

Asociácia výrobcov minerálnych izolácií, z.z.p.o.
Račianska 88B
831 02 Bratislava
info@mineralnaizolacia.sk

TRANSFORMÁCIA DEKLAROVANÝCH HODNÔT SÚČiniteľa TEPELNEJ VODIVOSTI NA HODNOTY VÝPOČTOVÉ PODĽA STN EN ISO 10 456

Spracovateľ: **Asociácia výrobcov minerálnych izolácií, z.z.p.o.**
Račianska 88B
831 02 Bratislava
info@mineralnaizolacia.sk

Obsah

| | |
|---|----|
| Obsah | 1 |
| Zoznam skratiek a symbolov | 2 |
| 1. Úvod | 3 |
| 2. Súčasný stav | 3 |
| 3. Stanovenie návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_N podľa normy STN EN ISO 10 456 | 4 |
| Faktor transformácie starnutia F_a | 5 |
| Faktor transformácie teploty F_T | 6 |
| Transformačný súčiniteľ teploty f_t | 6 |
| Teplota prvej skupiny podmienok T_1 | 7 |
| Teplota druhej skupiny podmienok T_2 | 7 |
| Faktor transformácie vlhkosti F_m | 9 |
| Transformačný súčiniteľ vlhkosti f_ψ | 10 |
| Objemová vlhkosť prvej skupiny podmienok ψ_1 | 10 |
| Objemová vlhkosť druhej skupiny podmienok ψ_2 | 10 |
| 4. Tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ | 15 |
| I. Rozšírená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ , zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia | 16 |
| II. Zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia | 17 |
| III. Zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ | 18 |
| 5. Analýza adaptácie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D | 19 |
| Adaptácia deklarovanej hodnoty λ_D návrhovými hodnotami λ_1, λ_2 rozšírenej tabuľky | 19 |
| Navýšenie deklarovanej hodnoty λ_D návrhovými hodnotami λ_1, λ_2 zjednodušenej tabuľky | 20 |
| Navýšenie deklarovanej hodnoty λ_D návrhovými hodnotami λ tabuľkou STN 73 0540 – 3 | 21 |
| 6. Záverečné postrehy a návrhy | 22 |
| 7. Bibliografia | 25 |
| 8. Prílohová časť | 26 |
| Príloha 1: Analýza zvýšenia deklarovaných hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D po odvodení návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ | 26 |
| Príloha 2: Zoznam aktuálnych výrobkov s deklarovanými hodnotami súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D | 31 |
| Príloha 3: Výpočet hodnôt transformačných súčiniteľov f_t, f_ψ ; faktorov transformácie F_T, F_m a súčiniteľov tepelnej vodivosti $\lambda_{N,v}, \lambda_{N,ChO}$ | 33 |
| Príloha 4: Priemerná denná teplota exteriéru θ_e počas referenčného roka pre Bratislavu | 36 |

Zoznam skratiek a symbolov

| Označenie | Názov | Jednotka |
|-------------|--|--|
| F_a | faktor transformácie starnutia | - |
| F_m | faktor transformácie vlhkosti | - |
| F_T | faktor transformácie teploty | - |
| f_t | transformačný súčiniteľ teploty | 1/K |
| f_u | transformačný súčiniteľ hmotnostnej vlhkosti | 1/K |
| f_ψ | transformačný súčiniteľ objemovej vlhkosti | 1/K |
| i | index označujúci poradie | - |
| q | tepelný tok | W/m ² |
| R | tepelný odpor | m ² .K/W |
| T_1 | teplota prvej skupiny podmienok | °C, K |
| t_1 | teplota na chladnej strane obalovej konštrukcie | °C, K |
| $t_{1,ch}$ | teplota na chladnej strane obalovej konštrukcie pre obdobie chladenia | °C, K |
| $t_{1,v}$ | teplota na chladnej strane obalovej konštrukcie pre obdobie vykurovania | °C, K |
| T_2 | teplota druhej skupiny podmienok | °C, K |
| t_2 | teplota na chladnej strane obalovej konštrukcie | °C, K |
| $t_{2,ch}$ | teplota na teplej strane obalovej konštrukcie pre obdobie chladenia | °C, K |
| $T_{2,ch}$ | teplota druhej skupiny podmienok pre obdobie chladenia | °C, K |
| $t_{2,v}$ | teplota na teplej strane obalovej konštrukcie pre obdobie vykurovania | °C, K |
| $T_{2,v}$ | teplota druhej skupiny podmienok pre obdobie vykurovania | °C, K |
| U | súčiniteľ prechodu tepla | W/(m ² .K) |
| u_1 | hmotnostná vlhkosť prvej skupiny podmienok | % |
| u_2 | hmotnostná vlhkosť druhej skupiny podmienok | % |
| Δ | odchýlka definovaná rozdielom hodnôt | % |
| λ | súčiniteľ tepelnej vodivosti | W/(m.K) |
| λ_D | deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti | W/(m.K) |
| λ | návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti | W/(m.K) |
| λ_1 | návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti pre budovy vyžadujúce posúdenie vykurovania | W/(m.K) |
| λ_2 | návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti pre budovy vyžadujúce posúdenie vykurovania a chladenia | W/(m.K) |
| ψ | objemová vlhkosť | kg/m ³ , m ³ /m ³ |
| ψ_1 | objemová vlhkosť prvej skupiny podmienok | kg/m ³ , m ³ /m ³ |
| ψ_2 | objemová vlhkosť druhej skupiny podmienok | kg/m ³ , m ³ /m ³ |

1. Úvod

V súčasnej dobe dochádza k nezastaviteľnému vývoju v takmer všetkých vedných oblastiach. Stavebný priemysel je jedným z odvetví, ktorého sa inovácie a výskumy priamo dotýkajú. Dnes, keď svet doslova priahane po energiách, sa kladie vysoký dôraz aj na energetickú hospodárnosť budov podľa Zák. 5555/2005 v znení neskorších predpisov pre posúdenie minimálnej požiadavky pre globálny ukazovateľ (horná hranica príslušnej energetickej triedy podľa úrovne výstavby), pre nové budovy a pre významne obnovené budovy. Pre preukázanie energetickej hospodárnosti budov sa vyžaduje energetická certifikácia budovy podľa Zák. 5555/2005 Z.z. v znení neskorších predpisov.

Pre korektný výpočet energetickej hospodárnosti budov je potrebné navrhnuť jednotlivé konštrukcie tak, aby spĺňali minimálne tepelnotechnické vlastností stavebných konštrukcií podľa časti 4.1.1 v norme STN 73 0540 - 2 [1].

Hlavným kritériom na obalové konštrukcie je súčiniteľ prechodu tepla U [$W/(m^2.K)$], ktorý je uvedený v norme STN 73 0540 - 2 [1] ako maximálna hodnota. Preto všetky konštrukcie tepelnoizolačného systému (obvodové steny, strechy, okná, ...) musia byť nižšie, ako je uvedená maximálna hodnota súčiniteľa prechodu tepla U pre danú kategóriu konštrukcie.

Projektovaná budova, ako celok, tak musí vyhovovať požiadavke pre preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budov podľa časti 8.2.2 v norme STN 73 0540 - 2 [1].

Keďže súčiniteľ prechodu tepla U je priamo závislý od základnej charakteristiky tepelnoizolačných materiálov, t.j. súčiniteľa tepelnej vodivosti, kde výrobcovia tepelnoizolačných materiálov uvádzajú jeho deklarovанú hodnotu λ_D , je preto dôležité správne určenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ .

2. Súčasný stav

Pre stanovenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ z deklarovanej hodnoty λ_D pre tepelnoizolačné materiály na báze minerálnych vlákien sa využívajú tri spôsoby:

- a) Stanovenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ prostredníctvom normy STN 73 0540 – 3, tabuľky 16, kde na základe objemovej hmotnosti výrobku ρ , typu výrobku a spôsobu zabudovania sa určí návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ .

Tento spôsob určenia nie je korektný, pretože veľa moderných výrobkov sa v tabuľke 16 nenachádza a tým pádom je určenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ značne nepresné. Taktiež je potrebná znalosť ďalších mechanických vlastností tepelnoizolačného materiálu, ktoré nie sú vždy k dispozícii. Hlavným kritériom sa teda nestáva základná tepelnoizolačná vlastnosť materiálu, akou je deklarovанá hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D , ale jeho objemová hmotnosť ρ .

Návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ je nadhodnotená na stranu bezpečnosti niekedy aj viac ako o 30 % (kap. 5), čím sa návrh stáva značne neekonomický, keďže je potrebná až o tretinu väčšia hrúbka materiálu d .

- b) Stanovenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ prostredníctvom paušálneho navýšenia jeho deklarovanej hodnoty λ_D o 10 až 15 % na základe empirických znalostí, zohľadňujúce adaptáciu materiálu na podmienky zabudovania a prostredia. Tento návrh sa síce odvíja od deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D a je aj adekvátnou metódou na určenie jeho návrhovej hodnoty λ , avšak projektant nie je krytý štandardizovaným výpočtom.
- c) Stanovenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ prostredníctvom prepočtu podľa normy STN EN ISO 10 456.

Takto stanovená návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ zohľadňuje vplyv teploty, vlhkosti prostredia, starnutie výrobku a je dobrou aproximáciou reálneho stavu, čo potvrdzuje aj priemerné zvýšenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti o cca 11 až 15 % (kap. 5).

Taktiež sa jedná o štandardizovaný výpočet, čo poskytuje aj potrebné krytie pre projektantov.

Na základe vyššie uvedených skutočností je prostredníctvom postupu uvedeného v norme STN EN ISO 10 456 vytvorený prepočet deklarovaných hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ_D materiálov na báze minerálnych vlákien na ich návrhové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ .

Podrobné postupy a návrhy jednotlivých hodnôt sú uvedené v tomto dokumente, ako aj finálna návrhová verzia tabuľky s návrhovými hodnotami súčiniteľov tepelnej vodivosti λ pre možnú integráciu do normy STN 73 0450 – 3.

3. Stanovenie návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ podľa normy STN EN ISO 10 456

Jedným z predmetov normy STN EN ISO 10 456 je špecifikácia stanovenia deklarovaných hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D , určuje spôsob stanovenia deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D a okrajové podmienky, pri ktorých má byť jeho hodnota meraná.

Okrajové podmienky sa rozdeľujú do dvoch skupín, ktoré sa navzájom líšia teplotou a vlhkosťou vzorky (tabuľka 1).

| Vlastnosti | Skupiny podmienok | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-----|---------------|------|-------------|-----|---------------|------|
| | I (10 °C) | | | | II (23 °C) | | | |
| | a) | | b) | | a) | | b) | |
| Referenčná teplota | 10 °C | | 10 °C | | 23 °C | | 23 °C | |
| Vlhkosť | U_{dry}^a | 0 % | $U_{23,50}^b$ | 50 % | U_{dry}^a | 0 % | $U_{23,50}^b$ | 50 % |
| Starnutie | stará | | stará | | stará | | stará | |

Tabuľka 1 Podmienky stanovenia deklarovaných hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D podľa STN EN ISO 10 456 [2]

Deklarované hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D pre moderné materiály na báze minerálnych vlákien sa určujú na základe I. skupiny okrajových podmienok, t.j. pri teplote $T_1 = 10 \text{ °C}$ a vlhkosti označenej ako $U_{dry} = 0 \%$ zo starej vzorky.

Zároveň norma poskytuje spôsob výpočtu návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ , kde zohľadňuje nie len deklarované hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti tepelnoizolačného materiálu, ale aj operačnú vlhkosť, teplotu a starnutie materiálu.

Výpočet návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ platí pre interval teplôt prostredia od -30 °C do 60 °C . Jednotlivé transformačné súčinitele sú tak platné pre strednú teplotu od 0 °C do 30 °C .

Pre stanovenie návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_N podľa tejto normy taktiež odkazuje aj norma STN 73 0540 - 3 v časti 9.1.7 [3]:

„Pre nové materiály, ktoré sa neuvádzajú v tabuľkách 16 a 17, platia hodnoty deklarované výrobcom na základe preukazovania zhody v zmysle zákona a na výpočet návrhovej hodnoty tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií sa použijú návrhové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti prepočítané podľa STN EN ISO 10 456.“

Z toho vyplýva, že projektant by mal pri výpočte tepelného odporu konštrukcie R ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) a následne výpočtu súčiniteľa prechodu tepla U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] pre stanovenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti postupovať podľa normy STN EN ISO 10 456.

Prepočet deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D na jeho návrhovú hodnotu λ je založený na faktoroch transformácie starnutia, teploty, vlhkosti (3.1) ako:

$$\lambda = \lambda_D \times F_a \times F_T \times F_m \quad (3.1)$$

Kde je λ - návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

λ_D - deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

F_a - faktor transformácie starnutia (-);

F_T - faktor transformácie teploty (-);

F_m - faktor transformácie vlhkosti (-).

Faktor transformácie starnutia F_a

Podľa normy STN EN ISO 10 456 sa výpočet faktora starnutia vzťahuje na minimálne polovicu operatívneho využitia, čo je najčastejšie obdobie 50 rokov. Z toho vyplýva, že daný faktor by sa vyjadroval minimálne na 25 rokov.

Možnosť zanedbať faktor transformácie starnutia F_a potvrdzujú aj nezávislé výskumy EURIMA [3], ktoré skúmali tepelnoizolačné vlastnosti materiálov na báze minerálnych vlákien po 55 rokoch. Výsledky meraní súčiniteľa tepelnej vodivosti λ dosahovali v niektorých prípadoch nižšie hodnoty, ako boli hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti deklarované výrobcom λ_D .

Výskum NAIMA sa venoval zase mechanickému poškodeniu materiálu na báze minerálnych vlákien. Skúmaných bolo 8 nezávislých vzoriek s vekom od 31 rokov po 54 rokov [4] [5]. Výsledky nepreukázali žiadne zásadne poškodenia vzoriek vplyvom času.

Na základe vyššie uvedených skutočností sa faktor transformácie vo výpočte uvažuje ako neutrálna konštanta, neovplyvňujúca výslednú hodnotu (3.2):

$$F_a = 1 \quad (3.2)$$

Faktor transformácie teploty F_T

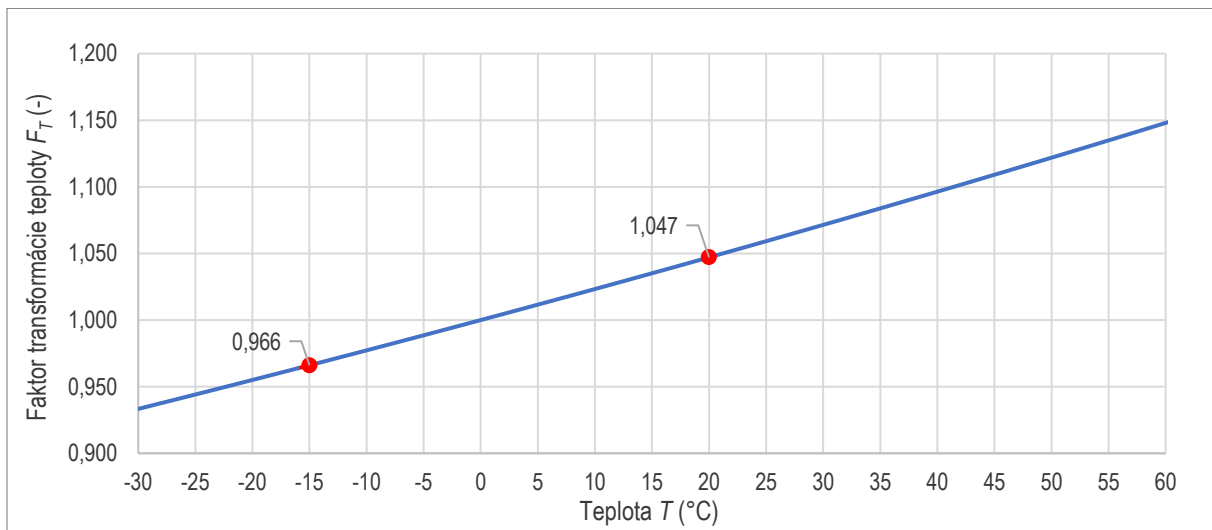
Faktor transformácie teploty F_T je funkčne závislý od teploty prostredia, kde sa daný tepelnoizolačný materiál zabuduje a od typu tepelnoizolačného materiálu a je vyjadrením exponenciálnej funkcie (3.3) [2]:

$$F_T = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)} \quad (3.3)$$

kde je f_t - transformačný súčiniteľ teploty (1/K);

T_1 - teplota prvej skupiny podmienok (°C, K);

T_2 - teplota druhej skupiny podmienok (°C, K).



Obrázok 1 Graf závislosti faktora transformácie teploty F_T od teploty T (°C). Príklad závislosti pre transformačný súčiniteľ $f_t = 0,0046$ a interval teplôt od -30 °C do 60 °C.

Na obrázku 1 môžeme sledovať závislosť faktora transformácie teploty F_T od teploty. Graf je vykreslený a vypočítaný ako príklad, s uvažovaním transformačného súčiniteľa teploty $f_t = 0,0046$. Na základe grafu môžeme sledovať vplyv transformačného súčiniteľa teploty F_T . Čím vyššia je teplota prostredia a tým aj tepelnej izolácie, tým vyššia bude aj hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ tepelnej izolácie.

Transformačný súčiniteľ teploty f_t

Transformačný súčiniteľ teploty f_t je závislý od typu tepelnoizolačného materiálu, ktorý pre výroby z minerálnej izolácie delíme do troch skupín na základe tuhosti materiálu. Medziľahlé hodnoty transformačného súčiniteľa teploty f_t v prílohe A normy STN EN ISO 10 456 boli interpolované v intervale súčiniteľov tepelnej vodivosti λ od 0,030 W/(m.K) do 0,045 W/(m.K). Tento interval bol zvolený na základe aktuálnych výrobkov na trhu a ich deklarovaných hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ_D (príloha 2).

Hodnoty transformačného súčiniteľa teploty f_t , ktoré boli mimo intervaly súčiniteľa tepelnej vodivosti λ určené normou STN EN ISO 10 456, boli stanovené ako konštanty uvedených okrajových intervalov v prílohe A (tab. 2). Extrapolácia týchto hodnôt nebola využitá, aby bol výpočet na strane bezpečnosti.

Príklad 1:

Pri výpočte návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_N , odvodeného od deklarovanej hodnoty $\lambda_D = 0,030 \text{ W/(m.K)}$ pre dosku na baze minerálnej izolácie nebola pre stanovenie súčiniteľa transformácie f_t použitá extrapolovaná hodnota, ktorá by na základe extrapolácie bola nižšia ako hodnota pre krajný interval súčiniteľa tepelnej vodivosti $\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m.K)}$, ale bola uvažovaná hodnota ako pri deklarovanej hodnote súčiniteľa tepelnej vodivosti $\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m.K)}$.

$$\lambda_D = 0,032 \text{ W/(m.K)} \quad \rightarrow \quad f_t = 0,038 \text{ 1/K}$$

$$\lambda_D = 0,030 \text{ W/(m.K)} \quad \rightarrow \quad f_t = 0,038 \text{ 1/K}$$

| Rúna, rohože, voľné vlákna | | Dosky | | Tuhé dosky | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Súčiniteľ tepelnej vodivosti | Transformačný súčiniteľ | Súčiniteľ tepelnej vodivosti | Transformačný súčiniteľ | Súčiniteľ tepelnej vodivosti | Transformačný súčiniteľ |
| λ | f_T | λ | f_T | λ | f_T |
| W/(m.K) | 1/K | W/(m.K) | 1/K | W/(m.K) | 1/K |
| 0,035 | 0,0046 | 0,032 | 0,0038 | 0,030 | 0,0035 |
| 0,040 | 0,0056 | 0,034 | 0,0043 | 0,033 | 0,0035 |
| 0,045 | 0,0062 | 0,036 | 0,0048 | 0,035 | 0,0031 |
| 0,050 | 0,0069 | 0,038 | 0,0053 | | |

Tabuľka 2 Hodnoty transformačného súčiniteľa teploty f_t podľa STN EN ISO 10 456 [2]

Teplota prvej skupiny podmienok T_1

Stanovenie deklarovaných hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D prebieha podľa STN EN ISO 10 456 pri okrajových podmienkach podľa skupiny I. uvedených v tabuľke 1.

Na základe týchto okrajových podmienok je hodnota teploty prvej skupiny podmienok T_1 vo vzťahu (3.4) konštantná a rovná referenčnej teplote I. skupiny podmienok pre stanovenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D :

$$T_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

Teplota druhej skupiny podmienok T_2

Ako bolo spomenuté, faktor transformácie teploty F_T je funkčne závislý aj od teploty prostredia, v ktorom bude tepelnoizolačný materiál zabudovaný. Na základe moderných metód posudzovania budov z hľadiska energetickej hospodárnosti je preto dôležité uvažovať s jeho funkčnou závislosťou od teploty pri výpočte potreby tepla na vykurovanie a na chladenie pri kategóriách budov, v ktorých sa posúdenie chladenia vyžaduje.

Z toho dôvodu sa pre stanovenie návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ uvažovali dve návrhové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti a to:

λ_1 - návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti zohľadňujúca vykurovanie,

λ_2 - návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti zohľadňujúca vykurovanie a chladenie.

Teplota druhej skupiny podmienok T_2 sa vo výpočte uvažuje ako stredná teplota v tepelnoizolačnom materiáli. Keďže výpočtové modely posúdenia tepelného toku sú založené na ustálenom tepelnom toku - ustálené vedenie tepla (teplotný rozdiel medzi jednotlivými časťami telesa sa v čase nemení v období vykurovania a v období chladenia), môžeme tento dej zapísať Fourierovým zákonom (3.5):

$$q = -\lambda \times \left(\frac{t_2 - t_1}{d} \right) \quad (3.5)$$

kde je λ - súčiniteľ tepelnej vodivosti materiálu [W/(m.K)];

t_2 - teplota na teplej strane obalovej konštrukcie (°C, K);

t_1 - teplota na chladnej strane obalovej konštrukcie (°C, K);

d - hrúbka súvrstvia obalovej konštrukcie (m).

Teploty t_2 a t_1 sú pre obdobie vykurovania a chladenia konštantné, súčiniteľ tepelnej vodivosti λ pre konštantný rozdiel teplôt je konštantný a taktiež hrúbka d súvrstvia sa nemení.

Na základe toho môžeme určiť strednú teplotu T_2 ako (3.6):

$$T_2 = \left(\frac{t_2 + t_1}{2} \right) \quad (3.6)$$

Teplota druhej skupiny podmienok $T_{2,V}$ pre obdobie vykurovania

Vo výpočte teploty druhej skupiny podmienok $T_{2,V}$ pre obdobie vykurovania sa uvažuje s povrchovou teplotou $t_{2,V}$ podľa návrhovej vnútornej teploty vzduchu v zimnom období - obytné budovy, uvedenej v STN 73 0540 - 3, tabuľka 1 [6]:

$$t_{2,V} = 20,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.7)$$

Pre presný výpočet strednej teploty v tepelnej izolácii by sa malo uvažovať s povrchovou teplotou na teplej strane tepelnej izolácie. Avšak táto teplota závisí od tepelnotechnických vlastností jednotlivých vrstiev, na ktoré je tepelná izolácia aplikovaná. Vzhľadom na rozmanitosť stavebných materiálov bol rozdiel teplôt spôsobený súvrstvím pred tepelnou izoláciou zo strany interiéru zanedbaný. Týmto zjednodušením sa však dostávame na stranu bezpečnosti vo výpočte tepelných strát.

Vyplýva to z exponenciálneho priebehu transformačného súčiniteľa teploty F_T , z ktorého je známe, že čím vyššia teplota bude v tepelnoizolačnom materiáli, tým vyšší bude jeho súčiniteľ tepelnej vodivosti λ .

Z rovnakého dôvodu bola teplota na chladnom povrchu $t_{1,V}$ stanovená podľa priemernej vonkajšej teploty počas vykurovacieho obdobia/priemerná vonkajšia teplota podľa mesiacov (STN 73 0540 - 3, tabuľka 7) [6]:

$$t_{1,V} = 3,86 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.8)$$

Dosadením vzťahov (3.8) a (3.7) do (3.6) dostávame teplotu druhej skupiny podmienok $T_{2,V}$ pre obdobie vykurovania:

$$T_{2,V} = \left(\frac{t_{2,V} + t_{1,V}}{2} \right) = \left(\frac{20,0 \text{ } ^\circ\text{C} + 3,86 \text{ } ^\circ\text{C}}{2} \right) = 11,93 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.9)$$

Teplota druhej skupiny podmienok $T_{2,Ch}$ pre obdobie chladenia

Obdobne ako v prípade obdobia pre vykurovanie sa vo výpočte teploty druhej skupiny podmienok $T_{2,Ch}$ pre obdobie chladenia sa uvažuje s povrchovou teplotou $t_{2,Ch}$ podľa návrhovej vnútornej teploty vzduchu v letnom období - STN 73 0540 - 3, tabuľka 8 [6]:

$$t_{2,Ch} = 26,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.10)$$

Teplota na chladnom povrchu $t_{1,Ch}$ bola stanovená podľa priemerov maximálnej dennej vonkajšej teploty v letnom období podľa mesiacov pre Slovensku republiku na základe údajov z STN 73 0540 - 3, tabuľka 8 [6] (3.11):

$$t_{1,Ch} = 23,8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.11)$$

Dosadením vzťahov (3.10) a (3.11) do (3.12) dostávame teplotu druhej skupiny podmienok $T_{2,V}$ pre obdobie chladenia (3.12):

$$T_{2,Ch} = \left(\frac{t_{2,Ch} + t_{1,Ch}}{2} \right) = \left(\frac{23,8 \text{ } ^\circ\text{C} + 26,0 \text{ } ^\circ\text{C}}{2} \right) = 24,9 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.12)$$

Vo výpočte teploty druhej skupiny podmienok $T_{2,Ch}$ pre obdobie chladenia sa uvažovalo taktiež s maximálnymi priemernými teplotami z rovnakého dôvodu ako vo výpočte teploty druhej skupiny podmienok $T_{2,V}$ pre obdobie vykurovania.

Faktor transformácie vlhkosti F_m

Faktor transformácie vlhkosti F_m je funkčne závislý od vlhkosti prostredia, kde sa daný tepelnoizolačný materiál zabuduje. Taktiež je vyjadrením exponenciálnej funkcie buď prostredníctvom hmotnostnej vlhkosti [2] (3.13):

$$F_m = e^{f_u \cdot (u_2 - u_1)} \quad (3.13)$$

kde je f_u - transformačný súčiniteľ hmotnostnej vlhkosti (1/K);

u_1 - hmotnostná vlhkosť prvej skupiny podmienok (%);

u_2 - hmotnostná vlhkosť druhej skupiny podmienok (%);

alebo je vyjadrený prostredníctvom objemovej vlhkosti [2] (3.14):

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)} \quad (3.14)$$

kde je f_ψ - je transformačný súčiniteľ objemovej vlhkosti (1/K);

ψ_1 - objemová vlhkosť prvej skupiny podmienok (kg/m³, m³/m³);

ψ_2 - objemová vlhkosť druhej skupiny podmienok (kg/m³, m³/m³);.

Pre výpočet návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ sa v tomto dokumente uvažovalo s faktorom transformácie F_m stanovenom prostredníctvom objemovej vlhkosti.

Transformačný súčiniteľ vlhkosti f_ψ

Transformačný súčiniteľ f_ψ bol zvolený na základe normy STN EN ISO 10 456 - tabuľka 4 [2], pre materiály z minerálnej vlny s objemovou hmotnosťou od 10 do 200 kg/m³ ako konštanta (3.15):

$$f_\psi = 4 \quad (3.15)$$

Objemová vlhkosť prvej skupiny podmienok ψ_1

Vzhľadom k tomu, že deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D pre moderné materiály na báze minerálnych vlákien sa určujú podľa I. skupiny podmienok daných normou STN EN ISO 10 456, uvažuje sa vo výpočte s konštantnou objemovou vlhkosťou:

$$\psi_1 = 0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (3.16)$$

Objemová vlhkosť druhej skupiny podmienok ψ_2

Pre stanovenie objemovej vlhkosti pre druhú skupinu podmienok ψ_2 v tepelnoizolačnom materiáli na báze minerálnej vlny bolo zohľadnených niekoľko faktov, ktorým je venovaných viacero prác.

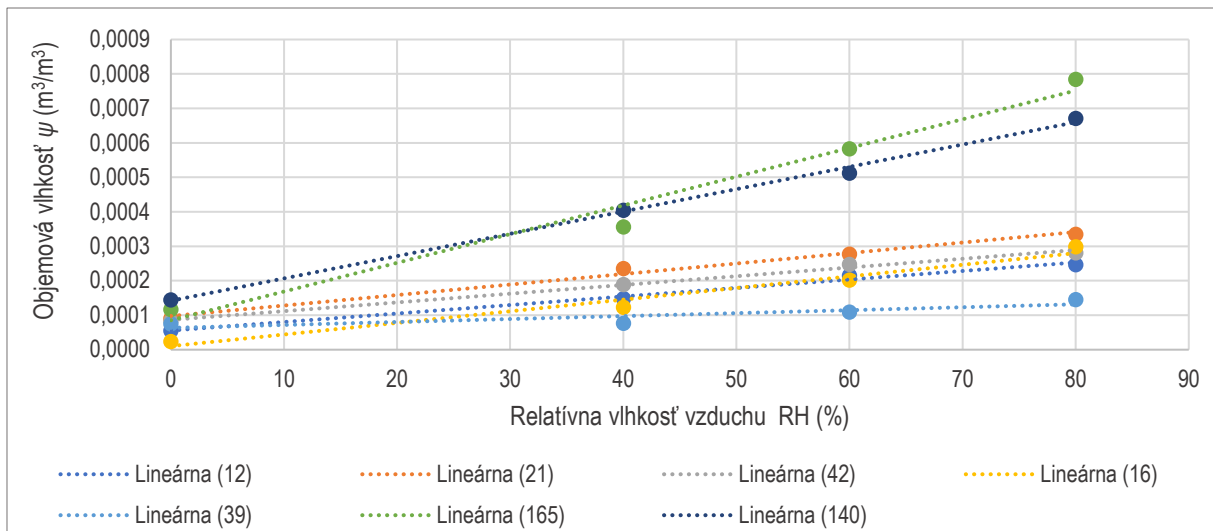
Publikácie a merania

Sorpciou a zadržiavaním vlhkosti v štruktúre tepelnoizolačných materiálov (tepelné izolácie z minerálnych vlákien nevynímajúc) sa venovali M. Jerman a R. Černý [7]. Skúmali a merali izotermy adsorpcie prostredníctvom vysušacej metódy [8], kde počiatočným stavom bola suchá vzorka. Izotermy desorpcie boli odvodené podobne, avšak počiatočný stav bola mokrá vzorka.

Jedným zo záverov výskumu boli grafy sorpčných kriviek vyjadrujúcich objemovú vlhkosť materiálu v závislosti od relatívnej vlhkosti vzduchu. Maximálna objemová vlhkosť vplyvom 97 % relatívnej vlhkosti vzduchu bola približne $\psi_2 = 0,55 \text{ kg/m}^3 \approx 0,00055 \text{ m}^3/\text{m}^3$ pre materiály na báze minerálnych vlákien.

Podobné výsledky boli získane aj z meraní CSI (Český skúšobný inštitút). Merania boli založené na skúške viacerých vzoriek minerálnej izolácie, rôznej objemovej hmotnosti. Cieľom merania bolo zistiť zmenu súčiniteľa tepelnej vodivosti vplyvom vlhkosti.

Vedľajším výsledkom je však aj závislosť objemovej vlhkosti materiálu na báze minerálnych vlákien od relatívnej vlhkosti prostredia, ktoré nadobúdalo hodnoty 0 %, 40 %, 60 % a 80 %. Na základe meraní je možné stanoviť maximálnu objemovú vlhkosť $\psi_2 = 0,80 \text{ kg/m}^3 \approx 0,00080 \text{ m}^3/\text{m}^3$ vplyvom sorpcie materiálu s rôznou objemovou hmotnosťou ρ (obr. 2).



Obrázok 2 Graf sorpčnej závislosti tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vlákien s rôznou objemovou hmotnosťou ρ od relatívnej vlhkosti prostredia pri teplote vzduchu 23 °C. Hodnoty v zátvorke predstavujú objemové hmotnosti testovaných vzoriek v kg/m³.

Hodnoty sorpcie vodnej pary však dosahujú relatívne nízke hodnoty, keďže boli merané bez vplyvu kondenzácie, spôsobenej zmenami teploty na strane interiéru a exteriéru. Na určenie maximálnej objemovej vlhkosti pre výpočet faktora transformácie vlhkosti sa preto použili výsledky meraní objemovej vlhkosti materiálu zohľadňujúce aj kondenzáciu vlhkosti.

Kondenzáciou vlhkosti v tepelnoizolačnom materiáli na báze minerálnych vlákien sa venovala práca T. Vránu F. a Björk [9]. Cieľom bolo zistiť množstvo kondenzátu pri teplote exteriéru – 20 °C a teplote interiéru 20 °C so 100 % relatívnou vlhkosťou vzduchu interiéru. Test prebiehal po dobu 100 hodín na troch typoch minerálnej izolácie s rôznou objemovou hmotnosťou ρ a deklarovanou hodnotou súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D . Hrúbka všetkých vzoriek bola 100 mm.

| Vzorka | Deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D | Faktor difúzneho odporu podľa EN 12 524 μ | Objemová hmotnosť v suchom stave ρ_{dry} |
|--------|---|---|---|
| | W/(m.K) | - | kg/m ³ |
| A | 0,040 | 1 | 145 |
| B | 0,039 | 1 | 112 |
| C | 0,035 | 1 | 44 |

Tabuľka 3 Základné technické parametre použitých vzoriek tepelnej izolácie na báze minerálnych vlákien [9].

| Vzorka | Priemerná objemová vlhkosť v hornej vrstve ψ_U | | Priemerná objemová vlhkosť v spodnej vrstve ψ_L | | Priemerná objemová vlhkosť v hornej vrstve ψ_{AVG} | |
|--------|---|----------------------------------|--|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | kg/m ³ | ≈ m ³ /m ³ | kg/m ³ | ≈ m ³ /m ³ | kg/m ³ | ≈ m ³ /m ³ |
| | A | 11,22 | 0,01122 | 7,97 | 0,00797 | 9,59 |
| B | 10,34 | 0,01034 | 5,56 | 0,00556 | 8,00 | 0,00800 |
| C | 14,47 | 0,01447 | 6,18 | 0,00618 | 10,33 | 0,01033 |

Tabuľka 4 Hodnoty objemových vlhkostí pre jednotlivé typy vzoriek tepelnej izolácie na báze minerálnych vlákien [9].

Výsledky výskumu ukazujú závislosť objemovej vlhkosti na objemovej hmotnosti a to, so znižujúcou objemovou hmotnosťou narastá objemová vlhkosť v materiáli. Z nameraných hodnôt objemových vlhkostí je možné zovšeobecniť maximálnu objemovú hmotnosť v tepelnoizolačnom materiáli približne $\psi_2 = 10 \text{ kg/m}^3$ (približne $\psi_2 \approx 0,010 \text{ m}^3/\text{m}^3$) pre všetky typy tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vlákien rôznej objemovej hmotnosti, čo odpovedá rýchlosti kondenzácie $2,8 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m.s})$.

Na túto prácu nadväzuje aj štúdia F. Björk a T. Enochssona [10] ohľadom kondenzácie vlhkosti v troch typoch tepelnej izolácie (z toho jeden typ bola minerálna izolácia - Isover, objemová hmotnosť $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$, súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda_D = 0,038 \text{ W}/(\text{m.K})$, hrúbka izolácie $d = 60 \text{ mm}$) v stenách vagónov. Vo svojej práci sledovali množstvo kondenzátu, kde okrajovými podmienkami bola teplota na chladnej strane $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a v interiéri $20 \text{ }^\circ\text{C}$ s relatívnou vlhkosťou vzduchu 55% . Meraním sa zistilo, že pri perforácii steny $3,2 \%$ (5 dier) po 168 hodinách bola plošná vlhkosť v izolácii na báze minerálnych vlákien 234 g/m^2 , čo zodpovedá objemovej vlhkosti $\psi_2 = 3,9 \text{ kg/m}^3 \approx 0,0039 \text{ m}^3/\text{m}^3$. V tomto prípade sa jednalo o rýchlosť kondenzácie $6,4 \times 10^{-6} \text{ kg}/(\text{m.s})$.

Nezávislé interné merania objemovej vlhkosti zabudovaných minerálnych izolácií boli vykonané aj českou Asociáciou výrobcov minerálnej izolácie [11]. Merania boli zamerané na kontaktné zateplňovacie systémy a šikmé strechy. Výsledky sú síce zaťažené chybou, vyplývajúcou z malého množstva meraní a meraní len v jednej určitej hĺbke materiálu, ale pri porovnaní výsledkov s prácou T. Vránu a F. a Björk [9] je možné sledovať symetriu v priemernej hodnote objemovej vlhkosti.

| Typ konštrukcie | Materiál | Nameraná objemová vlhkosť | |
|---|----------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | kg/m ³ | ≈ m ³ /m ³ |
| Šikmá strecha | Minerálna vlna | 3 - 12 | 0,003 – 0,012 |
| Fasáda - kontaktné zateplenie | Minerálna vlna | 8 - 22 | 0,008 - 0,022 |
| Priemerná hodnota objemovej vlhkosti ψ : | | 11,25 | 0,01125 |

Tabuľka 5 Namerané hodnoty objemových vlhkostí [11].

Skúmaním hmotnostnej vlhkosti sa venoval aj výskum EURIMA [4]. Z merní a analýzy vyplývalo, že maximálna hmotnostná vlhkosť nepresiahla 1% objemovej hmotnosti tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vlákien.

Výpočtový vlhkosťný režim

Výpočet vlhkosťného režimu bol zameraný na porovnanie výsledkov výskumu a zistenie množstva kondenzátu počas referenčného roka.

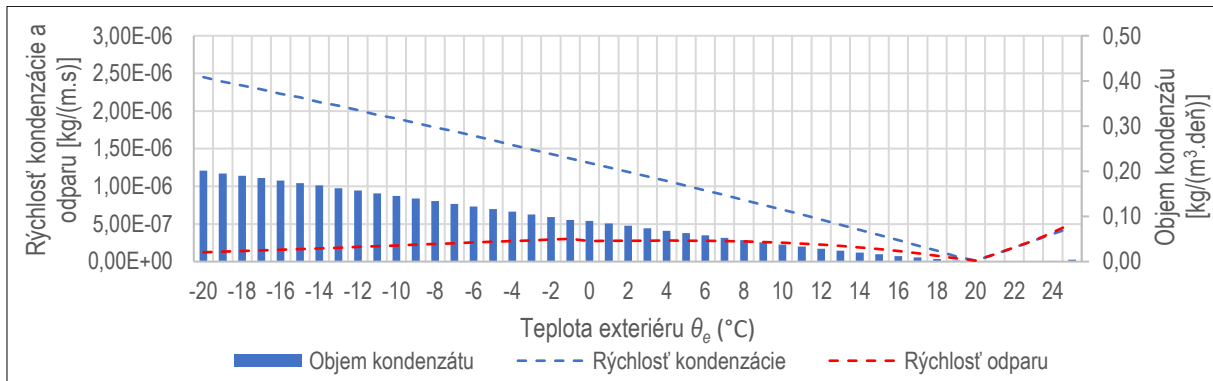
Sledovaná konštrukcia bola tvorená len minerálnou izoláciou, bez parozábran, alebo parobrzd. Ide o sledovanie maximálneho efektu kondenzácie v minerálnej izolácie.

| Objemová hmotnosť ρ | Hrúbka vzorky h | Súčiniteľ tepelnej vodivosti λ | Faktor difúzneho odporu μ |
|-----------------------------|----------------------|---|----------------------------------|
| kg/m ³ | mm | W/(m.K) | - |
| 145 | 100 | 0,040 | 3,05 |

Tabuľka 6 Materiálové charakteristiky uvažované vo výpočte

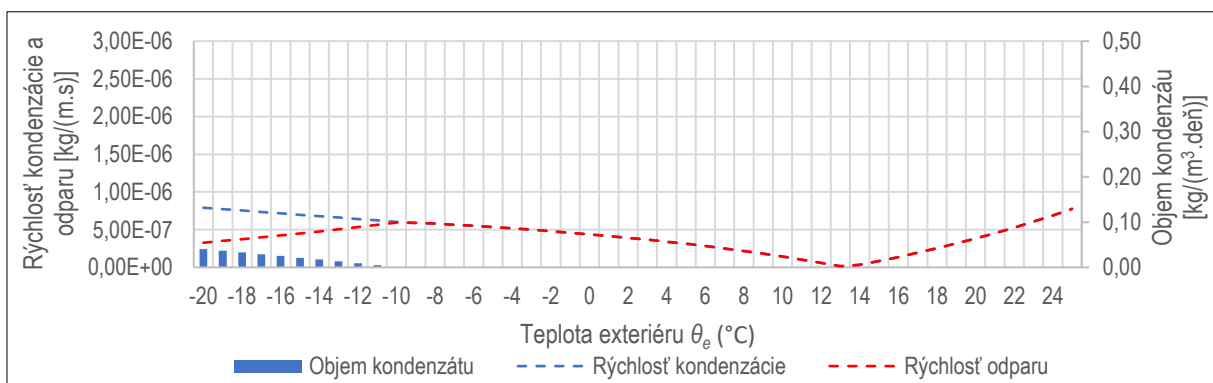
V interiéri bola teda uvažovaná teplota $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a relatívna vlhkosť vzduchu 100% . Exteriér bol charakterizovaný premennou teplotou s gradáciou od $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ po $23 \text{ }^\circ\text{C}$ s konštantnou relatívnou

vlhkosťou vzduchu 100 %. Z obrázka 3 môžeme sledovať ako rýchlo vstupuje vodná para do izolácie (modrá krivka) a ako rýchlo sa z konštrukcie odparuje (červená krivka). Modré stĺpce predstavujú množstvo kondenzátu počas 24 hodinového cyklu okrajových podmienok. Z priebehu vstupu vodnej pary a odparenia vodnej pary vidíme, že ku kondenzácii nedochádza až pri 20 °C v exteriéri. Ak si porovnáme nami vypočítanú rýchlosť kondenzácie pri okrajových podmienkach, aké boli dané v experimente F. Björk a T. Enochssona [10] ($\theta_i = 20\text{ °C}$, $\phi_i = 100\%$, $\theta_e = -20\text{ °C}$, $\phi_e = 100\%$), dosahujeme rýchlosť kondenzácie $2,33 \times 10^{-6}\text{ kg/(m.s)}$, čo je približne 3 × menej oproti experimentu.



Obrázok 3 Rýchlosť kondenzácie a odparu vodnej pary z konštrukcie a následný objem kondenzátu pri trvaní podmienky 24 hodín. ($\theta_i = 20\text{ °C}$, $\phi_i = 100\%$, $\theta_e = \text{od } -20\text{ °C do } 24\text{ °C}$, $\phi_e = 100\%$)

Pri rovnakej úvahe, avšak s návrhovými okrajovými podmienkami podľa STN 73 0540 ($\theta_i = 20\text{ °C}$, $\phi_i = 50\%$, $\phi_e = 84\%$), dochádza k zastaveniu kondenzácie už pri teplote exteriéru $\theta_e = -11\text{ °C}$ (obr. 4.). Maximálna rýchlosť kondenzácie v tomto prípade dosahuje $4,63 \times 10^{-7}\text{ kg/(m.s)}$.



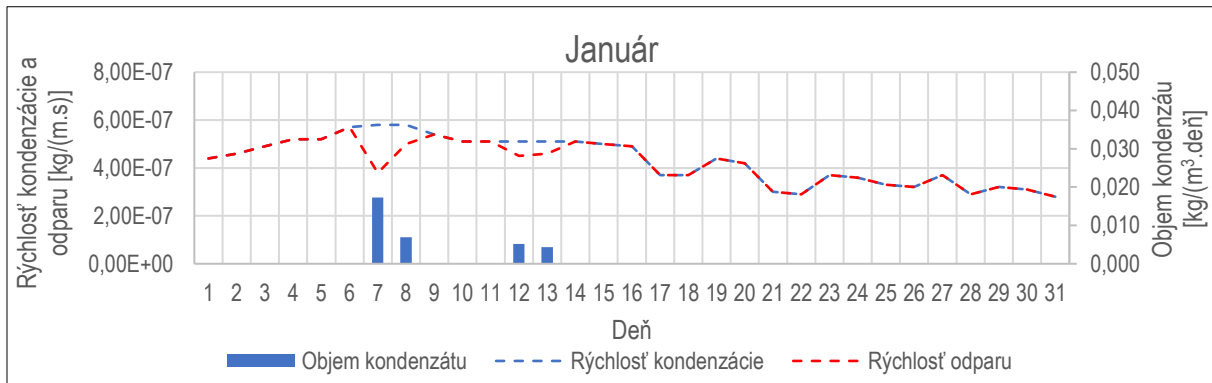
Obrázok 4 Rýchlosť kondenzácie a odparu vodnej pary z konštrukcie a následný objem kondenzátu pri trvaní podmienky 24 hodín. ($\theta_i = 20\text{ °C}$, $\phi_i = 50\%$, $\theta_e = \text{od } -20\text{ °C do } 24\text{ °C}$, $\phi_e = 84\%$)

Z analýzy denných priemerných hodnôt z referenčného roka (pre Bratislavu) môžeme vidieť priebeh priemerných denných teplôt (príloha 4.). Najdlhšia perióda záporných teplôt pripadá na január a trvá celých 16 dní. (od 1.1. do 16.1). Následne dochádza k striedaniu teplých a chladných periód, počas ktorých dochádza k vysychaniu naakumulovaného kondenzátu.

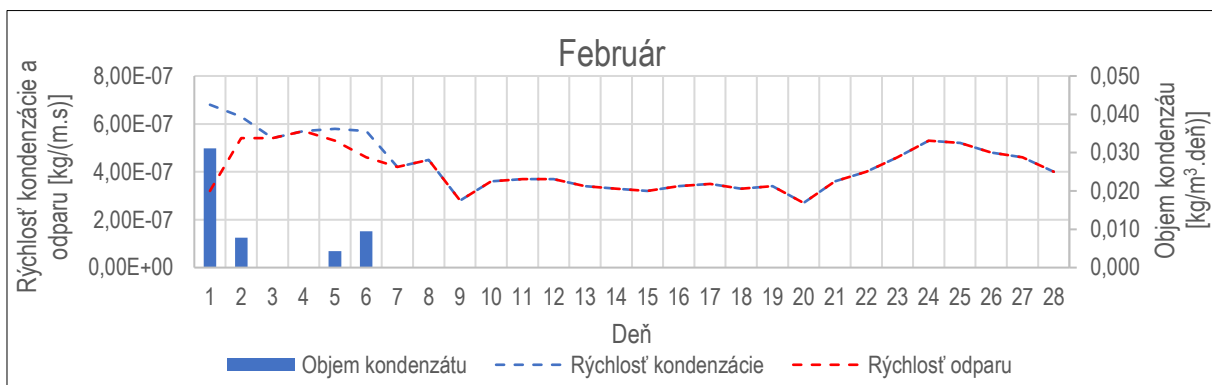
Ak vezmeme do úvahy rýchlosť kondenzácie z extrémneho prípadu uvedeného v experimente F. Björk a T. Enochssona [10] (t.j. $6,4 \times 10^{-6}\text{ kg/(m.s)}$), dostávame množstvo nahromadeného kondenzátu v objeme $8,85\text{ kg/m}^3$ pri trvaní experimentálnych extrémnych podmienok 16 dní.

Pri uvažovaní výpočtovej rýchlosti kondenzácie pre najextrémnejšie podmienky (t.j. $2,33 \times 10^{-6}\text{ kg/(m.s)}$) je množstvo skondenzovanej vodnej pary v objeme $3,22\text{ kg/m}^3$ pri trvaní výpočtových extrémnych podmienok 16 dní.

Na obrázkoch 5 a 6 môžeme vidieť príklad pre výpočtovú kondenzáciu pre reálne priemerné denné hodnoty teploty exteriéru a vlhkosti vzduchu exteriéru (vypočítané z hodinových hodnôt referenčného roka pre Bratislavu). Okrajové podmienky pre interiér boli konštantné, rovné návrhovým výpočtovým podmienkam podľa STN 73 0540 ($\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_i = 50 \%$). Z priebehu kondenzácie je jasne viditeľná maximálna rýchlosť kondenzácie $6,80 \times 10^{-7} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$, ktorá je cca 10 krát nižšia, ako bola rýchlosť kondenzácie počas extrémnych podmienok použitých v experimente F. Björk a T. Enochssona.



Obrázok 5 Priebeh rýchlosti kondenzácie a odparu pre priemerné denné hodnoty teploty exteriéru a vlhkosti vzduchu exteriéru určené z hodinových hodnôt referenčného roka pre Bratislavu - január.



Obrázok 6 Priebeh rýchlosti kondenzácie a odparu pre priemerné denné hodnoty teploty exteriéru a vlhkosti vzduchu exteriéru určené z hodinových hodnôt referenčného roka pre Bratislavu - február.

Návrhová hodnota vlhkosti ψ_2

Na základe uvedených skutočností je pri výpočte transformačného faktora vlhkosti F_m uvažovaná hodnota objemovej vlhkosti materiálu druhej skupiny podmienok ako:

$$\psi_2 = 0,025 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (3.17)$$

Táto hodnota objemovej vlhkosti zodpovedá maximálnej kondenzácii v tepelnej izolácii podľa výskumu [10] počas trvania 45 dní, maximálnej kondenzácie v tepelnej izolácii podľa výpočtu 125 dní, čo je viac ako polovica obdobia vykurovania podľa STN 73 0540 – 3 (212 dní).

Hodnota objemovej vlhkosti bola zvolená aj s uvážením 1,5 % hmotnostnej vlhkosti materiálu (1 % - maximálna hmotnostná vlhkosť podľa výskumu EURIMA a 0,5 % bezpečnostné navýšenie) pri uvážení maximálnej objemovej hmotnosti tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vlákien (časť „Transformačný súčiniteľ vlhkosti f_ψ “), pre ktoré je možné uplatniť výpočet podľa STN EN ISO 10 456.

4. Tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ

Na základe vyššie uvedených skutočností a prostredníctvom prepočtu podľa STN EN ISO 10 456 boli vytvorené tri verzie tabuliek s návrhovými hodnotami súčiniteľov tepelnej vodivosti λ :

- I. rozšírená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ , zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia,
- II. zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ , zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia,
- III. zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ .

Prvé dve tabuľky obsahujú dve hodnoty návrhového súčiniteľa tepelnej vodivosti λ ako bolo spomenuté v časti „Teplota druhej skupiny podmienok T_2 “.

Návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti označenej ako λ_1 by sa použila pre návrh konštrukcie a výpočet energetických strát pre kategórie budov, kde sa zohľadňuje len vykurovacie obdobie, t.j. stanovenie mernej potreby energie mesačnou metódou. Návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti označenej ako λ_2 je určená pre návrh konštrukcie a výpočet energetických strát pre kategórie budov, kde sa zohľadňuje vykurovacie obdobie a obdobie chladenia, t.j. stanovenie mernej potreby energie hodinovou metódou. Návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti označenej ako λ_2 bola odvodená na základe váženého aritmetického priemeru súčiniteľa tepelnej vodivosti pre obdobie vykurovania a pre obdobie chladenia, kde váhovým parametrom boli jednotlivé mesiace vykurovania a chladenia podľa normy STN 73 0540 - 3 [6]. Počet mesiacov, charakterizujúce obdobie vykurovania bol uvažovaný $n_1 = 7$ (október, november, december, január, február, marec, apríl) [6]. Počet mesiacov, charakterizujúce obdobie chladenia bol uvažovaný $n_2 = 5$ (máj, jún, júl, august, september) [6]. Na základe týchto úvah bola návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_2 pre rozšírenú tabuľku vypočítaná ako (4.1):

$$\lambda_{2,i} = \frac{\lambda_{1,i} \times n_1 + \lambda_{2,0,i} \times n_2}{n_1 + n_2} \quad (4.1)$$

Návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti $\lambda_{N,2}$ pre zjednodušenú tabuľku bola vypočítaná ako (4.2):

$$\lambda_{2,i} = \frac{\max(\lambda_{1,i}) \times n_1 + \max(\lambda_{2,0,i}) \times n_2}{n_1 + n_2} \quad (4.2)$$

kde je $\lambda_{2,i}$ - návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti pre zohľadnenie vykurovania a chladenia pre i -tu deklarovанú hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti [W/(m.K)];

$\lambda_{1,i}$ - návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti pre zohľadnenie vykurovania pre i -tu deklarovанú hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti [W/(m.K)];

$\lambda_{2,0,i}$ - návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti pre zohľadnenie chladenia pre i -tu deklarovанú hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti [W/(m.K)];

n_1 - počet mesiacov zodpovedajúci obdobiu vykurovania podľa STN 73 0540 – 3 (-);

n_2 - počet mesiacov zodpovedajúci obdobiu chladenia podľa STN 73 0540 – 3 (-);

$max()$ - maximálna hodnota z danej kategórie;

I. Rozšírená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ , zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia

Rozšírená verzia tabuľky návrhových hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti dodržiava príslušné delenie materiálov podľa STN EN ISO 10 456, ktorá delí materiály do troch kategórií:

- Rúna, rohože, voľné vlákna
- Dosky
- Tuhé dosky

| Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Návrhový súčiniteľ tepelnej vodivosti | | | | | |
|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------------|
| | Rúna, rohože, voľné vlákna | | Dosky | | Tuhé dosky | |
| | Vykurovanie | Vykurovanie a chladenie | Vykurovanie | Vykurovanie a chladenie e | Vykurovanie | Vykurovanie a chladenie |
| λ_D | λ_1 | λ_2 | λ_1 | λ_2 | λ_1 | λ_2 |
| W/(m.K) | W/(m.K) | W/(m.K) | W/(m.K) | W/(m.K) | W/(m.K) | W/(m.K) |
| 0,030 | 0,033 | 0,034 | 0,033 | 0,034 | 0,033 | 0,034 |
| 0,031 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,034 | 0,035 |
| 0,032 | 0,036 | 0,037 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 |
| 0,033 | 0,037 | 0,038 | 0,037 | 0,038 | 0,037 | 0,037 |
| 0,034 | 0,038 | 0,039 | 0,038 | 0,039 | 0,038 | 0,039 |
| 0,035 | 0,039 | 0,040 | 0,039 | 0,040 | 0,039 | 0,040 |
| 0,036 | 0,040 | 0,041 | 0,040 | 0,041 | 0,040 | 0,041 |
| 0,037 | 0,041 | 0,042 | 0,041 | 0,042 | 0,041 | 0,042 |
| 0,038 | 0,042 | 0,044 | 0,042 | 0,044 | 0,042 | 0,043 |
| 0,039 | 0,044 | 0,045 | 0,044 | 0,045 | 0,043 | 0,044 |
| 0,040 | 0,045 | 0,046 | 0,045 | 0,046 | 0,044 | 0,045 |
| 0,041 | 0,046 | 0,047 | 0,046 | 0,047 | 0,046 | 0,046 |
| 0,042 | 0,047 | 0,048 | 0,047 | 0,048 | 0,047 | 0,047 |
| 0,043 | 0,048 | 0,050 | 0,048 | 0,050 | 0,048 | 0,049 |
| 0,044 | 0,049 | 0,051 | 0,049 | 0,051 | 0,049 | 0,050 |
| 0,045 | 0,050 | 0,052 | 0,050 | 0,052 | 0,050 | 0,051 |

Tabuľka 7 Rozšírená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ . Vyznačené stĺpce zobrazujú dáta použité v zjednodušenej tabuľke zohľadňujúcej obdobie vykurovania a chladenia.

Na základe tohto delenia je stanovenie návrhových hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ „jemnejšie“ a drží sa interpolácie pre transformačný súčiniteľ teploty f_T , ktorý je závislý na tomto delení. Značnou nevýhodou tejto tabuľky je znalosť o aký typ výrobku sa jedná a jeho zatriedenie môže v niektorých prípadoch spôsobiť zmätenosť, kvôli nejasne definovanému rozhraniu týchto kategórií.

II. Zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia

Zjednodušená verzia tabuľky návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ je deriváciou rozšírenej tabuľky. Je vytvorená z maximálnych návrhových hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti. Pre jednotlivé deklarované hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti bola jeho návrhová hodnota zvolená ako maximum z definovaných kategórií osobitne pre obdobie vykurovania a váženým priemerom maximálnych hodnôt kategórií chladenia podľa (4.2). Táto verzia tabuľky rieši problém so zatriedením tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vlákien. Jej nevýhodou sú „hrubšie“ návrhové hodnoty súčiniteľov tepelných vodivosti, keďže tabuľka je zameraná na maximálne hodnoty. Samotný výpočet tepelného odporu R však bude na strane bezpečnosti a odpadá neistota zlého zatriedenia typu materiálu.

| Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Návrhový súčiniteľ tepelnej vodivosti | |
|--|---------------------------------------|-------------------------|
| | Vykurovanie | Vykurovanie a chladenie |
| λ_D | λ_1 | λ_2 |
| W/(m.K) | W/(m.K) | W/(m.K) |
| 0,030 | 0,033 | 0,034 |
| 0,031 | 0,035 | 0,035 |
| 0,032 | 0,036 | 0,037 |
| 0,033 | 0,037 | 0,038 |
| 0,034 | 0,038 | 0,039 |
| 0,035 | 0,039 | 0,040 |
| 0,036 | 0,040 | 0,041 |
| 0,037 | 0,041 | 0,042 |
| 0,038 | 0,042 | 0,044 |
| 0,039 | 0,044 | 0,045 |
| 0,040 | 0,045 | 0,046 |
| 0,041 | 0,046 | 0,047 |
| 0,042 | 0,047 | 0,048 |
| 0,043 | 0,048 | 0,050 |
| 0,044 | 0,049 | 0,051 |
| 0,045 | 0,050 | 0,052 |

Tabuľka 8 Zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ zohľadňujúca obdobie vykurovania a chladenia. Vyznačený stĺpec zobrazuje údaje použité v zjednodušenej tabuľke, bez rozlíšenia obdobia vykurovania a chladenia.

III. Zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ

Táto verzia tabuľky návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ je deriváciou tabuľky II. Je vytvorená z maximálnych návrhových hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti určených pre obdobie chladenia a vykurovania. Jedná sa o úplne zjednodušenie, ktoré je zároveň svojím výpočtom najviac na strane bezpečnosti výpočtu, vzhľadom na zvýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti.

| Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Návrhový súčiniteľ tepelnej vodivosti |
|--|---------------------------------------|
| λ_D | λ |
| W/(m.K) | W/(m.K) |
| 0,030 | 0,034 |
| 0,031 | 0,035 |
| 0,032 | 0,037 |
| 0,033 | 0,038 |
| 0,034 | 0,039 |
| 0,035 | 0,040 |
| 0,036 | 0,041 |
| 0,037 | 0,042 |
| 0,038 | 0,044 |
| 0,039 | 0,045 |
| 0,040 | 0,046 |
| 0,041 | 0,047 |
| 0,042 | 0,048 |
| 0,043 | 0,050 |
| 0,044 | 0,051 |
| 0,045 | 0,052 |

Tabuľka 9 Zjednodušená tabuľka návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ bez možnosti rozlíšenia chladenia a vykurovania a len vykurovania.

5. Analýza adaptácie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D

Výsledky analýzy vyplývajú z percentuálnych hodnôt, ktoré boli zokrúhlené na celočíselné hodnoty štandardným spôsobom zaokrúhľovania. Presné hodnoty a úplnosť výsledkov, z ktorých sú odvodené závery sú obsiahnuté v Prílohe 1.

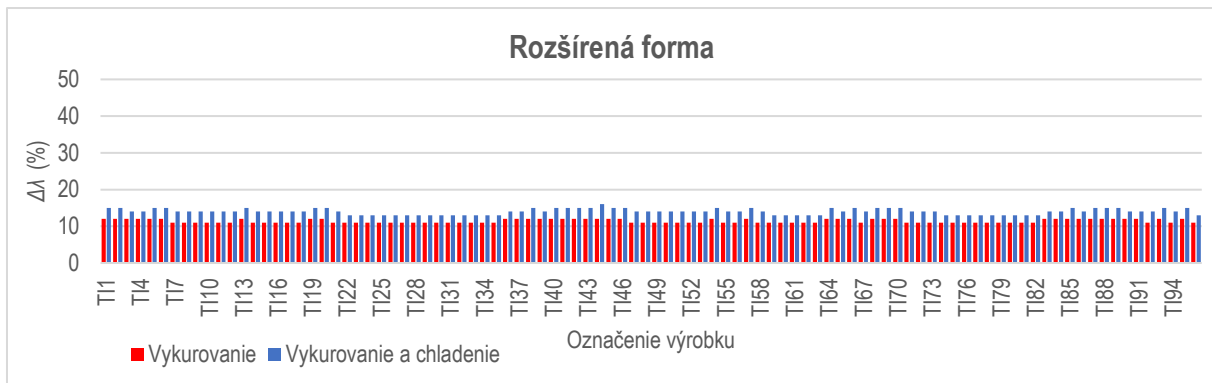
Adaptácia deklarovanej hodnoty λ_D návrhovými hodnotami λ_1, λ_2 rozšírenej tabuľky

V tabuľke 10 môžeme vidieť štatistickú analýzu percentuálnej zmeny návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti návrhovou hodnotou z rozšírenej tabuľky. Na základe analýzy môžeme sledovať priemernú zmenu pri λ_1 (posúdenie len vykurovania) okolo 11,4 %. Stredná hodnota (medián) je takmer totožná s priemernou hodnotou, čo vyplýva aj s najviac sa vyskytujúcou hodnotou (modus), ktorá je taktiež takmer rovná priemernej hodnote. Rozdiel medzi maximálnou a minimálnou zmenou vplyvom adaptácie materiálu na podmienky zabudovania je len 1 %. Z toho vyplýva takmer konštantné navýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti všetkých výrobkov o cca 11 %.

Pri budovách, kde sa požaduje posúdenie vykurovania aj chladenia je priemerná zmena λ_2 vplyvom adaptácie podmienok zabudovania 14 %. Závery obsiahnuté v analýze vykurovania sú aplikovateľné aj na analýzu kombinácie vykurovania a chladenia. Stredná hodnota (medián) je totožná s priemernou hodnotou, čo vyplýva aj s najviac sa vyskytujúcou hodnotou (modus), ktorá je taktiež rovná priemernej hodnote. Rozdiel medzi maximálnou a minimálnou zmenou sú len 3 %. Z toho vyplýva takmer konštantné navýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti všetkých výrobkov o cca 14 %.

| Rozšírená forma | |
|-------------------|-------------------------|
| Vykurovanie | Vykurovanie a chladenie |
| $\Delta\lambda_1$ | $\Delta\lambda_2$ |
| % | % |
| Priemer | Priemer |
| 11,4 | 14,0 |
| Modus | Modus |
| 11,0 | 14,0 |
| Medián | Medián |
| 11,0 | 14,0 |
| Maximum | Maximum |
| 12,0 | 16,0 |
| Minimum | Minimum |
| 11,0 | 13,0 |

Tabuľka 10 Percentuálne zvýšenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti návrhovou hodnotou prislúchajúcou v rozšírenej tabuľke.



Obrázok 7 Grafické zobrazenie zvýšenia deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti vplyvom adaptácie na podmienky zabudovania prostredníctvom výpočtu podľa STN EN ISO 10 456, pre rozšírenú tabuľku..

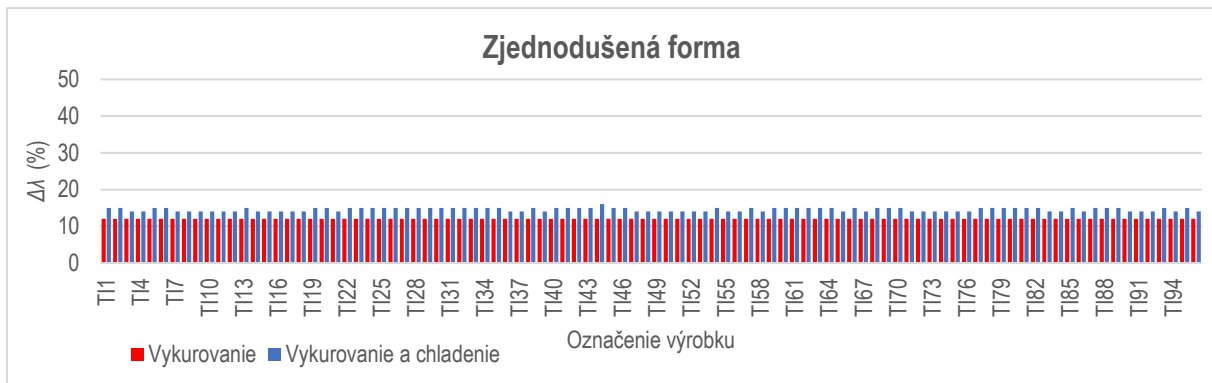
Navýšenie deklarovanej hodnoty λ_D návrhovými hodnotami λ_1, λ_2 zjednodušenej tabuľky

Tabuľka 11 nám zobrazuje vplyv výberu maximálnych hodnôt z rozšírenej tabuľky. Na základe analýzy môžeme sledovať priemerné navýšenie pri λ_1 (posúdenie len vykurovania) okolo 12 %. Stredná hodnota (medián) je totožná s priemernou hodnotou, čo vyplýva aj s najviac sa vyskytujúcou hodnotou (modus), ktorá je taktiež rovná priemernej hodnote. Rozdiel medzi maximálnym a minimálnym navýšením je takmer 0 %. Z toho vyplýva konštantné navýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti všetkých výrobkov o cca 12 %. Tieto závery sú veľmi podobné s rozšírenou tabuľkou. Pri budovách, kde sa požaduje posúdenie vykurovania aj chladenia je priemerné navýšenie λ_2 14,6 %. Hodnoty pre modus a medián sú rovnaké a to 15 %, čo sa odzrkadľuje na priemernej hodnote. Rozdiel je akurát v maximálnej hodnote a to 16 % a minimálnej hodnote 14 %. Z toho vyplýva takmer konštantné navýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti o 15 % oproti deklarovanej hodnote súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D . Pri porovnaní výsledkov rozšírenej formy a zjednodušenej formy tabuľky môžeme konštatovať:

„využitie rozšírenej formy tabuľky sa javí ako bezvýznamné“.

| Zjednodušená forma | |
|--------------------|-------------------------|
| Vykurovanie | Vykurovanie a chladenie |
| $\Delta\lambda_1$ | $\Delta\lambda_1$ |
| % | % |
| Priemer | Priemer |
| 12,0 | 14,6 |
| Modus | Modus |
| 12,0 | 15,0 |
| Medián | Medián |
| 12,0 | 15,0 |
| Maximum | Maximum |
| 12,0 | 16,0 |
| Minimum | Minimum |
| 12,0 | 14,0 |

Tabuľka 11 Percentuálne zvýšenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti návrhovou hodnotou prislúchajúcou v zjednodušenej tabuľke.



Obrázok 8 Grafické zobrazenie zvýšenia deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti vplyvom adaptácie na podmienky zabudovania prostredníctvom výpočtu podľa STN EN ISO 10 456, pre zjednodušenú tabuľku.

Navýšenie deklarovanej hodnoty λ_D návrhovými hodnotami λ tabuľkou STN 73 0540 – 3

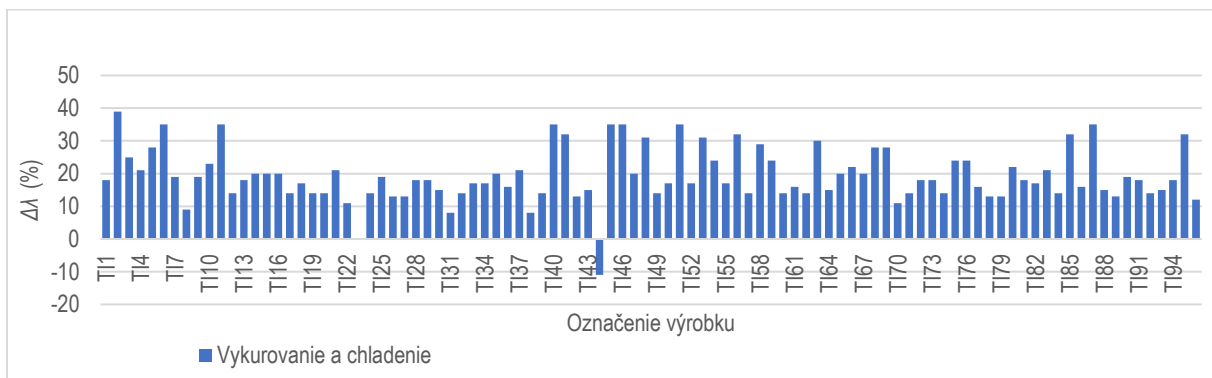
Priemerné plošné navýšenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D dosahuje hodnotu 19,9 %. V prvom ponímaní sa toto zvýšenie nejaví markantne odlišne od prepočtu podľa STN EN ISO 10 456, ale keď sa zameriame na podrobnejšiu analýzu, vidíme, že maximálne navýšenie dosahuje až 39 %. Avšak, viac zarážajúce je minimálne navýšenie, ktoré dosahuje hodnotu – 11 %. To znamená, že niektoré návrhové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti materiálov zatriedených len podľa objemovej hmotnosti by dosiahli zlepšenie oproti deklarovaným hodnotám výrobcov. Jedná sa síce o fúkanú izoláciu, avšak keď vezmeme do úvahy druhé minimum týkajúce sa doskového výrobku z minerálnej izolácie, jeho navýšenie podľa normy STN 73 0540 – 3 dosahuje 0 %. Znamená to, že niektoré výrobky by neboli navýšené z hľadiska súčiniteľa tepelnej vodivosti vôbec. Najčastejšie sa vyskytujúce navýšením je 14 %. Ale ak sa pozrieme na plošné navýšenie viac ako 20 %, môžeme v tabuľke 12, v stĺpci „ $\Delta\lambda > 20\%$ “ vidieť hodnoty deklarovaných hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ_D , ktorých sa dané navýšenie týka. Jedná sa o deklarované hodnoty súčiniteľov tepelnej vodivosti λ_D v intervale od 0,030 – 0,039 W/(m.K), pričom modus je hodnota 0,037 W/(m.K) a medián je hodnota 0,036 W/(m.K). Zároveň vidíme, že 14 hodnôt je nad medián a 15 je pod hodnotou mediánu, 2 výrobky sú rovné hodnote mediánu → 32 výrobkov dosahuje pri návrhu prostredníctvom STN 73 0540 – 3 (tab. 16 a 17) plošné navýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti viac ako 20 %. Navyše až 15 výrobkov sa pohybuje s deklarovanou hodnotou súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D pod hodnotu 0,036 W/(m.K). Jedná sa o najmodernejšie a najlepšie výrobky vyvinuté v posledných rokoch.

Na základe analýzy, môžeme konštatovať:

„Stanovenie návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_N podľa STN 73 0540 – 3 (tab. 16 a 17) má za následok navýšenia súčiniteľa tepelnej vodivosti najlepších a nových výrobkov plošne o viac ako 20 % a dosahujúceho maximum až 39 %. Návrhové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_N veľmi nepresne odzrkadľujú deklarované hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D , nie je pozorovaný žiadny signifikantný trend alebo závislosť pri návrhu prostredníctvom STN 73 0540 – 3 (tab. 16 a 17)“.

| Vykurovanie a chladenie | $\Delta\lambda > 20\%$ | | | | |
|-------------------------|--|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| $\Delta\lambda$ | λ_D | | | | |
| % | W/(m.K) | | | | |
| Priemer | Analýza 20 % zhoršenia λ STN 73 0540 - 3 oproti λ_D | | | | |
| 19,9 | | | | | |
| Modus | Modus | n_{modus} | n_{>modus} | n_{<modus} | SUM_{modus} |
| 14,0 | 0,037 | 10 | 4 | 18 | 32 |
| Medián | Medián | n_{medián} | n_{>medián} | n_{<medián} | SUM_{medián} |
| 18,0 | 0,036 | 2 | 14 | 15 | 31 |
| Maximum | Maximum | n_{medián} | n_{>medián} | n_{<medián} | SUM_{medián} |
| 39,0 | 0,039 | 1 | 0 | 31 | 32 |
| Minimum | Minimum | n_{medián} | n_{>medián} | n_{<medián} | SUM_{medián} |
| -11,0 | 0,030 | 0 | 31 | 0 | 31 |

Tabuľka 12 Percentuálne zvýšenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti návrhovou hodnotou prislúchajúcou tabuľke STN 73 0540 - 3.



Obrázok 9 Grafické zobrazenie zvýšenia deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti vplyvom adaptácie na podmienky zabudovania prostredníctvom zariadenia podľa STN 73 0540-3.

6. Záverečné postrehy a návrhy

Cieľom tohto dokumentu je korektný prepočet deklarovaných hodnôt súčiniteľov tepelnej vodivosti λ_D na návrhové hodnoty, tak aby bola zachovaná kvalita moderných tepelnoizolačných materiálov na báze minerálnej vlny.

Prepočet je uskutočnený podľa postupu definovanom v norme STN EN ISO 10 456 a jednotlivé kroky výpočtu sú súčasťou tohto dokumentu. Výsledkom sú dve tabuľky s návrhovými hodnotami súčiniteľa tepelnej vodivosti.

Prvý typ, TABUĽKA 7, je rozšírená forma, ktorá vyžaduje precíznejšiu prácu pri návrhu tepelnoizolačného materiálu, avšak na jej správne využitie často chýbajú potrebné informácie o materiály. Nedostatky

vyplývajú aj z nejasne definovaného delenia typu tepelnoizolačného materiálu v norme STN EN ISO 10 456.

Druhý typ, TABUĽKA 8, je deriváciou prvej verzie, ktorá rieši problémy s nejasne definovaným delením a neistotu správneho zatriedenia materiálu. Jej nevýhodou je vyššie zvýšenie deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D .

Tretí typ, TABUĽKA 9, je deriváciou druhej verzie, ktorá nerozdeľuje výpočet pre obdobie vykurovania a chladenia a len vykurovania. Je navyše naklonená na stranu bezpečnosti, z hľadiska navýšenia súčiniteľa tepelnej vodivosti, pretože vychádza z maximálnych hodnôt zjednodušenej tabuľky.

Odporúčanou verziou pre používateľov je tretí typ tabuľky, TABUĽKA 9, nakoľko je návrh prostredníctvom nej rýchlejší, je na strane bezpečnosti a nie je zaťažený chybou vyplývajúcou zo zlého zatriedenia materiálu a nekomplikuje rozdelenie výpočtových metód z hľadiska potreby energie na vykurovanie a chladenie.

Poznámky pre tabuľku návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ

Návrhovú hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti vyplývajúcu z tabuľky 8 je možné bezpečne použiť pre budovy s:

| | |
|--|--|
| teplotou vnútorného prostredia | $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, |
| relatívnou vlhkosťou vnútorného prostredia | $\phi_i = 50 \%$ |

a

| | |
|---|--|
| pre exteriérovú teplotu od | $\theta_e = - 20 \text{ }^\circ\text{C}$, |
| s relatívnou vlhkosťou vonkajšieho prostredia | $\phi_e = 84 \%$. |

Do týchto okrajových podmienok spadajú druhy miestností podľa STN 73 540 – 3, tabuľka 1:

Rodinné domy a bytové domy

- Obytné miestnosti (obývacie izby, spálne, jedálne, jedálne s kuchynským kútom, pracovne, detské izby a iné),
- Kuchyne,
- Záchody,
- Vykurované vedľajšie miestnosti (predsiene, chodby, atď.),
- Vykurované schodišťa,

Administratívne budovy

- Pobytové miestnosti (kancelárie, čakárne, zasadacie miestnosti, jedálne),
- Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, hlavné schodište, záchody a iné),
- Vykurované vedľajšie schodišťa,
- Haly, miestnosti s prepážkami,

Budovy škôl a školských zariadení

- Prednáškové sály, učebne, kresliarne, rysovne, kabinety, laboratóriá, jedálne,
- Učebné dielne,
- Telocvične,
- Šatne pri telocvičniach,
- Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, schodištia, záchody, šatne len na vonkajší odev a iné),

Materské školy, jasle - učebne, herne, spálne

- Šatne pre deti,

Budovy nemocníc a zdravotníckych zariadení

- Čakárne, chodby, WC,
- Predsiene, chodby, schodištia, záchody,
- Služobné miestnosti,
- Sklady liekov,
- Sklady,

Budovy hotelov a reštaurácií

- Kaviarne, jedálne,
- Izby pre hostí,
- Hotelové haly, zasadacie miestnosti, sály,
- Vedľajšie miestnosti (hlavné schodištia, chodby, záchody a iné),
- Vedľajšie schodištia,

Budovy na veľkoobchodné a maloobchodné služby

- Kancelárie,
- Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, záchody a iné),
- Vykurované schodištia,
- Predajné miestnosti všeobecne,
- Predaj trvanlivých potravín,

Internáty a ubytovne

- Izby, hovorne, spoločenské miestnosti,
- Spoločná nočlaháreň,

Divadlá, kiná, koncertné sály a iné kultúrne miestnosti

- Hľadiská a sály vrátane príľahlých priestorov
- Chodby, schodištia, záchody
- Kancelárske miestnosti
- Výstavné sály, depozitáre

Pričom všeobecne platí pri výpočtoch šírenia tepla, vlhkosti a vzduchu konštrukciami budov sa počíta s teplotou vnútorného vzduchu θ_{ai} . Vo vnútorných priestoroch s dlhodobým pobytom ľudí sa v zimnom

období počítá teplota vnútorného vzduchu $\theta_{ai} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu $\phi_i = 50 \%$, ak sa neuvádza inak. Vo vnútorných priestoroch budov s účinnou tepelnou ochranou obvodových konštrukcií podľa STN 73 0540-2 orientačne platí $\theta_i \approx \theta_{ai}$ [3].

7. Bibliografia

- [1] STN 73 0540 - 2 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky., 2016.
- [2] STN EN ISO 10 456 Stavebné materiály a výrobky. Tepelno-vlhkostné vlastnosti. Tabuľkové návrhové (výpočtové) hodnoty a postupy na stanovenie deklarováných a návrhových hodnôt tepelnotechnických veličín (ISO 10456: 2007), 2008.
- [3] STN 73 0540 - 3 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastností prostredia a stavebných výrobkov., 2016.
- [4] Eurima, „European Insulation Manufactures Association,“ Eurima, 2016. [Online]. Available: https://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/168/2017-02-21_EURIMA-55YearsOfUse_Info_Sheet_V08_final.pdf.
- [5] I. Institute, „Insulation Institute,“ 2017. [Online]. Available: https://insulationinstitute.org/wp-content/uploads/2017/09/NAIMA-Aged-Insulation-Evaluation-Report_23FEB2017.pdf.
- [6] AVMI, „Asociácia výrobcov minerálnej izolácie,“ 2019. [Online]. Available: www.avmi.sk.
- [7] M. Jerman a R. Černý, „Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials,“ *Energy and Buildings*, %1. vyd.53, pp. 39-46, 2012.
- [8] S. Roels, J. Carmeliet, H. Hens, O. Adan, H. Brocken, R. Černý, Z. Pavlík, C. Hall, K. Kumaran, L. Pel a R. Plagge, „Interlaboratory comparison of hygric properties of porous building materials,“ *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, %1. vyd.27, pp. 307-325, 2004.
- [9] F. Björk a T. Vrána, „Frost formation and condensation in stone–wool insulations,“ *Construction and Building Materials*, %1. vyd.23, pp. 1775-1787, 2009.
- [10] F. Björk a T. Enochsson, „Properties of thermal insulation materials during extreme environment changes,“ *Construction and Building Materials*, %1. vyd.23, p. 2189–2195, 2009.
- [11] AVMI, „Asociace výrobců minerální izolace,“ 2019. [Online]. Available: www.avmi.cz.
- [12] STN 73 0540 - 1 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 1: Terminológia, 2016.

8. Prílohová časť

Príloha 1: Analýza zvýšenia deklarovaných hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D po odvodení návrhových hodnôt súčiniteľa tepelnej vodivosti λ

| Názov výrobku | Deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti | Objemová hmotnosť STN EN 1990 | Návrhová výpočtová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti podľa STN EN ISO 10 456 | | | | | | | | Návrhová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti podľa STN 73 0540 - 3 | | |
|------------------------|---|--|--|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--|-----------|-----------------|
| | | | Rozšírená forma | | | | Zjednodušená forma | | | | | | |
| | | | Vykurovanie | | Vykurovanie a chladenie | | Vykurovanie | | Vykurovanie a chladenie | | | | |
| | λ_D | ρ | λ_1 | $\Delta\lambda_1$ | λ_2 | $\Delta\lambda_2$ | λ_1 | $\Delta\lambda_1$ | λ_2 | $\Delta\lambda_2$ | ρ | λ | $\Delta\lambda$ |
| W/(m.K) | kg/m ³ | W/(m.K) | % | W/(m.K) | % | W/(m.K) | % | W/(m.K) | % | kg/m ³ | W/(m.K) | % | |
| Isover Domo Plus | 0,038 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,042 | 11,6 | 0,044 | 14,9 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,045 | 18,4 |
| Isover Unirol Plus | 0,036 | | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | | 0,050 | 38,9 |
| Isover Premium WDF | 0,032 | | 0,036 | 11,5 | 0,037 | 14,4 | 0,036 | 11,5 | 0,037 | 14,4 | | 0,040 | 25,0 |
| Isover Unirol Profi | 0,033 | | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | | 0,040 | 21,2 |
| Isover Merino | 0,039 | | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | | 0,050 | 28,2 |
| Isover Akuplat | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,050 | 35,1 |
| Isover Super-Vent Plus | 0,031 | | 0,035 | 11,3 | 0,035 | 13,7 | 0,035 | 11,5 | 0,035 | 14,4 | | 0,037 | 19,4 |
| Isover Clima 034 | 0,034 | | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | | 0,037 | 8,8 |
| Isover StropMax 31 | 0,031 | | 0,035 | 11,3 | 0,035 | 13,7 | 0,035 | 11,5 | 0,035 | 14,4 | | 0,037 | 19,4 |
| Isover Multimax 30 | 0,030 | | 0,033 | 11,3 | 0,034 | 13,7 | 0,033 | 11,5 | 0,034 | 14,4 | | 0,037 | 23,3 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|------|
| Isover Maxil | 0,034 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 85,0 | 0,046 | 35,3 |
| Isover TopDec DP3 | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 50,0 | 0,040 | 14,3 |
| Isover Orset | 0,038 | | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | | 30,0 | 0,045 | 18,4 |
| Isover Woodsil | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 40,0 | 0,042 | 20,0 |
| Isover AKU | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 40,0 | 0,042 | 20,0 |
| Isover Uni | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 40,0 | 0,042 | 20,0 |
| Isover Fassil | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 50,0 | 0,040 | 14,3 |
| Isover TF thermo | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 115,0 | 0,041 | 17,1 |
| Isover TF profi | 0,036 | | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | | 115,0 | 0,041 | 13,9 |
| Isover TF profi PZ | 0,036 | | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | | 115,0 | 0,041 | 13,9 |
| Isover Topsil | 0,033 | | 0,037 | 11,4 | 0,038 | 13,9 | 0,037 | 11,5 | 0,038 | | 50,0 | 0,040 | 21,2 |
| Isover N | 0,036 | | 0,040 | 11,2 | 0,041 | 13,1 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | | 50,0 | 0,040 | 11,1 |
| Isover TOP V | 0,040 | | 0,044 | 11,2 | 0,045 | 13,1 | 0,045 | 11,7 | 0,046 | | 50,0 | 0,040 | 0,0 |
| Isover P | 0,036 | | 0,040 | 11,2 | 0,041 | 13,1 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | | 115,0 | 0,041 | 13,9 |
| Isover R | 0,037 | | 0,041 | 11,2 | 0,042 | 13,1 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | | 145,0 | 0,044 | 18,9 |
| Isover T-P | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | | 145,0 | 0,044 | 12,8 |
| Isover T-N | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | | 145,0 | 0,044 | 12,8 |
| Isover S-i | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | | 155,0 | 0,046 | 17,9 |
| Isover T | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | | 155,0 | 0,046 | 17,9 |
| Isover S | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | | 170,0 | 0,045 | 15,4 |
| Isover T-i | 0,038 | 0,042 | 11,2 | 0,043 | 13,1 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 115,0 | 0,041 | 7,9 | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|----------|-------|-------|
| Isover LAM 70 | 0,042 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,047 | 11,2 | 0,047 | 13,1 | 0,047 | 11,8 | 0,048 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 85<x<150 | 0,048 | 14,3 |
| Isover LAM 50 | 0,041 | | 0,046 | 11,2 | 0,046 | 13,1 | 0,046 | 11,7 | 0,047 | | 85<x<150 | 0,048 | 17,1 |
| Isover NF 333 | 0,041 | | 0,046 | 11,2 | 0,046 | 13,1 | 0,046 | 11,7 | 0,047 | | 85<x<150 | 0,048 | 17,1 |
| Isover LAM 30 | 0,040 | | 0,044 | 11,2 | 0,045 | 13,1 | 0,045 | 11,7 | 0,046 | | 85<x<150 | 0,048 | 20,0 |
| Knauf insulation Unifit 032 | 0,032 | | 0,036 | 11,5 | 0,037 | 14,4 | 0,036 | 11,5 | 0,037 | | 33,0 | 0,037 | 15,6 |
| Knauf insulation Unifit 033 | 0,033 | | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | 0,037 | 11,5 | 0,038 | | 20,0 | 0,040 | 21,2 |
| Knauf insulation Unifit 034 | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | | 20,0 | 0,040 | 8,1 |
| Knauf insulation Unifit 035 | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 20,0 | 0,040 | 14,3 |
| Knauf insulation Unifit 037 | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | | 15,0 | 0,050 | 35,1 |
| Knauf insulation Decibel | 0,038 | | 0,042 | 11,6 | 0,044 | 14,9 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | | 15,0 | 0,050 | 31,6 |
| Knauf insulation NatuRoll Plus | 0,040 | | 0,045 | 11,7 | 0,046 | 15,2 | 0,045 | 11,7 | 0,046 | | 12,5 | 0,045 | 12,5 |
| Knauf insulation NatuRoll Pro | 0,039 | | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | | 12,5 | 0,045 | 15,4 |
| Knauf insulation Supafil Loft 045 | 0,045 | | 0,050 | 11,8 | 0,052 | 15,7 | 0,050 | 11,9 | 0,052 | | 20,0 | 0,040 | -11,1 |
| Knauf insulation NaturBoard 037 | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | | 15,0 | 0,050 | 35,1 |
| Knauf insulation Akustik Board | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | | 15,0 | 0,050 | 35,1 |
| Knauf insulation MPE | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 40,0 | 0,042 | 20,0 |
| Knauf insulation ADN | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 85,0 | 0,046 | 31,4 |
| Knauf insulation MPS | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 50,0 | 0,040 | 14,3 |
| Knauf insulation SmartRoof Base | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | | 115,0 | 0,041 | 17,1 |
| Knauf insulation SMARTwall N C1 | 0,034 | | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | | 85,0 | 0,046 | 35,3 |
| Knauf insulation SMARTwall S C1 | 0,035 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 115,0 | 0,041 | 17,1 | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|------|
| Knauf insulation FB S C2 | 0,035 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,046 | 31,4 |
| Knauf insulation FKD RS C1 | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,046 | 24,3 |
| Knauf insulation FKD S Thermal | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,041 | 17,1 |
| Knauf insulation TP435 B | 0,034 | | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | | 0,045 | 32,4 |
| Knauf insulation FRN | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,042 | 13,5 |
| Knauf insulation Mineral Plus EXT 035 | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,045 | 28,6 |
| Knauf insulation Tektalan A2 037/2 | 0,037 | | 0,041 | 11,2 | 0,042 | 13,1 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,046 | 24,3 |
| Knauf insulation SmartRoof Thermal | 0,036 | | 0,040 | 11,2 | 0,041 | 13,1 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | | 0,041 | 13,9 |
| Knauf insulation SmartRoof Norm | 0,038 | | 0,042 | 11,2 | 0,043 | 13,1 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | | 0,044 | 15,8 |
| Knauf insulation PTE | 0,036 | | 0,040 | 11,2 | 0,041 | 13,1 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | | 0,041 | 13,9 |
| Knauf insulation CLT C1 Thermal | 0,037 | | 0,041 | 11,2 | 0,042 | 13,1 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,048 | 29,7 |
| Rockwool MegaRock Plus | 0,039 | | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | | 0,045 | 15,4 |
| Rockwool TopRock Super | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,042 | 20,0 |
| Rockwool RockMin Plus | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,045 | 21,6 |
| Rockwool SuperRock | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,042 | 20,0 |
| Rockwool FrontRock Max E | 0,036 | | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | | 0,046 | 27,8 |
| Rockwool RoofRock 30 E | 0,036 | | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | 0,040 | 11,5 | 0,041 | 14,5 | | 0,046 | 27,8 |
| Rockwool FrontRock S | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,041 | 10,8 |
| Rockwool Rockton | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,040 | 14,3 |
| Rockwool Venti Max F | 0,034 | | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | | 0,040 | 17,6 |
| Rockwool Venti Max | 0,034 | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | 0,040 | 17,6 | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|------|
| Rockwool StalRock Max | 0,035 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,039 | 11,2 | 0,040 | 13,1 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | Objemové hmotnosti sú určené len pre účely analýzy | 0,040 | 14,3 |
| Rockwool WentiRock F | 0,033 | | 0,037 | 11,3 | 0,037 | 13,4 | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | | 0,041 | 24,2 |
| Rockwool WentiRock | 0,033 | | 0,037 | 11,3 | 0,037 | 13,4 | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | | 0,041 | 24,2 |
| Rockwool MonRock Max E | 0,038 | | 0,042 | 11,2 | 0,043 | 13,1 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | | 0,044 | 15,8 |
| Rockwool StepRock HD4F | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | | 0,044 | 12,8 |
| Rockwool HardRock Max | 0,040 | | 0,044 | 11,2 | 0,045 | 13,1 | 0,045 | 11,7 | 0,046 | 15,2 | | 0,045 | 12,5 |
| Rockwool StepRock ND | 0,037 | | 0,041 | 11,2 | 0,042 | 13,1 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,045 | 21,6 |
| Rockwool StepRock HD | 0,039 | | 0,043 | 11,2 | 0,044 | 13,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | | 0,046 | 17,9 |
| Rockwool FasRock LL | 0,041 | | 0,046 | 11,2 | 0,046 | 13,1 | 0,046 | 11,7 | 0,047 | 15,3 | | 0,048 | 17,1 |
| Ursa Amber 33 | 0,033 | | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | 0,037 | 11,5 | 0,038 | 14,4 | | 0,040 | 21,2 |
| Ursa Gold 35 | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,040 | 14,3 |
| Ursa Fono 38 | 0,038 | | 0,042 | 11,6 | 0,044 | 14,9 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | | 0,050 | 31,6 |
| Ursa Platinum 32 | 0,032 | | 0,036 | 11,5 | 0,037 | 14,4 | 0,036 | 11,5 | 0,037 | 14,4 | | 0,037 | 15,6 |
| Ursa Optimum 37 | 0,037 | | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | 0,041 | 11,6 | 0,042 | 14,7 | | 0,050 | 35,1 |
| Ursa Sliver 39 | 0,039 | | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | 0,044 | 11,7 | 0,045 | 15,1 | | 0,045 | 15,4 |
| Ursa Cristal 40 | 0,040 | | 0,045 | 11,7 | 0,046 | 15,2 | 0,045 | 11,7 | 0,046 | 15,2 | | 0,045 | 12,5 |
| Ursa Pure One 31 | 0,031 | | 0,035 | 11,5 | 0,035 | 14,4 | 0,035 | 11,5 | 0,035 | 14,4 | | 0,037 | 19,4 |
| Ursa Pure One 34 | 0,034 | | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | | 0,040 | 17,6 |
| Ursa Vento 35 | 0,035 | | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,3 | 0,039 | 11,5 | 0,040 | 14,4 | | 0,040 | 14,3 |
| Ursa Profilo 39 | 0,039 | | 0,036 | 11,3 | 0,036 | 13,7 | 0,036 | 11,5 | 0,037 | 14,4 | | 0,050 | 15,4 |
| Ursa Vento 34 | 0,034 | 0,038 | 11,4 | 0,039 | 14,1 | 0,038 | 11,5 | 0,039 | 14,4 | 0,040 | 17,6 | | |
| Ursa Silentio 38 | 0,038 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | 0,042 | 11,7 | 0,044 | 15,0 | 0,050 | 31,6 | | |

Príloha 2: Zoznam aktuálnych výrobkov s deklaroványmi hodnotami súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D

| Názov výrobku | Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Názov výrobku | Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Názov výrobku | Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti |
|------------------------|--|--------------------|--|---------------------------------|--|
| | λ_D | | λ_D | | λ_D |
| | W/(m.K) | | W/(m.K) | | W/(m.K) |
| Isover Domo Plus | 0,038 | Isover Topsil | 0,033 | Isover LAM 70 | 0,042 |
| Isover Merino | 0,039 | Isover LAM 30 | 0,040 | Isover Maxil | 0,034 |
| Isover Akuplat | 0,037 | Isover TOP V | 0,040 | Isover TopDec DP3 | 0,035 |
| Isover Unirol Plus | 0,036 | Isover LAM 50 | 0,041 | Knauf insulation Unifit 032 | 0,032 |
| Isover Premium WDF | 0,032 | Isover NF 333 | 0,041 | Knauf insulation Unifit 033 | 0,033 |
| Isover Super-Vent Plus | 0,031 | Isover P | 0,036 | Knauf insulation Unifit 034 | 0,037 |
| Isover Orset | 0,038 | Isover TF thermo | 0,035 | Knauf insulation Unifit 035 | 0,035 |
| Isover Unirol Profi | 0,033 | Isover TF profi | 0,036 | Knauf insulation Unifit 037 | 0,037 |
| Isover Woodsil | 0,035 | Isover TF profi PZ | 0,036 | Knauf insulation MPE | 0,035 |
| Isover StropMax 31 | 0,031 | Isover R | 0,037 | Knauf insulation ADN | 0,035 |
| Isover AKU | 0,035 | Isover T-P | 0,039 | Knauf insulation NaturBoard 037 | 0,037 |
| Isover Uni | 0,035 | Isover T-N | 0,039 | Knauf insulation MPS | 0,035 |
| Isover Multimax 30 | 0,030 | Isover S-i | 0,039 | Knauf insulation SmartRoof Base | 0,035 |
| Isover Fassil | 0,035 | Isover T | 0,039 | Knauf insulation SMARTwall N C1 | 0,034 |
| Isover N | 0,036 | Isover S | 0,039 | Knauf insulation SMARTwall S C1 | 0,035 |
| Isover Clima 034 | 0,034 | Isover T-i | 0,038 | Knauf insulation FB S C2 | 0,035 |

| Názov výrobku | Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Názov výrobku | Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Názov výrobku | Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti |
|---------------------------------------|--|--------------------------|--|----------------------|--|
| | λ_D | | λ_D | | λ_D |
| | W/(m.K) | | W/(m.K) | | W/(m.K) |
| Knauf insulation FKD RS C1 | 0,037 | Rockwool RockMin Plus | 0,037 | Rockwool StepRock ND | 0,037 |
| Knauf insulation FKD S Thermal | 0,035 | Rockwool SuperRock | 0,035 | Rockwool StepRock HD | 0,039 |
| Knauf insulation TP435 B | 0,034 | Rockwool TopRock Super | 0,035 | Ursa Amber 33 | 0,033 |
| Knauf insulation FRN | 0,037 | Rockwool Rockton | 0,035 | Ursa Silentio 38 | 0,038 |
| Knauf insulation Decibel | 0,038 | Rockwool StalRock Max | 0,035 | Ursa Gold 35 | 0,035 |
| Knauf insulation Akustik Board | 0,037 | Rockwool Venti Max F | 0,034 | Ursa Tep | 0,033 |
| Knauf insulation NatuRoll Plus | 0,040 | Rockwool Venti Max | 0,034 | Ursa Platinum 32 | 0,032 |
| Knauf insulation NatuRoll Pro | 0,039 | Rockwool FasRock LL | 0,041 | Ursa Optimum 37 | 0,037 |
| Knauf insulation Supafil Loft 045 | 0,045 | Rockwool FrontRock Max E | 0,036 | Ursa Sliver 39 | 0,039 |
| Knauf insulation Mineral Plus EXT 035 | 0,035 | Rockwool RoofRock 30 E | 0,036 | Ursa Cristal 40 | 0,040 |
| Knauf insulation CLT C1 Thermal | 0,037 | Rockwool FrontRock S | 0,037 | Ursa Pure One 31 | 0,031 |
| Knauf insulation Tektalan A2 037/2 | 0,037 | Rockwool WentiRock F | 0,033 | Ursa Pure One 34 | 0,034 |
| Knauf insulation SmartRoof Thermal | 0,036 | Rockwool WentiRock | 0,033 | Ursa Vento 35 | 0,035 |
| Knauf insulation SmartRoof Norm | 0,038 | Rockwool MonRock Max E | 0,038 | Ursa Profilo 39 | 0,032 |
| Knauf insulation PTE | 0,036 | Rockwool StepRock HD4F | 0,039 | Ursa Vento 34 | 0,034 |
| Rockwool MegaRock Plus | 0,039 | Rockwool HardRock Max | 0,040 | Ursa Fono 38 | 0,038 |

Príloha 3: Výpočet hodnôt transformačných súčiniteľov f_t , f_ψ ; faktorov transformácie F_T , F_m a súčiniteľov tepelnej vodivosti $\lambda_{N,v}$, $\lambda_{N,Ch0}$

| Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Návrhový súčiniteľ tepelnej vodivosti | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---------|----------|---------|-------------|---------------|---------|----------|---------|-----------------|
| | Rúna, rohože, voľné vlákna | | | | | | | | | |
| | Vykurovanie | | | | | Len chladenie | | | | |
| λ_D | f_T | F_T | f_ψ | F_m | λ_1 | f_T | F_T | f_ψ | F_m | $\lambda_{2,0}$ |
| W/(m.K) | 1/K | - | - | - | W/(m.K) | 1/K | - | - | - | W/(m.K) |
| 0,030 | 0,00460 | 1,00892 | 4 | 1,10517 | 0,033 | 0,00460 | 1,07094 | 4 | 1,10517 | 0,036 |
| 0,031 | 0,00460 | 1,00892 | 4 | 1,10517 | 0,035 | 0,00460 | 1,07094 | 4 | 1,10517 | 0,037 |
| 0,032 | 0,00460 | 1,00892 | 4 | 1,10517 | 0,036 | 0,00460 | 1,07094 | 4 | 1,10517 | 0,038 |
| 0,033 | 0,00460 | 1,00892 | 4 | 1,10517 | 0,037 | 0,00460 | 1,07094 | 4 | 1,10517 | 0,039 |
| 0,034 | 0,00460 | 1,00892 | 4 | 1,10517 | 0,038 | 0,00460 | 1,07094 | 4 | 1,10517 | 0,040 |
| 0,035 | 0,00460 | 1,00892 | 4 | 1,10517 | 0,039 | 0,00460 | 1,07094 | 4 | 1,10517 | 0,041 |
| 0,036 | 0,00480 | 1,00931 | 4 | 1,10517 | 0,040 | 0,00480 | 1,07414 | 4 | 1,10517 | 0,043 |
| 0,037 | 0,00500 | 1,00970 | 4 | 1,10517 | 0,041 | 0,00500 | 1,07735 | 4 | 1,10517 | 0,044 |
| 0,038 | 0,00520 | 1,01009 | 4 | 1,10517 | 0,042 | 0,00520 | 1,08056 | 4 | 1,10517 | 0,045 |
| 0,039 | 0,00540 | 1,01048 | 4 | 1,10517 | 0,044 | 0,00540 | 1,08379 | 4 | 1,10517 | 0,047 |
| 0,040 | 0,00560 | 1,01087 | 4 | 1,10517 | 0,045 | 0,00560 | 1,08702 | 4 | 1,10517 | 0,048 |
| 0,041 | 0,00572 | 1,01110 | 4 | 1,10517 | 0,046 | 0,00572 | 1,08897 | 4 | 1,10517 | 0,049 |
| 0,042 | 0,00584 | 1,01133 | 4 | 1,10517 | 0,047 | 0,00584 | 1,09091 | 4 | 1,10517 | 0,051 |
| 0,043 | 0,00596 | 1,01157 | 4 | 1,10517 | 0,048 | 0,00596 | 1,09287 | 4 | 1,10517 | 0,052 |
| 0,044 | 0,00608 | 1,01180 | 4 | 1,10517 | 0,049 | 0,00608 | 1,09482 | 4 | 1,10517 | 0,053 |
| 0,045 | 0,00620 | 1,01204 | 4 | 1,10517 | 0,050 | 0,00620 | 1,09678 | 4 | 1,10517 | 0,055 |

| Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Návrhový súčiniteľ tepelnej vodivosti | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---------|----------|---------|-------------|---------------|---------|----------|---------|-----------------|
| | Dosky | | | | | | | | | |
| | Vykovovanie | | | | | Len chladenie | | | | |
| λ_D | f_T | F_T | f_ψ | F_m | λ_1 | f_T | F_T | f_ψ | F_m | $\lambda_{2,0}$ |
| W/(m.K) | 1/K | - | - | - | W/(m.K) | 1/K | - | - | - | W/(m.K) |
| 0,030 | 0,00380 | 1,00736 | 4 | 1,10517 | 0,033 | 0,00380 | 1,05825 | 4 | 1,10517 | 0,035 |
| 0,031 | 0,00380 | 1,00736 | 4 | 1,10517 | 0,035 | 0,00380 | 1,05825 | 4 | 1,10517 | 0,036 |
| 0,032 | 0,00380 | 1,00736 | 4 | 1,10517 | 0,036 | 0,00380 | 1,05825 | 4 | 1,10517 | 0,037 |
| 0,033 | 0,00405 | 1,00785 | 4 | 1,10517 | 0,037 | 0,00405 | 1,06220 | 4 | 1,10517 | 0,039 |
| 0,034 | 0,00430 | 1,00833 | 4 | 1,10517 | 0,038 | 0,00430 | 1,06617 | 4 | 1,10517 | 0,040 |
| 0,035 | 0,00455 | 1,00882 | 4 | 1,10517 | 0,039 | 0,00455 | 1,07015 | 4 | 1,10517 | 0,041 |
| 0,036 | 0,00480 | 1,00931 | 4 | 1,10517 | 0,040 | 0,00480 | 1,07414 | 4 | 1,10517 | 0,043 |
| 0,037 | 0,00505 | 1,00979 | 4 | 1,10517 | 0,041 | 0,00505 | 1,07815 | 4 | 1,10517 | 0,044 |
| 0,038 | 0,00530 | 1,01028 | 4 | 1,10517 | 0,042 | 0,00530 | 1,08217 | 4 | 1,10517 | 0,045 |
| 0,039 | 0,00544 | 1,01055 | 4 | 1,10517 | 0,044 | 0,00544 | 1,08442 | 4 | 1,10517 | 0,047 |
| 0,040 | 0,00558 | 1,01083 | 4 | 1,10517 | 0,045 | 0,00558 | 1,08668 | 4 | 1,10517 | 0,048 |
| 0,041 | 0,00572 | 1,01110 | 4 | 1,10517 | 0,046 | 0,00572 | 1,08894 | 4 | 1,10517 | 0,049 |
| 0,042 | 0,00586 | 1,01137 | 4 | 1,10517 | 0,047 | 0,00586 | 1,09121 | 4 | 1,10517 | 0,051 |
| 0,043 | 0,00600 | 1,01164 | 4 | 1,10517 | 0,048 | 0,00600 | 1,09348 | 4 | 1,10517 | 0,052 |
| 0,044 | 0,00614 | 1,01191 | 4 | 1,10517 | 0,049 | 0,00614 | 1,09575 | 4 | 1,10517 | 0,053 |
| 0,045 | 0,00628 | 1,01219 | 4 | 1,10517 | 0,050 | 0,00628 | 1,09803 | 4 | 1,10517 | 0,055 |

| Deklarovaný súčiniteľ tepelnej vodivosti | Návrhový súčiniteľ tepelnej vodivosti | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---------|----------|---------|-------------|---------------|---------|----------|---------|-----------------|
| | Tuhé dosky | | | | | | | | | |
| | Vykurovanie | | | | | Len chladenie | | | | |
| λ_D | f_T | F_T | f_ψ | F_m | λ_1 | f_T | F_T | f_ψ | F_m | $\lambda_{2,0}$ |
| W/(m.K) | 1/K | - | - | - | W/(m.K) | 1/K | - | - | - | W/(m.K) |
| 0,030 | 0,00350 | 1,00678 | 4 | 1,10517 | 0,033 | 0,00350 | 1,05353 | 4 | 1,10517 | 0,035 |
| 0,031 | 0,00350 | 1,00678 | 4 | 1,10517 | 0,034 | 0,00350 | 1,05353 | 4 | 1,10517 | 0,036 |
| 0,032 | 0,00350 | 1,00678 | 4 | 1,10517 | 0,036 | 0,00350 | 1,05353 | 4 | 1,10517 | 0,037 |
| 0,033 | 0,00350 | 1,00678 | 4 | 1,10517 | 0,037 | 0,00350 | 1,05353 | 4 | 1,10517 | 0,038 |
| 0,034 | 0,00330 | 1,00639 | 4 | 1,10517 | 0,038 | 0,00330 | 1,05040 | 4 | 1,10517 | 0,039 |
| 0,035 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,039 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,041 |
| 0,036 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,040 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,042 |
| 0,037 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,041 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,043 |
| 0,038 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,042 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,044 |
| 0,039 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,043 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,045 |
| 0,040 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,044 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,046 |
| 0,041 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,046 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,047 |
| 0,042 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,047 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,049 |
| 0,043 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,048 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,050 |
| 0,044 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,049 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,051 |
| 0,045 | 0,00310 | 1,00600 | 4 | 1,10517 | 0,050 | 0,00310 | 1,04727 | 4 | 1,10517 | 0,052 |

Príloha 4: Priemerná denná teplota exteriéru θ_e počas referenčného roka pre Bratislavu

