,86	1,0	77,54
Výpočet	CELKEM	3051,24			794,95	3051,24			683,41
	Tepelné vazby		0,02		15,90		0,02		13,67
	Celková měrná ztráta prostupem tepla				810,85				697,08
	Průměrný součinitel prostupu tepla		$U_{em,R} = \sum HT,R,j / \sum Aj + (0,7 . 0,02)$		0,28		$U_{em} = \sum HT,R,j / \sum Aj + (0,7 . 0,02)$		0,24
	Zatřízení budovy		$0,9 * E_R = B$						0,86
			0,9* 0,39 = 0,25						
			0,24 < 0,25						
	TŘÍDA B - ÚSPORNÁ								

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy						Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie	Celková dodaná energie	Dílčí dodaná energie			U_{em}	
			Teplá voda a úprava vlhkosti	Vytápění a chlazení	Osvětlení vnitřního prostoru budovy a nucené větrání		
A	0,8 × E_R	0,7 × E_R	0,7 × E_R	0,6 × E_R	0,5 × E_R	**0,7 × E_R**	Mimořádně úsporná
B	1,2 × E_R	0,9 × E_R	0,8 × E_R	0,8 × E_R	0,7 × E_R	**0,9 × E_R**	Velmi úsporná
C	1,6 × E_R	1,2 × E_R	1 × E_R	1,1 × E_R	0,9 × E_R	**1,2 × E_R**	Úsporná
D	2,3 × E_R	1,5 × E_R	1,2 × E_R	1,5 × E_R	1,2 × E_R	**1,7 × E_R**	Méně úsporná
E	3 × E_R	2 × E_R	1,4 × E_R	2 × E_R	1,5 × E_R	**2,3 × E_R**	Nehospodárná
F	3,7 × E_R	2,5 × E_R	1,6 × E_R	2,5 × E_R	2 × E_R	**2,9 × E_R**	Velmi nehospodárná
G							Mimořádně nehospodárná

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení: Sportovní centrum	Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy: Brno		
Celková podlahová plocha A_c = 2227,43 m^2	stávající	doporučení
	0,24	
KLASIFIKACE		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy	0,24	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,R}$ ve W/(m^2·K)	0,25	

10. Literatura

[1] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. 2005.

[2] TOPINFO S.R.O. Tepelný odpor R. TOPINFO S.R.O. Tzbinfo [online]. 2001, 2024 [cit. 2024-02-13]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r

[3] ANTONÍN, Jan a Magdalena PURKRTOVÁ. TOPINFO S.R.O. Definice budovy s téměř nulovou spotřebou energie z hlediska obálky budovy. TOPINFO S.R.O. Tzbinfo [online]. 2001, 2024 [cit. 2024-02-13]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/344-definice-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-z-hlediska-obalky-budovy

[4] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: Vyhláška č. 264/2020 Sb. 2020, 98/2020.

[5] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. 2025.