



**SOUHRN MOŽNÝCH  
OPATŘENÍ KE SNIŽOVÁNÍ  
SPOTŘEBY ENERGIE  
V RÁMCI ÚZEMNÍCH  
ENERGETICKÝCH KONCEPCÍ**

EUPRI v.p.s.

## OBSAH

1.	Úvod.....	strana 3
2.	Úsporná opatření použitím regulační techniky .....	4
2.1	Termostatické radiátorové ventily pro otopná tělesa.....	7
2.1.1	Hydronické vyvažování otopného systému .....	8
2.1.2	Návratnost vynaložených investičních prostředků na osazení ..... otopných těles termoregulačními ventily	11
2.2	Použití prostorového termostatu se spínacími hodinami .....	12
2.2.1	Návratnost vynaložených investičních prostředků na prostorový..... regulátor se spínacími hodinami	13
2.3	Použití ekvitermní regulace.....	14
3.	Úsporná opatření v důsledku zateplování budov.....	15
3.1	Způsoby sdílení tepla .....	24
3.1.1	Sdílení tepla vedením.....	24
3.1.2	Kombinované sdílení tepla vedením a prouděním .....	29
4	Realizace zateplování budov ze stavebního a energetického hlediska .....	34
4.1	Vnitřní a vnější způsob zateplování svislých obvodových konstrukcí.....	37
4.2	Dodatečná vnější tepelná izolace stěnových konstrukcí.....	39
4.3	Úspora energie při vnějším zateplování objektů .....	40
5.	Dodatečná tepelná izolace střešních konstrukcí .....	45
5.1	Ploché střešní konstrukce.....	45
5.1.1	Jednoplášťové střechy.....	46
5.1.2	Dvouplášťové střechy .....	46
5.2	Šikmé střešní konstrukce .....	47
5.3	Snížení spotřeby energie při dodatečném zateplení střešních konstrukcí.....	48
5.3.1	Ploché jednoplášťové střechy stávající.....	48
5.3.2	Ploché střechy jednoplášťové po jejich zateplení.....	50
5.3.3	Šikmé střechy po zateplení.....	52
6.	Snížování tepelných ztrát u otvorových výplní.....	54
6.1	Snížení ztráty prostupem tepla .....	54
6.2	Snížování tepelných ztrát infiltrací.....	55
6.3	Návratnost vynaložených investičních prostředků na výměnu oken.....	56
7.	Vliv zateplování objektů na zdroj tepla .....	60
7.1	Kondenzační kotle spalující zemní plyn .....	60
8.	Využití obnovitelných zdrojů energie.....	64
8.1	Energetické využití biomasy .....	64
8.1.1	Využití dřevních odpadů .....	65
8.1.2	Energetické využití slámy .....	67
8.1.3	Energetické využití bioplynu.....	68
8.2	Využití sluneční energie.....	69
8.3	Využití tepelných čerpadel.....	71
8.3.1	Podpora investice tepelných čerpadel.....	73
9.	Přehled řešených opatření ke snížování spotřeby energie .....	75
	Použitá a doporučená literatura.....	77

## 1. ÚVOD

Autoři předkládaného produktu *Souhrn možných opatření ke snižování spotřeby energie v rámci energetické koncepce měst a obcí* si kladou za cíl poskytnout pracovníkům měst a obcí, kteří se zabývají energetickou koncepcí, souhrnné podklady o možnostech jak realizovat energeticky úsporná opatření.

Tyto materiály by měly pomoci při zpracování energetických koncepcí regionů, měst a obcí při zvažování možných cest vedoucích k energeticky úsporným opatřením.

Předkládaný produkt je dále možno účelně využít ve střediscích ČEA – EKIS jako vzdělávací materiál k propagaci efektivního využívání a výroby tepelné energie. S úsporou energie úzce souvisí i otázka snižování ekologické zátěže ovzduší v dané lokalitě. V této souvislosti je proto věnována i samostatná pozornost využití alternativních zdrojů energie ( sluneční kolektory, tepelná čerpadla a využití biomasy ).

Praktickým aplikacím možných způsobů docílení úspor energie bude vždy předcházet stručný teoretický základ, aby byly patrné teoretické souvislosti a praktické možnosti, které vedou k reálnému docílení energetických úspor a co cestou s vynaložením optimálních investičních nákladů.

Pokud naše předpokládané snahy a záměry neuspokojili čtenáře tohoto produktu je možno nás kontaktovat na *info lince ČEA 800 155 211* a rádi Vám poskytneme odpovědi na Vaše případné dotazy.

Autoři předkládaného produktu :

Marie Valentová  
Doc.Ing.K.Trnobranský, CSc.  
René Dufour

## 2. Úsporná opatření použitím regulační techniky

Snížení tepelných ztrát objektů je možno docílit při nižších investičních nákladech ( při zachování stejných tepelně – technických vlastností stavby ) použitím regulační techniky. Přetápění objektů ( vyšší vnitřní teplota oproti teplotě výpočtové ) znamená zvýšení jejich tepelné ztráty a tím i spotřeby paliva během topného období.

Pro ilustraci vyjdeme z příkladu, kdy pro rodinný dům byla podrobným výpočtem stanovena jeho tepelná ztráta  $Q_z = 15 \text{ kW}$ . Dům leží v následujících klimatických podmínkách :

- výpočtová venkovní teplota  $t_{ev} = - 12 \text{ }^\circ\text{C}$  ve smyslu ČSN 060210
- počet dnů topného období  $d = 216 \text{ dnů /rok}$
- průměrná venkovní teplota během topného období  $t_{zp} = + 4 \text{ }^\circ\text{C}$
- vnitřní teplota v objektu  $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Maximální tepelná ztráta objektu byla stanovena pro teplotový rozdíl  $\Delta t = ( 20 + 12 ) = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ . Při přetápění objektu o  $+ 2^\circ\text{C}$  se zvýší teplotový rozdíl na hodnotu  $\Delta t_p = ( 22 + 12 ) = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ . V důsledku této změny vzroste i výpočtová tepelná ztráta objektu v poměru  $\Delta t_p / \Delta t$  na hodnotu :

$$Q_{zp} = 15 \text{ kW} \cdot \frac{34}{32} = 15,937 \text{ kW} \text{ , což představuje nárůst o } 6,24 \text{ \%}.$$

Celkovou tepelnou ztrátu objektu během topného období je možno stanovit výpočtem dle vztahu :

$$Q_r = Q_p \cdot \frac{t_i - t_{zp}}{t_i - t_e} \cdot d \cdot 24 \quad / \text{ kWh/r } /$$

při nepřetržitém způsobu vytápění 24 hodin za den.

Při dodržení vnitřní teploty  $t_i = 20^\circ\text{C}$  by činila uvedená roční spotřeba tepla na krytí tepelných ztrát :

$$Q_r = 15 \cdot \frac{20 - 4}{20 + 12} \cdot 216 \cdot 24 = 38880 \text{ kWh/r} = \mathbf{139,968 \text{ GJ/r} .}$$

Při přetápění objektu o zmíněnou hodnotu + 2 °C vzroste spotřeba tepla krytí ztrát :

$$Q_{rp} = 15,937 \frac{22 - 4}{22 + 12} \cdot 216 \cdot 24 = 43738,628 \text{ kWh/r} = \mathbf{157,457 \text{ GJ/r}},$$

což představuje nárůst spotřeby tepla během topného období o hodnotu **12,495 %**.

Z uvedeného příkladu je patrné, že trvalé zvýšení vnitřní teploty o + 1 °C znamená zvýšení spotřeby tepla za topné období o hodnotu + **6,247 %** .

Pro snížení spotřeby tepla daného objektu ( bez jakýchkoli stavebních úprav ) je možno z uvedených hodnot vyvodit následující závěry :

***zabránit pomocí regulační techniky přetápění místností daného objektu.***

Vzhledem k tomu, že ve výpočtovém vztahu pro ztrátu tepla objektu během topného období je uvažován provoz zdroje vytápění 24 hodin/den, při rozdílu teplot (  $t_i - t_{zp}$  ) °C, je možno docílit další úspory tepla tím, že během dne ( kdy není místnost využívána ) dojde k poklesu vnitřní teploty pod uvažovaných 20°C. Toto časové snížení teploty závisí od požadavků uživatele objektu a snížení vnitřní teploty je možné např. :

- v noční době ( od 22.00 do 05.00 = 7 hodin /den na 18°C )
- během pracovního dne ( 08.00 – 14.00 = 6 h/d na 18 °C )
- mimo pracovní dny zůstane pouze noční omezení teploty.

Pro počet dnů topného období  $d = 216$  se jedná o cca 7,2 měsíců, to je o 58 nepracovních dnů a 158 dnů pracovních. Pro výše uvedené hodnoty pak bude vycházet tepelná ztráta objektu a počet provozních hodin při vnitřní teplotě :

20 °C	...	15	kW	...	2724	h/r
18		14,06			2460	
-----						
celkem						5184 h/r.

Roční spotřeba tepla pro krytí tepelných ztrát objektu při časové regulaci vnitřní teploty bude :

$$Q_r = 15 \frac{20 - 4}{20 + 12} 2724 + 14,06 \frac{18 - 4}{18 + 12} 2460 = 36570,9 \text{ kWh/r} = 131,65 \text{ GJ/r.}$$

Uvedená spotřeba tepla na krytí tepelných ztrát během topného období je v následující relaci :

- |  |                    |              |
|--|--------------------|--------------|
| a) vytápění na 20 °C celé topné období                       | = 139,968 GJ/r ... | <b>100 %</b> |
| b) přetápění místností o + 2 °C celé topné období            | = 157,457 GJ/r ... | 112,5 %      |
| c) časová regulace teploty 20/18 °C (viz výše uvedený popis) | 131,65 GJ/r ...    | 94,06 %      |

Pokud odstraníme použitím regulační techniky přetápění místností ( bod b) a programovatelnou časovou regulací zajistíme snížení vnitřní teploty ( noc a během dne ) je možno snížit roční spotřebu tepla na krytí tepelných ztrát objektu pro uvedený případ o hodnotu :

$157,457 - 131,65 = 25,807 \text{ GJ/r}$ , čemuž odpovídá oproti výchozímu stavu ( přetápění místností ) úspora tepla ve výši **16,39 %** .

Při porovnání s výchozím stavem (dle bodu a – vytápění na 20 °C po celé topné období ) se jedná o úsporu tepla ve výši 5,94 %.

*Jak je z uvedeného patrné je další možností snižování spotřeby tepla daného objektu ( bez jakýchkoli stavebních úprav) využití časové regulace vnitřní teploty vytápěného objektu.*

Technická opatření pro snižování spotřeby tepla spočívají ve využití :

- termoregulačních radiátorových ventilů
- prostorové regulace vnitřní teploty během dne nebo týdne
- ekvitermní regulace
- kombinace uvedených způsobů.

Základním požadavkem výše uvedených opatření je však to, že použitý tepelný zdroj je schopen výkonově reagovat na výše uvedené použité regulační prvky a bude s nimi *rozumně komunikovat*.

Vzhledem k tomu, že u kotlů ústředního vytápění na plyn, topný olej ale i u moderních kotlů na pevná paliva a biomasu je uvedený požadavek splňován, jedná se pak o opatření na úsporu paliv a energie bez nároků na velké investiční náklady.

## 2.1 Termostatické radiátorové ventily pro otopná tělesa

Termostatické ventily pro otopná tělesa jsou samočinně pracující regulátory teploty ( TRV ) složené z tělesa ventilu a termostatické hlavice ( termostatu).

Při prostorové teplotě nižší, než je nastavená hodnota na termostatu, protéká topná voda ventilem do topného tělesa. Vzduch v daném prostoru se ohřívá tak dlouho, dokud není dosaženo hodnoty nastavené na termostatu. S rostoucí teplotou se dilatací zvyšuje objem kapaliny ( možno též vosku nebo plynu ) v čidle. Tím je vřetenem přitlačována kuželka s těsněním do sedla ventilu. Přívod topné vody do otopného tělesa je přerušen a vzduch ve vytápěném prostoru se více neohřívá.

Při poklesu prostorové teploty se kapalina v čidle termostatu smršťuje. Vlivem toho se ventil opět otevírá a otopné těleso začíná opět ohřívát vzduch v daném prostoru.

Použití termostatických ventilů u otopných těles představuje způsob regulace tak zvané :

**kvantitativní způsob regulace.** Tepelný výkon otopného tělesa je plynule řízen v závislosti na velikosti průtoku topné vody tělesem. Tato regulace je výhodná s ohledem na nízké investiční náklady. Teplota v regulované vytápěné místnosti kolísá v určitém rozmezí teplot daném hysterezí regulátoru a teplotní setrvačností spotřebiče i stavebních konstrukcí obklopujících vytápěný prostor.

Pro dobrou činnost termostatických ventilů musí být respektovány určité montážní požadavky. K termostatickým ventilům musí být zajištěn vplný přístup vzduchu z vytápěného prostoru. Pokud není možno tuto podmínku splnit je nutno použít termostat s dálkovým čidlem.

Nastavení požadované teploty ve vytápěné místnosti je nutno provést dle teploměru umístěného v místnosti. Otočnou hlavicí ventilu je pak možno nastavit určitý stupeň, který odpovídá naší požadované teplotě.

Rozsah nastavení hlavice ventilu bývá většinou následující – viz tabulka 2.1 .

Tabulka 2.1 Rozsah nastavení hlavice termoregulačního ventilu

Nastavení		prostorová teplota ve °C
signalizační číslice	0	úplné uzavření
značka protimrazové ochrany	*	cca 7
signalizační číslice	1	cca 12
signalizační číslice	2	cca 16
signalizační číslice	3	cca 20
signalizační číslice	4	cca 24
signalizační číslice	5	cca 28

Dílký stupnice mezi čísly 2 až 4 odpovídají změně teploty v prostoru cca o 1 °C.

V běžné praxi je nutno dbát na to, aby nastavení na otočné hlavici odpovídalo požadované teplotě v místnosti. Podle místních podmínek je možné při stejném nastavení hlavice dosáhnout v různých vytápěných místnostech rozdílné vnitřní teploty. Rozsah regulace nad signalizační stupnici 4 ( cca 24 °C ) je označen červeně a z důvodů úspory tepelné energie by neměl být dlouhodoběji volen.

Pro snížení roční spotřeby tepla a tím i provozních nákladů je vhodné snížit teplotu v regulovaném prostoru např. v noci nebo delší nepřítomnosti v objektu.

Obytné prostory je nutno i větrat a proto se zmiňujeme i o této problematice. Zásada správného větrání je větrat krátce, ale intenzivně, úplným otevřením oken. Vzhledem k tomu, že otopná tělesa jsou převážně umístěna pod okny, dostával by při jejich otevření termostatický ventil *falešný signál* o teplotě v místnosti a otevřel by se naplno. Tím by došlo ke zbytečné ztrátě tepla, které by bylo otevřeným oknem okamžitě odvětráno.

Proto je nutno na začátku větrání otočnou hlavici ventilu nastavit na protimrazovou ochranu ( \* ). Po vyvětrání místnosti pak opět nastavit hlavici do původně požadované polohy.

Pro zajištění správné a tiché funkce termostatických ventilů je nutno provést hydronické vyvážení otopného systému.

### 2.1.1 Hydronické vyvážení otopného systému

Použitím TRV v otopné soustavě dostáváme otopnou soustavu zcela odlišných parametrů, než jsme tomu byli zvyklí. Pokud nebudou respektovány určité



zákonitosti, investice do TRV se mívají účinkem a navíc si přivodíme mnoho technických problémů.

Existuje několik negativních projevů, které se na takovém tepelném systému mohou projevit. Jedná se především o následující :

- 1) Zvýšená hlučnost otopné soustavy.  
Zvýšená hlučnost otopné soustavy je způsobena především vysokou tlakovou diferencí na TRV.
- 2) Střídání stavů, kdy je radiátor celý teplý a pak zase studený.  
Tento projev je velmi často způsoben nadměrným průtokem topného media otopným tělesem. Tím se jedná o projev, který zapříčiňuje nefunkčnost regulace TRV a samozřejmě snižuje naši snahu o minimalizaci provozních nákladů v rámci úspory energie.
- 3) Opožděný náběh některých částí otopné soustavy.  
Tento projev je známkou pochybení při instalaci TRV.

Výše uvedené problémy jsou projevem zanedbání důležitých podmínek pro úspěšnou funkci TRV.

Důležitou podmínkou je návrh soustavy tak, aby bylo zajištěno důsledné statické vyvážení soustavy pro nominální průtoky a následná dynamická stabilizace musí navazovat na parametry dosažené po hydronickém vyvážení soustavy a dosažení nominálních průtoků. Dynamickou stabilitu parametrů zajišťují regulátory tlakové difference na stoupačkách a patách objektů.

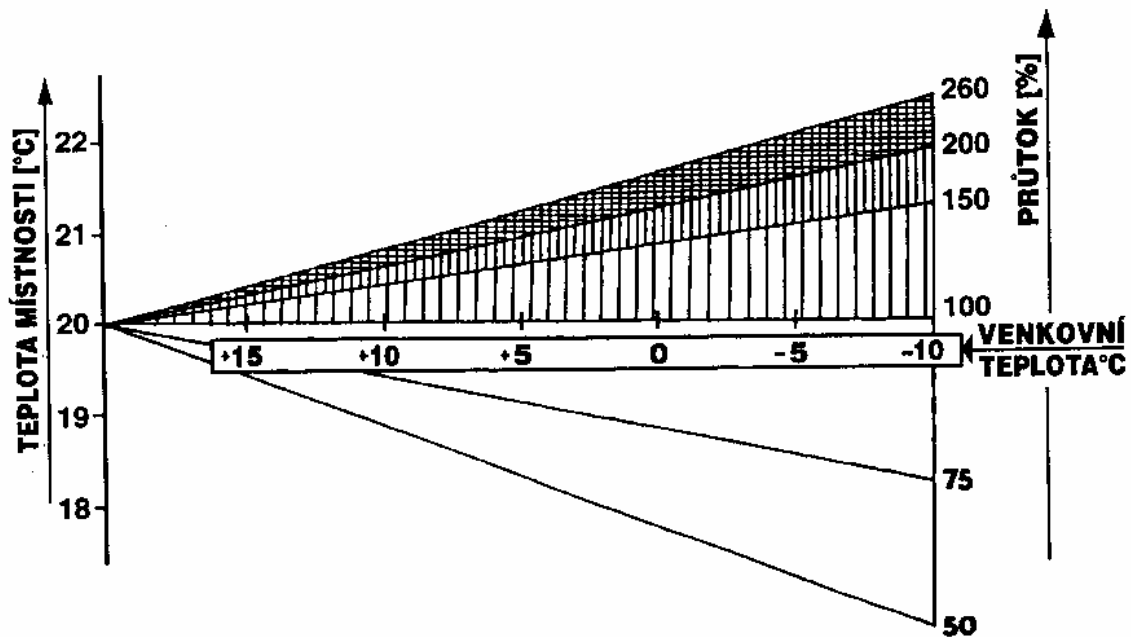
Vyvážení soustavy nelze zaměňovat s pouhým přednastavením u těles TRV. Seřízení soustavy jako celku teprve pak přispívá k dosažení maximálních úspor energie.

Cílem hydronického vyvážení soustavy je dosažení nominálních průtoků ve všech částech tepelných rozvodů v cirkulačních tlakových soustavách. Nominálním průtokem se při tom rozumí takový průtok, který při výpočtovém  $\Delta t$  pracovního media dokáže přenést požadovaný tepelný výkon.

Z výše uvedených poznatků vyplývá, že jak samotná projekční praxe tak zejména vlastní realizace vytvářejí předpoklady pro způsobení lokálních nadprůtoků, jejichž logickým důsledkem jsou i lokální podprůtoky. Na obrázku 2.1 je znázorněno, jaký vliv na teplotu ve vytápěné místnosti má vznik nadprůtoků a podprůtoků. Je zřejmé, že při zvýšení průtoků otopným tělesem o

řádově stovky procent dojde pouze k nepatrnému zvýšení teploty ve vytápěném prostoru. Naproti tomu již 50 % podprůtok zapříčiní pokles teploty ve vytápěném prostoru o několik °C.

Obrázek 2.1 Vliv nadprůtoku a podprůtoku TRV na vnitřní teplotu ve vytápěné místnosti



S ohledem na výše uvedené negativní vlivy provozu nevyvážených otopných soustav je tato problematika zahrnuta i v legislativě ČR. Konkrétně se jedná o Vyhlášku Ministerstva průmyslu a obchodu č. 151/2001 Sb. ze dne 12. dubna 2001 .

V této vyhlášce se naší problematiky týká :

***paragraf 5 - Vnitřní rozvody tepelné energie***

- bod 1) Každý spotřebič tepelné energie se opatří armaturou s uzavírací schopností pokud to jeho technické řešení a použití připouští. Každé otopné těleso se opatří ventilem s uzavírací a regulační schopností s regulátorem pro zajištění místní regulace a u dvoubodového napojení vyjma jednotrubkových otopných soustav též regulačním šroubením.
- bod 3) Pro vytápění s nuceným oběhem vody se volí teplota vody na přívodu do otopného tělesa do 75 °C. Pro vytápění s přirozeným oběhem vody se volí teplota vody na přívodu do otopného tělesa do 90 °C.

## **paragraf 8 - Regulace a řízení dodávky tepelné energie**

bod 6) K zajištění úsporného, bezhlučného a bezporuchového provozu celé otopné soustavy se okruhy jednotlivých vertikálních větví nebo více okruhů tvořících celistvou zónu vzhledem k tepelným ziskům vytápěných prostorů nebo otopná soustava tvořící menší samostatný celek s více než 70 % otopných těles opatřených regulačními ventily s regulátory objemového průtoku nebo automatickým přepouštěcím zařízením, pokud to dovoluje požadavek na teplotu ve vratném potrubí.

bod 7) U rozvodu tepelné energie a vnitřního rozvodu vytápění a teplé užitkové vody se prokazuje seřízení průtoků měřením v jednotlivých větvích otopné soustavy měřením tak, aby odpovídaly projektovaným jmenovitým průtokům s maximální odchylkou  $\pm 15\%$ . Měření se provádí při uvádění do provozu, po odstranění závažných provozních závad, při nedostatečném zásobování nebo přetápění u některého odběratele či spotřebitele a při změnách zařízení, které ovlivňují tlakové poměry v síti, zejména při připojení nových a odstavení stávajících odběratelů či spotřebitelů. Protokol o měření a nastavení průtoků zůstává trvale uložen u provozovatele rozvodu či vnitřního rozvodu.

### **2.1.2 Návratnost vynaložených investičních prostředků na osazení otopných těles termoregulačními ventily**

Vezmeme v úvahu např. dvougenerační rodinný domek, který má průměrnou roční ztrátu tepla na vytápění ( bez použití termoregulačních ventilů ) ve výši :

$$Q_{zp} = 150 \text{ GJ/r.}$$

Rodinný dům bude vytápěn teplovodním kotlem na zemní plyn o průměrné tepelné účinnosti 85 %. Pro uvedené hodnoty pak vychází průměrná roční spotřeba zemního plynu ( o výhřevnosti  $34 \text{ MJ/m}^3$  ) a náklady na zemní plyn ( cena plynu  $6,71 \text{ Kč/m}^3$  ) následovně :

- roční spotřeba zemního plynu  $4\,412,0 \text{ m}^3/\text{r}$
- roční náklady na zemní plyn  $29\,604,0 \text{ Kč/r.}$

Použitím termoregulačních ventilů ( 8 kusů na objekt ) je možno reálně docílit roční úspory tepla na výstupu z tepelného zdroje ve výši 12 %, což představuje :

- snížení tepelné ztráty za topné období o hodnotu  $18 \text{ GJ/r}$
- úspora zemního plynu při účinnosti zdroje 85 %  $21,17 \text{ GJ/r} = 622 \text{ m}^3/\text{r}$

- roční finanční úspora za zemní plyn 4 173,- Kč/r.  
Investiční náklady na osazení 1 otopného tělesa činí :

termostatický ventil	280,- Kč/kus
termostatická hlavice	300,-
regulační šroubení	180,-
-----	
<b>C E L K E M</b>	<b>760,- Kč/kus bez DPH .</b>

Při realizaci prostřednictvím dodavatelské firmy bude DPH 5 % a investiční náklady na TRV jednoho otopného tělesa 798,- Kč/kus. Celkové náklady na 8 otopných těles pak budou představovat finanční náklady :

• 8 kusů TRV + regulační šroubení	6 384,- Kč
• demontáž starých a montáž nových ventilů	1 600,-
• hydronické vyvážení soustavy	900,-
-----	
investiční náklady celkem	<b>8 884,- Kč.</b>

Prostá doba návratnosti daného opatření na úsporu energie pak vychází :

$$\tau = \frac{8\,884,-}{4\,173,-} = 2 \text{ roky}$$

S předpokládaným nárůstem ceny zemního plynu o cca 10 % /rok pak bude klesat i prostá doba návratnosti vynaložených investičních prostředků.

Nevýhodou termostatických regulačních ventilů je to, že vyžadují ruční přestavení hodnot na otočné stupnici v závislosti na požadované vnitřní regulované teplotě v místnosti.

Noční útlum vnitřní teploty ( bez přestavování termostatických hlavice ) je možno technicky realizovat použitím centrální regulace, která v noční době sníží průtok vody teplovodním oběhovými čerpadlem s proměnnými otáčkami.

## 2.2 Použití prostorového termostatu se spínacími hodinami

Prostorové termostaty jsou bimetalové, které mají větší teplotní hysterezi a elektronické s menší teplotní hysterezí.

U dokonalejších typů prostorových termostatů jsou použity spínací hodiny, které umožňují využití různého nastavení vnitřní teploty ve vytápěné místnosti v průběhu dne. Prostorový termostat se umísťuje do nejpoužívanější (referenční) místnosti. Od termostatu a nastaveného časového programu je pak řízen provoz tepelného zdroje.

Správné umístění prostorového termostatu je důležité pro jeho optimální funkci. Prostorový termostat se proto umísťuje ve výšce 1,3 až 1,5 m nad podlahou a to mimo dosah jakéhokoli zdroje tepla, který by mohl ovlivnit jeho správnou funkci.

Tyto termostaty jsou vybaveny denním i týdenním programem, zimním i letním režimem. Vložené programy jsou např. následující :

### ***Program P 1***

Stejný program pro všechny dny v týdnu.

čas	teplota v místnosti ve °C
00.00 až 06.00	17
06.00 až 22.00	20
22.00 až 24.00	17

### ***Program P 2***

Program pro pondělí až pátek.

čas	teplota v místnosti ve °C
00.00 až 06.00	17
06.00 až 09.00	20
09.00 až 17.00	17
17.00 až 22.00	20
22.00 až 24.00	17

Program sobota a neděle .

čas	teplota v místnosti ve °C
00.00 až 06.00	17
06.00 až 22.00	20
22.00 až 24.00	17

### ***Program P 3***

Program pondělí až pátek	sobota a neděle
00.00 až 06.00 = 17 °C	00.00 až 06.00 = 17 °C
06.00 09.00 = 20	06.00 22.00 = 20
09.00 11.00 = 17	
11.00 14.00 = 20	
14.00 17.00 = 17	
17.00 22.00 = 20	
22.00 24.00 = 17 .	

Obdobným způsobem jsou sestaveny další vestavěné regulační programy P4 až P7. Pro všechny uvedené programy je možno si změnit vnitřní teplotu dle vlastního požadavku.

#### **2.2.1 Návratnost vynaložených investičních prostředků na prostorový termostat se spínacími hodinami**

Pro stanovení úspory tepla budeme opět vycházet z příkladu uvedeného v kapitole 2. Časový regulační režim budeme uvažovat následující :

pondělí až pátek	sobota a neděle
22.00 až 05.00 = 18 °C	22.00 až 05.00 = 18 °C
05.00 08.00 = 20	05.00 22.00 = 20
08.00 14.00 = 18	
14.00 22.00 = 20	

Dosažitelná roční úspora tepla, oproti případu vytápění bez regulace, bude vyplývat z následujících údajů. Při vytápění zemním plynem bude u dvougeneračního rodinného domku docíleno roční snížení tepelné ztráty

$$157,457 - 131,65 = 25,8 \text{ GJ/r} \quad \dots \quad 16,4 \%$$

Při tepelné účinnosti plynového kotle 85 % a výhřevnosti zemního plynu  $34 \text{ MJ/m}^3$  se jedná o úsporu vstupujícího plynu do tepelného zdroje ve výši

$$892,7 \text{ m}^3/\text{r} \quad \dots \quad 5\,990,- \text{ Kč/r.}$$

Vzhledem k tomu, že tento způsob regulace je vhodný pro menší objekty (především rodinné domky), kdy na základě vnitřní teploty v referenční místnosti je řízen provoz tepelného zdroje, jsou investiční náklady poměrně nízké a to cca 4000,- Kč včetně DPH.

Pro uvedenou finanční úsporu paliva a investiční náklady na realizaci programovatelného prostorového termostatu včetně montáže pak vychází prostá doba návratnosti :

$$\tau = \frac{4\,000,-}{5\,990,-} = 0,67 \text{ roku}$$

### 2.3 Použití ekvitermní regulace

Na rozdíl od předcházejících uvedených způsobů regulace, které byly regulací kvantitativní, je ekvitermní regulace regulací *kvalitativní*.

Ekvitermní regulace na základě okamžité venkovní teploty  $t_e$ , pomocí směšovacího zařízení, upraví teplotu topné vody  $t_v$  na teplotu odpovídající okamžité potřebě tepla objektu.

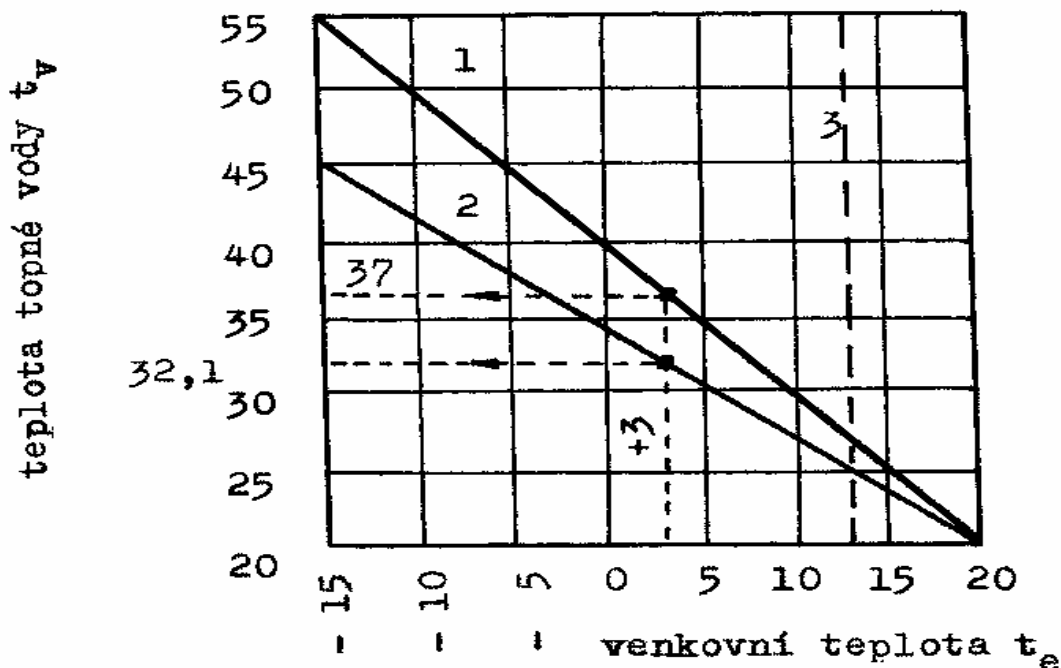
Z uvedeného základního principu regulace přímo vyplývá, že se sníží tepelná ztráta rozvody topné vody vlivem snížení její provozní teploty na nezbytně nutnou hodnotu, která odpovídá okamžité spotřebě tepla. Teplota topné vody není konstantní ale odpovídá současným požadavkům v závislosti na venkovní teplotě.

Průběh teploty ve vytápěných místnostech je při ekvitermní regulaci téměř přímkový. Tento druh regulace je vhodný pro všechny druhy centrálního teplovodního vytápění. Její předností je dokonalejší regulace oproti regulaci kvantitativní. Její nevýhodou jsou vyšší investiční náklady. Z tohoto důvodu nachází uplatnění především u větších stavebních objektů.

Závislost teploty teplotonosného media  $t_v$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) u nízkoteplotní teplovodní soustavy o teplotovém spádu  $\Delta t = 55/45$   $^{\circ}\text{C}$  ( 10 K ) na venkovní teplotě  $t_e$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) je patrna z obrázku 2.2 . Pokud dosáhne venkovní teplota  $t_e = + 3$   $^{\circ}\text{C}$  je potřebná teplota náběhové topné vody  $t_v = 37$   $^{\circ}\text{C}$  a  $\Delta t = 37/32,1$   $^{\circ}\text{C}$  ( 4,9 K ).

Vzhledem k tomu, že praktické využití regulační techniky přináší úspory energie při vynaložení poměrně nízkých investičních nákladů ( viz prostá doba návratnosti uvedených příkladů ), měla by tato cesta být rozhodně prioritní před dalšími způsoby úspory energie a to i s ohledem na krátkou dobu realizace systému.

Obrázek 3.2 Závislost teploty topné vody  $t_v$  na venkovní teplotě  $t_e$



- 1 - náběhová topná voda
- 2 - zpětná topná voda
- 3 - teplotní hranice zahájení topného období  $t_{em} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Současně s využitím regulační techniky pro snížení spotřeby energie by měl být realizován i systém měření dodávky a spotřeby tepla, který je nutný pro účtování nákladů na spotřebu tepla pro vytápění a TUV. Na tuto důležitou věc však naše legislativa poněkud ve vyhláškách zapoměla, což může být častým zdrojem soudních sporů o rozúčtování nákladů na tepelnou energii pro vytápění a TUV.

***Zavedení regulační techniky musí být realizováno současně s měřením spotřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV pokud se nejedná např. o vlastní rodinný dům.***

### 3. Úsporná opatření v důsledku zateplování budov

Během topného období dochází při vytápění budov k tepelným ztrátám, které plně souvisí s teorií sdílení tepla do okolí.

V budovách se během topné sezóny udržuje určitá vnitřní teplota  $t_i$  / $^{\circ}\text{C}$ /, která závisí na druhu vytápěné místnosti – viz tabulka 3.1. Naopak na vnější



obvodové stěně stavby je výpočtová venkovní teplota , průměrná teplota během topného období a počet dnů otopného období dle tabulky 3.2.

Tabulka 3.1 Výpočtová vnitřní teplota v různých místnostech a doporučená relativní vlhkost vzduchu dle ČSN 060210.

<b>druh vytápěné místnosti</b>	<b>výpočtová vnitřní teplota <math>t_i</math> / °C /</b>	<b>relativní vlhkost vzduchu <math>\phi_{ai}</math> / % /</b>
<b>1. Obytné budovy</b>		
1.1 Trvale užívané		
obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
kuchyně	24	90
koupelny	20	60
klozety	15	60
vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby a jiné)	10	60
vytápěná schodiště		
1.2 Občasně užívané ( rekreační )		
- v době provozu		
obývací místnosti, obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
kuchyně	24	90
koupelny	20	60
klozety	15	60
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, předsín a jiné )	10	60
vytápěná schodiště		
- mimo provoz	5	80
<b>2. Administrativní budovy</b>		
Kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny	20	60
Vytápěné vedlejší místnosti (chodby, klozety)	15	60
Vytápěná vedlejší schodiště	10	70
Haly, místnosti s přepážkami	18	70
<b>3. Školní budovy</b>		
Učebny, kreslírny, rýsovný, kabinety, laboratoře, jídelny	20	60

<b>druh vytápěné místnosti</b>	<b>výpočtová vnitřní teplota <math>t_i</math> / °C /</b>	<b>relativní vlhkost vzduchu <math>\varphi_{ai}</math> / % /</b>
učební dílny	18	65
tělocvičny	15	70
šatny u tělocvičen	20	60
lázně a převlékárny	24	90
ordinace a ošetřovny	24	80
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, schodiště, klozety, šatny pro svrchní oděv)	15	60
mateřské školy – učebny, herny, lehárny	22	50
šatny pro děti	20	60
umývárny pro děti, WC	24	80
izolační místnosti	22	50
<b>4. Zdravotnická zařízení</b>		
4.1 jesle – učebny, herny, lehárny	22	50
šatny pro děti	20	60
umývárny pro děti, WC	24	80
izolační místnosti	22	50
4.2 zdravotnická střediska, polikliniky, ordinace	24	50
čekárny, chodby, WC	20	60
4.3 nemocnice		
pokoje pro nemocné	22	60
vyšetřovny, přípravny	24	80
koupelny	24	90
operační sály	25	70
předsíně, chodby, WC, schodiště	20	60
4.4 domovy důchodců		
obývací místnosti, obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny	20	60
s kuchyňským koutem, pracovny, kuchyně	20	60
koupelny	24	90
klozety	20	60
vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby)	15	60
vytápěná schodiště	10	60
ostatní zdravotnická zařízení a speciální požadavky – viz Zdravoprojekt, tepelně technická zařízení		

<b>druh vytápěné místnosti</b>	<b>výpočtová vnitřní teplota <math>t_i</math> / °C /</b>	<b>relativní vlhkost vzduchu <math>\varphi_{ai}</math> / % /</b>
<b>5. Obchodní</b>		
prodejní místnosti všeobecně	20	60
prodej trvalých potravin	60	60
prodej masa, mléčných výrobků, ovoce	15	70
vytápěné vedlejší místnosti (klozety, chodby)	15	70
vytápěná schodiště	10	70
kancelářské místnosti	20	60
chladírny	2 až 5	80
sklady	dle požadavků	70 až 90
<b>6. Hotely a restaurace</b>		
pokoje pro hosty	20	60
koupelny	24	90
hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny, sály	20	60
hlavní schodiště	15	70
kuchyň	24	80
vedlejší místnosti (klozety, chodby)	15	70
vedlejší schodiště	10	70
<b>7. Koleje a ubytovny</b>		
pokoje, hovorňny, společenské místnosti	20	60
společná noclehárna	16 až 18	60
umývárny	24	80
zařízení mimo provoz	5	80
<b>8. Divadla, kina, koncertní sály a jiné kulturní místnosti</b>		
hlediště a sály včetně přilehlých prostorů	20	60
chodby, klozety, schodiště	15	70
kancelářské místnosti	20	60
šatny pro účinkující	22 až 24	60
koupelny	24	90
výstavní sály, depozitáře (nebo dle zvláštních požadavků)	15	55

<b>druh vytápěné místnosti</b>	<b>výpočtová vnitřní teplota <math>t_i</math> / °C /</b>	<b>relativní vlhkost vzduchu <math>\phi_{ai}</math> / % /</b>
<b>9. Sportovní budovy</b>		
9.1 sportovní haly		
tělocvičny, haly	15	70
šatny, převlékárny	22	60
umývárny, sprchy, místnosti pro masáž	24	90
9.2 bazénové haly		
pro dospělé	28	85
pro děti	30	80
klidný provoz (zakrytá hladina)	15	70
sprchy šatny	24	90
9.3 sauny		
sauny	115	0
prohřívárny	10	90
ochlazovny	22	60
odpočívárny	22	60
9.4 zimní stadiony		
tréninkové haly ( bez diváků )	-5	90
haly s diváky	15 až 20	75
<b>10. Nádraží, letiště</b>		
čekárny, letištní odbavovny (uzavřené )	20	60
nádražní haly ( uzavřené )	15	70
<b>11. Zemědělské stavby</b>		
11.1 stájové		
zateplené stáje pro dojnice	14	85
výkrm skotu	6	95
odchov mladého dobytka	6	85
odchov selat	18 až 21	75
nosnice	20	50
bahnice s jehňátky	6	80
11.2 pěstební		
pěstírny žampionů (krátkodobě při desin.)	60	100
pěstírny plodnic žampionů	16 až 18	90
naklíčovny brambor	12	90

<b>12. Průmyslové stavby</b>		
12.1 průmysl hutního a těžkého stroj. válcovny, slévárny, opracování oceli	16	49
válcování a lisování za tepla	16	45
kovárny lehké a střední	20	45
12.2 Průmysl hutní		
elektrolýza zinku	18	61 až 75
válcovací trať na ploché předvalky	20	45
thomasování a bessemerování	25	30
tažení a válcování trub za studena	16	49
výroba vysokopevných trub	16	50 až 60
12.3 Průmysl strojírenský		
závod kovových konstrukcí	16	49
mechanické dílny	16 až 18	60
výroba měřidel, nářadí, ložisek	16 až 20	60

Tabulka 3.2 Výpočtová venkovní teplota, průměrná venkovní teplota během topného období a počet dnů topného období dle ČSN 383350 včetně změny a/1990.

místo	podle ČSN		otop. období pro $t_{\text{etn}}$ 12°C		otopné období pro $t_{\text{etn}}$ 15 °C		otop. období pro $t_{\text{etn}}$ 13 °C	
	výška n.m. m	$t_{\text{ev}}$ °C	$t_e$ °C	počet dnů d	$t_e$ °C	počet dnů d	$t_e$ °C	počet dnů d
Benešov	327	- 15	3,5	234	5,2	280	3,9	245
Beroun	229	-12	3,7	225	5,3	268	4,1	236
Blansko	278	- 15	3,3	229	5,1	275	3,7	241
Břeclav	159	- 12	4,1	215	5,2	253	4,4	224
Brno	227	-12 <sub>v</sub>	3,6	222	5,1	263	4,0	232
Bruntál	546	-18 <sub>v</sub>	2,7	255	4,8	315	3,3	271
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	5,1	282	3,8	245
Č.Budějovice	384	-15	3,4	232	5,1	279	3,8	244
Č. Krumlov	489	-18 <sub>v</sub>	3,1	243	4,6	288	3,3	254
Děčín	141	-12	3,8	225	5,5	269	4,2	236
Domažlice	428	-15 <sub>v</sub>	3,4	235	5,1	284	3,8	247
Frýdek- Místek	300	-15 <sub>v</sub>	3,4	225	5,1	269	3,8	236

místo	podle ČSN		otop. období pro $t_{etn}$ 12°C		otopné období pro $t_{etn}$ 15 °C		otop. období pro $t_{etn}$ 13 °C	
	výška n.m. m	$t_{ev}$ °C	$t_e$ °C	počet dnů d	$t_e$ °C	počet dnů d	$t_e$ °C	počet dnů d
Havl.Brod	422	-15 <sub>v</sub>	2,8	239	4,9	294	3,3	253
Hodonín	162	-12	3,9	208	5,1	240	4,2	215
Hradec Král.	244	-12	3,4	229	5,2	279	3,9	224
Cheb	448	-15	3,0	246	5,2	306	3,6	262
Chomutov	330	-12 <sub>v</sub>	3,7	223	5,2	264	4,1	233
Chrudim	276	-12 <sub>v</sub>	3,6	225	5,9	276	4,1	238
Jablonec n.N.	502	-18 <sub>v</sub>	3,1	241	5,1	298	3,6	256
Jičín	278	-15	3,5	223	5,2	268	3,9	234
Jihlava	516	-15	3,0	243	4,8	296	3,5	257
Jindři.Hradec	478	-15	3,0	242	5,0	296	3,5	256
Karlovy Vary	379	-15 <sub>v</sub>	3,3	240	5,1	293	3,8	254
Karviná	230	-15	3,6	223	5,3	267	4,0	234
Kladno	380	-15	4,0	243	5,0	300	4,5	258
Klatovy	409	-15 <sub>v</sub>	3,4	235	5,2	286	3,9	248
Kolín	223	-12 <sub>v</sub>	4,0	216	5,9	257	4,4	226
Kroměříž	207	-12	3,5	217	5,1	258	3,9	227
Kutná Hora	253	-12 <sub>v</sub>	4,0	216	5,9	257	4,4	226
Liberec	357	-18	3,1	241	5,1	298	3,6	256
Litoměřice	171	-12 <sub>v</sub>	3,7	222	5,2	263	4,1	232
Louny	201	-12	3,7	219	5,2	260	4,1	229
Mělník	155	-12	3,7	219	5,3	261	4,1	229
Ml.Boleslav	230	-12	3,5	225	5,1	267	3,9	235
Most	230	-12 <sub>v</sub>	3,7	223	5,2	264	4,1	233
Náchod	344	-15	3,1	235	4,8	292	3,7	250
N. Jičín	284	-15 <sub>v</sub>	3,3	229	5,2	280	3,8	242
Nymburk	186	-12 <sub>v</sub>	3,8	217	5,5	262	4,2	228
Olomouc	226	-15	3,4	221	5,0	262	3,8	231
Opava	258	-15	3,5	228	5,2	274	3,9	229
Ostrava	217	-15	3,6	219	5,2	260	4,0	229
Pardubice	223	-12 <sub>v</sub>	3,7	224	5,2	265	4,1	234
Pelhřimov	499	-15 <sub>v</sub>	3,0	241	5,1	300	3,6	257
Písek	348	-15	3,2	235	5,0	284	3,7	247
Plzeň	311	-12	3,3	233	4,8	272	3,6	242
Praha	181	-12	4,0	216	5,1	254	4,3	225
Prachatice	574	-18 <sub>v</sub>	3,3	253	5,1	307	3,8	267
Přerov	212	-12	3,5	218	5,1	259	3,9	228

místo	podle ČSN		otop. období pro $t_{\text{etn}}$ 12 °C		otopné období pro $t_{\text{etn}}$ 15 °C		otop. období pro $t_{\text{etn}}$ 13 °C	
	výška n.m. m	$t_{\text{ev}}$ °C	$t_e$ °C	počet dnů d	$t_e$ °C	počet dnů d	$t_e$ °C	počet dnů d
Příbram	502	-15	3,0	239	4,9	290	3,5	252
Prostějov	226	-15	3,4	220	5,0	261	3,8	230
Rakovník	332	-15	3,4	232	5,8	297	4,0	250
Rokycany	363	-15	3,0	239	4,9	290	3,5	252
Rychnov	325	-15	3,0	241	4,8	291	3,5	254
Semily	334	-18 <sub>v</sub>	2,8	243	4,7	303	3,4	259
Sokolov	403	-15 <sub>v</sub>	3,4	239	5,4	297	3,9	254
Strakonice	392	-15	3,3	236	5,2	288	3,8	249
Svidník	220	-18 <sub>v</sub>	2,7	224	5,1	287	3,0	237
Svitavy	447	-15	2,9	235	4,8	286	3,4	284
Šumperk	317	-15 <sub>v</sub>	3,0	230	5,2	277	3,5	242
Tábor	480	-15	3,0	236	5,0	289	3,5	250
Tachov	496	-15	3,1	237	5,0	289	3,6	250
Teplice	205	-12 <sub>v</sub>	3,8	221	5,3	261	4,1	230
Třebíč	406	-15	2,5	247	4,6	306	3,1	263
Trutnov	428	-18	2,8	242	5,0	298	3,3	257
Uh.Hradiště	181	-12 <sub>v</sub>	3,2	222	5,0	266	3,6	233
Ústí n.Labem	145	-12 <sub>v</sub>	3,6	221	5,0	256	3,9	229
Ústí n.Orlicí	332	-15 <sub>v</sub>	3,1	238	4,9	289	3,6	251
Vsetín	346	-15	3,2	225	4,9	270	3,6	236
Vyškov	245	-12	3,3	219	4,9	260	3,7	229
Zlín	234	-12	3,6	216	5,1	257	4,0	220
Znojmo	289	-12	3,6	217	5,2	256	3,9	226
Ždár n.Sázav.	572	-15	2,4	252	4,7	318	3,1	270

S ohledem na skutečnou nadmořskou výšku místa realizované budovy se uvažuje s následujícím snížením venkovní výpočtové teploty  $t_{\text{ev}}/^{\circ}\text{C}$  / dle tabulky 3.3.

Tabulka 3.3 Snížení teploty  $t_{ev}$  s ohledem na nadmořskou výšku

Nadmořská výška	Výpočtová oblast $t_{ev}$ (°C)	Snížená teplota $t_{ev}$ (°C)
nad 400 m n.m.	-12	-15
nad 600 m n.m.	-15	-18
nad 800 m n.m.	-18	-21

Při výpočtu tepelných ztrát budov je vždy nutno zvažovat s jakou místností sousedí výpočtově zvažovaný prostor. Jednotlivé výpočtové teploty je možno použít dle tabulky 3.4 .

Tabulka 3.4 Teplota v sousedních nevytápěných místnostech  $t_{ie}$  (°C) při výpočtové venkovní teplotě  $t_e$  (°C)

Druh nevytápěné místnosti	tepl. $t_{ie}$ při $t_e$ (°C)			
	-12	-15	-18	-21
1. podstřešní prostory netěsná krytina těsná krytina bez tepelné izolace s tepelnou izolací	-6	-9	-12	-15
	-3	-6	-9	-12
	0	0	-3	-6
2. vzduchová mezera u větraných dvouplášťových střech <sup>1)</sup>	-9	-12	-15	-18
3. místnosti sousedící převážně s vytápěnými místnostmi např. vnitřní chodby apod zčásti s vytápěnými místnostmi a z části s venkovním prostředím – bez venkovních dveří - s venkovními dveřmi, také vnitřní schodiště <sup>2)</sup> - převážně s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi	15	15	15	15
	6	6	3	3
	0	0	-3	-3
-3	-6	-9	-12	
4. sklepy a jiné suterénní nevytápěné místnosti - zcela pod terénem - částečně nad terénem	+ 5	(°C)	až +	10°C
	3	3	0	0
	0	0	-3	-3
5. zřídka vytápěné místnosti ve stejné budově v sousední budově	15	15	15	15
	10	10	10	10
6. kotelny, výměňkové stanice, strojovny	+ 15	až	+ 20	°C



- 1) Tepelný odpor větraných dvouplášťových střech se počítá dle ČSN 730540
- 2) Pro vnitřní schodiště platí uvedené hodnoty  $t_{ie}$  pro přízemí, to je pro 1. nadzemní podlaží. Pro 2. až 4. Podlaží se hodnoty zvýší o 3 °C, pro 5. podlaží a další o 6 °C.

Uváděné teplotové údaje ( tabulka 3.1 až 3.4 ) jsou pro praxi využitelné pro výpočet tepelných ztrát budov při jejich vytápění, výpočet roční spotřeby tepla na krytí ztrát apod

### 3.1 Způsoby sdílení tepla

S ohledem na stanovení hodnot tepelných ztrát budov a objektů při jejich vytápění uvádíme hlavní možné způsoby sdílení tepla, které ovlivňují tepelné ztráty vytápěných objektů.

V zásadě se jedná o přenos tepla z vytápěného objektu do jeho okolí v důsledku :

- Sdílení tepla vedením hmoty obvodových stěn, stropů a podlahy ( kondukce)
- Sdílení tepla prouděním hmoty ( konvekce)
- Sdílení tepla sáláním hmoty ( radiace).

V praxi se v technických případech na přenosu tepelné energie podílejí všechny tři způsoby současně, ale ne rovnoměrně. Pokud jeden způsob značně převažuje nad dvěma ostatními , zjednodušuje se podstatně výpočet přenosu tepla.

S ohledem na snižování tepelných ztrát budov, při jejich běžném způsobu vytápění, se jedná o přenos tepla vedením a prouděním. Třetí způsob , sdílení tepla zářením, je s ohledem na provozní teploty prakticky zanedbatelný.

#### 3.1.1 Sdílení tepla vedením

Sdílení tepla v pevných tělesech je v podstatě transportem tepelné energie ve směru klesající teploty. Děje se tedy mezi bezprostředně sousedícími částicemi tělesa.

Při početním řešení problémů vedení tepla se vychází z Fourierova zákona. Budeme li uvažovat rovinnou desku ( např. obvodová konstrukce objektu ) o

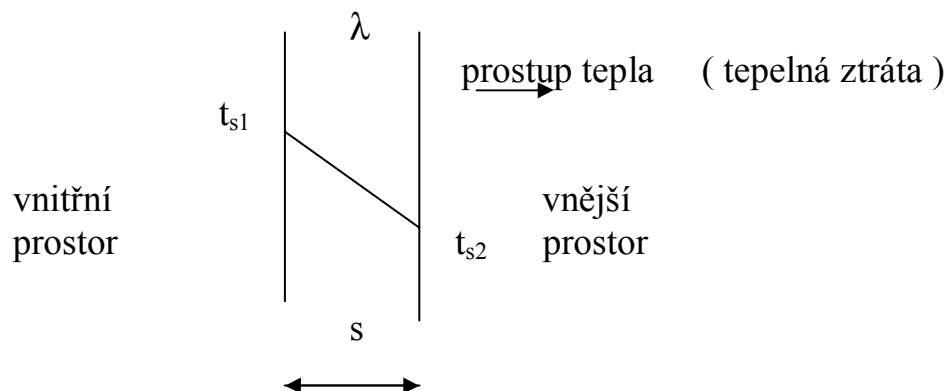
tloušťce stěny  $s / m$  / na jejímž povrchu jsou teploty  $t_{s1} / ^\circ C$  - *vnitřní teplota stěny* a  $t_{s2}$  - *venkovní teplota stěny* bude prostup tepla stěnou o tepelné vodivosti  $\lambda$  (  $W / m ^\circ C$  ) dán vztahem :

$$Q = F \frac{\lambda}{s} (t_{s1} - t_{s2}) \quad / W / , \quad \dots \quad (3.0)$$

kde  $F$  je velikost plochy pro sdílení tepla v  $m^2 /$ .

Průběh teploty ve stěně sdílející teplo pouze vedením je při ustálených teplotových poměrech lineární, jak je patrné z obrázku 3.1 .

Obrázek 3.1 Průběh teploty rovinnou stěnou při sdílení tepla vedením



Tepelná vodivost  $\lambda$  (  $W/m ^\circ C$  ) je definována jako množství tepla procházejícího za sekundu jednotkou plochy při teplotovém spádu  $1 ^\circ C$  na jednotku tloušťky stěny (  $m$  ). Hodnota tepelné vodivosti  $\lambda$  závisí na druhu použitého materiálu stavební konstrukce, která současně hlavní měrou ovlivňuje tepelnou ztrátu objektu a tím provozní náklady na jeho vytápění daným palivem.

Hodnoty tepelné vodivosti některých vybraných materiálů jsou uvedeny v tabulce 3.5.

Tabulka 3.5 Tepelná vodivost vybraných materiálů

Materiál	Objemová hmotnost $\text{kg/m}^3$	Tepelná vodivost $\lambda$ ( $\text{W/m}^\circ\text{C}$ )
železobeton	2400	1,73
beton	2100	1,1
zdivo z plných cihel	1800	0,87
dřevo dubové	700	0,25
pórobeton	400	0,18
papírová drť	55	0,06
desky ze skelných vláken	80 – 150	0,05
desky z minerálních vláken	20 – 200	0,045
pěnový polystyrén	15 – 30	0,043
pěnový polyuretan	20 – 80	0,032
vápenec	2000	1,2
pískovec	2200	1,4

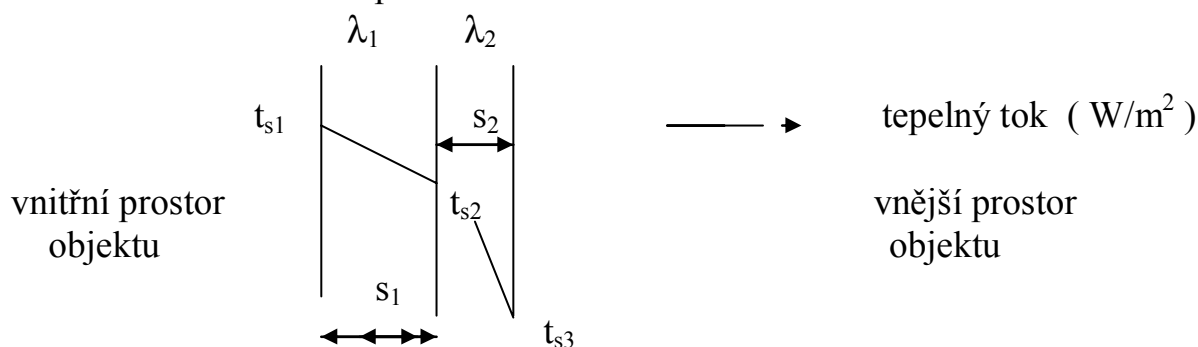
Jak je patrné z tabulky 3.5 mají nejnižší hodnotu tepelné vodivosti ( a tím i nejnižší tepelné ztráty ) materiály, které ve své podstatě představují tepelné izolace. Jejich využití pro stavby budov je však omezeno z hlediska pevnostně statických výpočtů budov, kdy je nutno pro nosné konstrukce použít stavební materiály o určité výpočtové přípustné pevnosti.

Z tohoto důvodu se pak volí technické řešení v kombinaci dvou vrstev a to :

- ◆ pevnostně vyhovující nosná stěna
- ◆ vrstva tepelné izolace.

V tomto případě se pak jedná o teorii vedení tepla složenou rovinnou stěnou dle obrázku 3.2 .

Obrázek 3.2 Vedení tepla složenou rovinnou stěnou.



Na obrázku 3.2 značí :

- $t_{s1}$  vnitřní teplota nosné stěny ( °C )
- $t_{s2}$  vnější teplota nosné stěny
- $t_{s3}$  vnější teplota izolační stěny

Pro složenou stěnu ( dle obr. 3.2 ) ze dvou vrstev různorodých materiálů o tepelné vodivosti  $\lambda_1$  a  $\lambda_2$  je tepelný tok 1 m<sup>2</sup> plochy stejný pro obě vrstvy a je dán následujícím vztahem :

$$q_t = \frac{\lambda_1}{s_1} ( t_{s1} - t_{s2} ) = \frac{\lambda_2}{s_2} ( t_{s2} - t_{s3} ) \quad ( \text{W/m}^2 ) \quad \dots ( 3.1 )$$

Z uvedené rovnice je patrné, že tepelný tok, který prochází složenou stěnou je v podstatě dán vrstvou , které odpovídá nejnižší tepelný tok ( pro danou tloušťku stěny s tepelnou vodivostí ).

Úpravou rovnice s ohledem na teplotové spády v jednotlivých vrstvách dostaneme úhrnný teplotový rozdíl :

$$t_{s1} - t_{s3} = q_t \left( \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} \right) \quad ( \text{°C} ) \quad \dots ( 3.2 )$$

Tepelný tok jednotkou teplosměnné plochy odpovídající tomuto teplotnímu rozdílu je pak dán vztahem :

$$q_t = \frac{t_{s1} - t_{s3}}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2}} \quad ( \text{W/m}^2 ) \quad \dots ( 3.3 )$$

S ohledem na snížení tepelných ztrát objektů při jejich vytápění je možno provést následující zásahy :

- Vliv rozdílu teplot (  $t_{s1} - t_{s3}$  ) / °C /  
Venkovní teplota stěny  $t_{s3}$  je dána jednak klimatickými podmínkami dané lokality stavby a dále pak použitým stavebním materiálem. Vnitřní teplota  $t_{s1}$  je dána předpokládanou funkcí druhu stavby ( bývá převážně 20 °C ). Při

přetápění místností v objektu se zvyšuje tepelná ztráta budovy, neboť narůstá teplotový rozdíl ( $t_{s1} - t_{s3}$ ).

- Vliv tepelné vodivosti použitých stavebních materiálů  $\lambda_1$  a  $\lambda_2$   
Pro snižování tepelných ztrát budov je nutno volit stavební materiály, které mají co možno nejnižší součinitel vedení tepla  $\lambda$ , ale současně nosné konstrukce stavby musí vykazovat požadovanou pevnostně statickou hodnotu. Použitá izolační vrstva je ovlivňována hodnotou  $\lambda_2$ , cenou použité izolace a její použitelností z hlediska architektonického a praktického řešení.
- Tloušťka vrstvy stěny  
Se zvyšující se tloušťkou stěny ( nosné i izolační ) se snižuje tepelný ( ztrátový ) tok stěnou, který v topném období představuje tepelnou ztrátu daného objektu. Minimální tloušťka nosné stěny je dána statickým výpočtem v závislosti na mechanických vlastnostech použitého stavebního materiálu. Zvyšování tloušťky nosné stěny snižuje tepelnou ztrátu ale současně zvyšuje investiční náklady stavby. Pro snižování tepelných ztrát objektů je proto nutno provést optimalizační výpočet, který vezme v úvahu tloušťku nosné stěny a určí druh a optimální tloušťku izolační vrstvy. Samozřejmostí zůstává, že tepelná ztráta objektu bude vyhovovat požadavkům naší legislativy. Závěry tohoto hodnocení pak vychází z ekonomie a to z ceny stavebních a izolačních materiálů, ceny tepla dle druhu použitého paliva pro vytápění a doby návratnosti vynaložených investičních prostředků na snižování tepelných ztrát daného objektu.

Pro tepelně technické parametry, které jsou uváděny pro stavební a izolační materiály se používá hodnota :

- tepelná vodivost  $\lambda$  (  $W/m \text{ } ^\circ C$  )
- tepelný odpor  $R$  (  $m^2 \text{ } ^\circ C / W$  ).

Tepelný odpor jednovrstvé stěny konstrukce  $R$  je podíl tloušťky vrstvy  $s$  ( $m$ ) a součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  ( $W/m \text{ } ^\circ C$ )

$$R = \frac{s}{\lambda} \quad ( m^2 \text{ } ^\circ C / W ) \quad \dots ( 3.4 )$$

Pro stěnu složenou ze dvou vrstev je dán tepelný odpor vztahem :

$$R = \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} \quad ( m^2 \text{ } ^\circ C / W ) \quad \dots ( 3.5 )$$

Čím vyšší je tepelný odpor stavební konstrukce  $R$ , tím nižší je tepelná ztráta objektu a daný objekt je lépe tepelně izolován.

S rostoucí cenou energie rostou i požadavky na hodnotu tepelného odporu stavebních konstrukcí. Časový vývoj požadavků na tepelné odpory konstrukcí uvádí tabulka 3.6.

Tabulka 3.6 Časový vývoj požadavků na tepelný odpor vybraných konstrukcí

rok	požadovaný tepel. odpor $R$ ( $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ )	
	stěny	střechy
1960	0,52	1,05
1978	0,95	1,85
1992	2,0	3,0
1994	2,0 – 2,9	3,0 – 4,35

Podrobnější požadavky na tepelný odpor konstrukcí jsou uvedeny v ČSN 730540 – 2 z května roku 1994 s názvem :

*Tepelná ochrana budov, část 2 : Funkční požadavky.*

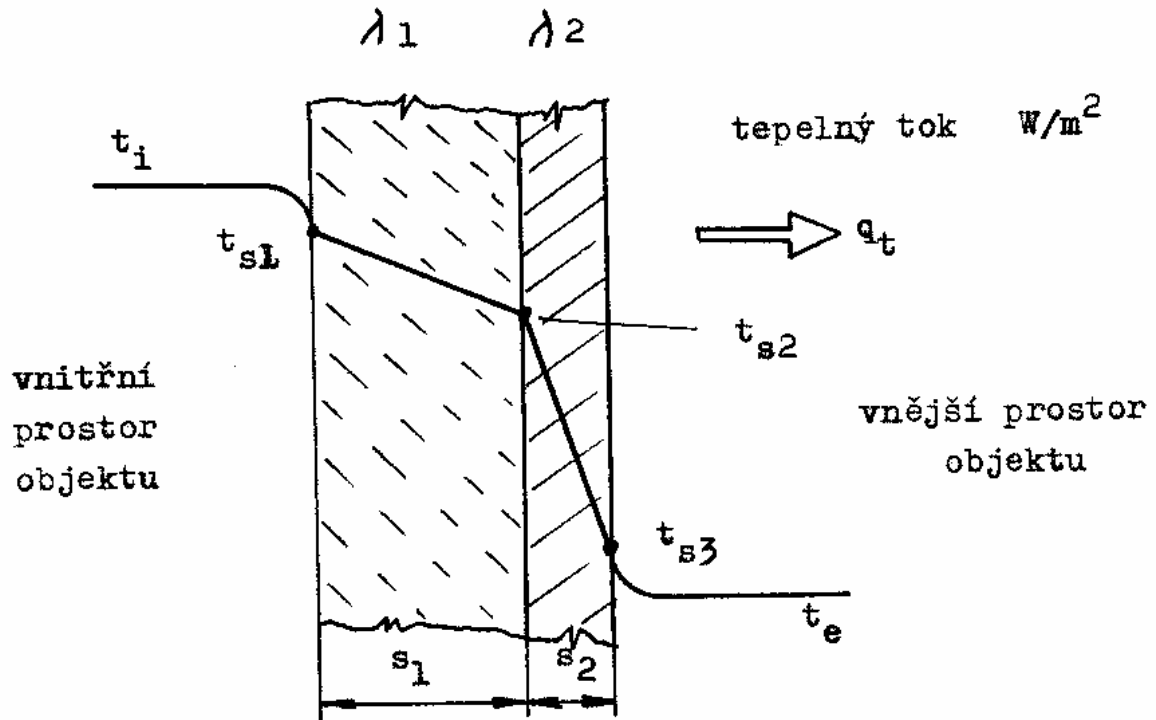
### 3.1.2 Kombinované sdílení tepla vedením a sdílením tepla prouděním ( konvekceí )

Tepelná ztráta stavebních objektů je kombinovaným technickým případem, kdy se jedná o výše uvedený způsob sdílení tepla mezi vnitřním a vnějším teplotovým prostředím stavby.

Přenos tepla z vnitřního prostředí vytápěné místnosti  $t_i$  (nebo objektu jako celku) na vnitřní stěnu o teplotě  $t_{s1}$  je funkcí přenosu tepla prouděním vzduchu o vnitřní teplotě (převážně  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Přenos tepla prouděním dále závisí na rychlosti proudícího média okolo vnitřní stěny (součiniteli přestupu tepla  $\alpha$ ). U vnitřní stěny se pak jedná o  $\alpha_i$  a u vnější stěny o  $\alpha_e$ . Průběh teplot dvouvrstvou stavební stěnou, při uvažování obou součinitelů přestupu tepla prouděním je patrný z obrázku 3.3.

Obrázek 3.3 Průběh teplot při kombinovaném sdílení tepla ( vedením a prouděním ) dvouvrstvou stavební stěnou

Použitá označení :  $t_i$  vnitřní výpočtová teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_e$  venkovní výpočtová teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $q_t$  tepelný tok stěnou ( $\text{W}/\text{m}^2$ )  
 $t_{s1}$  vnitřní teplota stěny ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_{s3}$  vnější teplota stěny ( $^{\circ}\text{C}$ )



Tepelný tok 1  $\text{m}^2$  teplosměnné plochy je pak definován výpočtovým vztahem :

$$q_t = \alpha_1 (t_i - t_{s1}) = \frac{s_1}{\lambda_1} (t_{s1} - t_{s2}) = \frac{s_2}{\lambda_2} (t_{s2} - t_{s3}) = \alpha_2 (t_{s3} - t_e)$$

$$q_t = k (t_i - t_e) \quad (\text{W}/\text{m}^2) \quad \dots \quad (3.6)$$

Součinitel *prostupu tepla* složenou stěnou  $k$  ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ ) je definován vztahem :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}) \quad \dots (3.7)$$

Tepelný odpor stěny  $R$  se vztahuje oproti součiniteli prostupu tepla  $k$  pouze ke stavební konstrukci a nezahrnuje přenos tepla na vnější a vnitřní stěně v důsledku  $\alpha$ . Tepelný odpor stěny je definován vztahem :

$$R = \sum \frac{s_i}{\lambda_i} \quad (\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C/W})$$

Pro vzájemný přepočítání součinitele prostupu tepla a tepelného odporu složené stěny dle obrázku 3.3 platí vztah :

$$K = \frac{1}{R + \left( \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right)} \quad (\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}) \quad \dots (3.8)$$

Pro praktické výpočty je uvažováno s tím, že pro svislé stěny činí hodnota  $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  a  $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ . Pro uvedené hodnoty  $\alpha$  pak vychází:

$$k = \frac{1}{R + \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{23} \right)} = \frac{1}{0,168 + R} \quad (\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}) \quad \dots (3.9)$$



$$R = \frac{1}{k} - 0,168 \quad ( \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W} ) \quad \dots \quad ( 3.10 )$$

Pro součinitel prostupu tepla se v technické literatuře používá označení  $k$  a nověji  $U$ .

Pro jednoduchý způsob navrhování a ověřování obytných a občanských budov s převážně dlouhodobým pobytem lidí, lze požadovanou hodnotu tepelného odporu  $R_N$  určit z tabulky 3.7 .

Hodnotu tepelného odporu  $R_N$  je možno stanovit výpočtem dle vztahu :

$$R_N = \frac{( t_i - t_{ev} )}{q_k \cdot e_1 \cdot e_2 \cdot e_3} \quad , \quad \text{kde značí}$$

- $t_i$  výpočtová vnitřní teplota
- $t_{ev}$  výpočtová venkovní teplota ve smyslu ČSN 060210
- $q_k$  charakteristická hustota tepelného toku  $\text{W/m}^2$
- $q_k = 13 \text{ W/m}^2$  doporučená hodnota
- $19 \text{ W/m}^2$  požadovaná hodnota
- $30 \text{ W/m}^2$  přípustná hodnota pro rekonstrukce
- $e_1$  součinitel typu budovy
- $e_1 = 1,0$  pro budovy obytné a občanské (školské,zdravotnické,administrativní,ubytovací atd.)
- $e_1 = 1,2$  pro budovy občanské ostatní a pro budovy výrobní průmyslové pro velmi lehkou práci
- $e_1 = 1,5$  pro budovy výrobní průmyslové pro lehkou práci
- $e_1 = 1,8$  pro budovy výrobní průmyslové pro středně těžkou a těžkou práci, budovy zemědělské a ostatní.
- $e_2$  součinitel typu konstrukce
- $e_2 = 2,0$  pro stěny mezi vnitřními prostory se shodným režimem regulace vytápění
- $e_2 = 1,0$  pro vnější stěny,střechy strmé se sklonem větším než  $45^\circ$ , vnitřní stropy, stěny mezi vnitřními s odlišným režimem regulace vytápění, konstrukce přilehlé k terénu
- $e_2 = 0,8$  pro střechy šikmé se sklonem od  $5^\circ$  do  $45^\circ$  včetně
- $e_2 = 0,67$  pro střechy ploché se sklonem do  $5^\circ$  včetně, stropy pod nevytápěným prostorem,podlahy nad nevytápěným prostorem
- $e_3$  součinitel tepelné akumulace konstrukce
- $e_3 = 1,0$  pro vnitřní konstrukce,vnější konstrukce do s plošnou hmotností

vnitřních konstrukcí, to je všech vrstev od vnitřního dílce k tepelně izolační vrstvě, nad  $100 \text{ kg/m}^2$   
 $e_3 = 0,87$  pro vnější konstrukce s plošnou hmotností vnitřních vrstev do  $100 \text{ kg/m}^2$ .

Tabulka 3.7 Hodnoty  $R_N$  pro budovy obytné a občanské s převážně dlouhodobým pobytem lidí

druh konstrukce	$R_N(\text{m}^2\text{C/W})$		
	požadovaná hodnota	doporučená hodnota	přípustná hodnota <sup>1)</sup>
Střecha plochá se sklonem do $5^\circ$ včetně, strop pod nevytápěným prostorem, podlaha nad nevytápěným prostorem	3,0	4,35	1,9
Střecha šikmá se sklonem nad $45^\circ$ včetně	2,5	3,65	1,25
Vnitřní strop, konstrukce přilehlá k terénu <sup>2)</sup> , stěna mezi vnitřními prostory s odlišným režimem regulace vytápění pro rozdíl teplot $^\circ\text{C}$			
$t_i - t_{ev} < 5$	0,25	0,4	0,2
$5 < t_i - t_{ev} < 10$	0,55	0,8	0,3
$10 < t_i - t_{ev} < 15$	0,8	1,2	0,5
$15 < t_i - t_{ev} < 20$	1,05	1,5	0,7
$20 < t_i - t_{ev} < 25$	1,3	1,9	0,8
$25 < t_i - t_{ev} < 30$	1,6	2,3	1,0
$t_i - t_{ev} > 30$	2,0	2,9	1,25
Stěna mezi vnitřními prostory se shodným režimem regulace vytápění pro rozdíl teplot $^\circ\text{C}$			
$t_i - t_{ev} < 5$	0,15	0,2	0,1
$5 < t_i - t_{ev} < 10$	0,25	0,4	0,15
$10 < t_i - t_{ev} < 15$	0,4	0,6	0,25
$15 < t_i - t_{ev} < 20$	0,55	0,75	0,35
$20 < t_i - t_{ev} < 25$	0,65	0,95	0,4
$25 < t_i - t_{ev} < 30$	0,8	1,15	0,5
$t_i - t_{ev} > 30$	1,0	1,45	0,65

Poznámky k tabulce :

- 1) Přípustná hodnota platí pro rekonstrukce.
- 2) V pásu šířky 2 m od bodu, ve kterém přilehlá zemina navazuje venkovní vzduch (měřeno podél rozhraní obestavěného prostoru přilehlé zeminy) se uplatňuje požadavek pro vnější stěnu.

#### **4. Realizace zateplování budov ze stavebního a energetického hlediska**

Zateplování stavebních objektů nabývá velmi aktuálně na svém významu s rostoucími cenami vstupních energií. Z tohoto pohledu se jedná především o ekonomické důvody, důvody technického a ekologického rázu ale i o důvody legislativní při žádosti o státní podporu na realizaci opatření ke snížení spotřeby energie. I individuální úsporu energie (byt, rodinný dům) je nutno chápat z celospolečenského i ekologického hlediska.

##### *Ekonomické důvody*

Jednorázovým zateplením stavebního objektu se sníží jeho energetická náročnost a tím se trvale sníží každoroční výdaje na vytápění. Tato položka představuje jednu z nejvyšších položek provozních nákladů na chod domácnosti, nebo správu bytového domu. Snížená spotřeba energie pro vytápění umožní do objektu instalovat tepelný zdroj o nižším výkonu ( a tím i zdroj levnější ) .

U zateplené budovy je možno zahájit topnou sezónu později a ukončit dříve než u stavby klasické a nezateplené. Toto jsou skutečné ekonomicky vyčíslitelné údaje, s kterými je možno ve svých úvahách kalkulovat.

***Z investičního hlediska je možno jednoznačně konstatovat, že peníze vložené do zateplování objektu jsou lépe zhodnoceny než při uložení do banky. Roční nárůst cen energií je totiž vyšší než úroková míra banky.***

##### *Technické důvody*

Zateplením objektu se odstraní jedna z nejčastějších příčin vzniku a bujení plísní, kterou způsobuje kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí. Kondenzace nastává při změně způsobu vytápění a větrání ( zejména při přechodu od vytápění klasickými kamny na jiný zdroj tepla a při dokonalém utěsnění oken).

Realizací zateplovacích opatření se zvýší tepelná pohoda v bytech a zvýší se celková kvalita bydlení. Vyšší a vyrovnanější povrchová teplota stěn sníží riziko povrch jejich povrchových úprav. Jedná se především o tapetované stěny a stěny s obklady.

Zateplování stavebních objektů je možno v zásadě rozdělit na základní tři druhy a to :

- zateplování svislých stěnových konstrukcí
- zateplování střešních konstrukcí
- snižování tepelných ztrát u otvorových výplní ( oken a dveří.)

Pro rozhodování o snižování spotřeby tepla objektů pro vytápění je nutno vycházet z hodnocení stávajícího ( výchozího ) stavu. Toto hodnocení je nutno provádět u stávajících staveb, které budou přicházet v úvahu pro zateplování.

Výstavba nových staveb totiž musí odpovídat současně platným tepelně technickým požadavkům z hlediska tepelné ochrany budov dle ČSN 730540-2.

Energetický požadavek na budovy vychází ze dvou veličin a to :

- geometrická charakteristika budovy  $A_n / V_n$  (  $m^2 / m^3$  )
- celková tepelná charakteristika budovy  $q_{C,N}$  (  $W/m^3 \text{ } ^\circ C$  ).

#### *Geometrická charakteristika budovy*

Tato hodnota je definována vztahem  $A_n / V_n$  (  $m^2 / m^3$  ), kde značí

$$A_n = A_e + \frac{A_{pz}}{2} \quad ( m^2 )$$

$A_e$  je plocha vnějších konstrukcí na rozhraní obestavěného prostoru a vnějšího vzduchu v (  $m^2$  )

$A_{pz}$  plocha konstrukcí na rozhraní obestavěného prostoru a přilehlé zeminy ( podlahy na terénu, stěny přilehlé k zemině ) v (  $m^2$  )

$V_n$  obestavěný prostor spodní (  $V_s$  ) a vrchní (  $V_v$  ) budovy v (  $m^3$  ) podle ČSN 734055 do kterého se nezapočítávají lodžie a zapuštěná zádveří a ve spodní části obytných budov prostory domovního typu

#### *Celková tepelná charakteristika budovy*

Spotřeba energie na vytápění se hodnotí bez uvažování vlivu pasivních solárních zisků a vnitřních zdrojů tepla, kdy budova musí vykazovat celkovou tepelnou charakteristiku budovy  $q_c$  (  $W/m^3 \text{ } ^\circ C$  ) podle vztahu :

$$q_c \leq q_{C,N}$$

kde  $q_{C,N}$  je požadovaná hodnota celkové tepelné charakteristiky budovy dle tabulky 4.1 .

Tabulka 4.1 Hodnoty  $q_{C,N}$  pro obytné a občanské budovy

geometrická charakteristika budovy $A_n / V_n$ ( $m^2/m^3$ )	$q_{C,N}$ ( $W/m^3 \text{ } ^\circ C$ )		
	požadovaná hodnota	doporučená hodnota	přípustná hodnota <sup>1)</sup>
0,2	0,35	0,28	0,48
0,3	0,43	0,34	0,60
0,4	0,50	0,40	0,70
0,5	0,56	0,45	0,79
0,6	0,62	0,49	0,86
0,7	0,67	0,53	0,93
0,8	0,71	0,57	0,99
0,9	0,75	0,60	1,05
1,0	0,79	0,63	1,10
<sup>1)</sup> hodnota	přípustná	pro	rekonstrukce

Hodnoty  $q_{C,N}$  uvedené v tabulce 4.1 jsou chápány následovně :

- přípustná hodnota - pro rekonstrukce
- požadovaná hodnota - pro nové stavby
- doporučená hodnota - pro nové stavby s ohledem na vývoj cen tepelné energie a výhled požadavků na tepelnou ochranu.

Na základě energetického zhodnocení stávajícího stavu stavebního objektu ( nejlépe dle výsledků provedeného energetického auditu daného stavebního objektu) je možno zodpovědně přistoupit ke způsobu a rozsahu zateplování. Způsob zateplování, který je zhodnocen v energetickém auditu, zahrnuje několik variant a výběr varianty optimální.

Zateplování objektů je možno teoreticky provádět z vnitřní nebo vnější strany zateplované stěny. Pro uvedené možnosti zateplování je však nutno vzít v úvahu jejich vzájemné výhody a nevýhody.

## 4.1 Vnitřní a vnější způsob zateplování svislých obvodových konstrukcí

### Vnitřní zateplování

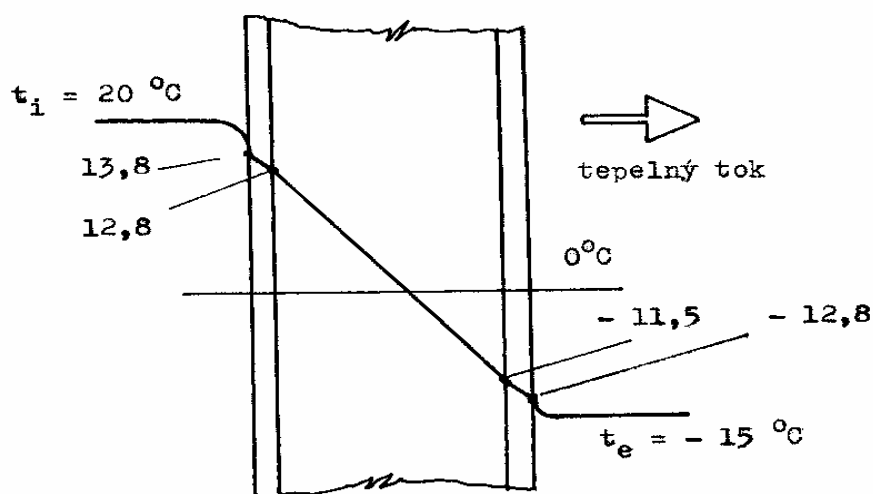
- Nevyžaduje náklady na stavbu lešení.
- Snižuje se užitečný objem místností o tloušťku izolace a její povrchové úpravy.
- Vnější obvodová stěna leží v oblasti promrzáni zdiva. Konstrukce nemá akumulaci tepla, v místnosti je rychle teplo, ale i rychle chladno. Navíc v oblasti mezi izolantem a zdí dochází ke srážení par, což může vést k tvorbě plísní. Průběh teplot stěnou je uveden na obrázku 4.2 .

### Vnější zateplování

- Při vnějším zateplování se bod mrazu nachází v izolační vrstvě (izolantu), nedochází tak k promrzáni zdiva. Stavební konstrukce je prohřátá a vykazuje tepelnou akumulaci. Tepelné ztráty jsou minimální. Průběh teplot stěnou s vnějším zateplením je uveden na obrázku 4.3.
- Při vnějším zateplování objektu je nutno uvažovat s investičními náklady na stavbu lešení.

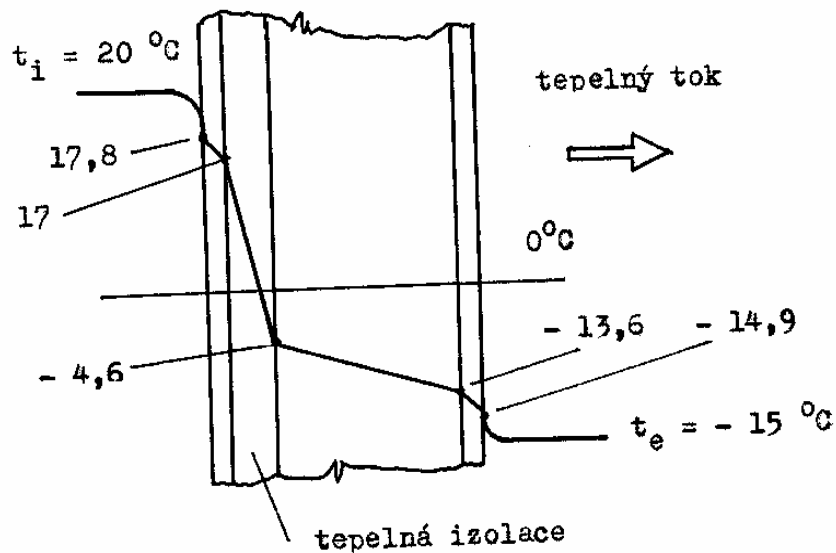
Pro možnost porovnání průběhu teplot stěnou bez zateplení je uveden obrázek 4.1 a zateplených stěn obrázek 4.2 a 4.3. Z uvedeného porovnání vnějšího a vnitřního způsobu zateplování objektu vychází jednoznačná volba z provozního hlediska pro **vnější zateplování objektu**.

Obrázek 4.1 Průběh teplot stěnou u nezatepleného objektu



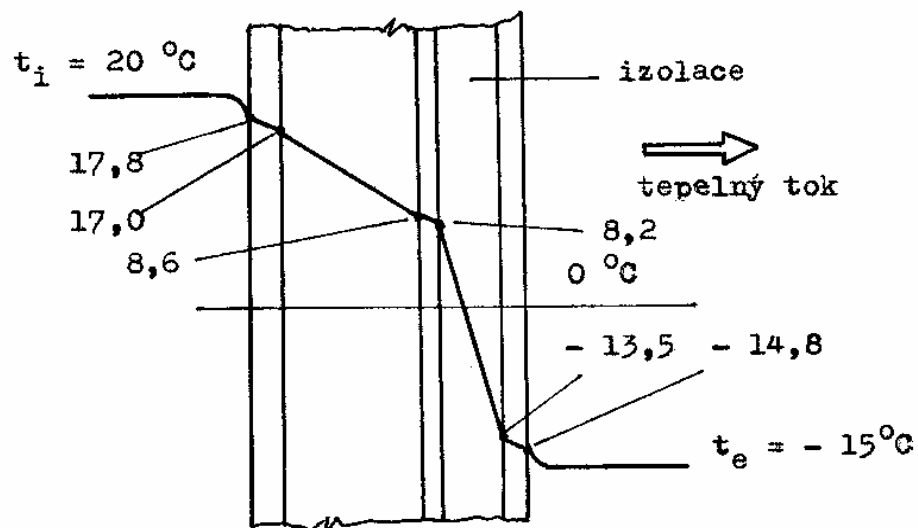
U nezatepleného objektu dochází k výrazným tepelným ztrátám. Zdivo promrzá, neboť bod mrazu se nachází cca v polovině tloušťky stěny.

Obrázek 4.2 Objekt zateplen izolací z vnitřní strany



Vnitřní izolace sníží úniky tepla, nezabrání však promrzání zdiva. Konstrukce nemá dostatečnou akumulaci tepla. Rychlé střídání teplot ve stavební konstrukci může vést k praskání zdiva a tím k jeho narůstajícímu narušování.

Obrázek 4.3 Objekt zateplen izolací z vnější strany



Jak je z průběhu teplot stěnou patrné, nachází se bod mrazu v izolantu a nedochází tak k promrzání zdiva. Konstrukce pak má akumulaci tepla.

## 4.2 Dodatečná vnější tepelná izolace stěnových konstrukcí

Vnější tepelná izolace stěnových konstrukcí přispěje k :

- snížení tepelných ztrát objektu
- zvýšení vnitřní povrchové teploty steny konstrukce, čímž se podstatně sníží ( nebo zcela zabrání ) kondenzaci vodní páry na jejím povrchu a tím i vzniku plísní
- splnění a zajištění požadavků platných norem a souvisejících předpisů a vyhlášek.

Vnější tepelnou izolaci je však nutno chránit před působením vnějších klimatických podmínek. Pro vnější zateplování objektů se používají různé technologické postupy a to především :

- 1) kontaktní tepelné systémy
- 2) montované systémy
- 3) tepelně izolační omítky
- 4) kombinace kontaktní tepelné izolace s tepelně izolační omítkou.

Kontaktní systémy dodatečných tepelných izolací se provádějí z vnější strany konstrukce na rovný podklad. Tepelně izolační vrstva je z pěnového polystyrénu, nebo z desek minerální plsti v tloušťkách od 50 do 100 mm. Při tloušťkách nad 100 mm vznikají problémy s dokonalým kotvením desek k zateplované stěně. Kotvení tepelně izolační vrstvy k podkladu se provádí tmelením při současném použití talířových hmoždinek

Povrch tepelně izolační vrstvy se překryje stěrkou vyztuženou perlinkovou sítí . Vnější finální úprava se pak provádí z tenkovrstvé omítky.

Tepelně izolační omítky se realizují na bázi extrudovaného perlitu nebo drceného či kuličkového polystyrénu. Nevýhodou jsou nižší tepelně technické parametry omítky ve srovnání s kontaktními systémy stejné tloušťky izolační vrstvy. Izolační omítky se provádí do tloušťky cca 30 mm. Při větších tloušťkách je nutno omítku vyztužovat dvojnásobným rabicovým pletivem. Realizací zateplení je možno současně zajistit nové barevné řešení fasády a zlepšení celkového vzhledu daného stavebního objektu.

S ohledem na snížení spotřeby tepla pro vytápění zatepleného objektu se sníží i roční spotřeba paliva ( nebo náklady fakturované za dodávky tepla ). S tím úzce souvisí i snížení ekologické zátěže v okolí zatepleného objektu, pokud je zásobován teplem z domovní kotelny nebo pomocí lokálních bytových topidel. Z uvedených důvodů je zřejmé, že pouhý propoččet ceny uspořené energie plně nevystihuje veškeré pozitivní přínosy zateplování.



### 4.3 Úspora energie při vnějším zateplování objektů

Orientačně lze úsporu tepla 1 m<sup>2</sup> zateplené plochy obvodové konstrukce vyčíslit dle vztahu :

$$\Delta E_r = \frac{k_1 - k_2}{3,25} \quad ( \text{ GJ/r } )$$

Dle způsobu vytápění a druhu použitého paliva je cena tepla na výstupu z tepelného zdroje v současné době cca následující (viz tabulka 4.2) :

Tabulka 4.2 Cena tepla na výstupu z tepelného zdroje, která zahrnuje pouze náklady na palivo

Druh paliva	výhřevnost MJ/kg ( MJ/m <sup>3</sup> )	tepelná účinnost zdroje %	cena tepla Kč / GJ
Hnědé uhlí	16,7	66	135,20
černé uhlí	25,47	68	138,00
koks	27,02	69	246,70
zemní plyn	34,04	85	235,40

Ceny tepla v palivu uvedené v tabulce platí pro rok 2001 a pro následující uvažované ceny paliv včetně DPH :

hnědé uhlí	1490,- Kč/t	černé uhlí	2390,- Kč/t
koks	4600,-	zemní plyn	6,81 Kč/m <sup>3</sup> .

S ohledem na dobu návratnosti vynaložených investičních prostředků na zateplování je nutno vzít v úvahu stále rostoucí ceny paliv a tím i tepla. Pro ilustraci je možno vycházet z následujícího příkladu.

Obvodová stěna zateplování objektu je z plných cihel o tloušťce stěny 0,45 m. Její tepelný odpor je  $R = 0,52 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  a tomu odpovídající součinitel prostupu tepla  $k_1 = 1,45 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  .

Po zateplení objektu kontaktním zateplovacím systémem, který představuje 70 mm tepelného izolantu ( stabilizovaný pěnový polystyrén, tuhá minerální vláknitá deska ) se zvýší tepelný odpor stěny na hodnotu  $R = 2,33 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  a odpovídající součinitel prostupu tepla poklesne na hodnotu  $k_2 = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Úspora energie v důsledku zateplení objektu vztažená na 1 m<sup>2</sup> plochy pak bude :

$$\Delta E_r = \frac{1,45 - 0,4}{3,25} = 0,323 \text{ ( GJ/r )}$$

V průběhu 10 let ( rok 2011 ) lze reálně uvažovat se zvýšením ceny tepla na dvojnásobek ) oproti cenám tepla, které jsou uvedeny v tabulce 4.2 . To znamená, že cena tepla na výstupu z tepelného zdroje ,například ze zemního plynu, bude v roce 2011 na úrovni 470,80 Kč/GJ. Výhledově lze proto uvažovat s průměrnou cenou tepla( pro období -rok 2001 až 2011 ) na výstupu z tepelného zdroje na zemní plyn ve výši :

$$\frac{235,40 + 470,80}{2} = 353,10 \text{ ( Kč/ GJ )}$$

Cena zateplovacích systémů se pohybuje v rozmezí 900 až 1200 Kč/m<sup>2</sup>. Tato zprůměrovaná cena zahrnuje izolační materiál, montážní práce, lešení, zábor atd. Budeme li uvažovat průměrnou cenu 1 m<sup>2</sup> tepelné izolace ve výši 1050,- Kč/m<sup>2</sup> bude při výše uvedené průměrné ceně tepla na výstupu z tepelného zdroje na zemní plyn prostá doba návratnosti na zateplení objektu :

$$\tau = \frac{1050,- \text{ Kč/m}^2}{0,323 \text{ GJ/r} \cdot 353,10 \text{ Kč/GJ}} = 9,2 \text{ ( roků )}$$

Zateplení 1 m<sup>2</sup> plochy představuje v průběhu 10 let průměrnou úsporu za snížení tepelných ztrát ve výši cca 114,- Kč/rok

V mnoha případech je zateplování objektů současně spojeno s opravou poškozené stávající vnější omítky objektu v důsledku dlouhodobě zanedbávané údržby. Při odstraňování zanedbávané stavební údržby a současném provádění zateplení objektu je možno uvažovat se skutečnými náklady na *vlastní zateplení* nižšími cca o 300,- Kč/m<sup>2</sup> ( lešení,práce,náhrada dožitě vnější omítky).

Prostá doba návratnosti, která vlastně souvisí se samotným zateplením objektu pak poklesne na :

$$\tau = \frac{750 \text{ Kč/m}^2}{0,323 \text{ GJ/r} \cdot 353,1 \text{ Kč/GJ}} = 6,6 \text{ ( roků )}.$$

Z výše uvedené prosté doby návratnosti prostředků vynaložených na tepelnou izolaci je jasně patrné, že se jedná o investici s poměrně krátkou dobou návratnosti. Uvedená doba návratnosti bude ještě kratší při vyšší ceně tepla v závislosti na druhu paliva, zajišťování kompletních služeb dodávky tepla z blokových kotelen ( nebo systému CZT ) , zahrnutí tepelných ztrát rozvody tepla atd.

Pro uvedený příklad, zateplení 1 m<sup>2</sup> vnější plochy objektu představuje roční tepelná ztráta hodnotu ve výši :

- bez zateplení objektu	0,446 GJ/m <sup>2</sup>
- po zateplení objektu	0,123
- snížení ztráty	0,323 .

Uvedená hodnota snížení roční spotřeby tepla vlivem zateplení obvodových stěn objektu ( bez zateplení střešní konstrukce a otvorových výplní ) jednoznačně dokresluje význam zateplování stavebních objektů s ohledem na snižování spotřeby tepla a finančních nákladů na vytápění.

Návrh tloušťky izolace pro dodatečné zateplování objektů je možno provádět v zásadě dvěma způsoby a to :

- 1) Při návrhu tloušťky izolační vrstvy pro zateplování obvodového pláště daného objektu se vychází ze stávající hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla ( nebo tepelného odporu ) a legislativou požadované hodnoty. Dodatečná tepelná izolace pak musí zajistit hodnotu , která je vyžadována legislativou.
- 2) Provedením optimalizačního stanovení tloušťky zateplovací vrstvy s ohledem na investiční náklady, cenu tepelné energie, předpokládaný vývoj cen energie atd. Současně je však nutno vzít v úvahu, že takto stanovená optimální tloušťka izolace musí současně splňovat legislativou stanovené hodnoty.

Při stanovení optimální tloušťky dodatečné vnější tepelné izolace je nutno vzít v úvahu i následující finanční náklady :

*Náklady, které nezávisí na tloušťce izolační vrstvy*

- náklady na lešení
- náklady na zábor a vybavení staveniště
- náklady na vnější povrchovou úpravu zateplované plochy.

*Náklady, které přímo souvisí s použitou tloušťkou dodatečné tepelné izolace objektu*

- investiční a montážní náklady na izolační vrstvu, které budou narůstat v závislosti na její tloušťce
- provozní náklady na roční spotřebu tepla, které budou klesat se vzrůstající tloušťkou použité izolační vrstvy.

Graficky jsou veškeré výše uvedené náklady, pro zvolený druh izolace, pro ilustraci uvedeny schematicky na obrázku 4.4 .

Z provedených úvah vyplývá, že šetřit na tloušťce tepelné izolace se nevyplácí, neboť změna tloušťky tepelného izolantu o 10 mm znamená celkové zvýšení ceny zateplovacího systému pouze o 2 až 3 %. Změna tepelného odporu některých stavebních konstrukcí, v závislosti na tloušťce dodatečné tepelné izolace z pěnového polystyrénu, je patrna z tabulky 4.3 .

Tabulka 4.3 Tepelný odpor vybraných konstrukcí po zateplení pěnovým polystyrénem  $R$  ( $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$ ) pro uvedenou tloušťku dodatečné tepelné izolace

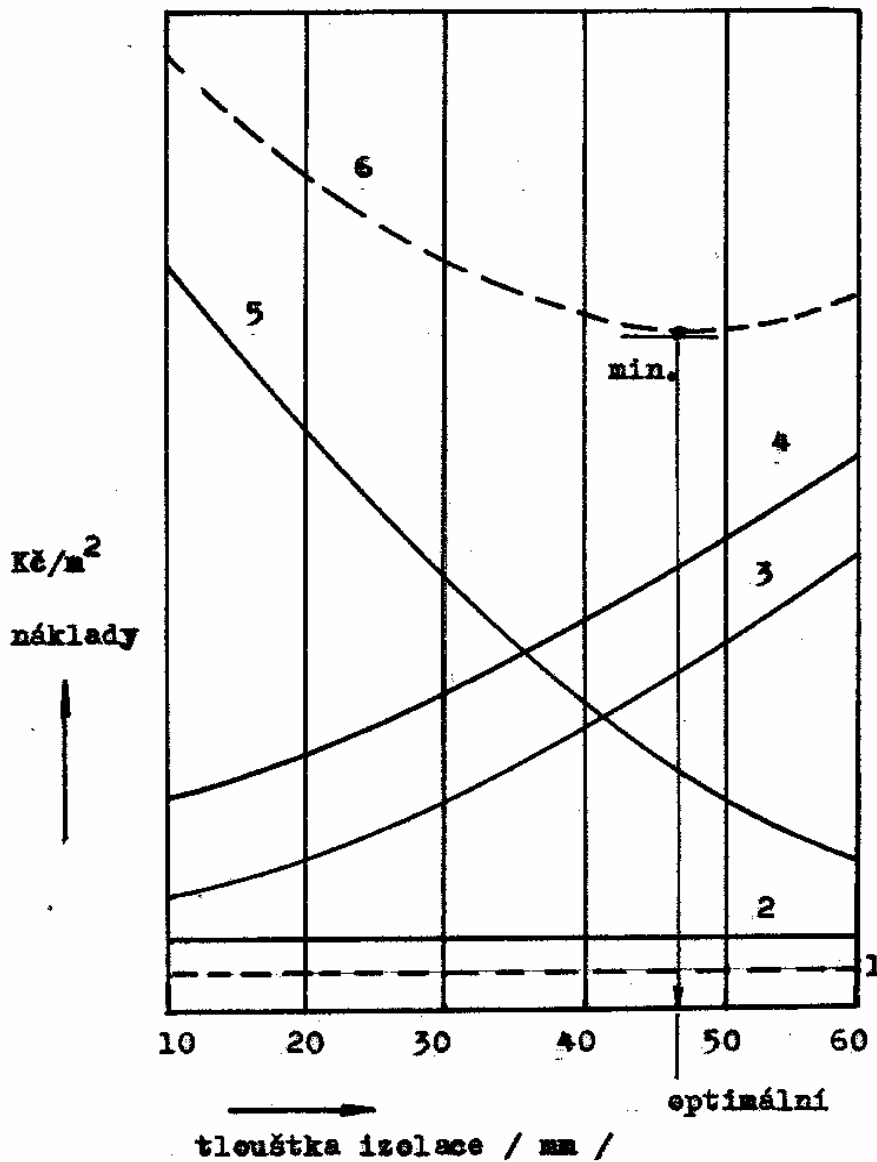
Druh stěny	Tepelný odpor $R$ $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$	Tepelný odpor po zateplení		
		1,25	2,0	2,9
plná cihla 450 mm	0,55	32 mm	65 mm	105 mm
zdivo z cihel CDM 375 mm	0,56	30 mm	61 mm	100 mm
škvárobeton 300 mm	0,53	33 mm	65 mm	105 mm
pórobeton 300 mm	0,77	18 mm	50 mm	88 mm

Vezmeme li v úvahu plné cihelné zdivo ( viz hodnoty tepelného odporu uvedené v tabulce ) bude při jeho dodatečné tepelné izolaci pěnovým polystyrénem o tloušťce 32 mm zvýšen původní tepelný odpor o hodnotu  $\Delta R = 1,25 - 0,55 = 0,7 \text{ } m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$ , což vztaženo k cihelné zdi bez izolace představuje zvýšení hodnoty  $R$  o 127,3 % . Pro tloušťku izolace 10 mm pak vychází  $\Delta R = 0,218 \text{ } m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$  ... zvýšení hodnoty  $R$  oproti zdi bez izolace o 39,8 % . Tyto hodnoty dokreslují předcházející tvrzení, že na tloušťce izolace se nemá šetřit. Úspora tepla v % je o řád vyšší, než nárůst investičních nákladů při zvětšení tloušťky izolace o 10 mm ( cca 3 % ) .

Obrázek 4.4 Schematický způsob stanovení optimální tloušťky tepelné izolace

Na obrázku značí :

- 1 - náklady na lešení
- 2 - náklady na vnější povrchovou úpravu izolační vrstvy
- 3 - investiční náklady na vlastní izolační vrstvu a její montáž
- 4 - celkové investiční náklady na zateplení
- 5 - provozní náklady na teplo
- 6 - celkový součet provozních a investičních nákladů v jehož minimum leží optimální tloušťka tepelné izolace



## 5. Dodatečná tepelná izolace střešních konstrukcí

Pro teoretické úvahy a tepelně technické výpočty platí při tomto způsobu zateplování stejné zásady termomechaniky jako při zateplování obvodových stěn objektů.

Úkolem dodatečné tepelné izolace střešních konstrukcí je snížit tepelnou ztrátu objektu touto částí a zajistit tepelnou pohodu místností situovaných v prostoru pod střechou.

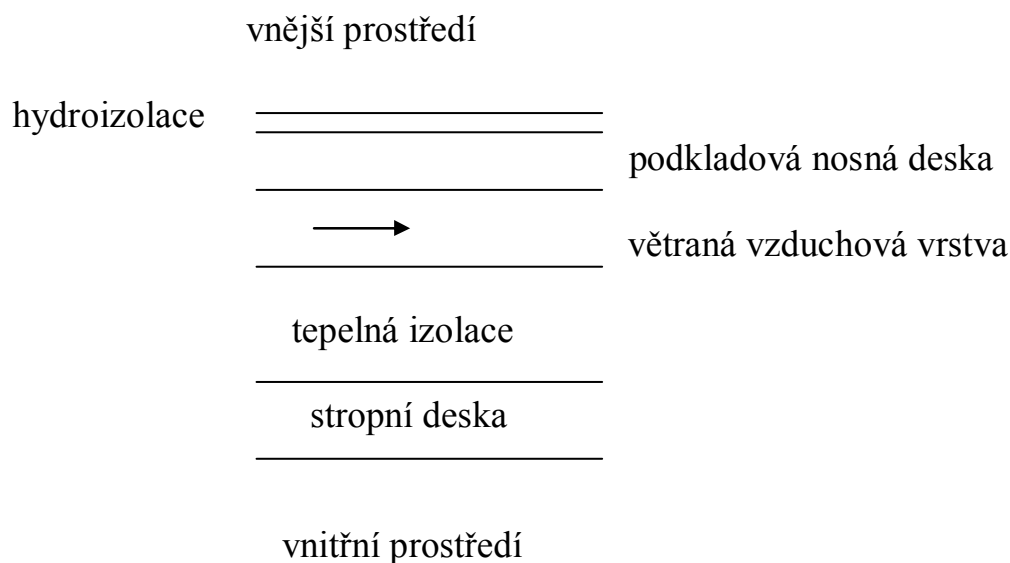
Střešní konstrukce je možno rozdělit na dvě základní provedení a to :

- ploché střechy
- šikmé střechy.

### 5.1 Ploché střešní konstrukce

U těchto střešních konstrukcí je nutno nejdříve stanovit o jaký typ střešní konstrukce se jedná, neboť její provedení může být realizováno dvěma způsoby a to jako :

- ◆ střeška jednoplášťová  
jejíž vrstvy jsou od strany vnějšího do vnitřního prostředí kladeny v následující pořadí
  - hydroizolace
  - podkladový beton
  - tepelná izolace stávající
  - stropní deska.
- ◆ střeška dvouplášťová  
jejíž vrstvy jsou patrné ze schematu



### 5.1.1 Jednoplášťové střechy

Vzhledem k tomu, že tento způsob provedení tvoří v zásadě kompaktní střešní vrstvu je její zateplování možno provádět z vnější strany konstrukce. Aby tepelná izolace plnila co nejlépe své poslání (co nejvyšší tepelný odpor) musí být na vrstvu izolace použit nenasákavý materiál. Izolační vrstva nasáklá vodou přestává zcela či částečně plnit svoji funkci, neboť s její vlhkostí se mění tepelná vodivost a tím i tepelný odpor dané vrstvy.

Většinou se zateplování jednoplášťových střech provádí dále uvedenými technologickými postupy.

#### 1) *Nástřik polyuretanové pěny PURKRYT*

Před vlastním nástřikem je nutno podkladový povrch důkladně očistit. Nástřik polyuretanové pěny se pak provádí na suchý povrch (asfaltové krytiny, plech atd.) v tloušťkách 20 až 50 mm. Po zaschnutí pěny se na její vnější povrch nanáší reflexní vrstva. S ohledem na kvalitu zateplení a dodržení požadovaného technologického postupu je důležité, aby realizaci prováděla pouze firma, která vlastní odpovídající licenci. Technologický postup je totiž náročný na dodržení požadovaných vnějších klimatických podmínek. Spolu s provedením dodatečné tepelné izolace se obnovují klempířské a pokrývačské konstrukce.

#### 2) *Střecha s opačným pořadím vrstev*

Na stávající vnější povrch střechy se položí desky z extrudovaného pěnového polystyrénu v tloušťce 50 až 100 mm. Proti působení vnějších povětrnostních vlivů se desky překryjí sítovinou a oblázky.

#### 3) *Klínové desky z minerální plsti*

Na očištěný podklad původní hydroizolační vrstvy se položí klínové tvrzené desky z minerální plsti. Z desek se vytvoří spádová vrstva směrem ke střešním vpustím. Povrch desek se překryje střešní hydroizolační fólií. Fóliová krytina je zakotvena k podkladu a napojena na nové klempířské konstrukce.

### 5.1.2 Dvouplášťové střechy

Nejsnadnější provedení dodatečné tepelné izolace je zvýšení tloušťky původní tepelné izolační vrstvy, která je položena na spodní stropní desce. Pro dodatečnou tepelnou izolaci se tak využije část výšky větrané vzduchové vrstvy. Část uvedené výšky z toho důvodu, aby nad vrstvou dodatečné tepelné izolace ještě zůstala větraná vzduchová vrstva.

V případě, že výška stávající větrané vzduchové vrstvy je příliš nízká lze provést dodatečnou tepelnou izolaci z vnitřní strany stavebního objektu.

Nejčastěji používané technologické postupy dodatečného zateplování dvouplášťových střech jsou uvedeny dále.

#### 1) *Nafukování izolace Klimatizer Plus*

Tato tepelná izolace se dodává v pytlích a do dutiny střechy se nafukuje pomocí speciálního zařízení. Tloušťka izolace se volí tak, aby nad vrstvou dodatečné tepelné izolace ještě zůstala větraná vzduchová vrstva minimálně 20 až 30 mm.

#### 2) *Položení desek z minerální plsti*

Tento způsob dodatečné tepelné izolace spočívá v tom, že na stávající tepelnou izolaci se položí desky z minerální plsti, nebo ze skelných vláken. Tloušťka izolace se opět volí tak, aby byla zachována minimální větraná vzduchová vrstva 20 až 30 mm.

## 5.2 Šikmé střešní konstrukce

Dodatečná tepelná izolace šikmých střech se uplatňuje při realizaci půdních vestaveb, zřizování podkroví a při zateplování starších objektů. Při zateplování uvedených konstrukcí je však nutno respektovat následující základní požadavky:

- ◆ tepelně izolační vrstvu provádět z vláknitých materiálů
- ◆ co nejblíže k vnitřnímu líci konstrukce umístit parotěsnou vrstvu ( folie PVAC, PVC atd.)
- ◆ nad tepelně izolační vrstvou ponechat větranou vzduchovou vrstvu, která bude odvětrána u římsy a hřebene do vnějšího ovzduší
- ◆ pod skládanou taškovou krytinu je nutno použít jako pojistnou hydroizolační vrstvu pouze paropropustné fólie, které jsou k tomu určené.

Skladba vrstev zateplené střešní krytiny je pak následující ( směrem z vnějšího do vnitřního prostředí ) :

- ◆ tašková krytina
- ◆ laťování
- ◆ kontralatě
- ◆ paropropustná fólie
- ◆ větraná vzduchová vrstva
- ◆ tepelně izolační vrstva
- ◆ podbíjení
- ◆ parotěsná fólie
- ◆ palubky.



Technologie zateplování šikmých střech se většinou provádí následujícími postupy.

- 1) Vkládáním izolační vrstvy mezi krokve. Tepelně izolační materiál, který je převážně z desek provedených z minerálních vláken, se vloží mezi krokve v potřebné tloušťce. Nad tepelně izolační vrstvou musí zůstat větraná vzduchová mezera 20 až 30 mm. Pod tepelně izolační vrstvou se umístí parotěsná fólie, která se překryje sádkartonem nebo palubkami.
- 2) Tepelná izolace je položena z vnější strany na stávající laťování. Na stávající laťování střechy se položí speciální tvarovky z pěnového polystyrénu. V těchto tvarovkách jsou již provedeny drážky pro osazení taškové krytiny. Osazení tvarovek se provádí shora, takže prostor podkroví není během zateplování narušen.

### **5.3 Snížení spotřeby energie při dodatečném zateplení střešních konstrukcí**

Pro další postup budeme opět vycházet z předchozího dělení střešních konstrukcí na :

- ploché střechy
- šikmé střechy.

Požadované hodnoty tepelného odporu střešních konstrukcí jsou uvedeny v ČSN 730540 – 2, Tepelná ochrana budov, Část 2 : Funkční požadavky. V předkládaném produktu jsou tyto hodnoty uvedeny v tabulce 3.7 na straně 33.

Pro názornost bude dále provedeno porovnání stávajících hodnot tepelného odporu ( před zateplováním ) a nových hodnot tepelného odporu docíleného při zateplování.

#### **5.3.1 Ploché jednoplášťové střechy stávající**

Hodnocení stávajícího stavu provedení jednoplášťových plochých střech vychází z následujících variant realizace .

##### ***Varianta č.1***

Složení střešní konstrukce je směrem od vnějšího do vnitřního prostředí provedeno následovně :

hydroizolace	12 mm
pórobetonové desky	125 mm
spádový násyp	30 mm
keramický strop	150 mm.

### **Varianta č.2**

Složení střešní konstrukce ve stejném směru jako u varianty č. 1 je následující :

hydroizolace	12 mm
cementový potěr	30 mm
polystyrénové desky	50 mm
spádový násyp	30 mm
keramický strop	150 mm.

### **Varianta č.3**

Složení střešní konstrukce uváděno opět ve stejném směru a to z vrstev :

hydroizolace	12 mm
polystyrénové desky	2 x 50 mm
vyrovnávací násyp	30 mm
keramický strop	150 mm.

Pro uvedené tři varianty stávající střešní konstrukce jsou jejich tepelně technické hodnoty uvedeny v tabulce 5.1.

Tabulka 5.1 Tepelně technické vlastnosti uvedených variant střešních konstrukcí

<b>Tepelně technické vlastnosti</b>			<b>Var.1</b>	<b>Var.2</b>	<b>Var.3</b>
Tepelný odpor	R	$m^2\text{°C}/W$	1,03	1,58	2,65
Souč.prostupu tepla	k	$W/m^2\text{°C}$	0,83	0,57	0,36
Teplota v ploše stěny	$t_{si}$	$\text{°C}$	16,4	17,5	18,5
<b>Potřeba energie a paliva na 1 m<sup>2</sup> za rok</b>					
Koks		kg	9,15	6,27	3,90
Hnědé uhlí		kg	16,22	11,12	6,91
Zemní plyn		m <sup>3</sup>	6,87	4,71	2,93
CZT		MJ	160,59	110,08	68,44
Elektrická energie		kWh	46,95	32,19	20,01

Z uvedené tabulky je patrný vliv vlastního provedení stávající střešní konstrukce. Uvedené spotřeby paliva jsou vypočteny pro vnější teplotu – 15 °C, Průměrnou venkovní teplotu v topném období + 4,0 °C a počet dnů v topném období  $d = 250$ . Výpočet spotřeby paliva zahrnuje i tepelnou účinnost zdrojů na jednotlivá paliva.

### 5.3.2 Ploché střechy jednoplášťové po jejich zateplení

V následující tabulce 5.2 jsou uvedeny tepelně technické vlastnosti zateplených předcházejících variant . Skladba střešní konstrukce směrem od vnějšího do vnitřního prostředí je uvedena v popisu zateplených variant.

#### ***Varianta č.1***

násyp	min 30 mm
dodatečná tepelná izolace	
stříkanou polyuretanovou pěnou	70 mm
původní hydroizolace	12 mm
pórobetonové desky	125 mm
spádový násyp	30 mm
keramický strop	150 mm

#### ***Varianta č.2***

násyp	30 mm
dodatečná tepelná izolace	
z pěnového polystyrénu	50 mm
hydroizolace	12 mm
cementový potěr	30 mm
polystyrénové desky	50 mm
spádový násyp	30 mm
keramický strop	150 mm

#### ***Varianta č.3***

násyp	30 mm
dodatečná tepelná izolace	
ze dvou vrstev pěn.polystyrénu	100 mm
hydroizolace	12 mm
polystyrénové desky	2 x 50 mm
vyrovnávací násyp	30 mm
keramický strop	150 mm.

Vliv realizace zateplení původních střešních konstrukcí ( varianta 1 až 3 ) na tepelně technické parametry je patrný z následující tabulky.

Tabulka 5.2 Ploché jednoplášťové střechy po zateplení

Tepelně technické vlastnosti		Var.1	Var.2	Var.3	
Tepelný odpor	R	$\text{m}^2\text{°C/W}$	3,36	3,00	3,15
Souč.prostupu tepla	k	$\text{W/m}^2\text{°C}$	0,28	0,32	0,30
Teplota v ploše stěny	$t_{si}$	$\text{°C}$	18,8	18,6	18,7
<b>Potřeba energie a paliva na 1 m<sup>2</sup> za rok</b>					
Koks		kg	3,11	3,47	3,31
Hnědé uhlí		kg	5,51	6,15	5,86
Zemní plyn		$\text{m}^3$	2,33	2,61	2,48
CZT		MJ	54,56	60,92	58,03
Elektrická energie		kWh	15,95	17,81	16,97

Z tabulek 5.1 a 5.2 pak vychází roční úspora tepla (použity uvedené hodnoty pro CZT ) na 1 m<sup>2</sup> střešní konstrukce pro jednotlivé varianty ( před a po zateplení) dle tabulky č. 5.3 .

Tabulka 5.3 Úspora tepelné energie za rok na 1 m<sup>2</sup> střešní konstrukce vlivem jejího zateplení

hodnota		Var.1	Var.2	Var.3
Původní spotřeba	MJ	160,59	110,08	68,44
Spotřeba po zateplení	MJ	54,56	60,92	58,03
Úspora energie	MJ	106,03	49,16	10,41
Úspora oproti původní spotřebě	%	<b>66,02</b>	<b>44,66</b>	<b>15,21</b>

***Z uvedených hodnot docílené úspory energie jednoznačně vyplývá opodstatnění zateplování střešních konstrukcí stavebních objektů.***

### 5.3.3 Šikmé střechy po zateplení

Pro možnost porovnání tepelného odporu šikmé střechy před a po zateplení je zvolen případ střešní konstrukce, která směrem od venkovního do vnitřního prostředí má následující vrstvy :

- tašková krytina
- laťování pod tašky
- bednění
- krokev
- heraklit
- omítka na deskách heraklitu.

Pro uvedenou skladbu vrstev střešní konstrukce vychází tepelně technické parametry dle tabulky 5.4.

Tabulka 5.4 Tepelně technické vlastnosti šikmé nezateplené střechy

<b>Tepelně</b>	<b>technické</b>	<b>vlastnosti</b>
Tepelný odpor R	$\text{m}^2\text{°C/W}$	0,36
Součinitel prostupu tepla - k	$\text{W/m}^2\text{°C}$	1,77
Teplota v ploše stropu $t_{si}$	$\text{°C}$	11,7
<b>Potřeba energie na 1 m<sup>2</sup> konstrukce za rok</b>		
Elektrická energie	kWh	124,35
Zemní plyn	m <sup>3</sup>	18,19
Koks	kg	24,23
Hnědé uhlí	kg	42,96

Provede li se dodatečné zateplení uvedené střešní konstrukce tepelnou izolací z minerálních vláken o tloušťce 180 mm změní se její tepelně technické parametry – viz tabulka 5.5. Dle popisu předcházejících technologických postupů je použita dále parotěsná a paropropustná fólie.

Tabulka 5.5 Tepelně technické vlastnosti šikmé zateplené střechy.

<b>Tepelně</b>	<b>technické</b>	<b>vlastnosti</b>
Tepelný odpor R	$\text{m}^2\text{°C/W}$	2,95
Součinitel prostupu tepla - k	$\text{W/m}^2\text{°C}$	0,32
Teplota v ploše stropu $t_{si}$	$\text{°C}$	18,6
<b>Potřeba energie na 1 m<sup>2</sup> konstrukce za rok</b>		
Elektrická energie	kWh	21,07
Zemní plyn	m <sup>3</sup>	3,08
Koks	kg	4,11
Hnědé uhlí	kg	7,28

*Z uvedených hodnot potřeby energie na 1 m<sup>2</sup> střešní konstrukce za rok vyplývá, že zateplením uvedené střešní konstrukce dojde k úsporám energie ve výši 83 %.*

Na základě hodnot ceny tepla, dle druhu použitého paliva, a investičních nákladů dle zpracovaných cenových nabídek je opět možno stanovit dobu návratnosti investičních prostředků vynaložených na zateplení střešních konstrukcí.

Pro zateplování šikmých střešních konstrukcí se v současné době velmi rozšířil izolační materiál z kamenné vlny od firmy Rockwool a.s. Tato vlna se vyrábí z těžkotavitelných vulkanických hornin. Díky vysokému bodu tání nad 1000 °C poskytuje maximální ochranu před požárem. Materiály určené pro šikmé střechy jsou v celém průřezu hydrofobizované, což znamená, že odpuzují vodu.

Kamenná vlna má velmi nízký součinitel tepelné vodivosti a proto poskytuje výborné tepelně izolační parametry. Pórovitá struktura kamenné vlny zaručuje vysokou propustnost vodních par.

Pro ilustraci je možno uvést, že kamenná vlna o tloušťce izolace 10 mm ( $\lambda = 0,04 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ ) má stejný tepelný odpor jako :

<i>materiál</i>	<i>tloušťka materiálu pro stejný tepelný odpor jaký má 10 mm kamenná vlna</i>
železobeton	350 mm
plná cihla	200
děrovaná cihla	90
dřevo	38 .

Budeme li vycházet z našich uvedených příkladů, vychází pro šikmou střechu zateplenou tloušťkou kamenné izolace 200 mm roční úspora (oproti nezateplené) na 1 m<sup>2</sup>, při uvažované ceně tepla 300,- Kč/GJ, ve výši 145,- Kč/m<sup>2</sup> rok .

Při ceně izolace 211,60 Kč/m<sup>2</sup> včetně 5 % DPH a předpokladu, že 40 % ceny materiálu bude na montáž a fólie, bude celková cena 296,- Kč/m<sup>2</sup> izolace. Prostá doba návratnosti investice na zateplení šikmé střechy pak bude :

$$\tau = \frac{296}{145} = 2,04 \text{ roků.}$$

## 6. Snižování tepelných ztrát u otvorových výplní.

Značný podíl celkové spotřeby tepla na vytápění, která je hlavní bilanční položkou, činí ztráty prostupem tepla pláštěm objektu. Rozdělení tepelných ztrát obytných objektů z období do roku 1984, kdy byl součinitel prostupu tepla stěnami min.  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  v souladu s platnými předpisy v době výstavby, je cca následující:

druh konstrukce	rozdělení tepelných ztrát v %
obvodová konstrukce	32,3
okna celkem	45,0
z toho- prostupem	20,2
- infiltrací	24,8
podlaha	1,6
strop	1,7
vnitřní konstrukce	19,4 .

Z uvedeného složení výše tepelných ztrát objektů vyplývá, že ztráta tepla okny je značná a je nutno jí věnovat patřičnou pozornost v rámci opatření ke snižování energetické náročnosti.

Tepelné ztráty okny vznikají :

- prostupem tepla
- infiltrací, což je netěsnostmi okenní konstrukce.

### 6.1 Snižování ztráty prostupem tepla

Tepelně technický ukazatel kvality okna je používán součinitel prostupu tepla, nebo tepelný odpor. Pro běžná zdvojená okna je součinitel prostupu tepla  $k = 2,7$  až  $3,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tato hodnota je vysoká a proto je snahou tuto hodnotu snižovat.

K jejímu snižování je možno použít různé druhy žaluzií, textilní rolety apod. Jejich použití je však dosti omezeno vzhledem k účelům místností, kterým mají sloužit. Pro ilustraci je uveden vliv použití meziokenní hliníkové žaluzie u dřevěného zdvojeného okna.

dřevěné zdvojené okno s žaluzií	k W/m <sup>2</sup> °C
- bez úpravy	2,52
- lamely sklopeny dovnitř	2,15
- lamely sklopeny ven	2,08
- lamely vodorovně	2,19 .

Další možností je použití více skel v okně, nebo záměna materiálu oken, což je patrné z následujících hodnot :

okno	k (W/m <sup>2</sup> °C )
dřevěné zdvojené bez úpravy	2,9
dřevěné se třemi skly nebo trojsklem	1,9
plastové	1,1 .

## 6.2 Snižování tepelné ztráty infiltrací

Pod pojmem netěsnost okna rozumíme jednak netěsnost pevné spáry, to je spáry mezi okenním rámem a konstrukcí obvodového pláště a dále netěsnost spáry pohyblivé, to je mezi rámem okna a rámem okenního křídla.

Pevná spára by měla být vzduchotěsná. Spáry pohyblivé by neměly být příčinou nadměrných tepelných ztrát. Těsnění spár je možno realizovat několika způsoby a to :

- kovové pásy
- pásy z pěnového polyuretanu
- kartáčové těsnění apod.

Použití plastových oken vykazuje velmi nízké hodnoty infiltrace a tím i značné snížení tepelných ztrát. Je však nutno současně si uvědomit, že větrání místností není možno úplně zamezit. Z hlediska současných hygienických požadavků je minimální výměna objemu vzduchu v místnosti 0,5 až 1,0 krát za hodinu.



### 6.3 Návratnost vynaložených investičních prostředků na výměnu oken

Snižování tepelných ztrát prostupem tepla a infiltrací je možno realizovat výměnou stávajících dřevěných oken za okna plastová, jejichž předností je nízký součinitel prostupu tepla a součinitel spárové provzdušnosti. Současně odpadají náklady na údržbu oken ( nové nátěry v určité časové periodě ), kterou je nutno provádět u oken dřevěných. Pro uvedení do dané problematiky je opět nejlepší použít konkrétní ilustrační příklad.

Např. stávající okna v panelových domech , která jsou dřevěná a zdvojená, vykazují průměrný součinitel prostupu tepla  $k = 2,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Provedeme li po jejich dožití ( nebo dříve dle uvážení jejich výměnu za okna plastová např. od firmy HOCO s.r.o.) dojde ke snížení součinitele prostupu tepla na hodnotu  $K = 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Pro ilustraci je možno vzít v úvahu byt v panelovém domu 3 + 1 o rozloze obytné plochy  $90 \text{ m}^2$ . V tomto bytě jsou čtyři dřevěná zdvojená okna o celkové ploše  $12 \text{ m}^2$ . Pro ekonomické posouzení výměny oken budeme vycházet z tepelné ztráty okny vlivem prostupu tepla a infiltrace. Plastová okna budou z pohledu tepelných ztrát výhodnější jak pro prostup tepla tak pro infiltraci.

Pro náš příklad budeme vycházet z následujících klimatických podmínek:

nejnižší venkovní výpočtová teplota	$t_{ev} = - 15 \text{ }^\circ\text{C}$
průměrná venkovní teplota v topném období	$t_e = + 3,9 \text{ }^\circ\text{C}$
počet dnů v topném období	$d = 234 \text{ dnů/r}$
průměrná vnitřní teplota v bytě	$t_i = 19 \text{ }^\circ\text{C}$

Za topné období bude pro nepřerušované vytápění tepelná ztráta prostupem tepla okny definována výpočtovým vztahem :

$$Q = k \cdot F ( t_i - t_e ) \cdot d \cdot 24 \quad ( \text{Wh/r} ) \quad \dots (6.1)$$

kde značí  $F$  ... plochu oken (  $\text{m}^2$  ).

Pro použitý materiál oken bude tato tepelná ztráta následující :

#### ***okna dřevěná***

$$Q_d = 2,9 \cdot 12 ( 19 - 3,9 ) \cdot 234 \cdot 24 = 2951095,7 \quad \text{Wh/r}$$

$$Q_d = 2,951 \text{ MWh/r} = 10,623 \text{ GJ/r} .$$

### okna plastová

$$Q_{pl} = 1,1 \cdot 12 (19 - 3,9) \cdot 234 \cdot 24 = 1119381,1 \text{ Wh/r}$$

$$Q_{pl} = 1,119 \text{ MWh/r} = 4,028 \text{ GJ/r}.$$

Snížení tepelné ztráty prostupem tepla při záměně oken představuje hodnotu :

$$\Delta Q = Q_d - Q_{pl} = 10,623 - 4,028 = 6,595 \text{ GJ/r, což vztaženo k výchozí hodnotě představuje úsporu tepla ve výši 62,08 \%}$$

Tepelná ztráta infiltrací oken vychází z výpočtových vztahů pro větrání místností a stanoví se pro infiltraci dle vztahu :

$$Q_{inf} = 1300 \cdot V_{vp} (t_i - t_e) \quad (\text{W}).$$

Pro infiltraci se tok vzduchu  $V_{vp}$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) stanoví dle vztahu :

$$V_{vp} = \Sigma (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad (\text{m}^3/\text{s}),$$

kde  $\Sigma (i_{LV} \cdot L)$  je součet provzdušnosti oken daného bytu ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ )

$i_{LV}$  součinitel spárové provzdušnosti ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}$ )

$L$  délka spár otevíratelných částí oken (m)

$B$  charakteristické číslo budovy ( $\text{Pa}^{0,67}$ )

$M$  charakteristické číslo místnosti (-).

Pro vlastní vzájemné porovnání oken dřevěných a plastových z pohledu infiltrace bude snížení ztrát tepla dáno poměrem součinitelů spárové provzdušnosti.

Pro dřevěná zdvojená okna je  $i_{LV} \cdot 10^{-4} = 2,8$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ ) a pro plastová okna  $i_{LV} \cdot 10^{-4} = 0,3$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ ).

Podle rozdělení tepelných ztrát oken prostupem tepla a infiltrací pak vychází :

<b>okna dřevěná</b>	tepelná ztráta prostupem	10,623	GJ/r
	tepelná ztráta infiltrací	13,042	
	-----		
	tepelná ztráta celkem	<b>23,665</b>	<b>GJ/r.</b>
<b>okna plastová</b>	tepelná ztráta prostupem	4,028	GJ/r
	tepelná ztráta infiltrací	1,397	
	-----		
	tepelná ztráta celkem	<b>5,425</b>	<b>GJ/r.</b>

Rozdíl celkových tepelných ztrát okny při jejich záměně bude následující:

dřevěná okna	celková tepelná ztráta	23,665	GJ/r
plastová okna	celková tepelná ztráta	5,425	
-----			
rozdíl	<b>snížení tepelných ztrát</b>	<b>18,24</b>	<b>GJ/r</b>
		<b>77,07</b>	<b>%.</b>

U dřevěných oken je nutno dále uvažovat s občasným obnovením jejich nátěru v rámci údržbových prací. Provede li se tato údržba jednou za pět let, bude to znamenat vynaložení souvisejících provozních nákladů na čtyři okna ve výši cca 8000,-Kč. Roční odpovídající provozní náklady na údržbu oken pak vychází  $8000/5 = 1600,-\text{Kč/r}$ .

Investiční náklady na výměnu čtyř oken, včetně demontáže a montáže, představují investiční náklady ve výši 32 000,- Kč. Při snížení tepelných ztrát vlivem výměny oken o hodnotu 18,24 GJ/r a při započtení ročních nákladů na údržbu stávajících dřevěných oken 1600,- Kč/r, bude prostá doba návratnosti výměny oken při uvažované ceně tepla následující :

<b>cena tepla Kč/GJ</b>	<b>prostá doba návratnosti roků</b>
150,-	7,4
200,-	6,1
300,-	4,5 .

Pro názornost uvádíme, že v současné době je možno uvažovat s cenou tepla ve vstupním palivu ( bez uvažování tepelné účinnosti zdroje, nákladů na obsluhu a údržbu, odpisy tepelných zařízení atd. ) dle tabulky č. 6.1.

V následující tabulce 6.2 je uvažováno s časovým nárůstem ceny tepelné energie v důsledku zvyšování cen vstupujících paliv.

Tabulka č. 6.1 Cena tepla ve vstupním palivu v roce 2001 .

<b>palivo</b>	<b>cena Kč/t</b>	<b>výhřevnost MJ/kg</b>	<b>cena tepla v palivu Kč/GJ</b>
hnědé uhlí	1490	17	87,65
černé uhlí	2260	25,8	87,60
<b>koks</b>	4540	27,02	168,15
zemní plyn	Kč/m <sup>3</sup>	34,0 MJ/m <sup>3</sup>	
- obyvatelstvo	6,60		194,12
- maloodběr	7,25		213,23
- velkoodběr	7,19		211,47
dřevní štěpka	300	8,5	35,29
polenové dřevo	750	10,73	69,90

Nárůst ceny zemního plynu z roku 2000/20001 činil v kategorii obyvatelstvo 26,43 %. V kategorii maloodběru bylo zvýšení ceny o 32,54 %. Pro obě tyto kategorie bylo průměrné zvýšení ceny zemního plynu o 29,485 %. Uvedená změna ceny zemního plynu zahrnuje celkovou cenu včetně DPH.

Budeme-li předpokládat další roční, avšak pomalejší nárůst ceny zemního plynu o 10 %/rok, fosilních paliv o 3 %/rok a biomasy o 1,5 % /rok, pak bude cena vstupní energie v palivu během pěti let cca následující – viz tabulka č.6.2.

Tabulka č.6.2 Nárůst ceny tepla ve vstupním palivu v průběhu let

<b>palivo</b>	<b>cena tepla ve vstupním palivu v Kč/GJ</b>			
	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
hnědé uhlí	90,28	92,99	95,78	98,65
černé uhlí	90,23	92,93	95,72	98,59
koks	173,19	178,39	183,74	189,25
zemní plyn				
obyvatelstvo	213,53	234,88	258,37	284,21
maloodběr	234,55	258,00	283,81	312,19
velkoodběr	232,62	255,88	281,46	309,61
dřevní štěpka	47,76	48,48	49,21	49,95
polenové dřevo	70,95	72,01	73,09	74,19

Z předcházejících tabulek 6.1 a 6.2 je patrné, jaký vliv na dobu návratnosti vynaložených investičních prostředků na zateplování stavebních objektů má i druh použitého paliva.

## 7.0 Vliv zateplování stavebních objektů na zdroj tepla

Zateplením stavebních objektů ( obvodový plášť, střecha, okna ) se podstatně sníží tepelná ztráta objektu. Toto snížení bude mít vliv i na požadovaný jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla po zateplení objektu. Na základě hodnoty nových tepelných ztrát objektu ( po zateplení ) a stávajícím celkovém výkonu a počtu tepelných zdrojů ( současně s přihlédnutím k jejich stáří a technickému stavu stávajících tepelných zdrojů ) bude nutno rozhodnout zda :

- ponechat v provozu stávající tepelné zdroje, které svojí skladbou tepelných výkonů vyhoví podmínkám provozu po zateplení objektu
- provést výměnu stávajících tepelných zdrojů za nové, které budou svým tepelným výkonem odpovídat snížené hodnotě tepelných ztrát po zateplení objektu.

Pokud bude rozhodnuto o výměně stávajících tepelných zdrojů je nutno volit nový tepelný zdroj s ohledem na :

- druh použitého paliva
- průběh tepelné účinnosti zdroje v rozsahu jeho regulačního výkonu
- ochranu ovzduší, to je koncentraci emisí z daného zdroje
- možnost využití kondenzačního tepla vodní páry, která je obsažena ve spalinách – kondenzační kotle.

Otázka průběhu tepelné účinnosti zdroje v závislosti na jeho výkonu je zcela jasná a proto se touto problematikou nebudeme dále zabývat.

Naši pozornost zaměříme na využití kondenzačního tepla vodní páry obsažené ve spalinách, to je na kotle kondenzační.

### 7.1 Kondenzační kotle spalující zemní plyn

Využití kondenzační techniky ( kondenzace vodní páry obsažené ve spalinách ) přichází především v úvahu u paliv, která ve svém složení neobsahují síru, nebo pouze v zanedbatelné hmotnostní koncentraci. Zde stávajících paliv přichází v úvahu především zemní plyn, který v podstatě síru neobsahuje a během spalování pak nevzniká plynný exhalát  $\text{SO}_2$ . Sloučením kondenzované vodní páry a  $\text{SO}_2$  totiž vzniká kyselina sírová  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , která působí korozivně na kondenzační plochy kotle, kouřovody atd.

U běžných kotlů na tuhá i plynná paliva je teplota spalin odcházejících do komína vyšší než je teplota jejich rosného bodu spalin při které začíná docházet ke kondenzaci vodní páry obsažené ve spalinách.

U kondenzačních kotlů je naopak jejich záměrem docílit kondenzaci co největšího množství vodní páry, která je ve spalinách obsažena. Tento záměr lze splnit tím, že teplota spalin odcházejících do komína bude co možno nejnižší.

Docílení co nejnižší teploty spalin odcházejících do komína je technicky omezeno teplotou vratné topné vody ze systému vytápění, nebo přípravy TUV. Na výši minimální teploty komínových spalin pak závisí stupeň možného využití kondenzace vodní páry z jejího celkového množství.

Při spálení 1 m<sup>3</sup> zemního plynu je spotřeba spalovacího vzduchu, objem vzniklých spalin a dalších stechiometrických hodnot uveden v tabulce 7.1.

Tabulka 7.1 Stechiometrické hodnoty při spalování 1 m<sup>3</sup> zemního plynu

položka	jednotka	hodnota			
součinitel přebytku spalovacího vzduchu $\alpha$	( - )	1,0	1,1	1,2	1,3
objem spalovacího vzduchu	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> plynu	9,5	10,45	11,4	12,35
objem suchých spalin	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> plynu	8,5	9,45	10,4	11,35
vlhkost spalin	g/m <sup>3</sup>	181,8	172,5	156,7	143,6
rosný bod spalin	°C	60	58,5	56	54,4

Spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu při součiniteli přebytku spalovacího vzduchu  $\alpha = 1,2$  vznikne cca 1,63 kg vodní páry. Kondenzační teplo ( nebo výparné teplo ) vodní páry je za normálních stavových podmínek 2453 kJ/kg vody. Při kondenzaci veškeré vodní páry obsažené ve spalinách ze zemního plynu pro  $\alpha = 1,2$  je možno získat tepelnou energii :

$$Q_{\text{kond}} = 1,63 \cdot 2,453 = 3,998 \text{ MJ/m}^3 \text{ spáleného zemního plynu.}$$

Tepelná účinnost zdrojů tepla ( kotlů ) je definována vztahem :

$$\eta_k = \frac{Q_{už}}{V_{pal} \cdot Q_n} \cdot 100 \quad ( \% ),$$

kde značí  $Q_{už}$  - užitečný tepelný výkon na výstupu ze zdroje ( MJ/s )  
 $V_{pal}$  - objem spalovaného plynu (  $m^3/s$  )  
 $Q_n$  - výhřevnost zemního plynu (  $MJ/m^3$  ).

Výhřevnost paliva je hodnota, která nezahrnuje, oproti spalnému teplu, kondenzační teplo vodní páry obsažené ve spalinách, neboť se uvažuje s tím, že spaliny odchází do komína s teplotou vyšší než je teplota rosného bodu spalin.

Při využití kondenzačního tepla vodní páry obsažené ve spalinách ( kondenzační kotle ) pak vychází tepelná účinnost těchto kotlů vyšší než 100 %. Pro kondenzaci veškeré vodní páry ze zemního plynu by byla teoreticky dosažitelná tepelná účinnost těchto kotlů, při výhřevnosti zemního plynu  $34 \text{ MJ/m}^3$  a  $\alpha = 1,2$  ) :

$$\eta_k = \frac{34 + 3,998}{1 \cdot 34} \cdot 100 = 111,8 \text{ \%} .$$

Tato hodnota je pro dané podmínky pouze teoretická, neboť pro využití kondenzace veškeré vodní páry obsažené ve spalinách by to znamenalo ochladit spaliny vystupující z kotle na  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , což je zatím technicky nerealizovatelné.

Kondenzace vodní páry začíná na teplotě rosného bodu spalin. Když však dojde ke kondenzaci části vodní páry poklesne teplota rosného bodu spalin, což se neustále opakuje až se docílí 100 % využití kondenzačního tepla při  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Běžně se v praxi dosahuje tepelné účinnosti kondenzačních kotlů 105 %.

Pokud se zemní plyn spaluje s vysokým součinitelem přebytku spalovacího vzduchu  $\alpha$  ( - ), dochází vzhledem ke značnému zředění spalin ke snížení teploty rosného bodu těchto spalin a tím ke snížení využitelné celkové tepelné účinnosti kondenzačního kotle. Snížení teploty spalin odcházejících do komína vede u kondenzačních kotlů ke snížení přirozeného tahu komína. Proto je u kondenzačních kotlů nutno použít odsávací kouřový ventilátor. Komíny musí být dokonale těsné, odolné proti kondenzující vlhkosti a musí být správně dimenzovány.

Konstrukce kondenzačního kotle je prováděna v souladu s požadavky, které jsou platné v zemích ES. Platí zde totiž dvě hlavní zásady a to :

- 1) Účinnosti kotle 95 % je docíleno při teplotě vratné vody 60 °C. Při této teplotě kotel nepracuje jako kondenzační ale jeho účinnost je vyšší než u kotlů klasické konstrukce.
- 2) Účinnost 101 % dosahuje kotel při teplotě vratné vody 45 °C. Rosný bod spalin je pro součinitel přebytku spalovacího vzduchu  $\alpha = 1,2$  cca 57 °C, kotel pracuje jako kotel kondenzační.

Z uvedených hodnot je patrné, že na stupeň využití kondenzačního tepla vodní páry obsažené ve spalinách má vliv součinitel přebytku spalovacího vzduchu a současně teplota vratné topné vody vstupující do kotle. Součinitel přebytku spalovacího vzduchu je proto u moderních kondenzačních kotlů v rozmezí  $\alpha = 1,05$  až 1,1 (-).

Provozem kondenzačních kotlů na zemní plyn ( oproti plynovým kotlům klasickým) lze reálně uvažovat se snížením roční spotřeby zemního plynu o 10 %. Cena kondenzačních kotlů je v ČR cca o 35 % vyšší než je cena klasických plynových kotlů.

Vezmeme-li v úvahu kotel dvougeneračního rodinného domu o výkonu 20 kW bude jeho cena cca 22000,- Kč. Při roční spotřebě zemního plynu 4500 m<sup>3</sup>/r při použití klasického plynového kotle to znamená, že při použití kotle kondenzačního se ročně ušetří cca 450 m<sup>3</sup>/r zemního plynu. Při ceně zemního plynu pro obyvatelstvo 6,71 Kč/m<sup>3</sup> to představuje roční finanční úsporu ve výši 3020,- Kč/r . Přitom rozdíl ceny kondenzačního plynového kotle a standardního plynového kotle činí cca 7700,- Kč.

Z rozdílu investičních nákladů na kondenzační kotel ( oproti běžnému plynovému kotli ) a z roční úspory nákladů na zemní plyn pak vychází prostá doba návratnosti :

$$\tau = \frac{7\,700,- \text{ Kč}}{3\,020,- \text{ Kč/r}} = 2,55 \text{ roků .}$$

***Z uvedených závěrů vyplývá, že použití kondenzačních plynových kotlů představuje energeticky úsporné opatření s velmi krátkou dobou návratnosti vynaložených investičních prostředků.***



## 8. Využití obnovitelných zdrojů energie

Dle nařízení vlády ze dne 21. května 2001 – vyhláška č. 195/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti obsahu územní energetické koncepce, je nutno provést (dle paragrafu 2, bod 3) hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů energie a to :

- a) analýzu možnosti užití obnovitelných zdrojů energie zaměřené na regionální a místní cíle a snížení ekologické zátěže,
- b) zjištění a možnosti využívání případného výskytu druhotných energetických zdrojů na území.

S ohledem na uvedené požadavky se bude předkládaný produkt dále zabývat problematikou :

- energetického využití biomasy
- využití sluneční energie
- využití tepelných čerpadel.

### 8.1 Energetické využití biomasy

Pro bližší specifikaci pojmu biomasa je účelné vycházet z její definice.

*Biomasa je veškerá hmota organického původu: přírodní a zemědělské produkty (dřevo, rychlerostoucí energetické plodiny) nebo organické zemědělské, průmyslové a komunální odpady (sláma, exkrementy užitkových zvířat, odpad z čistíren odpadních vod atd.).*

S ohledem na široký pojem biomasa je možno v praxi využít následující procesy pro její energetické využití :

*suché procesy*    ♠    spalování  
                         ♠    zplyňování

*mokrý procesy*    ♣    fermentace (produkce etanolu)  
                         ♣    anaerobní vyhnívání (produkce bioplynu) .

Do zvláštních procesů zpracování biomasy pak spadá lisování olejů, výroba bionafty, přírodních maziv atd.

V podmínkách ČR je hlavním zdrojem biomasy především dřevní hmota ve formě odpadů z dřevozpracujícího průmyslu a lesní těžby. Dále je možno pro energetické účely využívat vedlejší produkt ze zemědělství a to obilní a řepkovou slámu.

Při využití biomasy pro energetické účely je možno její přednosti shrnout do následujících bodů :

- ♣ jedná se o obnovitelný zdroj energie, který každoročně dorůstá
- ♣ je neutrální z hlediska emise CO<sub>2</sub> neboť při jejím růstu a spalování se jedná o stejnou spotřebu a emisi CO<sub>2</sub> ve výši 1,6 t CO<sub>2</sub> na 1 t biomasy
- ♣ biomasa představuje místní zdroj energie a pro pěstování rychlerostoucích energetických plodin je možno využít přebytečnou zemědělskou půdu
- ♣ do značné míry může biomasa nahradit ostatní druhy paliv, čímž lze snížit ekologickou zátěž ovzduší při jejím spalování
- ♣ s rozvojem energetického využívání biomasy jsou spojeny nové pracovní příležitosti v daném regionu.

V závislosti na výskytu biomasy v daném územním regionu se může jednat o doplňkový, nebo hlavní zdroj paliva pro výkony od 15 kW ( teplovodní kotle ústředního vytápění rodinných domků ) až po velké energetické zdroje pro systém CZT s výkonem v desítkách MW.

### 8.1.1 Využití dřevních odpadů

Tyto odpady se vyskytují ve formě pilin, brusného prachu, hoblin, kusového odpadu, lesní štěpky a kůry . Obsah vody je u těchto odpadů v širokém rozmezí a to  $W = 10$  až  $55$  %, neboť se může jednat o dřevní odpad z vysušeného dřeva nebo kůru z čerstvě pokácených stromů.

Průměrné stechiometrické složení hořlaviny dřevní hmoty je uvedeno v tabulce 8.1. Obsah popelovin v suchém vzorku je je označen  $A_s$  .

Tabulka 8.1 Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty

Složka	Obsah hmotn. %
C	50,747
H <sub>2</sub>	6,147
O <sub>2</sub>	42,580
S	--
N	0,526
A <sub>s</sub>	1,32

Výhřevnost dřevní hmoty je závislá na obsahu vody. Hodnota výhřevnosti v závislosti na obsahu vody  $W$  ( % ) je uvedena v tabulce 8.2 .

Tabulka 8.2 Výhřevnost dřevní hmoty v závislosti na energetickém obsahu vody  $W$  ( % ), který je vztažen na původní vzorek paliva.

Obsah vody $W$ ( % )	Výhřevnost ( MJ/kg )
0	18,67
10	16,40
20	14,13
30	11,86
40	9,60
50	7,33
60	5,06

Různé druhy dřevin mají pro daný obsah vody prakticky shodnou výhřevnost. Vžitá představa, že tvrdé dřevo má vyšší výhřevnost než dřevo měkké, je mylná, protože se jedná pouze o rozdílnou měrnou hmotnost těchto dřevin ( při přiložení objemově stejného polínka do kotle ).

Jak je patrné z tabulky chemického složení dřevní hmoty – tabulka 8.1, nevzniká během jejího spalování škodlivý plynný exhalát  $SO_2$ . Rovněž koncentrace  $NO_x$  jsou velmi nízké vzhledem k tomu, že dřevní odpad má obsah dusíku v palivu cca o jeden řád nižší než uhlí. Toto jsou další dobré argumenty pro biomasu jako ekologické palivo.

Pro objemové bilanční výpočty spotřeby paliva se v praxi používají následující objemové jednotky :

- plm** plnometr dřeva, který představuje  $1 \text{ m}^3$  skutečné dřevní hmoty
- prm** prostorový metr dřeva (  $1 \text{ m}^3$  složeného dřeva štípaného nebo neštípaného )
- prm<sub>s</sub>** prostorový metr sypaného dřeva (  $1 \text{ m}^3$  volně sypaného, nezhutňovaného drobného nebo drceného dřeva ).

Pro vzájemné přepočty je možno použít přepočtové hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 8.3.

Tabulka 8.3 Vzájemné orientační přepočtové hodnoty

dřevo	plm	prm	prm <sub>s</sub>
plm	1,00	1,54	2,50 – 2,86
prm	0,65	1,00	1,61 – 1,86
prm <sub>s</sub>	0,35 – 0,40	0,54 – 0,62	1,00

Při praktických výpočtech lze uvažovat s následujícími měrnými hmotnostmi dřeva :

*Kusové dřevo*

smrk	obsah vody 25 %	měrná hmotnost	340 kg/prm
	40 %		420
dub a buk	25 %		500
	40 %		621
<i>smrkové piliny</i>	40 %		250 kg/prm <sub>s</sub>
<i>smrková drcená kůra</i>	40 %		270
<i>brikety ze smrkové kůry</i>	10 %		1050

### 8.1.2 Energetické využití slámy

Dalším palivem z přírodních zdrojů je obilní a řepková sláma. Její obsah vody je při sklizni cca 20 % . Její výhřevnost pochopitelně opět závisí na obsahu vody, jako tomu bylo u dřevní hmoty. Základní chemické složení je uvedeno v tabulce 8.4 .

Tabulka 8.4 Základní chemické složení slámy

položka	jednotka	sláma obilní	sláma řepková
C	%	47,0	46,0
O <sub>2</sub>	%	38,0	40,0
H	%	5,6	5,0
N	%	0,4	0,2
S	%	0,1	0,2
Cl	%	0,1	0,1
popel	%	5,0	6,0
výhřevnost	MJ/kg	14,0	15,0

Sláma je pro další využití lisována do kvádrů nebo válců. V závislosti na hodnotě lisovacího tlaku se měrná hmotnost pohybuje v rozmezí 60 – 150 kg/m<sup>3</sup>. Obří balíky slámy dosahují hmotnost až 500 kg/kus. Ze slámy se rovněž lisují peletky a brikety, což umožňuje jejich využití pro otop i v domácnostech.

### 8.1.3 Energetické využití bioplynu

Pro výrobu bioplynu se využívá chlévská mrva, kejda z chovu prasat a další organické zbytky. U čistíren odpadních vod se jedná o využití kalů pro výrobu bioplynu. Fermentace probíhá při teplotě cca 37 °C ve fermentačním reaktoru a to bez přístupu vzduchu. Vyroběný bioplyn je pak veden do plynojemu, který zajišťuje zásobu plynu k jeho dalšímu využití. Bioplynové stanice jsou převážně vybaveny kogeneračními jednotkami, které zajišťují kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie.

Hlavní složkou bioplynu je metan, který představuje cca 60 %. Výhřevnost bioplynu se pohybuje v rozmezí cca 20 – 24 MJ/m<sup>3</sup>. Pro možnost porovnání uvádíme, že výhřevnost zemního plynu je v průměru 34 MJ/m<sup>3</sup> a dřevoplynu 4 MJ/m<sup>3</sup>.

**U zařízení pro energetické využití biomasy neuvádíme investiční náklady ani dobu návratnosti vynaložených investičních prostředků. Většinou se vždy jedná o projekt šitý na míru, čemuž odpovídají i rozdílné investiční náklady.**

U zplyňovacích teplovodních kotlů pro ústřední vytápění je možno uvažovat s cenou kotle cca 1000,- Kč/kW instalovaného výkonu kotle (cena bez DPH).. Pro tyto kotle se používá kusové dřevo, které je nutno nechat cca 2 roky přirozeně proschnout. Výhřevnost dřeva se má dle výrobce pohybovat v rozmezí 15 – 18 MJ/kg. Roční spotřeba paliva uvedených kvalit pak představuje hodnotu cca 1 prm / kW instalovaného výkonu kotle.

Zplyňovací kotle jsou vybaveny automatickou regulací, která zajišťuje komfort pro uživatele a jejich provozem se snižuje ekologická zátěž ovzduší oproti spalování uhlí. Tepelná účinnost těchto kotlů je skoro srovnatelná s účinností běžných plynových kotlů a dosahuje hodnot 81 – 85 % v celém regulačním rozsahu výkonu kotle.

## 8.2 Využití sluneční energie

Slunce představuje zdroj energie, která je nezbytná pro život na Zemi. Kolik této energie dopadne na povrch Země, to závisí na místních podmínkách, tj. zeměpisné šířce, na denní i roční době, ale také na stavu troposféry.

Sluneční energie je *zadarmo* a nemusí se tedy jako palivo těžit ze země nebo dovážet ze zahraničí. Tato energie je naprosto čistá. Jejím využíváním se neznečišťuje ani vzduch, ani voda či okolní půda. Žádné zařízení heliotechniky nevypouští do ovzduší oblaka kouře, popílku a dalších škodlivých látek.

Nevýhodou je u dopadající sluneční energie její roční i denní nevyrovnanost v hustotě toku ve  $W/m^2$ . Sluneční energii je tedy nutno považovat za zdroj s proměnným energetickým výkonem, který je nutno doplnit klasickým zdrojem pro zajištění rovnoměrné dodávky energie.

Přeměnu sluneční energie je možno využít pro :

- ohřev vody a vzduchu - sluneční kolektory
- výrobu elektrické energie - fotovoltaické články.

S ohledem na vysoké investiční náklady a cenu elektrické energie vyrobené ve fotovoltaickém systému se zaměříme dále pouze na využití slunečních kolektorů.

Sluneční kolektory přeměňují sluneční záření na teplo, které je pomocí kapaliny nebo vzduchu odváděno do místa okamžité spotřeby, nebo se teplo akumuluje ve vhodném typu zásobníku.

Ideální využití slunečních kolektorů přichází v úvahu pro chladicí a klimatizační zařízení. V době kdy je sluneční tok největší je i nejvyšší spotřeba energie pro chlazení a klimatizaci. Pro kombinaci těchto zařízení tak vznikají ideální podmínky v rámci dodávky a spotřeby energie.

Typy slunečních kolektorů se liší dle provedení i druhu ohřívajícího pracovního média ( voda, vzduch) na :

- plochý sluneční kolektor – absorbér
- sluneční kolektor s koncentrací slunečního toku.

Nejrozšířenějším typem jsou ploché sluneční kolektory, které jsou s ohledem na celoroční provoz plněny nemrznoucí kapalinou. Voda s Fridexem se podle hygienických předpisů nesmí používat. Vyhovuje však kapalina na bázi propylenglykolu pod označením Solaren. Tyto kolektory je nejvhodněji umístit

jižním až jihozápadním směrem. Optimální sklon kolektoru je proměnlivý během roku. Pro letní použití by měl být sklon cca 30 ° a pro celoroční provoz cca 45 °.

Využití sluneční energie z kolektoru ve formě tepla je nutno realizovat jeho zapojením na solární systém např. s akumulací nádrží, která je vytápěna kolektory a dodatečně běžným tepelným zdrojem nebo el. energií. Systém je nutno vždy navrhovat jako celek dle požadavků na využití tepla pro vytápění, přípravu TUV, ohřev bazénu apod.

Pro posouzení z technického a ekonomického hlediska je možno vycházet z následujících uvedených údajů .

Celková dopadající energie na vodorovnou plochu	cca 1000 kWh/r
Využití energie pro přípravu TUV	cca 700 kWh/r
Odpovídající roční úspora tepla pro kolektor 5 m <sup>2</sup>	cca 12,6 GJ/r
Investiční náklady	91000,- Kč
dva sluneční kolektory 2 x 2,5 m <sup>2</sup>	
akumulační nádrž 300 litrů pro čtyřčlennou rodinu	
regulační automatika solárního systému	
montáž kolektorů na střechu.	

Prostá doba návratnosti vynaložených investičních prostředků pak vychází pro uvažované uvedené ceny tepla :

cena tepla Kč/GJ	prostá doba návratnosti roků
150,-	48
200,-	36
300,-	24 .

V souvislosti s uvedenou prostou dobou návratnosti, pro využití slunečních kolektorů na přípravu TUV, je nutno vzít v úvahu , že pokud se nepoužije sluneční energie pro přípravu TUV je nutno počítat s investičními náklady na jiný způsob řešení přípravy TUV. Budeme uvažovat s tím, že se použije např. plynový zásobníkový ohříváč vody s odtahem spalin do komína od firmy Quantum a.s. Pro čtyřčlennou rodinu, která byla již dříve uvažována postačí ohříváč typ Q 7 – 30 – NORIS s objemem nádrže 115 litrů. Jmenovitý tepelný příkon je 8 kW a výkon 7,2 kW. Doba ohřevu o  $\Delta t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  je 28 minut. Cena ohříváče včetně montáže 28000,- Kč.

Při odečtení uvedených nákladů na standardní přípravu TUV od přípravy pomocí sluneční energie se pak bude jednat o finanční částku :

$$91\ 000,- - 28\ 000,- = 63\ 000,- \text{ Kč.}$$

Těmto finančním nákladům pak odpovídá prostá doba návratnosti použití sluneční energie pro přípravu TUV při uvažované ceně tepla :

cena tepla Kč/GJ	prostá doba návratnosti roky
150,-	33
200,-	25
300,-	16,6.

### 8.3 Využití tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo představuje zařízení, které odebírá teplo z okolního prostředí, které převádí na vyšší teplotovou hladinu pro možnost využití k vytápění, přípravu TUV atd.

Teplo z okolního prostředí lze odebírat ze země, vzduchu a vody. Princip zařízení spočívá v tom, že výparník odebírá teplo o nižší teplotové hladině z uvedeného prostředí. Výparník je plněn chladivem, které se při odebírání nízkotepotenciálního tepla odpařuje a mění se tím v páru chladiva. Pára chladiva je pak stlačena v kompresoru ( pro pohon kompresoru je používána el. energie), čímž se docílí zvýšení teploty na požadovanou hodnotu pro využití odebraného nízkopotenciálního tepla.

V další části zařízení, které tvoří kondenzátor, dojde k předání tepla do pracovní látky, kterou je voda pro vytápění, přípravu TUV atd. Zkondenzováním par chladiva se v okruhu výparníku opět vytvoří kapalina a celý cyklus se neustále opakuje. Celý cyklus je uzavřen odvodem chladiva zpět do výparníku přes expanzní ventil, který snižuje tlak chladiva na hodnotu tlaku potřebnou pro funkci výparníku.

Tepelná čerpadla se dělí dle druhu odsávání par z výparníku a způsobu zvýšení jejich tlaku na tlak kondenzační na :

- kompresorová tepelná čerpadla
- absorpční tepelná čerpadla.



Další dělení tepelných čerpadel se provádí dle druhu ochlazované a ohřívané látky. Nejvíce používané kombinace jsou tepelná čerpadla :

- vzduch / voda
- vzduch / vzduch
- voda / voda
- země / voda.

Pro posouzení kvality a efektivnosti tepelného čerpadla se používá tzv. topný faktor ( $\epsilon_T$ ), který uvádí poměr jeho tepelného výkonu k příkonu kompresoru. S ohledem na účinnost výroby elektrické energie v kondenzačních elektrárnách ( $\eta = \text{cca } 32\%$ ) by měl být minimální limitní topný faktor :

$$\epsilon_T = \frac{1}{0,32} = 3,1 \quad (-).$$

Topný faktor lze přibližně určit dle vztahu:

$$\epsilon_T = \frac{0,5 T_k}{T_k - T_o} \quad (-),$$

kde  $T_k$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) je kondenzační teplota (topného systému)  
 $T_o$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) teplota odpařování (teplota zdroje ze kterého se teplo odebírá).

Topný faktor závisí na výši teploty  $T_o$ , která by proto měla být co nejvyšší. Její maximální hodnota je však limitována hodnotou povolenou výrobcem.

Teplonosnou látku je třeba ohřívat jen na nezbytně nutnou teplotu  $T_k$ . Čím menší rozdíl teplot ( $T_k - T_o$ ) bude použit, tím vyšší je hodnota topného faktoru a tepelné čerpadlo spotřebuje méně elektrické energie pro pohon kompresoru.

V současné době je velmi rozšířený způsob využití tepla z hlubinných vrtů. Na 1 kW topného výkonu tepelného čerpadla je potřebná průměrná hloubka vrtu 15 m. Pro tepelné čerpadlo o topném výkonu 10 kW se pak jedná o vrt do hloubky 150 m.

### 8.3.1 Podpora instalace tepelných čerpadel

Od 1.1.2001 došlo k podstatnému zvýšení ceny energií a to elektrické v průměru o 14 %, zemního plynu o 24 % a naopak byla od 1. 7. 2001 zavedena nová EKO sazba určená výhradně pro odběrná místa vytápěná tepelným čerpadlem o jmenovitém elektrickém příkonu tepelného čerpadla minimálně 1,5 kW.

EKO sazba	stálý měsíční plat (Kč)	platba za odběr (Kč/kWh)
jistič do 3 x 25 A	178	VT 3,60
jistič do 3 x 32 A	227	2 h/den
jistič do 3 x 50 A	284	NT – 0,9
jistič nad 3 x 50 A	355	22 h/den

Pro demonstraci ekonomické efektivity vytápění rodinného domu tepelným čerpadlem je uveden příklad výpočtu investičních a provozních nákladů a ceny tepla z tohoto zdroje.

Od výše investičních nákladů na pořízení tepelného čerpadla byla odečtena 30 % dotace ze Státního fondu životního prostředí, která je v současné době na pořízení tohoto zdroje poskytována.

Modelově je počítán rodinný dům se základní tepelnou ztrátou 15 kW a tepelné čerpadlo typu voda-voda, kde nízkopotenciální teplo je získáváno z podzemní vody (zemního vrtu).

Výsledky ekonomické analýzy jsou převzaty z konkrétního příkladu, kde investiční náklady na instalaci tepelného čerpadla (včetně zemních vrtů, bivalentní zdroje a přípravy TUV) činily 569 tis. Kč.

Vzhledem k tomu, že topný okruh i příprava TUV jsou doplněny akumulací nádrží, předpokládáme, že odběr elektrické energie pro vytápění i přípravu TUV bude možné realizovat téměř pouze v období nízkého tarifu, to znamená za 0,90 Kč/kWh.

Za výše uvedených předpokladů jsou roční náklady na elektřinu:

	kWh	Kč/kWh	Kč/rok
<b>Pro tepelné čerpadlo:</b>	9 446	0,9	8 501,69
Pro elektrické přitápění	1 116	0,9	1 004,43
Oběhové čerpadlo	1515,6	1,1	1 667,16
Celkem za odběr el. energie	12 078		11 173,27

	Kč/měs.		Kč/rok
Stálé platby	284	12	3 408

CELKEM roční náklady na ÚT a TUV 14 581 Kč/rok

### Financováno z vlastních zdrojů při poskytnutí dotace ve výši 30 % IN

Byla stanovena taková minimální cena tepla, aby reálná doba návratnosti z pohledu investora byla 15 let, při započtení požadované dotace ve výši 30 % investičních nákladů.

Ekonomické ukazatele jsou potom následující :

Hodnocené období	2001 - 2016	rok
Rok hodnocení (diskontování)	2001	rok
Diskontní sazba	4,0	%
Daň z příjmů v 1. roce	0,0	%
Vlastní prostředky	569940	Kč
Cizí kapitál	0	Kč
Výše poskytnutých dotací	170982	Kč
Podíl cizího kapitálu k celkovým investicím	0,0	%

	Projekt	Investor	
Celkový diskontovaný zisk	-160093	-36398	Kč
Průměrný roční diskontovaný zisk	-13739	-3124	Kč
Celkový diskontovaný CF	-166497	4485	Kč
Průměrný roční diskontovaný CF	-14289	385	Kč
Vnitřní výnosové procento	neexistuje	4,2	%
Doba návratnosti investice	není defin.	15	rok

### Teplo

Minimální cena		Kč/GJ
Cena v 1. roce	355	Kč/GJ

## 9. Přehled řešených opatření ke snižování spotřeby energie

V závěru shrnujeme jednotlivá opatření, která byla v produktu probírána.

### 1) Využití regulační techniky

Pro ilustraci byl použit případ dvougeneračního rodinného domu, kde je možno použít následujících alternativ :

- A použití prostorového termostatu se spínacími hodinami
- B použití 8 kusů termostatických radiátorových ventilů s regulační hlavicí, regulačním šroubením a je provedeno hydronické vyvážení systému
- C použití ekvitermní regulace

Položka	A	B	C
Investiční náklady (Kč)	4000	8880	15000
Roční úspora tepla na výstupu ze zdroje (%)	16,4	12	20
Prostá doba návratnosti (roků)	0,7	2,0	2,1

### 2) Zateplování objektů

- A ploché střechy jednoplášťové
- B šikmé střechy
- C obvodové svislé pláště
- D výměna dřevěných oken za plastová

Položka	A	B	C	D
Úspora energie na 1 m <sup>2</sup> zateplené plochy ( GJ/m <sup>2</sup> rok )	0,25	0,36	0,323	1,52
Investiční náklady ( Kč/m <sup>2</sup> )	416	296	1050	2667
Prostá doba návratnosti (roků)	5,6	2,04	9,2	6,0

### 3) Využití kondenzačních kotlů na zemní plyn

Investiční náklady cca 1485 Kč/kW instalovaného výkonu kotle  
Roční úspora zemního plynu cca 10 %  
Prostá doba návratnosti cca 2,6 roků

#### 4) Sluneční kolektory pro přípravu TUV

Investiční náklady na 1 m <sup>2</sup> solárního systému kolektor 2 x 2,5 m <sup>2</sup> , zásobní nádrž 300 litrů, regulace, montáž, nemrznoucí náplň	18200 Kč/m <sup>2</sup>
Roční úspora tepla ( zisk kolektorů )	2,52 GJ/m <sup>2</sup> rok
Prostá doba návratnosti solárního systému bez uvažování dotace.	16 roků

#### 5) Tepelné čerpadlo voda – voda

Opět je uvažován rodinný dům s tepelnou ztrátou 15 kW.	
Celkové investiční náklady	740 900 Kč
z nichž je možno získat ve formě dotace 30 %	
Prostá doba návratnosti při uvedené dotaci a předpokládané ceně tepla 355 Kč/GJ	15 roků.

Uvedené informativní údaje jsou orientační. Přesnější údaje je nutno provést na základě projektu nebo studie, která bude obsahovat podrobný rozpočet investičních nákladů.

## **Použitá a doporučená literatura**

1. Technická termomechanika  
Kalčík, Sýkora  
Academia Praha 1973
2. Využití a likvidace odpadů  
Dvořák, Trnobranský  
skripta ČVUT – FSI Praha 1990
3. Vytápění  
Karel Brož  
skripta ČVUT – FSI Praha 1995
4. Katalog energeticky úsporných opatření pro modernizaci  
rodinných domků  
ČEA 1997
5. Katalog technických řešení ke snížení energetické spotřeby  
školních budov  
ČEA 1998