

# ENERGETICKÉ HODNOTENIE BUDOV

Michal Krajčík  
Dušan Petráš  
Ingrida Skalíková



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ  
UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STAVEBNÁ FAKULTA

# **ENERGETICKÉ HODNOTENIE BUDOV**

Michal Krajčík, Dušan Petráš, Ingrida Skalíková

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu nesmie byť použitá na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľstva.

© doc. Ing. Michal Krajčík, PhD. – prof. Ing. Dušan Petráš, PhD.  
Ing. Ingrida Skalíková

Recenzenti: prof. Ing. Jaroslav Valášek, PhD.  
prof. Ing. Ivan Chmúrny, PhD.

Schválila Edičná rada Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

ISBN 978-80-227-4903-9

# OBSAH

<b>0</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>OPIS SKUTKOVÉHO STAVU BUDOVY A POSÚDENIE TEPELNO-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ .....</b>	<b>10</b>
1.0	Úvod.....	10
1.0.1	Opis situácie .....	10
1.0.2	Zadanie.....	10
1.1	POŽIADAVKY NA TEPELNOTECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ .....	10
1.1.1	Opis skutkového stavu.....	10
1.1.2	Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií.....	11
1.2	PRÍKLAD .....	15
1.2.1	Opis skutkového stavu budovy.....	15
1.2.2	Opis technických zariadení budovy .....	15
1.2.3	Opis a tepelnotechnické posúdenie stavebných konštrukcií.....	16
1.2.4	Záver tepelno-technického posúdenia stavebných konštrukcií .....	20
<b>2</b>	<b>POTREBA TEPLA NA VYKUROVANIE .....</b>	<b>22</b>
2.0	Úvod.....	22
2.0.1	Opis situácie .....	22
2.0.2	Zadanie.....	22
2.1	ZÁSADY VÝPOČTU POTREBY TEPLA NA VYKUROVANIE .....	22
2.1.1	Určenie hranice vykurovaného priestoru.....	22
2.1.2	Sezónna metóda výpočtu potreby tepla na vykurovanie .....	23
2.1.3	Celková tepelná strata .....	24
2.1.4	Tepelné zisky .....	28
2.1.5	Faktor využitia tepelných ziskov.....	31
2.1.6	Energetické kritérium .....	31
2.2	PRÍKLAD .....	32
2.2.1	Určenie hranice vykurovaného priestoru.....	32
2.2.2	Výpočet potreby tepla na vykurovanie.....	34
2.2.3	Čiastkový záver.....	36
<b>3</b>	<b>POTREBA ENERGIE NA VYKUROVANIE .....</b>	<b>37</b>
3.0	Úvod.....	37
3.0.1	Opis situácie .....	37
3.0.2	Zadanie.....	37
3.1	VÝPOČET POTREBY ENERGIE NA VYKUROVANIE.....	37
3.1.1	Tepelná strata systému odovzdávania tepla.....	37
3.1.2	Tepelná strata z rozvodov vykurovacieho systému .....	43
3.1.3	Vlastná spotreba energie systému rozvodu tepla – zjednodušená metóda.....	46
3.1.4	Spätné získateľná časť vlastnej spotreby energie.....	51
3.1.5	Tepelná strata z výroby tepla .....	51
3.1.6	Potreba energie na vykurovanie.....	53
3.2	PRÍKLAD .....	54

3.2.1	<i>Tepelná strata systému odovzdávania tepla.....</i>	54
3.2.2	<i>Tepelná strata z rozvodov vykurovacieho systému .....</i>	56
3.2.3	<i>Vlastná spotreba energie systému rozvodu tepla .....</i>	59
3.2.4	<i>Spätné získateľná časť vlastnej spotreby energie.....</i>	62
3.2.5	<i>Tepelná strata z výroby tepla .....</i>	62
3.2.6	<i>Potreba energie na vykurovanie.....</i>	62
<b>4</b>	<b>POTREBA ENERGIE NA PRÍPRAVU TEPLEJ VODY .....</b>	<b>64</b>
4.0	Úvod.....	64
4.0.1	<i>Opis situácie .....</i>	64
4.0.2	<i>Zadanie.....</i>	64
4.1	VÝPOČET POTREBY ENERGIE NA PRÍPRAVU TEPLEJ VODY.....	64
4.1.1	<i>Potreba tepla na prípravu TV – zjednodušená metóda .....</i>	64
4.1.2	<i>Tepelná strata z distribúcie TV .....</i>	65
4.1.3	<i>Stanovenie vlastnej elektrickej energie cirkulačných čerpadiel.....</i>	66
4.1.4	<i>Tepelná strata z akumulácie TV .....</i>	67
4.1.5	<i>Tepelná strata z výroby TV .....</i>	68
4.1.6	<i>Potreba energie na prípravu TV .....</i>	68
4.2	PRÍKLAD .....	68
4.2.1	<i>Potreba tepla na prípravu TV – zjednodušená metóda .....</i>	68
4.2.2	<i>Tepelná strata z distribúcie TV .....</i>	69
4.2.3	<i>Tepelná strata z akumulácie TV .....</i>	73
4.2.4	<i>Tepelná strata z výroby tepla .....</i>	73
4.2.5	<i>Potreba energie na prípravu TV .....</i>	73
<b>5</b>	<b>POTREBA TEPLA NA VYKUROVANIE PO OBNOVE .....</b>	<b>75</b>
5.0	Úvod.....	75
5.0.1	<i>Opis situácie .....</i>	75
5.0.2	<i>Zadanie.....</i>	75
5.1	ENERGETICKÝ ÚSPORNÉ OPATRENIA NA TEPOVÝMENNOM OBALE .....	75
5.1.1	<i>Obvodový plášť.....</i>	76
5.1.2	<i>Strecha .....</i>	76
5.1.3	<i>Strop nad suterénom a podlaha na teréne.....</i>	76
5.1.4	<i>Otvorové konštrukcie .....</i>	77
5.2	PRÍKLAD .....	77
5.2.1	<i>Návrh energeticky úsporných opatrení .....</i>	77
5.2.2	<i>Tepelnotechnické posúdenie stavebných konštrukcií po zateplení .....</i>	78
5.2.3	<i>Určenie hranice vykurovaného priestoru.....</i>	78
5.2.4	<i>Výpočet potreby tepla na vykurovanie.....</i>	79
5.2.5	<i>Čiastkový záver.....</i>	81
<b>6</b>	<b>POTREBA ENERGIE NA VYKUROVANIE PO OBNOVE .....</b>	<b>82</b>
6.0	Úvod.....	82
6.0.1	<i>Opis situácie .....</i>	82
6.0.2	<i>Zadanie.....</i>	82
6.1	ENERGETICKÝ ÚSPORNÉ OPATRENIA PRE SYSTÉM VYKUROVANIA.....	82
6.1.1	<i>Hydraulické vyregulovanie .....</i>	83

6.1.2	Zdroj tepla .....	83
6.2	PRÍKLAD .....	84
6.2.1	Návrh energeticky úsporných opatrení .....	84
6.2.2	Výpočet potreby energie na vykurovanie .....	85
<b>7</b>	<b>POTREBA ENERGIE NA PRÍPRAVU TEPLEJ VODY PO OBNOVE .....</b>	<b>94</b>
7.0	Úvod.....	94
7.0.1	Opis situácie .....	94
7.0.2	Zadanie.....	94
7.1	ENERGETICKÝ ÚSPORNÉ OPATRENIA PRE SYSTÉM PRÍPRAVY TV .....	94
7.2	PRÍKLAD .....	95
7.2.1	Izolácia rozvodných potrubí sústavy TV.....	95
7.2.2	Výpočet potreby energie na prípravu teplej vody .....	95
<b>8</b>	<b>VÝPOČET NÁVRATNOSTI A ZISKOVOSTI ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATRENÍ, HOTOVOSTNÝ TOK... 102</b>	
8.0	Úvod.....	102
8.0.1	Opis situácie .....	102
8.0.2	Zadanie.....	102
8.1	TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOTENIE .....	102
8.1.1	Ekonomické parametre .....	102
8.1.2	Ukazovatele ziskovosti opatrení.....	105
8.1.3	Hotovostný tok – CASHFLOW .....	108
8.2	PRÍKLAD .....	110
8.2.1	Ekonomické parametre .....	110
8.2.2	Ukazovatele ziskovosti .....	113
8.2.3	Hotovostný tok – CASHFLOW .....	115
8.2.4	Záver technicko-ekonomického vyhodnotenia .....	119
<b>9</b>	<b>ENERGETICKÝ CERTIFIKÁT BUDOVY .....</b>	<b>120</b>
9.0	Úvod.....	120
9.0.1	Opis situácie .....	120
9.0.2	Zadanie.....	120
9.1	ENERGETICKÁ CERTIFIKÁCIA BUDOV.....	120
9.1.1	Národný plán zameraný na zvyšovanie počtu budov s takmer nulovou potrebou energie.....	121
9.1.2	Obsah energetického certifikátu (EC) .....	122
9.1.3	Odporúčaný postup výpočtu .....	125
9.1.4	Škály energetických tried pre jednotlivé kategórie budov.....	126
9.2	PRÍKLAD.....	128
9.2.1	Výpočet potreby energie .....	128
9.2.2	Výpočet dodanej energie.....	128
9.2.3	Výpočet primárnej energie a emisií oxidu uhličitého (CO <sub>2</sub> ) .....	130
9.2.4	Energetický certifikát budovy po významnej obnove .....	131
9.2.5	Záver k energetickému hodnoteniu.....	140
<b>10</b>	<b>ENERGETICKÝ AUDIT BUDOV.....</b>	<b>141</b>
10.1	ČO JE ENERGETICKÝ AUDIT? .....	141

10.2	KTO MÔŽE VYKONÁVAŤ ENERGETICKÝ AUDIT BUDOV?	142
10.3	KEDY A PRE KOHO JE ENERGETICKÝ AUDIT POVINNÝ?	143
10.4	PROCES ENERGETICKÉHO AUDITU PODĽA STN EN 16247	144
10.5	OBSAH SRÁVY Z ENERGETICKÉHO AUDITU	146
10.6	ENERGETICKÝ AUDIT VERZUS ENERGETICKÁ CERTIFIKÁCIA BUDOV	148
10.7	POTENCIÁL ÚSPOR ENERGIE	149
10.8	PROCES PRÍPRAVY PROJEKTU OBNOVY	150
10.9	IDENTIFIKÁCIA PROJEKTU	152
10.10	PREHLIADKA	152
10.11	ENERGETICKÝ AUDIT	153
10.12	PODNIKATELSKÝ PLÁN	155
10.13	REALIZÁCIA	155
10.14	PREVÁDZKA A ÚDRŽBA	156
10.15	ENERGETICKÝ MANAŽMENT	157
<b>11</b>	<b>PREHLIADKA</b>	<b>159</b>
11.1	ÚVOD K PREHLIADKE	159
11.2	CIELE	159
11.3	PROCES PREHLIADKY	160
11.4	PRÍPRAVA	161
11.5	INŠPEKCIA	163
11.6	OPIS EXISTUJÚCEHO STAVU	165
11.7	ENERGETICKÉ VÝPOČTY	166
11.7.1	<i>Spotreba energie pred procesom energetických úspor</i>	167
11.7.2	<i>Energetické úspory z energeticky efektívnych opatrení</i>	168
11.8	EKONOMICKÉ VÝPOČTY	169
11.8.1	<i>Potenciál úspor energie</i>	170
11.8.2	<i>Vnútoraná miera výnosnosti</i>	170
11.9	SPRÁVA Z PREHLIADKY	171
11.10	PREZENTÁCIA	172
11.11	KONTROLNÉ FORMULÁRE Z INŠPEKCIE	173
<b>12</b>	<b>TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOTENIE</b>	<b>183</b>
12.1	ÚVOD K TECHNICKO-EKONOMICKÉMU VYHODNOTENIU	183
12.2	EKONOMICKÉ PARAMETRE	183
12.3	INVESTÍCIE	184
12.4	ROČNÁ ÚSPORA	184
12.5	TECHNICKÁ A EKONOMICKÁ ŽIVOTNOSŤ	185
12.6	MIERA INFLÁCIE	186
12.7	ÚROKOVÁ MIERA	186

12.7.1	Nominálna úroková miera.....	187
12.7.2	Reálna úroková miera .....	187
12.8	ZÁKLADNÉ EKONOMICKÉ VZŤAHY.....	188
12.8.1	Uloženie peňazí do banky (pohyb v čase vpred).....	188
12.8.2	Diskontovaná hodnota (pohyb v čase vzad).....	189
12.9	VÝPOČET NÁVRATNOSTI.....	190
12.9.1	Metóda hrubej návratnosti .....	190
12.9.2	Metóda čistej súčasnej hodnoty.....	191
12.9.3	Koeficient čistej súčasnej hodnoty.....	193
12.9.4	Metóda čistej návratnosti .....	194
12.9.5	Vnútna miera výnosu .....	199
12.10	CELKOVÁ ZISKOVOSŤ BALÍKA OPATRENÍ .....	201
12.11	NÁKLADY POČAS ŽIVOTNOSTI .....	206
12.12	HOTOVOSTNÝ TOK.....	208
<b>13</b>	<b>SOFTVÉR NA ENERGETICKÝ AUDIT A CERTIFIKÁCIU BUDOV .....</b>	<b>210</b>
13.1	PRÁCA SO SOFTVÉROM I+.....	210
13.2	PRÍKLAD EDITAČNÝCH OKIEN .....	210
13.3	ZÁVER.....	217
	<b>LITERATÚRA .....</b>	<b>218</b>



## **Pod'akovanie**

Autori d'akujú za pomoc pri príprave skrípt Janke Bartošovej, Veronike Gombošovej, Lucii Borisovej a Lucii Kudiváni.

## 0 ÚVOD

Reedícia skrípt Energetické hodnotenie budov nadväzuje na prvé vydanie, ako i na publikáciu Energetický audit a certifikácia budov autorského kolektívu DAHLSVEEN, T. – PETRÁŠ, D. a kol. (2008). Skriptá sa zaoberajú problematikou energetického auditu, ako i energetickej certifikácie budov, konkrétne pre oblasť tepelnej ochrany a systémov vykurovania a prípravy teplej vody. Skriptá sú učebný text pre cvičenia z predmetu Energetický audit budov v študijných programoch Technické zariadenia budov, Technika prostredia budov, Pozemné stavby a architektúra a Architektonické konštrukcie a projektovanie na Stavebnej fakulte STU v Bratislave. Súčasne sú vhodný materiál aj na školenia súvisiace s autorizáciou na odborne spôsobilé osoby pre energetickú hospodárnosť budov.

Skriptá opisujú teoretický postup výpočtu energetickej bilancie budov v súlade s právnymi dokumentmi a technickými normami, ktorý je doplnený o praktické príklady výpočtu a súčasne aj tabuľkami a grafmi potrebnými pre zadávanie hodnôt jednotlivých výpočtových parametrov. Princípy uvedené v teoretickej časti možno používať univerzálne, teda dajú sa aplikovať na rôzne procesy súvisiace s energetickou bilanciou budov, ako sú energetický audit, normalizované hodnotenie energetickej hospodárnosti, či projektové hodnotenie energetickej hospodárnosti, pričom treba pri každom z týchto procesov vo výpočte zohľadniť jeho osobitosti, vyplývajúce z rôzneho účelu výpočtu.

*Autori, 2018*

# **1 OPIS SKUTKOVÉHO STAVU BUDOVY A POSÚDENIE TEPELNO-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ**

## **1.0 ÚVOD**

### **1.0.1 Opis situácie**

Pracuješ pre firmu, ktorá sa zaoberá projekčnou a poradenskou činnosťou v oblasti energetickej efektívnosti budov. Spoločenstvo vlastníkov bytov rozmýšľa nad komplexnou obnovou jedného z bytových domov. Tvojou úlohou bude vypracovať kvalifikovaný odhad, koľko energie možno ušetriť realizáciou energeticky úsporných opatrení, aká je ich návratnosť a ziskovosť a aký vplyv by mali tieto opatrenia na energetickú hospodárnosť budovy. Začneš opisom objektu a výpočtom tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií.

### **1.0.2 Zadanie**

Opíš skutkový stav riešeného objektu. Zameraj sa pritom na stavebné konštrukcie, vykurovací systém a systém prípravy teplej vody. Definuj konštrukcie tvoriace teplovýmenný obal budovy a opíš skladby týchto konštrukcií. Vypočítaj tepelnotechnické parametre stavebných konštrukcií a porovnaj s požiadavkami uvedenými v STN 73 0540-2/Z1.

## **1.1 POŽIADAVKY NA TEPELNOTECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ**

### **1.1.1 Opis skutkového stavu**

Opis skutkového stavu budovy predstavuje charakteristiku riešeného objektu. Je vhodné k opisu pripojiť fotodokumentáciu objektu, prípadne pôdorysy a rezy. Opis má zahŕňať:

- lokalizáciu budovy (mesto, ulica, súpisné číslo, parcela),
- situáciu s orientáciou na svetové strany,
- typ budovy (rodinný dom, bytový dom, administratívna budova a pod.),
- stručný opis konštrukčného systému (pri bytových domoch),
- skladby konštrukcií tvoriacich teplovýmenný obal budovy,
- popis technických zariadení budovy (vykurovanie, príprava teplej vody).

### 1.1.2 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií

S ohľadom na splnenie podmienok tepelnej pohody v miestnosti v zimnom období a splnenie energetických požiadaviek musia mať steny, strechy, stropy a podlahy vykurovaných alebo klimatizovaných priestorov s relatívnou vlhkosťou  $\varphi_i \leq 80 \%$  súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie  $U$  nižší alebo rovnaký, ako je požiadavka na hodnotu  $U_{r1}$  podľa STN 73 0540-2/Z1:

$$U \leq U_{r1} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})) \quad (1.1)$$

Požiadavky na hodnoty  $U$  nepriesvitných stavebných konštrukcií sú uvedené v Tab. 1.1, pričom hodnota  $U$  stavebnej konštrukcie sa vypočíta takto:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})) \quad (1.2)$$

kde:

$U$  je súčiniteľ prechodu tepla konštrukciou ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ );

$R_{si}$  – tepelný odpor na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie ( $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ );

$R$  – súčet tepelných odporov jednotlivých vrstiev konštrukcie ( $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ );

$R_{se}$  – tepelný odpor na vonkajšom povrchu stavebnej konštrukcie ( $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ).

Súčiniteľ prechodu tepla otvorových konštrukcií, okien a dverí sa určí podľa STN EN ISO 10077-1. Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcií, ktoré sú v kontakte so zeminou, sa určí podľa STN EN ISO 13370.

Vyjadrené pomocou tepelného odporu: tepelný odpor stavebnej konštrukcie  $R$  musí byť vyšší alebo rovnaký, ako je požiadavka na hodnotu  $R_{r1}$ , podľa STN 73 0540-2/Z1:

$$R \geq R_{r1} \quad ((\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}) \quad (1.3)$$

Požiadavky na hodnoty  $R$  nepriesvitných stavebných konštrukcií sú uvedené v Tab. 1.2. Postup určenia tepelného odporu stavebnej konštrukcie  $R$  a súčiniteľa prechodu tepla stavebnej konštrukcie  $U$  sa uvádza v STN EN ISO 6946. Tepelný odpor danej konštrukcie sa počíta podľa vzťahu:

$$\sum R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \quad ((\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}) \quad (1.4)$$

kde:

$d_i$  je hrúbka jednotlivých vrstiev konštrukcie (m);

$\lambda_i$  – súčiniteľ tepelnej vodivosti jednotlivých vrstiev konštrukcie ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ). Hodnoty  $\lambda_i$  pre jednotlivé materiály, sú uvedené v STN 73 0540-3.

Tabuľka 1.1. Požiadavky na hodnoty  $U$  (STN 73 0540-2/Z1)

Druh stavebnej konštrukcie	Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie $W/(m^2 \cdot K)$					
	Maximálna hodnota $U_{max}$	Normalizovaná hodnota $U_N$	Odporúčaná hodnota $U_{r1}$		Cieľová odporúčaná hodnota $U_{r2}$	
Vonkajšia stena a šikmá strecha nad obytným priestorom so sklonom $> 45^\circ$ Plochá a šikmá strecha $\leq 45^\circ$ Strop nad vonkajším prostredím <sup>a)</sup> Strop pod nevykurovaným priestorom <sup>b)</sup>	0,46 0,3 0,3 0,35	0,32 0,2 0,2 0,25	0,22 0,15 0,15 0,20		0,15 0,1 0,1 0,15	
Smer tepelného toku						
Stena s vodorovným tepelným tokom <sup>c)</sup> /strop s tepelným tokom zdola nahor <sup>b)</sup> /strop s tepelným tokom zhora nadol <sup>a)</sup> medzi vnútornými priestormi s rozdielnou teplotou vnútorného vzduchu v oddelených priestoroch: - do 10 K - do 15 K - do 20 K - do 25 K - nad 25 K	Vodo-rovne	Zdola nahor	Zhora nadol	Vodo-rovne	Zdola nahor	Zhora nadol
	2,75	3,35	2,3	1,5	1,2	0,85
	1,8	2	1,6	1,05	0,75	0,6
	1,3	1,45	1,2	0,8	0,60	0,5
	1,05	1,1	0,95	0,65	0,55	0,4
	0,8	0,85	0,75	0,45	0,40	0,3
Odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu konštrukcie je $R_{se} = 0,04 m^2 \cdot K/W$						
a) Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu konštrukcie je $R_{si} = 0,17 m^2 \cdot K/W$ (tepelný tok zhora nadol)						
b) Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu konštrukcie je $R_{si} = 0,10 m^2 \cdot K/W$ (tepelný tok zdola nahor)						
c) Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu konštrukcie je $R_{si} = 0,13 m^2 \cdot K/W$ (tepelný tok vodorovne)						

Tabuľka 1.2. Normalizované hodnoty tepelného odporu konštrukcie  $R$  (STN 73 0540-2/Z1)

Druh stavebnej konštrukcie	Tepelný odpor konštrukcie (m <sup>2</sup> .K)/W								
	Minimálna hodnota R <sub>min</sub>	Normalizovaná hodnota R <sub>N</sub>	Odporúčaná hodnota R <sub>r1</sub>			Cieľová odporúčaná hodnota R <sub>r2</sub>			
Vonkajšia stena a šikmá strecha nad obytným priestorom so sklonom > 45°	2,0	3,0	4,4			6,5			
Plochá a šikmá strecha ≤ 45°	3,2	4,9	6,5			9,9			
Strop nad vonkajším prostredím <sup>a)</sup>	3,1	4,8	6,5			9,8			
Strop pod nevykurovaným priestorom <sup>b)</sup>	2,7	3,9	4,9			6,5			
Stena s vodorovným tepelným tokom <sup>c)</sup> /strop s tepelným tokom zdola nahor <sup>b)</sup> /strop s tepelným tokom zhora nadol <sup>a)</sup> medzi vnútornými priestormi s rozdielnou teplotou vnútorného vzduchu v oddelených priestoroch:	Smer tepelného toku								
- do 10 K	Vodo- rovne	Zdola nahor	Zhora nadol	Vodo- rovne	Zdola nahor	Zhora nadol	Vodo- rovne	Zdola nahor	Zhora nadol
- do 15 K	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,7
- do 20 K	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	1,1	1,1	1,2
- do 25 K	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,4	1,5	1,6
- nad 25 K	0,7	0,7	0,7	1,3	1,2	1,3	1,6	1,8	2,0
	1,0	1,0	1,0	2,0	1,8	2,2	2,2	2,3	2,6
Stena vykurovaného priestoru priľahlá k zemine pri hlbke zeminy:									
- do 5 m	1,5		2,0		2,5		2,5		
- nad 0,5 m do 2,0 m	1,0		1,5		2,0		2,0		
- nad 2,0	0,7		1,2		1,5		1,5		
Podlaha vykurovaného priestoru na teréne:									
- v úrovni do 0,5 m pod vonkajším terénom a do vzdialenosti 2,0 od vnútorného povrchu vonkajšej steny	1,5		2,3		2,5		2,5		
ostatné prípady	1,0		1,5		2,0		2,0		

Vonkajšie okná a dvere musia mať súčiniteľ prechodu tepla  $U_W$  konštrukcie nižší alebo rovnaký, ako je požiadavka na hodnotu  $U_{W,r1}$  podľa STN 73 0540-2/Z1.

$$U_W \leq U_{W,r1} \quad (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})) \quad (1.5)$$

V prípade budov, na ktorých sa čiastočné stavebné úpravy vykonali v minulosti, sa namiesto odporúčanej hodnoty  $U_{W,r1}$  použije maximálna hodnota  $U_{W,max}$ .

Požiadavky na hodnoty  $U$  transparentných stavebných konštrukcií sú uvedené v Tab. 1.3.

Tabuľka 1.3. Požiadavky na  $U_W$  vonkajších otvorových konštrukcií (STN 73 0540-2/Z1)

Konštrukcia/ komponent	Súčiniteľ prechodu tepla $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Maximálna hodnota <sup>1)</sup> $U_{W,max}$	Normalizovaná hodnota $U_{W,N}$	Odporúčaná hodnota $U_{W,r1}$	Cieľová odporúčaná hodnota $U_{W,r2}$
Okná, dvere, zasklené steny <sup>2)</sup> v obvodovej stene, strešné okná	1,7	1,4 <sup>4)</sup>	1,0 <sup>4)</sup>	0,6 <sup>4)</sup>
Okná v šikmej strešnej konštrukcii	1,7	1,5 <sup>3)</sup>	1,4 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>3)</sup>
Dvere do ostatných priestorov				
- bez zádveria	4,3	3,0	2,5	$\leq 2,0$
- so zádverím	5,5	4,0	3,0	$\leq 2,0$

<sup>1)</sup> Platí pre budovy, na ktorých sa čiastočné stavebné úpravy vykonali v minulosti.  
<sup>2)</sup> Požiadavky neplatia pre celopresklené obvodové plášte.  
<sup>3)</sup> Strešné okno sa nadväzuje na STN EN ISO 673 hodnotí s prihliadnutím na sklon strešného okna pri zabudovaní:  
- sklon od 20° do  $\leq 40^\circ$  zhoršuje dvojsklo o + 0,4  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a trojsklo o + 0,2  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  
- sklon od 40° do  $\leq 60^\circ$  zhoršuje dvojsklo o + 0,3  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a trojsklo o + 0,2  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  
- sklon od 60° do  $\leq 70^\circ$  zhoršuje dvojsklo o + 0,2  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a trojsklo o + 0,1  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  
- pri sklone nad 70° sa už hodnota zasklenia  $U_g$  nezhoršuje.  
<sup>4)</sup> Požiadavky platia pre vonkajšie okná s plochou aspoň 1,8 m<sup>2</sup>; okná menšej plochy, ktoré nespĺňajú požadované hodnoty, musia byť zhotovené z rovnakých komponentov ako okná spĺňajúce požiadavky.

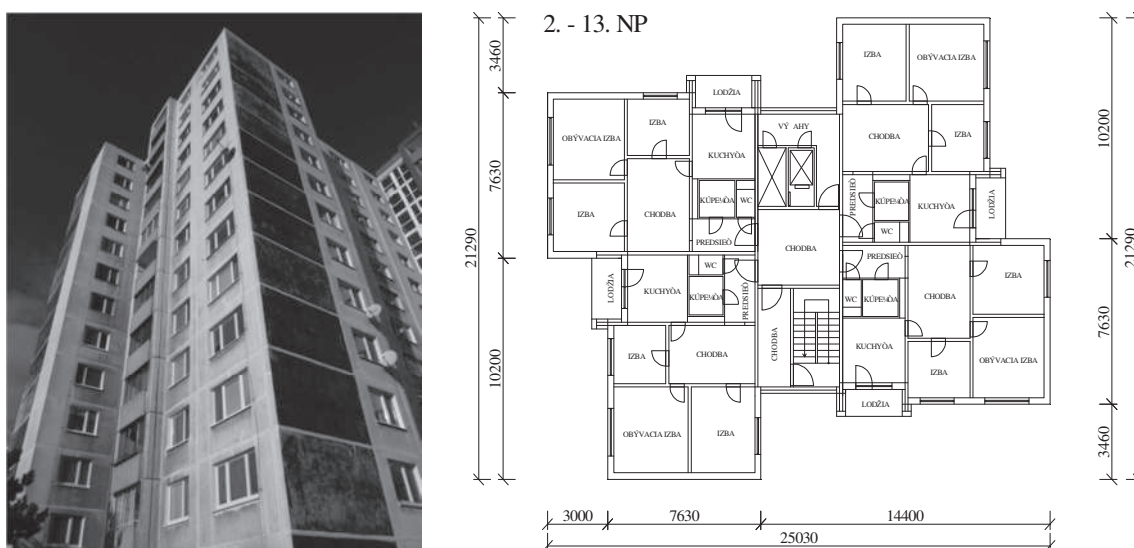
Rôzne hodnoty súčiniteľa prechodu tepla v Tab. 1.1 a Tab. 1.3, resp. tepelného odporu v Tab. 1.2, zohľadňujú rôzne úrovne energetickej hospodárnosti. Do 31. decembra 2015 boli platné normalizované hodnoty  $U_N$ , ktoré predstavujú nízkoenergetickú úroveň výstavby. Od roku 2016 sú v platnosti odporúčané hodnoty  $U_{r1}$ , ktoré predstavujú ultranízkoenergetickú

úroveň výstavby až do 31. decembra 2018, resp. 2020. Napokon, od začiatku roka 2019 pre nové budovy vo vlastníctve orgánov verejnej správy, resp. od roka 2021 aj pre všetky ostatné nové budovy, majú stavebné konštrukcie spĺňať cieľové odporúčané hodnoty  $U_{r2}$ , ktoré charakterizujú budovy s takmer nulovou spotrebou energie.

## 1.2 PRÍKLAD

### 1.2.1 Opis skutkového stavu budovy

Posudzovaný panelový bytový dom sa nachádza v Bratislave a je postavený v stavebnej sústave P 1.14 BA. Bytový dom má bodový charakter, 13 podlaží a nie je podpivničený. 1. NP tvorí technické podlažie, ostatné podlažia (2. NP - 13. NP) sú obytné, s konštrukčnou výškou 2,8 m. V dome je 48 bytových jednotiek. Pohľad na bytový dom a pôdorys typického podlažia sú na Obr. 1.1.



Obr. 1.1. Pohľad na bytový dom a pôdorys typického podlažia. Foto: Ing. Hana Bukovianska

### 1.2.2 Opis technických zariadení budovy

#### 1.2.2.1 Vykurovanie

Zdrojom tepla pre bytový dom je odovzdávacia stanica tepla (OST), ktorá je v pôvodnom stave. OST sa nachádza mimo budovy a slúži na zásobovanie teplom pre viacero objektov. Vykurovací systém objektu je teplovodný, dvojručkový, s teplotným spádom 90/70 °C. Systém je hydraulicky vyregulovaný od roku 2001. V rámci vyregulovania sa pred vykurovacie telesá inštalovali termostatické ventily s termostatickými hlaviciami na reguláciu vnútornej teploty. Teplota vykurovacej vody sa v budove centrálne reguluje pomocou



trojcestného zmiešavacieho ventilu, umiestneného na vstupe do objektu. Tento ventil primiešava horúcu vodu z OST do vykurovacej sústavy v bytovom dome tak, aby sa dosiahla požadovaná teplota vykurovacej vody, vypočítaná na základe ekvitermickej krivky (centrálnej regulácia podľa vonkajšej teploty). Obeh vykurovacej vody v dome zabezpečuje obehové čerpadlo, inštalované v roku 2001. Toto čerpadlo je bez možnosti regulácie otáčok, teda pracuje s konštantným výkonom. Rozvody vykurovania sú bezšvové oceľové zvárané, v technickom podlaží (prízemie) izolované minerálnou vlnou; izolácia je však pôvodná, zdegradovaná a nevyhovuje súčasným požiadavkám na tepelnú ochranu rozvodov. Stúpacie potrubia prechádzajú priamo cez byty a sú bez tepelnej izolácie. Na meranie odberu tepla pre celý objekt slúži kalorimetrické počítadlo na päte objektu, náklady sa medzi jednotlivé byty rozpočítavajú pomocou pomerových rozdeľovačov vykurovacích nákladov umiestnených na vykurovacích telesách.

#### **1.2.2.2 Príprava teplej vody**

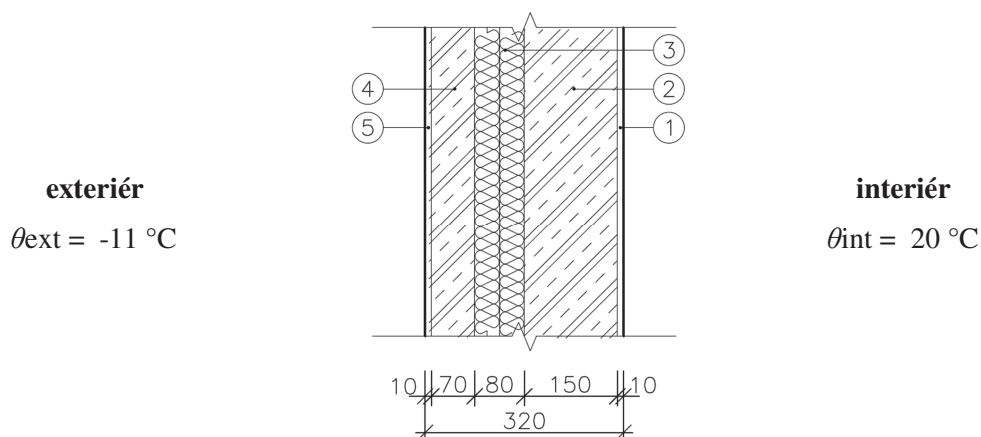
Teplá voda (TV) sa dodáva z centralizovaného zdroja do OST, odkiaľ sa potom dodáva do bytového domu. Cirkulácia TV sa zabezpečuje cirkulačným čerpadlom s konštantným výkonom, umiestneným v OST. Pôvodné cirkulačné čerpadlo sa vymenilo za nové v roku 2001. Ležaté rozvody TV sú vedené v technickom podlaží (prízemie) na spoločných závesoch s rozvodmi vykurovania a sú vybavené hlavným domovým uzáverom a objektovým meračom tepla. Rozvody TV sú oceľové závitové pozinkované, na prízemí izolované minerálnou vlnou; izolácia je pôvodná, zdegradovaná a nevyhovuje súčasným požiadavkám na tepelnú ochranu rozvodov. Stúpacie potrubia prívodu a cirkulácie TV sú vedené v stúpacích šachtách a sú obalené plstenými pásmi.

### **1.2.3 Opis a tepelnotechnické posúdenie stavebných konštrukcií**

Stavebné konštrukcie bytového domu sú väčšinou v pôvodnom stave, okrem strechy, kde sa v roku 2003 spravila nová hydroizolácia. Pri obhliadke budovy sa zistilo, že približne polovica pôvodných okien bola vymenená za nové okná s plastovým profilom.

#### **1.2.3.1 Obvodový plášť**

Obvodový plášť je predsadený, vrstvený – sendvičový, s hrúbkou 300 mm. V Tab. 1.4 je uvedená skladba a tepelno-technické vlastnosti konštrukcie. Podľa STN 73 0540-2/Z1 má vonkajšia stena spĺňať hodnotu súčiniteľa prechodu tepla  $U_{r1} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .



Odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu  $R_{\text{se}} = 0,04\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu  $R_{\text{si}} = 0,13\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Tabuľka 1.4. Výpočet tepelného odporu obvodovej steny

Číslo vrstvy	Názov materiálu	Hrúbka	Súčiniteľ tepelnej vodivosti	Tepelný odpor
	Symbol	$d$	$\lambda$	$R$
	Jednotka	m	W/(m.K)	m <sup>2</sup> .K/W
1	Omietka vnútorná	0,010	0,880	0,011
2	Železobetón	0,150	1,580	0,095
3	Penový polystyrén	0,080	0,070	1,143
4	Železobetón	0,070	1,580	0,044
5	Omietka vonkajšia	0,020	1,160	0,017

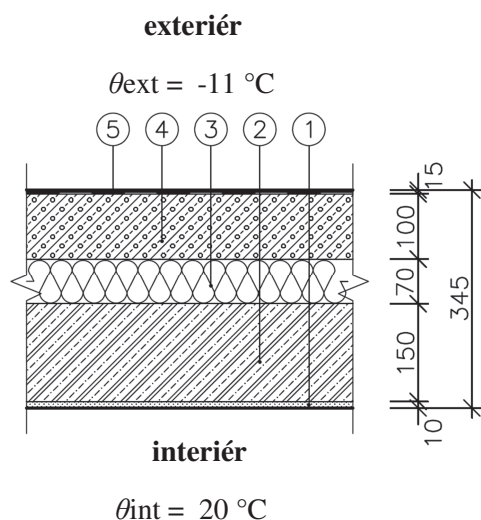
Výsledný tepelný odpor obvodovej steny  $R = 1,31\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Súčiniteľ prechodu tepla obvodovej steny  $U = 0,68\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Posúdenie: Požiadavka na súčiniteľ prechodu tepla pre obvodovú stenu sa splní vtedy, ak bude platiť vzťah 1.1, teda  $U < U_{\text{r1}}$ . Platí  $U = 0,68\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} > U_{\text{r1}} = 0,22\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Na základe porovnania súčiniteľa prechodu tepla obvodovej steny  $U$  s požadovanou hodnotou  $U_{\text{r1}}$  možno konštatovať, že obvodová stena **NEVYHOVUJE**.

### 1.2.3.2 Strešný plášť

Stropy sú zo železobetónových dielcov s hrúbkou 150 mm. Strešná konštrukcia je jednoplášťová, plochá. Strecha je v pôvodnom stave, okrem novej hydroizolácie z asfaltových pásov z roku 2003. V Tab. 1.5 je uvedená skladba a tepelno-technické vlastnosti konštrukcie. Podľa STN 73 0540-2/Z1 má plochá strecha spĺňať hodnotu súčiniteľa prechodu tepla  $U_{\text{r1}} = 0,15\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .



Odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu  $R_{\text{se}} = 0,04\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu  $R_{\text{si}} = 0,10\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Tabuľka 1.5. Výpočet tepelného odporu strechy

Číslo vrstvy	Názov materiálu	Hrúbka	Súčiniteľ tepelnej vodivosti	Tepelný odpor
	Symbol	$d$	$\lambda$	$R$
	Jednotka	m	W/(m.K)	m <sup>2</sup> .K/W
1	Omietka vnútorná	0,010	0,880	0,011
2	ŽB stropný panel	0,150	1,580	0,095
3	Penový polystyrén	0,050	0,044	1,136
4	Pórobetónový panel	0,100	0,190	0,526
5	Hydroizolácia	0,015	0,210	0,071

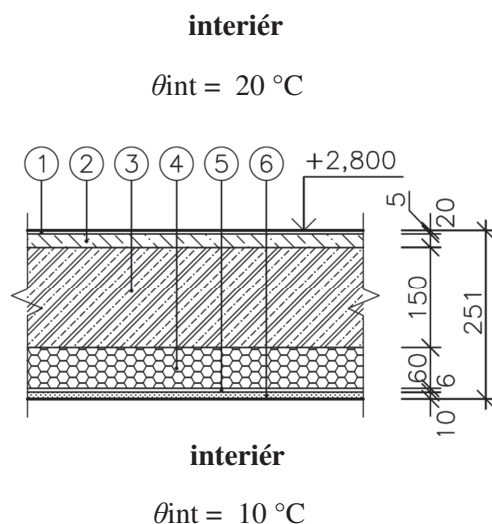
Výsledný tepelný odpor strechy  $R = 1,84\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Súčiniteľ prechodu tepla strechy  $U = 0,50\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Posúdenie: Požiadavka na súčiniteľ prechodu tepla pre obvodovú stenu sa splní vtedy, ak bude platiť vzťah 1.1, teda  $U < U_{\text{r1}}$ . Platí  $U = 0,50\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} > U_{\text{r1}} = 0,15\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Na základe porovnania súčiniteľa prechodu tepla strechy  $U$  s odporúčanou hodnotou  $U_{\text{r1}}$  možno konštatovať, že strecha **NEVYHOVUJE**.

### 1.2.3.3 Strop nad nevykurovaným podlažím

Skladba a tepelno-technické vlastnosti podlahy nad nevykurovaným podlažím sú uvedené v Tab. 1.6. Podľa STN 73 0540-2/Z1 má strop medzi vnútornými priestormi s rozdielnou teplotou do 10 K a s tepelným tokom zhora nadol spĺňať hodnotu súčiniteľa prechodu tepla  $U_{\text{r1}} = 0,85\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .



Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu  $R_{\text{si}} = 0,17\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

Odpor pri prestupe tepla na vnútornom povrchu  $R_{\text{si}} = 0,17\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

Tabuľka 1.6. Výpočet tepelného odporu podlahy nad nevykurovaným podlažím

Číslo vrstvy	Názov materiálu	Hrúbka	Súčiniteľ tepelnej vodivosti	Tepelný odpor
	Symbol	$d$	$\lambda$	$R$
	Jednotka	m	W/(m.K)	$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
1	PVC podlahovina	0,005	0,160	0,031
2	Cementový poter	0,020	1,020	0,020
3	ŽB stropný panel	0,150	1,340	0,112
4	Dosky z čadičovej plsti	0,060	0,048	1,250
5	Lignátové dosky	0,006	0,220	0,027
6	Omietka vnútorná	0,010	0,700	0,014

Výsledný tepelný odpor stropu  $R = 1,45\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

Súčiniteľ prechodu tepla stropu  $U = 0,56\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Posúdenie: Požiadavka na súčiniteľ prechodu tepla pre strop medzi vnútornými priestormi s rozdielnou teplotou do 10 K a s tepelným tokom zhora nadol sa splní vtedy, ak bude platiť vzťah 1.1, teda  $U < U_{\text{r1}}$ . Platí  $U = 0,56\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) < U_{\text{r1}} = 0,85\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Na základe porovnania súčiniteľa prechodu tepla stropu medzi vnútornými priestormi  $U$  s požadovanou hodnotou  $U_{\text{r1}}$  možno konštatovať, že strop **VYHOVUJE**.

#### 1.2.3.4 Otvorové konštrukcie

Pôvodné okná a balkónové dvere sú drevené zdvojené, zasklené jednoduchým zasklením. Vstupné steny na 1. NP sú s oceľovým rámom s jednoduchým zasklením.

Zasklenie schodiskového a výtahového priestoru tvorí oceľová konštrukcia s copilitovým zasklením, priebežne pozdĺž celej výšky objektu. Tepelno-technické vlastnosti otvorových konštrukcií sú uvedené v Tab. 1.7. Podľa STN 73 0540-2/Z1 majú nové okná a dvere v obvodovej stene spĺňať hodnotu súčiniteľa prechodu tepla  $U_{W,r1} = 1,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Pre budovy, na ktorých sa čiastočné stavebné úpravy vykonali v minulosti, platí maximálna hodnota  $U_{W,max} = 1,7 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Tabuľka 1.7. Tepelno-technické posúdenie otvorových výplní

Otvorová konštrukcia	Súčiniteľ prechodu tepla $U_W \text{ (W/(m}^2\cdot\text{K))}$
Pôvodné drevené zdvojené okná	2,7
Pôvodné drevené zdvojené okná a dvere – lodžia	2,7
Oceľové okná v schodiskovej a výtahovej časti	5,2
Oceľová vstupná zasklená stena	5,2
Vymenené plastové okná	1,3
Vymenené plastové okná a dvere – lodžia	1,3

Posúdenie: Pôvodné zdvojené okná a lodžiové dvere s dreveným profilom, ako i vymenené plastové okná a lodžiové dvere možno posudzovať podľa maximálnej hodnoty súčiniteľa prechodu tepla  $U_{W,max}$ . Požiadavka na súčiniteľ prechodu tepla pre tieto otvorové konštrukcie sa splní vtedy, ak bude platiť vzťah  $U_W < U_{W,max}$ . Podľa Tab. 1.3 pre okná, dvere, zasklené steny v obvodovej stene a strešné okná  $U_{W,max} = 1,7 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Na základe porovnania súčiniteľa prechodu tepla pôvodných otvorových konštrukcií s dreveným profilom  $U_W$  s maximálnou hodnotou  $U_{W,max}$  možno konštatovať, že pôvodné otvorové konštrukcie s dreveným profilom **NEVYHOVUJÚ**.

Na základe porovnania súčiniteľa prechodu tepla vymenených otvorových konštrukcií s plastovým profilom  $U_W$  s maximálnou hodnotou  $U_{W,max}$  možno konštatovať, že vymenené otvorové konštrukcie s plastovým profilom **VYHOVUJÚ**.

#### 1.2.4 Záver tepelno-technického posúdenia stavebných konštrukcií

V Tab. 1.8 je sumár súčiniteľov prechodu tepla posudzovaných nepriesvitných konštrukcií a porovnanie s požadovanými hodnotami, platnými od roku 2016, podľa STN 73 0540-2/Z1.

Tabuľka 1.8. Posúdenie nepriesvitných stavebných konštrukcií

Stavebná konštrukcia	Súčiniteľ prechodu tepla $U$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	Odporúčaná hodnota $U_{r1}$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	Posúdenie
Obvodový plášť	0,70	0,22	NEVYHOVUJE
Strešná konštrukcia	0,54	0,15	NEVYHOVUJE
Podlahová konštrukcia	0,56	0,85	VYHOVUJE

V Tab. 1.9 je sumár súčiniteľov prechodu tepla posudzovaných otvorových konštrukcií a porovnanie s maximálnou hodnotou, platnou pre budovy, na ktorých sa čiastočné stavebné úpravy vykonali v minulosti, podľa STN 73 0540-2/Z1.

Tabuľka 1.9. Posúdenie otvorových stavebných konštrukcií

Stavebná konštrukcia	Súčiniteľ prechodu tepla $U$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	Maximálna hodnota $U_{W,max}$ (W/(m <sup>2</sup> .K))	Posúdenie
Pôvodné drevené zdvojené okná a dvere	2,7	1,7	NEVYHOVUJE
Oceľové okná v schodiskovej a výťahovej časti	5,2	1,7	NEVYHOVUJE
Oceľová vstupná zasklená stena	5,2	1,7	NEVYHOVUJE
Vymenené plastové okná a dvere	1,3	1,7	VYHOVUJE

## **2 POTREBA TEPLA NA VYKUROVANIE**

### **2.0 ÚVOD**

#### **2.0.1 Opis situácie**

Po diskusii so správcom bytového domu, ktorý tu býva už od začiatku, a od ktorého si sa dozvedel(a) veľa užitočných informácií, sa ti podarilo dostať k projektovej dokumentácii a dohodnúť si obhliadku stavby. Na základe projektovej dokumentácie a obhliadky sa ti podarilo zistiť skladby a vypočítať tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií. Pokračujes výpočtom potreby tepla na vykurovanie.

#### **2.0.2 Zadanie**

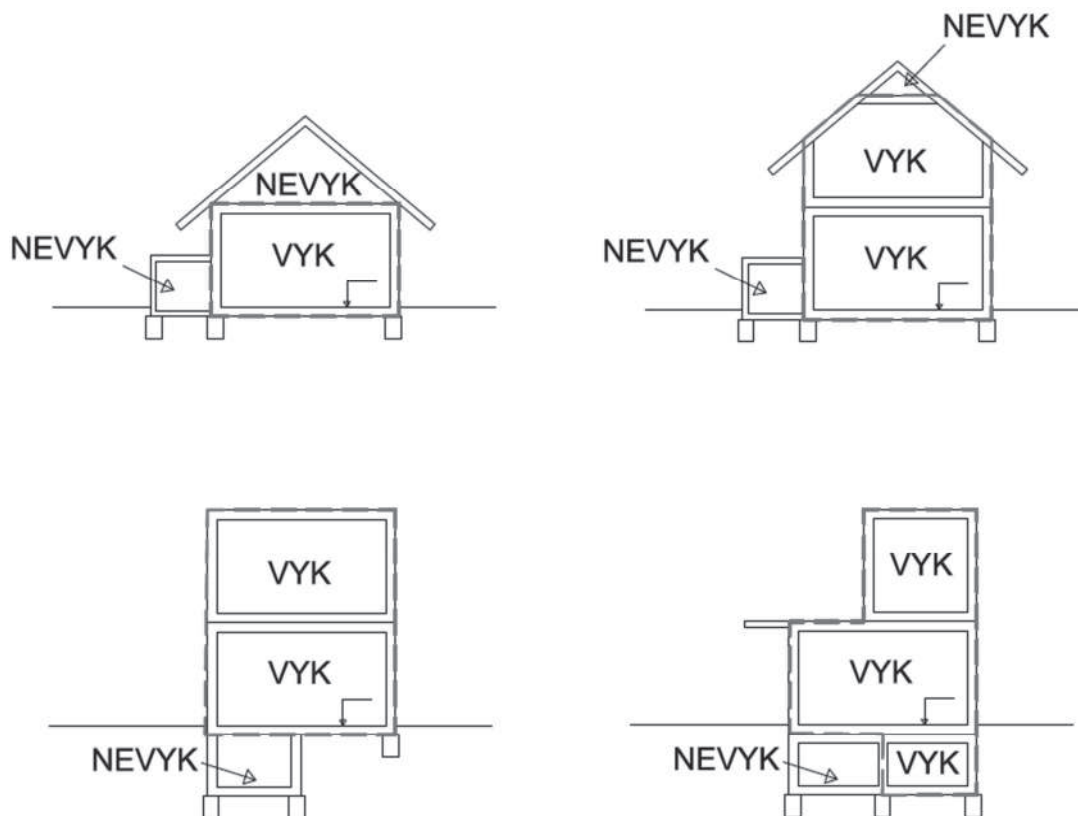
Urči hranicu vykurovaného priestoru. Vypočítaj potrebu tepla na vykurovanie pre normalizované podmienky v súlade s STN EN ISO 52016-1, STN EN ISO 13789 a STN 73 0540. Porovnaj vypočítanú mernú potrebu tepla na vykurovanie s požiadavkou na mernú potrebu tepla na vykurovanie uvedenou v STN 73 0540-2/Z1.

### **2.1 ZÁSADY VÝPOČTU POTREBY TEPLA NA VYKUROVANIE**

Zásady výpočtu potreby tepla na vykurovanie vychádzajú z STN EN ISO 52016-1. Na výpočet tepelnej straty budovy počas vykurovacieho obdobia je potrebné stanoviť merný tepelný tok prechodom tepla a vetraním cez teplovýmennú obalovú konštrukciu podľa STN EN ISO 13789.

#### **2.1.1 Určenie hranice vykurovaného priestoru**

Hranicu vykurovaného priestoru pre výpočet potreby tepla na vykurovanie tvoria všetky stavebné konštrukcie, ktoré oddelujú vykurovaný priestor od vonkajšieho prostredia (vzduch, pôda alebo voda), od nevykurovaných priestorov v tejto budove alebo od priľahlej budovy. V opodstatnených prípadoch možno do hranice vykurovaného zahrnúť aj malé nevykurované priestory, v takom prípade však treba aj tieto priestory považovať za vykurované. Celková podlahová plocha podlaží s upravovaným vnútorným prostredím miestností sa určí z vonkajších rozmerov budovy bez zohľadnenia miestnych vystupujúcich konštrukcií ako sú rímsoy, plochy balkónov, lodžií a terás a pod. (vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z.).



Obr. 2.1. Určenie hraníc vykurovaného priestoru budovy ([www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz))

### 2.1.2 Sezónna metóda výpočtu potreby tepla na vykurovanie

Výpočet potreby tepla sezónnou metódou sa v súčasnosti akceptuje len pre obytné budovy (vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z.). Pri ostatných budovách treba vykonať výpočet potreby tepla po mesiacoch. Rovnako aj pri použití postupov podľa niektorých technických noriem, ako napríklad STN EN 15316-4-3 pre výpočet energetických požiadaviek a účinnosti tepelných solárnych a fotovoltických systémov, nie je možné použiť sezónny výpočet. Postup pri výpočte potreby tepla s časovým krokom jeden mesiac je opísaný v STN EN ISO 52016-1. Pri použití sezónnej metódy sa potreba tepla na vykurovanie vypočíta podľa vzorca:

$$Q_H = Q_{ht} - \eta_{gn} \cdot Q_{gn} \quad (\text{kWh}) \quad (2.1)$$

kde:

$Q_{ht}$  – je celková tepelná strata vo vykurovacom období (kWh);

$\eta_{gn}$  – faktor využitia tepelných ziskov (-);

$Q_{gn}$  – celkový tepelný zisk vo vykurovacom období (kWh).



### 2.1.3 Celková tepelná strata

Celková tepelná strata zóny, resp. budovy je súčtom tepelnej straty prechodom tepla a tepelnej straty vetraním:

$$Q_{ht} = (H_T + H_V) \cdot (\theta_{int} - \theta_{e,m}) \cdot t \cdot 0,024 \quad (\text{kWh}) \quad (2.2)$$

kde:

$H_T$  je merná tepelná strata prechodom tepla (W/K);

$H_V$  – merná tepelná strata vetraním (W/K);

$\theta_{int}$  – požadovaná vnútorná teplota (°C);

$\theta_{e,m}$  – priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia (°C);

$t$  – dĺžka trvania vykurovacej sezóny (dni).

V prípade, ak výpočet neslúži na normalizované hodnotenie, ale chceme sa priblížiť skutočnej spotrebe tepla pre konkrétnu budovu v určitej lokalite, vo výpočte sa použijú údaje o dĺžke vykurovacej sezóny, vonkajšej teplote, vnútornej teplote a pod. pre túto konkrétnu budovu, resp. lokalitu. Ak potreba tepla na vykurovanie slúži na normalizované energetické hodnotenie, výpočet sa vykoná pre normalizovaný počet dennostupňov 3422 K.deň, t. j. pre teplotu vnútorného vzduchu  $\theta_{int} = 20$  °C, priemernú teplotu vonkajšieho vzduchu  $\theta_{e,m} = 3,86$  °C a 212 vykurovacích dní pre budovy s neprerušovaným vykurovaním.

#### 2.1.3.1 Merná tepelná strata prechodom tepla

Ak sa uvažuje s paušálnou metódou výpočtu tepelných mostov, možno mernú tepelnú stratu prechodom tepla vyjadriť takto:

$$H_T = \sum b_{x,i} \cdot U_i \cdot A_i + \Delta U \cdot \sum A_i \quad (\text{W/K}) \quad (2.3)$$

kde:

$b_{x,i}$  je bezrozmerný redukčný faktor elementu  $i$  obalovej konštrukcie budovy (-). Používa sa, ak teplota na druhej strane elementu obalovej konštrukcie sa nerovná teplote vonkajšieho prostredia, napríklad v prípade tepelnej straty do nevykurovaného priestoru, tepelnej straty cez dilatáciu a pod. (Obr. 2.2., Tab. 2.1);

$U_i$  – súčiniteľ prechodu tepla elementu  $i$  obalovej konštrukcie (W/(m<sup>2</sup>K));

$A_i$  – plocha elementu  $i$  obalovej konštrukcie budovy ( $m^2$ );

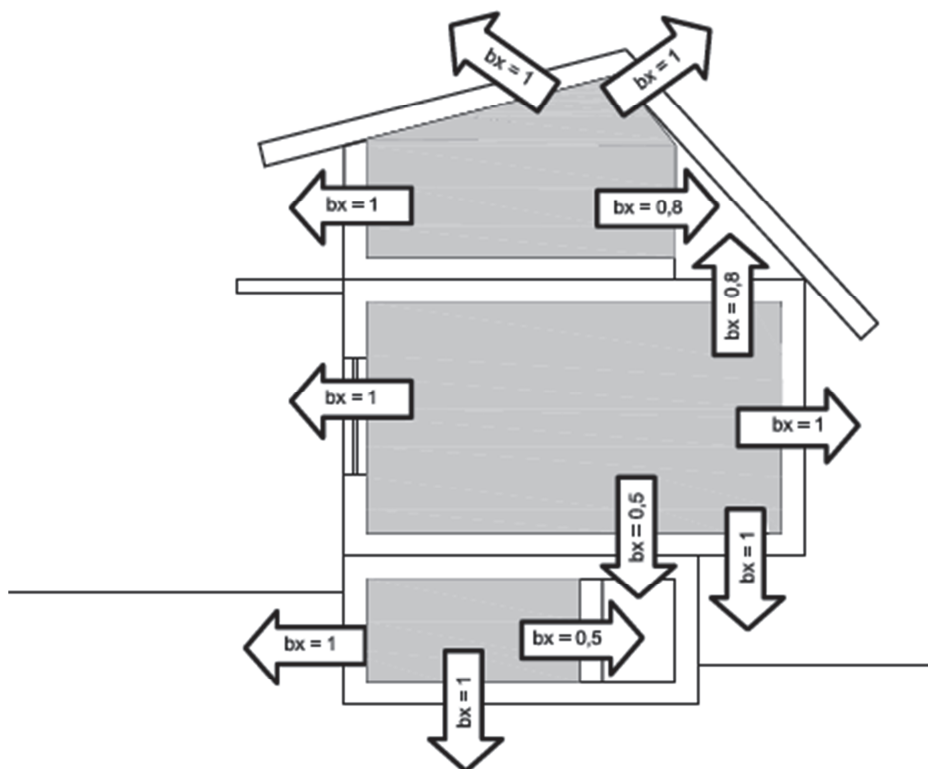
$\Delta U$  – zvýšenie súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov ( $W/(m^2K)$ ). Podľa STN 73 0540-2 sa hodnota  $\Delta U$  vo  $W/(m^2.K)$  môže približne určiť nasledovne:

- $\Delta U = 0,02$  za predpokladu spojitej tepelnoizolačnej vrstvy na vonkajšom povrchu konštrukcie a použitia nových systémov murovaných konštrukcií spĺňajúcich aspoň požiadavky normalizované od 1.1.2016;
- $\Delta U = 0,05$  za predpokladu spojitej tepelnoizolačnej vrstvy na vonkajšom povrchu konštrukcie a použitia nových systémov murovaných konštrukcií najmä po roku 2002;
- $\Delta U = 0,1$  pri murovaných, panelových vrstvených betónových a keramických, ľahkých drevených roštových konštrukciách, kovoplastických obvodových plášťoch (pred ich obnovou);
- ak je známa hodnota  $\Delta U$  pre konštrukčný systém, môže sa použiť za predpokladu, že sa určila podľa STN EN ISO 13789;
- v ostatných prípadoch sa vplyv tepelných mostov určí podľa STN EN ISO 13789, lineárne stratové súčinitele a bodové stratové súčinitele sa vypočítajú podľa STN EN ISO 10211.

Obr. 2.2 ukazuje teplotný redukčný faktor  $b_x$  pre rôzne prípady stavebných konštrukcií oddeľujúcich vnútorné prostredie a prostredie na druhej strane stavebnej konštrukcie (exteriér, temperované, nevykurované a podstrešné priestory). Redukčné faktory  $b_x$  v závislosti od deliacej konštrukcie sú zhrnuté v Tab. 2.1.

Tabuľka 2.1. Redukčný faktor  $b_x$  v závislosti od deliacej konštrukcie (STN EN 73 0540-2)

Tepelná strata cez konštrukciu	$b_x$
Cez vonkajšiu stenu, okno, vonkajšie dvere	1,00
Cez strechu (plochú, šikmú) na teplovýmennom obale budovy	1,00
Cez podlahu na teréne	1,00
Cez podlahu podstrešného priestoru (povaly)	0,80
Cez stenu medzi vykurovaným a nevykurovaným priestorom a podstrešným priestorom	0,80
Cez stenu alebo strop nevykurovaného priestoru (suterénu)	0,50
Cez stenu alebo strop temperovaného priestoru (garáž, susedná budova)	0,35
Cez otvorenú dilatáciu	0,35
Cez uzavretú zaizolovanú dilatáciu so šírkou do 0,05 m	0,10
Cez stenu a otvorenú konštrukciu do nevykurovaného priestoru, ktorý má zasklenie	
- jednoduché	0,70
- dvojité	0,60
- s tepelnoizolačným dvojsklom $U_g \leq 2,0 W/(m^2.K)$	0,50
Cez strop nad otvoreným prejazdom	1,00



Obr. 2.2. Redukčný faktor  $b_x$  (Chmúrny, 2003)

### 2.1.3.2 Merná tepelná strata vetraním

Mernú tepelnú stratu vetraním možno pomocou obostavaného objemu budovy a intenzity výmeny vzduchu vyjadriť takto:

$$H_V = \frac{V}{V_b} \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot n_{inf} \cdot V_b / 3600 \quad (\text{W/K}) \quad (2.4)$$

kde:

$\rho_a$  je hustota vzduchu ( $\text{kg/m}^3$ ). Možno uvažovať s hodnotou  $\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ;

$c_a$  je merná tepelná kapacita vzduchu ( $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ). Možno uvažovať s hodnotou  $c_a = 1010 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;

$n_{inf}$  je intenzita výmeny vzduchu ( $1/\text{h}$ );

$V/V_b$  je pomer vnútorného a obostavaného objemu budovy ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ). Tento pomer sa uvažuje 0,75 pre nové rodinné domy, 0,85 pre posudzovanie obnovovaných budov v pôvodnom stave; pre ostatné budovy platí 0,80.

Podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. sa vo výpočte potreby tepla na vykurovanie budovy má použiť minimálna výmena vzduchu v budove 0,5-krát za hodinu. Ak

je výpočtom určená intenzita výmeny vzduchu v budove vyššia ako 0,5-krát za hodinu, potreba tepla sa určí pre túto vypočítanú hodnotu intenzity výmeny vzduchu. Intenzitu výmeny vzduchu vplyvom infiltrácie vzduchu do budovy cez otvorové konštrukcie možno vypočítať takto:

$$n_{\text{inf}} = 25\,200 \frac{\sum(i_{lv} \cdot l)}{V_b} \quad (1/h) \quad (2.5)$$

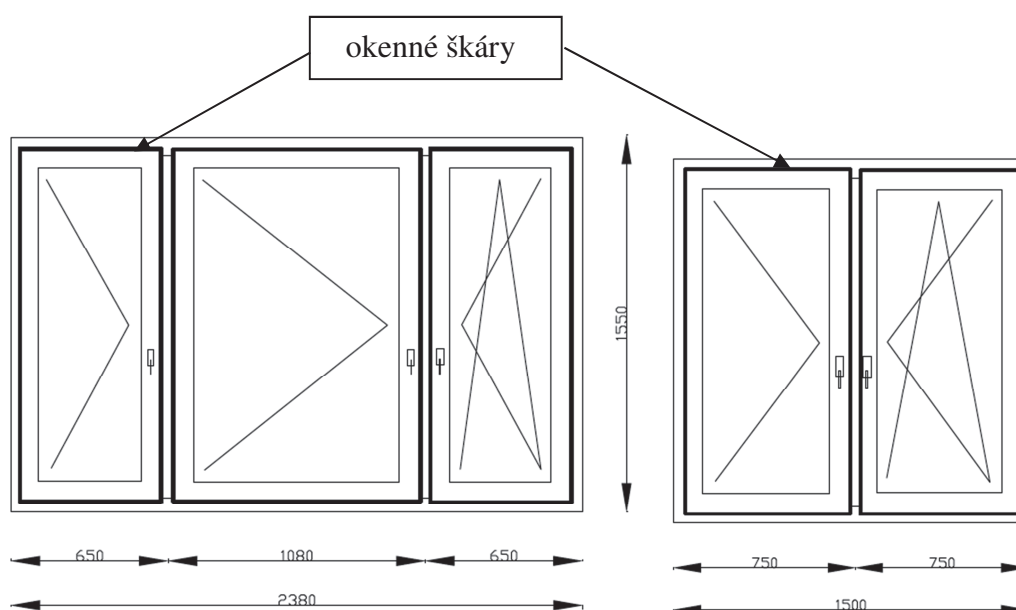
kde:

$i_{lv}$  je súčiniteľ škárovej prievzdušnosti ( $\text{m}^2/(\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67})$ );

$l$  – dĺžka škár otvorových konštrukcií (m). Spôsob určenia dĺžky škár je na Obr. 2.3;

$V_b$  – obostavaný objem budovy ( $\text{m}^3$ ).

Tento vzťah platí len pre výpočet intenzity výmeny vzduchu vplyvom infiltrácie cez škáry budov pre budovy do 25 m. Pre budovy vyššie ako 25 m treba použiť výpočet priemernej hodnoty výmeny vzduchu v budove podľa Prílohy C STN 73 0540-2.



Obr. 2.3. Určenie dĺžky škár otvorových konštrukcií

Hodnoty súčiniteľa škárovej prievzdušnosti otvorových konštrukcií sú uvedené v Tab. 2.2. Hodnoty uvedené v tejto tabuľke možno použiť v prípadoch, keď nie sú známe presnejšie údaje o konkrétnej otvorovej konštrukcii z akreditovaného laboratória alebo od výrobcu.

Tabuľka 2.2. Súčiniteľ škárovej prievzdušnosti otvorových konštrukcií  $i_{lv}$  (STN 73 0540-3)

Druh otvorovej konštrukcie	Súčiniteľ škárovej prievzdušnosti $i_{lv} \cdot 10^4 \text{ (m}^2\text{/(s} \cdot \text{Pa}^{0.67}\text{))}$
Kovové okná, škáry medzi rámom a krídlami netesnené	$\geq 1,8$
Drevené okná, škáry medzi rámom a krídlami netesnené	$\geq 1,4$
Drevené, plastové a kovové okná s tesniacim profilom	$\leq 1,0$

#### 2.1.4 Tepelné zisky

Celkové tepelné zisky zóny, resp. budovy sú súčtom vnútorných tepelných ziskov a solárnych tepelných ziskov:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (\text{kWh}) \quad (2.6)$$

kde:

$Q_{int}$  je suma vnútorných tepelných ziskov počas vykurovacieho obdobia (kWh);

$Q_{sol}$  – suma solárnych tepelných ziskov počas vykurovacieho obdobia (kWh).

##### 2.1.4.1 Vnútorné tepelné zisky

Podľa STN 73 0540-2 sa vnútorné zdroje tepla charakterizujú priemernými tepelnými výkonmi vnútorných zdrojov tepla  $q_i$  vo  $\text{W/m}^2$ , pre:

- rodinný dom  $q_i \leq 4$ ;
- bytový dom  $q_i \leq 5$ ;
- nebytové budovy (napr. administratívne budovy, školy)  $q_i \leq 6$ .

Celkový vnútorný tepelný zisk možno vypočítať takto:

$$Q_{int} = n \cdot 0,024 \cdot q_i \cdot A_b \quad (\text{kWh}) \quad (2.7)$$

kde:

$n$  je počet dní vykurovacej sezóny. Na energetické hodnotenie sa uvažuje 212 dní;

$q_i$  – priemerný tepelný výkon vnútorných zdrojov tepla ( $\text{W/m}^2$ );

$A_b$  – merná plocha ( $\text{m}^2$ ).

### 2.1.4.2 Solárne tepelné zisky

Tepelný tok vplyvom slnečného žiarenia elementom  $k$  sa vypočíta takto:

$$Q_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} \cdot A_{\text{sol},k} \cdot I_{\text{sol},k} \quad (\text{kWh}) \quad (2.8)$$

kde:

$F_{\text{sh,ob},k}$  je tieniaci redukčný faktor pre vonkajšie prekážky (-). V typických prípadoch možno uvažovať s hodnotou  $F_{\text{sh,ob},k} = 0,8$ ;

$A_{\text{sol},k}$  – účinná kolekčná plocha povrchu  $k$  s danou orientáciou a sklonom ( $\text{m}^2$ );

$I_{\text{sol},k}$  – priemerná energia slnečného žiarenia počas výpočtového kroku, na meter štvorcový kolekčnej plochy povrchu  $k$ , s danou orientáciou a sklonom ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ).

Štatistické hodnoty intenzity slnečného žiarenia pre konkrétnu lokalitu možno zistiť z STN EN ISO 13790/NA. Normalizované hodnoty intenzity slnečného žiarenia podľa STN 73 0540-3 pre zimné mesiace štandardného vykurovacieho obdobia v  $\text{kWh}/\text{m}^2$  sú v Tab. 2.3.

Tabuľka 2.3. Normalizované hodnoty intenzity slnečného žiarenia (STN 73 0540-3)

Orientácia	Mesiace							Spolu X-IV
	I	II	III	IV	X	XI	XII	
Juh	30,2	43,6	61,2	66,3	57,2	33,1	28,4	<b>320</b>
Sever	9,1	13,8	20,1	27,2	14,5	8,4	6,8	<b>100</b>
Východ, západ	14,9	24,5	42	59,1	32,2	15,4	11,8	<b>200</b>
Juhovýchod, juhozápad	22,7	33,8	50,9	62	44,8	24,9	20,8	<b>260</b>
Severovýchod, severozápad	10,2	16,1	26,8	41,6	18,3	9,6	7,4	<b>130</b>
Horizontálna rovina	22,2	38,6	71,4	108,2	55	26,2	18,4	<b>340</b>

Účinná slnečná kolekčná plocha zasklených prvkov skleného obalu (napr. okien) sa vyjadrí takto:

$$A_{\text{sol}} = F_{\text{sh,gl}} \cdot g_{\text{gl}} \cdot (1 - F_{\text{F}}) \cdot A_{\text{w,p}} \quad (\text{m}^2) \quad (2.9)$$

kde:

$F_{\text{sh,gl}}$  je tieniaci redukčný faktor pre pohyblivé tieniace zariadenia (-). V typických prípadoch počítat' s hodnotou tieniaceho redukčného faktora pre pohyblivé tieniace zariadenia  $F_{\text{sh,gl}} = 0,8$ ;

- $g_{gl}$  – celková priepustnosť slnečnej energie transparentných častí elementu (-). Príklady hodnôt celkovej priepustnosti slnečnej energie zasklením sú v Tab. 2.4 a Tab. 2.5. Ďalšie hodnoty možno nájsť v STN 73 0540-3.
- $F_F$  – podiel plochy rámov, pomer plochy rámov k celkovej ploche zaskleného elementu (-). Ak nie sú k dispozícii presné údaje, možno v typických prípadoch uvažovať s hodnotou  $(1 - F_F) = 0,8$ ;
- $A_{w,p}$  – celková plocha zaskleného elementu (napr. plocha okna) ( $m^2$ ).

Tabuľka 2.4. Informatívne hodnoty súčiniteľa prechodu tepla a celkovej priepustnosti slnečnej energie strešných okien (STN 73 0540-3)

Charakteristika zasklenia strešných okien	Súčiniteľ prechodu tepla		Celková priepustnosť slnečnej energie zasklenia
	W/(m <sup>2</sup> K)		
	$U_g^{1)}$	$U_w^{1)}$	$g_{gl}$
Nepriehľadné izolačné dvojsklo	1,1	1,4	0,54
Štandardné izolačné dvojsklo	1,1	1,4	0,60
Bezpečnostné energeticky úsporné dvojsklo	1,1	1,4	0,56
Dvojsklo proti hluku a prehrievaniu	1,0	1,3	0,29
Špeciálne protihlukové zasklenie	0,9	1,0	0,50
Trojsklo	0,5	1,0	0,46
Špeciálne tepelnoizolačné zasklenie	0,5	0,77	0,42

<sup>1)</sup> Hodnoty platia pre okná vo vertikálnej polohe.

Tabuľka 2.5. Informatívne hodnoty celkovej priepustnosti slnečnej energie (STN 73 0540-3)

Druh zasklenia	Celková priepustnosť slnečnej energie zasklenia $g_{gl}$
Jednoduché zasklenie:	
Plavené sklo s hrúbkou 4 mm	0,86
Plavené sklo s hrúbkou 6 mm	0,83 – 0,84
Plavené sklo s hrúbkou 8 mm	0,80 – 0,82
Dvojité a viacnásobné zasklenie:	
Dvojsklo zo skiel float (4 mm + 12 mm vzduch + 4 mm)	0,76
Dvojsklo zo skiel float (6 mm + 12 mm vzduch + 6 mm)	0,72
Dvojsklo zo skiel float + reflexné sklo (4 mm + 12 mm vzduchu + 4 mm)	0,47
Trojité zasklenie obyčajnými sklami 3 mm	0,66

Upozornenie: treba rozlišovať medzi celkovou priepustnosťou slnečného žiarenia a priepustnosťou slnečného žiarenia pri dopade kolmo na zasklenie. Pretože celková priepustnosť slnečnej energie je o niečo nižšia než priepustnosť slnečnej energie pri žiarení kolmo na zasklenie, použije sa na prepočet korekčný faktor:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_{gl,n} \quad (-) \quad (2.10)$$

kde:

$F_w$  je korekčný faktor zasklenia (-). Ak sa neudáva inak, hodnota faktora  $F_w = 0,9$ ;

$g_{gl,n}$  – priepustnosť slnečného žiarenia pri dopade kolmo na zasklenie (-).

### 2.1.5 Faktor využitia tepelných ziskov

Podľa STN 73 0540-2 sa pre bytové budovy s neprerušovaným vykurovaním výpočtom sezónnou metódou na zohľadnenie dynamického správania budovy môže použiť bezrozmerný faktor využitia tepelných ziskov  $\eta_{H,gn}$ . Faktor využitia tepelných ziskov pre bytové budovy hodnotené sezónnou metódou pri uvažovaní vplyvu rôznych úrovní výstavby sa uvádza v Tab. 2.6.

Tabuľka 2.6. Návrh faktorov využitia tepelných ziskov (STN 73 0540-2)

Úroveň tepelnotechnických vlastností budovy	Faktor využitia tepelných ziskov	
	Rodinné domy	Bytové domy
Energeticky úsporné budovy	0,95	0,95
Nízkoenergetické budovy	0,95	0,95
Ultránízkoenergetické budovy	0,95	0,84
Budovy s takmer nulovou spotrebou energie	0,95	0,84

Pri prerušovanom vykurovaní môže byť vhodnejšie použiť mesačnú metódu, pri ktorej je potrebný výpočet faktora využitia tepelných ziskov pre každý mesiac roka podľa STN EN ISO 52016-1.

### 2.1.6 Energetické kritérium

Budovy spĺňajú energetické kritérium, ak majú v závislosti od faktora tvaru budovy mernú potrebu tepla  $Q_{H,nd}$  nižšiu, ako je požiadavka na mernú potrebu tepla podľa Tab. 2.7. Požiadavka na mernú potrebu tepla je stanovená v kWh/(m<sup>2</sup>.a) pre bytové a nebytové budovy a je stanovená v kWh/(m<sup>3</sup>.a) pre nebytové budovy s konštrukčnou výškou viac ako 2,8 m,



ktoré nespĺňajú prvú požiadavku na kWh/(m<sup>2</sup>.a). Faktor tvaru budovy je podielom súčtu plôch konštrukcií teplovýmenného obalu a obostavaného priestoru. Hodnoty  $Q_{H,nd}$  pre medziľahlé hodnoty faktora tvaru sa určia lineárnou interpoláciou tabuľkových hodnôt a vypočítané hodnoty sa zaokrúhlia na desatiny.

Tabuľka 2.7. Hodnoty mernej potreby tepla na vykurovanie na hodnotenie energetického kritéria podľa STN 73 0540-2/Z1

Faktor tvaru budovy 1/m	Potreba tepla na vykurovanie							
	Maximálna hodnota $Q_{H,nd,max}$		Normalizovaná hodnota $Q_{H,nd,N}$		Odporúčaná hodnota $Q_{H,nd,r1}$		Cieľová odporúčaná hodnota $Q_{H,nd,r2}$	
	$Q_{H,nd,max1}$ kWh/(m <sup>2</sup> .a)	$Q_{H,nd,max2}$ kWh/(m <sup>3</sup> .a)	$Q_{H,nd,N1}$ kWh/(m <sup>2</sup> .a)	$Q_{H,nd,N2}$ kWh/(m <sup>3</sup> .a)	$Q_{H,nd,r1,1}$ kWh/(m <sup>2</sup> .a)	$Q_{H,nd,r1,2}$ kWh/(m <sup>3</sup> .a)	$Q_{H,nd,r2,1}$ kWh/(m <sup>2</sup> .a)	$Q_{H,nd,r2,2}$ kWh/(m <sup>3</sup> .a)
≤ 0,3	70,00	25,00	50,00	17,90	25,00	8,93	12,50	4,47
0,4	78,60	28,10	57,10	20,40	28,55	10,20	14,28	5,10
0,5	87,10	31,10	64,30	23,00	32,15	11,49	16,08	5,75
0,6	95,70	34,20	71,40	25,50	35,70	12,75	17,85	6,38
0,7	104,30	37,50	78,60	28,10	39,30	14,04	19,65	7,02
0,8	112,90	40,30	85,70	30,60	42,85	15,31	21,43	7,66
0,9	121,40	43,40	92,90	33,20	46,45	16,60	23,23	8,30
1,0	130,00	46,50	100,00	35,70	50,00	17,86	25,00	8,93

## 2.2 PRÍKLAD

### 2.2.1 Určenie hranice vykurovaného priestoru

Určenie hranice vykurovaného priestoru pre bytový dom je zobrazené na Obr. 2.4 a 2.5. Hranica je vymedzená po stranách vonkajšou hranou muriva, hore vrchnou hranou tepelnej izolácie strešnej konštrukcie a dole spodnou (vonkajšou) hranou stropu nad nevykurovaným podlažím.



Obr. 2.4. Pôdorys typického podlažia s vyznačením hranice vykurovaného priestoru



Obr. 2.5. Pohľad na bytový dom z južnej a severnej strany s vyznačením hranice vykurovaného priestoru

### 2.2.2 Výpočet potreby tepla na vykurovanie

Výpočet potreby tepla na vykurovanie pre bytový dom sa vykonal sezónnou metódou. Na úvod je potrebné určiť mernú plochu objektu (súčet podlahových plôch všetkých vykurovaných podlaží), priemernú konštrukčnú výšku a obostavaný objem vykurovaného priestoru. Pritom musí platiť rovnica:

$$V_b = A_b \cdot h_{k,pr} \quad (m^3) \quad (2.11)$$

kde:

$V_b$  je obostavaný objem vykurovaného priestoru ( $m^3$ );

$A_b$  – merná plocha ( $m^2$ );

$h_{k,pr}$  – priemerná konštrukčná výška vykurovaných podlaží (m).

Výpočet potreby tepla na vykurovanie je spolu s údajmi o budove zhrnutý v Tab. 2.8. Pre jednoduchosť sa v tomto prípade použili normalizované klimatické podmienky, teda počet dennostupňov 3422 K.deň, vnútorná teplota  $\theta_{int} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ , priemerná teplota vonkajšieho vzduchu  $\theta_{e,m} = 3,86 \text{ } ^\circ\text{C}$  a 212 vykurovacích dní. V praxi treba na výpočet úspory energie a ziskovosti úsporných opatrení použiť hodnoty pre konkrétnu budovu a pre konkrétnu lokalitu.

Tabuľka 2.8. Výpočet potreby tepla na vykurovanie bytového domu

Vstupné údaje		
Kategória budovy:	Bytový dom	
Typ, konštrukčný systém, stavebná sústava	P 1.14 BA	
Šírka budovy	25,03	m
Dĺžka budovy	21,29	m
Výška budovy	37,0	m
Počet podlaží	13	
Obostavaný objem $V_b$	12 417,6	$m^3$
Celková podlahová plocha $A_b$	4403,4	$m^2$
Celková teplovýmenná plocha $A_i$	3644,5	$m^2$
Priemerná konštrukčná výška $h_{k,pr}$	2,82	m
Faktor tvaru $\sum A_i/V_b$	0,30	l/m
Výpočtová metóda	Sezónna	
Počet dennostupňov	3422	K.deň

Tabuľka 2.8. (Pokračovanie) – Výpočet potreby tepla na vykurovanie bytového domu

Výpočet potreby tepla na vykurovanie						
Konštrukcia		$U_i$ (W/m²K)	$A_i$ (m²)	$U_i \cdot A_i$ (W/K)	Faktor $b_x$ (-)	$b_x \cdot U_i \cdot A_i$ (W/K)
Obvodový plášť:						
1.	Obvodová stena	0,68	2056,6	1398,49	1,00	1398,49
2.						
Strecha:						
1.	Plochá strecha	0,50	366,95	183,48	1,00	183,48
2.						
Podlaha:						
1.	Podlaha nad nevykurovaným suterénom	0,56	366,95	205,49	0,50	102,75
2.						
Otvorové konštrukcie:						
1.	Pôvodné drevené okná a dvere (byty)	2,70	300,30	810,81	1,00	810,81
2.	Vymenené plastové okná a dvere (byty)	1,30	300,30	390,39	1,00	390,39
3.	Oceľové okná v schodiskovej časti	5,20	253,40	1317,68	1,00	1317,68
Súčty		$\sum A_i = 3644,5$			$\sum b_x \cdot U_i \cdot A_i = 4203,6$	
Priemerný súčiniteľ prechodu tepla: $U_m = H_T / \sum A_i = 1,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$						
Započítanie vplyvu tepelných mostov:			exaktne		<u>Paušálne</u>	
Paušálne:			$\Delta U = 0,05$		Zatepľované konštrukcie	
			<u><math>\Delta U = 0,10</math></u>		<u>Jednvrstvové murované konštrukcie</u>	
Zvýšenie tepelnej straty vplyvom tepelných mostov: $\Delta H_{TM} = \Delta U \cdot \sum A_i = 364,5 \text{ W/K}$						
Intenzita výmeny vzduchu						
Opis otvorovej konštrukcie			Celková dĺžka otvorových škár $l$ (m)		Súč. prievzdušnosti otvor. výplní $i \cdot 10^4$ (m²/(s.Pa <sup>0,67</sup> ))	
1.	Pôvodné drevené okná a dvere (byty)		946,00		1,40	
2.	Oceľové okná v schodiskovej a výtahovej časti		450,40		1,80	
3.	Vymenené plastové okná a dvere (byty)		946,00		1,00	
Priemerná intenzita výmeny vzduchu vypočítaná: $n_{inf} = 0,79 \text{ l/h}$						
Vnútorné tepelné zisky						
Vnútorné tepelné zisky: $Q_i = 5 \cdot q_i \cdot A_b = 110\,085,0 \text{ kWh/a}$						
$q_i =$		4,00 W/m²	<u>5,00 W/m²</u>	6,00 W/m²		
		Rodinný dom	<u>Bytový dom</u>	Verejná budova		
Solárne tepelné zisky						
Orientácia	Intenzita slnečného žiarenia $I_{sol}$ (kWh/m²)	Priepustnosť slnečného žiarenia $g_{gl}$ (-) <sup>1)</sup>	Tieniaci faktor (-) <sup>2)</sup>	Plocha $A$ (m²)		
JUH	320,00	0,62	0,5	248,76		
VÝCHOD/ZÁPAD	200,00	0,62	0,5	408,24		
SEVER	100,00	0,62	0,5	205,56		
JV/JZ	260,00					
SV/SZ	130,00					
HORIZONTÁLNA	340,00					
Solárne tepelné zisky: $Q_s = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} = 56360,2 \text{ kWh/a}$						

Tabuľka 2.8. (Pokračovanie) – Výpočet potreby tepla na vykurovanie bytového domu

Merná tepelná strata	
Merná tepelná strata prechodom: $H_T = \sum b_x \cdot U_i \cdot A_i + \Delta U \cdot \sum A_i = 4568,0$	
Merná tepelná strata vetraním <sup>3)</sup> : $H_V = (V / V_b) \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot n_{inf} \cdot V_b / 3600 = 2807,3 \text{ W/K}$	
Merná tepelná strata: $H = H_V + H_T = 7375,3 \text{ W/K}$	
Potreba tepla na vykurovanie	
Celkové vnútorné zisky: $Q_{gn} = Q_s + Q_i = 166\,445,2 \text{ kWh/a}$	
Faktor využitia tepelných ziskov: $\eta_{gn} = 0,95$	
Potreba tepla na vykurovanie: $Q_H = (H_T + H_V) \cdot (\theta_{int} - \theta_{e,m}) \cdot t \cdot 0,024 \cdot 0,95 \cdot (Q_i + Q_s) = 447\,539,1 \text{ kWh/a}$	
Merná potreba tepla na vykurovanie: $Q_{H,nd} = Q_H / A_b = 101,63 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$	
Vyhodnotenie	
Odporúčaná hodnota $Q_{H,nd,r1,l}$ <sup>4)</sup> : $Q_{H,nd,r1,l} = 25 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$	$Q_{H,nd} > Q_{H,nd,r1,l}$ <b>Nevyhovuje</b>

<sup>1)</sup> Hodnota priepustnosti slnečného žiarenia 0,62 sa získala z priemeru hodnôt uvažovaných pre jednotlivé otvorové konštrukcie takto:

- pôvodné drevené okná (aj lodžia):  $g_{gl} = 0,76$ ;
- oceľové okná s copilitovým zasklením v schodiskovej časti:  $g_{gl} = 0,5$ ;
- vymenené plastové okná a dvere (aj lodžia):  $g_{gl} = 0,6$ .

Pre detailnejší výpočet by sa mohli spraviť priemery hodnôt priepustnosti slnečného žiarenia zvlášť pre každú orientáciu.

<sup>2)</sup> Tieniaci faktor sa určil ako súčin faktorov opísaných v 2.1.4.2, keď hodnota každého z faktorov sa zjednodušene uvažovala 0,8, teda  $F_{sh,ob,k} \cdot F_{sh,gl} \cdot (1 - F_F) = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,5$ . Takéto zjednodušenie je prípustné pre obytné budovy.

<sup>3)</sup> Použila sa hodnota  $V / V_b = 0,85$ , používaná pre posudzovanie obnovovaných budov v pôvodnom stave.

<sup>4)</sup> Odporúčaná hodnota  $Q_{H,nd,r1,l}$  sa určila z Tab. 2.7 na základe faktora tvaru budovy.

### 2.2.3 Čiastkový záver

Na základe porovnania vypočítanej mernej potreby tepla  $Q_{H,nd}$  s požadovanou hodnotou  $Q_{H,nd,r1,l}$  možno konštatovať, že objekt nespĺňa energetické kritérium podľa STN 73 0540-2/Z1.

### **3 POTREBA ENERGIE NA VYKUROVANIE**

#### **3.0 ÚVOD**

##### **3.0.1 Opis situácie**

Výpočet potreby tepla na vykurovanie si už v minulosti robil(a), teraz ťa však čaká niečo nové – výpočet tepelných strát vykurovacieho systému a potreby energie na vykurovanie. Tu sa okrem potreby tepla zohľadňujú aj tepelné straty technických zariadení budovy. Máš k dispozícii dokumentáciu z obhliadky a projektovú dokumentáciu, pustíš sa teda do výpočtu.

##### **3.0.2 Zadanie**

Vypočítaj tepelné straty z podsystemov odovzdávania, rozvodu a výroby tepla a vlastnú spotrebu energie obehových čerpadiel. Vypočítaj potrebu energie na vykurovanie. Zohľadni pritom spätne získateľnú tepelnú stratu zo systému prípravy teplej vody, ako i spätne získateľnú časť vlastnej spotreby energie obehového čerpadla, ak je to vhodné.

#### **3.1 VÝPOČET POTREBY ENERGIE NA VYKUROVANIE**

Vykurovací systém pozostáva z podsystemov výroby a akumulácie tepla, podsystemu rozvodu tepla a podsystemu odovzdávania tepla. Pri výpočte potreby energie, resp. dodanej energie sa však v súlade s STN EN 15316-1 postupuje v opačnom poradí, teda od potreby tepla na vykurovanie, smerom k podsystemu výroby a akumulácie. Táto kapitola obsahuje postup výpočtu tepelných strát vykurovacieho systému a výpočet potreby energie na vykurovanie, ktorá zohľadňuje tak potrebu tepla na vykurovanie, ako i tepelné straty vykurovacieho systému.

##### **3.1.1 Tepelná strata systému odovzdávania tepla**

Podrobnosti ohľadne výpočtu tepelnej straty systému odovzdávania tepla možno nájsť v STN EN 15316-2. Tepelné straty systému odovzdávania tepla sa vypočítajú takto:

$$Q_{\text{em,ls}} = Q_{\text{em,out}} \cdot \left( \frac{\Delta\theta_{\text{int,inc}}}{\theta_{\text{int,inc}} - \theta_{\text{e,comb}}} \right) \quad (\text{kWh}) \quad (3.1)$$

kde:

$Q_{em,out}$  je potreba tepla na vykurovanie,  $Q_H$ , vypočítaná podľa 52016-1 (kWh);

$\Delta\theta_{int,inc}$  – zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania (K);

$\theta_{int,inc}$  – ekvivalentná vnútorná teplota (°C);

$\theta_{e,comb}$  – v prípade vykurovania sa táto hodnota rovná priemeru vonkajšej teploty vzduchu počas uvažovaného obdobia (°C).

Ekvivalentná vnútorná teplota sa vypočíta takto:

$$\theta_{int,inc} = \theta_{int,ini} + \Delta\theta_{int,inc} \quad (\text{kWh}) \quad (3.2)$$

kde:

$\theta_{int,ini}$  je počiatočná teplota vzduchu v priestore (°C);

$\Delta\theta_{int,inc}$  – zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania (K).

Zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania tepla sa vypočíta takto:

$$\Delta\theta_{int,inc} = \Delta\theta_{hyd} + \Delta\theta_{emt,sys} + \Delta\theta_{ctr,sys} \quad (-) \quad (3.3)$$

kde:

$\Delta\theta_{hyd}$  je zmena teploty v závislosti od hydraulického vyregulovania (K), Tab. 3.1;

$\Delta\theta_{emt,sys}$  – zmena teploty v závislosti od odovzdávacieho systému (K);

$\Delta\theta_{ctr,sys}$  – zmena teploty v závislosti od radiaceho systému (K).

Zmena teploty v závislosti od hydraulického vyregulovania,  $\Delta\theta_{hyd}$ , sa stanoví na základe Tab. 3.1. Zmena teploty v závislosti od odovzdávacieho systému sa vypočíta takto:

$$\Delta\theta_{emt,sys} = \Delta\theta_{str} + \Delta\theta_{emb} + \Delta\theta_{rad} + \Delta\theta_{im,emt} \quad (-) \quad (3.4)$$

kde:

$\Delta\theta_{str}$  je nerovnomernosť rozloženia teploty v priestore v dôsledku stratifikácie (K), Tab. 3.2 a 3.4;

$\Delta\theta_{emb}$  – zmena teploty v dôsledku tepelných strát komponentov s integrovanou vykurovacou plochou do vonkajšieho prostredia alebo do nevykurovaného priestoru (K), Tab. 3.2 a 3.4;

$\Delta\theta_{rad}$  – zmena teploty v dôsledku účinku sálania v závislosti od odovzdávacieho systému (K).

$\Delta\theta_{im,emt}$  – zmena teploty v dôsledku prerušovanej prevádzky vykurovacieho systému (K).

Zmena teploty v závislosti od radiaceho systému sa stanoví takto:

$$\Delta\theta_{ctr,sys} = \Delta\theta_{ctr} + \Delta\theta_{im,ctr} + \Delta\theta_{roomaut} \quad (-) \quad (3.5)$$

kde:

$\Delta\theta_{ctr}$  je zmena teploty v závislosti od spôsobu regulácie (K), Tab. 3.2 a 3.4;

$\Delta\theta_{im,ctr}$  – zmena teploty v dôsledku prerušovanej prevádzky radiaceho systému (K);

$\Delta\theta_{roomaut}$  – zmena teploty v závislosti od samostatnej prevádzky (stand alone) alebo prevádzky v sieti / automatizácie riadenia (K).

Tabuľka 3.1. Zmena teploty v závislosti od hydraulického vyregulovania (STN EN 15316-2)

Jednorúrkový systém	$\Delta\theta_{hydr}$	Dvojrúrkový systém	*n ≤ 10	*n > 10
			$\Delta\theta_{hydr}$	$\Delta\theta_{hydr}$
Bez hydraulického vyregulovania	0,7	Bez hydraulického vyregulovania	0,6	
Statické vyváženie pre každý okruh	0,4	Statické vyváženie pre každé vykurovacie teleso alebo komponent s integrovanou vykurovacou plochou, bez vyváženia sústavy ako celku	0,3	0,4
Dynamické vyváženie pre každý okruh (napr. automatickými obmedzovačmi prietoku)	0,3	Statické vyváženie pre každé vykurovacie teleso alebo prvok plošného vykurovania, s vyvážením sústavy ako celku (napr. vyvažovacím ventilom)	0,2	0,3
Dynamické vyváženie pre každý okruh (napr. automatickými obmedzovačmi prietoku) a dynamická regulácia v závislosti od tepelného príkonu (napr. regulácia na základe teploty vratnej vody)	0,2	Statické vyváženie pre každé vykurovacie teleso alebo komponent s integrovanou vykurovacou plochou a zároveň dynamické vyváženie sústavy ako celku (napr. regulátormi tlakovej diferencie)	0,1	0,2



Tabuľka 3.1 (pokračovanie)

Dynamické vyváženie pre každý okruh (napr. automatickými obmedzovačmi prietoku) a dynamická regulácia v závislosti od tepelného príkonu (regulácia na základe rozdielu teploty prívodnej a vratnej vody)	0,1	Dynamické vyváženie pre každé vykurovacie teleso alebo komponent s integrovanou vykurovacou plochou (napr. automatickými obmedzovačmi prietoku / regulátormi tlakovej diferencie)	0
*n – počet odovzdávacích prvkov (napr. počet vykurovacích telies...)			

### 3.1.1.1 Zmena teploty pre komponenty s integrovanou vykurovacou plochou, výška miestnosti $\leq 4$ m

Nerovnomernosť rozloženia teploty v priestore v dôsledku stratifikácie,  $\Delta\theta_{str}$ , ako i zmena teploty v dôsledku tepelných strát komponentov s integrovanou vykurovacou plochou do vonkajšieho prostredia alebo do nevykurovaného priestoru,  $\Delta\theta_{emb}$ , sa stanoví na základe Tab. 3.2 pre komponenty s integrovanou vykurovacou plochou, pričom  $\Delta\theta_{emb}$  sa vypočíta ako priemer z hodnôt  $\Delta\theta_{emb,1}$  a  $\Delta\theta_{emb,2}$ :

$$\Delta\theta_{emb} = (\Delta\theta_{emb,1} + \Delta\theta_{emb,2}) \quad (K) \quad (3.6)$$

kde:

$\Delta\theta_{emb,1}$  je zmena teploty v závislosti od vyhotovenia systému (K), Tab. 3.2;

$\Delta\theta_{emb,2}$  – zmena teploty v dôsledku tepelných strát cez vykurovacie plochy (K), Tab. 3.2;

Zmena teploty v dôsledku prerušovanej prevádzky má tieto hodnoty:

- riadenie  $\Delta\theta_{im,ctr} = 0,0$  K
- vykurovací systém  $\Delta\theta_{im,emt} = - 0,2$  K

Zmena teploty v dôsledku účinku sálania v závislosti od odovzdávacieho systému,  $\Delta\theta_{rad}$ , je pre komponenty s integrovanou vykurovacou plochou v miestnosti s výškou  $\leq 4$  m rovná 0 K.

Zmena teploty v závislosti od automatizácie riadenia má tieto hodnoty:

- samostatná prevádzka  $\Delta\theta_{roomaut} = - 0,5$  K
- samostatná prevádzka s adaptívnym zapínaním a vypínaním  $\Delta\theta_{roomaut} = - 1,0$  K
- systém s adaptívnym zapínaním a vypínaním, riadiace prvky pre daný priestor sú zapojené v sieti a v interakcii s ostatnými riadiacimi prvkami  $\Delta\theta_{roomaut} = - 1,2$  K

Tabuľka 3.2. Zmena teploty pre komponenty s integrovanou vykurovacou plochou v K; výška miestnosti  $\leq 4$  m (STN EN 15316-2)

Parametre vplyvu		Zmena teploty				
		$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr,1}^a$	$\Delta\theta_{ctr,2}^b$	$\Delta\theta_{emb}$	
Regulácia teploty miestnosti	Neregulovaná, s centrálnou reguláciou teploty		2,5	2,5		
	Riadenie podľa referenčnej miestnosti		2	1,8		
	Riadenie na úrovni miestnosti (napr. 2-stupňový regulátor)		1,8	1,6		
	P-regulátor (pred 1988)		1,4	1,4		
	P-regulátor / 2-stupňový regulátor (hysteréza $\leq \pm 0,5$ K)		1,2	0,7		
	PI-regulátor		1,2	0,7		
	PI-regulátor (s funkciou optimalizácie, napríklad prítomnosť riadenia, adaptívny regulátor)		0,9	0,5		
Systém	Podlahové vykurovanie				$\Delta\theta_{emb,1}$	$\Delta\theta_{emb,2}$
	- mokrý systém	0				
	- suchý systém	0			0,7	
	- suchý systém s malým prekrytím	0			0,4	
	Stenové vykurovanie	0,4			0,2	
	Stropné vykurovanie	0,7			0,7	
	Vykurovacie systémy kombinované s núteným vetraním <sup>c</sup>	0			0,7	
Špecifické tepelné straty cez vykurovacie plochy (pozri Tab. 3.3)	Plošné vykurovanie bez minimálnej izolácie podľa STN EN 1264					1,4
	Plošné vykurovanie s minimálnou izoláciou podľa STN EN 1264					0,5
	Plošné vykurovanie so o 100 % lepšou izoláciou ako sa požaduje podľa STN EN 1264					0,1
<sup>a</sup> Použije sa $\Delta\theta_{ctr,1}$ pre výrobky bez certifikátu. <sup>b</sup> Použije sa $\Delta\theta_{ctr,2}$ pre výrobky s certifikátom. <sup>c</sup> Inštalácia vykurovacieho systému v miestnostiach s núteným vetraním ovplyvní teplotnú stratifikáciu.						

Tepelný odpor  $R_{\lambda,ins}$  izolačnej vrstvy systému vykurovania/chladenia podľa STN EN 1264-4 je špecifikovaný v Tab. 3.3. Tieto požiadavky sú platné pre kombinovaný systém vykurovania a chladenia, ale pre systémy výlučne len na chladenie sa tieto požiadavky takisto odporúčajú.

Tabuľka 3.3. Minimálny tepelný odpor tepelnoizolačnej vrstvy pod systémom vykurovania, resp. chladenia v (m<sup>2</sup>.K)/W (STN EN 1264-3)

	Susedná alebo spodná vykurovaná miestnosť	Nevykurovaná alebo prerušená vykurovaná spodná, vedľajšia miestnosť alebo miestnosť ležiaca priamo na teréne*	Teplota vonkajšieho vzduchu pod podlahou alebo vedľa		
			Vonkajšia výpočtová teplota $\varphi_d \geq 0\text{ °C}$	Vonkajšia výpočtová teplota $0\text{ °C} > \varphi_d > -5\text{ °C}$	Vonkajšia výpočtová teplota $-5\text{ °C} > \varphi_d > -15\text{ °C}$
Tepelný odpor tepelnej izolácie $R_{i,ins}$	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00
*) Ak je hladina spodnej vody $\leq 5$ m pod vrstvou podkladového betónu, hodnoty sa zvyšia.					

### 3.1.1.2 Zmena teploty pre voľné vykurovacie plochy, výška miestnosti $\leq 4$ m

Nerovnomernosť rozloženia teploty v priestore v dôsledku stratifikácie,  $\Delta\theta_{str}$ , ako i zmena teploty v dôsledku tepelných strát do vonkajšieho prostredia alebo do nevykurovaného priestoru,  $\Delta\theta_{emb}$ , sa stanoví na základe Tab. 3.4 pre voľné vykurovacie plochy, pričom  $\Delta\theta_{str}$  sa vypočíta ako priemer z hodnôt  $\Delta\theta_{str,1}$  a  $\Delta\theta_{str,2}$ :

$$\Delta\theta_{str} = (\Delta\theta_{str,1} + \Delta\theta_{str,2}) \quad (\text{K}) \quad (3.7)$$

Zmena teploty v dôsledku prerušovanej prevádzky má tieto hodnoty:

- riadenie  $\Delta\theta_{im,ctr} = 0,0\text{ K}$
- vykurovací systém  $\Delta\theta_{im,emt} = -0,3\text{ K}$

Zmena teploty v dôsledku účinku sálania v závislosti od odovzdávacieho systému,  $\Delta\theta_{rad}$ , sa pre voľné vykurovacie plochy v miestnosti s výškou  $\leq 4$  m rovná 0 K.

Zmena teploty v závislosti od automatizácie riadenia má tieto hodnoty:

- samostatná prevádzka  $\Delta\theta_{roomaut} = -0,5\text{ K}$
- samostatná prevádzka s adaptívnym zapínaním a vypínaním  $\Delta\theta_{roomaut} = -1,0\text{ K}$
- systém s adaptívnym zapínaním a vypínaním, riadiace prvky pre daný priestor sú zapojené v sieti a v interakcii s ostatnými riadiacimi prvkami  $\Delta\theta_{roomaut} = -1,2\text{ K}$

Tabuľka 3.4. Zmena teploty pre voľné vykurovacie plochy (radiátory, konvektory) v K; výška miestnosti  $\leq 4$  m (STN EN 15316-2)

Parametre vplyvu		Zmena teploty			
		$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr,1}^b$	$\Delta\theta_{ctr,2}^c$	$\Delta\theta_{emb}$
<b>Regulácia teploty miestnosti</b>	Neregulovaná, s centrálnou reguláciou teploty		2,5	2,5	
	Riadenie podľa referenčnej miestnosti		2	1,8	
	Riadenie na úrovni miestnosti (elektromechanické/elektronické)		1,8	1,6	
	P-regulátor (pred 1988)		1,4	1,4	
	P-regulátor		1,2	0,7	
	PI-regulátor		1,2	0,7	
	PI-regulátor (s funkciou optimalizácie, napríklad prítomnosť riadenia, adaptívny regulátor)		0,9	0,5	
<b>Zvýšená teplota</b> ( $\theta_i = 20$ °C)	Dvojrúrkové vykurovanie a jednorúrkové vykurovanie po renovácii <sup>d</sup> :	$\Delta\theta_{str,1}$	$\Delta\theta_{str,2}$		
	- 60 K (napr. 90/70)	1,2			
	- 42,5 K (napr. 70/55)	0,7			
	- 30 K (napr. 55/45)	0,5			
	- 20 K (napr. 45/35)	0,4			
	Jednorúrkové vykurovanie (v pôvodnom stave):				
	- 60 K (napr. 90/70)	1,6			
	- 42,5 K (napr. 70/55)	1,2			
	Vykurovacie systémy kombinované s núteným vetraním	0,2			
<b>Špecifické tepelné straty cez externé komponenty</b> (GF = sklené plochy)	Vykurovacie telesá s ventilátormi / fan coils <sup>e</sup>	0			
	Radiátor na vnútornej stene		1,3		0
	Radiátor na vonkajšej stene				
	- GF bez ochrany pred žiarením		1,7		0
	- GF s ochranou pred žiarením <sup>a</sup>		1,2		0
	- normálna vonkajšia stena		0,3		0
<sup>a</sup> Ochrana proti žiareniu izoláciou a/alebo odrazom musí zabrániť 80 % strát sálaním z vykurovacieho telesa do sklenených povrchov.					
<sup>b</sup> Použije sa $\Delta\theta_{ctr,1}$ pre výrobky bez certifikátu.					
<sup>c</sup> Použije sa $\Delta\theta_{ctr,2}$ pre výrobky s certifikátom.					
<sup>d</sup> Jednorúrkový systém sa považuje za renovovaný, ak sa prietok reguluje dynamicky v závislosti od tepelného výkonu a rozvody tepla sú tepelne izolované.					
<sup>e</sup> Inštalácia vykurovacieho systému v miestnostiach s núteným vetraním ovplyvní teplotnú stratifikáciu.					

### 3.1.2 Tepelná strata z rozvodov vykurovacieho systému

Výpočtom tepelnej straty z rozvodov vykurovania sa podrobne zaoberá STN EN 15316-3. Uvedený výpočet je založený na všeobecne platných fyzikálnych princípoch a má oporu

v technických normách. Tepelné straty pre všetky potrubia  $j$  v časovom kroku možno stanoviť takto:

$$Q_{H,dis,ls,an} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an} \quad (\text{kWh}) \quad (3.8)$$

kde:

$\Psi$  je lineárny stratový súčiniteľ ( $\text{W}/(\text{m.K})$ );

$\theta_m$  – stredná teplota teplotnosnej látky ( $^{\circ}\text{C}$ );

$\theta_i$  – teplota okolitého prostredia ( $^{\circ}\text{C}$ );

$L$  – dĺžka potrubia vykurovacieho okruhu, vrátane ekvivalentnej dĺžky pre zohľadnenie armatúr podľa Tab. 3.5 (m);

$j$  – index pre potrubia s rovnakými okrajovými podmienkami;

$t_{op,an}$  – počet vykurovacích hodín v časovom kroku (h).

Tepelnú stratu z armatúr na vykurovacom potrubí možno vo výpočte zohľadniť pomocou ekvivalentnej dĺžky. To znamená, že za každú armatúru sa k dĺžke vykurovacieho potrubia pripočíta ekvivalentná dĺžka, ktorou sa zohľadní tepelná strata cez armatúru. Ekvivalentné dĺžky pre armatúry sú v Tab. 3.5.

Tabuľka 3.5. Ekvivalentné dĺžky pre armatúry

Armatúry vrátane prírub	Ekvivalentná dĺžka (m) (priemer $d \leq 100 \text{ mm}$ )	Ekvivalentná dĺžka (m) (priemer $> 100 \text{ mm}$ )
Bez tepelnej izolácie	4	6
S tepelnou izoláciou	1,5	2,5

### 3.1.2.1 Minimálna hrúbka tepelnej izolácie rozvodov tepla a teplej vody

Minimálna hrúbka tepelnej izolácie rozvodov tepla a teplej vody v budovách pre izolačný materiál s tepelnou vodivosťou  $0,035 \text{ W}/(\text{m.K})$  pri teplote  $0^{\circ}\text{C}$  podľa vyhlášky MH SR č. 14/2016 Z. z. je uvedená v Tab. 3.6.

Tabuľka 3.6. Minimálna hrúbka tepelnej izolácie rozvodov tepla a teplej vody v budovách,  $\lambda = 0,035 \text{ W/(m.K)}$ , teplota vzduchu  $0^\circ\text{C}$  (vyhláška MH SR č. 14/2016 Z. z.)

P. č.	Vnútorňý priemer potrubia alebo armatúry	Minimálna hrúbka izolácie
1	do 22 mm	20 mm
2	od 23 mm do 35 mm	30 mm
3	od 35 mm do 100 mm	rovnaká ako vnútorňý priemer potrubia
4	nad 100 mm	100 mm

Pre rozdeľovače a zberače tepla, v miestach križovania potrubí, v miestach spájania potrubí a pre potrubia a armatúry inštalované v prestupoch stien a stropov sa môže minimálna hrúbka izolácie znížiť o 50 % hodnoty hrúbky izolácie uvedenej v príslušnom riadku tabuľky. Uvedené hodnoty sú navrhnuté pre rozvody tepla a teplej vody s oceľovými rúrkami. V prípade použitia iných materiálov rozvodov tepla a teplej vody sa minimálna hrúbka izolácie vypočíta podľa prílohy č. 2 k vyhláške MH SR č. 14/2016 Z. z.

### 3.1.2.2 Výpočet lineárneho súčiniteľa prechodu tepla

Podrobnosti o výpočte lineárneho súčiniteľa prechodu tepla sú v STN EN ISO 12241. Lineárny súčiniteľ prechodu tepla izolovaných potrubí zavesených vo vzduchu s celkovým súčiniteľom prestupu tepla, ktorý zahŕňa prúdenie a sálanie na vonkajšom povrchu, sa určí:

$$\Psi = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2\lambda_D} \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a \cdot d_a}\right)} \quad (\text{W/(m.K)}) \quad (3.9)$$

kde:

$d_i, d_a$  sú vnútorňý priemer (bez tepelnej izolácie) a vonkajší priemer potrubia (s tepelnou izoláciou) (m);

$h_a$  – celkový súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšom povrchu (prúdením a sálaním) ( $\text{W/(m}^2\text{.K)}$ ); preddefinované hodnoty súčiniteľa sú  $h_a = 8 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$  pre izolované potrubia a  $h_a = 14 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$  pre neizolované potrubia;

$\lambda_D$  – tepelná vodivosť tepelnej izolácie ( $\text{W/(m.K)}$ ).

Pre potrubia zapustené do podkladu sa lineárny súčiniteľ prechodu tepla určí takto:

$$\Psi = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left( \frac{1}{\lambda_D} \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_E} \ln \frac{4z}{d_a} \right)} \quad (\text{W/(m.K)}) \quad (3.10)$$

kde:

$d_i, d_a$  sú vnútorný priemer (bez tepelnej izolácie) a vonkajší priemer potrubia (s tepelnou izoláciou) (m);

$\lambda_E$  – tepelná vodivosť okolitého výplňového materiálu (W/(m.K));

$\lambda_D$  – tepelná vodivosť tepelnej izolácie (W/(m.K));

$z$  – hĺbka potrubia pod povrchom (m).

### 3.1.2.3 Výpočet teploty prívodnej a vratnej vody

V prípade systémov odovzdávania tepla do vnútorného prostredia s konštantným prietokom a reguláciou teploty prívodnej vody v závislosti od vonkajšej teploty možno teplotu prívodnej vody  $\theta_s$  a teplotu vratnej vody  $\theta_r$  vypočítať takto:

$$\theta_s = (\theta_{s,des} - \theta_i) \cdot \beta_{dis}^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad (^\circ\text{C}) \quad (3.11)$$

resp.

$$\theta_r = (\theta_{r,des} - \theta_i) \cdot \beta_{dis}^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad (^\circ\text{C}) \quad (3.12)$$

kde:

$\beta_{dis}$  je priemerné čiastočné zaťaženie rozvodu v zóne;

$n$  – teplotný exponent systému odovzdávania tepla do vnútorného prostredia. Preddefinované hodnoty exponentu sú  $n = 1,33$  pre vykurovacie telesá a  $n = 1,1$  pre podlahové vykurovacie systémy;

$\theta_{s,des}$  – projektovaná teplota prívodnej vody ( $^\circ\text{C}$ );

$\theta_{r,des}$  – projektovaná teplota vratnej vody ( $^\circ\text{C}$ );

$\theta_i$  – teplota okolitého vzduchu ( $^\circ\text{C}$ ).

### 3.1.3 Vlastná spotreba energie systému rozvodu tepla – zjednodušená metóda

Vlastná spotreba energie zahŕňa najmä elektrickú energiu potrebnú na pohon obehových čerpadiel. Uvádzame zjednodušenú výpočtovú metódu, pre ktorú sa zadefinovali niektoré predpoklady pre najdôležitejšie prípady. Ročná vlastná spotreba energie obehových čerpadiel pre vodné vykurovacie systémy sa vypočíta takto:

$$W_{H,dis,aux,an} = W_{H,dis,hydr,an} \cdot e_{dis} \quad (\text{kWh}) \quad (3.13)$$

kde:

$W_{H,dis,hydr,an}$  je potreba hydraulickej energie (kWh);

$e_{dis}$  – systémový výkonový faktor (-).

### 3.1.3.1 Potreba hydraulickej energie

V zjednodušenej výpočtovej metóde možno potrebu hydraulickej energie vyjadriť takto:

$$W_{H,dis,hydr,an} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot \beta_{dis} \cdot t_{op,an} \cdot f_{NET} \cdot f_{HB} \cdot f_{G,PM} \quad (\text{kWh}) \quad (3.14)$$

kde:

$P_{hydr,des}$  je výkon čerpadla v pracovnom bode (W);

$\beta_{dis}$  – priemerné čiastočné zaťaženie rozvodu (-);

$t_{op,an}$  – počet vykurovacích hodín za rok (h/rok);

$f_{NET}$  – korekčný faktor pre hydraulické siete (-);

$f_{HB}$  – korekčný faktor pre hydraulické vyváženie (-);

$f_{G,PM}$  – korekčný faktor pre zariadenia na výrobu tepla s integrovanou reguláciou čerpadiel, (-).

Na výpočet potreby hydraulickej energie je najskôr potrebné určiť výkon čerpadla v pracovnom bode. Výkon čerpadla sa určí takto:

$$P_{hydr,des} = 0,2778 \cdot \Delta p_{des} \cdot V_{des} \quad (\text{W}) \quad (3.15)$$

kde:

$V_{des}$  je prietok v pracovnom bode ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$\Delta p_{des}$  – tlakový spád (dispozičný tlak čerpadla) v pracovnom bode (kPa).

Tlakový spád v pracovnom bode sa zjednodušene vypočíta so zohľadnením určeného merného tlakového spádu vykurovacieho okruhu (100 Pa/m) a so zohľadnením prídavného tlakového spádu na vradené odpory 30 Pa/m takto:



$$\Delta p_{\text{des}} = 0,13 \cdot L_{\text{max}} + 2 + \Delta p_{\text{FH}} + \Delta p_{\text{G}} \quad (\text{kPa}) \quad (3.16)$$

kde:

$L_{\text{max}}$  je maximálna dĺžka potrubia vykurovacieho okruhu (m);

$\Delta p_{\text{FH}}$  – prídavný tlakový spád podlahových vykurovacích systémov (kPa);

$\Delta p_{\text{G}}$  – tlakový spád zariadenia na výrobu tepla (kPa).

Ak nie je maximálna dĺžka vykurovacieho okruhu v zóne známa z projektovej dokumentácie, možno ju približne vypočítať z vonkajších rozmerov zóny:

$$L_{\text{max}} = 2 \cdot (L_{\text{L}} + \frac{L_{\text{W}}}{2} + N_{\text{lev}} \cdot h_{\text{lev}} + l_{\text{c}}) \quad (\text{m}) \quad (3.17)$$

kde:

$L_{\text{L}}$  je dĺžka zóny (m);

$L_{\text{W}}$  – šírka zóny (m);

$N_{\text{lev}}$  – počet vykurovaných podlaží v zóne (-);

$h_{\text{lev}}$  – konštrukčná výška podlažia v zóne (m);

$l_{\text{c}}$  – dĺžka pripájacích potrubí od stúpacích potrubí k vykurovacím telesám, 10 m pre dvojúrovňové vykurovacie systémy, alebo  $L_{\text{L}} + L_{\text{W}}$  pre jednorúrovňové vykurovacie systémy.

Ak nie sú k dispozícii údaje o hodnotách  $\Delta p_{\text{FH}}$  a  $\Delta p_{\text{G}}$ , použijú sa preddefinované hodnoty:

$\Delta p_{\text{FH}}$  je 25 kPa vrátane uzatváracích armatúr a rozdeľovačov;

$\Delta p_{\text{G}}$  je uvedený v Tab. 3.7.

Tabuľka 3.7. Tlakové straty zariadení na výrobu tepla (STN EN 15361-3)

Typ zariadenia na výrobu tepla		$\Delta p_{\text{G}}$ (kPa)
Zariadenie na výrobu tepla s vodným objemom > 0,15 l/kW		1
Zariadenie na výrobu tepla s vodným objemom ≤ 0,15 l/kW	$\Phi_{\text{H,em,out,max}} < 35 \text{ kW}$	$20 \cdot (V_{\text{des}})^2$
	$\Phi_{\text{H,em,out,max}} \geq 35 \text{ kW}$	80

kde:

$\Phi_{H,em,out,max}$  je maximálny tepelný výkon (kW);

$V_{des}$  – objemový prietok ( $m^3/h$ ).

Prietok sa vypočíta z tepelného príkonu zóny  $\Phi_{H,em,out}$  (projektovaný tepelný príkon podľa STN EN 12831-1) a z projektovaného teplotného spádu  $\Delta\vartheta_{dis,des}$  vykurovacieho systému:

$$V_{des} = \frac{3600 \cdot \Phi_{H,em,out}}{c \cdot \rho \cdot \Delta\vartheta_{dis,des}} \quad (m^3/h) \quad (3.18)$$

kde:

$\Phi_{H,em,out}$  je projektovaný tepelný príkon podľa STN EN 12831-1 (kW);

$c$  – merná tepelná kapacita vykurovacej látky (kJ/(kg.K));

$\rho$  – hustota vykurovacej látky (kg/m<sup>3</sup>);

$\Delta\vartheta_{dis,des}$  – projektovaný teplotný spád (K).

Priemerné čiastočné zaťaženie rozvodu sa určí podľa rovnice:

$$\beta_{dis} = \frac{Q_{H,dis,out}}{\Phi_{em} \cdot t_{op}} \quad (-) \quad (3.19)$$

kde:

$Q_{H,dis,out}$  je tepelný výstup zo systému distribúcie (kWh);

$\Phi_{em}$  – menovitý výkon inštalovaných vykurovacích telies v príslušnej zóne alebo projektovaný tepelný príkon vo fáze navrhovania (kW);

$t_{op}$  – počet vykurovacích hodín zóny pre príslušnú zónu pre výpočtový interval.

#### **Korekčný faktor pre hydraulické siete $f_{NET}$**

$f_{NET} = 1$  pre dvojrúrovňové vykurovacie systémy;

$f_{NET} = 8,6 \cdot k_{by} + 0,7$  pre jednorúrovňové vykurovacie systémy, kde  $k_{by}$  je pomer medzi prietokom cez vykurovacie teleso a prietokom cez okruh (pomer zatekania) (-).

#### **Korekčný faktor pre hydraulické vyváženie $f_{HB}$**

$f_{HB} = 1$  pre hydraulicky vyvážené vykurovacie systémy;

$f_{HB} = 1,15$  pre hydraulicky nevyvážené vykurovacie systémy.

### Korekčný faktor pre zariadenia na výrobu tepla s integrovanou reguláciou čerpadiel

$f_{G,PM}$

$f_{G,PM} = 1$  pre štandardné zariadenie na výrobu tepla regulované podľa vonkajšej teploty (OTC);

$f_{G,PM} = 0,75$  pre zariadenia na výrobu tepla inštalované na stene regulované podľa vonkajšej teploty (OTC);

$f_{G,PM} = 0,45$  pre zariadenia na výrobu tepla inštalované na stene regulované podľa teploty v priestore.

#### 3.1.3.2 Systémový výkonový faktor

Pre zjednodušenú metódu sa hodnota systémového výkonového faktora vypočíta nasledovne:

$$e_{dis} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{dis}^{-1}) \quad (-) \quad (3.20)$$

kde:

$C_{P1}$ ,  $C_{P2}$  sú konštanty podľa Tab. 3.8;

$\beta_{dis}$  je priemerné čiastočné zaťaženie rozvodu (-);

$f_e$  – faktor účinnosti podľa rovníc  $f_e = \frac{P_{el,pmp}}{P_{hydr,des}}$ , kde  $P_{hydr,des}$  sa uvedie vo W. Pre

existujúce inštalácie možno použiť hodnotu menovitého príkonu čerpadla, ktorá sa uvádza na štítku ako  $P_{el,pmp}$ . Pri čerpadlách bez regulácie s viacerými stupňami otáčok sa  $P_{el,pmp}$  má určiť podľa stupňa otáčok, na ktorom je čerpadlo v prevádzke. Ak hodnota  $P_{el,pmp}$  nie je dostupná, potom  $f_e = (1,25 + (\frac{200}{P_{hydr,des}})^{0,5}) \cdot 1,5 \cdot b$ , kde  $b = 1$  pre nové budovy a  $b = 2$  pre existujúce budovy.

Tabuľka 3.8. Hodnoty konštánt  $C_{P1}$ ,  $C_{P2}$  na výpočet systémového výkonového faktora pre prevádzku obehového čerpadla (zjednodušená výpočtová metóda) (STN EN 15316-3)

Regulácia čerpadla	$C_{P1}$	$C_{P2}$
Čerpadlo bez regulácie	0,25	0,75
$\Delta p_{const}$	0,75	0,25
$\Delta p_{vari}$	0,90	0,10

### 3.1.4 Spätne získateľná časť vlastnej spotreby energie

Čerpadlá, ktoré sú v prevádzke sústav vykurovania, premieňajú časť vlastnej potreby energie na tepelnú energiu. Jej jedna časť sa v podsystéme rozvodu tepla spätne získava ako teplo, ktoré sa dodáva do teplonosnej látky. Ďalšia časť tepelnej energie je spätne získateľná pre vykurovanie, pretože toto teplo ohrieva okolitý vzduch. Spätne získateľná časť vlastnej spotreby energie sa vypočíta takto:

$$Q_{H,dis,aux,rvd} = f_{aux,rbl} \cdot W_{H,dis,aux,an} \quad (\text{kWh}) \quad (3.21)$$

kde:

$f_{aux,rbl}$  je faktor spätne získateľnej časti vlastnej spotreby energie. Môže mať hodnoty 0,75 pre čerpadlo bez tepelnej izolácie, alebo 0,90 pre čerpadlo s tepelnou izoláciou;

$W_{H,dis,aux,an}$  – ročná vlastná spotreba energie obehových čerpadiel (kWh).

### 3.1.5 Tepelná strata z výroby tepla

V prípade, ak je zdrojom tepla kotol, možno tepelnú stratu z výroby tepla vyjadriť takto:

$$Q_{H,g} = \frac{(1-\eta)}{\eta} (Q_H + Q_{em,ls} + Q_{H,dis,ls,an}) \quad (\text{kWh/rok}) \quad (3.22)$$

kde:

$\eta$  je účinnosť zdroja tepla (-);

$Q_H$  – potreba tepla na vykurovanie (kWh);

$Q_{em,ls}$  – straty z odovzdávania tepla (kWh);

$Q_{H,dis,ls,an}$  – straty z rozvodu tepla (kWh).

V prípade, ak sa teplo odovzdáva z centrálného zdroja cez odovzdávaciu stanicu tepla, možno vypočítať tepelnú energiu požadovanú na výrobu tepla s použitím účinnosti v Tab. 3.9, uvedenej ako „Ukazovateľ energetickej účinnosti odovzdávacej stanice tepla“.

Tabuľka 3.9. Ukazovatele energetickej účinnosti odovzdávacích staníc tepla podľa druhu teplotného média (vyhláška ÚRSO č. 59/2008 Z. z.)

Teplotnosné médium	Ukazovateľ energetickej účinnosti odovzdávacej stanice tepla (-)
Para/teplá voda	0,97
Teplá voda/teplá vody	0,99
Horúca voda/teplá voda	0,985
Para/horúca voda	0,96

Ak nie sú dostupné bližšie informácie o účinnosti zdroja tepla, možno použiť na výpočet tepelnej energie požadovanej na výrobu tepla hodnoty z Tab. 3.10, zo stĺpca „Faktor transformácie a distribúcie energie.“ Ďalšie informácie o účinnosti kotlov v závislosti od energetického nosiča a od výkonu možno nájsť vo vyhláške ÚRSO č. 59/2008 Z. z.

Tabuľka 3.10. Transformačné a prepočítavacie faktory účinnosti výroby a distribúcie tepla, emisií oxidu uhličitého, primárnej energie a hodnoty výhrevnosti palív podľa vyhlášky MDVRR SR č. 324/2016 Z. z.

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Merná jednotka (m.j.)	Výhrevnosť kWh/m.j.	Faktor		
				transformácie a distribúcie energie	emisie CO <sub>2</sub> K kg/kWh	primárnej energie $f_p$
Zemný plyn	štandardný kotol-starý	m <sup>3</sup>	9,59	0,83 – 0,89	0,220	1,1
	štandardný kotol-nový	m <sup>3</sup>	9,59	0,89 – 0,90	0,220	1,1
	nízkoteplotný kotol	m <sup>3</sup>	9,59	0,90 – 0,93	0,220	1,1
	kondenzačný kotol	m <sup>3</sup>	9,59	0,97 – 1,05	0,220	1,1
	kombinovaná výroba	m <sup>3</sup>	9,59	0,85	0,220	1,1
LPG	štandardný kotol – nový	kg	12,788	0,89 – 0,90	0,2484	1,35
	nízkoteplotný kotol	kg	12,788	0,90 – 0,93	0,2484	1,35
	kondenzačný kotol	kg	12,788	0,97 – 1,05	0,2484	1,35
Koks čiernouhoľný	kotol na tuhé palivo	kg	7,79	0,72 – 0,75	0,360	1,1
Čierne uhlie	kotol na tuhé palivo	kg	6,99	0,69 – 0,78	0,360	1,1
Hnedé uhlie triedené	kotol na tuhé palivo	kg	4,31	0,65 – 0,75	0,360	1,1
Ľahký vykurovací olej	štandardný kotol – starý	kg	11,67	0,82	0,290	1,1
	štandardný kotol – nový	kg	11,67	0,85	0,290	1,1
	nízkoteplotný kotol – starý	kg	11,67	0,87	0,290	1,1
	nízkoteplotný kotol – nový	kg	11,67	0,91	0,290	1,1
Drevené peletky	kotol na biomasu	kg	4,72	0,86	0,020	0,20
Drevná štiepka	kotol na biomasu	kg	3,19	0,78	0,020	0,15
Kusové drevo	kotol na biomasu	kg	3,19	0,7	0,020	0,10
Kusové drevo	kotol na biomasu so splynovaním	kg	3,19	0,83	0,020	0,10
Zemný plyn	diaľkové vykurovanie	kWh		0,84	0,220	1,3
Čierne uhlie	diaľkové vykurovanie	kWh		0,80	0,360	1,3

Pokračovanie Tabuľky 3.10.

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Merná jednotka (m.j.)	Výhrevnosť kWh/m.j.	Faktor		
				transformácie a distribúcie energie	emisie CO <sub>2</sub> K kg/kWh	primárnej energie $f_p$
Hnedé uhlie	diaľkové vykurovanie	kWh		0,65 – 0,70	0,360	1,3
Drevná štiepka	diaľkové vykurovanie	kWh		0,72 – 0,80	0,020	1,3
Ťažký vykurovací olej	diaľkové vykurovanie	kWh		0,80	0,330	1,3
Zemný plyn	diaľkové vykurovanie – kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh		0,80 – 0,84	0,220	0,7
Hnedé uhlie	diaľkové vykurovanie – kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh		0,60 – 0,70	0,360	0,7
Čierne uhlie	diaľkové vykurovanie – kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh		0,65 – 0,75	0,360	0,7
Jadrová energia	diaľkové vykurovanie – kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh		0,88	0,016	0,7
Zemný plyn	plynové tep. čerpadlo vzduch-voda, nízкотеплотné vykurovanie	m <sup>3</sup>	9,59	1,5	0,220	1,1
	plynové tep. čerpadlo vzduch-voda, radiátorové vykurovanie	m <sup>3</sup>	9,59	1,4	0,220	1,1
Elektrina	elektrické vykurovanie, chladenie	kWh		0,99	0,167	2,2
	elektrický ohrev pitnej vody	kWh		0,99	0,167	2,2
	tep. čerpadlo vzduch-voda, radiátorové vykurovanie	kWh		2,6	0,167	2,2
	tep. čerpadlo vzduch-voda, nízкотеплотné vykurovanie	kWh		2,9	0,167	2,2
	tep. čerpadlo vzduch-vzduch (vzduch sa ohrieva do 35 °C)	kWh		2,9	0,167	2,2
	tep. čerpadlo zem-voda, radiátorové vykurovanie	kWh		2,9	0,167	2,2
	tep. čerpadlo zem-voda, nízкотеплотné vykurovanie	kWh		3,4	0,167	2,2
	tep. čerpadlo voda-voda, radiátorové vykurovanie	kWh		3,4	0,167	2,2
	tep. čerpadlo voda-voda, nízкотеплотné vykurovanie	kWh		3,9	0,167	2,2
	tep. čerpadlo voda od 18 °C-voda, radiátorové vykurovanie	kWh		4,0	0,167	2,2
	tep. čerpadlo voda od 18 °C-voda, nízкотеплотné vykurovanie	kWh		4,4	0,167	2,2
	fotovoltaika	kWh		1,00	0,00	0,0

### 3.1.6 Potreba energie na vykurovanie

Potreba energie na vykurovanie sa určí výpočtom potreby tepla na vykurovanie a pripočítaním strát z podsystémov vykurovacieho systému:

$$Q_{VYK} = Q_H + Q_{em,ls} + Q_{H,dis,ls,an} + W_{H,dis,aux,an} + Q_{s,ls} + Q_{g,ls} \quad (\text{kWh}) \quad (3.23)$$

kde:

- $Q_H$  je potreba tepla na vykurovanie (kWh). Táto sa vypočítala v predošlej kapitole;
- $Q_{em,ls}$  – tepelná strata systému odovzdávania tepla (kWh);
- $Q_{H,dis,ls,an}$  – tepelná strata z rozvodov vykurovacieho systému (kWh);
- $W_{H,dis,aux,an}$  – vlastná spotreba energie systému rozvodu tepla (kWh);
- $Q_{s,ls}$  – tepelná strata z akumulácie tepla (kWh). Pri výpočte sa postupuje rovnako, ako v prípade prípravy TV (pozri 4.1.4).
- $Q_{g,ls}$  – tepelná strata z výroby tepla (kWh).

## 3.2 PRÍKLAD

### 3.2.1 Tepelná strata systému odovzdávania tepla

Tepelné straty systému odovzdávania tepla sa vypočítajú takto:

$$Q_{em,ls} = Q_H \cdot \left( \frac{\Delta\theta_{int,inc}}{\theta_{int,inc} - \theta_{e,comb}} \right) = 447\,539 \cdot \left( \frac{1,85}{(20 + 1,85) - 3,86} \right) = 46\,023 \text{ kWh}$$

kde:

- $Q_H$  – potreba tepla na vykurovanie,  $Q_H = 447\,539 \text{ kWh}$ ;
- $\Delta\theta_{int,inc}$  – zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania (K);
- $\theta_{e,comb}$  – v prípade vykurovania je táto hodnota rovná priemeru vonkajšej teploty vzduchu počas uvažovaného obdobia (°C). V prípade normalizovaného hodnotenia sa uvažuje s hodnotou  $\theta_{e,comb} = 3,86 \text{ °C}$  (STN 73 0540-3). V prípade energetického auditu treba uvažovať s hodnotou čo najbližšie k realite.

Zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania:

$$\theta_{int,inc} = \theta_{int,ini} + \Delta\theta_{int,inc} = 20 + 1,85 = 21,85 \text{ °C}$$

kde:

- $\theta_{int,ini}$  – počiatočná teplota vzduchu v priestore,  $\theta_{int,ini} = 20 \text{ °C}$ ;
- $\Delta\theta_{int,inc}$  – zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania (K).

Zvýšenie vnútornej teploty v dôsledku tepelnej straty systému odovzdávania zohľadňuje vplyv hydraulického vyregulovania, typ a vyhotovenie odovzdávacieho systému a spôsob regulácie:

$$\Delta\theta_{\text{int,inc}} = \Delta\theta_{\text{hyd}} + \Delta\theta_{\text{emt,sys}} + \Delta\theta_{\text{ctr,sys}} = 0,2 + 0,45 + 1,2 = 1,85 \text{ K}$$

kde:

$\Delta\theta_{\text{hyd}}$  – zmena teploty v závislosti od hydraulického vyregulovania,  $\Delta\theta_{\text{hyd}} = 0,2 \text{ K}$  (Tab. 3.1);

$\Delta\theta_{\text{emt,sys}}$  – zmena teploty v závislosti od odovzdávacieho systému (K);

$\Delta\theta_{\text{ctr,sys}}$  – zmena teploty v závislosti od spôsobu regulácie (K).

$$\Delta\theta_{\text{emt,sys}} = \Delta\theta_{\text{str}} + \Delta\theta_{\text{emb}} + \Delta\theta_{\text{rad}} + \Delta\theta_{\text{im,emt}} = 0,75 - 0,3 = 0,45 \text{ K}$$

kde:

$\Delta\theta_{\text{str}}$  – nerovnomernosť rozloženia teploty v priestore v dôsledku stratifikácie (K),

$$\Delta\theta_{\text{str}} = \frac{\Delta\theta_{\text{str},1} + \Delta\theta_{\text{str},2}}{2} = \frac{1,2 + 0,3}{2} = 0,75 \text{ K podľa Tab. 3.4;}$$

$\Delta\theta_{\text{str},1}$  – zmena teploty vplyvom nerovnomernosti rozloženia teploty pre teplotný spád 90/70 a dvojručný vykurovací systém,  $\theta_{\text{str},1} = 1,2$ ;

$\Delta\theta_{\text{str},2}$  – zmena teploty vplyvom špecifických tepelných strát cez externé komponenty, radiátor umiestnený na normálnej vonkajšej stene,  $\theta_{\text{str},2} = 0,3$ ;

$\Delta\theta_{\text{emb}}$  – zmena teploty v dôsledku tepelných strát komponentov s integrovanou vykurovacou plochou do vonkajšieho prostredia alebo do nevykurovaného priestoru,  $\Delta\theta_{\text{emb}} = 0 \text{ K}$ ;

$\Delta\theta_{\text{rad}}$  – zmena teploty v dôsledku účinku sálania v závislosti od odovzdávacieho systému,  $\Delta\theta_{\text{rad}} = 0 \text{ K}$  pre voľné vykurovacie plochy v miestnosti s výškou  $\leq 4 \text{ m}$ ;

$\Delta\theta_{\text{im,emt}}$  – zmena teploty v dôsledku prerušovanej prevádzky vykurovacieho systému,  $\Delta\theta_{\text{im,emt}} = -0,3 \text{ K}$ .

Zmena teploty v závislosti od spôsobu regulácie:

$$\Delta\theta_{\text{ctr,sys}} = \Delta\theta_{\text{ctr}} + \Delta\theta_{\text{im,ctr}} + \Delta\theta_{\text{roomaut}} = 1,2 + 0 + 0 = 1,2 \text{ K}$$



kde:

$\Delta\theta_{\text{ctr}}$  – zmena teploty v závislosti od spôsobu regulácie,  $\Delta\theta_{\text{ctr}} = 1,2$  K pre P-regulátor (termostatická hlavica) podľa Tab. 3.4;

$\Delta\theta_{\text{im,ctr}}$  – zmena teploty v dôsledku prerušovanej prevádzky riadiaceho systému,  $\Delta\theta_{\text{im,ctr}} = 0$  K;

$\Delta\theta_{\text{roomaut}}$  – zmena teploty v závislosti od samostatnej prevádzky (stand alone) alebo prevádzky v sieti / automatizácie riadenia. Uvažuje sa s  $\Delta\theta_{\text{roomaut}} = 0$  K, pretože v priestore sa neuvažuje s automatizáciou prevádzky. Vplyv automatickej regulácie pomocou P-regulátora je započítaný v  $\Delta\theta_{\text{ctr}}$ .

### 3.2.2 Tepelná strata z rozvodov vykurovacieho systému

Na úvod je potrebné vypočítať teplotu prívodnej a vratnej vody. Pri výpočte sa uvažovalo s nasledujúcimi hodnotami:

$\beta_{\text{dis}}$  – priemerné čiastočné zaťaženie rozvodu v zóne = 0,42;

$n$  – teplotný exponent systému odovzdávania tepla do vnútorného prostredia, pre vykurovacie telesá je  $n = 1,33$ ;

$\theta_{\text{s,des}}$  – projektovaná teplota prívodnej vody,  $\theta_{\text{s,des}} = 90$  °C;

$\theta_{\text{r,des}}$  – projektovaná teplota vratnej vody,  $\theta_{\text{r,des}} = 70$  °C;

$\theta_i$  – teplota vzduchu v priestore; stúpacie potrubia prechádzajú bytmi, preto prevládajúca teplota vzduchu v okolí rozvodov  $\theta_i = 20$  °C.

Výpočet priemerného čiastočného zaťaženia rozvodu v zóne je takýto:

$$\beta_{\text{dis}} = \frac{Q_{\text{H,dis,out}}}{\Phi_{\text{em}} \cdot t_{\text{op}}} = \frac{493\,562}{228,6 \cdot 5088} = 0,42$$

Vo výpočte  $\beta_{\text{dis}}$  sa uvažovalo s týmito hodnotami:

$Q_{\text{H,dis,out}}$  – tepelný výstup zo systému distribúcie = 447 539 + 46 023 = 493 562 kWh;

$\Phi_{\text{em}}$  – projektovaný tepelný príkon vo fáze navrhovania = 228,6 kW;

$t_{\text{op}}$  – počet vykurovacích hodín = 5088 hod;

Teplota prírodnej vody  $\theta_s$ :

$$\theta_s = (\theta_{s,des} - \theta_i) \cdot \beta_{dis}^{\frac{1}{n}} + \theta_i = (90 - 20) \cdot 0,42^{\frac{1}{1,33}} + 20 = 56,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplota vratnej vody  $\theta_r$ :

$$\theta_r = (\theta_{r,des} - \theta_i) \cdot \beta_{dis}^{\frac{1}{n}} + \theta_i = (70 - 20) \cdot 0,42^{\frac{1}{1,33}} + 20 = 46,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

V nasledujúcich výpočtoch sa uvažuje s priemernou teplotou vykurovacej vody  $\theta_m$ :


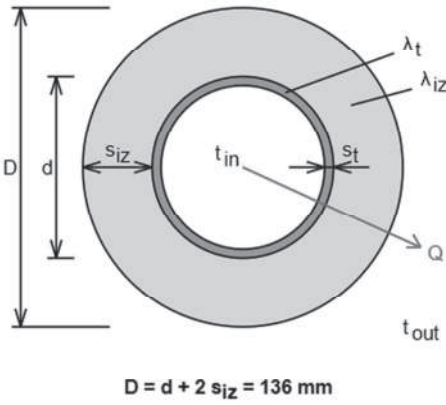
$$\theta_m = \frac{\theta_s + \theta_r}{2} = \frac{56,5 + 46,1}{2} = 51,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Pri výpočte tepelnej straty z rozvodu vykurovania sa vychádzalo z týchto údajov:

- ležaté aj vratné potrubie je z bezšvových oceľových zváraných rúr svetlosti DN 50. Súčiniteľ tepelnej vodivosti oceľovej rúry je  $\lambda = 50 \text{ W/(m.K)}$ . Teplota okolitého vzduchu sa uvažuje  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;
- ležaté potrubia sú izolované minerálnou vlnou hrúbky 30 mm, ktorá je čiastočne poškodená a zdegenerovaná. Uvažuje sa preto so súčiniteľom tepelnej vodivosti minerálnej vlny  $\lambda = 0,07 \text{ W/(m.K)}$ .
- stúpacie prírodné aj vratné potrubie je z bezšvových oceľových zváraných rúr; tieto potrubia prechádzajú bytmi a prispievajú k vykurovaniu obytných priestorov, preto sa tepelná strata z týchto potrubí považuje za spätné získateľnú tepelnú stratu.

Na Obr. 3.1 je uvedený príklad výpočtu tepelnej straty stúpacieho prírodného a vratného potrubia. Tepelná strata distribučného systému sa vypočítala pomocou programu na nasledujúcej internetovej stránke:

<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubu-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>

<b>Izolace</b> -- Vlastní hodnoty -- Rozměry izolace Tloušťka $s_{iz} = 30$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.07$ W / m K <b>Trubka</b> Ocelové trubky bezešvé Rozměry trubky - DN 65 (2 1/2") Průměr $d = 76$ mm Tloušťka stěny $s_t = 3.2$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 50$ W / m K	 Rozsah provozních teplot: není uveden
	<b>Potrubí</b> Teplota média $t_{in} = 51,3$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 10$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % 222 Teplota rosného bodu $t_w = 3.8$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m <sup>2</sup> K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 10 - DN 15 => $U_{0,193/2007} = 0.15$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	$U_0 = 0.642 \leq 0.15$ W / m K => NEVYHOVUJE (přibližná tl. izolace = 668.1 mm)

Obr. 3.1. Tepelná strata ležatého přívodného potrubí vykurovania vedeného na prízemí

Pri výpočte tepelnej straty z rozvodu sa použili tieto vstupné údaje:

- $\Psi$  – lineárny stratový súčiniteľ zodpovedá hodnote  $U_0$  na Obr. 3.1 v obdĺžniku. Hodnoty použité vo výpočte sú v Tab. 3.11;
- $\theta_m$  – stredná teplota teplonosnej látky zodpovedá hodnote  $t_{in}$  na Obr. 3.1. Použila sa vypočítaná priemerná hodnota  $\theta_m = 51,3$  °C;
- $\theta_l$  – teplota okolitého prostredia zodpovedá hodnote  $t_{out}$  na Obr. 3.1. Pre ležaté potrubia na prízemí sa uvažuje  $\theta_l = 10$  °C;
- $L$  – dĺžka rozvodov. Hodnoty použité vo výpočte sú v Tab. 3.11;
- $t_{op,an}$  – počet vykurovacích hodín za rok  $t_{op,an} = 212 \cdot 24 = 5088$  hod;

V Tab. 3.11 sú vlastnosti rozvodov vykurovania na nevykurovanom 1.NP, na základe ktorých sa vypočítala tepelná strata. Tepelná strata z rozvodov prechádzajúcich bytmi prispieva k vykurovaniu obytných priestorov, preto sa s ňou vo výpočte neuvažovalo.

Tabuľka 3.11. Vlastnosti rozvodov vykurovania na nevykurovanom prízemí

DN potrubia (mm)	Lineárny stratový súčiniteľ $\Psi$ (W/(m.K))	Dĺžka rozvodu $L$ (m)	Teplota okolitého prostredia $\theta_i$ (°C)
65	0,642	14	10
50	0,524	20	10
40	0,445	88	10
32	0,403	54	10

Výpočet tepelnej straty z rozvodov vykurovania:

$$\begin{aligned}
 Q_{H,dis,ls,an} &= \sum_j \Psi_{L,j} \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an} \\
 &= (0,642 \cdot (51,3 - 10) \cdot 14 + 0,524 \cdot (51,3 - 10) \cdot 20 \\
 &\quad + 0,445 \cdot (51,3 - 10) \cdot 88 + 0,403 \cdot (51,3 - 10) \cdot 54) \cdot 5088/1000 \\
 &= 16\,893 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

### 3.2.3 Vlastná spotreba energie systému rozvodu tepla

Ročná vlastná spotreba energie obehových čerpadiel pre vykurovací systém sa vypočítala podľa zjednodušenej metódy. Vo výpočte potreby hydraulickej energie sa použili tieto hodnoty:

$P_{hydr,des}$  – vypočítaný návrhový hydraulický výkon čerpadla v pracovnom bode je 133 W;

$\beta_{dis}$  – priemerná časť straty na distribúciu sa vypočíta takto:

$$\beta_{dis} = \frac{Q_{H,dis,out}}{\Phi_{em} \cdot t_{op}} = \frac{493\,562}{228,6 \cdot 5\,088} = 0,42$$

$t_{op,an}$  – počet vykurovacích hodín za rok (hod) =  $212 \cdot 24 = 5088$  hod

$f_{NET}$  – korekčný faktor hydraulickej sústavy, pre dvojrúrovňové vykurovacie systémy má hodnotu 1,0;

$f_{HB}$  – korekčný faktor hydraulického vyregulovania sústavy (-), pre hydraulicky vyregulovaný systém má hodnotu 1,0;

$f_{G,PM}$  – korekčný faktor pre zdroje tepla s integrovanou reguláciou čerpadiel (-), pre zdroj tepla s reguláciou podľa vonkajšej teploty má hodnotu 1,0. Vzhľadom na to, že v budove sa uplatňuje regulácia podľa vonkajšej teploty, uvažujeme  $f_{G,PM} = 1$ .

Potreba hydraulickej energie sa vypočítala takto:

$$W_{H,dis,hydr,an} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot \beta_{dis} \cdot t_{op,an} \cdot f_{NET} \cdot f_{HB} \cdot f_{G,PM} = \frac{133}{1000} \cdot 0,42 \cdot 5088 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ = 284 \text{ kWh/rok}$$

Návrhový hydraulický výkon čerpadla v pracovnom bode  $P_{hydr,des}$  sa vypočítal takto:

$$P_{hydr,des} = 0,2778 \cdot \Delta p_{des} \cdot V_{des} = 0,2778 \cdot 48,6 \cdot 9,85 = 133 \text{ kW}$$

Hodnoty  $\Delta p_{FH}$  a  $\Delta p_G$  sa pri výpočte merného tlakového spádu  $\Delta p_{des}$  uvažovali:

$\Delta p_{FH}$  – 25 kPa vrátane uzatváracích armatúr a rozdeľovačov;

$\Delta p_G$  – pre zariadenie na výrobu tepla s vodným objemom > 0,3 l/kW má hodnotu 1,0 kPa.

Maximálnu dĺžku vykurovacieho okruhu možno odčítat' na základe projektovej dokumentácie. Pre ilustráciu sa v tomto príklade maximálna dĺžka vykurovacieho okruhu odhadla výpočtom. Pri výpočte  $L_{max}$  sa uvažovalo s týmito hodnotami:

$L_L$  – dĺžka je 25,03 m;

$L_W$  – šírka je 21,23 m;

$N_{lev}$  – 12 vykurovaných podlaží;

$h_{lev}$  – konštrukčná výška podlažia je 2,8 m;

$l_c$  – dĺžka pripájacích potrubí sa pre dvoj Rúrové vykurovacie systémy uvažuje 10 m.

Maximálna dĺžka vykurovacieho okruhu  $L_{max}$  v objekte:

$$L_{max} = 2 \cdot \left( L_L + \frac{L_W}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right) = 2 \cdot \left( 25,03 + \frac{21,23}{2} + 12 \cdot 2,8 + 10 \right) = 158 \text{ m}$$

$$\Delta p_{des} = 0,13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FH} + \Delta p_G = 0,13 \cdot 158 + 2 + 25 + 1 = 48,6 \text{ kPa}$$

Pri výpočte prietoku sa uvažovalo s týmito hodnotami:

- $\Phi_{H,em,out}$  – projektovaný tepelný príkon podľa STN EN 12831-1 má hodnotu 228,6 kW;  
 $c$  – merná tepelná kapacita vykurovacej látky má hodnotu 4,18 kJ/(kg.K);  
 $\rho$  – hustota vykurovacej látky má hodnotu 1000 kg/m<sup>3</sup>;  
 $\Delta\vartheta_{dis,des}$  – projektovaný teplotný spád má hodnotu 20 K (90/70 °C).

Prietok sa vypočítal takto:

$$V_{des} = \frac{3600 \cdot \Phi_{H,em,out}}{c \cdot \rho \cdot \Delta\vartheta_{dis,des}} = \frac{3600 \cdot 228,6}{4,18 \cdot 1000 \cdot 20} = 9,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pri výpočte systémového výkonového faktora sa uvažovalo s týmito hodnotami:

- $C_{P1}$  – pre čerpadlo bez regulácie má hodnotu 0,25;  
 $C_{P2}$  – pre čerpadlo bez regulácie má hodnotu 0,75;  
 $\beta_{dis}$  – priemerné čiastočné zaťaženie rozvodu je 0,42;  
 $f_e$  – faktor účinnosti, pričom  
$$f_e = (1,25 + (\frac{P_{el,pmp}}{P_{hydr,des}})^{0,5}) \cdot 1,5 \cdot b = (1,25 + (\frac{200}{133})^{0,5}) \cdot 1,5 \cdot 2 = 7,43;$$
  
 $P_{el,pmp}$  – hodnota menovitého príkonu čerpadla, uvažujeme  $P_{el,pmp} = 200 \text{ W}$ ;  
 $b$  – pre existujúce budovy má hodnotu 2.

Systémový výkonový faktor sa potom vypočíta takto:

$$e_{dis} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{dis}^{-1}) = 7,43 \cdot (0,25 + 0,75 \cdot 0,42^{-1}) = 15,1$$

Vlastná spotreba energie sa napokon vypočíta:

$$W_{H,dis,aux,an} = W_{H,dis,hydr,an} \cdot e_{dis} = 284 \cdot 15,1 = 4\,288 \text{ kWh}$$

### 3.2.4 Spätne získateľná časť vlastnej spotreby energie

Vzhľadom na to, že obehové čerpadlo sa nachádza v nevykurovanej časti budovy, spätne získateľná časť vlastnej spotreby energie sa v tomto prípade do energetickej bilancie nezapočíta.

### 3.2.5 Tepelná strata z výroby tepla

Zdrojom tepla je v tomto prípade odovzdávacia stanica tepla, ktorá sa nachádza mimo budovy. S tepelnou stratou z výroby tepla sa preto v tomto príklade neuvažuje.

V prípade, ak by išlo o výpočet energetickej hospodárnosti budovy v súlade s vyhláškou MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., musí sa účinnosť pri výrobe tepla zohľadniť vo výpočte dodanej energie (pozri 9.2.2).

### 3.2.6 Potreba energie na vykurovanie

Potreba energie na vykurovanie bez zohľadnenia spätne získateľnej tepelnej straty sa vypočíta takto:

$$Q_{\text{VYK}} = Q_{\text{H}} + Q_{\text{em,ls}} + Q_{\text{H,dis,ls,an}} + W_{\text{H,dis,aux,an}} = 447\,539 + 46\,023 + 16\,893 + 4\,288 \\ = 514\,743 \text{ kWh}$$

Merná potreba energie na vykurovanie bez zohľadnenia spätne získateľnej tepelnej straty:

$$Q_{\text{VYK,m}} = Q_{\text{VYK}}/A_{\text{b}} = 514\,743 / 4403,4 = 116,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Pri výpočte potreby energie na vykurovanie treba ešte zohľadniť spätne získateľnú časť tepelnej straty zo systému prípravy TV. Uvažuje sa s tým, že spätne sa využije len tepelná strata z rozvodov TV, ktoré sa nachádzajú v bytoch (prípájacie potrubia z cirkulačného okruhu k odbernému miestu). Tepelnú stratu z rozvodov v stúpacích šachtách v tomto príklade nepovažujeme za spätne získateľnú napriek tomu, že stúpacie šachty sú súčasťou vykurovanej zóny. Výpočet spätne získateľnej tepelnej straty zo systému prípravy TV sa

uvádza v 4.2.2.2. Výpočet potreby energie na vykurovanie so zohľadnením spätne získateľnej tepelnej straty je v Tab. 3.12.

Tabuľka 3.12. Výpočet mernej potreby energie na vykurovanie – skutkový stav

Sledovaný údaj	Označenie	Jednotka	Vypočítaná hodnota
Potreba tepla na vykurovanie	$Q_H$	kWh/rok	447 539
Tepelná strata systému odovzdávania	$Q_{em,ls}$	kWh/rok	46 023
Tepelná strata z rozvodov	$Q_{H,dis,ls,an}$	kWh/rok	16 893
Vlastná spotreba energie – čerpadlo	$W_{H,dis,aux,an}$	kWh/rok	4 288
Potreba energie na vykurovanie bez zohľadnenia spätne získateľnej tepelnej straty	$Q_{VYK}$	kWh/rok	514 743
Spätne získateľná tepelná strata zo systému prípravy TV	$Q_{W,d,i}$	kWh/rok	2077
Potreba energie na vykurovanie po zohľadnení spätne získateľnej tepelnej straty	$Q_{VYK}$	kWh/rok	512 666
Podlahová plocha budovy	$A_b$	m <sup>2</sup>	4403,4
<b>Merná potreba energie na vykurovanie</b>	$Q_{VYK,m}$	<b>kWh/(m<sup>2</sup>.rok)</b>	<b>116,4</b>



## **4 POTREBA ENERGIE NA PRÍPRAVU TEPLEJ VODY**

### **4.0 ÚVOD**

#### **4.0.1 Opis situácie**

Pokračuješ vo výpočte tepelných strát z technických zariadení budovy. Nasleduje výpočet strát zo systému prípravy teplej vody. Týmto krokom ukončíš výpočty energetickej bilancie pre budovu v pôvodnom stave, ktoré ti poslúžia pri odhade úspory energie vplyvom obnovy.

#### **4.0.2 Zadanie**

Vypočítaj potrebu tepla na ohrev teplej vody a tepelné straty z jednotlivých podsystémov prípravy teplej vody (rozvody vrátane vlastnej spotreby energie pre cirkulačné čerpadlá, akumulácia, výroba tepla). Vypočítaj potrebu energie na prípravu teplej vody.

### **4.1 VÝPOČET POTREBY ENERGIE NA PRÍPRAVU TEPLEJ VODY**

Systém prípravy TV pozostáva z podsystémov výroby a akumulácie tepla a z podsystému distribúcie tepla, pri výpočte potreby energie, resp. dodanej energie sa však postupuje v opačnom poradí, teda od potreby tepla na prípravu teplej vody, smerom k podsystému výroby a akumulácie. Táto kapitola obsahuje postup výpočtu tepelných strát systému prípravy TV, ako aj výpočet potreby energie na prípravu TV zohľadňujúci potrebu tepla na prípravu TV a tepelné straty systému prípravy TV.

#### **4.1.1 Potreba tepla na prípravu TV – zjednodušená metóda**

Potrebou tepla na prípravu TV sa myslí teoretické množstvo energie, ktoré treba dodať TV, aby sa ohriala na požadovanú teplotu, pričom tu nie sú započítané straty z rozvodných potrubí TV, straty prechodom tepla cez steny akumulačnej nádoby, ani straty vznikajúce pri výrobe tepla. Zjednodušenou metódou možno vypočítať potrebu tepla na prípravu TV na základe podlahovej plochy pri definovanej teplote TV 60 °C a teploty studenej vody 10 °C takto:

$$Q_W = Q_{W,A} \cdot A \quad (\text{kWh/rok}) \quad (4.1)$$

kde:

$Q_{W,A}$  je špecifická potreba tepla na jednotku plochy ( $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ );

$A$  – podlahová plocha ( $\text{m}^2$ ), rovná sa mernej ploche  $A_b$ .

#### 4.1.2 Tepelná strata z distribúcie TV

Výpočet tepelnej straty zo systému distribúcie TV sa vykoná podľa STN EN 15316-3. Tepelná strata z distribúcie TV sa vypočíta ako súčet tepelných strát z úseku distribučného systému a tepelná strata z cirkulácie:

$$Q_{W,d} = \sum Q_{W,d,i} + Q_{W,d,c} \quad (\text{kWh}) \quad (4.2)$$

kde:

$Q_{W,d,i}$  je tepelná strata z úseku distribučného systému ( $\text{kWh}$ );

$Q_{W,d,c}$  – tepelná strata z cirkulácie ( $\text{kWh}$ ).

##### 4.1.2.1 Tepelná strata úseku potrubia distribučného systému

Ak sa teplá voda odoberá, k tepelným stratám dochádza len vplyvom materiálu rúrok, prípadne hrúbky a materiálu izolácie:

$$Q_{W,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{W,d,i} - \theta_{\text{amb}}) \cdot t_W \quad (\text{kWh}) \quad (4.3)$$

kde:

$U_i$  je lineárny súčiniteľ prechodu tepla potrubím ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ );

$L_i$  – dĺžka úseku potrubia, vrátane ekvivalentnej dĺžky pre zohľadnenie armatúr podľa Tab. 3.5 (m);

$\theta_{W,d,i}$  – priemerná teplota vody v úseku potrubia ( $^{\circ}\text{C}$ );

$\theta_{\text{amb}}$  – priemerná teplota okolia ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_W$  – čas odberu teplej vody (h).

##### 4.1.2.2 Tepelná strata potrubia v dôsledku stagnácie TV

V prípade dlhšieho časového úseku bez odberu teplej vody (čas stagnácie teplej vody), dochádza k poklesu teploty vody na teplotu okolia. V tomto prípade sa uvažuje len tepelná kapacita vody a objem stagnujúcej vody v rúrkach vzhľadom na to, že tepelná izolácia tento pokles neovplyvní. Tepelná strata sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$Q_{W,d,i} = \frac{365}{3600} \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) \cdot N_{tap} \quad (\text{kWh}) \quad (4.4)$$

kde:

$c_W$  je merná tepelná kapacita vody (J/(kg.K));

$V_W$  – objem vody v rúrkach (m<sup>3</sup>);

$\theta_{W,d}$  – priemerná teplota vody v potrubí (°C);

$\theta_{amb}$  – priemerná teplota okolia (°C);

$N_{tap}$  – počet odberov teplej vody (-).

#### 4.1.2.3 Tepelná strata cirkulačného okruhu distribučného systému počas cirkulácie

Tepelná strata z cirkulačného potrubia počas cirkulácie sa vypočíta rovnakým spôsobom, ako je to popísané pri výpočte tepelnej straty z úseku potrubia teplej vody.

#### 4.1.2.4 Tepelná strata cirkulačného okruhu počas obdobia bez cirkulácie

Ak cirkulačné potrubie nie je prevádzkované nepretržite, tepelná energia z tohto potrubia uniká do okolitého prostredia. Takáto situácia môže nastať napríklad pri odstavení cirkulácie TV počas noci kvôli šetreniu energie. Táto tepelná strata sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$Q_{W,d,off} = \frac{365}{3600} \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) \cdot N_{norm} \quad (\text{kWh}) \quad (4.5)$$

kde:

$c_W$  je tepelná kapacita vody (J/(kg.K));

$V_W$  – objem vody v rúrkach (m<sup>3</sup>);

$\theta_{W,d}$  – priemerná teplota vody v potrubí (°C);

$\theta_{amb}$  – priemerná teplota okolia (°C);

$N_{norm}$  – počet operačných cyklov cirkulačného čerpadla za deň (-); pri odstavení cirkulačného čerpadla TV počas noci sa uvažuje s 1 operačným cyklom.

#### 4.1.3 Stanovenie vlastnej elektrickej energie cirkulačných čerpadiel

Energiu potrebnú na prevádzku cirkulačného čerpadla možno zjednodušeným spôsobom vypočítať takto:

$$W_{d,pump} = \frac{365}{1000} \cdot f_{pump} \cdot P_{pump} \quad (\text{kWh}) \quad (4.6)$$

kde:

$f_{\text{pump}}$  je prevádzkový čas čerpadla (h/deň);

$P_{\text{pump}}$  – príkon čerpadla (W).

#### 4.1.4 Tepelná strata z akumulácie TV

Tepelná strata z akumulácie TV predstavuje tepelnú stratu prechodom tepla cez steny zásobníka a vypočíta sa podľa STN EN 15316-5. Tepelná strata z akumulácie TV sa stanoví z hodnoty pohotovostnej tepelnej straty s prispôbením aktuálneho teplotného rozdielu:

$$Q_{W,s} = \frac{\theta_{W,s} - \theta_{\text{amb}}}{\theta_{s,s-b}} \cdot Q_{s-b} \quad (\text{kWh}) \quad (4.7)$$

kde:

$\theta_{W,s}$  je priemerná teplota vody v zásobníku (°C);

$\theta_{\text{amb}}$  – priemerná teplota okolia (°C);

$\theta_{s,s-b}$  – teplotný rozdiel medzi teplotou vody v zásobníku a teplotou okolia pri meraní pohotovostnej tepelnej straty (°C);

$Q_{s-b}$  – pohotovostná tepelná strata zásobníka (kWh/deň).

Tabuľka 4.1. Minimálna hrúbka tepelnej izolácie zásobníkov TV pre teplotu vody 55 °C, teplotu vzduchu 20 °C a súčiniteľ tepelnej vodivosti izolácie 0,043 W/(m.K), vypočítaná podľa maximálnej prípustnej dennej straty  $Q_{Z,\text{adm}}$  (Tomašovič a kol., 2006)

Objem zásobníka (l)	Plocha povrchu zásobníka (m <sup>2</sup> )	$Q_{Z,\text{adm}}$ (kWh/deň)	Min. hrúbka izolácie $d_{i,\text{min}}$ (mm)
250	1,89	3,2	16
400	2,74	4,4	17
630	4,25	6	19
1000	6,13	8	19
1600	8,2	11	20
2500	10,2	15	20
4000	13,63	20	21
6300	19,03	27	22
10 000	27,3	36	23

Pre nové zásobníky TV sú hodnoty pohotovostnej tepelnej straty dostupné. Ak hodnota pohotovostnej tepelnej straty nie je dostupná, možno ako orientačnú použiť hodnotu maximálnej prípustnej dennej tepelnej straty  $Q_{Z,adm}$  podľa Tab. 4.1.

#### 4.1.5 Tepelná strata z výroby TV

Pri podsystéme výroby TV sa postupuje rovnako, ako pri zdroji tepla pre systém vykurovania. Tepelná strata z výroby TV,  $Q_{W,g}$ , sa v tomto prípade vypočíta so zohľadnením účinnosti zariadenia na výrobu TV. Ak nie sú dostupné bližšie informácie o účinnosti zdroja tepla, možno použiť hodnoty z Tab. 3.10, stĺpec „Faktor transformácie a distribúcie energie.“ V prípade, ak je zdrojom tepla kotol, možno tepelnú stratu z výroby tepla vyjadriť podľa rovnice 3.22.

#### 4.1.6 Potreba energie na prípravu TV

Potreba energie na prípravu TV sa stanoví výpočtom potreby tepla na prípravu TV a pripočítaním strát z podsystémov systému prípravy TV:

$$Q_{TV} = Q_W + Q_{W,d} + W_{W,d,pump} + Q_{W,s} + Q_{W,g} \quad (\text{kWh/rok}) \quad (4.8)$$

kde:

$Q_W$  je potreba tepla na prípravu TV (kWh);

$Q_{W,d}$  – tepelná strata z distribúcie TV (kWh);

$W_{W,d,pump}$  – energia potrebná na prevádzku cirkulačného čerpadla (kWh);

$Q_{W,s}$  – tepelná strata z akumulácie TV (kWh);

$Q_{W,g}$  – tepelná strata z výroby TV (kWh).

## 4.2 PRÍKLAD

### 4.2.1 Potreba tepla na prípravu TV – zjednodušená metóda

Zjednodušenou metódou vypočítať potrebu tepla na prípravu TV na základe podlahovej plochy pri definovanej teplote TV 60 °C a teplote studenej vody 10 °C takto:

$$Q_W = Q_{W,A} \cdot A = 20 \cdot 4403,4 = 88\,068 \text{ kWh}$$

kde:

$Q_{W,A}$  – špecifická potreba tepla na jednotku plochy ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ). V prípade normalizovaného výpočtu možno použiť hodnotu pre bytové domy podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., príloha č. 1, Tab. č. 1. V prípade energetického auditu treba stanoviť potrebu tepla tak, aby sa táto čo najviac približovala realite. V tomto príklade uvažujeme s hodnotou  $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

$A$  – rovná sa mernej ploche  $A_b = 4\,403,4 \text{ m}^2$ .

#### 4.2.2 Tepelná strata z distribúcie TV

Celková tepelná strata z distribučného systému TV je:


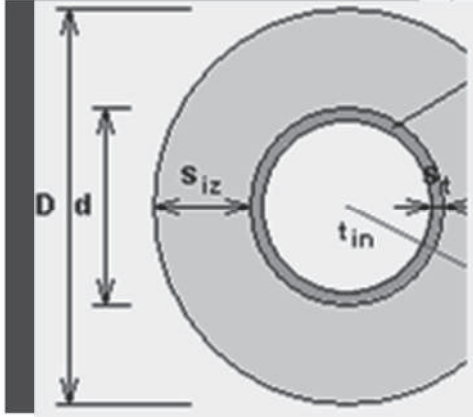
$$Q_{W,d} = \sum Q_{W,d,i} + Q_{W,d,c} = 83\,221 + 3\,577 = 86\,798 \text{ kWh}$$

##### 4.2.2.1 Tepelná strata úseku potrubia s cirkuláciou TV

Tepelná strata úseku potrubia TV a cirkulačného potrubia sa počíta pre tú časť rozvodu, v ktorej prebieha cirkulácia TV, t. j. od zdroja tepla (resp. v našom prípade od vstupu potrubí do budovy) až po pripájacie potrubia do bytov. Pretože v pripájacích rozvodoch od stúpacích potrubí do bytov TV necirkuluje, tieto sa vo výpočte neuvažujú. Pri výpočte tepelnej straty úseku potrubia TV a cirkulačného potrubia sa vychádzalo z nasledovných údajov:

- prírodné ležaté aj cirkulačné potrubie TV je z ocelových závitových pozinkovaných rúr svetlosti DN 40, resp. DN 32. Súčiniteľ tepelnej vodivosti ocelevej rúry je  $\lambda = 50 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;
- ležaté potrubia sú izolované minerálnou vlnou s hrúbkou 30 mm, ktorá je čiastočne poškodená a zdegenerovaná. Uvažuje sa preto so súčiniteľom tepelnej vodivosti minerálnej vlny  $\lambda = 0,07 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;
- v objekte sú 4 inštalačné šachty, v každej je stúpacie prírodné aj cirkulačné potrubie TV z ocelových závitových pozinkovaných rúr. Súčiniteľ tepelnej vodivosti ocelevej rúry je  $\lambda = 50 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;
- stúpacie potrubia sú izolované len plstenými pásmi hrúbky do 5 mm, na niektorých miestach poškodenými. Izolácia z plsténých pásov sa vo výpočte zanedbala.

Na Obr. 4.1 je příklad výpočtu lineárního stratového součinitele ležatého přírodního potrubia.

<p><b>Izolace</b></p> <p>-- Vlastní hodnoty --</p> <p>Rozměry izolace</p> <p>Tloušťka <math>s_{iz} = 30</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_{iz} = 0.07</math> W / m K</p> <p><b>Trubka</b></p> <p>Ocelové trubky závitové běžné</p> <p>Rozměry trubky - DN 40 (1 1/2")</p> <p>Průměr <math>d = 48.3</math> mm</p> <p>Tloušťka stěny <math>s_t = 3.25</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_t = 50</math> W / m K</p>	 <p>Rozsah provozních teplot: není uveden</p>
 <p><math>D = d + 2 s_{iz} = 108.3</math> mm</p>	<p><b>trubi</b></p> <p>lota média <math>t_{in} = 57.5</math> °C</p> <p>lota v okolí potrubí <math>t_{out} = 10</math> °C</p> <p>ativní vlhkost vzduchu <math>rh = 65</math> % ???</p> <p>lota rosného bodu <math>t_w = 3.8</math> °C</p> <p>učinitel přestupu tepla</p> <p>vnějším povrchu <math>\alpha_e = 10</math> W / m<sup>2</sup> K</p> <p>ka potrubí <math>l = 1</math> m</p>
<p>Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)</p> <p>Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí</p>	<p>DN 10 - DN 15 =&gt; <math>U_{o,193/2007} = 0.15</math> W / m K</p> <p><math>U_o = 0.469 \leq 0.15</math> W / m K =&gt; NEVYHOVUJE (přibližná tl. izolace = 422 mm)</p>

Obr. 4.1. Výpočet lineárního stratového součinitele přírodního potrubia TV na přízemí

Lineární stratový součinitel potrubia sa vypočítal pomocou programu na nasledujúcej internetovej stránke:

<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubu-s-izolaci-kruhovehoprurezu>

Pri výpočte tepelnej straty z rozvodu sa použili tieto vstupné údaje:

- $U_i$  – lineárny stratový súčiniteľ zodpovedá hodnote  $U_o$  na Obr. 4.1 v obdĺžniku. Hodnoty použité vo výpočte sú v Tab. 4.2;
- $\theta_{W,d,i}$  – stredná teplota teplotnosnej látky zodpovedá hodnote  $t_{in}$  na Obr. 4.1. Uvažuje sa s maximálnym rozdielom teploty vody medzi výstupným a vratným otvorom zásobníka 5 K (vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z.), preto sa použila stredná teplota vody v rozvodoch  $\theta_m = 60\text{ }^{\circ}\text{C} - 5\text{ }^{\circ}\text{C} / 2 = 57,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- $\theta_i$  – teplota okolitého prostredia zodpovedá hodnote  $t_{out}$  na Obr. 4.1. Uvažuje sa  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  pre ležaté potrubia na prízemí a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  pre stúpacie potrubia v šachte;
- $L$  – dĺžka ležatých rozvodov na 1.NP a stúpacích rozvodov v šachtách (v budove sú štyri stúpacie potrubia TV s cirkuláciou). Hodnoty použité vo výpočte sú v Tab. 4.2;
- $t_w$  – počet prevádzkových hodín; počet dní prípravy TV = 365 dní. Počet prevádzkových hodín je  $365 \cdot 24 = 8760$  hod.

V Tab. 4.2 sú vlastnosti rozvodov TV na nevykurovanom 1. NP a v šachtách, na základe ktorých sa vypočítala tepelná strata úseku potrubia s cirkuláciou TV.

Tabuľka 4.2. Vlastnosti rozvodov TV na nevykurovanom prízemí a v šachtách

DN potrubia (mm)	Lineárny stratový súčiniteľ $\Psi$ (W/(m.K))	Dĺžka rozvodu $L$ (m)	Teplota okolitého prostredia $\theta_i$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Identifikácia potrubia	Izolácia
40	0,469	7	10	prívod 1.NP	30 mm
32	0,432	6	10	prívod 1.NP	30 mm
25	1,058	56	15	prívod šachta	plstený pás*
20	0,845	76	15	prívod šachta	plstený pás*
20	0,330	13	10	cirkulácia 1.NP	30 mm
15	0,672	132	15	cirkulácia šachta	plstený pás*

\* izolácia z plstených pásov sa vo výpočte zanedbala

Výpočet tepelnej straty distribučným potrubím TV:

$$\begin{aligned}
 Q_{W,d,i} &= \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{W,d,i} - \theta_{amb}) \cdot t_w \\
 &= \frac{1}{1000} \cdot (0,469 \cdot 7 \cdot (57,5 - 10) + 0,432 \cdot 6 \cdot (57,5 - 10) \\
 &\quad + 1,058 \cdot 56 \cdot (57,5 - 15) + 0,845 \cdot 76 \cdot (57,5 - 15)) + 0,33 \cdot 13 \cdot (57,5 - 10) \\
 &\quad + 0,672 \cdot 132 \cdot (57,5 - 15) \cdot 8760 = 83\,221 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$



#### 4.2.2.2 Tepelná strata potrubia v dôsledku stagnácie TV

Tepelná strata potrubia v dôsledku stagnácie TV sa vypočíta pre pripájacie potrubia od stúpacích potrubí k výtokovým armatúram v bytoch. Pretože tieto potrubia prechádzajú bytmi, uvažuje sa teplotou okolitého vzduchu 20 °C. Tepelná strata potrubia v dôsledku stagnácie vody sa pre bytový dom vypočíta takto:

$$\begin{aligned} Q_{W,d,i} &= 365/3600 \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) \cdot N_{tap} \\ &= 365/3600 \cdot 4181 \cdot 0,045 \cdot (57,5 - 20) \cdot 5 = 3577 \text{ kWh} \end{aligned}$$

kde:

$c_W$  – je tepelná kapacita vody,  $c_W = 4181 \text{ J/(kg.K)}$ ;

$V_W$  – objem vody v rúrkach je vypočítaný z dĺžky a priemeru potrubia,  $V_W = 0,045 \text{ m}^3$ ;

$\theta_{W,d}$  – priemerná teplota vody v potrubí,  $\theta_{W,d} = 57,5 \text{ °C}$ ;

$\theta_{amb}$  – priemerná teplota okolia v bytoch,  $\theta_{amb} = 20 \text{ °C}$ ;

$N_{tap}$  – počet odberov teplej vody, teda, koľkokrát za deň TV v potrubíach vychladne.

V tomto príklade sa uvažuje 5-krát za deň.

Objem vody v rúrkach sa vypočítal takto:

Z pôdorysu sa zistila dĺžka potrubia TV v jednotlivých bytoch na typickom podlaží od inštalačnej šachty po výtokové armatúry v kuchyni a v kúpeľni. V tomto prípade sú na podlaží 4 byty, celková dĺžka potrubí na podlaží je  $5,3 + 5,4 + 5,3 + 5,4 = 21,4 \text{ m}$ . Táto dĺžka sa vynásobila počtom obytných podlaží (12) v bytovom dome. Dimenzia potrubí v bytoch je DN 15, teda  $V_W = (21,4 \cdot 12) \cdot (3,14 \cdot 0,015^2 / 4) = 0,045 \text{ m}^3$ .

Pretože táto tepelná strata prispieva k vykurovaniu bytov, možno časť tejto straty počas vykurovacej sezóny považovať za spätne získateľnú tepelnú stratu a odpočítat ju od potreby energie na vykurovanie vypočítanej v 3.2.6. Spätne získateľná tepelná strata z distribúcie TV počas vykurovacej sezóny sa vypočíta takto:

$$\begin{aligned} Q_{W,d,i} &= 212/3600 \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) \cdot N_{tap} \\ &= 212/3600 \cdot 4181 \cdot 0,045 \cdot (57,5 - 20) \cdot 5 = 2077 \text{ kWh} \end{aligned}$$

kde:

$c_W$  – je tepelná kapacita vody,  $c_W = 4181 \text{ J/(kg.K)}$ ;

$V_W$  – objem vody v rúrkach je vypočítaný z dĺžky a priemeru potrubia,  $V_W = 0,045 \text{ m}^3$ ;

$\theta_{W,d}$  – priemerná teplota vody v potrubí,  $\theta_{W,d} = 57,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{amb}$  – priemerná teplota okolia v bytoch,  $\theta_{amb} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$N_{tap}$  – počet odberov teplej vody, teda, koľkokrát za deň TV v potrubíach vychladne.

V tomto príklade sa uvažuje 5-krát za deň.

#### **4.2.2.3 Tepelná strata cirkulačného okruhu počas obdobia bez cirkulácie**

Predpokladá sa, že cirkulačné čerpadlo je v prevádzke bez prestávky, v cirkulačnom potrubí preto nedochádza k vychladnutiu vody. Hoci sa dá predpokladať vychladnutie TV v cirkulačnom potrubí počas technickej prestávky, toto vychladnutie sa vo výpočte zanedbalo.

#### **4.2.2.4 Stanovenie vlastnej elektrickej energie cirkulačných čerpadiel**

V tomto prípade sa cirkulačné čerpadlo systému prípravy TV nachádza v OST mimo bytového domu, s vlastnou elektrickou energiou cirkulačného čerpadla sa preto v tomto príklade neuvažuje.

#### **4.2.3 Tepelná strata z akumulácie TV**

Akumulačná nádoba sa nachádza v odovzdávacej stanici tepla mimo budovy. V tomto príklade sa preto s tepelnou stratou z akumulácie neuvažuje.

#### **4.2.4 Tepelná strata z výroby tepla**

Zdrojom tepla je v tomto prípade odovzdávacia stanica tepla, ktorá sa nachádza mimo budovy. S tepelnou stratou z výroby tepla sa preto v tomto príklade neuvažuje.

V prípade, ak by išlo o výpočet energetickej hospodárnosti budovy v súlade s vyhláškou MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., musí sa účinnosť pri výrobe tepla zohľadniť vo výpočte dodanej energie (pozri 9.2.2).

#### **4.2.5 Potreba energie na prípravu TV**

Potreba energie na prípravu TV:

$$Q_{TV} = Q_W + Q_{W,d} = 88\,068 + 86\,798 = 174\,866 \text{ kWh}$$

Merná potreba energie na prípravu TV:

$$Q_{TV,m} = Q_{TV}/A_b = 174\,866/4403,4 = 39,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Výpočet potreby energie na prípravu TV je zhrnutý v Tab. 4.3.

Tabuľka 4.3. Výpočet mernej potreby energie na prípravu TV – skutkový stav

Sledovaný údaj	Označenie	Jednotka	Vypočítaná hodnota
Potreba tepla na prípravu TV	$Q_w$	kWh/rok	88 068
Tepelná strata z distribúcie TV	$Q_{w,d}$	kWh/rok	86 798
Potreba energie na prípravu TV	$Q_{TV}$	kWh/rok	174 866
Podlahová plocha budovy	$A_b$	m <sup>2</sup>	4403,4
<b>Merná potreba energie na prípravu TV</b>	<b><math>Q_{TV,m}</math></b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>.rok)</b>	<b>39,7</b>