# KATALOG ENERGETICKÉHO MANAŽERSTVÍ V BUDOVÁCH

**Vydala:** Česká energetická agentura
Vinohradská 8
120 00 Praha 2
tel: 02 / 2421 7774, fax: 02 / 2421 7701
e-mail: cea@ceacr.cz
www.ceacr.cz

**Zpracoval:** Stavebně technický ústav – E, a.s.

Tato publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů

1 ÚVOD ..... 1

2 PODKLADY PRO ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ ..... 5

2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY NA VYTÁPĚNÍ ..... 6
*2.1.1 Názvosloví a komentáře ..... 6*
*2.1.2 Metodika ..... 7*
2.1.2.1 Potřeba tepla budovy daná konstrukcí budovy za otopné období při nepřerušovaném vytápění se stanoví ze vzorce ..... 7
2.1.2.2 Potřeba tepla daná provozem budovy se stanoví z potřeby tepla na vytápění dané konstrukcí budovy s ohledem na předpokládaný provoz vytápění a druh vytápěcího zařízení ..... 8
2.1.2.3 Teoretická potřeba paliva se stanoví z teoretické potřeby energie dle rovnice ..... 8
2.2 POTŘEBA TEPLA NA PŘÍPRAVU TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY ..... 14
*2.2.1 Názvosloví a komentáře ..... 14*
*2.2.2 Metodika ..... 15*
2.2.2.1 Množství vody $M_{TUV}$ ..... 15
2.2.2.2 Potřeba tepla $E_{TUVP}$ ..... 16
2.2.2.2.1 Potřeba tepla k ohřátí vody $E_{TUVohřev}$ ..... 16
2.2.2.2.2 Potřeba tepla ke krytí tepelných ztrát $E_{TUVztráta}$ ..... 16
2.2.2.3 Tepelný výkon $Q_{vTUV}$ ..... 17
2.2.2.4 Objem zásobníku ..... 18
2.3 POTŘEBA TEPLA VZNIKLÁ Z PROVEDENÍ A ÚČINNOSTI TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ, ARMATUR A NÁDOB ..... 23
*2.3.1 Názvosloví a komentáře ..... 23*
*2.3.2 Metodika ..... 23*
2.3.2.1 Ověření tepelné účinnosti tepelných izolací potrubí, stanovení tepelné ztráty a možné úspory tepla ..... 23
2.3.2.1.1 Účinnost Tepelné Izolace Potrubí ..... 23
2.3.2.1.2 Tepelná Ztráta Neizolovaného Potrubí $Q_B$ ..... 24
2.3.2.1.3 Tepelná Ztráta Izolovaného Potrubí $Q_P$ ..... 24
2.3.2.1.4 Požadovaná Účinnost Tepelné Izolace ..... 25
2.3.2.1.5 Jmenovitá Účinnost Tepelné Izolace ..... 25
2.3.2.1.6 Skutečná Účinnost Tepelné Izolace ..... 26
2.3.2.1.7 Roční Úspora Tepla $E_{tizolace}$ Dosažená Nasazením Tepelné Izolace na Potrubní Rozvod s jednotnou Tepelnou Účinností všech Potrubních Úseků ..... 26
2.3.2.2 Výpočet potřeby tepla podle ČSN ..... 26
2.3.2.2.1 Tepelné Ztráty Stávajícího Tepelně Izolovaného Potrubí $Q_0$ ($W.m^{-1}$) ..... 26
2.3.2.2.2 Ekvivalentní Tepelná Vodivost ..... 27
2.3.2.2.3 Tepelné Ztráty Izolovaných Přírub, Ventilů a Šoupátek ..... 27
2.3.2.2.4 Tepelné Ztráty Neizolovaného Potrubí $Q_n$ ($W.m^{-1}$) ..... 27
2.3.2.2.5 Tepelné Ztráty Neizolovaných Přírub, Ventilů a Šoupátek ..... 28
2.4 VLIV KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOVY NA ENERGETICKOU BILANCI ..... 40
*2.4.1 Názvosloví a komentáře ..... 40*
*2.4.2 Metodika ..... 42*
2.4.2.1 Průměrná povrchová teplota vnitřních ploch ..... 42
2.4.2.2 Výsledná teplota ..... 42
2.4.2.3 Množství vzduchu na větrání ..... 42
2.4.2.3.1 Množství Vzduchu Stanovené ze Spárové Průvzdušnosti je dáno Vztahem: ..... 42
2.4.2.3.2 Množství Vzduchu Stanovené z Výměny Vzduchu je dáno Vztahem: ..... 43
2.4.2.3.3 Kritérium ..... 43
2.5 ROČNÍ SPOTŘEBA ELEKTŘINY V BUDOVÁCH ..... 46
*2.5.1 Základní kritéria pro volbu elektrických spotřebičů pro byty ..... 47*
*2.5.2 Postup při výběru elektrického spotřebiče ..... 48*
2.5.2.1 Návrh postupu při výběru nových elektrických spotřebičů z hlediska jejich užitnosti ..... 48
2.5.2.2 Štítkování elektrických spotřebičů (LABELING) ..... 48
2.5.2.2.1 Příklad Energetického Štítku ..... 49
2.5.2.3 Umývání nádobí a příprava teplé užitkové vody (TUV) ..... 49
*2.5.3 Možnosti úspor energie pro osvětlení ..... 50*
2.5.3.1 Osvětlení bytových budov ..... 50
2.5.3.2 Osvětlení v administrativních budovách ..... 51
2.5.3.2.1 Faktory ovlivňující Úspornost Umělého Osvětlení v Nebytových Budovách. ..... 55
2.5.3.2.2 Světelné Zdroje ..... 58
2.5.3.2.3 Předřadné Přístroje ..... 59
2.5.3.2.4 Svítidla ..... 61

2.5.3.2.5 Způsob Osvětlení ..... 61
2.5.3.2.6 Osvětlovací Soustava ..... 61
2.5.3.2.7 Způsob Ovládání ..... 63
2.5.3.2.8 Způsob Regulace ..... 63
2.5.3.2.9 Důsledná Údržba ..... 63
*2.5.4 Další faktory ovlivňující spotřebu elektřiny v bytové a nebytové sféře. ..... 64*

**3 UŽITÍ ENERGETICKÉHO MANAŽERSTVÍ ..... 66**

3.1 PŘÍKLADY TYPOVÝCH REALIZACÍ ..... 74
3.2 Schema energetického manažerství II.stupne ..... 85

# 1 ÚVOD

Energetické manažerství je velmi významné opatření k dosažení úspory energie či k jejímu zachovávání nebo ochraně (energy conservation). Úspory se dosáhne:

⇒ trvalým sledováním provozu a projektovaných provozních parametrů, zejména potřeby a spotřeby energie,
⇒ pravidelným vyhodnocováním naměřené spotřeby energie a projektované potřeby a analyzováním získaného rozdílu v potřebě a spotřebě,
⇒ přijímáním opatření k odstranění rozdílu ve spotřebě a potřebě k co netrvalejšímu dosažení projektované nebo nižší potřeby,
⇒ motivací uživatelů a provozovatelů trvalým zveřejňováním zjištěných hodnot a vhodnou interpretací dosažitelných úspor při provozu budovy.
Energetické manažerství se řadí v hierarchii opatření k úsporám energie a k dosažení rozumné spotřeby energie:

☺ opatření ve stavební konstrukci
- v neprůsvitných obvodových funkčních dílech
- ve střechách
- ve výplních otvorů
- ve vybraných vnitřních konstrukcích
- v tepelných izolacích potrubí, armatur a nádob

☺ opatření v otopné soustavě
- ve zdrojích tepla
- v regulaci ústřední a místní
- ve vyregulování otopné soustavy

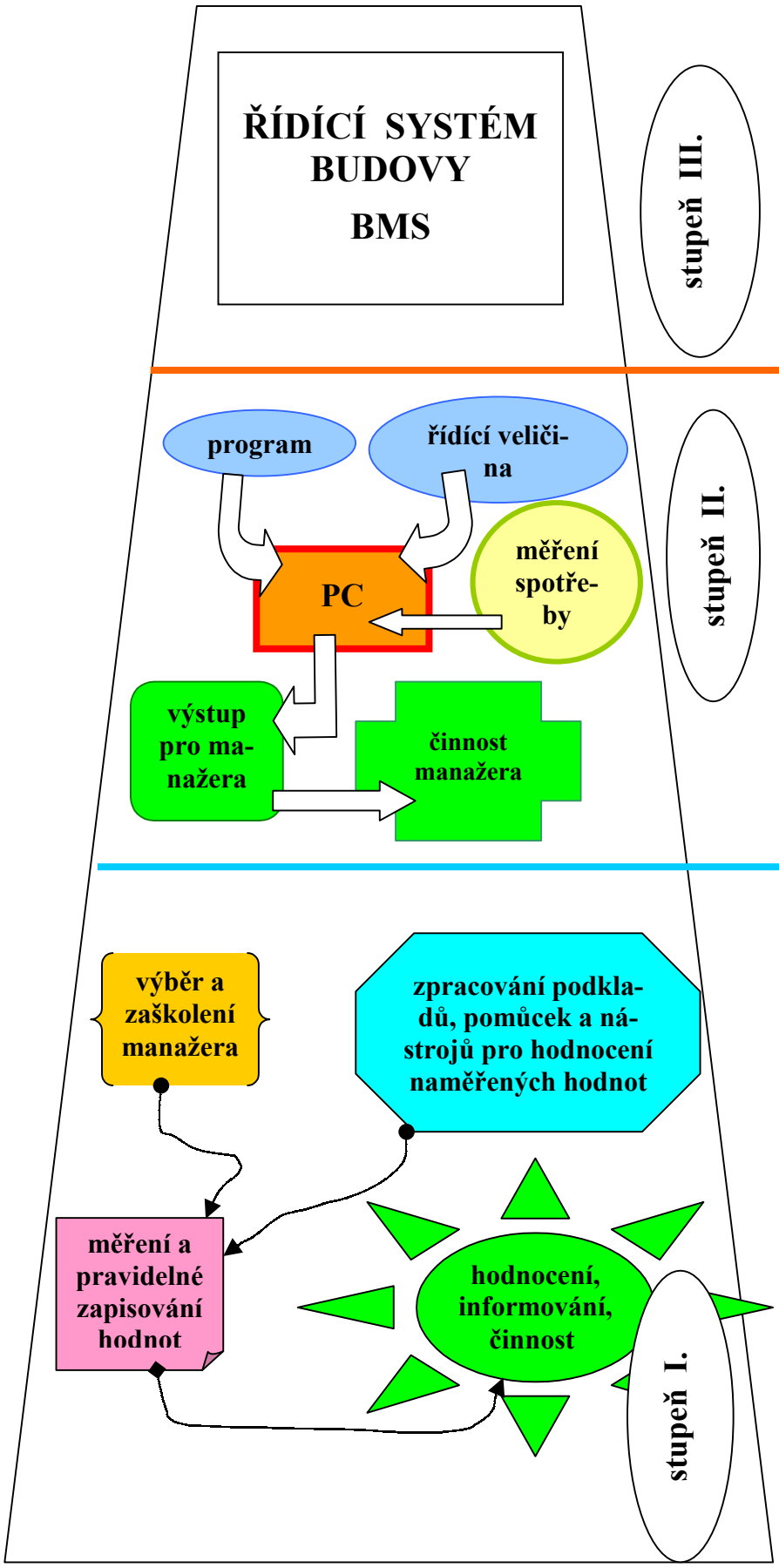
☺ opatření pro ohřev užitkové vody
- pro úsporu tepla
- pro úsporu vody

☺ opatření pro úsporu elektrické energie
- při umělém osvětlení
- při provozu spotřebičů

☺ **opatření pro uplatnění energetického manažerství**
- pro provozní diagnostiku pro garantování trvalého dosažení parametrů
- pro motivaci uživatelů/ provozovatelů/ vlastníků k energeticky vědomému provozu budovy.

Energetické manažerství je opatření spočívající v pravidelné registraci a vyhodnocování parametrů určujících spotřebu energie. Po vyhodnocení a porovnání skutečného režimu s projektovaným se vyhodnotí příčiny diference ve spotřebě energie a provede se údržba k docílení požadovaného stavu. Manažerská činnost je zaměřena na trvalé udržení stabilizovaného provozního stavu. Energetický manažer musí trvale ovlivňovat uživatele a vést ho k energeticky vědomému jednání.

Rozlišují se tři stupně manažerského přístupu definované vybavením a funkcí:




Nejdokonalejší je užití vhodného programu a PC pro porovnávání správných a skutečných provozních hodnot. Využijeme-li tohoto zařízení pro řízení provozu budovy, vytváříme základ tzv. “inteligentní budovy“.

Druhý, nižší stupeň je užití vhodného programu a PC k vyhodnocování provozních stavů srovnáváním skutečných a správných (naprogramovaných) hodnot potřeby tepla. Účelné je měřidlo tepla a energie se záznamem naměřených hodnot a přenosem do PC.

Nejjednodušší, nejlevnější a v zahraničí nejrozšířenější je systém “hlava-tužka-papír”. Opatření vyžaduje: vybavení zařízení požadovanými měřiči, (předepisuje legislativa), zaškolení obsluhy odborně i morálně (zpravidla obyvatel budovy se středními technickými schopnostmi) a vybavení pomůckami.

Technické zařízení musí být přizpůsobeno typu manažerství.

**Stupeň I. „hlava-tužka-papír“**je aplikovatelný ve všech budovách. Pro vytápění vyžaduje instalaci měření tepla pro budovu nebo obhospodařovanou část, měření vnitřní a vnější teploty a měření teploty otopného media.

Tento typ je investičně velmi málo náročný a vytváří předpoklady pro aktivní účast ústřední a místní správy v programu úspory energie. Je realizovatelný ve všech budovách. Experty EU je ceněn jako velmi laciné a účinné opatření.

Musí být veden manažerský deník s periodickými zápisy o spotřebě tepla a energie, o jejich vyhodnocení a o operativních zásazích k nápravě stavu.

**Druhý, vyšší stupeň je užití vhodného programu a PC** k vyhodnocování provozních stavů srovnáváním skutečných a správných (projektových a naprogramovaných) hodnot potřeby tepla. Účelné je měřidlo tepla se záznamem naměřených hodnot a přenosem do PC a snímání okamžité venkovní teploty.

Stupeň III. je nejdokonalejší a investičně i provozně nejdražší**. Je to užití vhodného programu a PC** pro porovnávání správných a skutečných provozních hodnot. Využijeme-li tohoto zařízení pro řízení provozu budovy, vytváříme základ tzv. “inteligentní budovy“. Tato metoda se označuje anglicky BMS (Building Management System).

*Energetické manažerství* je zcela *zásadní opatření*, které je možno realizovat *samostatně* - projeví se energeticky vědomým provozem, lépe však v rámci *systémové energeticky vědomé modernizace*. Je alfou a omegou pro dosažení garantovaných úspor energie po dobu životnosti opatření.

# 2 PODKLADY PRO ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ

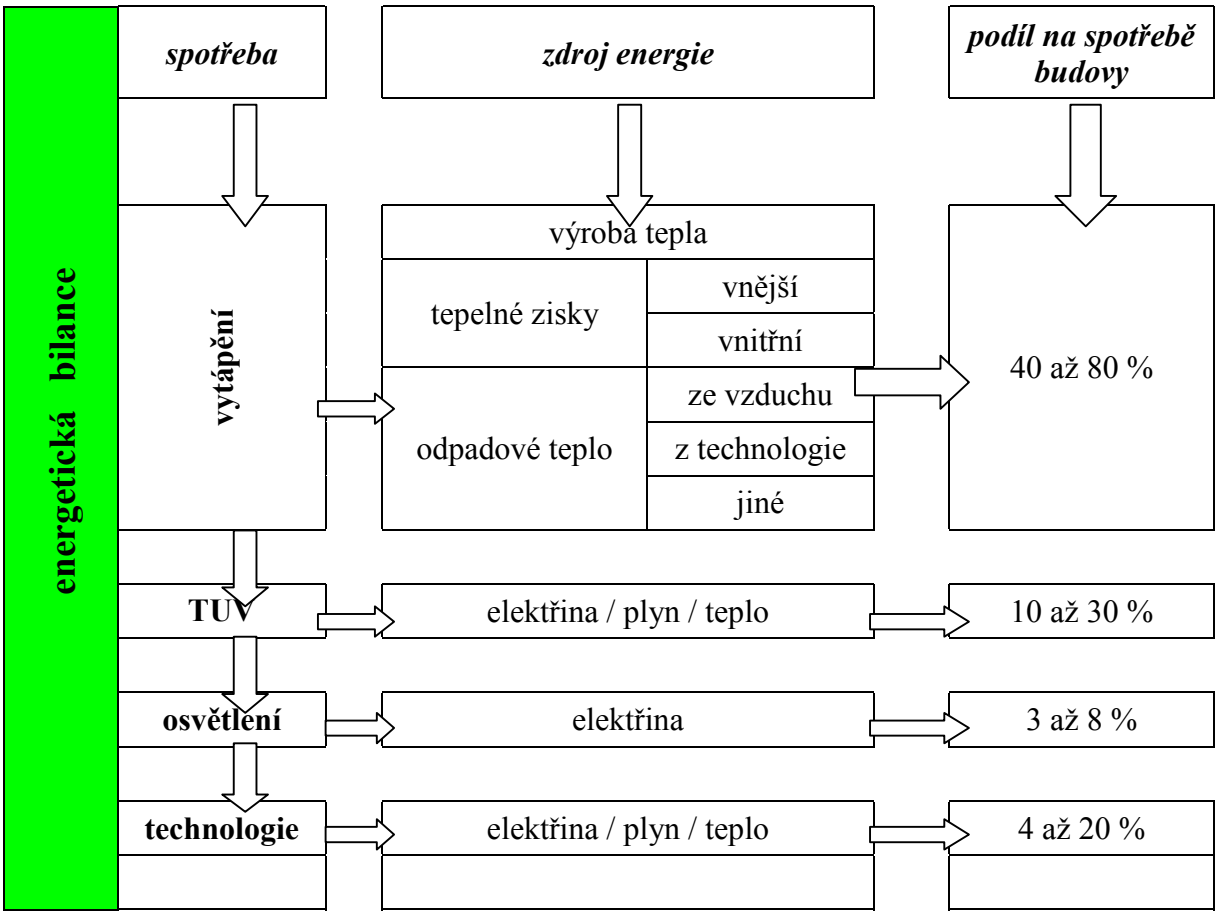
Struktura spotřeby energie budovy se liší podle druhu budovy a jejího užití. Celková spotřebovaná energie a podíly skupin spotřebičů jsou zřejmé z níže uvedeného obrázku. Z hlediska energetického manžerství je důležité odhalit odpadové či jiné teplo, které je k dispozici a co nejvíce ho využít v bilanci.

V energetické bilanci je kromě toků energie nezbytné sledovat i finanční bilanci spotřebované energie.

Stanovení toků energie je předmětem energetického auditu a pro nejvýraznější tok - tj. teplo pro vytápění se stanovuje denostupňovou metodou a odlaďuje podle faktur a počtu denostupňů pro dané období. Při stanovení bilance využitelných vnějších tepelných zisků je kromě klimatických podmínek, orientace ke světovým stranám a konstrukce výplní nezbytné uvažovat korekční součinitel v závislosti na akumulačních schopnostech stavební konstrukce. Bývá v rozmezí 0,2 pro lehkou stavbu až 0,7 pro těžkou stavbu.

TUV se stanoví z časového snímku odběrů a odladí podle faktury a skutečného užití.

Odběr elektrické energie pro osvětlení se stanoví výpočtem a koriguje podle faktury po odečtu spotřebičů. Obdobně se postupuje u elektrických a plynových spotřebičů.




Podpůrné nástroje lze nalézt v publikacích ČEA pro poradenskou činnost (klimatologie, osvětlení, spotřebiče, TUV, atd.).

Základním podkladem pro koncipování metody a parametrů energetického manažerství je energetický audit.

Na podkladě energetického auditu a rozhodnutí investora/ vlastníka se vypracují nástroje a pomůcky k naplňování energetického manažerství.

Katalog pojednává metody manažerství stupňů II. a I. Stupeň III. – BMS – je naprosto dodavatelskou záležitostí spojenou s vlastním programovacím jazykem. Poskytuje ho několik špičkových společností jako např. Landys & Gyr, Honeywell, Satchwell, Johnson Control.

Dále uvádíme základní podklady pro stanovení energetické bilance, případně její ověření, v oblastech spotřeby tepla a energie:

⇒ vytápění,
⇒ přípravy teplé užitkové vody (dále TUV),
⇒ umělého osvětlení,
⇒ provozu vybraných spotřebičů.

## 2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY NA VYTÁPĚNÍ

Potřeba i spotřeba tepla a paliv na vytápění je hodnotově nejvyšší položkou v energetické bilanci. Zásadním způsobem ovlivňuje regulační křivku závislosti doba-energetická potřeba.

Zároveň se prokazuje plnění základního požadavku na budovy : Úspora energie a ochrana tepla.

Stavba a její zařízení pro vytápění, chlazení a větrání musí být navrženy a postaveny takovým způsobem, *aby objem energie spotřebovaný při provozu byl nízký s ohledem na klimatické podmínky místa a požadavky uživatelů*.

K průkazu se stanovuje:

Potřeba tepla na vytápění budovy daná stavební konstrukcí a provozem budovy, které je třeba dodat do objektu při daných tepelně-akumulačních vlastnostech objektu, daném vytápěcím zařízení a otopném režimu, aby byly zajištěny v interiéru budovy příznivé teplotní poměry důležité z hlediska fyziologické termoregulace uživatele.

Potřeba paliva / energie na vytápění ze zjištěného množství tepla.

Potřeba energie na vytápění musí být v souladu s požadavkem harmonizované normy ČSN 73 05 40.

### 2.1.1 Názvosloví a komentáře

Potřeba tepla na vytápění daná stavební konstrukcí budovy $E_v$ - teplo, které je třeba do budovy dodat, aby bylo zajištěno předepsané vnitřní klima. Uvažuje se ústřední regulace vytápění podle venkovní teploty.

Potřeba tepla na vytápění daná provozem budovy $E_t$ - teplo, které je třeba do budovy dodat, aby bylo zajištěno předepsané vnitřní klima při uvažování vnitřní teploty, provozního režimu, druhu vytápěcího zařízení a jeho regulace.

Potřeba paliva nebo elektrické energie $B_t$ - palivo nebo energie vypočtená podle potřeby tepla $E_t$.

Spotřeba tepla $E_{SK}$ - teplo skutečně spotřebované (odebrané) za určité časové období. Zjišťuje se měřením po ukončení příslušného časového úseku, např. ze skutečné spotřeby paliva.

Otopné období - počet dnů d s průměrnou teplotou venkovního vzduchu nižší, než je zvolená mezní teplota $t_{em}$, při které se začíná a končí s vytápěním objektu. Počet dnů je uveden v tab. 2.1.

Mezní teplota venkovního vzduchu $t_{em}$ - je průměrná denní teplota venkovního vzduchu pro zahájení a ukončení otopného období. Do 31.12.1987 se volila + 12 °C nebo + 15 °C v závislosti na plošné hmotnosti obvodové stavební konstrukce. Od 1.1.1988 je zavedena další mezní teplota + 13 °C, např. pro obytné budovy.

Nejnižší venkovní teplota $t_e$ - výpočtová minimální zimní teplota venkovního vzduchu. Pro jednotlivá místa ČR ji určuje ČSN 06 0210.

Vnitřní teplota ve vytápěných místnostech $t_i$ - výpočtová hodnota, která je tzv. výslednou teplotou, stanovenou z aritmetického průměru mezi teplotou vnitřního vzduchu a střední povrchovou teplotou stěn ohraničujících vytápěnou místnost. Není-li zvláštními požadavky předepsáno jinak, volí se dle ČSN 06 0210.

Průměrná vnitřní teplota vytápěných místností $t_{is}$. Stanoví se ze vztahu:

$$t_{is} = \frac{\sum t_{ij} \cdot V_j}{\sum V_j} \qquad [°C]$$

kde

$V_j$ je prostor jednotlivé vytápěné místnosti a stanoví se součinem její podlahové plochy a konstrukční výšky

$t_{ij}$ je vnitřní teplota v j-té místnosti. ⇒ tab. 2.3

t

### 2.1.2 Metodika

#### *2.1.2.1 Potřeba tepla budovy daná konstrukcí budovy za otopné období při nepřerušovaném vytápění se stanoví ze vzorce*

$$E_v = 24 \cdot Q_c \cdot f_1 \cdot 3{,}6 \cdot \frac{d.(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e} \qquad [\text{ MJ }]$$

kde

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_1$ | (-) | je | koeficient vyjadřující vliv nesoučasnosti výpočetních hodnot uvažovaných při výpočtu celkové tepelné ztráty objektu $Q_c$ . Jeho hodnota je 0,85 | |
| d | (-) | je | počet dnů otopného období dle ČSN 38 33 50 | ⇒ tab. 2.1 |
| $t_{is}$ | (°C) | je | průměrná vnitřní teplota. Její hodnota je daná užitím budovy | ⇒ tab 2.3 |
| $t_{es}$ | (°C) | je | průměrná venkovní teplota (dle ČSN 38 33 50) | ⇒ tab. 2 .1 |
| $t_e$ | (°C) | je | výpočtová venkovní teplota (dle ČSN 06 0210) | ⇒ tab. 2.1 |
| $Q_c$ | (kW) | je | celková tepelná ztráta objektu, (dle ČSN 06 0210) s uplatněním vhodné korekce. | |

### *2.1.2.2 Potřeba tepla daná provozem budovy se stanoví z potřeby tepla na vytápění dané konstrukcí budovy s ohledem na předpokládaný provoz vytápění a druh vytápěcího zařízení*

$$E_t = E_v \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot \frac{1}{\eta_Z \cdot \eta_R} \qquad [\ MJ\ ]$$

kde

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $f_2$ | (-) | je | koeficient vlivu tlumeného a přerušovaného vytápění. Zohledňuje snížení průměrné vnitřní teploty při přerušovaném či tlumeném vytápění a zkrácení délky provozu vytápění. Stanoví se z časového provozního snímku. Jeho orientační hodnota je např. u bytových domů 0,95, u škol 0,7 | |
| $f_3$ | (-) | je | koeficient vlivu zvýšení vnitřní teploty místnosti oproti výpočtové vnitřní teplotě $t_i$ | ⇒ tab. 2 4 |
| $f_4$ | (-) | je | vliv vybavení vytápěcího systému regulačním zařízením | ⇒ tab. 2.5 |
| $\eta_Z$ | (-) | je | účinnost tepelného zdroje | ⇒ tab. 2.6 |
| $\eta_R$ | (-) | je | účinnost rozvodu otopného média. | ⇒ tab. 2.7 |

### *2.1.2.3 Teoretická potřeba paliva se stanoví z teoretické potřeby energie dle rovnice*

$$B_t = \frac{E_t}{H} \qquad [kg,m^3]$$

kde

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| H | $(MJ.kg^{-1}),(\ MJ.m^{-3})$ | je | výhřevnost paliva | ⇒ Tab. 2.8 |

Tabulka 2.1 Výpočtová venkovní teplota, průměrná teplota a počet dnů otopného období podle ČSN 38 3350 včetně změny a/1990

| Místo (klimatické stanice) | Podle ČSN 06 0210 | | Otopné období pro $t_{em}$ = 12 $^oC$ | | Otopné období pro $t_{em}$ = 15 $^oC$ | | Otopné období pro $t_{em}$ = 13 $^oC$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | výška nad mořem (m) | $t_e$ ($^oC$) | $t_{es}$ ($^oC$) | d (počet dnů) | $t_{es}$ ($^oC$) | d (počet dnů) | $t_{es}$ ($^oC$) | d (počet dnů) |
| Benešov | 327 | -15 | 3,5 | 234,000 | 5,200 | 280 | 3,9 | 245 |
| Beroun (Králův Dvůr) | 229 | -12 | 3,7 | 225 | 5,3 | 268 | 4,1 | 236 |
| Blansko (Dolní Lhota) | 273 | -15 | 3,3 | 229 | 5,1 | 275 | 3,7 | 241 |
| Břeclav (Lednice) | 159 | -12 | 4,1 | 215 | 5,2 | 253 | 4,4 | 224 |
| Brno | 227 | -12v | 3,6 | 222 | 5,1 | 263 | 4 | 232 |
| Bruntál | 546 | -18v | 2,7 | 255 | 4,8 | 315 | 3,3 | 271 |
| Česká Lípa | 276 | -15 | 3,3 | 232 | 5,1 | 282 | 3,8 | 245 |
| České Budějovice | 384 | -15 | 3,4 | 232 | 5,1 | 279 | 3,8 | 244 |
| Český Krumlov | 489 | -18v | 3,1 | 243 | 4,6 | 288 | 3,5 | 254 |
| Děčín (Březi-ny,Libverda) | 141 | -12 | 3,8 | 225 | 5,5 | 269 | 4,2 | 236 |
| Domažlice | 428 | -15v | 3,4 | 235 | 5,1 | 284 | 3,8 | 247 |
| Frýdek-Místek | 300 | -15v | 3,4 | 225 | 5,1 | 269 | 3,8 | 236 |
| Havlíčkův Brod | 422 | -15v | 2,8 | 239 | 4,9 | 294 | 3,3 | 253 |
| Hodonín | 162 | -12 | 3,9 | 208 | 5,1 | 240 | 4,2 | 215 |
| Hradec Králové | 244 | -12 | 3,4 | 229 | 5,2 | 279 | 3,9 | 242 |
| Cheb | 448 | -15 | 3 | 246 | 5,2 | 306 | 3,6 | 262 |
| Chomutov (Ervěnice) | 330 | -12v | 3,7 | 223 | 5,2 | 264 | 4,1 | 233 |
| Chrudim | 276 | -12v | 3,6 | 225 | 5,9 | 276 | 4,1 | 238 |
| Jablonec n/Nisou (Li-berec) | 502 | -18v | 3,1 | 241 | 5,1 | 298 | 3,6 | 256 |
| Jičín (Libáň) | 278 | -15 | 3,5 | 223 | 5,2 | 268 | 3,9 | 234 |
| Jihlava | 516 | -15 | 3 | 243 | 4,8 | 296 | 3,5 | 257 |
| Jindřichův Hradec | 478 | -15 | 3 | 242 | 5 | 296 | 3,5 | 256 |
| Karlovy Vary | 379 | -15v | 3,3 | 240 | 5,1 | 293 | 3,8 | 254 |
| Karviná | 230 | -15 | 3,6 | 223 | 5,3 | 267 | 4 | 234 |
| Kladno (Lány) | 380 | -15 | 4 | 243 | 5 | 300 | 4,5 | 258 |
| Klatovy | 409 | -15v | 3,4 | 235 | 5,2 | 286 | 3,9 | 248 |
| Kolín | 223 | -12v | 4 | 216 | 5,9 | 257 | 4,4 | 226 |
| Kroměříž | 207 | -12 | 3,5 | 217 | 5,1 | 258 | 3,9 | 227 |
| Kutná Hora (Kolín) | 253 | -12v | 4 | 216 | 5,9 | 257 | 4,4 | 226 |
| Liberec | 357 | -18 | 3,1 | 241 | 5,1 | 298 | 3,6 | 256 |
| Litoměřice | 171 | -12v | 3,7 | 222 | 5,2 | 263 | 4,1 | 232 |
| Louny (Lenešice) | 201 | -12 | 3,7 | 219 | 5,2 | 260 | 4,1 | 229 |
| Mělník | 155 | -12 | 3,7 | 219 | 5,3 | 261 | 4,1 | 229 |
| Mladá Boleslav | 230 | -12 | 3,5 | 225 | 5,1 | 267 | 3,9 | 235 |
| Most (Ervěnice) | 230 | -12v | 3,7 | 223 | 5,2 | 264 | 4,1 | 233 |
| Náchod (Kleny) | 344 | -15 | 3,1 | 235 | 4,8 | 292 | 3,7 | 250 |
| Nový Jičín | 284 | -15v | 3,3 | 229 | 5,2 | 280 | 3,8 | 242 |
| Nymburk (Poděbrady) | 186 | -12v | 3,8 | 217 | 5,5 | 262 | 4,2 | 228 |
| Olomouc | 226 | -15 | 3,4 | 221 | 5 | 262 | 3,8 | 231 |
| Opava | 258 | -15 | 3,5 | 228 | 5,2 | 274 | 3,9 | 239 |
| Ostrava | 217 | -15 | 3,6 | 219 | 5,2 | 260 | 4 | 229 |
| Pardubice | 223 | -12v | 3,7 | 224 | 5,2 | 265 | 4,1 | 234 |
| Pelhřimov | 499 | -15v | 3 | 241 | 5,1 | 300 | 3,6 | 257 |
| Písek | 348 | -15 | 3,2 | 235 | 5 | 284 | 3,7 | 247 |
| Plzeň | 311 | -12 | 3,3 | 233 | 4,8 | 272 | 3,6 | 242 |

Tabulka 2.1 Výpočtová venkovní teplota, průměrná teplota a počet dnů otopného období podle ČSN 38 3350 včetně změny a/1990

| Místo (klimatické stanice) | Podle ČSN 06 0210 | | Otopné období pro $t_{em}$ = 12 °C | | Otopné období pro $t_{em}$ = 15 °C | | Otopné období pro $t_{em}$ = 13 °C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | výška nad mořem (m) | $t_e$ (°C) | $t_{es}$ (°C) | d (počet dnů) | $t_{es}$ (°C) | d (počet dnů) | $t_{es}$ (°C) | d (počet dnů) |
| Praha (Karlov) | 181 | -12 | 4 | 216 | 5,1 | 254 | 4,3 | 225 |
| Prachatice | 574 | -18v | 3,3 | 253 | 5,1 | 307 | 3,8 | 267 |
| Přerov | 212 | -12 | 3,5 | 218 | 5,1 | 259 | 3,9 | 228 |
| Příbram | 502 | -15 | 3 | 239 | 4,9 | 290 | 3,5 | 252 |
| Prostějov | 226 | -15 | 3,4 | 220 | 5 | 261 | 3,8 | 230 |
| Rakovník | 332 | -15 | 3,4 | 232 | 5,7 | 297 | 4 | 250 |
| Rokycany (Příbram) | 363 | -15 | 3 | 239 | 4,9 | 290 | 3,5 | 252 |
| Rychnov nad Kněžnou (Slatina nad Zdobnicí) | 325 | -15 | 3 | 241 | 4,8 | 291 | 3,5 | 254 |
| Semily (Libštát) | 334 | -18v | 2,8 | 243 | 4,7 | 303 | 3,4 | 259 |
| Sokolov | 405 | -15v | 3,4 | 239 | 5,4 | 297 | 3,9 | 254 |
| Strakonice | 392 | -15 | 3,3 | 236 | 5,2 | 288 | 3,8 | 249 |
| Svitavy | 447 | -15 | 2,9 | 235 | 4,8 | 286 | 3,4 | 248 |
| Šumperk | 317 | -15v | 3 | 230 | 5,2 | 277 | 3,5 | 242 |
| Tábor | 480 | -15 | 3 | 236 | 5 | 289 | 3,5 | 250 |
| Tachov (Stříbro) | 496 | -15 | 3,1 | 237 | 5 | 289 | 3,6 | 250 |
| Teplice | 205 | -12v | 3,8 | 221 | 5,3 | 261 | 4,1 | 230 |
| Třebíč (Bítovánky) | 406 | -15 | 2,5 | 247 | 4,6 | 306 | 3,1 | 263 |
| Trutnov | 428 | -18 | 2,8 | 242 | 5 | 298 | 3,3 | 257 |
| Uherské Hradiště (Buchlovice) | 181 | -12v | 3,2 | 222 | 5 | 266 | 3,6 | 233 |
| Ústí nad Labem | 145 | -12v | 3,6 | 221 | 5 | 256 | 3,9 | 229 |
| Ústí nad Orlicí | 332 | -15v | 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 (Napajedla) | 234 | -12 | 3,6 | 216 | 5,1 | 257 | 4 | 226 |
| Znojmo | 289 | -12 | 3,6 | 217 | 5,2 | 256 | 3,9 | 226 |
| Žďár nad Sázavou | 572 | -15 | 2,4 | 252 | 4,7 | 318 | 3,1 | 270 |

Tabulka 2.2 Vnitřní teplota $t_i$ ve vytápěné místnosti

| Druh vytápěné místnosti | Vnitřní teplota $t_i$ (°C) |
|---|---|
| obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje, kuchyně | 20 |
| koupelny | 24 |
| klozety | 20 |
| vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby aj.) | 15 |
| vytápěné schodiště | 10 |
| kanceláře | 20 |
| učebny | 20 |
| tělocvičny | 15 |
| ordinace | 24 |
| pokoje pro nemocné | 22 |

Tabulka 2.3 Průměrná vnitřní teplota $t_{is}$ v době plného využití

| druh budovy | pro bydlení | kanceláře | školy |
|---|---|---|---|
| | 19,5 | 19,4 | 18 |

Tabulka 2.4 Koeficient zvýšení teploty $f_3$

| Zvýšení teploty (K) | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $f_3$ | 1,07 | 1,14 | 1,2 |

Tabulka 2.5 Koeficient vlivu regulace $f_4$

| Vybavení regulačním zařízením | Vytápěcí zařízení | | |
|---|---|---|---|
| | • velkoplošné sálavé vytápění (podlahové, stropní);<br>• akumulační topidla s přirozeným vydáváním tepla (typ I) | • teplovodní vytápění s otopnými tělesy;<br>• akumulační topidla s nuceným vydáváním tepla (typ III) | • teplovzdušné vytápění;<br>• přímotopné elektrické vytápění |
| ruční regulace | 1,15 | 1,1 | 1,05 |
| automatická regulace podle vnitřní teploty v referenční místnosti pro více místností nebo bytů | 1,10 | 1,04 | 1,00 |
| ústřední automatická regulace podle počasí a času pro více bytů | 1,07 | 1,00 | 0,93 |
| automatická regulace podle vnitřní teploty v referenční místnosti pro více místností nebo bytů a termostatické ventily | 1,05 | 0,98 | 0,91 |
| ústřední automatická regulace pro více bytů podle počasí a času a zónová regulace podle světových stran | 1,03 | 0,95 | 0,88 |
| ústřední automatická regulace pro více bytů podle počasí a času a automatická indivi- duální regulace teploty v místnostech | - | 0,85 | 0,80 |

Tabulka 2.6 Účinnost tepelného zdroje $\eta_Z$

| Tepelný zdroj | $\eta_Z$ |
|---|---|
| Kotel na hnědé uhlí | 0,55 až 0,70 |
| Kotel na koks | 0,70 až 0,75 |
| Kotel na plynné palivo | 0,76 až 0,82 |
| Elektrický akumulační ohřívač | 0,95 až 0,98 |

Tabulka 2.7 Účinnost rozvodů $\eta_R$

| Umístění zdroje tepla | $\eta_R$ |
|---|---|
| Tepelná síť | 0,85 až 0,95 |
| Zdroj tepla v kotelně | 0,95 |
| Zdroj tepla v bytě | 0,97 |

Tabulka 2.8 Výhřevnost paliva H

| Druh paliva | | Jakostní skupina | Výhřevnost | |
|---|---|---|---|---|
| | | | MJ/kg | $MJ/m^3$ |
| **Černé uhlí** | | A hrubé | nad 25,96 | |
| | | B střední | nad 25,96 | |
| | | B hrubé | 18,84 až 25,96 | |
| | energetické | B střední | 18,84 až 25,96 | |
| | | C střední | do 18,84 | |
| | | C těžké | do 16,75 | |
| | koksovatelné | A hrubé | nad 25,95 | |
| | antracit | A střední | nad 25,95 | |
| **Hnědé uhlí tříděné** | | A hrubé | nad 16,33 | |
| | | A střední | nad 15,49 | |
| | | B hrubé | 14,24 až 16,33 | |
| | | B střední | 13,4 až 15,49 | |
| | | C hrubé | do 14,24 | |
| | | C střední | do 13,4 | |
| **Lignit tříděný** | | C | do 13,4 | |
| | | C hrubý | 13,82 | |
| **Brikety** | | tuzemské hranoly 7 | 22,34 | |
| **Koks** | | metalurgický hrubý | 27,3 | |
| **Svítiplyn** | | | | 14,4 |
| **Zemní plyn naftový** | | | | 33,4 |
| **Zemní plyn karbonský** | | | | 31,4 |
| **Topný olej lehký** | | | | 41,7 |
| **Topný olej těžký** | | | | 40,8 |

Tabulka 2.9

## FORMULÁŘ PRO VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

$$E_v = 24 \cdot Q_c \cdot f_1 \cdot 3{,}6 \cdot \frac{d.(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e}$$

$$E_t = E_v \bullet f_2 \bullet f_3 \bullet f_4 \bullet \frac{1}{\eta_Z \bullet \eta_R}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Místo: | | Zdroj tepla: | |
| Druh budovy: | | Druh paliva: | |
| Stavební soustava: | | | |

| Symbol | Hodnota | Rozměr | Význam |
|---|---|---|---|
| | | | |
| $Q_c$ | *100* | kW | Celková tepelná ztráta dle ČSN 06 02 10 s uvažováním korekcí |
| $t_o$ | *13* | °C | Teplota venkovního vzduchu omezující otopné období - tab. 2.1 |
| d | *232* | - | Počet dnů otopného období - tab. 2.1 |
| $t_{is}$ | *19,5* | i | Průměrná vnitřní teplota 19°C, tab. 2.3 |
| $t_{es}$ | *4* | °C | Průměrná venkovní teplota - tab. 2.1 |
| $t_e$ | *-12* | °C | Výpočtová venkovní teplota - tab 2.1 |
| $f_1$ | *0,9* | - | Koeficient vlivu nesoučasnosti při výpočtu tepelné ztráty |
| $E_v$ | 887 698 | MJ/rok | Potřeba tepla na vytápění budovy daná stavební konstrukcí (charakterizuje stavební provedení při uvažování ústřední regulace podle počasí); $E_v = 86{,}4.Q_c.f_1.\{D/(t_{is}-t_e)\}$ |
| $f_2$ | *0,95* | - | Koeficient vlivu tlumeného a přerušovaného vytápění |
| $f_3$ | *1* | - | Koeficient vlivu zvýšení vnitřní teploty - tab. 2.4 |
| $f_4$ | *1* | - | Koeficient vlivu regulace - tab. 2.5 |
| $\eta_Z$ | *0,8* | - | Účinnost tepelného zdroje - tab. 2.6 |
| $\eta_R$ | *0,95* | - | Účinnost rozvodu otopného média - tab. 2.7 |
| $\eta_V$ | 0,76 | - | Výsledná účinnosť $\eta_V = \eta_Z.\eta_R$ |
| **D** | **3 596** | - | Počet denostupňů $D = d.(t_{is}-t_{es})$ |
| **$E_t$** | **843 313** | MJ/rok | Potřeba tepla objektu při uvažování okrajových podmínek regulace otopné soustavy, výše vnitřní teploty a režimu vytápění $E_t = E_v.f_2.f_3.f_4$ |
| | **843** | GJ/rok | |
| | **234** | MWh/rok | |
| | **11,7** | MWh/rok.200m$^3$ | |
| $V_n$ | *4 000* | m$^3$ | Obestavěný prostor |
| H | *33,4* | MJ.kg$^{-1}$; MJ.m$^{-3}$ | Výhřevnost paliva - tab. 2.8 |
| $B_t$ | **33 222** | kg; m$^{-3}$ | Potřeba paliva - $B_t = E_t / M.\eta_V$ |

Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadána tepelná ztráta 100 kW. Ponechané hodnoty nejsou reálné, je nutné je změnit podle konkrétního zadání

## 2.2 POTŘEBA TEPLA NA PŘÍPRAVU TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY

Potřeba tepla na přípravu TUV se podílí na energetické budově ve většině budov druhou nejvyšší hodnotou po vytápění. Potřeba tepla musí zabezpečit ohřátí takového množství vody, které zajistí uživatelské požadavky a umožní ohřátí minimálního hygienicky opodstatněného množství vody. Úspory tepla tedy nejsou neomezené a zpravidla, po dosažení hygienického minima, nulové.

Energetické manažerství se také uplatní pro ověření dosahování základních požadavků:

☺ **Úspora energie a ochrana tepla**. Stavba a její zařízení pro vytápění, *přípravu TUV*, chlazení a větrání musí být navrženy a postaveny takovým způsobem, aby objem energie spotřebovaný při provozu byl nízký s ohledem na klimatické podmínky místa a požadavky uživatelů.
☺ Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí. Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby *neohrožovala hygienu nebo zdraví* jejích uživatelů nebo sousedů. Formuluje *požadavky na zásobování vodou*.

Při modernizaci budov se musí zajistit koncepčně správné (vhodné) a hospodárné zásobování teplou užitkovou vodou na přiměřené technické úrovni v každé budově.

### 2.2.1 Názvosloví a komentáře

Teplou užitkovou vodou (TUV) se rozumí ohřátá pitná voda splňující požadavky ČSN 83 06 11 Pitná voda, tj. voda určená pro mytí, koupání, praní a umývání. Podmínky na její získání jsou závislé na dostatku pitné vody, z niž se TUV vyrábí, a na formě energetického zásobování budovy.

Teplota TUV v místě odběru, tj. na výtoku u uživatele, ve stavbách pro bydlení nemá trvale poklesnout na teplotu nižší než 50 °C. V době odběrové špičky je povolen krátkodobý pokles teploty na 45 °C. Předpokládá se teplota na výtoku 55°C. Podle vyhlášky č.85/1998 Sb., teplota TUV by měla být v rozmezí 45°až 60 °C. Pro udržení teploty dodávané TUV v předepsaných mezích musí být zařízení vybaveno automatickou regulací teploty užitkové vody a cirkulací TUV.

Potřeba TUV $M_{TUV}$ je návrhové množství TUV za časové období. Stanoví se výpočtem při uvažování uživatelských zvyků, počtu výtokových míst, počtu osob užívajících budovu nebo bydlících v bytech a technologie.

Pokud není znám v obytných budovách počet osob ani skladba bytů, uvažují se tzv. měrné byty s průměrným počtem obyvatel 2,7.

Orientačně udává potřebu teplé užitkové vody 50 °C teplé na 1 obyvatele za 1 den tab. 2 přílohy 4 ČSN 38 3350 "Zásobování teplem". Potřeba 50 až 130 kg. je rozmezí průměrných hodnot potřeb TUV 50 °C teplé pro 1 obyvatele za 24 hodin v závislosti na stupni vybavení, způsobu úhrady a jiných místních podmínkách.

Pro manažerství uvažujeme tyto podmínky:

⇒ průměrnou teplotu vody na výtoku u uživatele 55 °C. Pro použití bude voda smíchána se studenou vodou na průměrnou teplotu 40°C,
⇒ voda v budově se spotřebovává podle užití budovy na hygienu, vaření a technologii podle denního snímku,
⇒ voda v bytě se podle denního snímku spotřebovává na hygienu osob, vaření (částečně) a mytí nádobí, úklid a praní.

Jmenovitý výtok a požadovaný přetlak vody. Pro přípravu TUV musí být k dispozici dostatečný zdroj pitné vody, aby byl v budově zajištěn dostatečný zůstatkový přetlak vody nad nejvyšším výtokem TUV, a to 0,05 MPa na neupravený výtok a 0,1 MPa pro výtok opatřený provzdušňovačem proudu (perlátorem).

Jmenovité výtoky vody před vybranými výtokovými armaturami jsou uvedeny v tab. 2.10.

Spotřeba TUV je měřené množství vody k přípravě TUV. Je časově velmi nahodilá a nerovnoměrná a proto i odběr energie k jejímu ohřevu je velmi nepravidelný a výkon zdroje tepla se volí dle průměrné potřeby.

Potřeba tepla $E_{TUVP}$ je navrhované množství tepla za určité časové období (den, měsíc, rok) udávané nejčastěji v GJ.

Spotřeba tepla $E_{TUVS}$ je odebrané teplo za určité časové období v GJ/časové období. Je měřena, je-li to technicky možné. Měření je na prahu domu kalorimetrickými měřiči (je-li to technicky možné) a individuální vodoměry v bytových jádrech (poměrové). U panelových obytných domů činí spotřeba tepla na přípravu TUV v celoročním průměru přibližně 1/3 spotřeby pro vytápění, přičemž celková účinnost zařízení pro přípravu TUV je pouze 50 až 55 %. Při energeticky vědomé modernizaci se výrazně sníží potřeba tepla na vytápění a podstatně méně z důvodů hygienických potřeba tepla na přípravu TUV. Vzájemný podíl činí cca 50%.

Tepelný výkon $Q_{vTUV}$ je množství tepla za jednotku času ve W, kW, MW potřebné k ohřevu stanoveného množství vody.

Tepelný příkon $Q_{pTUV}$ je přípojné množství tepla za jednotku času ve W, kW, MW, na něž je dimenzován přívod tepla k zařízení pro ohřev TUV.

Hospodárnost přípravy TUV závisí na koncepci zařízení, jeho stavu, provozních podmínkách. Absolutní hodnota tepelných ztrát se snižuje tepelnou izolací rozvodů a zařízení pro přípravu TUV. Poměrné tepelné ztráty a tím i poměrné provozní náklady závisí na členitosti rozvodů, počtu výtoků, na existenci cirkulačního potrubí a na kvalitě tepelné izolace rozvodů a zařízení.

Rozvody TUV by měly být co nejkratší. V soustavách CZT by se měla prosazovat decentralizace přípravy TUV.

### 2.2.2 Metodika

Při zpracování se použily podklady vypracované ing. Valentou v minulých letech pro STÚ-E a.s..

#### *2.2.2.1 Množství vody $M_{TUV}$*

se stanoví pro časové období. Zahrnuje odběry vody pro:

- hygienickou potřebu – mytí, sprchování a koupání,
- mytí nádobí s podílem vody na vaření,
- úklid a mytí podlah,
- praní prádla přímým napojením automatických praček,
- technologii.

Stanoví se ze vztahu:

$$M_{TUV} = n_i \cdot \sum \left( n_d \cdot U_o \cdot \tau_d \cdot p_d \right) \qquad [m^3.osoba^{-1}]$$

kde:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $n_i$ | (-) | je | počet uživatelů | ⇒ tab. 2.10 |
| $n_d$ | (-) | je | počet dávek | ⇒ tab. 2.10 |
| $U_o$ | ($m^3.h^{-1}$) | je | přítok TUV do výtoku | |
| $\tau_d$ | (h) | je | doba dávky | |
| $p_d$ | (-) | je | součinitel prodloužení doby dávky. | |

Směrné hodnoty množství vody pro byty podle počtu osob jsou uvedeny v tabulce 2.10. Směrné hodnoty množství vody pro jiné budovy jsou uvedeny v tabulce 2.13.

#### *2.2.2.2 Potřeba tepla $E_{TUVP}$*

se stanoví ze vztahu:

$$E_{TUVP} = E_{TUVohřev} + E_{TUVztráta} \qquad [GJ.rok^{-1}]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $E_{TUVohřev}$ | ($GJ.rok^{-1}$) | je | potřeba tepla k ohřátí vody v zařízení pro přípravu TUV |
| $E_{TUVztráta}$ | ($GJ.rok^{-1}$) | je | potřeba tepla na krytí ztrát při ohřevu a rozvodu TUV |

##### 2.2.2.2.1 POTŘEBA TEPLA K OHŘÁTÍ VODY $E_{TUVOHŘEV}$

se stanoví ze vztahu:

$$E_{TUVohřev} = M_{TUV} \cdot \rho \cdot \left( t_{TUV} - t_{vs} \right) \cdot c \qquad [GJ.rok^{-1}]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $M_{TUV}$ | ($GJ.rok^{-1}$) | je | množství vody |
| $\rho$ | ($m^3.kg^{-1}$) | je | hustota vody |
| $t_{TUV}$ | (°C) | je | teplota ohřáté vody |
| $t_{vs}$ | (°C) | je | teplota studené vody |
| c | ( $kJ.\ K^{-1}.kg^{-1}$) | je | měrná tepelná kapacita vody |

##### 2.2.2.2.2 POTŘEBA TEPLA KE KRYTÍ TEPELNÝCH ZTRÁT $E_{TUVZTRÁTA}$

se stanoví:

$$E_{TUVztráta} = E_{TUVohřev} \cdot z_{TUV} \qquad [GJ.rok^{-1}]$$

kde

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $E_{TUVohřev}$ | (GJ.rok$^{-1}$) | je | potřeba tepla k ohřátí vody | |
| $z_{TUV}$ | (-) | je | poměrná tepelná ztráta při ohřevu a rozvodu TUV. | ⇒ tab 2.12 |

### *2.2.2.3 Tepelný výkon $Q_{vTUV}$*

se stanoví:

- pro akumulační ohřev se zásobníkem ze vztahu

$$Q_{vTUV} = \left(E_{TUV} / \tau\right)_{\max} \qquad [\mathrm{kW}]$$

- pro průtočný ohřev (rychloohřev) ze vztahu:

kde

$$Q_{vTUV} = \sum \left(n_v \cdot q_v\right) \cdot f_s \qquad [\mathrm{kW}]$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\tau$ | (h) | je | doba odběru | |
| $n_v$ | (-) | je | počet výtokových zařízení | |
| $q_v$ | (kW) | je | tepelný výkon přítoku jednoho výtokového zařízení. | tab. 2.10 |
| $f_s$ | (-) | je | součinitel současnosti | tab. 2.11 |
| $E_{TUVP}/\tau$ | (kWh.h$^{-1}$) | je | maximální sklon křivky dodávky tepla | |

Je třeba pečlivě zvažovat pravděpodobnost současného užití TUV v daném typu budovy. Je např. málo pravděpodobné, že by současně byl odběr pro sprchování a pro napouštění vany.

Výše uvedené vztahy vyplývají ze stanovení křivky odběru tepla a křivky dodávky tepla. Křivku odběru tepla vyjadřuje časový průběh $E_{TUV}$. Křivka dodávky tepla je dána časovým průběhem tepelných výkonů.

Pro manažerství v bytových domech postačí zjednodušený postup stanovení tepelného příkonu za těchto předpokladů:

- odběr TUV bude v denním snímku rozdělen takto
  - v době od 6 do 17 hodin 35% $M_{TUV}$,
  - v době od 17 do 20 hodin 50% $M_{TUV}$,
  - ve zbývající době hodin 15% $M_{TUV}$.
- $\Delta E_{TUVmax}$ činí 25% $E_{TUVP}$.

Pro jiné budovy než bytové je nezbytné zpracovat časové snímky odběrů.

### *2.2.2.4 Objem zásobníku*

se stanoví ze vztahu:

$$V_z = \Delta E_{TUV\ max} / \left[ c \cdot \rho \cdot \left( t_{TUV} - t_{vs} \right) \right] \qquad [m^3]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta E_{TUVmax}$ | (GJ) | je | dán největším možným rozdílem mezi křivkou dodávky a odběru tepla. Použije se velmi orientační vztah $\Delta E_{TUVmax} = 25\%\ E_{TUVP}$ |
| $\rho$ | $(m^3.kg^{-1})$ | je | hustota vody |
| $t_{TUV}$ | (°C) | je | teplota ohřáté vody |
| $t_{vs}$ | (°C) | je | teplota studené vody. |
| c | $(kJ.\ K^{-1}.kg^{-1})$ | je | měrná tepelná kapacita vody |

Tabulka 2.10 Množství vody o teplotě 55°C

| | | **množství** | | | | | | | | **Tepelný výkon přítoku** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 dávka | Počet dávek za den | Počet osob za den | | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 2,7 | 3 | 4 | 5 | $q_v$ |
| | | $m^3$ | (-) | $m^3$ | | | | | | kW |
| Druh potřeby | | | | | | | | | | |
| Osobní hygiena | | | | | | | | | | |
| | umývadlo | 0,012 | 3,0 | 0,0360 | 0,0720 | 0,0972 | 0,1080 | 0,1440 | 0,1800 | 7,3 |
| | sprcha | 0,025 | 1,0 | 0,0250 | 0,0500 | 0,0675 | 0,0750 | 0,1000 | 0,1250 | 12 |
| | vana | 0,050 | 0,3 | 0,0150 | 0,0300 | 0,0405 | 0,0450 | 0,0600 | 0,0750 | 24,6 |
| Dřez | | | | | | | | | | 15,7-24,4 |
| Mytí nádobí – 1 jídlo | | 0,003 | 0,8 | 0.0024 | 0,00480 | 0,0065 | 0,0072 | 0,0096 | 0,0120 | |
| Úklid | | 0,020 | 0,2 | 0,0040 | 0,00800 | 0,0108 | 0,0120 | 0,0160 | 0,0200 | |
| Praní | | 0,010 | 0,2 | 0,0020 | 0,0040 | 0,0054 | 0,0060 | 0,0080 | 0,0100 | |
| | | | **celkem** | **0,0844** | **0,1688** | **0,2279** | **0,2532** | **0,3376** | **0,4220** | |

Tabulka 2.11 Součinitel současnosti pro bytové domy

| Počet bytů | $n_b$ | 10 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Součinitel současnosti | $f_s$ | 0,85 | 0,41 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,2 |

Tabulka 2.12 Poměrná tepelná ztráta zařízení a rozvodu TUV

| Druh zařízení | | Ohřev vody v budově | Ohřev vody v okrskovém zdroji tepla | Zařízení ve velmi špatném stavu |
|---|---|---|---|---|
| Poměrná tepelná ztráta | $z_{TUV}$ | do 0,5 | do 1,0 | až 4 |

Tabulka 2.13 Potřeba TUV v nebytových budovách

| druh budovy | | potřeba TUV | teplota TUV |
|---|---|---|---|
| | | $dm^3$ / den. osoba | °C |
| škola (250 dnů za rok) | bez sprch | 5 –15 | 45 |
| | se sprchami | 30 – 50 | |
| administrativní budovy | | 10 – 40 | |
| obchody (vztaženo na zaměstnance) | | 10 - 40 | |

Tabulka 2.14

**FORMULÁŘ PRO VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY A TEPLA NA JEJÍ OHŘEV**

$$E_{TUVohřev} = M_{TUV} \cdot \rho \cdot (t_{TUV} - t_{vs}) \cdot c$$

$$E_{TUVztráta} = E_{TUVohřev} \cdot z_{TUV}$$

$$E_{TUVP} = E_{TUVohřev} + E_{TUVztráta}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Množství vody teplé 55°C pro l osobu za den v $m^3$ | | 0,0844 | $m^3$ | Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadán 1 byt. Ponechané hodnoty nejsou reálné, je nutné je změnit podle konkrétního zadání |
| | | | | |
| Počet dnů za rok | | 365 | dny | |
| Koeficient ročního využití odběru TUV | | 0,90 | (-) | |
| Počet dnů za rok s odběrem TUV | | 328,5 | dny | |
| Počet bytů | | 1 | byt(ů) | |
| Počet osob na byt | | 2,7 | osob | |
| Celkem osob | | 2,7 | osob | |
| | | | | |
| Množství teplé vody za den | | 0,228 | $m^3$ | |
| Množství teplé vody za rok | | 74,86 | $m^3$ | |
| Množství teplé vody 40°C za den | | 0,342 | $m^3$ | |
| Množství teplé vody 40°C za rok | | 112,29 | $m^3$ | |
| Celkové množství studené vody včetně vody nutné k míchání na teplotu 40°C | | 112,29 | $m^3$ | |
| **Teplá voda - TUV** | | | | |
| Potřeba tepla na ohřev vody | $E_{TUVohřev} = M_{TUV} . \rho . (t_{TUV} - t_{vs}) . c$ | | | |
| | | | | |
| množství vody | M | 74,86 | $m^3$ | |
| teplota ohřáté vody | $t_{TUV}$ | 55 | °C | |
| teplota studené vody | $t_{vs}$ | 10 | °C | |
| hustota vody | ρ | 1 | $m^3$/kg | |
| měrná tepelná kapacita vody | c | 4,2 | kJ/K.kg | |
| **Potřeba tepla k ohřátí vody celkem na budovu** | $E_{TUVohřev}$ | **14,15** | **GJ/rok** | |
| | | **3,93** | **MWh/rok** | |
| **Potřeba tepla k ohřátí vody celkem na byt** | $E_{TUVohřev}$ | **14,15** | **GJ/rok** | |
| | | **3,93** | **MWh/rok** | |
| Potřeba tepla na krytí tepelných ztrát | $E_{TUVztráta} = E_{TUVohřev}.z$ | | | |
| poměrná tepelná ztráta | $z_{TUV}$ | 0,5 | (-) | |
| **Potřeba tepla ke krytí ztrát tepla celkem na budovu** | $E_{TUVztrát}$ | **7,07** | **GJ/rok** | |
| | | **1,97** | **MWh/rok** | |
| **Potřeba tepla ke ztrát tepla celkem na byt** | $E_{TUVztrát}$ | **7,07** | **GJ/rok** | |
| | | **1,97** | **MWh/rok** | |
| **Potřeba tepla celková na budovu** | $E_{TUVP}$ | **21,22** | **GJ/rok** | |
| | | **5,90** | **MWh/rok** | |
| **Potřeba tepla celková na byt na byt** | $E_{TUVP}$ | **21,22** | **GJ/rok** | |
| | | **5,90** | **MWh/rok** | |
| výhřevnost | Hu | 33,40 | MJ/$m^3$; MJ/kg | |
| účinnost | η | 80% | % | |
| **Množství paliva/energie** | $B_{TUV}$ | **794,3** | **$m^3$; kg; kWh** | |

Tabulka 2.15

**FORMULÁŘ PRO VÝPOČET TEPELNÉHO PŘÍKONU**

**Akumulační ohřev se zásobníkem**

$$Q_{vTUV} = \left(E_{TUV} / \tau\right)_{max}$$

| **Výpočet tepelného výkonu** | | |
|---|---|---|
| | | |
| Potřeba tepla $E_{TUV}$ | 14,15 | GJ/rok |
| Počet dnů za rok s odběrem TUV | 328,5 | dny |
| Potřeba tepla $E_{TUV}$ za den | 0,04 | GJ/den |
| Doba ohřevu TUV $\tau$ | 24 | hodin |
| **Tepelný výkon ohřevu $Q_{vTUV}$** | **6** | **kW** |

$$V_z = \Delta E_{TUV\ max} / \left[c \cdot \rho \cdot \left(t_{TUV} - t_{vs}\right)\right]$$

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| **Výpočet velikosti zásobníků** | | |
| Nejvyšší rozdíl mezi dodávkou a odběrem tepla $\Delta E_{TUVmax}$ | 0,01 | GJ |
| Poměr mezi nejvyšším rozdílem mezi dodávkou a odběrem tepla a denní potřebou tepla $\Delta E_{TUV}/E_{TUV}$ | 0,25 | (-) |
| Měrná tepelná kapacita vody c | 4,12 | $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$ |
| Hustota vody ρ | 1000 | $kg.m^{-3}$ |
| Teplota ohřevu $t_{TUV}$ | 55,00 | °C |
| Teplota studené vody $t_{vs}$ | 10,00 | °C |
| **Velikost zásobníků $V_z$** | **0,058** | **$m^3$** |

Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadána potřeba tepla pro 1 byt podle tab 2.14. Ponechané hodnoty nejsou reálné, je nutné je změnit podle konkrétního zadání

Tabulka 2.16

**FORMULÁŘ PRO VÝPOČET TEPELNÉHO PŘÍKONU**

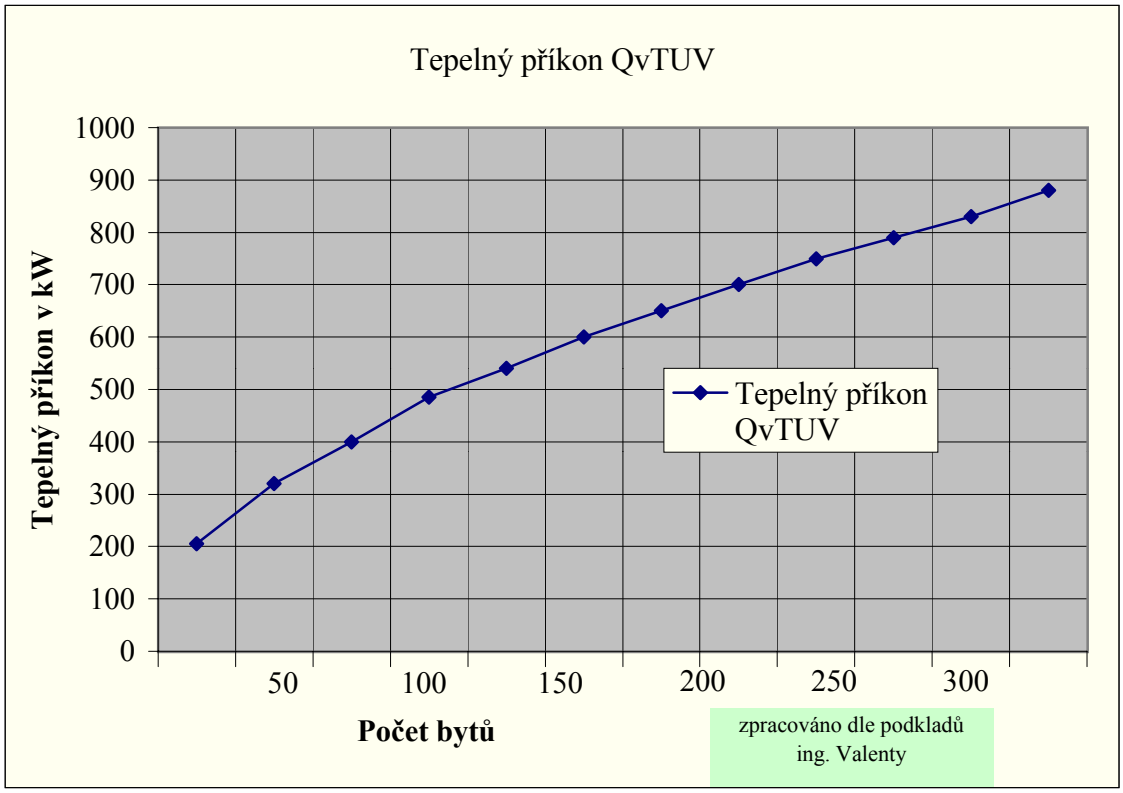
**Průtočný ohřev (přímý ohřev)**

$$Q_{vTUV} = \sum (n_v \cdot q_v) \cdot f_s$$

| **Výpočet tepelného výkonu** | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| tepený výkon přítoku $q_v$ | umývadlo | 7,3 | kW |
| | dřez | 16,0 | kW |
| | sprcha | 12,0 | kW |
| | vana | 24,6 | kW |
| počet výtokových zařízení $n_v$ | umývadlo | 10 | ks |
| | dřez | 10 | ks |
| | sprcha | 10 | ks |
| | vana | 10 | ks |
| celkový tepelný výkon přítoku $q_v$ | | 599,00 | kW |
| součinitel současnosti $f_s$ | | 0,85 | hodin |
| **Tepelný výkon ohřevu $Q_{vTUV}$** | | **509** | **kW** |

Vypočtená hodnota je maximální daná současným odběrem všech zařízení. V reálném provoze je tento odběr nesoučasný a velmi orientačně asi třetinový. Tepelný příkon pro reálný provoz uvádí graf.

Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadán počet bytů 10. Ponechané hodnoty nejsou reálné, je nutné je změnit podle konkrétního zadání



## 2.3 POTŘEBA TEPLA VZNIKLÁ Z PROVEDENÍ A ÚČINNOSTI TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ, ARMATUR A NÁDOB

Tepelná ztráta vzniklá kvalitou tepelné izolace potrubí, armatur a nádob má „statický“ charakter tak jako ostatní funkční stavební díly. Její přínos je tedy konstantní po dobu životnosti při odpovídající údržbě. Její hodnota se projeví konstantní veličinou (posunem křivky) v závislosti „doba-potřeba energie“.

Prokazuje se trvalé plnění základního požadavku : Úspora energie a ochrana tepla.

Stavba a její zařízení pro vytápění, chlazení a větrání musí být navrženy a postaveny takovým způsobem, aby *objem energie* spotřebovaný *při provozu* byl *nízký* s ohledem na klimatické podmínky místa a požadavky uživatelů.

K průkazu se stanovuje:

- účinnost tepelné izolace potrubí rozvodů otopné soustavy ze zjištěných tepelných ztrát izolací,
- množství tepla, které prostoupí izolovanou stěnou potrubí, přírub a armatur.

### 2.3.1 Názvosloví a komentáře

Tepelné izolace potrubí, armatur a nádob mohou účinně ovlivnit potřebu tepla na vytápění a přípravu TUV.

Velikost tepelných ztrát izolovaného rozvodu závisí:

- na druhu izolačního materiálu, tj. na součiniteli tepelné vodivosti izolační vrstvy, na její tloušťce, provedení, povrchové úpravě a údržbě,
- na tepelném spádu mezi teplotami teplonosného media a okolního prostředí.

Izolační materiály s velice nízkým součinitelem tepelné vodivosti se uplatní při návrhu účinných tepelných izolací. Musí se vždy užít u potrubí menších průměrů (d < 20 mm), neboť hrozí tzv. tepelně izolační paradox, kdy tepelná ztráta izolovaného potrubí je větší než potrubí neizolovaného.

Potrubí o d < 8 mm nemá smysl izolovat vůbec, protože izolační materiál s $\lambda \leq 0{,}04$ W.m-1.K-1 není běžně k dispozici. Tato dimenze potrubí se v topenářství zatím nepoužívá.

Armatury tepelných rozvodů se opatří tepelnou izolací, a to se stejnou účinností jako potrubí odpovídající dimenze. Několik neizolovaných armatur znehodnotí jinak přijatelnou účinnost přenosu tepla potrubím zajišťovanou vhodnou izolací.

### 2.3.2 Metodika

#### *2.3.2.1 Ověření tepelné účinnosti tepelných izolací potrubí, stanovení tepelné ztráty a možné úspory tepla*

Při zpracování se použily podklady vypracované ing. Valentou v minulých letech pro STÚ-E a.s..

##### 2.3.2.1.1 ÚČINNOST TEPELNÉ IZOLACE POTRUBÍ

Účinnost tepelné izolace $\eta(-)$, daná poměrem uspořeného tepelného výkonu nasazením tepelné izolace a tepelné ztráty neizolovaného potrubí, se stanoví ze vztahu

$$\eta = \frac{Q_B - Q}{Q_B} \qquad [-]$$

Tepelná účinnost $\eta_p$ přenosu tepla potrubím je dána poměrem dopraveného tepelného výkonu k uživateli ku tepelnému výkonu na vstupu do rozvodu. Stanoví se:

$$\eta_p = \frac{Q_p - Q}{Q_p} \qquad [-]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Q_P$ | (W) | je | tepelný výkon přenášený potrubím |
| $Q_B$ | (W) | je | tepelná ztráta neizolovaného potrubí |
| $Q$ | (W) | je | tepelná ztráta izolovaného potrubí |

2.3.2.1.2 TEPELNÁ ZTRÁTA NEIZOLOVANÉHO POTRUBÍ $Q_B$

Stanoví se ze vztahu

$$Q_B = \pi \cdot d \cdot \alpha_e \cdot \Delta t \cdot l \qquad [W]$$

$$\Delta t_m = \frac{t_{pm} + t_{z2}}{2} - t_o \qquad [°C]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| d | (m) | je | vnější průměr potrubí |
| l | (m) | je | délka potrubí |
| $\alpha_e$ | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) | je | součinitel přestupu tepla na vnější straně. Uvažuje se hodnota $\alpha_e = 10$ |
| $t_{pm}$ | (°C) | je | střední teplota přívodní vody |
| $t_{zm}$ | (°C) | je | střední teplota zpětné vody |
| $t_o$ | (°C) | je | střední teplota okolí |
| $\Delta t_m$ | (K) | je | rozdíl střední teploty vody a okolí v časovém období |

2.3.2.1.3 TEPELNÁ ZTRÁTA IZOLOVANÉHO POTRUBÍ $Q_P$

$$Q = \pi \cdot (d + 2s) \cdot k_e \cdot l \cdot \Delta t_m \qquad [W]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| d | (m) | je | vnější průměr potrubí |
| s | (m) | je | tloušťka tepelné izolace |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $l$ | (m) | je | délka potrubí |
| $k_e$ | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) | je | součinitel prostupu tepla izolací potrubí. |
| $\Delta t_m$ | (K) | je | rozdíl střední teploty vody a okolí |

Součinitel prostupu tepla izolací $k_e$ se stanoví♣:

$$k_e = \frac{1}{\frac{s_r}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$ a

$$s_r = 0{,}5 \cdot D \cdot \ln \frac{D}{d}$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $s_r$ | (m) | je | rovnocenná tloušťka tepelné izolace |
| $\lambda$ | ($W.m^{-1}.K^{-1}$) | je | součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace |
| $k_e$ | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) | je | součinitel prostupu tepla izolací potrubí. |
| $D$ | (m) | je | vnější průměr tepelné izolace potrubí |
| $d$ | (m) | je | vnější průměr potrubí ⇒ tab. 2.17 |

2.3.2.1.4 POŽADOVANÁ ÚČINNOST TEPELNÉ IZOLACE

Požadovaná účinnost tepelné izolace $\eta_p$ se volí tak, aby:

- celková účinnost přenosu tepla dosáhla při jmenovitém provozním stavu alespoň 93%. Poměrné ztráty tepla musí být nižší než 7%.

2.3.2.1.5 JMENOVITÁ ÚČINNOST TEPELNÉ IZOLACE

Jmenovitá účinnost tepelné izolace $\eta$ se stanoví pro jmenovité provozní parametry ze vztahu:

$$\eta = \frac{1 - [(1 - \eta_p)] \cdot Q_p}{\alpha_e \cdot \pi \cdot P_c \cdot \Delta t} \qquad [-]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P_c$ | ($m^2$) | je | součet ploch průmětů potrubního rozvodu bez izolace, kterou se vede teplo |
| $\eta_p$ | (-) | je | tepelná účinnost přenosu tepla potrubím |
| $\Delta t$ | (K) | je | rozdíl střední hodnoty jmenovité přívodní a zpětné teploty vody a okolí |
| $Q_P$ | (W) | je | potrubím přenášený tepelný výkon |

♣ členy vztahu s rovnocennou tloušťkou stěny trubky ($s_{tr}/\lambda_t$) a přestupem tepla na vnitřní straně ($1/\alpha_i$) se zanedbávají.

2.3.2.1.6 SKUTEČNÁ ÚČINNOST TEPELNÉ IZOLACE

Skutečná účinnost tepelné izolace $\eta_{sk}$ se stanoví

$$\eta_{sk} = \frac{1}{P_c} \cdot \sum \eta_j \cdot P_j \qquad [-]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P_c$ | ($m^2$) | je | součet ploch průmětů potrubního rozvodu bez izolace, kterou se vede teplo |
| $P_j$ | ($m^2$) | je | plocha průmětu jedné dimenze potrubního rozvodu bez izolace, kterou se vede teplo |
| $\eta_j$ | (-) | je | účinnost rozvodu jedné dimenze potrubního rozvodu |

2.3.2.1.7 ROČNÍ ÚSPORA TEPLA $E_{TIZOLACE}$ DOSAŽENÁ NASAZENÍM TEPELNÉ IZOLACE NA POTRUBNÍ ROZVOD S JEDNOTNOU TEPELNOU ÚČINNOSTÍ VŠECH POTRUBNÍCH ÚSEKŮ

Roční úspora tepla se stanoví ze vztahu:

$$E_{tizolace} = \alpha_e \cdot \pi \cdot P_c \cdot \Delta t_m \cdot \eta_{sk} \cdot \tau \qquad [Wh]$$

$$P_c = \sum_{j=i}^{j=n} d_j \cdot l_j \qquad 0000 \qquad [m^2]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P_c$ | ($m^2$) | je | plocha průmětu potrubního rozvodu bez izolace, kterou se vede teplo |
| $\tau$ | (h) | je | časové období |
| $\Delta t_m$ | (K) | je | rozdíl střední teploty vody a okolí |
| $\eta_{sk}$ | (-) | je | skutečná účinnost tepelné izolace |

### *2.3.2.2 Výpočet potřeby tepla podle ČSN*

2.3.2.2.1 TEPELNÉ ZTRÁTY STÁVAJÍCÍHO TEPELNĚ IZOLOVANÉHO POTRUBÍ $Q_0$ ($W.m^{-1}$)

vnitřních teplovodů v obytných domech (tj. při přirozené konvekci) se stanoví ze zjednodušeného vztahu (dle ČSN 72 7006)

$$q_o = k_r \cdot k_d \cdot k_t \cdot \Delta t \qquad [W.m^{-1}]$$

kde

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $k_r$ | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) | je | součinitel prostupu tepla rovinnou stěnou v závislosti na provozní tepelné vodivosti (příp. ekvivalentní tepelné vodivosti a tloušťce izolační vrstvy) | ⇒ tab. 2.19 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $k_d$ | (m) | je | součinitel průměru, jímž se přepočítává množství tepla vztažené na plošnou jednotku rovinné stěny na délkovou jednotku (na jeden metr potrubí). Pro potrubí a tělesa o průměru větším než 400 mm má součinitel hodnotu $k_d = \pi\,(d + \delta)$, kde $d$ (mm) je vnější průměr potrubí a $\delta$ (mm) tloušťka izolace. | ⇒ tab. 2.21 |
| $k_t$ | (-) | je | součinitel teplot, který respektuje vliv přestupu tepla na chladnějším povrchu izolace při rozdílu teplot obou prostředí jiném než 200 K. Vliv změny přestupu na teplé straně je ve většině případů nepatrný a lze jej zanedbat. | ⇒ tab 2.22 |
| $\Delta t$ | (K) | je | rozdíl teplot mezi teplotou teplonosné látky a teplotou okolního prostředí. | |

2.3.2.2.2 EKVIVALENTNÍ TEPELNÁ VODIVOST

$\lambda_{ekv}$ ($Wm^{-1}K^{-1}$) je vyjádřená ekvivalentním součinitelem tepelné vodivosti. Vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti stěny složené z různých vrstev odlišné tloušťky $\delta_i$ a vodivosti $\lambda_i$ ($W.m^{-1}K^{-1}$). Určí se ze vztahu:

$$\lambda_{ekv} = \frac{\delta}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \qquad [Wm^{-1}K^{-1}]$$

kde

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \qquad [m]$$

2.3.2.2.3 TEPELNÉ ZTRÁTY IZOLOVANÝCH PŘÍRUB, VENTILŮ A ŠOUPÁTEK

se určí jako tepelné ztráty ekvivalentní délky izolovaného potrubí.Pro izolované příruby jsou ekvivalentní délky $l_p$ (m) izolovaného potrubí uvedeny v tab. 2.25. Pro izolované ventily a šoupátka jsou ekvivalentní délky izolovaného potrubí $l_a$ (m) uvedeny v tab. 2.26

2.3.2.2.4 TEPELNÉ ZTRÁTY NEIZOLOVANÉHO POTRUBÍ $Q_N$ ($W.m^{-1}$)

se stanoví ze zjednodušeného vztahu (dle ČSN 72 7006)

$$q_n = q\,k_1\,k_2\,k_3 \qquad [Wm^{-1}]$$

kde

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| q | ($Wm^{-1}$) | je | tepelná ztráta neizolovaného potrubí zjištěná z v závislosti na rozdílu teplot vnitřního a vnějšího prostředí a na vnějším průměru potrubí. | ⇒ obrázek 2.1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Diagram platí pro tyto předpoklady:<br>a) zanedbává se tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu potrubí<br>b) zanedbává se tepelný odpor stěny potrubí<br>c) součinitel sálání c = 4,65 $Wm^{-2}K^{-4}$<br>d) teplota vnějšího prostředí $t_e$ = 20 °C, klidný vzduch.<br>Jestliže skutečné poměry neodpovídají uvedeným předpokladům, je nutno hodnoty odečtené z diagramu násobit korekčními součiniteli $k_1$, $k_2$ a $k_3$ | |
| $k_1$ | (-) | je | korekční součinitel pro případ součinitele sálání c = 5,35 $Wm^{-2}K^{-4}$. | tab. 2.23 |
| $k_2$ | (-) | je | korekční součinitel pro případy, kdy je teplota vnějšího prostředí jiná než 20 °C. | tab 2.24 |
| $k_3$ | (-) | je | korekční součinitel pro případ, kdy protéká potrubím pára a nelze zanedbat tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu potrubí. Korekční součinitel $k_3$ v závislosti na stavu a rychlosti proudící páry je uveden v ČSN 72 7006 v tab. 5, která platí pro přehřátou páru. | |

2.3.2.2.5 TEPELNÉ ZTRÁTY NEIZOLOVANÝCH PŘÍRUB, VENTILŮ A ŠOUPÁTEK

se určí jako tepelné ztráty ekvivalentní délky neizolovaného potrubí.

Pro neizolované příruby jsou ekvivalentní délky neizolovaného potrubí $l_{np}$ (m) uvedeny v tab. 2.27

Pro neizolované ventily a šoupátka jsou ekvivalentní délky neizolovaného potrubí $l_{na}$ (m) uvedeny v tab. 2.28.

Tabulka 2.17 Rozměry a další vlastnosti ocelových bezešvých trubek

| DN<br>závitové | 15<br>1/2 | 20<br>3/4 | 25<br>1 | 32<br>5/4 | 40<br>- | 50<br>- | 65<br>- | 80<br>- | 100<br>- | 125<br>- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d<br>$t_l$ | 21,8<br>2,65 | 27,3<br>2,65 | 34,2<br>3,25 | 42,9<br>3,25 | 44,5<br>2,6 | 57,0<br>2,9 | 76,0<br>3,2 | 89,0<br>3,6 | 108<br>4,0 | 133<br>4,5 |
| $d_i$<br>m | 16,5<br>1,22 | 22,0<br>1,58 | 27,7<br>2,44 | 36,4<br>3,14 | 39,3<br>2,69 | 51,2<br>3,87 | 69,6<br>5,75 | 81,8<br>7,58 | 100<br>10,3 | 124<br>14,3 |
| S<br>V | 6,84<br>0,21 | 8,57<br>0,38 | 10,7<br>0,60 | 13,5<br>1,04 | 14,0<br>1,21 | 17,9<br>2,06 | 23,9<br>3,81 | 28,0<br>5,26 | 33,9<br>7,85 | 41,8<br>12,1 |
| W | 0,40 | 0,64 | 1,00 | *1,59 | 1,74 | 2,87 | 5,13 | 7,04 | 10,4 | 15,8 |
| $q_b$<br>$E_b$ | 31,5<br>139 | 39,4<br>173 | 49,4<br>217 | 62,0<br>273 | 64,3<br>283 | 82,4<br>363 | 110<br>484 | 129<br>568 | 156<br>686 | 192<br>845 |

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| DN | (-) | je | jmenovitá světlost |
| d | (mm) | je | vnější průměr trubky |
| $t_l$ | (mm) | je | tloušťka stěny trubky |
| $d_i$ | (mm) | je | vnitřní průměr trubky |
| m | $kg.m^{-1}$ | je | hmotnost 1 m trubky |
| S | $10^{-2}.m^2.m^{-1}$ | je | vnější povrch 1 m trubky |
| V | $10^{-3}.m^3.m^{-1}$ | je | vnitřní objem 1 m trubky |
| W | $Wh.K^{-1}.m^{-1}$ | je | tepelná kapacita 1 m trubky naplněné vodou |
| $q_b$ | $W.m^{-1}$ | je | tepelná ztráta 1 m neizolované trubky *) |
| $E_b$ | $kWh.m^{-1}.r^{-1}$ | je | teplo ztracené 1 m neizolované trubky za rok **) |
| *) | při $\Delta t_m$ = 46 K | | |
| *) | při $\tau$=4 400 hodin | | |

Tabulka 2.18 Tepelné charakteristiky izolace potrubí

| | DN | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | d | 21,8 | 27,3 | 34,2 | 42,9 | 44,5 | 57 | 76 | 89 | 108 | 133 |
| λ | s | **η/$q_i$** | | | | | | | | | |
| 0,035 | 5 | 0,462<br>0,367 | 0,486<br>0,440 | 0,506<br>0,530 | 0,522<br>0,643 | 0,524<br>0,664 | 0,538<br>0,826 | 0,550<br>1,072 | 0,556<br>1,241 | 0,561<br>1,487 | 0,566<br>1,810 |
| | 10 | 0,607<br>0,268 | 0,632<br>0,315 | 0,652<br>0,372 | 0,669<br>0,445 | 0,672<br>0,458 | 0,686<br>0,561 | 0,699<br>0,717 | 0,705<br>0,823 | 0,711<br>0,979 | 0,716<br>1,183 |
| | 20 | 0,722<br>0,190 | 0,745<br>0,218 | 0,764<br>0,253 | 0,780<br>0,295 | 0,782<br>0,303 | 0,796<br>0,364 | 0,809<br>0,455 | 0,815<br>0,516 | 0,821<br>0,606 | 0,826<br>0,724 |
| | 30 | 0,771<br>0,156 | 0,793<br>0,176 | 0,811<br>0,202 | 0,826<br>0,233 | 0,829<br>0,238 | 0,842<br>0,282 | 0,854<br>0,347 | 0,860<br>0,391 | 0,865<br>0,454 | 0,871<br>0,538 |
| | 40 | 0,800<br>0,136 | 0,821<br>0,153 | 0,838<br>0,173 | 0,852<br>0,198 | 0,855<br>0,202 | 0,867<br>0,236 | 0,879<br>0,287 | 0,884<br>0,322 | 0,890<br>0,371 | 0,895<br>0,436 |
| | 50 | 0,819<br>0,123 | 0,839<br>0,137 | 0,855<br>0,154 | 0,869<br>0,175 | 0,871<br>0,179 | 0,883<br>0,207 | 0,895<br>0,250 | 0,900<br>0,278 | 0,905<br>0,319 | 0,910<br>0,372 |
| 0,040 | 5 | 0,416<br>0,399 | 0,443<br>0,477 | 0,465<br>0,574 | 0,483<br>0,696 | 0,485<br>0,719 | 0,500<br>0,894 | 0,514<br>1,160 | 0,520<br>1,341 | 0,526<br>1,607 | 0,531<br>1,956 |
| | 10 | 0,564<br>0,298 | 0,592<br>0,349 | 0,615<br>0,413 | 0,634<br>0,492 | 0,636<br>0,507 | 0,653<br>0,621 | 0,667<br>0,792 | 0,674<br>0,910 | 0,681<br>1,081 | 0,687<br>1,306 |
| | 20 | 0,686<br>0,214 | 0,713<br>0,246 | 0,734<br>0,284 | 0,753<br>0,332 | 0,755<br>0,341 | 0,771<br>0,409 | 0,785<br>0,511 | 0,792<br>0,580 | 0,799<br>0,680 | 0,805<br>0,812 |
| | 30 | 0,741<br>0,176 | 0,766<br>0,200 | 0,786<br>0,228 | 0,804<br>0,263 | 0,806<br>0,270 | 0,821<br>0,319 | 0,835<br>0,392 | 0,842<br>0,441 | 0,848<br>0,513 | 0,854<br>0,607 |
| | 40 | 0,773<br>0,155 | 0,796<br>0,174 | 0,816<br>0,196 | 0,833<br>0,224 | 0,835<br>0,229 | 0,849<br>0,268 | 0,863<br>0,326 | 0,869<br>0,364 | 0,875<br>0,421 | 0,881<br>0,494 |
| | 50 | 0,794<br>0,140 | 0,817<br>0,156 | 0,836<br>0,176 | 0,851<br>0,199 | 0,854<br>0,203 | 0,868<br>0,236 | 0,881<br>0,283 | 0,886<br>0,315 | 0,893<br>0,362 | 0,898<br>0,422 |
| 0,045 | 5 | 0,375<br>0,428 | 0,404<br>0,510 | 0,428<br>0,614 | 0,447<br>0,744 | 0,450<br>0,768 | 0,466<br>0,955 | 0,481<br>1,238 | 0,487<br>1,432 | 0,494<br>1,715 | 0,500<br>2,087 |
| | 10 | 0,523<br>0,326 | 0,554<br>0,382 | 0,579<br>0,451 | 0,600<br>0,537 | 0,603<br>0,553 | 0,621<br>0,677 | 0,638<br>0,863 | 0,645<br>0,991 | 0,653<br>1,177 | 0,659<br>1,421 |
| | 20 | 0,652<br>0,238 | 0,681<br>0,272 | 0,706<br>0,315 | 0,726<br>0,368 | 0,729<br>0,378 | 0,747<br>0,452 | 0,763<br>0,564 | 0,770<br>0,641 | 0,778<br>0,752 | 0,785<br>0,897 |
| | 30 | 0,711<br>0,197 | 0,739<br>0,223 | 0,762<br>0,255 | 0,782<br>0,293 | 0,784<br>0,300 | 0,801<br>0,355 | 0,817<br>0,436 | 0,824<br>0,491 | 0,831<br>0,570 | 0,838<br>0,674 |
| | 40 | 0,746<br>0,173 | 0,773<br>0,194 | 0,795<br>0,220 | 0,813<br>0,251 | 0,816<br>0,256 | 0,832<br>0,299 | 0,847<br>0,363 | 0,854<br>0,407 | 0,861<br>0,469 | 0,868<br>0,550 |
| | 50 | 0,769<br>0,157 | 0,795<br>0,175 | 0,816<br>0,197 | 0,834<br>0,223 | 0,836<br>0,228 | 0,852<br>0,264 | 0,867<br>0,317 | 0,873<br>0,353 | 0,880<br>0,404 | 0,887<br>0,471 |
| 0,050 | 5 | 0,337<br>0,453 | 0,368<br>0,541 | 0,394<br>0,650 | 0,415<br>0,788 | 0,418<br>0,813 | 0,435<br>1,010 | 0,451<br>1,309 | 0,458<br>1,514 | 0,465<br>1,812 | 0,472<br>2,205 |
| | 10 | 0,484<br>0,352 | 0,518<br>0,412 | 0,456<br>0,487 | 0,569<br>0,579 | 0,572<br>0,597 | 0,592<br>0,729 | 0,610<br>0,930 | 0,618<br>1,066 | 0,626<br>1,266 | 0,634<br>1,529 |
| | 20 | 0,618<br>0,260 | 0,651<br>0,298 | 0,678<br>0,345 | 0,700<br>0,403 | 0,704<br>0,413 | 0,723<br>0,494 | 0,741<br>0,617 | 0,749<br>0,700 | 0,758<br>0,821 | 0,765<br>0,979 |
| | 30 | 0,682<br>0,217 | 0,713<br>0,246 | 0,738<br>0,280 | 0,760<br>0,323 | 0,763<br>0,330 | 0,781<br>0,390 | 0,799<br>0,479 | 0,807<br>0,539 | 0,815<br>0,626 | 0,822<br>0,740 |
| | 40 | 0,720<br>0,191 | 0,749<br>0,214 | 0,773<br>0,242 | 0,794<br>0,277 | 0,797<br>0,283 | 0,815<br>0,330 | 0,832<br>0,401 | 0,839<br>0,448 | 0,847<br>0,517 | 0,854<br>0,606 |
| | 50 | 0,745<br>0,174 | 0,773<br>0,194 | 0,797<br>0,217 | 0,816<br>0,246 | 0,819<br>0,251 | 0,837<br>0,291 | 0,853<br>0,350 | 0,860<br>0,389 | 0,868<br>0,446 | 0,875<br>0,520 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| d | mm | je | vnější průměr potrubí |
| s | (mm) | je | tloušťka izolace |
| $\lambda$ | $W.m^{-1}.K^{-1}$ | je | součinitel tepelné vodivosti izolace |
| $\eta$ | (-) | je | účinnost tepelné izolace potrubí |
| $q_i$ | $W.m^{-1}.K^{-1}$ | je | měrná tepelná ztráta 1 m izolovaného potrubí |

Tabulka 2.19 Součinitel prostupu tepla rovinnou stěnou $k_r$ $[Wm^{-2}K^{-1}]$

| Součinitel tepelné vodivosti $[Wm^{-1}K^{-1}]$ | Tloušťka izolace [mm] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 0,023 | 1,356 | 1,053 | 0,854 | 0,721 | 0,550 | 0,444 | 0,373 | 0,321 | 0,283 | 0,251 | 0,227 |
| 0,026 | 1,474 | 1,141 | 0,932 | 0,787 | 0,601 | 0,486 | 0,408 | 0,352 | 0,309 | 0,276 | 0,ě49 |
| 0,028 | 1,591 | 1,235 | 1,008 | 0,854 | 0,652 | 0,529 | 0,444 | 0,383 | 0,337 | 0,300 | 0,271 |
| 0,030 | 1,705 | 1,325 | 1,084 | 0,919 | 0,704 | 0,570 | 0,479 | 0,414 | 0,364 | 0,324 | 0,293 |
| 0,033 | 1,814 | 1,415 | 1,170 | 0,983 | 0,754 | 0,612 | 0,514 | 0,444 | 0,391 | 0,349 | 0,315 |
| 0,035 | 1,954 | 1,512 | 1,244 | 1,053 | 0,808 | 0,655 | 0,550 | 0,476 | 0,419 | 0,373 | 0337 |
| 0,037 | 2,059 | 1,605 | 1,314 | 1,122 | 0,855 | 0,698 | 0,586 | 0,506 | 0,445 | 0,398 | 0,359 |
| 0,040 | 2,175 | 1,698 | 1,384 | 1,186 | 0,907 | 0,739 | 0,621 | 0,536 | 0,472 | 0,422 | 0,381 |
| 0,042 | 2,279 | 1,779 | 1,465 | 1,244 | 0,954 | 0,779 | 0,655 | 0,565 | 0,498 | 0,445 | 0,402 |
| 0,044 | 2,384 | 1,872 | 1,535 | 1,314 | 1,006 | 0,820 | 0,690 | 0,594 | 0,523 | 0,469 | 0,423 |
| 0,047 | 2,489 | 1,954 | 1,605 | 1,372 | 1,053 | 0,855 | 0,721 | 0,625 | 0,550 | 0,492 | 0,445 |
| 0,049 | 2,593 | 2,035 | 1,675 | 1,430 | 1,105 | 0,896 | 0,768 | 0,655 | 0,576 | 0,515 | 0,466 |
| 0,051 | 2,687 | 2,117 | 1,745 | 1,489 | 1,151 | 0,936 | 0,791 | 0,684 | 0,602 | 0,538 | 0,487 |
| 0,053 | 2,791 | 2,198 | 1,814 | 1,547 | 1,198 | 0,971 | 0,820 | 0,715 | 0,629 | 0,562 | 0,508 |
| 0,056 | 2,884 | 2,279 | 1,884 | 1,605 | 1,244 | 1,012 | 0,855 | 0,744 | 0,655 | 0,586 | 0,529 |
| 0,058 | 2,989 | 2,361 | 1,954 | 1,663 | 1,291 | 1,053 | 0,890 | 0,773 | 0,678 | 0,608 | 0,550 |
| 0,060 | 3,082 | 2,442 | 2,024 | 1,721 | 1,337 | 1,093 | 0,925 | 0,802 | 0,704 | 0,632 | 0,572 |
| 0,063 | 3,175 | 2,524 | 2,082 | 1,779 | 1,384 | 1,128 | 0,954 | 0,832 | 0,733 | 0,655 | 0,592 |
| 0,065 | 3,268 | 2,605 | 2,152 | 1,838 | 1,430 | 1,175 | 0,989 | 0,855 | 0,756 | 0,677 | 0,613 |
| 0,067 | 3,361 | 2,675 | 2,210 | 1,896 | 1,465 | 1,210 | 1,023 | 0,884 | 0,785 | 0,698 | 0,634 |
| 0,070 | 3,454 | 2,745 | 2,279 | 1,954 | 1,512 | 1,244 | 1,053 | 0,913 | 0,808 | 0,721 | 0,655 |
| 0,072 | 3,547 | 2,826 | 2,338 | 2,012 | 1,558 | 1,291 | 1,087 | 0,942 | 0,832 | 0,744 | 0,676 |
| 0,074 | 3,629 | 2,896 | 2,407 | 2,059 | 1,605 | 1,326 | 1,122 | 0,971 | 0,855 | 0,768 | 0,698 |
| 0,077 | 3,722 | 2,966 | 2,466 | 2,117 | 1,651 | 1,361 | 1,151 | 1,000 | 0,884 | 0,791 | 0,715 |
| 0,079 | 3,803 | 3,035 | 2,524 | 2,175 | 1,698 | 1,396 | 1,186 | 1,023 | 0,907 | 0,814 | 0,739 |
| 0,081 | 3,884 | 3,105 | 2,593 | 2,221 | 1,733 | 1,430 | 1,210 | 1,053 | 0,930 | 0,837 | 0,756 |
| 0,084 | 3,977 | 3,175 | 2,652 | 2,279 | 1,779 | 1,465 | 1,244 | 1,082 | 0,954 | 0,855 | 0,779 |
| 0,086 | 4,059 | 3,245 | 2,710 | 2,338 | 1,826 | 1,500 | 1,279 | 1,111 | 0,983 | 0,873 | 0,802 |
| 0,088 | 4,140 | 3,315 | 2,768 | 2,384 | 1,872 | 1,535 | 1,314 | 1,140 | 1,006 | 0,901 | 0,820 |
| 0,091 | 4,222 | 3,384 | 2,826 | 2,442 | 1,907 | 1,570 | 1,337 | 1,163 | 1,029 | 0,925 | 0,837 |
| 0,093 | 4,303 | 3,454 | 2,884 | 2,489 | 1,954 | 1,605 | 1,372 | 1,186 | 1,053 | 0,948 | 0,855 |
| 0,095 | 4,385 | 3,524 | 2,942 | 2,547 | 1,989 | 1,640 | 1,407 | 1,221 | 1,082 | 0,965 | 0,878 |
| 0,098 | 4,466 | 3,594 | 3,001 | 2,605 | 2,035 | 1,675 | 1,430 | 1,244 | 1,105 | 0,989 | 0,896 |
| 0,100 | 4,547 | 3,663 | 3,059 | 2,652 | 2,082 | 1,710 | 1,465 | 1,268 | 1,128 | 1,012 | 0,919 |
| 0,102 | 4,617 | 3,722 | 3,117 | 2,698 | 2,117 | 1,745 | 1,489 | 1,291 | 1,151 | 1,035 | 0,936 |
| 0,105 | 4,687 | 3,780 | 3,175 | 2,745 | 2,163 | 1,779 | 1,512 | 1,314 | 1,175 | 1,053 | 0,954 |
| 0,107 | 4,768 | 3,850 | 3,235 | 2,803 | 2,198 | 1,814 | 1,547 | 1,349 | 1,198 | 1,076 | 0,971 |
| 0,109 | 4,850 | 3,919 | 3,291 | 2,849 | 2,245 | 1,849 | 1,582 | 1,372 | 1,221 | 1,099 | 0,994 |
| 0,112 | 4,919 | 3,977 | 3,338 | 2,896 | 2,279 | 1,884 | 1,605 | 1,396 | 1,244 | 1,122 | 1,012 |
| 0,114 | 4,989 | 4,047 | 3,396 | 2,942 | 2,314 | 1,919 | 1,640 | 1,430 | 1,268 | 1,140 | 0,035 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,116 | 5,071 | 4,105 | 3,454 | 2,989 | 2,361 | 1,954 | 1,663 | 1,454 | 1,291 | 1,157 | 1,053 |
| 0,122 | 5,245 | 4,257 | 3,594 | 3,105 | 2,454 | 2,035 | 1,733 | 1,512 | 1,349 | 1,210 | 1,105 |
| 0,128 | 5,420 | 4,408 | 3,722 | 3,222 | 2,547 | 2,117 | 1,814 | 1,582 | 1,407 | 1,268 | 1,151 |
| 0,134 | 5,594 | 4,559 | 3,850 | 3,338 | 2,652 | 2,198 | 1,884 | 1,651 | 1,465 | 1,326 | 1,198 |
| 0,140 | 5,757 | 4,699 | 3,977 | 3,454 | 2,745 | 2,279 | 1,954 | 1,710 | 1,512 | 1,372 | 1,244 |
| 0,145 | 5,920 | 4,838 | 4,105 | 3,570 | 2,838 | 2,361 | 2,024 | 1,779 | 1,570 | 1,419 | 1,291 |
| 0,151 | 6,082 | 4,978 | 4,222 | 3,675 | 2,931 | 2,442 | 2,093 | 1,838 | 1,628 | 1,465 | 1,337 |
| 0,157 | 6,234 | 5,117 | 4,338 | 3,780 | 3,024 | 2,524 | 2,163 | 1,896 | 1,686 | 1,512 | 1,384 |
| 0,163 | 6,385 | 5,245 | 4,454 | 3,896 | 3,105 | 2,605 | 2,221 | 1,954 | 1,733 | 1,570 | 1,430 |
| 0,169 | 6,436 | 5,373 | 4,571 | 4,012 | 3,198 | 2,675 | 2,291 | 2,012 | 1,791 | 1,617 | 1,465 |
| 0,174 | 6,687 | 5,501 | 4,687 | 4,105 | 3,280 | 2,745 | 2,361 | 2,070 | 1,849 | 1,663 | 1,512 |

Tabulka 2.20 Korekce součinitele $k_r$ při krytí izolační vrstvy hliníkovým plechem

| Hodnota součinitele $k_r$ pro $c$ = 5,35 W m$^{-2}$K$^{-4}$ | Zmenšení hodnoty $k_r$ pro $c$ = 2,43 W m$^{-2}$K$^{-4}$ o: |
|---|---|
| 0,25 | 1 % |
| 0,6 | 2 % |
| 1,2 | 4 % |
| 2,5 | 6 % |
| 6,0 | 10 % |

Tabulka 2.21 Součinitel průměru $k_d$ [m]

| Průměr trubky vnitřní | Součinitel tepelné vodivosti | **Tloušťka izolace [mm]** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| vnější [mm] | $\frac{W}{m.K}$ | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| | 0,035 | 0,0649 | 0,0750 | 0,0840 | 0,0929 | 0,109 | 0,125 | 0,141 | 0,155 | 0,169 | | |
| 4/8 | 0,105 | 0,0693 | 0,0800 | 0,0896 | 0,0987 | 0,116 | 0,132 | 0,149 | 0,163 | 0,177 | | |
| | 0,174 | 0,0718 | 0,0832 | 0,0932 | 0,1027 | 0,121 | 0,138 | 0,153 | 0,168 | 0,183 | | |
| I. H. | | 0,0036 | 0,0038 | 0,0041 | 0,0043 | 0,0046 | 0,0050 | 0,0052 | 0,0058 | 0,0058 | | |
| | 0,035 | 0,0869 | 0,0984 | 0,1087 | 0,119 | 0,137 | 0,155 | 0,172 | 0,189 | 0,204 | | |
| 10/14 | 0,105 | 0,0911 | 0,1032 | 0,1144 | 0,125 | 0,144 | 0,162 | 0,180 | 0,198 | 0,212 | | |
| | 0,174 | 0,0938 | 0,1064 | 0,1180 | 0,129 | 0,149 | 0,168 | 0,185 | 0,202 | 0,218 | | |
| I. H. | | 0,0033 | 0,0035 | 0,0036 | 0,0037 | 0,0040 | 0,0043 | 0,0044 | 0,0045 | 0,0048 | | |
| | 0,035 | 0,124 | 0,137 | 0,1485 | 0,160 | 0,181 | 0,202 | 0,221 | 0,239 | 0,257 | | |
| 20/25 | 0,105 | 0,128 | 0,142 | 0,1540 | 0,166 | 0,188 | 0,209 | 0,229 | 0,248 | 0,265 | | |
| | 0,174 | 0,130 | 0,145 | 0,1580 | 0,170 | 0,193 | 0,215 | 0,234 | 0,253 | 0,273 | | |
| I. H. | | 0,0033 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0036 | 0,0037 | 0,0038 | 0,0040 | 0,0042 | | |
| | 0,035 | 0,141 | 0,154 | 0,166 | 0,177 | 0,199 | 0,220 | 0,240 | 0,259 | 0,278 | 0,297 | 0,314 |
| 25/30 | 0,105 | 0,144 | 0,158 | 0,171 | 0,183 | 0,208 | 0,228 | 0,249 | 0,269 | 0,288 | 0,306 | 0,324 |
| | 0,174 | 0,146 | 0,161 | 0,175 | 0,187 | 0,211 | 0,234 | 0,254 | 0,274 | 0,294 | 0,313 | 0,332 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0036 | 0,0037 | 0,0039 | 0,0040 | 0,0041 | 0,0041 | 0,0044 |
| | 0,035 | 0,166 | 0,181 | 0,193 | 0,205 | 0,227 | 0,250 | 0,271 | 0,291 | 0,311 | 0,330 | 0,349 |
| 32/38 | 0,105 | 0,169 | 0,185 | 0,198 | 0,211 | 0,235 | 0,258 | 0,280 | 0,301 | 0,320 | 0,339 | 0,359 |
| | 0,174 | 0,171 | 0,187 | 0,201 | 0,214 | 0,240 | 0,263 | 0,285 | 0,308 | 0,326 | 0,347 | 0,367 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0037 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0040 | 0,0040 |
| | 0,035 | 0,187 | 0,202 | 0,214 | 0,226 | 0,250 | 0,273 | 0,295 | 0,316 | 0,336 | 0,356 | 0,375 |
| 40/44,5 | 0,105 | 0,189 | 0,205 | 0,219 | 0,232 | 0,257 | 0,281 | 0,304 | 0,326 | 0,345 | 0,365 | 0,385 |
| | 0,174 | 0,191 | 0,207 | 0,222 | 0,235 | 0,262 | 0,286 | 0,309 | 0,331 | 0,352 | 0,373 | 0,393 |
| I. H. | | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0035 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0036 | 0,0037 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0039 |
| | 0,035 | 0,227 | 0,242 | 0,255 | 0,268 | 0,292 | 0,317 | 0,340 | 0,361 | 0,383 | 0,404 | 0,424 |
| 50/57 | 0,105 | 0,229 | 0,245 | 0,260 | 0,273 | 0,299 | 0,325 | 0,349 | 0,371 | 0,392 | 0,413 | 0,434 |
| | 0,174 | 0,230 | 0,247 | 0,262 | 0,276 | 0,304 | 0,329 | 0,353 | 0,377 | 0,399 | 0,421 | 0,443 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0036 | 0,0036 | 0,0037 | 0,0038 |
| | 0,035 | 0,269 | 0,284 | 0,297 | 0,310 | 0,336 | 0,361 | 0,335 | 0,407 | 0,429 | 0,452 | 0,373 |
| 60/70 | 0,105 | 0,269 | 0,286 | 0,301 | 0,315 | 0,342 | 0,369 | 0,394 | 0,417 | 0,438 | 0,461 | 0,484 |
| | 0,174 | 0,269 | 0,287 | 0,303 | 0,319 | 0,347 | 0,373 | 0,398 | 0,423 | 0,445 | 0,468 | 0,491 |
| I. H. | | 0,0030 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0035 | 0,0036 | 0,0036 |
| | 0,035 | 0,286 | 0,303 | 0,317 | 0,330 | 0,355 | 0,381 | 0,406 | 0,428 | 0,450 | 0,473 | 0,494 |
| 70/76 | 0,105 | 0,286 | 0,304 | 0,320 | 0,335 | 0,362 | 0,389 | 0,415 | 0,439 | 0,460 | 0,483 | 0,505 |
| | 0,174 | 0,286 | 0,306 | 0,322 | 0,337 | 0,366 | 0,394 | 0,419 | 0,444 | 0,467 | 0,490 | 0,515 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0035 | 0,0035 |
| | 0,035 | 0,327 | 0,343 | 0,358 | 0,372 | 0,397 | 0,425 | 0,449 | 0,473 | 0,496 | 0,519 | 0,541 |
| 80/89 | 0,105 | 0,327 | 0,344 | 0,361 | 0,376 | 0,403 | 0,432 | 0,458 | 0,482 | 0,505 | 0,528 | 0,560 |
| | 0,174 | 0,327 | 0,346 | 0,363 | 0,378 | 0,408 | 0,436 | 0,462 | 0,488 | 0,511 | 0,536 | 0,560 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0035 | 0,0035 |

1. pokračování tabulky 2.21 Součinitel průměru $k_d$ [m]

| Průměr trubky vnitřní | Součinitel tepelné vodivosti | **Tloušťka izolace [mm]** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| vnější [mm] | $\frac{W}{m.K}$ | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| | 0,035 | 0,368 | 0,385 | 0,400 | 0,414 | 0,440 | 0,467 | 0,493 | 0,517 | 0,540 | 0,564 | 0,586 |
| 90/102 | 0,105 | 0,367 | 0,385 | 0,402 | 0,417 | 0,446 | 0,474 | 0,502 | 0,527 | 0,549 | 0,574 | 0,596 |
| | 0,174 | 0,356 | 0,387 | 0,404 | 0,420 | 0,450 | 0,478 | 0,506 | 0,532 | 0,556 | 0,581 | 0,604 |
| I. H. | | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0034 |
| | 0,035 | 0,387 | 0,405 | 0,419 | 0,433 | 0,460 | 0,487 | 0,513 | 0,537 | 0,560 | 0,584 | 0,607 |
| 100/108 | 0,105 | 0,386 | 0,405 | 0,421 | 0,436 | 0,465 | 0,494 | 0,521 | 0,546 | 0,570 | 0,595 | 0,618 |
| | 0,174 | 0,385 | 0,406 | 0,422 | 0,438 | 0,469 | 0,499 | 0,525 | 0,551 | 0,576 | 0,601 | 0,626 |
| I. H. | | 0,0030 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0034 |
| | 0,035 | 0,464 | 0,484 | 0,496 | 0,512 | 0,539 | 0,567 | 0,594 | 0,621 | 0,645 | 0,668 | 0,693 |
| 125/133 | 0,105 | 0,462 | 0,483 | 0,498 | 0,514 | 0,544 | 0,574 | 0,602 | 0,628 | 0,653 | 0,679 | 0,705 |
| | 0,174 | 0,460 | 0,484 | 0,498 | 0,516 | 0,549 | 0,578 | 0,607 | 0,634 | 0,661 | 0,687 | 0,713 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0033 |
| | 0,035 | 0,545 | 0,566 | 0,580 | 0,595 | 0,623 | 0,651 | 0,679 | 0,704 | 0,729 | 0,754 | 0,779 |
| 150/159 | 0,105 | 0,542 | 0,562 | 0,580 | 0,596 | 0,626 | 0,657 | 0,687 | 0,713 | 0,738 | 0,765 | 0,790 |
| | 0,174 | 0,539 | 0,564 | 0,580 | 0,598 | 0,631 | 0,660 | 0,690 | 0,718 | 0,746 | 0,773 | 0,799 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 |
| | 0,035 | 0,645 | 0,664 | 0,680 | 0,695 | 0,724 | 0,752 | 0,781 | 0,807 | 0,835 | 0,861 | 0,886 |
| 175/191 | 0,105 | 0,640 | 0,661 | 0,677 | 0,695 | 0,725 | 0,757 | 0,787 | 0,816 | 0,842 | 0,868 | 0,894 |
| | 0,174 | 0,634 | 0,663 | 0,678 | 0,695 | 0,726 | 0,760 | 0,792 | 0,822 | 0,849 | 0,876 | 0,903 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0033 |
| | 0,035 | 0,724 | 0,744 | 0,759 | 0,772 | 0,802 | 0,834 | 0,862 | 0,889 | 0,915 | 0,942 | 0,967 |
| 200/216 | 0,105 | 0,718 | 0,741 | 0,757 | 0,772 | 0,805 | 0,837 | 0,867 | 0,896 | 0,923 | 0,952 | 0,978 |
| | 0,174 | 0,710 | 0,737 | 0,755 | 0,772 | 0,808 | 0,840 | 0,872 | 0,900 | 0,930 | 0,958 | 0,985 |
| I. H. | | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0032 |

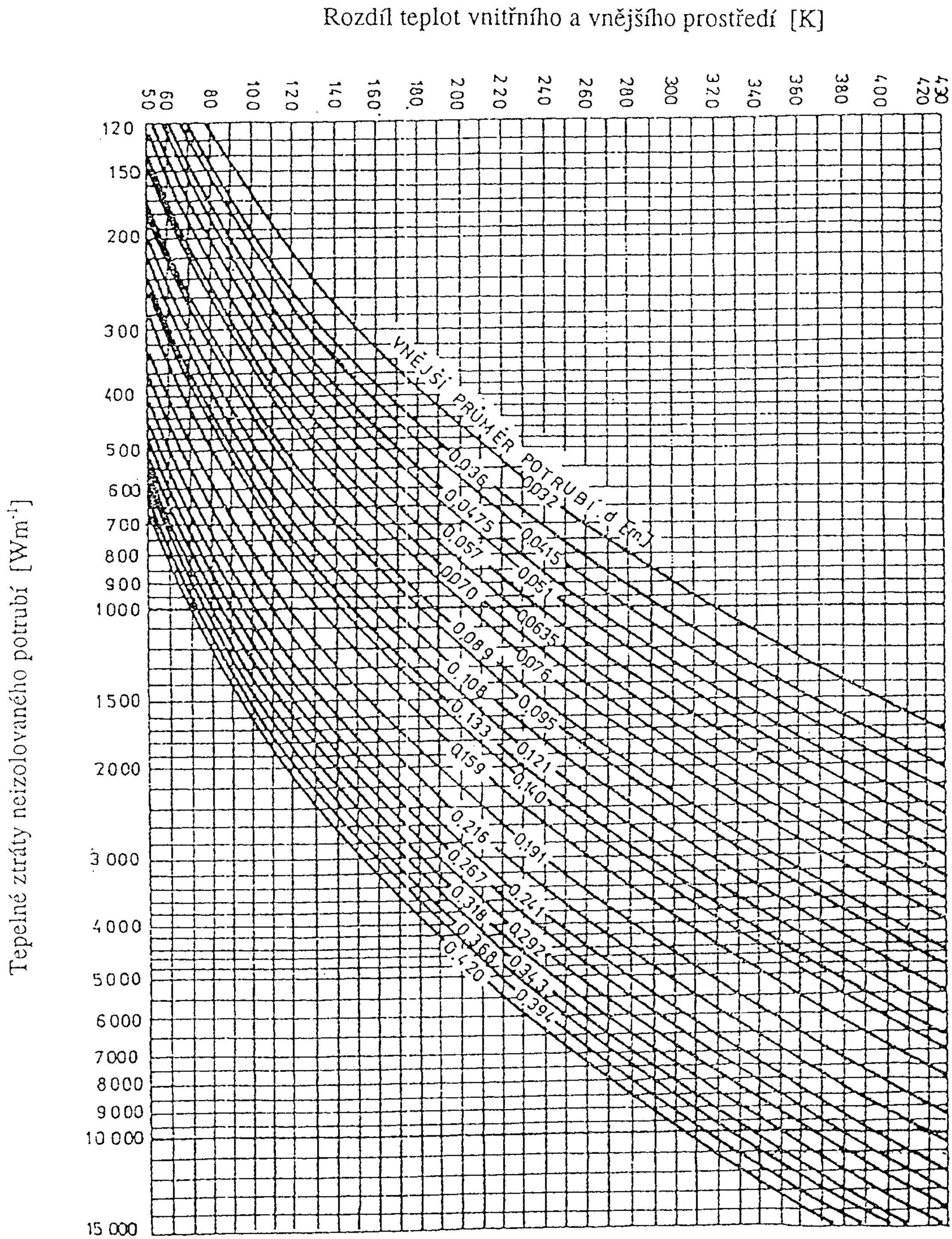
**Poznámka:** Interpolační hodnoty (I. H.) pro 1 mm rozdílu průměru potrubí se vztahují na vnější průměr trubek

Tabulka 2.22 Součinitel teplot $k_t$ [-]

| Průměr trubky vnitřní | **Tloušťka izolace [mm]** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| vnější [mm] | $\frac{W}{mK}$ | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 a více |
| | Rozdíl teplot Δt vnitřního a vnějšího prostředí 50°C | | | | | | | | |
| 4/8 až 20/25 | 0,035 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,105 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,174 | 0,92 | 0,95 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 25/30 až 100/108 | 0,035 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,105 | 0,93 | 0,95 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,174 | 0,89 | 0,91 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,99 | 1,00 |
| 110/121 až rovinná stěna | 0,035 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,105 | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,00 |
| | 0,174 | 0,87 | 0,90 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 0,98 |
| | Rozdíl teplot Δt vnitřního a vnějšího prostředí 100°C | | | | | | | | |
| 4/8 až 20/25 | 0,035 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,105 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,174 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |
| 25/30 až 100/108 | 0,035 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,105 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,174 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 1,00 |
| 110/121 až rovinná stěna | 0,035 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,105 | 0,95 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 |
| | 0,174 | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,00 |
| | Rozdíl teplot Δt vnitřního a vnějšího prostředí 200°C. Součinitel teploty $k_t = 1,0$ | | | | | | | | |

Tabulka 2.23 Korekční součinitel $k_l$ [-] pro součinitele sálání $c = 5,35\ Wm^{-2}K^{-4}$ v závislosti na vnějším průměru potrubí a rozdílu teplot vnitřního a vnějšího prostředí

| Vnější průměr potrubí [mm] | Rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K] | | |
|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | 200 |
| 32 | 1,07 | 1,07 | 1,08 |
| 108 | 1,08 | 1,08 | 1,09 |




Obrázek 2.1 Diagram pro určení jednotkové ztráty tepla neizolovaného potrubí v závislosti na průměru potrubí a teplotním rozdílu proudící látky a okolí

Tabulka 2.24 Korekční součinitel $k_2$ [-] pro případy, kdy teplota vnějšího prostředí je jiná než 20 $^{o}$C

| Teplota vnějšího prostředí [$^{o}$C] | Rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K] | | |
|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | 200 |
| - 10 | 0,87 | 0,87 | 0,88 |
| 0 | 0,91 | 0,91 | 0,91 |
| + 10 | 0,95 | 0,95 | 0,96 |
| + 30 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |

Tabulka 2.25 Ekvivalentní délka izolovaného potrubí $l_p$ v metrech pro 1 pár izolovaných přírub

| Vnitřní průměr potrubí [mm] | Rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K] | |
|---|---|---|
| | 50 | 100 |
| 50 | 0,39 | 0,4 |
| 100 | 0,42 | 0,44 |
| 150 | 0,45 | 0,46 |

Tabulka 2.26 Ekvivalentní délka izolovaného potrubí $l_a$ v metrech pro izolované ventily a šoupátka

| Vnitřní průměr potrubí [mm] | Rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K] | |
|---|---|---|
| | 50 | 100 |
| 50 | 0,65 | 0,83 |
| 100 | 0,7 | 0,87 |
| 150 | 0,74 | 0,91 |

Tabulka 2.27 Ekvivalentní délka neizolovaného potrubí $l_{\sim}$ v metrech pro 1 pár neizolovaných přírub

| Vnitřní průměr potrubí [mm] | Rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K] | |
|---|---|---|
| | 50 | 100 |
| 50 | 1,00 | 1,10 |
| 100 | 1,10 | 1,20 |
| 150 | 1,20 | 1,30 |

Tabulka 2.28 Ekvivalentní délka neizolovaného potrubí $l_{na}$ v metrech pro neizolované ventily a šoupátka

| Vnitřní průměr potrubí [mm] | Rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí [K] | |
|---|---|---|
| | 50 | 100 |
| 50 | 1,6 | 2,4 |
| 100 | 1,7 | 2,5 |
| 150 | 1,8 | 2,6 |

Tabulka 2.29

## FORMULÁŘ PRO VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY POTRUBÍM

### Tepelná ztráta neizolovaným potrubím

$$Q_B = \pi \cdot d_j \cdot l \cdot \alpha_e \cdot \Delta t$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vnější průměr potrubí potrubí $d_j$ | 0,0429 | 0,0445 | 0,057 | 0,076 | (m) |
| Součinitel přestupu tepla na vnější straně $\alpha_e$ | 10 | 10 | 10 | 10 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Délka potrubí | 12,00 | 64,00 | 118,00 | 154,00 | (m) |
| Střední teplota přívodní vody | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | (°C) |
| Střední teplota zpětné vody | 67,5 | 67,5 | 67,5 | 67,5 | (°C) |
| Teplota okolí | 10 | 10 | 10 | 10 | (°C) |
| Rozdíl střední teploty vody a okolí $\Delta t_m$ | 70 | 70 | 70 | 70 | (K) |
| **Tepelná ztráta neizolovaného potrubí** | **1,1315** | **6,2599** | **14,7837** | **25,7254** | **(kW)** |

### Tepelná ztráta izolovaným potrubím Q

$$Q = \pi \cdot (d + 2s) \cdot k_e \cdot l \cdot \Delta t_m$$

$$k_e = \frac{1}{\frac{s_r}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$s_r = 0{,}5 \cdot D \cdot \ln \frac{D}{d}$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vnější průměr potrubí d | 0,0429 | 0,0445 | 0,0570 | 0,0760 | (m) |
| Tloušťka tepelné izolace | 0,040 | 0,035 | 0,030 | 0,030 | (m) |
| Délka potrubí | 12 | 64 | 118 | 154 | (m) |
| Vnější průměr tepelné izolace potrubí D | 0,1229 | 0,1145 | 0,117 | 0,136 | (m) |
| Poměr D/d | *2,86* | *2,57* | *2,05* | *1,79* | (-) |
| ln D/d | *1,05* | *0,95* | *0,72* | *0,58* | (-) |
| rovnocenná tloušťka tepelné izolace $s_r$ | ***0,06*** | ***0,05*** | ***0,04*** | ***0,04*** | (m) |
| Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace $\lambda$ | 0,0400 | 0,0400 | 0,0400 | 0,0400 | ($W.m^{-1}.K^{-1}$) |
| Součinitel přestupu tepla na vnější straně $\alpha_e$ | 10 | 10 | 10 | 10 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Součinitel prostupu tepla izolací $k_e$ | 0,58 | 0,69 | 0,87 | 0,92 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Jmenovitá teplota přívodní vody | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | (°C) |
| Jmenovitá střední teplota zpětné vody | 67,5 | 67,5 | 67,5 | 67,5 | (°C) |
| Teplota okolí | 10 | 10 | 10 | 10 | (°C) |
| Jmenovitý rozdíl střední teploty vody a okolí $\Delta t_m$ | 70 | 70 | 70 | 70 | (K) |
| **Tepelná ztráta izolovaného potrubí** | **0,1888** | **1,1088** | **2,6348** | **4,2262** | **(kW)** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Snížení tepelné ztráty** | **0,9427** | **5,1511** | **12,1489** | **21,4992** | **(kW)** |
| **Celkem** | | | | **39,7419** | **(kW)** |

Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadány nahodilé hodnoty. Tyto hodnoty je nutné změnit podle konkrétního zadání

Tabulka 2.30

**FORMULÁŘ PRO VÝPOČET ROČNÍ ÚSPORY TEPLA TEPELNOU IZOLACÍ POTRUBÍ**

$$E_{tizolace} = \alpha_e \cdot \pi \cdot P_c \cdot \Delta t_m \cdot \eta_{sk} \cdot \tau$$

$$P_c = \sum_{j=i}^{j=n} d_j \cdot l_j$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vnější průměr potrubí potrubí $d_j$ | 0,0429 | 0,0445 | 0,0570 | 0,0760 | (m) |
| Součinitel přestupu tepla na vnější straně $\alpha_e$ | 10 | 10 | 10 | 10 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Délka potrubí $l_j$ | 12,00 | 64,00 | 118,00 | 154,00 | (m) |
| Plocha průmětu potrubního rozvodu Pj | 0,51 | 2,85 | 6,73 | 11,70 | ($m^2$) |
| Plocha průmětu potrubního rozvodu Pj | | | | 21,79 | ($m^2$) |
| Účinnost přenosu tepla potubím $\eta_p$-volba | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | (-) |
| Tloušťka izolace $s_j$ | 0,040 | 0,035 | 0,030 | 0,030 | (m) |
| Přenášený tepelný výkon $Q_p$ | 280 | 280 | 280 | 280 | (kW) |
| Jmenovitá teplota vstupní vody do soustavy | 92,50 | 92,50 | 92,50 | 92,50 | (°C) |
| Jmenovitá teplota zpáteční vody ze soustavy | 67,50 | 67,50 | 67,50 | 67,50 | (°C) |
| Jmenovitá střední teplota vody | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | (°C) |
| Jmenovitá teplota okolí | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | (°C) |
| Jmenovitý rozdíl střední teploty vody a okolí | 70,0 | 70,0 | 70,0 | 70,0 | (°C) |
| Účinnost $\eta_j$ | 0,83 | 0,82 | 0,82 | 0,84 | (°C) |
| Požadovaná účinnost tepelné izolace $\eta$ | | | | 0,82 | (°C) |
| Skutečná účinnost tepelné izolace $\eta_{sk}$ | | | | 0,83 | |
| Střední teplota přívodní vody | 62 | 62 | 62 | 62 | (°C) |
| Střední teplota zpětné vody | 50 | 50 | 50 | 50 | (°C) |
| Teplota okolí | 10 | 10 | 10 | 10 | (°C) |
| Rozdíl stření teploty vody a okolí $\Delta t_m$ | 46 | 46 | 46 | 46 | (K) |
| Počet dnů vytápění | 220 | 220 | 220 | 220 | (dny) |
| Počet hodin vytápění za den | 20 | 20 | 20 | 20 | (hodiny) |
| Počet hodin vytápění za rok | 4 400 | 4 400 | 4 400 | 4 400 | (hodiny) |
| **Roční úspora tepla $E_{tizolace}$** | | | | **114,91** | **($MWh.rok^{-1}$)** |
| | | | | **413,68** | **($GJ.rok^{-1}$)** |
| | | | | **1,19** | **($GJ.rok^{-1}.m^{-1}$)** |

Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadány nahodilé hodnoty. Tyto hodnoty je nutné změnit podle konkrétního zadání

## 2.4 VLIV KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOVY NA ENERGETICKOU BILANCI

Potřeba tepla na ohřev vzduchu se projevuje v potřebě tepla na vytápění. Je chararakterizována velmi proměnlivými hodnotami, je-li větrání zajišťováno převážně infiltrací spárami a řízeným větráním okny. Potřeba tepla se stanovuje konvenčním způsobem s kontrolou minimální výměny vzduchu v místnostech ≧ 0,5.

Ověřuje se plnění dvou základních požadavků:

⇒ *Hygieny, ochrany zdraví,a životního prostředí*. Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby neohrožovala hygienu nebo zdraví jejích uživatelů nebo sousedů, především v důsledku nevhodného vnitřního prostředí, způsobeného zejména *nedostatečnou kvalitou vzduchu a výskytem vlhkosti ve stavebních konstrukcích nebo na površích uvnitř stavby.*

⇒ *Úspory energie a ochrany tepla*. Stavba a její zařízení pro vytápění, chlazení a větrání musí být navrženy a postaveny takovým způsobem, aby *objem energie spotřebovaný při provozu byl nízký* s ohledem na klimatické podmínky místa a požadavky uživatelů.

### 2.4.1 Názvosloví a komentáře

Vlhkost vnitřního vzduchu. Relativní vlhkost vnitřního vzduchu by měla být v zimním období 30 až 45 % , v letním období 40 až 60 %. Trvalá relativní vlhkost nad 60 % není běžně přípustná, neboť tepelné mosty, kouty místností a styky a spáry konstrukcí jsou navrhovány pro 60% relativní vlhkost vzduchu.

Relativní vlhkost vzduchu v rozmezí $\varphi$ = 30 až 70 % nemá velký vliv na tepelnou pohodu. Tepelné pocity člověka v bytovém prostředí jsou vlhkostí ovlivňovány jen nevýrazně. Zvýšení parciálního tlaku vodní páry vnitřního vzduchu $p_i$ o 300 Pa má stejný účinek jako zvýšení teploty o 0,3 K.

Při posuzování tepelného stavu prostředí podle teploty vzduchu je možno zanedbat vlhkost vzduchu jen tam, kde je $\varphi < 60$ %.

Rychlost proudění vzduchu $v_i$ ($m.s^{-1}$) v místnosti. Optimální hodnoty rychlosti proudění vnitřního vzduchu jsou okolo 0,07 $m.s^{-1}$. Při rychlostech 0,15 až 0,22 vzniká již nepříjemný pocit průvanu, přičemž nižší hodnoty rychlosti proudění platí pro nižší teploty vnitřního vzduchu a naopak.

Vnitřní teplota $t_i$. Pro jednotlivé typy vytápěných interiérů předepisuje a uvádí jako výpočtovou vnitřní teplotu $t_i$ norma ČSN 06 0210. Tato $t_i$ představuje výslednou teplotu, označovanou $t_r$, kterou je třeba měřit kulovým teploměrem. Vnitřní teplota vzduchu $t_{ai}$ pro obytné místnosti v zimním období se může měřit teploměrem uprostřed půdorysu místnosti ve výši 1 m nad podlahou bez vlivu oslunění a má být:

- 21 °C v místnosti s jednou venkovní stěnou,
- 21,5 °C v místnosti se dvěma venkovními stěnami,
- 22 °C v místnosti se třemi venkovními stěnami nebo s nadměrným zasklením.

Hodnoty vnitřní teploty $t_i$ dle ČSN 06 0210 jsou uvedeny v tab. 2.2.

Teplotu vzduchu je nutno měřit teploměrem chráněným clonou z lesklého kovu proti sálání okolních ploch, tzv. větraným teploměrem.

Průměrná povrchová teplota vnitřních ploch v místnosti $t_{sim}$ ($^{o}C$) se stanoví ze všech povrchových teplot vnitřních ploch v místnosti.

Výsledná teplota $t_r$ vyjadřuje tepelnou pohodu vnitřního prostředí uvažováním velikosti a vzájemného vlivu teploty vzduchu a povrchové teploty okolních ploch.

Kvalita vnitřního vzduchu závisí nejen na teplotě a vlhkosti vzduchu, ale i na jeho čistotě, tj. obsahu kyslíku, na druhu a koncentraci plynných škodlivin, aerosolů a prachu a na míře mikrobiálního znečištění vzduchu.

Ke zhoršení čistoty vnitřního vzduchu dochází uvolňováním škodlivin jednak z vnitřních zdrojů (uživatel a jeho činnost, stavební materiály a vybavení bytu), jednak z vnějších zdrojů (venkovní prostředí a geologické podloží budov).

Nejčastějšími škodlivinami vznikajícími v bytech běžným užíváním a provozem bytu jsou: vodní pára, $CO_2$, CO, NO, formaldehyd, $SO_2$, pachy, prach, mikroorganismy, radon.

Koncentrace škodlivin v ovzduší se vyjadřují buď hmotnostně ($mg.m^{-3}$ nebo $mg.l^{-1}$) nebo objemově (obj. %, ppm = partes per milion = $ml.m^{-3} = 10^{-4}$ obj. %). U prachu se používá počet částic v 1 $cm^3$.

Intenzita výměny vzduchu v místnosti (místnostech) je doba, za kterou se v místnosti vymění větráním veškerý vzduch

Větrání bytů. Požadovaná čistota vnitřního vzduchu může být v zásadě definována určením přípustného obsahu znečišťujících látek, a to konkrétních škodlivin (plynů, pachů) a pevných částic. Množství informací o emisi a dovolené koncentraci škodlivin ze stavebních hmot je stále velmi omezené. Rovněž není dostatek snadno použitelných metod kontroly. Proto jsou požadavky na čistotu vzduchu vyjádřeny nepřímo (tak, jak se to obvykle děje ve většině běžných stavebních předpisů jiných států), a to požadavkem na dodávku určitého množství čerstvého vzduchu do daného prostoru.

Doporučuje se, aby minimální výměna vzduchu v obytných místnostech byla 0,5 $h^{-1}$.

Požadované množství čerstvého nebo odváděného vzduchu pro jednotlivé prostory bytu uvádí tabulka 2.31.

Zásadou pro celkové provětrání bytu je, aby čerstvý venkovní vzduch vstupoval do bytu v obytných místnostech a kuchyni a odtud proudit k odvodním místům v kuchyni, koupelně a WC.

V případě objektů s výskytem radonu ze stavebních materiálů a radonu z podloží tam, kde by realizace stavebních úprav byla technicky obtížná a ekonomicky náročná, je třeba zavést nucené, mírně přetlakové bezprůvanové větrání všech pobytových místností budovy s intenzitou výměny vzduchu 0,8 až 1,5 $h^{-1}$ s řízeným přívodem i odvodem vzduchu a zpětným využitím tepla z odváděného vzduchu.♣

---

♣ *Problémy větrání v městských centrech*. Požadavky na větrání bytů jsou podmíněny čistým nebo alespoň vyhovujícím venkovním, ovzduším. V oblastech se značně znečištěným ovzduším, zvláště v období inverzí spojených s výskytem extrémních hodnot znečištění, nastává obtížně řešitelná situace. Zatímco před běžnými škodlivinami zejména oxidy síry, dusíku ve vnějším ovzduší uživatele chrání snížená až nulová intenzita větrání, proti škodlivinám vznikajícím v bytě samotném, zejména

### 2.4.2 Metodika

#### *2.4.2.1 Průměrná povrchová teplota vnitřních ploch*

Průměrná povrchová teplota vnitřních ploch v místnosti $t_{sim}$ (°C)se stanoví:

$$t_{sim} = \frac{\sum \left( t_{sim,\,j} \cdot A_j \right)}{\sum A_j} \qquad [°C]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $t_{sim,j}$ | (°C) | je | průměrná povrchová teplota j-té konstrukce dané místnosti |
| $A_j$ | ($m^2$) | je | plocha j-té konstrukce dané místnosti |

Z hlediska kondenzace vodních par na vnitřním povrchu vnější konstrukce je nezbytné, aby teplota vnitřního povrchu konstrukce byla nad úrovní teploty rosného bodu.

#### *2.4.2.2 Výsledná teplota*

Výsledná teplota se stanoví ze vztahu:

$$t_i = \frac{t_{ai} - t_{sim}}{2} \qquad [°C]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $t_{ai}$ | (°C) | je | teplota vnitřního vzduchu |
| $t_{sim}$ | (°C) | je | průměrná povrchová teplota okolních ploch v místnosti |

#### *2.4.2.3 Množství vzduchu na větrání*

2.4.2.3.1 MNOŽSTVÍ VZDUCHU STANOVENÉ ZE SPÁROVÉ PRŮVZDUŠNOSTI JE DÁNO VZTAHEM:

$$V_{vP} = \sum \left( i_{LV} \cdot L \right) \cdot B \cdot M \qquad [m^3.s^{-1}]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $V_{vP}$ | ($m^3.s^{-1}$) | je | objemový tok vzduchu z průvzdušnosti |
| $i_{LV}$ | ($m^3.s^{-1}.m^{-1}.Pa^{-0,67}$) | je | součinitel spárové průvzdušnosti výplní otvorů |
| L | (m) | je | délka spáry výplní otvorů |
| $\Delta p^n$ | ($Pa^{-0,67}$) | je | rozdíl tlaku vzduchu před a za spárou |
| B | ($Pa^{0,67}$) | | charakteristické číslo budovy podle ČSN 060210; uvažuje se 6 |

---

vlhkosti, $CO_2$, formaldehydu a dalších, je účinné pouze větrání. V době venkovních inverzí je nezbytné většinou volit kompromis a větrání omezit po dobu jejich trvání za cenu vzrůstu koncentrace vnitřních škodlivin.

| | | |
|---|---|---|
| M | (-) | charakteristické číslo místnosti podle ČSN 060210; uvažuje se 0,5 |

2.4.2.3.2 MNOŽSTVÍ VZDUCHU STANOVENÉ Z VÝMĚNY VZDUCHU JE DÁNO VZTAHEM:

$$V_V = 2{,}78 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot V_i \qquad [m^3.s^{-1}]$$

kde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $V_{vH}$ | $(m^3.s^{-1})$ | je | objemový tok vzduchu z výměny vzduchu |
| n | $(1.h^{-1})$ | je | intenzita výměny vzduchu v místnosti |
| $V_i$ | $(m^3)$ | je | objem místnosti |

2.4.2.3.3 KRITÉRIUM

Ověří se množství $V_{vP}$ a $V_{vH}$ pro obytné místnosti vybraných typických bytů

.

Minimální výměna vzduchu je 0,5 $h^{-1}$.

Tabulka 2.31 Požadavky na větrání bytových prostorů

| Prostor | Minimální průměrná výměna vzduchu nebo min. množství čerstvého vzduchu | Minimální množství odváděného vzduchu | Doplňující požadavky |
|---|---|---|---|
| Ložnice | 0,5 $h^{-1}$ a ne méně než 15 $m^3 h^{-1}$ na osobu | | Musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem |
| Obytný pokoj | 0,5 $h^{-1}$ | | Musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem |
| Kuchyně | | 40 $m^3 h^{-1}$ | Musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem. Odsavač par nad sporákem s výkonem 80 $m^3 h^{-1}$ |
| Koupelna | | min. 40 $m^3 h^{-1}$ | Podtlakové větrání |
| WC | | min. 20 $m^3 h^{-1}$ | |

Tabulka 2.32

**FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ VĚTRÁNÍ BYTŮ**

**Objem vzduchu**

| | | | rozměr | 1. typický byt | | 2. typický byt | | 3. typický byt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | stávající stav | nový stav | stávající stav | nový stav | stávající stav | nový stav |
| Objem vzduchu z výměny | geometrické rozměry bytu | plocha obytné místnosti | ($m^2$) | 20,0 | 20,0 | 22,0 | 22,0 | 21,0 | 21,0 |
| | | plocha obytné místnosti | | 15,0 | 15,0 | 13,0 | 13,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | plocha obytné místnosti | | 0,0 | 0,0 | 12,0 | 12,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | plocha ložnice | | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| | | plocha ložnice | | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | plocha ložnice | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | plocha kuchyně | | 13,0 | 13,0 | 14,0 | 14,0 | 13,0 | 13,0 |
| | | celková plocha bytu | | 72,0 | 72,0 | 85,0 | 85,0 | 46,0 | 46,0 |
| | | světlá výška místnosti | (m) | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| | | objem místností $V_i$ | ($m^3$) | 187,2 | 187,2 | 221,0 | 221,0 | 119,6 | 119,6 |
| | objem vzduchu | minimální výměna vzduchu | $h^{-1}$ | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | | objemový tok vzduchu | $m^3.h^{-1}$ | 93,6 | 93,6 | 110,5 | 110,5 | 59,8 | 59,8 |
| | | | $m^3.s^{-1}$ | 0,0260 | 0,0260 | 0,0307 | 0,0307 | 0,0166 | 0,0166 |
| Objem vzduchu z průvzdušnosti | plocha výplně otvorů | obytné místnosti | ($m^2$) | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | | obytné místnosti | | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 0,0 | 0,0 |
| | | obytné místnosti | | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 1,8 | 0,0 | 0,0 |
| | | ložnice | | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| | | ložnice | | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 0,0 | 0,0 |
| | | ložnice | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | kuchyně | | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| | | celková bytu | | 10,2 | 10,2 | 12,4 | 12,4 | 7,0 | 7,0 |
| | | délka spáry na 1 $m^2$ výplně otvorů | (m) | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| | | celková délka spáry L | | 32,6 | 32,6 | 39,7 | 39,7 | 22,4 | 22,4 |
| | | součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV}$ | $m^3.s^{-1}.m^{-1}.Pa^{-0,67}$ | 0,00014 | 0,00010 | 0,00014 | 0,00010 | 0,00014 | 0,00010 |
| | | charakteristické číslo budovy B | $Pa^{0,67}$ | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| | | charakteristické číslo místnosti M | (-) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | | $V_{VP}$ | $m^3.s^{-1}$ | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | | výměna vzduchu | $h^{-1}$ | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 |
| posouzení | | | | nedostatečná výměna | nedostatečná výměna | nedostatečná výměna | nedostatečná výměna | nedostatečná výměna | nedostatečná výměna |

$$V_{VP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M$$

$$V_V = 2,78 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot V_i$$

Poznámka: V buňkách jsou výpočetní vztahy; z toho důvodu byly ponechány v buňkách hodnoty a zadány nahodilé hodnoty, které je nutné změnit podle konkrétního zadání

## 2.5 ROČNÍ SPOTŘEBA ELEKTŘINY V BUDOVÁCH

Spotřeba elektřiny v bytové sféře se v České republice až do počátku devadesátých let vyvíjela naprosto odlišně od vyspělých evropských států. Hlavními důvody tohoto stavu byly tyto příčiny:

- Nízká (dotovaná) cena elektřiny pro domácnosti
- Nedostupnost nových spotřebičů, jejichž využití se v Evropě již běžně rozšířilo
- Vysoká cena energeticky úsporných elektrických spotřebičů, nemotivující k náhradě zastaralých energeticky náročných spotřebičů novými, které by znamenaly úsporu elektřiny
- Všeobecně malá povědomost o správné volbě elektrických spotřebičů a jejich životnosti
- Blokování možnosti využití energeticky úsporných elektrických spotřebičů s příkony z důvodu nízkovýkonných distribučních sítí a blokování převážné většiny produkce elektřiny pro průmysl.

Otevření nákupních a dovozních možností pro obyvatelstvo znamenalo i prudký nárůst vybavenosti domácností elektrickými zařízeními, ať již pro usnadnění domácích prací (myčky nádobí, teplovzdušné pečící trouby, mikrovlnné pečící trouby atd.) nebo pro jiné činnosti (audiovizuální zařízení, PC atd.). Tato skutečnost otevřela možnost výměny morálně i technicky zastaralých a energeticky náročných elektrických spotřebičů za nové. Snad nejvýznamnějším příkladem v tomto nástupu nových, energeticky úsporných zařízení je strmý nárůst prodeje tzv. kompaktních světelných zdrojů.

Dalším opatřením, které přizpůsobuje hospodárnost využívání elektřiny v domácnostech, je postupné odbourávání dotování její ceny. Vývoj dodávky elektřiny odběratelům rozděleným dle druhu odběru je na obrázku 2.2

Obr.2.2 Vývoj dodávky elektřiny v ČR od roku 1983 do roku 1997

| | | | |
|---|---|---|---|
| Legenda: | VO | - | velkoodběratelé |
| | MO-obyvatelstvo | - | maloodběratelé – dodávky pro obyvatelstvo |
| | MO-organizace | - | maloodběratelé – dodávky pro organizace, podnikatele |

Současná roční spotřeba domácností je vyjádřena v tabulce 2.33

Tabulka 2.33

| Typ bytu – počet osob | | Vybavení bytu elektrickými spotřebiči | Roční spotřeba kWh |
|---|---|---|---|
| Garsoniéra | 1 osoba | standardní | 1500 |
| | | Snížené[1)] | 1160 |
| Byt 2+0, 2+1 | 2 osoby | standardní | 2200 |
| | | snížené[1)] | 1900 |
| Byt 2+1, 3+1 | 3 osoby (z toho 1 dítě) | standardní | 3700 |
| | | snížené[1)] | 2900 |
| Byt 3+1, 4+1 | osoby (z toho 2 děti) | standardní | 4200 |
| | | snížené[1)] | 3100 |
| ϕ byt | ϕ počet osob na byt – 2,5 | standardní | 2850 |
| | | snížené[1)] | 2230 |

Legenda: [1)] Vybavení maximálně pračkou, snížená spotřeba na osvětlení

### 2.5.1 Základní kritéria pro volbu elektrických spotřebičů pro byty

Pro posuzování elektrických spotřebičů pro domácnost je nutno při jejich pořizování, ale i provozování, nutno brát v úvahu tato základní kritéria:

1) **Bezpečnost** - z hlediska ochrany před úrazem elektřinou ale i před mechanickým úrazem.

2) **Ovladatelnost** (regulovatelnost) el. spotřebiče a případná možnost zařazení do provozní linky, spolehlivost, snadnost údržby.

3) **Volba velikosti a výkonu elektrického spotřebiče s ohledem na skutečnou potřebu s výhledem na dobu životnosti spotřebiče. Úvaha o skutečné potřebě elektrického spotřebiče.**

4) **Energetická náročnost a účinnost elektrického spotřebiče.**

Tato kritéria je nutno brát v úvahu vždy, když dochází k rozhodování o:

A) nákupu nového elektrického spotřebiče

B) opravě a rekonstrukci, zvláště rozsáhlejší, stávajícího spotřebiče

C) zachování stávajícího elektrického spotřebiče, zvláště po překročení běžné životnosti druhu a typu spotřebiče.

**ad A)** Požadavky na bezpečnost ad 1) jsou splněny nákupem el. zařízení (nn), které bylo ověřeno státní zkušebnou a označeno příslušnou značkou (ESČ). Dále striktním dodržováním návodu výrobce se zabrání nejen možnosti úrazu, ale je možno dosahovat optimálního využití elektrického spotřebiče z hlediska energetické náročnosti.

**ad B)** U elektrických spotřebičů (zařízení) vyžadujících opravu, zvláště jedná-li se o opravu rozsáhlejší, je nutno zvažovat, zda:

I) oprava daného spotřebiče je účelná s ohledem na cenu opravy a cenu nového spotřebiče. Do této kalkulace je nutno zahrnout i vícenáklady na elektřinu, kterou na-

víc odebere opravený spotřebič oproti novému úspornému. Je nutno brát v úvahu, že opravený spotřebič má často nižší účinnost, než měl původně

II) oprava spotřebiče je ekonomická i z hlediska stavu příslušenství a budoucí dostupnosti provozních potřeb. Do této úvahy je nutno vnést i úvahu o opravě či nutné rekonstrukci unikátních zařízení, resp. jejich částečného nahrazení. Jako příklad je možno uvést rekonstrukci osvětlovací soustavy, kdy je z architektonických či jiných důvodů nutno ponechat lustr (lustry) osazené žárovkami. Tuto soustavu je vhodné, pokud je to možné, doplnit světelnými zdroji s vysokým světelným výkonem a snížit tak celkovou energetickou náročnost celé světelné soustavy při snížení nároku na původní, chráněná svítidla.

**ad C)** Mnohá elektrická zařízení jsou užívána mnohem déle než je jejich běžná nebo morální životnost. Tato skutečnost se projevuje především zvýšenými energetickými nároky a možností výskytu i skrytých závad, které mohou znamenat ohrožení bezpečnosti.

### 2.5.2 Postup při výběru elektrického spotřebiče

Spotřebitel by při nákupu elektrického spotřebiče pro domácnost měl vycházet z dále uvedených bodů 1 až 4.

ad 1) Výrobek musí být vybaven značkou autorizované zkušebny - např. "ESČ".

ad 2) V tomto případě je nutno znát přesné podmínky pro zabudování, zařazení do pracovní linky, seznámit se spotřebitelskými testy nakupovaného zařízení atd.

ad 3) Volbu provádět s ohledem na průměrnou potřebu domácnosti i předpokládané skutečné

využití.

ad 4) Informovat se (nejlépe předem pomocí LABELINGU) o energetické náročnosti spotřebiče.

Ve fázi rozhodování je vhodné definitivní vyhodnocení podmínek využití nového elektrického spotřebiče či zařízení v domácnosti - tj. především jeho využití, možnosti připojení (tj. zvláště u nových elektrických spotřebičů, sice vysoce účinných, avšak s vysokým požadovaným příkonem, který nemusí být v bytě (nebo rodinný domek) k dispozici. (Upozornění: každý elektrický spotřebič s příkonem 2 kW nebo vyšším, resp. jeho zapojení k odběrné síti, je nutno projednat s dodavatelem elektřiny.) Dále je z hlediska energetické úspornosti vhodné porovnat technické parametry zvoleného elektrického spotřebiče s ostatními, které jsou k dispozici na trhu, a využít informací z energetických štítků (viz Návrh postupu při výběru nových elektrických spotřebičů z hlediska jejich užitnosti).

#### *2.5.2.1 Návrh postupu při výběru nových elektrických spotřebičů z hlediska jejich užitnosti*

Při nákupu elektrospotřebičů by se zákazníci neměli řídit pouze vnějším vzhledem, cenou a užitnými vlastnostmi výrobku, ale i jejich energetickou náročností. Zejména u spotřebičů o vyšších příkonech (pračky, žehličky, ohřívače vody apod.) je energetická náročnost jejich provozu důležitým kritériem.

#### *2.5.2.2 Štítkování elektrických spotřebičů (LABELING)*

V zemích Evropského společenství i v České republice slouží spotřebiteli k orientaci na trhu nezávislé hodnocení, vyjádřené tzv. *energetickým štítkem*, jímž je spotřebič opatřen.

Vzhled štítku je sjednocen ve všech zemích, které přistoupily k rámcové dohodě. Kromě označení výrobce, modelu výrobku a jeho hlavních technických a energetických parametrů obsahuje štítek zařazení podle výše spotřeby. Rozpětí sedmi kategorií od nízké spotřeby po

vyšší, tj. od úsporného po méně úsporný spotřebič, je znázorněno barevnou škálou a písmeny A až G.

Kategorie D a E představují střední hodnoty, stanovené rámcovou dohodou. Do špičkové kategorie A se například dostane chladnička nebo mraznička, která má spotřebu o více než 45 % nižší, do kategorie B o 25 až 45 % nižší a do nejhorší kategorie G patří modely překračující průměr o 25 %.

Obr. 2.3 Štítek akumulačního ohřívače teplé užitkové vody TATRAMAT (typu EO 80 J)

2.5.2.2.1 PŘÍKLAD ENERGETICKÉHO ŠTÍTKU

Jako příklad je uveden obr. 2.3 - štítek pro akumulační ohřívač teplé užitkové vody TATRAMAT (typu EO 80 J).

#### *2.5.2.3 Umývání nádobí a příprava teplé užitkové vody (TUV)*

Pro přípravu TUV v kuchyni, zvláště v případech, kdy je vzdálena od centra přípravy TUV pro koupelnu, je vhodné u kuchyňského dřezu umístit elektrický průtokový ohřívač TUV (podrobné zdůvodnění je v části dotýkající se sanitárních rozvodů). Pro tento ohřívač TUV je vhodné přivést samostatný obvod, ukončený v prostoru pod dřezem nebo nad dřezem.

Na druhém místě spotřeby energie v kuchyni je spotřeba teplé vody především na umývání nádobí. V otázkách účelnosti a správného používání myčky nádobí - která je v jiných zemích už běžná, u nás zatím spíše zřídka - není běžným spotřebitelům zcela jasno, že myčka nádobí spoří množství vody, které se k užití nádobí užije a tím i energii na ohřev vody.

Elektrické ohřívače vody jsou nezbytnou součástí plně elektrizované domácnosti, ale také i ekonomicky vhodným doplňkem pro přípravu teplé užitkové vody v bytech s ústředním vytápěním mimo topnou sezónu. Z hlediska konstrukce a provozního režimu se dělí na dvě skupiny:

⇒ **Průtokové ohřívače** umožňují přímý odběr teplé vody bez jakékoliv akumulace a tím i bez jakýchkoliv ztrát z této akumulace plynoucích. Z fyzikálních vlastností vody (velké měrné teplo) vyplývá potřeba poměrně značného příkonu energie k jejímu rychlému ohřátí na požadovanou teplotu zvyšuje se potřebný příkon ohřívače - pro jeden byt může vycházet např. až na 24 kW. To pak znamená vyšší nároky zejména na dimenzování bytového či domovního rozvodu a záměr případně může narazit na technická omezení ze strany dodavatele, neboť distribuční sítě dodavatele elektřiny jsou většinou v sídelních oblastech dimenzovány na nízkou úroveň odběru elektřiny.

⇒ **Akumulační ohřívače** (bojlery) využívají k ohřevu vody doby menšího zatížení elektrizační soustavy, kterou dodavatel stanoví za pásmo platnosti nízkého tarifu. Trvání ohřevu je závislé na množství předtím spotřebované vody a z podmínek přiznání sazby (blokování ohřívače v pásmu vysokého tarifu) plyne, že nepřekračuje 8 hodin.
Při úvaze o volbě vhodných ohřívačů vody je třeba respektovat podmínky připojení na rozvodnou síť, dané dodavatelem elektrické energie (rozvodným podnikem), předpokládanou

spotřebu teplé užitkové vody (litry/den), situování odběrných míst teplé užitkové vody (délka potrubí vodovodu) a zásady hospodárného využití elektřiny pro ohřev užitkové vody.

Pro dimenzování velikosti ohřívače vody je rozhodující účel použití teplé vody (např. v domácnosti, pro osobní hygienu, úklid, mytí nádobí apod.).

### 2.5.3 Možnosti úspor energie pro osvětlení

Návrh správného umělého osvětlení je poměrně složitý a musí ho provádět odborník světelné techniky. Úspory elektřiny pro umělé osvětlení lze zásadně dosáhnout:

I. - Cíleným užíváním umělého osvětlení

II.- Vhodnou volbou svítidla a světelného zdroje

#### *2.5.3.1 Osvětlení bytových budov*

ad I .Umělé osvětlení v obytných místnostech, kuchyních, místnostech pro domácí práce a zájmovou činnost, dílnách, garážích je nutno navrhovat zásadně dle rozmístění jednotlivých činností s dostatečnou rezervou na připojení dostatečného místního osvětlení. Důležité je rovněž situování jednotlivých spínačů tak, aby byly snadno přístupné. V místnostech s omezenou dobou pobytu je vhodné užít spínačů se zabudovaným časovým spínačem, který po nastaveném časovém intervalu vypne.

Dalším, v současném době nejvyšším typem spínačů jsou spínače s vestavěným infračerveným čidlem, která reagují na přítomnost osob ve sledovaném prostoru. Tento typ je zvláště vhodný v chodbách s mnoha vstupy, na přímých schodištích v provedení do vlhka lze tento spínač užívat na terasách, u vjezdů do garáží, vstupů do objektu atd.

ad II. Volba svítidla a světelného zdroje vždy vychází z nutnosti vytvořit podmínky pro požadovaný zrakový výkon a zrakovou pohodu.

Hospodárnost umělého osvětlení je podmíněna celou řadou faktorů, na které je nutno při návrhu osvětlovacích soustav vzít ohled. Na energeticky a ekonomicky úsporné osvětlení má vliv:

a) světelný zdroj včetně předřadných přístrojů,

b) konstrukce a materiál svítidla,

c) použitý způsob osvětlení,

d) úprava a stav ploch ovlivňující osvětlení v prostoru,

e) osvětlovací soustava a způsob ovládání a regulace osvětlení,

f) pravidelná údržba a čištění svítidel.

ad a) - **Měrný výkon světelných zdrojů** má rozhodující vliv na úspornost umělého osvětlení a je jednou z důležitých podmínek při jejich volbě, ovšem nikoliv jedinou, neboť světelné zdroje musí vyhovovat i dalším důležitým kritériím (spektrální složení světla, podání barev atd.). Je velké rozpětí měrných výkonů, od 8 - 17 lm/W u obyčejných žárovek přes halogenové žárovky s 20 až 31 lm/W k zářivkám dosahujícím mezi 50 až 85 lm/W a halogenidovým výbojkám s obdobným měrným výkonem, až k vysokotlakým sodíkovým výbojkám nad 100 lm/W, respektive nízkotlakým sodíkovým výbojkám s měrným výkonem až 166 lm/W. Použití sodíkových výbojek ve vnitřních prostorech budov je však omezeno jen na zvláštní účely vzhledem ke spektrálnímu složení jejich světla.

**Druh předřadníků** u výbojkových zdrojů; s použitím elektronických předřadníků je možné zvýšit měrný výkon u zářivek přibližně o 20 - 25 %.

ad b) - **Volba vhodných svítidel** pro daný účel vnitřního prostoru je významná zejména ze dvou hledisek: jednak z hlediska světelné účinnosti a ztrát světla přímo ve svítidle, jednak z hlediska účelného rozdělení světelného toku, aby byl směrován v souladu s potřebou a funkcí vnitřního prostoru i rozmístěním osvětlovaných ploch.

ad c) -**Volbu způsobu osvětlení** je nutno vždy zvažovat, zvláště pokud je požadováno osvětlení smíšené nebo nepřímé.

ad d) -**Volba vhodné odraznosti světla** povrchu vnitřního prostoru a jeho zařízení. Kde je to možné a účelné, volí se vyšší hodnoty odraznosti světla; tím se jednak docílí vyšších jasů těchto povrchů, potřebných pro zrakovou pohodu a nižší úroveň osvětlení, jednak se tím zvýší interreflexní složka osvětlení, která přispívá k celkovému zvýšení úrovně osvětlení, zlepšuje rozdělení světelného toku a snižuje stínění.

ad e) -**Volba vhodné soustavy** osvětlení, která umožní účelné využití světla v souladu s potřebou v jednotlivých funkčně diferencovaných částech vnitřního prostoru (celkové rovnoměrné osvětlení vnitřního prostoru, odstupňované osvětlení funkčně diferencovaných částí prostoru, kombinované osvětlení s místním přisvětlením zejména tam, kde je třeba docílit vysokých hodnot osvětlenosti).

**Volba vhodného způsobu ovládání** funkce svítidel a jejich skupin v souladu s proměnlivým využitím vnitřního prostoru (využití pro různě obtížné zrakové činnosti, využití jen určitých částí vnitřního prostoru atd.).

**Důsledná regulace umělého osvětlení** jednak v souladu se změnami využití vnitřního prostoru a prostorovým i časovým rozložením zrakových činností, jednak ve vazbě na proměnlivé denní osvětlení. Umělé osvětlení se musí regulovat tak, aby svítilo jen tehdy a v takovém rozsahu, kdy je to zapotřebí pro dosažení dobré viditelnosti a zrakové pohody. Ve vnitřních prostorech se sdruženým osvětlením se reguluje úroveň doplňujícího umělého osvětlení během dne v souladu s úrovní denní složky.

#### *2.5.3.2 Osvětlení v administrativních budovách*

V administrativních budovách se na převážné většině pracovišť vykonávají činnosti související s přenosem a zpracováním informací; přitom je velmi důležité, aby se omezilo zkreslení těchto informací a počet chyb na nejmenší míru. Při práci s informacemi mají rozhodující podíl zrakové činnosti, proto je nezbytné vytvořit vhodným osvětlením podmínky pro dobré vidění a zrakovou pohodu jako základní předpoklad pro dobré pracovní prostředí.

Vytvoření podmínek dobrého vidění a zrakové pohody má také velký význam ekonomický, neboť při zhoršených podmínkách klesá zrakový i pracovní výkon, vzrůstá počet chyb, zvětšuje se únava pracovníků, klesá produktivita práce, je prokázána i zvýšená fluktuace pracovníků způsobená nepříznivými pracovními podmínkami. S tímto vědomím je nutné přistupovat k opatřením pro zhospodárnění umělého osvětlení: navrhovat takové osvětlení, které by při co nejmenší spotřebě elektrické energie a co nejnižších nákladech bylo z hlediska kvantity i kvality plně vyhovující.

Kromě vnitřních prostorů pro administrativní práce jsou v administrativních budovách i další druhy prostorů, u kterých jsou požadavky na osvětlení i činnosti obdobné, jako u jiných druhů budov, a které proto není nutné blíže rozvádět (například komunikace, šatny, hygienická zařízení, místnosti pro rekreaci a pro občerstvení, jídelny atd.).

Rozhodující zrakovou činností na pracovištích v administrativních budovách bylo vždy psaní a čtení psaného textu, někdy i kreslení a čtení grafů nebo výkresů. Dříve převládalo psaní ruční a na mechanických psacích nebo i počítacích strojích a obtížnost zrakového úkolu byla dána velikostí písma nebo znaků pozorovaných zblízka (pozorovací vzdálenost přibližně 350 mm) a jejich kontrastu s papírem. Poměr pozorovací vzdálenosti a nejmenší pozorované podrobnosti (D/d) je u běžného písma v mezích 500 až 1000, a proto jsou tyto činnosti zařazeny do kategorie osvětlení B3 (podle ČSN 36 0450) při stanovení požadavků na úroveň osvětlení.

Při kreslení a rýsování mohou být rozměry nejmenších detailů menší a tyto činnosti se zařazují do vyšších kategorií (B2, resp. B1).

Pro opakovaně se vyskytující zrakové činnosti a druhy vnitřních prostorů v administrativních budovách jsou zařazení do kategorií osvětlení podle poměrné pozorovací vzdálenosti a z toho vyplývající požadavky na úroveň osvětlenosti $E_{pk}$ uvedeny v tabulce 2.34.

V poslední době na pracovištích v administrativních budovách rychle vzrůstá podíl zrakových činností s využitím obrazovek (zejména počítačů). Lze předpokládat, že v dohledné době bude práce s obrazovkou ve většině administrativních pracovišť běžným, někde i převládajícím zrakovým úkonem.

Tabulka 2.34 Požadovaná osvětlenost $E_{pk}$ v luxech

| Kategorie osvětlení | D/d | Druh místnosti | Charakteristika činnosti | Osvětlenost $E_{pk}$ (lx) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kontrast | | |
| | | | | velký | střední | malý |
| D2 | - | Rekreační prostory | Občerstvení, oddech | 75 | 100 | 150 |
| D1 | - | Jídelny | Stravování | 200 | 300 | 500 |
| C3 | < 500 | Málo frekventované komunikace | Orientace, chůze | 20 | 30 | 50 |
| C2 | < 500 | Vnitřní komunikace; hygienická zařízení, sklady | Orientace, chůze, udržování čistoty, manipulace | 50 | 75 | 100 |
| C1 | < 500 | Náročné sklady | Hrubá práce, hrubé čtení | 100 | 150 | 200 |
| B3 | 500 až 1000 | Kanceláře, obchodní prostory, zasedací místnosti | Čtení, psaní, práce u obrazovek | 200 | 300 | 500 |
| B2 | 1000 až 1670 | Kreslírny, ateliéry | Kreslení, přesné odečítání | 500 | 750 | 1 000 |
| B1 | 1 670 až 3 330 | Rýsovny, ateliéry s přesnými činnostmi | Rýsování, jemné práce, přesné rozlišování barev | 1 000 | 1 500 | 2 000 |

To přináší nové problémy a požadavky při vytváření podmínek dobrého vidění a zrakové pohody. K obecně platným kritériím pro návrh osvětlení, kterými jsou:

- dostatečná úroveň osvětlení (osvětlenost $E_{pk}$);
- přiměřené rozložení jasů ploch v zorném poli;
- vhodný převažující směr osvětlení a stínivost;

- omezení oslnění;
- vhodné spektrální složení světla a přiměřené podání barev.

Přistupují ještě další požadavky, zejména:
- potřeba souladu mezi osvětlením obrazovky a ostatních zrakových úkolů na pracovišti;
- nezbytnost omezení rušivých odrazů jasných ploch na obrazovce.

Na většině pracovišť s obrazovkami je zrakovým úkolem nejen pozorování obrazovky, ale také střídavé pozorování jiných předmětů, zejména klávesnice přístroje a různých písemných nebo grafických podkladů a předloh. Klávesnice i pozorované podklady musí být dostatečně osvětleny na běžnou úroveň podle jejich zrakové obtížnosti (viz tabulka 2.34).

Naproti tomu má obrazovka vlastní jas i kontrast a při vyšší úrovni osvětlení obrazovky se tento kontrast zmenšuje a viditelnost znaků zhoršuje. Proto je účelné pokud možno omezovat úroveň osvětlení obrazovky a nezvyšovat osvětlenost okolních ploch nad potřebnou míru.

Omezení rušivých odrazů ploch s velkým jasem na povrchu obrazovky má pro dobrou viditelnost obrazovky a zrakovou pohodu základní význam. Tyto odrazy mohou zhoršit viditelnost znaků nebo zcela znemožnit jejich rozeznávání na určitých místech obrazovky. K takovým plochám s velkým jasem patří zejména svítidla a osvětlovací otvory pro denní světlo, ale také světlé povrchy s vysokou úrovní osvětlení, kterými mohou být i povrchy místností a vnitřního zařízení, lesklé povrchy odrážející světlo, ale také světlý oděv pracovníka.

Proto v prostorovém úhlu, ze kterého je možný odraz v povrchu obrazovky do oka pozorovatele podle její polohy (umístění a sklon obrazovky) a tvaru (vypuklá nebo rovinná) nesmí jas ploch překročit kritickou úroveň. Pro běžné obrazovky se uvádí maximální přípustná hodnota jasu povrchu v nejjasnějším místě 400 cd/m$^2$, největší průměrná hodnota jasu 200 cd/m$^2$.

Při zvláštních úpravách obrazovky nebo jiných opatřeních (povrchové úpravy, antireflexní vrstvy, filtry atd.) mohou být tyto jasy podle účinnosti opatření úměrně vyšší.

K tomu je nutné přihlédnout při umístění pracovišť s obrazovkami, při rozmístění svítidel a jejich volbě z hlediska povrchových jasů a úhlů clonění, i při volbě povrchových úprav všech ploch vnitřního prostoru z hlediska hodnot činitele odrazu světla.

Přitom je nutné brát v úvahu i zvolenou soustavu umělého osvětlení a rozdělení světelného toku, na kterém závisí osvětlenost jednotlivých ploch vnitřního prostoru (osvětlení přímé, smíšené, nepřímé atd.). Důsledně je nutné dbát na vyloučení lesklých povrchů na všech místech, kde by mohly způsobit zhoršení viditelnosti odrazem světla.

Pro návrh osvětlení a opatření pro vytvoření podmínek zrakové pohody na pracovištích v administrativních budovách je možné z hlediska podílu zrakových činností s obrazovkami členit pracoviště do těchto skupin:

a) pracoviště bez obrazovek;

b) pracoviště, na kterých práce u obrazovek není převládající zrakovou činností (používá se jen menší část pracovní doby nebo jen občas);

c) pracoviště, na kterých je práce u obrazovek převládající zrakovou činností (podstatná část nebo převažující část pracovní doby s častým opakováním);

d) pracoviště, na kterých je sledování obrazovky výhradní pracovní činností (různá kontrolní nebo řídicí pracoviště, dozor nad provozem, nad dopravou, nad bezpečností, ostraha objektů atd.); na těchto pracovištích nejsou jiné závažné zrakové úkoly vyžadující osvětlení. Při trvalém pobytu lidí na takovém pracovišti je dostatečná osvětlenost $E_{pk}$ 200 luxů, stanovena

jako hygienické minimum z hlediska podmínek zrakové pohody a z hlediska celkového vlivu osvětlení na člověka.

Dosud se převážně používaly černobílé obrazovky (nebarevné) jak s negativním kontrastem (světlé znaky na tmavé obrazovce), tak i s pozitivním kontrastem (tmavé znaky na světlé obrazovce). Z hlediska zrakové pohody a zejména z hlediska reflexů jasných ploch je výhodnější pozitivní kontrast. V poslední době přibývá obrazovek barevných.

Pro některé vnitřní prostory s velmi nízkými požadavky na úroveň osvětlenosti (malá zraková obtížnost činností), ve kterých je nezbytný pobyt lidí, jsou ještě zvlášť stanoveny podle trvání pobytu (pobyt trvalý, krátkodobý nebo jen občasný), z důvodů hygienických (celkový vliv osvětlení na člověka) nebo z důvodů bezpečnostních minimální přípustné hodnoty osvětlenosti $E_{pk}$, uvedené v tab. 2.35 (hygienická a bezpečnostní minima).

Pro tento účel se rozlišuje podle doby trvání pobyt:

- trvalý během jednoho dne nebo jedné pracovní směny po dobu delší než 4 hodiny a opakovaný nejméně po 30 dnů v roce;
- krátkodobý buď trvající během jednoho dne nebo jedné pracovní směny méně než 4 hodiny a nelze ho považovat za občasný, nebo pobyt delší než 4 hodiny, ale opakovaný méně než po 30 dnů v roce;
- občasný potřebný pro průchod místností při kontrole, dohledu na zařízení a podobně.

Tabulka 2.35 Nejmenší hodnoty osvětlenosti $E_{pk}$ v luxech

| Kategorie osvětlení | Pobyt osob | Osvětlenost $E_{pk}$ (lx) |
|---|---|---|
| B, C bez denního světla | Trvalý | 300 (hyg. Minimum) |
| B, C | Trvalý | 200 (hyg. Minimum) |
| B, C | Krátkodobý | 100 (150)*) |
| Všeobecně | Občasný | 20 (30)*) |

*) Hodnoty platí pro nejmenší hodnoty osvětlenosti

Rovnoměrnost osvětlení r je základním kvalitativním kritériem, na kterém závisí rozložení jasů ploch ve vnitřním prostoru. Je důležitá jak pro vytváření podmínek zrakové pohody, tak i pro bezpečnost provozu i pro hospodárnost osvětlení.

Rovnoměrnost osvětlení se stanoví na srovnávací rovině jako poměr nejmenší ($E_{min}$) a místně průměrné ($E_m$) osvětlenosti:

$$r = E_{min} : E_m$$

Požadavky na rovnoměrnost osvětlení rozlišené podle účelu vnitřních prostorů jsou uvedeny v tabulce 2.36.

Při odstupňovaném osvětlení platí uvedené hodnoty rovnoměrnosti osvětlení v rozsahu jednotlivých částí vnitřních prostorů; přitom poměr průměrných osvětleností sousedních částí prostoru musí být nejméně 0,2 (1:5) s pozvolným přechodem na jejich rozmezí.

Poměr průměrných osvětleností sousedních vnitřních prostorů vzájemně provozně propojených (například dveřmi) při jejich celkovém nebo odstupňovaném osvětlení nesmí být menší než 0,2 (1:5).

Tabulka 2.36 - Nejmenší rovnoměrnost osvětlení

| Účel vnitřního prostoru | $r_{min}$ | $E_{min} : E_m$ |
|---|---|---|
| Trvalý pobyt lidí | 0,65 | 1 : 1,5 |
| Krátkodobý pobyt lidí | 0,4 | 1 : 2,5 |
| Občasný pobyt lidí | 0,1 | 1 : 10 |
| Schodiště | 0,3 | 1 : 3 |
| Ostatní komunikace | 0,2 | 1 : 5 |

Dalším faktorem, který výrazně ovlivňuje rozložení jasů ploch ve vnitřním prostoru a zrakovou pohodu, ale také hospodárnost osvětlení, jsou hodnoty činitele odrazu světla všech větších povrchů: stropů, stěn, podlah, vnitřního zařízení, pracovních ploch a předmětů, textilií atd.

Hodnota činitele odrazu světla se stanoví jako podíl světelného toku odraženého od povrchu a světelného toku na něj dopadajícího. Pro přibližné stanovení této hodnoty je možné použít tabulek nebo lépe vzorníku s malými ploškami s odstupňovanou odrazností nebo barvami se stanovenými hodnotami, které se porovnávají s daným povrchem.

Požadované hodnoty činitele odrazu světla pro nejdůležitější vnitřní povrchy jsou uvedeny v tabulce 2.37.

Tabulka 2.37 Doporučené hodnoty činitelů odrazu světla

| Druh vnitřního povrchu | Činitel odrazu světla v novém stavu | |
|---|---|---|
| | doporučená hodnota | rozsah |
| Místo zrakového úkolu | 0,8 | 0,6 až 1,0 |
| Okolí zrakového úkolu | 0,35 | 0,2 až 0,5 |
| Strop | 0,7 | 0,4 až 0,8 |
| Stěny | 0,5 | 0,3 až 0,8 |
| Podlaha | 0,2 | 0,2 až 0,3 |
| Nábytek, vnitřní zařízení | 0,3 | 0,2 až 0,5 |

#### 2.5.3.2.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ÚSPORNOST UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ V NEBYTOVÝCH BUDOVÁCH.

V některých druzích budov znamená spotřeba elektrické energie na umělé osvětlení velmi významnou položku jak v celkové spotřebě, tak i v provozních nákladech. To platí právě v plné míře pro administrativní budovy, u kterých je zpravidla podíl umělého osvětlení na provozních nákladech relativně velmi vysoký.

Úspor na umělém osvětlení je možné docílit při zachování jeho dostatečné úrovně a kvality vyhovující všem funkčním požadavkům tak, že se zvolí nejhospodárnější způsob přeměny elektrické energie na světlo, které se s co nejmenšími ztrátami usměrní na požadované části vnitřních prostorů v takovém množství, jaké je právě na nich potřebné, a osvětlení se důsledně reguluje podle momentálního využití jednotlivých částí vnitřního prostoru a případně podle stavu denního osvětlení.

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro hospodárnost umělého osvětlení je plné využití dostupného denního světla ve vnitřních prostorech opatřených osvětlovacími otvory.

Vnitřní prostory budov se mohou podle zdrojů světla v zásadě osvětlovat třemi způsoby: pouze umělým světlem, denním světlem a konečně jejich kombinací, sdruženým osvětlením jako záměrným spolupůsobením denního a umělého světla.

Dříve byla rozšířena představa, že je možné vytvořit podmínky pohody prostředí a zrakové pohody kterýmkoliv z těchto způsobů, že je možné jednoduše nahradit denní světlo stejným množstvím světla umělého. V současné době však je z výsledků výzkumu i dlouhodobých zkušeností známo, že při dlouhodobém působení je vliv denního a umělého osvětlení na člověka odlišný.

Tyto rozdíly byly prokázány jak v oblasti zrakového výkonu, tak v dalších oblastech, zejména u mimozrakových účinků. Většina biologických funkcí lidského organismu pravidelně kolísá v přibližně čtyřiadvacetihodinovém rytmu, který se proto nazývá cirkadiánním. Zejména jde o lokomoční aktivitu organismu, to jest ladění k práci nebo k odpočinku a ke spánku, kolísání tělesné teploty a tlaku i kolísání produkce některých látek, hormonů, které řídí činnost jednotlivých orgánů v lidském těle.

Rozhodující úlohu při synchronizaci cirkadiánních rytmů má právě pravidelné střídání světla a tmy v denním rytmu, kdežto další faktory, jako sociální kontakty, mají jen podružný význam.

Při narušení cirkadiánních rytmů například při práci v nočních nebo střídavých směnách, či při přeletu na vzdálené místo s jiným místním časem vznikají často velmi závažné obtíže, narušení pravidelného spánku, pokles výkonnosti, někdy i nevolnost a zdravotní obtíže.

Obdobné obtíže vznikají u lidí při pobytu v prostorech s nedostatečnou úrovní osvětlení, která nestačí k regulaci cirkadiánních rytmů, zejména chybí-li denní světlo. Tyto obtíže jsou typické pro obyvatele velkých měst, kteří tráví v zimním období převážnou část dne ve vnitřních prostorech a v dopravních prostředcích a jen velmi omezenou dobu ve venkovním prostoru na denním světle.

Působení umělého a denního osvětlení na člověka je rozdílné. Hlavní rozdíly spočívají ve spektrálním složení a v časové proměnlivosti osvětlení. Denní světlo má spojité spektrum s dostatečným zastoupením všech vlnových délek a dobrým barevným podáním, i když jeho teplota chromatičnosti během dne i roku kolísá. Spektrální složení umělého osvětlení je dáno volbou zdrojů a přes velký technický pokrok mají běžně používané zdroje světla jen průměrné barevné podání.

Velmi závažná je pro člověka neustálá proměnlivost denního osvětlení, která působí příznivě a stimulačně na rozdíl od převážně monotónního umělého osvětlení u běžných osvětlovacích soustav.

Pro tyto rozdíly mezi umělým a denním světlem se ve vnitřních prostorech s trvalým pobytem lidí dává jednoznačně přednost dennímu osvětlení během dne. Tam, kde není možné vyhovujícího denního osvětlení z vážných důvodů (funkčních, stavebních, provozních atd.) docílit, dává se přednost sdruženému osvětlení před osvětlením pouze umělým; přitom je důležitým faktorem i optický kontakt s vnějším prostředím.

Vnitřní prostory s trvalým pobytem lidí se navrhují podle ČSN 73 0580-1 s vyhovujícím denním osvětlením. V administrativních budovách mezi ně patří zejména administrativní pracoviště všeho druhu, kanceláře, pracovny, studovny, pracoviště s počítači, kreslírny, rýsovny, řídící pracoviště, dozorny, rozmnožovny, dílny, laboratoře, telefonní ústředny, případná pomocná pracoviště atd.

Mezi prostory bez trvalého pobytu lidí zpravidla patří zasedací místnosti, místnosti pro porady a konference, prostory pro oddech a rekreaci, pro občerstvení a stravování, šatny, hygienická zařízení a komunikační prostory.

Využití denního a umělého světla v administrativní budově s pracovní dobou od 7,30 do 19,30 hodin je v tabulce 2.38.

Tabulka 2.38 Doby využití denního a umělého osvětlení

| Období | Celkový počet hodin | Podíl denního osvětlení | | Podíl umělého osvětlení | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | hodin | % | hodin | % |
| Leden | 198 | 108 | 54,5 | 90 | 45,5 |
| Únor | 180 | 130 | 72,2 | 50 | 27,8 |
| Březen | 207 | 193 | 93,2 | 14 | 6,8 |
| Duben | 171 | 171 | 100 | - | - |
| Květen | 189 | 189 | 100 | - | - |
| Červen | 198 | 198 | 100 | - | - |
| Červenec | 171 | 171 | 100 | - | - |
| Srpen | 207 | 195 | 94,2 | 12 | 5,8 |
| Září | 189 | 165 | 87,3 | 24 | 12,7 |
| Říjen | 189 | 141 | 74,6 | 48 | 25,4 |
| Listopad | 198 | 110 | 55,6 | 88 | 44,4 |
| Prosinec | 171 | 80 | 46,8 | 91 | 53,2 |
| Celý rok | 2 268 | 1 851 | 81,6 | 417 | 18,4 |

Možnosti úspor umělého osvětlení jeho náhradou denním světlem závisí jednak na **celoročním průběhu venkovního denního osvětlení**, jednak na **době využívání pracovišť** a vzájemném vztahu těchto dvou faktorů.

Legenda: Křivkami jsou vyznačeny průběhy úrovně venkovní osvětlenosti v luxech (2000 lx až 25 000 lx) během dne (4 až 20 hodin) během roku (měsíce I až XII)

Čárkovaně je vyznačena doba využití (7,30 až 16,30) s posunem při letním času, tečkovaně doba využití denního světla

Obrázek 2.4 – Celoroční průběh venkovní osvětlenosti při rovnoměrně zatažené obloze

Celoroční průběh průměrné venkovní osvětlenosti při rovnoměrně zatažené obloze je znázorněn na obrázku 2.4 (měsíce I až XII, hodiny 4 až 20). Zatažená obloha je charakteristická pro zimní období; při jiných stavech oblohy, jako je jasná nebo polojasná obloha, jsou hodnoty osvětlenosti vyšší.

Za nejzávažnější faktory podmiňující hospodárnost umělého osvětlení v administrativních budovách je možné považovat:

a) světelné zdroje a jejich vlastnosti, zejména měrný výkon;

b) předřadníky a jejich vlastnosti u výbojových zdrojů;

c) svítidla a jejich vlastnosti, zejména účinnost a rozdělení světelného toku;

d) způsob osvětlení (přímé, nepřímé, smíšené atd.);

e) osvětlovací soustavu (osvětlení celkové, odstupňované, kombinované atd.);

f) způsob ovládání jednotlivých svítidel a jejich skupin, odpovídající možným změnám-ve využití vnitřního prostoru;

g) způsob regulace osvětlení (stupňovitá, plynulá; ruční, automatická s využitím čidla atd.);

h) důslednou údržbu a čištění osvětlovací soustavy i ostatních prvků, ovlivňujících osvětlení.

Informativní údaj o využití denního a umělého osvětlení v administrativní budově s dobou využití 7,30 až 16,30 je v tabulce 2.38.

#### 2.5.3.2.2 SVĚTELNÉ ZDROJE

Volba nejvhodnějších světelných zdrojů je podmíněna:

⇒ spektrálním složením světla, které musí být vyhovující pro daný účel a je charakterizováno hlavně dvěma veličinami:

- teplotou chromatičnosti $T_c$ v K, která musí být v souladu s charakterem činností ve vnitřním prostoru;
- úrovní osvětlenosti; jakostí podání barev, charakterizovanou hodnotou indexu podání barev $R_a$; je důležitá hlavně ve vnitřních prostorech, ve kterých je nutné dobře rozeznávat barevné odstíny;

⇒ energetickými a ekonomickými vlastnostmi, z nichž jsou pro hospodárný provoz nejzávažnější:

- měrný výkon p (lm/W), který je dán podílem vyzařovaného světelného toku a příkonu zdroje;
- životnost (h), udávající průměrnou dobu svícení světelného zdroje za provozních podmínek stanovených normou.

Měrný výkon světelných zdrojů má pro hospodárnost osvětlení rozhodující význam a liší se u jednotlivých druhů zdrojů ve velmi širokých mezích. Závisí nejen na způsobu výroby světla ve zdroji, ale také na příkonu zdroje, na napětí a na požadovaném spektrálním složení světla u výbojových zdrojů.

**Obyčejné žárovky** mají při příkonech od 15 W do 200 W měrný výkon od 6 do 16 lm/W při životnosti 1 000 hodin.

**Halogenové žárovky** se vyrábějí v celé řadě druhů. Pro všeobecné osvětlení jsou nejdůležitější tyto dva:

☺ na síťové napětí, vyráběné s příkony od 60 do 2000 W a s měrnými výkony od 13 do 25 lm/W;

☺ na nízké napětí (12 V) s příkonem od 5 do 75 W a měrným výkonem od 11 do 19 lm/W.

Životnost halogenových žárovek je převážně 2000 hodin, u některých druhů až 3000 hodin. Jejich měrné výkony tedy jsou jen o málo vyšší, než u obyčejných žárovek.

**Výbojkové zdroje** mají měrné výkony i životnost podstatně větší než žárovky; jejich cena je ovšem také vyšší.

Při udávání měrných výkonů a spotřeby u výbojových zdrojů je nutné vždy rozlišit, zda jde o parametry vlastního světelného zdroje, nebo parametry včetně předřadných přístrojů, které jsou někdy dosti odlišné a závisí u stejného zdroje na druhu předřadníku.

Zářivky jsou nejběžnějším a dnes v administrativních budovách nejpoužívanějším světelným zdrojem. Jejich životnost se udává většinou 8 000 hodin, u špičkových výrobků až 12 000 hodin i více. Výhodou zářivek je také velmi široký sortiment z hlediska spektrálního složení světla, podmíněného použitými luminofory, který umožňuje volbu nejvhodnějšího barevného podání i teploty chromatičnosti světla.

Z řady druhů vyráběných zářivek jsou nejdůležitější:

☺ **lineární zářivky**, které se stále zdokonalují a vyrábějí postupně s menšími průměry a lepšími vlastnostmi

- zářivky o průměru 38 mm s příkony od 20 W do 65 W mají měrný výkon od 57 do 68 lm/W;
- zářivky o průměru 26 mm s příkony od 10 W do 58 W mají měrný výkon od 33 do 83 lm/W;
- zářivky o průměru 16 mm s příkony od 14 do 35 W mají měrný výkon od 96 do 106 lm/W (s elektronickým předřadníkem);

☺ **kompaktní zářivky**, z nichž některé mají i zabudovaný předřadník a mohou nahradit žárovku ve starším svítidle, mají příkony od 5 do 55 W a měrný výkon od 50 do 87 lm/W.

**Výbojky** mají v administrativních budovách omezenější použití, hodí se jen pro některé druhy vnitřních prostorů.

**Vysokotlaké rtuťové výbojky** v příkonové řadě 50 W až 1000 W mají měrný výkon od 36 do 58 lm/W.

**Halogenidové výbojky** mají velmi dobré barevné podání a vyrábějí se s příkony od 35 W do 2000 W s měrným výkonem od 67 do 103 lm/W.

**Vysokotlaké sodíkové výbojky** vyráběné v příkonové řadě 35 W až 1000 W mají měrný výkon od 70 do 150 lm/W, typy s lepším barevným podáním měrné výkony nižší (od 39 lm/W).

**Nízkotlaké sodíkové** výbojky mají sice velmi vysoké měrné výkony, ale velmi špatné barevné podání, proto je jejich použití ve vnitřních prostorech budov jen výjimečné. Vyrábějí se v příkonové řadě od 17,5 W do 180 W a jejich měrné výkony jsou od 100 do 203 lm/W.

**Indukční výbojky** jsou nejnovějším světelným zdrojem, zatím ne běžným. Vyrábějí se s příkony 55 W a 85 W a měrnými výkony 65 a 70 lm/W. Mají velmi dobré barevné podání a největší předností je extrémně dlouhá životnost, dosahující podle údajů výrobce až 60 000 hodin.

#### 2.5.3.2.3 PŘEDŘADNÉ PŘÍSTROJE

Nezbytnou součástí zářivek a výbojek je zapalovací zařízení (předřadník). Zatím se nejvíce používá klasický předřadník, který se skládá z tlumivky, startéru, kompenzačního a odrušovacího kondenzátoru. Technicky dokonalejší elektronický vysokofrekvenční předřadník (dále jen vf) se z důvodů vysokých pořizovacích nákladů zatím používá méně.

Jeho výhody jsou:

- příkon těchto předřadníků je v porovnání s klasickým předřadníkem o 8 až 10 W nižší (u lineárních zářivek);
- automaticky odpojí vadnou zářivku od sítě;
- reguluje napětí potřebné pro zapálení výboje v zářivce a tím zabraňuje studeným startům, které mají vliv na stárnutí zářivky vlivem častého spínání;
- zajistí spolehlivou kompenzaci účiníku.

Použití elektronických vf předřadníků se projeví také v oblasti životního prostředí:

- ve vf předřadníku nejsou kondenzátory obsahující polychlorované bifenyly (PCB), zatěžující životní prostředí nejen v místnostech, ale i na skládkách při jejich likvidaci;
- prodloužením životnosti zářivek se sníží počet likvidovaných zářivek a tím se sníží možnost kontaminace vnějšího životního prostředí některými škodlivými látkami, které jsou v zářivce (rtuť a látky obsažené v luminoforu);
- vysokofrekvenční napájení zářivky se projeví odstraněním stroboskopického jevu a ustálením vyzařovaného světla;
- snížením hladiny akustického hluku, protože vf předřadník nemá tlumivku, která u klasických předřadníků je zdrojem hluku;
- vlivem menšího příkonu vf předřadníku se sníží teplotní zatížení prostoru.

Další výhodou vf předřadníků je vysoká provozní spolehlivost, která je zajištěna

- automatickým odpojením vadných zářivek;
- snížením počtu kontaktů ve svítidle se sníží počet možných míst poruch;
- omezením samovolného uvolňování spojů, ke kterému dochází ve svítidlech s klasickým předřadníkem, kde vlivem napájecího kmitočtu 50 Hz se rozkmitá nejen jádro tlumivky, ale celé svítidlo.

1. Žárovka
2. Halogenová žárovka,
3. Zářivka
4. Halogenidová výbojka
5. rtuťová výbojka
6. sodíková vysokotlaká výbojka
7. sodíková nízkotlaká výbojka
8. indukční zdroj

Obrázek 2.5 Závislost spotřeby elektrické energie na druhu světelného zdroje a jeho měrném výkonu

#### 2.5.3.2.4 SVÍTIDLA

Nejdůležitějšími kritérii pro volbu svítidel z hlediska vytváření podmínek dobrého vidění a zrakové pohody i hospodárnosti osvětlení jsou dále uvedené vlastnosti, vyplývající z konstrukce svítidel a použitých materiálů:

⇒ účinnost svítidla, daná poměrem světelného toku vycházejícího ze svítidla ke světelnému toku vyzářenému světelným zdrojem nebo zdroji ve svítidle; je základním ukazatelem hospodárnosti svítidla;
⇒ rozložení světelného toku vycházejícího ze svítidla, které je charakterizováno způsobem osvětlení, to jest podílem světelného toku směrovaného do horního, respektive dolního poloprostoru (svítidlo přímé, nepřímé, smíšené atd.); tvarem křivky svítivosti, která přesně stanoví rozložení světelného toku v prostoru, zda je směrován rovnoměrně do celého prostoru nebo usměrňován jen do určitých prostorových úhlů, aby byla osvětlena jen žádoucí část prostoru a neosvětlovaly se zbytečně ty části, kde vyšší úroveň osvětlení není potřebná nebo kde může dokonce narušovat zrakovou pohodu;
⇒ ochrana před oslněním (souvisí úzce s rozložením světelného toku), která je dána jasy povrchu svítidel a jejich clonění v určitých prostorových úhlech;
⇒ ochrana před znečišťováním a snadnost údržby, kterými se jednak předchází snižování účinnosti svítidel vlivem znečištění a degradace materiálů (svítidla otevřená, ve znečištěném prostředí uzavřená, odolné materiály), jednak snižují náklady na údržbu;
⇒ vzhled a výtvarné řešení svítidla musí být v souladu s funkcí vnitřního prostoru a s jeho architektonickým utvářením; v některých vnitřních prostorech plní svítidla i výtvarnou, dekorativní funkci (reprezentační prostory, výstavní prostory, zasedací místnosti, prostory pro oddech a občerstvení atd.).

Svítidla se podle těchto vlastností volí tak, aby vyhovovala všem požadavkům podle jejich zařazení a funkce ve zvolené osvětlovací soustavě.

#### 2.5.3.2.5 ZPŮSOB OSVĚTLENÍ

Volba způsobu osvětlení (přímé, nepřímé, smíšené atd.) má velký vliv na hospodárnost osvětlení. Nejúspornější je přímé osvětlení jednotlivých částí vnitřního prostoru podle jejich funkce; přitom je ovšem nutné pamatovat i na přiměřenou úroveň osvětlení ostatních ploch, nesouvisejících přímo se zrakovými úkoly, jako je strop, stěny atd. Volba způsobu osvětlení současně ovlivňuje i směrovost osvětlení a jeho plasticitu, převažující směr světla i podání kontrastu.

Rozdíly v hospodárnosti osvětlení podle zvoleného způsobu osvětlení jsou zřejmé z poměrných elektrických příkonů, nezbytných k dosažení určité úrovně osvětlenosti, které jsou uvedeny v tabulce 2.39 na následující straně.

#### 2.5.3.2.6 OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVA

Osvětlovací soustava je funkčně ucelený soubor prostředků vytvořený svítidly se světelnými zdroji, jejich příslušenstvím, elektrickým rozvodem a ovládáním. Má zajistit vyhovující osvětlení pro všechny funkce vnitřních prostorů v době normální činnosti základní napájecí elektrické soustavy.

Volba vhodné osvětlovací soustavy má vliv nejen na zrakový výkon a pohodu, ale také velmi významně ovlivňuje energetické a ekonomické faktory.

Ve vnitřních prostorech, ve kterých se požaduje rovnoměrné osvětlení v celé ploše a které nejsou funkčně diferencovány na místa s menší a větší zrakovou obtížností, je nejvhodnější i hospodárné celkové osvětlení s dobrou rovnoměrností (například vodorovné komunikace).

Ve vnitřních prostorech funkčně diferencovaných se známým rozložením zrakových činností různé obtížnosti jsou vhodnější a hospodárnější soustavy s osvětlením odstupňovaným nebo - zejména v prostorech s jednotlivými administrativními či pomocnými pracovišti - osvětlení kombinované. To ovšem platí i pro jiné vnitřní prostory, včetně příslušenství (například hygienická zařízení).

Tabulka 2.39 Energetická účinnost osvětlovací soustavy

| Index podání barev $R_a$ | Index místnosti | Hodnoty poměrného příkonu $W.m^{-2}$ (pro 100 lx) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Energetická účinnost soustavy | | | |
| | | výborná | dobrá | neuspokojivá | Nevyhovující |
| 50 až 85 | 0,75 | < 3 | 3 až 4 | 4 až 6 | > 6 |
| | 1,5 | < 2,5 | 2,5 až 3,3 | 3,3 až 5 | > 5 |
| | 5 | < 2 | 2 až 2,7 | 2,7 až 4 | > 4 |
| < 50 | 0,75 | < 2,5 | 2,5 až 3,3 | 3,3 až 5 | > 5 |
| | 1,5 | < 2 | 2 až 2,7 | 2,7 až 4 | > 4 |
| | 5 | < 1,5 | 1,5 až 2 | 2 až 3 | > 3 |
| Index místnosti = $a*b/H_m*(a+b)$ | | a - délka místnosti | | | |
| | | b - šířka místnosti | | | |
| | | $H_m$ - výška svítidel nad osvět. rovinou | | | |
| Poměrný elektrický příkon (pro 100 lx) =.$P*100/A*E_{pk}$ | | P je celkový příkon osvětlovací soustavy (W) | | | |
| | | A je plocha posuzovaného prostoru ($m^2$) | | | |
| | | $E_{pk}$ je místně průměrná a časově minimální osvětlenost | | | |

Přitom je možné odstupňovaným nebo kombinovaným osvětlením docílit i lepší kvality osvětlení, lepšího podání kontrastu a navíc je takové osvětlení jak v nepracovních, tak i v pracovních prostorech administrativních budov příjemnější rozmanitostí jasů ploch a lepší orientací, než monotónní a jednotvárné osvětlení celkové.

Pro běžné pracovní prostory v administrativních budovách je možné podle zahraničních studií a zkušeností porovnat hospodárnost jednotlivých dnes používaných osvětlovacích soustav tak, že se vezme za základ dosud běžná soustava celkového osvětlení pomocí zářivkových stropních svítidel s rozptylnými bílými mřížkami, tedy s přímým osvětlením. Taková osvětlovací soustava není ani nejvhodnější z hlediska kvality osvětlení, zejména z hlediska jasů svítidel při pracovištích s obrazovkami.

Celkové osvětlení stropními svítidly se zrcadlenou mřížkou umožňuje docílit při stejné hladině osvětlení úsporu příkonu přibližně o 10 až 15 %; navíc je výhodnější i z hlediska kvality osvětlení a jasů svítidel.

Celkové osvětlení zavěšenými zářivkovými svítidly, která usměrňují větší část světelného toku dolů, ale část do horního poloprostoru směrem ke stropu, má přibližně stejnou hospodárnost jako předchozí, tedy úspory 10 až 15 %, ale je výhodnější z hlediska kvality osvětlení, rozdělení jasů ploch i možných reflexí na pracovištích s obrazovkami, použijí-li se svítidla se zrcadlovou mřížkou.

Kombinované osvětlení s celkovým osvětlením stropními mřížkovými svítidly a místním osvětlením speciálními svítidly na každém pracovišti může uspořit přibližně 40 % příkonu.

Celkové osvětlení musí mít dostatečný podíl na intenzitě osvětlení, aby se docílilo přiměřených jasů povrchů místnosti, a místní svítidla musí mít vhodné clonění i usměrnění světelného toku podle charakteru zrakových činností na pracovišti, často i asymetrické. V literatuře se taková soustava osvětlení označuje jako 2K (dvoukomponentní soustava).

Osvětlení přímými - nepřímými svítidly u každého pracoviště je nejnovější osvětlovací soustavou vyvinutou právě pro kancelářské místnosti, která umožňuje při libovolném přeskupování a změnách orientace pracovišť zachovat optimální podmínky osvětlení na každém pracovišti. Osvětlení je zabezpečeno pouze soustavou svítidel umístěných u každého pracoviště. Tato svítidla (přímo - nepřímá) usměrňují část světelného toku na pracoviště směrem dolů tak, aby se dosáhlo optimálního převažujícího směru osvětlení (často s asymetrickým rozdělením) a dobrého podání kontrastu pro všechny zrakové úkoly; část světelného toku je směrována vzhůru ke stropu, aby se docílilo vyrovnaných jasových poměrů v celém vnitřním prostoru. (Toto rozdělení a přesné zaměření světelného toku na pracovišti směrem dolů je hlavní odlišností přímo - nepřímých svítidel od svítidel smíšeného osvětlení.) Tato osvětlovací soustava může docílit úspor na příkonu elektrické energie až 50 %.

#### 2.5.3.2.7 ZPŮSOB OVLÁDÁNÍ

Způsobem ovládání se pro tento účel rozumí stupeň členění ovládání svítidel osvětlovací soustavy podle toho, do jaké míry je účelné a hospodárné přizpůsobovat osvětlení jednotlivých částí vnitřního prostoru momentální potřebě.

V menších místnostech se zpravidla celkové osvětlení zapíná a vypíná jedním ovládacím prvkem, kdežto ve větších vnitřních prostorech je často účelné ovládat jednotlivé skupiny svítidel samostatně ve vazbě na odlišné využití částí prostoru nebo podle proměnlivosti denního osvětlení. To platí i o osvětlení odstupňovaném.

U kombinovaného osvětlení je zpravidla nejhospodárnější umožnit individuální ovládání místních svítidel podle využití jednotlivých pracovišť.

#### 2.5.3.2.8 ZPŮSOB REGULACE

Pro zachování podmínek dobrého vidění a zrakové pohody při největší hospodárnosti je důležitý způsob regulace osvětlení. Přitom je jedním hlediskem řešení, zda se osvětlení zapíná a vypíná skokem, tedy okamžitým vypnutím nebo zapnutím napájení všech svítidel, jejich skupin nebo jednotlivých svítidel, nebo zda se osvětlení reguluje plynule, což je příznivější z hlediska zrakové pohody i úspornosti osvětlení, ale technicky náročnější a nákladnější.

Druhým hlediskem je způsob, jakým se k regulaci přistupuje zejména ve vztahu k dennímu světlu: zda se při jeho proměnách reguluje umělé osvětlení na základě subjektivního odhadu uživatelů místnosti, nebo objektivně sledováním úrovně denního osvětlení pomocí čidla a následnou regulací buď ruční podle signalizace, nebo automatickou. Přitom je zřejmé, že regulace na základě subjektivního odhadu ani dostatečně nezabezpečuje zrakovou pohodu, ani není hospodárná při velké rozdílnosti subjektivních názorů na potřebnou úroveň osvětlení.

#### 2.5.3.2.9 DŮSLEDNÁ ÚDRŽBA

Údržba osvětlovací soustavy i ostatních prvků ovlivňujících umělé osvětlení je jedním z nezbytných předpokladů pro zachování podmínek zrakové pohody i pro hospodárnost osvětlení. Spočívá zejména v pravidelném čištění svítidel i zdrojů, pravidelné výměně vyhořelých nebo starých světelných zdrojů (při poklesu světelného toku - skupinová výměna), ale také ve včasné obnově vlastností všech povrchů, podílejících se na odrazu světla (stropy, stěny atd.). Při nedostatečné údržbě mohou ztráty světla způsobit pokles úrovně osvětlení pod

požadované hodnoty a tím i pokles měrného výkonu osvětlovací soustavy a zhoršení hospodárnosti osvětlení.

Náklady na likvidaci výbojkových světelných zdrojů a některých předřadných přístrojů.

V současné době je i v ČR zaveden požadavek na odbornou likvidaci ekologicky závadných zařízení, tj. v tomto případě zářivek, výbojek a některých předřadných přístrojů.

Tato fyzická likvidace je prováděna za úhradu (např. cca 7,- Kč za lineární zářivku 36W), což zvyšuje provozní náklady umělého osvětlení. Tato skutečnost rovněž podporuje používání prvků zvyšujících životnost světelných zdrojů (např. VF předřadníky, viz. článek 2.5.3.2.3).

### 2.5.4 Další faktory ovlivňující spotřebu elektřiny v bytové a nebytové sféře.

Dalším faktorem, který se zvolna začíná projevovat i v ČR je spotřeba elektrických spotřebičů, ponechaných v „pohotovostním stavu“ (Stand-by). Tyto spotřebiče se zatím spíše projevují ve spotřebě administrativních budov.

Ze zahraničních zkušeností je však nutno zavést informace o těchto „tichých spotřebičích elektřiny“ i mezi širší veřejnost, neboť uvážené užívání těchto elektrických spotřebičů, šířících se do domácností, vede k úsporám elektřiny.

Stručný výběr různých spotřebičů s uvedením jejich spotřeby elektřiny v průměrném časovém údobí pohotovostního stavu je v tabulce 2.40.

Tabulka 2.40 Roční spotřeba elektřiny vybranými elektrickými spotřebiči, které se nejčastěji vyskytují v zapnutém pohotovostním stavu

| Elektrický spotřebič | Rok výroby | Spotřeba proudu v pohotovostním stavu | | Podklady užité pro výpočet |
|---|---|---|---|---|
| | | kWh/h | KWh/rok | |
| PC s barevnou obrazovkou 14" | 1993 | 0,09 | 162 | 8 h /denně, 220 dní/rok |
| Inkoustová tiskárna černobílá | 1990 | 0,092 | 12 | 8 h /denně 220 dní/rok |
| Inkoustová tiskárna barevná | 1993 | 0,007 | 123 | 8 h /denně 220 dní/rok |
| Jehličková tiskárna černo-bílá | 1990 | 0,070 | 39 | 8 h /denně 220 dní/rok |
| Laserová tiskárna černobílá | 1991 | 0,022 | 132 | 8 h /denně 220 dní/rok |
| Kopírovací stroj | 1991 | 0,075 | 123 | 8 h / denně 220 dní/rok |
| Telefax | 1991 | 0,011 | 96 | 24 h /denně 365 dní/rok |
| Telefonní záznamník | 1992 | 0,003 | 26 | 24 h /denně 365 dní/rok |
| Barevná televize (velikost obrazovky 36 - 72 cm) | 1993 | 0,010 | 73 | 20 h /denně, 365 dní/rok |
| Anténní zařízení (nebo kabelový připojovací bod) pro příjem barevné televize pro rodinný dům | | 0,004 | 35 | 24 h /denně, 365 dní/rok |
| Přijímač satelitní antény | | 0,020 – 0,035 | 175 - 307 | 24 h /denně, 365 dní/rok |
| Kompaktní stereozařízení | 1987 | 0,014 | 102 | 20 h /denně, 365 dní/rok |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kompaktní stereozařízení, dálkově ovládané | 1993 | 0,010 | 73 | 20 h /denně, 365 dní/rok |
| Videorecorder | 1993 | 0,012 | 101 | 23 h /denně, 365 dní/rok |
| Radiopřijímač s vestavěným kazetovým magnetofonem | 1993 | 0,001 | 8 | 23 h /denně, 365 dní/rok |
| Budík s vestavěným radiovým přijímačem | 1993 | 0,001 – 0,002 | 8 - 17 | 23 h /denně, 365 dní/rok |
| Elektronické hodiny kávovaru | 1992 | 0,002 | 18 | 24 h /denně, 365 dní/rok |
| Elektronické hodiny mikrovlnné trouby | 1992 | 0,003 | 26 | 24 h /denně, 365 dní /rok |
| Elektronické hodiny elektrického sporáku | 1992 | 0,006 | 53 | 24 h /denně, 365 dní/rok |
| Vodní lůžko – 750 l vody | 1988 | 0,108 | 946 | Teplota vody 29 C při okolní teplotě 20 $^{o}$C, 24 h /denně 365 dní/rok |
| Akvárium 40 l vody | 1992 | 0,043 | 377 | Spotřeba pro přitápění (voda 25 $^{o}$C), vzduchování, osvětlení 24 h /rok 365dní/rok |
| Akvárium 300 l vody | 1992 | 0,053 | 464 | |
| Akvárium 600 l vody | 1992 | 0,115 | 1007 | |

# 3 UŽITÍ ENERGETICKÉHO MANAŽERSTVÍ

Pro praktické užití energetického manažerství stupňů I. a II. je nezbytné:

a) zavést manažerský deník k trvalým záznamům stanovených hodnot,
b) vybrat a zaškolit energetického manažera a vhodně jej motivovat,
c) nechat zpracovat podklady pro provádění energetického manažerství. Tyto podklady zahrnují zejména:
   - metodu manažerství podle místních podmínek. Metoda zahrne sběr údajů, jejich vyhodnocování a jejich využití;
   - podklady pro co nejjednodušší naplňování obsahu manažerství. U stupně II. zpracování vhodného programu pro PC;
   - nutné dovybavení zařízení „hardwarem“.
d) trvale zjišťovat venkovní teploty. K porovnání klimatických údajů lze použit poradenskou příručku ČEA Klimatologie,
e) trvale namátkově ověřovat vnitřní teploty,
f) pravidelně zapisovat naměřené hodnoty a porovnávat je s projektovanou potřebou,
g) vyhodnocovat zjištěné rozdíly potřeba – spotřeba a provádět opatření k jejich odstranění. Zde mohou nastat natolik složité situace, že povinností manažera bude informovat uživatele/vlastníka o zhoršeném provozu zařízení. Vlastní analýzu v takovém případě provede kvalifikovaný odborník,
h) využívat energetické manažerství k motivaci uživatelů cílenou ekonomickou informací.

Základem manažerství je sledování potřeby tepla na vytápění. K tomu se:

⇒ pečlivě zpracuje průběh potřeby tepla na vytápění, přípravu TUV, větrání a technologii v závislosti na venkovní teplotě. Základní datové údaje pro vytápění článkovými otopnými tělesy a velkoplošným způsobem jsou v tabulkách 3.1 až 3.4 a v souvisejících grafech. Potřeba tepla pro ostatní odběry se do křivky ročního trvání doplní podle provozního režimu daného odběru.

⇒ u kotelen na tuhá paliva vypracuje provozní diagram připojení kotlů v závislosti na venkovní teplotě.

Výše uvedené závislosti mohou být v grafické formě (zejména pro rodinné domky a malé budovy) nebo zpracovány do programu pro PC.

Tabulka 3.1

# OTOPNÁ SOUSTAVA S ČLÁNKOVÝMI TĚLESY

## OTOPNÁ SOUSTAVA

$$Q = konst \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_p - t_z)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Q | 101 | kW | tepelná ztráta |
| konstanta | 0,000278 | | |
| m | 4 500 | $dm^3$ | množství vody |
| $c_p$ | 4,116 | kJ/kg.K | měrná tepelná kapacita |
| ρ | 0,98 | $kg/dm^3$ | hustota vody |
| $t_{pN}$ | 90 | °C | jmenovitá teplota přívodní vody |
| $t_{zN}$ | 70 | °C | jmenovitá teplota zpětné vody |
| $t_{pN}$-$t_{zN}$ | 20 | °C | rozdíl jmenovitých teplot |

$$\frac{Q}{Q_N} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N}\right)^n$$

$$\Delta t = \frac{t_p + t_z}{2} - t_i$$

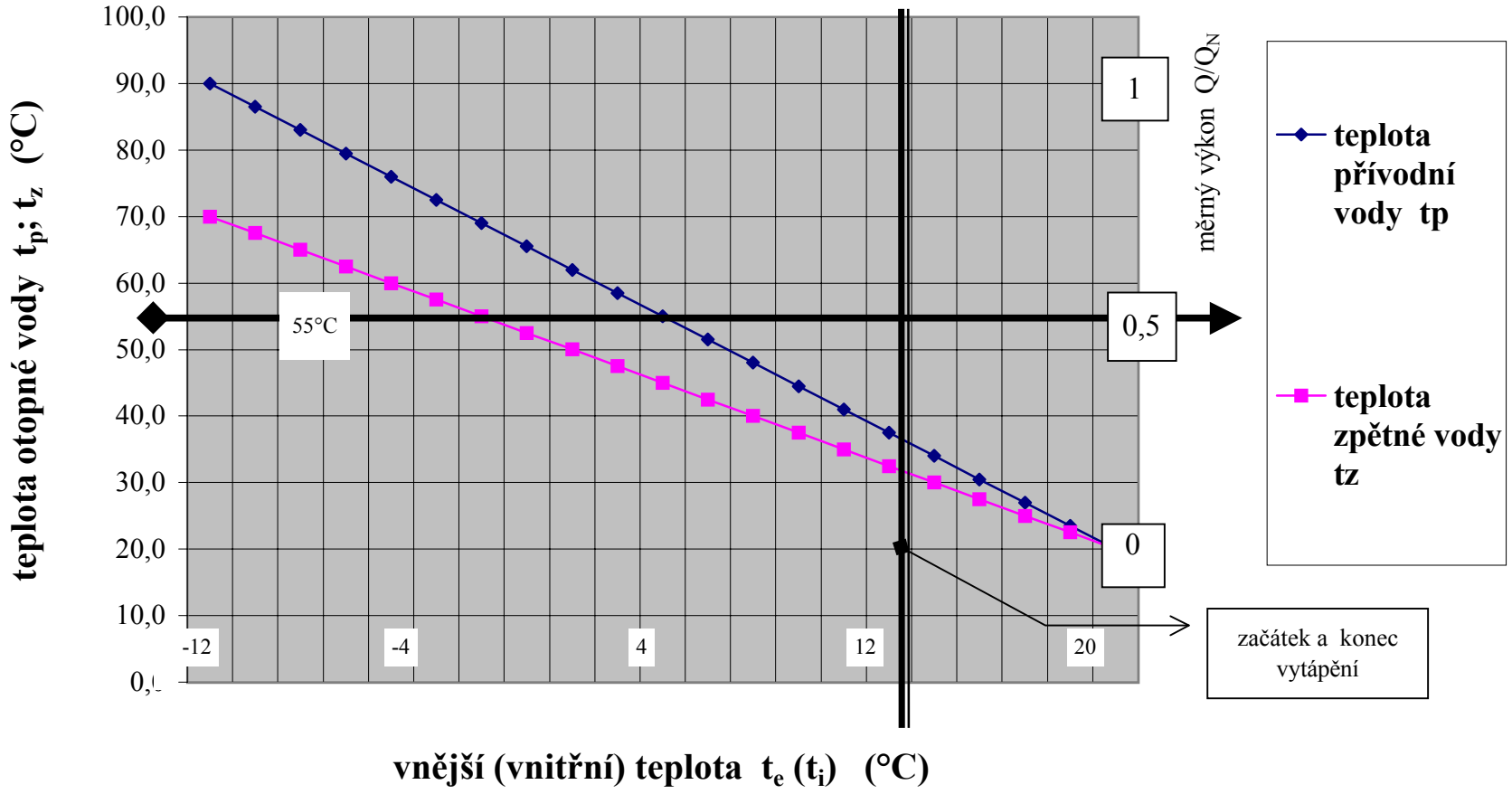
| | | | |
|---|---|---|---|
| Q | výpočet | kW | okamžitý tepelný výkon |
| $Q_N$ | 101 | kW | jmenovitý tepelný výkon |
| Δt | výpočet | °C | teplotní spád okamžitý |
| $\Delta t_N$ | 60 | °C | teplotní spád jmenovitý |
| $t_{pN}+t_{zN}$ | 160 | °C | |
| $(t_{pN}+t_{zN})/2$ | 80 | °C | |
| $t_i$ | 20 | °C | vnitřní teplota |
| $t_e$ | -12 | °C | venkovní oblastní teplota |
| $t_i$-$t_e$ | 32 | °C | rozdíl teplot |
| $1/(t_i-t_e)$ | 0,03125 | 1/°C | |

Tabulka 3.2

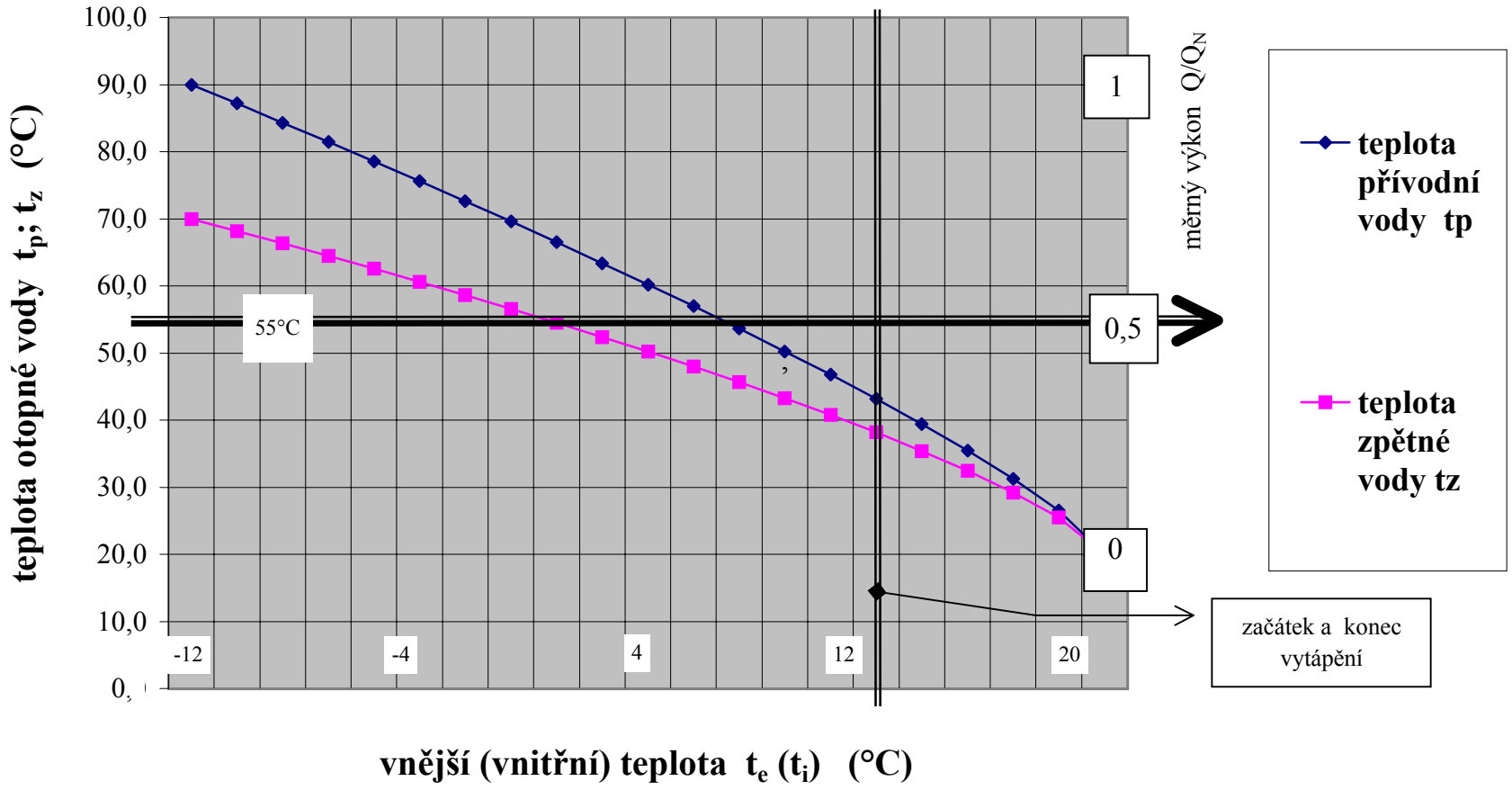
## DATOVÉ ÚDAJE PRO STANOVENÍ OTOPNÝCH KŘIVEK - ČLÁNKOVÁ OTOPNÁ TĚLESA

| $Q_N$ | Q | | $\Delta t_N$ | $\Delta t$ | $(\Delta t)^n$ | n | $\Delta t^n - \Delta t$ | konst*m*$c_p$*ρ | $\Delta t_{NQ}$ | $\Delta t_Q$ | $t_e$ | $t_p$ | $t_z$ | $(t_p+t_z)/2$ | $t_p$ | $t_z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (kW) | (-) | (kW) | K | K | K | (–) | °C | | K | K | °C | °C | °C | K | °C | °C |
| 100,9 | 1,00 | 100,9 | 60 | 60 | 60,0 | 1,3 | 0,0 | 5,04613 | 20,00 | 20,0 | -12,0 | 90,0 | 70,0 | 80,0 | 90,0 | 70,0 |
| | 0,95 | 95,9 | | 57 | 57,7 | | 0,7 | | | 19,0 | -10,4 | 86,5 | 67,5 | 77,7 | 87,2 | 68,2 |
| | 0,90 | 90,8 | | 54 | 55,3 | | 1,3 | | | 18,0 | -8,8 | 83,0 | 65,0 | 75,3 | 84,3 | 66,3 |
| | 0,85 | 85,8 | | 51 | 52,9 | | 1,9 | | | 17,0 | -7,2 | 79,5 | 62,5 | 72,9 | 81,4 | 64,4 |
| | 0,80 | 80,7 | | 48 | 50,5 | | 2,5 | | | 16,0 | -5,6 | 76,0 | 60,0 | 70,5 | 78,5 | 62,5 |
| | 0,75 | 75,7 | | 45 | 48,1 | | 3,1 | | | 15,0 | -4,0 | 72,5 | 57,5 | 68,1 | 75,6 | 60,6 |
| | 0,70 | 70,6 | | 42 | 45,6 | | 3,6 | | | 14,0 | -2,4 | 69,0 | 55,0 | 65,6 | 72,6 | 58,6 |
| | 0,65 | 65,6 | | 39 | 43,1 | | 4,1 | | | 13,0 | -0,8 | 65,5 | 52,5 | 63,1 | 69,6 | 56,6 |
| | 0,60 | 60,6 | | 36 | 40,5 | | 4,5 | | | 12,0 | 0,8 | 62,0 | 50,0 | 60,5 | 66,5 | 54,5 |
| | 0,55 | 55,5 | | 33 | 37,9 | | 4,9 | | | 11,0 | 2,4 | 58,5 | 47,5 | 57,9 | 63,4 | 52,4 |
| | 0,50 | 50,5 | | 30 | 35,2 | | 5,2 | | | 10,0 | 4,0 | 55,0 | 45,0 | 55,2 | 60,2 | 50,2 |
| | 0,45 | 45,4 | | 27 | 32,5 | | 5,5 | | | 9,0 | 5,6 | 51,5 | 42,5 | 52,5 | 57,0 | 48,0 |
| | 0,40 | 40,4 | | 24 | 29,7 | | 5,7 | | | 8,0 | 7,2 | 48,0 | 40,0 | 49,7 | 53,7 | 45,7 |
| | 0,35 | 35,3 | | 21 | 26,8 | | 5,8 | | | 7,0 | 8,8 | 44,5 | 37,5 | 46,8 | 50,3 | 43,3 |
| | 0,30 | 30,3 | | 18 | 23,8 | | 5,8 | | | 6,0 | 10,4 | 41,0 | 35,0 | 43,8 | 46,8 | 40,8 |
| | 0,25 | 25,2 | | 15 | 20,7 | | 5,7 | | | 5,0 | 12,0 | 37,5 | 32,5 | 40,7 | 43,2 | 38,2 |
| | 0,20 | 20,2 | | 12 | 17,4 | | 5,4 | | | 4,0 | 13,6 | 34,0 | 30,0 | 37,4 | 39,4 | 35,4 |
| | 0,15 | 15,1 | | 9 | 13,9 | | 4,9 | | | 3,0 | 15,2 | 30,5 | 27,5 | 33,9 | 35,4 | 32,4 |
| | 0,10 | 10,1 | | 6 | 10,2 | | 4,2 | | | 2,0 | 16,8 | 27,0 | 25,0 | 30,2 | 31,2 | 29,2 |
| | 0,05 | 5,0 | | 3 | 6,0 | | 3,0 | | | 1,0 | 18,4 | 23,5 | 22,5 | 26,0 | 26,5 | 25,5 |
| | 0,00 | 0,0 | | 0 | 0,0 | | 0,0 | | | 0,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |

# OTOPNÉ KŘIVKY - ČLÁNKOVÁ TĚLESA



# OTOPNÉ KŘIVKY - ČLÁNKOVÁ TĚLESA n=1,3



Tabulka 3.3

## VELKOPLOŠNÉ VYTÁPĚNÍ

### OTOPNÁ SOUSTAVA

$$Q = konst \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_p - t_z)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Q | 10,1 | kW | tepelná ztráta |
| konstanta | 0,0002780 | | |
| m | 900 | $dm^3$ | množství vody |
| $c_p$ | 4,116 | kJ/kg.K | měrná tepelná kapacita |
| ρ | 0,98 | $kg/dm^3$ | hustota vody |
| $t_{pN}$ | 45 | °C | jmenovitá teplota přívodní vody |
| $t_{zN}$ | 35 | °C | jmenovitá teplota zpětné vody |
| $t_{pN}$-$t_{zN}$ | 10 | K | rozdíl jmenovitých teplot |

### OTOPNÁ PLOCHA

$$\frac{Q}{Q_N} = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N}\right)^n$$

$$\Delta t = \frac{t_p + t_z}{2} - t_i$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Q | výpočet | kW | okamžitý tepelný výkon |
| $Q_N$ | 10,1 | kW | jmenovitý tepelný výkon |
| Δt | výpočet | K | teplotní spád okamžitý |
| $\Delta t_N$ | 20 | K | teplotní spád jmenovitý |
| $t_{pN}+t_{zN}$ | 80 | K | |
| $(t_{pN}+t_{zN})/2$ | 40 | K | |
| $t_i$ | 20 | °C | vnitřní teplota |
| $t_e$ | -12 | °C | venkovní oblastní teplota |
| $t_i$-$t_e$ | 32 | K | rozdíl teplot |
| $1/(t_i-t_e)$ | 0,031 | 1/°C | |

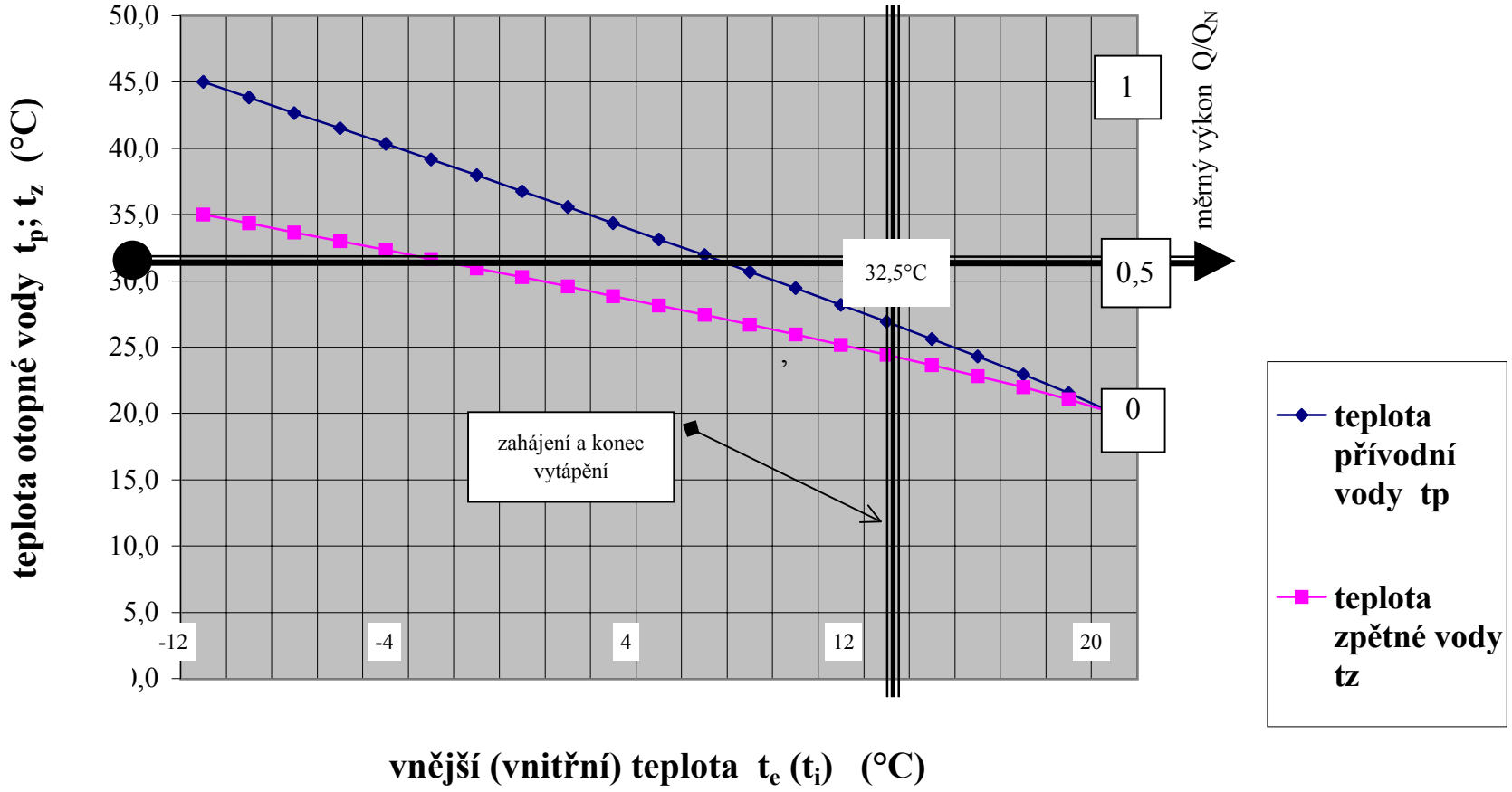
Tabulka 3.4

## DATOVÉ ÚDAJE PRO STANOVENÍ OTOPNÝCH KŘIVEK

| $Q_N$ | Q | | $\Delta t_N$ | $\Delta t$ | $(\Delta t)^n$ | n | $\Delta t^n - \Delta t$ | konst*m*$c_p$*ρ | $\Delta t_{NQ}$ | $\Delta t_Q$ | te | $t_p$ | $t_z$ | | $t_p$ | $t_z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (kW) | (-) | (kW) | K | K | K | (–) | °C | | K | K | °C | °C | °C | K | °C | °C |
| 10,1 | 1,00 | 10,1 | 20 | 20 | 20,0 | 1,1 | 0,0 | 1,00923 | 10,00 | 10,0 | -12,0 | 45,0 | 35,0 | 40,0 | 45,0 | 35,0 |
| | 0,95 | 9,6 | | 19 | 19,1 | | 0,1 | | | 9,5 | -10,4 | 43,8 | 34,3 | 39,1 | 43,8 | 34,3 |
| | 0,90 | 9,1 | | 18 | 18,2 | | 0,2 | | | 9,0 | -8,8 | 42,5 | 33,5 | 38,2 | 42,7 | 33,7 |
| | 0,85 | 8,6 | | 17 | 17,3 | | 0,3 | | | 8,5 | -7,2 | 41,3 | 32,8 | 37,3 | 41,5 | 33,0 |
| | 0,80 | 8,1 | | 16 | 16,3 | | 0,3 | | | 8,0 | -5,6 | 40,0 | 32,0 | 36,3 | 40,3 | 32,3 |
| | 0,75 | 7,6 | | 15 | 15,4 | | 0,4 | | | 7,5 | -4,0 | 38,8 | 31,3 | 35,4 | 39,1 | 31,6 |
| | 0,70 | 7,1 | | 14 | 14,5 | | 0,5 | | | 7,0 | -2,4 | 37,5 | 30,5 | 34,5 | 38,0 | 31,0 |
| | 0,65 | 6,6 | | 13 | 13,5 | | 0,5 | | | 6,5 | -0,8 | 36,3 | 29,8 | 33,5 | 36,8 | 30,3 |
| | 0,60 | 6,1 | | 12 | 12,6 | | 0,6 | | | 6,0 | 0,8 | 35,0 | 29,0 | 32,6 | 35,6 | 29,6 |
| | 0,55 | 5,6 | | 11 | 11,6 | | 0,6 | | | 5,5 | 2,4 | 33,8 | 28,3 | 31,6 | 34,4 | 28,9 |
| | 0,50 | 5,0 | | 10 | 10,7 | | 0,7 | | | 5,0 | 4,0 | 32,5 | 27,5 | 30,7 | 33,2 | 28,2 |
| | 0,45 | 4,5 | | 9 | 9,7 | | 0,7 | | | 4,5 | 5,6 | 31,3 | 26,8 | 29,7 | 31,9 | 27,4 |
| | 0,40 | 4,0 | | 8 | 8,7 | | 0,7 | | | 4,0 | 7,2 | 30,0 | 26,0 | 28,7 | 30,7 | 26,7 |
| | 0,35 | 3,5 | | 7 | 7,7 | | 0,7 | | | 3,5 | 8,8 | 28,8 | 25,3 | 27,7 | 29,5 | 26,0 |
| | 0,30 | 3,0 | | 6 | 6,7 | | 0,7 | | | 3,0 | 10,4 | 27,5 | 24,5 | 26,7 | 28,2 | 25,2 |
| | 0,25 | 2,5 | | 5 | 5,7 | | 0,7 | | | 2,5 | 12,0 | 26,3 | 23,8 | 25,7 | 26,9 | 24,4 |
| | 0,20 | 2,0 | | 4 | 4,6 | | 0,6 | | | 2,0 | 13,6 | 25,0 | 23,0 | 24,6 | 25,6 | 23,6 |
| | 0,15 | 1,5 | | 3 | 3,6 | | 0,6 | | | 1,5 | 15,2 | 23,8 | 22,3 | 23,6 | 24,3 | 22,8 |
| | 0,10 | 1,0 | | 2 | 2,5 | | 0,5 | | | 1,0 | 16,8 | 22,5 | 21,5 | 22,5 | 23,0 | 22,0 |
| | 0,05 | 0,5 | | 1 | 1,3 | | 0,3 | | | 0,5 | 18,4 | 21,3 | 20,8 | 21,3 | 21,6 | 21,1 |
| | 0,00 | 0,0 | | 0 | 0,0 | | 0,0 | | | 0,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |

# OTOPNÉ KŘIVKY - VELKOPLOŠNÉ VYTÁPĚNÍ

## n=1,1



## 3.1 PŘÍKLADY TYPOVÝCH REALIZACÍ

Jsou uvedeny listy se specifikací obsahu energetického manažerství pro:

☺ rodinný domek,
☺ bytový dům s CZT,
☺ bytový dům s kotelnou,
☺ školu s CZT,
☺ školu s kotelnou na tuhá paliva.

Katalogové listy poskytují základní informaci o systému a jsou určeny pro poradenství.

Katalogový list Bytový dům s vytápěním z CZT je doplněn názornou dokumentací podkladů pro uplatnění energetického manažerství II. stupně v Brně Juliánově. Toto manažerství je integrální částí demonstračního projektu energeticky vědomé modernizace panelové budovy a jeho cílem je:

- dokumentovat dosažené úspory energie pro vyhodnocení demo projektu podle smlouvy,
- trvale udržet projektované hodnoty potřeby energie po dobu životnosti opatření,
- vytvořit podklady pro motivaci obyvatel k energeticky vědomému užití bytů.

Je doložena

⇒ tepelná ztráta pro stávající řešení a variantní demo řešení (I. varianta),
⇒ otopná křivka pro článková tělesa (teoretická i reálná s n=1,3 pro respektování druhu otopné plochy),tabulky 3.1, 3.2 a související grafy,
⇒ roční potřeba tepla na vytápění,
⇒ roční potřeba tepla na přípravu TUV,
⇒ roční potřeba tepla na krytí tepelných ztrát potrubí v nevytápěném prostoru.

Na podkladě těchto hodnot se zpracuje program pro PC.

Katalogové listy pro školy jsou zpracovány na podkladě demo projektů:

☺ základní škola Chelčického, Praha 3. Modernizace otopné soustavy zónováním, hydraulickým vyregulováním a TRV. Provoz koksové kotelny podle provozního diagramu připojování kotlů v závislosti na venkovní teplotě. Zaškolení školníka k jednoduchému energetickému manažerství.
Zařízení bylo velmi úspěšně provozováno po dobu 4 let, kdy byla kotelna plynofikována.
☺ základní škola Jeseniova, Praha 3. Energetické manažerství je provozováno specializovanou společností s využitím PC.

Příklady pojednávají vytápění a přípravu TUV.

| **ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ** | RODINNÝ DOMEK |
|---|---|

**Zdroj tepla:**

- kotel na plyn; kotel na elektřinu, kotel na tuhá paliva, otopná soustava, ústřední a místní regulace, uživatelské návyky

**Ohřev užitkové vody:**

- místní nebo ústřední, rozvody, regulace, výtoková místa, uživatelské návyky

**Umělé osvětlení**

- svítidla a světelné zdroje, jejich regulace, uživatelské návyky

**Spotřebiče**

- volba (štítkování), umístění, uživatelské návyky

**Metoda:**

I. stupeň „hlava, tužka, papír“. Vedení manažerského deníku.

**energetický audit – koncepce energetického manažerství**

**Podklady:**

**⇒ měření venkovní teploty a stanovení střední průměrné teploty; nebo**
**⇒ vyriantně nákup změřené střední teploty z hydrometerologické stanice v oblastech tam, kde je tato služba k dizpozici;**
**⇒ měření spotřeby tepla/ energie/ paliva;**
**⇒ kontrolní měření vnitřních teplot ve vybraných místnostech**

**zpracování podkladů a nástrojů pro provádění energetického manažerství a hodnocení zjištěných hodnot**

**Nástroje zpracované pro energetické manažerství:**

**denní potřeba tepla a paliva/energie stanovená pro projektované hodnoty potřeby. Uplatnění PC tam kde je dostupné. Stanoví se zjednodušeným postupem nástrojem připraveným pro energetické manažerství pro vytápění, přípravu TUV, umělé osvětlení, spotřebiče;**

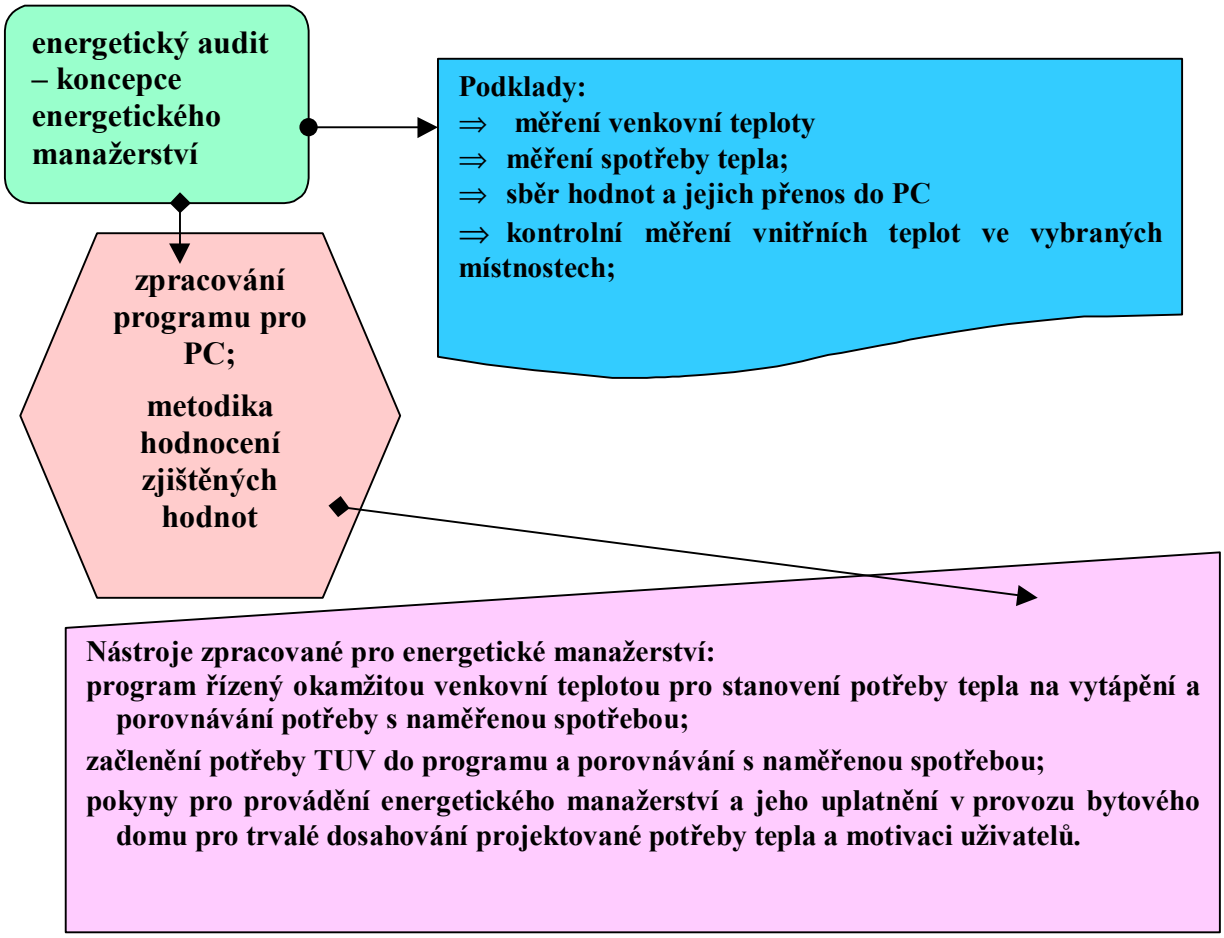
**metody měření potřebných veličin s důrazem na co nejsnadnější provádění ;**

**pokyny pro provádění energetického manažerství a jeho uplatnění v provozu rodinného domku**

**☺ přijímání opatření k odstranění rozdílů mezi projektovanou potřebou a naměřenou spotřebou,**
**☺ motivace k energeticky vědomému provozu všech uživatelů domku**

| **ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ** | BYTOVÝ DŮM |
|---|---|

| |
|---|
| **Otopná soustava:**<br>♦ **CZT**; rozvod s otopnými tělesy, ústřední a místní regulace, uživatelské návyky |
| **Ohřev užitkové vody:**<br>♦ ústřední, rozvody, regulace, výtoková místa, uživatelské návyky |
| **Umělé osvětlení**<br>♦ svítidla a světelné zdroje, jejich regulace, uživatelské návyky |
| **Spotřebiče**<br>♦ volba (štítkování), umístění, uživatelské návyky |
| **Metoda:**<br>II. stupeň „manažer a PC“. Vedení manažerského deníku. |




☺ **přijímání opatření k odstranění rozdílů mezi projektovanou potřebou a naměřenou spotřebou,**
☺ **motivace k energeticky vědomému provozu všech uživatelů domu**

Tabulka 3.5

**MODEL STÁVAJÍCÍHO ŘEŠENÍ A 2 VARIANT ZATEPLENÍ**

Panelový bytový dům řadový; 6 sekcí - Ss B 60

| | | | | | stávající (základní) řešení | | | I. varianta | | | II. varianta | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | plocha stavební-ho dílu | obesta-věný prostor | plocha podlaží | průměrný součinitel prostupu tepla | tepelné ztráty | % z Qc | průměrný součinitel prostupu tepla | tepelné ztráty | % z Qc | průměrný součinitel prostupu tepla | tepelné ztráty | % z Qc |
| | 79 | $m^2$ | $m^3$ | $m^2$ | $W.m^{-2}.K^{-1}$ | kW | | $W.m^{-2}.K^{-1}$ | kW | | $W.m^{-2}.K^{-1}$ | kW | |
| | CELKEM | | 16 876,4 | 6 027,3 | | | | | | | | | |
| 1 | obvodové stěny bez výplní | 1 615,7 | | | 1,5 | 82,7 | 29% | 0,4 | 23,2 | 14% | 0,4 | 23,0 | 16% |
| 2 | otvorové výplně | 727,8 | | | 2,8 | 70,4 | 25% | 2,2 | 55,3 | 35% | 1,6 | 38,4 | 27% |
| 3 | vnitřní svislé a vodorovné konstrukce | 1 691,6 | | | 2,4 | 36,7 | 13% | 1,1 | 16,4 | 10% | 1,1 | 16,2 | 11% |
| 4 | střechy | 995,6 | | | 0,8 | 27,5 | 10% | 0,0 | 0,0 | 0% | 0,0 | 0,0 | 0% |
| 5 | celkem prostupem Qp | | | | | 217,3 | 77% | | 95,0 | 59% | | 77,6 | 54% |
| 6 | infiltrace Qi | | | | | 65,4 | 23% | | 65,4 | 41% | | 65,4 | 46% |
| 7 | celkem Qc | | | | | 282,8 | 100% | | 160,4 | 100% | | 143,1 | 100% |
| | tepelná ztráta budovy | | | | | 100% | | | 57% | | | 51% | |
| | tepelná ztráta na 1 byt v kW | | | | | 3,6 | | | 2,0 | | | 1,8 | |
| | tepelná charakteristika budovy ve $W.m^{-3}.K^{-1}$ | | | | | 0,52 | | | 0,30 | | | 0,26 | |

Poznámka: Jedná se energeticky vědomou modernizaci panelové budovy s nástavbou. Proto je ve variantách nulová ztráta tepla střechou.

Tabulka 3.6

## FORMULÁŘ PRO VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

$$E_v = 24 \cdot Q_c \cdot f_1 \cdot 3{,}6 \cdot \frac{d.(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e}$$

$$E_t = E_v \bullet f_2 \bullet f_3 \bullet f_4 \bullet \frac{1}{\eta_Z \bullet \eta_R}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Místo: | | Zdroj tepla: | |
| Druh budovy: | | Druh paliva: | |
| Stavební soustava: | | | |

| Symbol | Hodnota | Rozměr | Význam |
|---|---|---|---|
| | | | |
| $Q_c$ | *282,8* | kW | Celková tepelná ztráta dle ČSN 06 02 10 s uvažováním korekcí |
| $t_o$ | *13* | °C | Teplota venkovního vzduchu omezující otopné období - tab. 2.1 |
| d | *232* | - | Počet dnů otopného období - tab. 2.1 |
| $t_{is}$ | *19,5* | °C | Průměrná vnitřní teplota 19,5 °C, tab. 2.3 |
| $t_{es}$ | *4* | °C | Průměrná venkovní teplota - tab. 2.1 |
| $t_e$ | *-12* | °C | Výpočtová venkovní teplota - tab 2.1 |
| $f_1$ | *0,9* | - | Koeficient vlivu nesoučasnosti při výpočtu tepelné ztráty |
| $E_v$ | 2 510 411 | MJ/rok | Potřeba tepla na vytápění budovy daná stavební konstrukcí (charakterizuje stavební provedení při uvažování ústřední regulace podle počasí); $E_v = 86{,}4.Q_c.f_1.\{D/(t_{is}-t_e)\}$ |
| $f_2$ | *0,95* | - | Koeficient vlivu tlumeného a přerušovaného vytápění |
| $f_3$ | *1,12* | - | Koeficient vlivu zvýšení vnitřní teploty - tab. 2.4 |
| $f_4$ | *1,05* | - | Koeficient vlivu regulace - tab. 2.5 |
| $\eta_Z$ | *0,82* | - | Účinnost tepelného zdroje - tab. 2.6; |
| $\eta_R$ | *0,92* | - | Účinnost rozvodu otopného média - tab. 2.7 |
| $\eta_V$ | 0,7544 | - | Výsledná účinnost $\eta_V = \eta_Z.\eta_R$ |
| **D** | **3 596** | - | Počet denostupňů $D = d.(t_{is}-t_{es})$ |
| $\mathbf{E_t}$ | **2 804 631** | MJ/rok | Potřeba tepla objektu při uvažování okrajových podmínek regulace otopné soustavy, výše vnitřní teploty a režimu vytápění $E_t = E_v.f_2.f_3.f_4$ |
| | **2 805** | GJ/rok | |
| | **779** | MWh/rok | |
| | **9,2** | MWh/rok.200m$^3$ | |
| $V_n$ | *16 876* | m$^3$ | Obestavěný prostor |
| H | *33,4* | MJ.kg$^{-1}$; MJ.m$^{-3}$ | Výhřevnost paliva - tab. 2.8 |
| $B_t$ | **111 308** | kg; m$^{-3}$ | Potřeba paliva - $B_t = E_t / M.\eta_V$ |

Tabulka 3.7

**FORMULÁŘ PRO VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY A TEPLA NA JEJÍ OHŘEV**

$$E_{TUVohřev} = M_{TUV} \cdot \rho \cdot (t_{TUV} - t_{vs}) \cdot c$$

$$E_{TUVztráta} = E_{TUVohřev} \cdot z_{TUV}$$

$$E_{TUVP} = E_{TUVohřev} + E_{TUVztráta}$$

| | | |
|---|---|---|
| Množství vody teplé 55°C pro l osobu za den v $m^3$ | 0,0844 | $m^3$ |
| | | |
| Počet dnů za rok | 365 | dny |
| Koeficient ročního využití odběru TUV | 0,90 | (-) |
| Počet dnů za rok s odběrem TUV | 328,5 | dny |
| Počet bytů | 79 | byt(ů) |
| Počet osob na byt | 2,7 | osob |
| Celkem osob | 213,3 | osob |
| | | |
| Množství teplé vody za den | 18,003 | $m^3$ |
| Množství teplé vody za rok | 5913,83 | $m^3$ |
| Množství teplé vody 40°C za den | 27,004 | $m^3$ |
| Množství teplé vody 40°C za rok | 8870,74 | $m^3$ |
| Celkové množství studené vody včetně vody nutné k míchání na teplotu 40°C | 8870,74 | $m^3$ |

## Teplá voda - TUV

| | | | |
|---|---|---|---|
| Potřeba tepla na ohřev vody | $E_{TUVohřev} = M_{TUV} . \rho . (t_{TUV} - t_{vs}) . c$ | | |
| | | | |
| množství vody | M | 5 913,83 | $m^3$ |
| teplota ohřáté vody | $t_{TUV}$ | 55 | °C |
| teplota studené vody | $t_{vs}$ | 10 | °C |
| hustota vody | ρ | 1 | $m^3$/kg |
| měrná tepelná kapacita vody | c | 4,2 | kJ/K.kg |
| **Potřeba tepla k ohřátí vody celkem na budovu** | $E_{TUVohřev}$ | **1 117,71** | **GJ/rok** |
| | | **310,48** | **MWh/rok** |
| **Potřeba tepla k ohřátí vody celkem na byt** | $E_{TUVohřev}$ | **14,15** | **GJ/rok** |
| | | **3,93** | **MWh/rok** |
| Potřeba tepla na krytí tepelných ztrát | $E_{TUVztráta} = E_{TUVohřev}.z$ | | |
| poměrná tepelná ztráta | $z_{TUV}$ | 0,5 | (-) |
| **Potřeba tepla ke krytí ztrát tepla celkem na budovu** | $E_{TUVztrát}$ | **558,86** | **GJ/rok** |
| | | **155,24** | **MWh/rok** |
| **Potřeba tepla ke ztrát tepla celkem na byt** | $E_{TUVztrát}$ | **7,07** | **GJ/rok** |
| | | **1,97** | **MWh/rok** |
| **Potřeba tepla celková na budovu** | $E_{TUVP}$ | **1 676,57** | **GJ/rok** |
| | | **465,71** | **MWh/rok** |
| **Potřeba tepla celková na byt na byt** | $E_{TUVP}$ | **21,22** | **GJ/rok** |
| | | **5,90** | **MWh/rok** |
| výhřevnost | H | 33,40 | MJ/$m^3$; MJ/kg |
| účinnost | η | 80% | % |
| **Množství paliva/energie** | $B_{TUV}$ | **62 745,9** | **$m^3$; kg; kWh** |

Tabulka 3.8

## FORMULÁŘ PRO VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY POTRUBÍM

### Tepelná ztráta neizolovaným potrubím

$$Q_B = \pi \cdot d \cdot l \cdot \alpha_e \cdot \Delta t$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Průměr vnějšího potrubí d | 0,0429 | 0,0445 | 0,057 | 0,076 | (m) |
| Součinitel přestupu tepla na vnější straně $\alpha_e$ | 10 | 10 | 10 | 10 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Délka potrubí | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 217,32 | (m) |
| Střední teplota přívodní vody | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | (°C) |
| Střední teplota zpětné vody | 67,5 | 67,5 | 67,5 | 67,5 | (°C) |
| Teplota okolí | 10 | 10 | 10 | 10 | (°C) |
| Rozdíl střední teploty vody a okolí $\Delta t_m$ | 70 | 70 | 70 | 70 | (K) |
| **Tepelná ztráta neizolovaného potrubí** | **0,0094** | **0,0098** | **0,0125** | **36,3029** | **(kW)** |

### Tepelná ztráta izolovaným potrubím Q

$$Q = \pi \cdot (d + 2s) \cdot k_e \cdot l \cdot \Delta t_m$$

$$k_e = \frac{1}{\frac{s_r}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

$$s_r = 0{,}5 \cdot D \cdot \ln \frac{D}{d}$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vnější průměr potrubí d | 0,0429 | 0,0445 | 0,0570 | 0,0760 | (m) |
| Tloušťka tepelné izolace | 0,040 | 0,035 | 0,030 | 0,030 | (m) |
| Délka potrubí | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 217,32 | (m) |
| Vnější průměr tepelné izolace potrubí D | 0,1229 | 0,1145 | 0,117 | 0,136 | (m) |
| Poměr D/d | *2,86* | *2,57* | *2,05* | *1,79* | °C |
| ln D/d | *1,05* | *0,95* | *0,72* | *0,58* | °C |
| rovnocenná tloušťka tepelné izolace $s_r$ | ***0,06*** | ***0,05*** | ***0,04*** | ***0,04*** | (m) |
| Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace $\lambda$ | 0,0400 | 0,0400 | 0,0400 | 0,0400 | ($W.m^{-1}.K^{-1}$) |
| Součinitel přestupu tepla na vnější straně $\alpha_e$ | 10 | 10 | 10 | 10 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Součinitel prostupu tepla izolací $k_e$ | 0,58 | 0,69 | 0,87 | 0,92 | ($W.m^{-2}.K^{-1}$) |
| Jmenovitá teplota přívodní vody | 92,5 | 92,5 | 92,5 | 92,5 | (°C) |
| Jmenovitá střední teplota zpětné vody | 67,5 | 67,5 | 67,5 | 67,5 | (°C) |
| Teplota okolí | 10 | 10 | 10 | 10 | (°C) |
| Jmenovitý rozdíl střední teploty vody a okolí $\Delta t_m$ | 70 | 70 | 70 | 70 | (K) |
| **Tepelná ztráta izolovaného potrubí** | **0,00157** | **0,00173** | **0,00223** | **5,96392** | **(kW)** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Snížení tepelné ztráty** | **0,00786** | **0,00805** | **0,01030** | **30,33895** | **(kW)** |

Tabulka 3.9

**FORMULÁŘ PRO VÝPOČET ROČNÍ ÚSPORY TEPLA TEPELNOU IZOLACÍ POTRUBÍ**

$$P_c = \sum_{j=i}^{j=n} d_j \cdot l_j$$

$$E_{tizolace} = \alpha_e \cdot \pi \cdot P_c \cdot \Delta t_m \cdot \eta_{sk} \cdot \tau$$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Průměr vnějšího potrubí $d_j$ | 0,0429 | 0,0445 | 0,0570 | 0,0760 | (m) |
| Součinitel přestupu tepla na vnější straně $\alpha_e$ | 10 | 10 | 10 | 10 | ($W.m^{-2}.K^{-1)}$ |
| Délka potrubí $l_j$ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 217,32 | (m) |
| Plocha průmětu potrubního rozvodu Pj | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 16,52 | ($m^2$) |
| Plocha průmětu potrubního rozvodu Pj | | | | 16,53 | ($m^2$) |
| Účinnost přenosu tepla potubím $\eta_p$-volba | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | (-) |
| Tloušťka izolace $s_j$ | 0,040 | 0,035 | 0,030 | 0,030 | (m) |
| Přenášený tepelný výkon $Q_p$ | 280 | 280 | 280 | 280 | (kW) |
| Jmenovitá teplota vstupní vody do soustavy | 92,50 | 92,50 | 92,50 | 92,50 | (°C) |
| Jmenovitá teplota zpáteční vody ze soustavy | 67,50 | 67,50 | 67,50 | 67,50 | (°C) |
| Jmenovitá střední teplota vody | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | (°C) |
| Jmenovitá teplota okolí | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | (°C) |
| Jmenovitý rozdíl střední teploty vody a okolí | 70,0 | 70,0 | 70,0 | 70,0 | (K) |
| Účinnost $\eta_j$ | 0,83 | 0,82 | 0,82 | 0,84 | (-) |
| Požadovaná účinnost tepelné izolace $\eta$ | | | | 0,77 | (-) |
| Skutečná účinnost tepelné izolace $\eta_{sk}$ | | | | 0,84 | (-) |
| Střední teplota přívodní vody | 62 | 62 | 62 | 62 | (°C) |
| Střední teplota zpětné vody | 50 | 50 | 50 | 50 | (°C) |
| Teplota okolí | 10 | 10 | 10 | 10 | (°C) |
| Rozdíl stření teploty vody a okolí $\Delta t_m$ | 46 | 46 | 46 | 46 | (K) |
| Počet dnů vytápění | 220 | 220 | 220 | 220 | (dny) |
| Počet hodin vytápění za den | 20 | 20 | 20 | 20 | (hodiny) |
| Počet hodin vytápění za rok | 4400 | 4400 | 4400 | 4400 | (hodiny) |
| **Roční úspora tepla $E_{tizolace}$** | | | | **87,80** | **($MWh.rok^{-1}$)** |
| | | | | **316,08** | **($GJ.rok^{-1}$)** |
| | | | | **1,45** | **($GJ.rok^{-1}.m^{-1}$)** |

| ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ | BYTOVÝ DŮM |
|---|---|

**Otopná soustava:**

- **plynová kotelna**; rozvod s otopnými tělesy, ústřední a místní regulace, uživatelské návyky

**Ohřev užitkové vody:**

- ústřední, rozvody, regulace, výtoková místa, uživatelské návyky

**Umělé osvětlení**

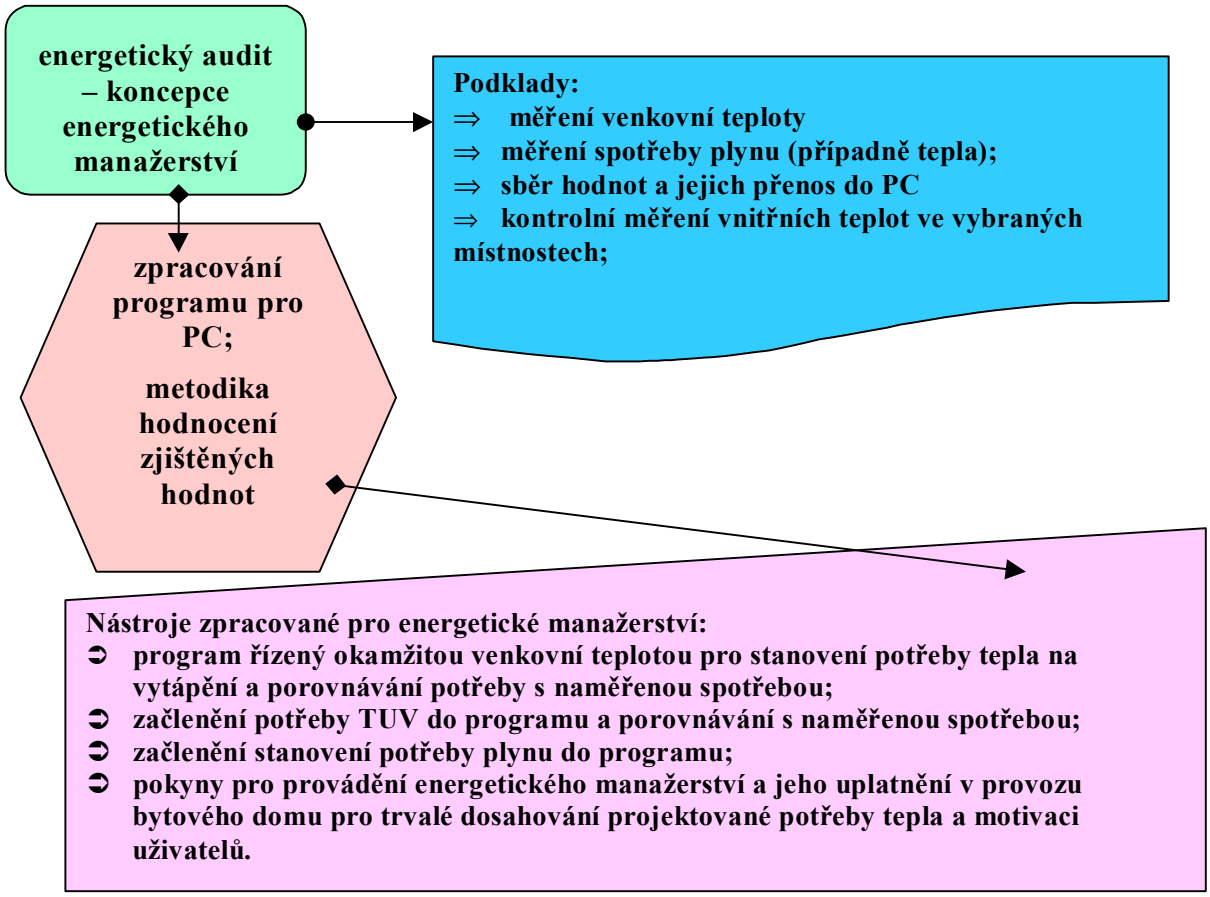
- svítidla a světelné zdroje, jejich regulace, uživatelské návyky

**Spotřebiče**

- volba (štítkování), umístění, uživatelské návyky

**Metoda:**

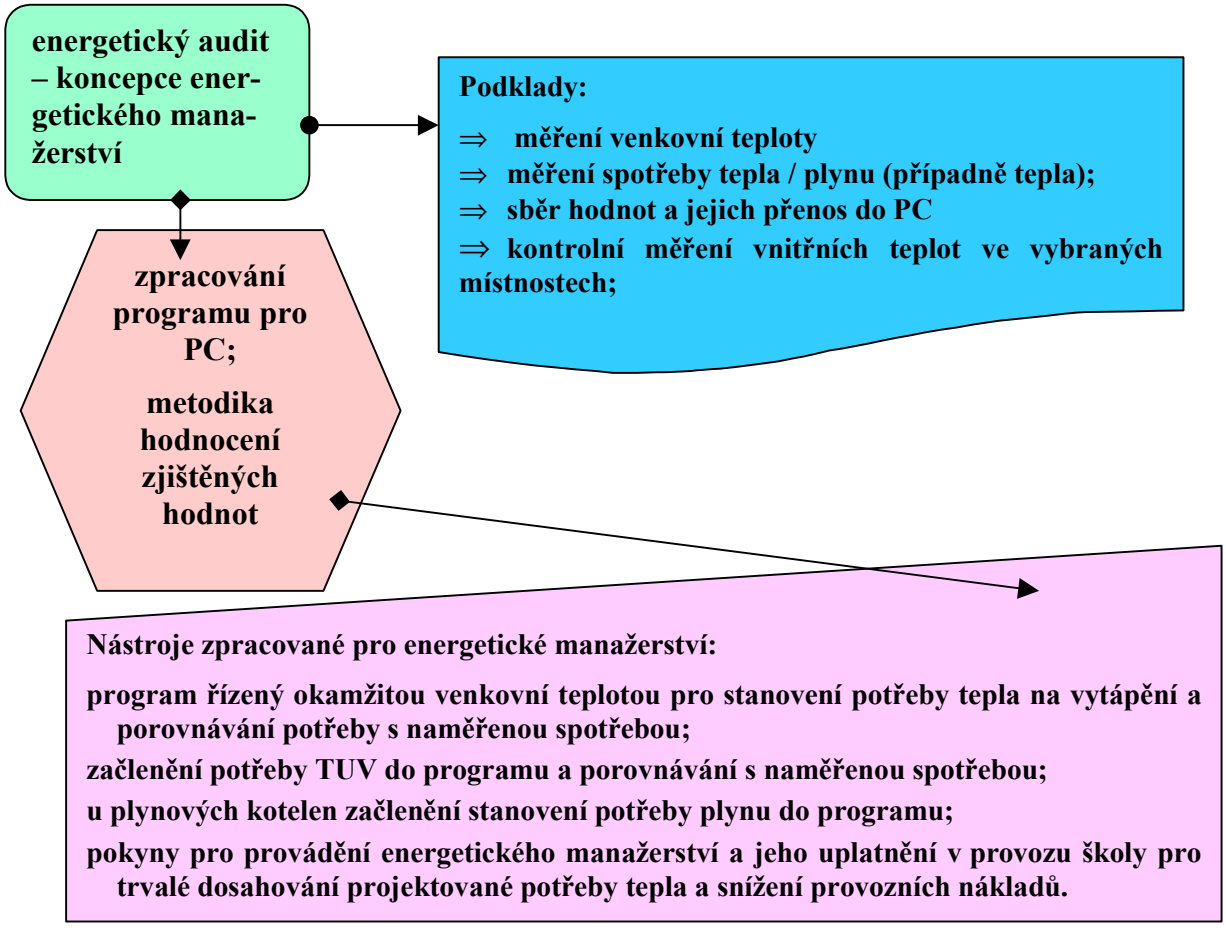
II. stupeň „manažer a PC“. Vedení manažerského deníku




☺ **přijímání opatření k odstranění rozdílů mezi projektovanou potřebou a naměřenou spotřebou,**

☺ **motivace k energeticky vědomému provozu všech uživatelů domu**

| ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ | ŠKOLA |
|---|---|
| **Otopná soustava:**<br>♦ **CZT/plynová kotelna**; rozvod s otopnými tělesy, ústřední a místní regulace, provozní režim, uživatelské návyky | |
| **Ohřev užitkové vody:**<br>♦ ústřední, rozvody, regulace, výtoková místa, uživatelské návyky | |
| **Umělé osvětlení**<br>♦ svítidla a světelné zdroje, jejich regulace, uživatelské návyky | |
| **Spotřebiče**<br>♦ volba, umístění, provozní režim | |
| **Metoda:**<br>II. stupeň „manažer a PC“. Vedení manažerského deníku. | |




**☺ přijímání opatření k odstranění rozdílů mezi projektovanou potřebou a naměřenou spotřebou,**
**☺ motivace k energeticky vědomému provozu všech uživatelů školy**

| ENERGETICKÉ MANAŽERSTVÍ | ŠKOLA |
|---|---|
| **Otopná soustava:**<br>♦ **kotelna na tuhá paliva**; rozvod s otopnými tělesy, ústřední a místní regulace, provozní režim, uživatelské návyky | |
| **Ohřev užitkové vody:**<br>♦ ústřední, rozvody, regulace, výtoková místa, uživatelské návyky | |
| **Umělé osvětlení**<br>♦ svítidla a světelné zdroje, jejich regulace, uživatelské návyky | |
| **Spotřebiče**<br>♦ volba, umístění, provozní režim | |
| **Metoda:**<br>I. stupeň „hlava, tužka, papír“ s uplatněním PC pro záznamy. Vedení manažerského deníku. | |

**energetický audit – koncepce energetického manažerství**

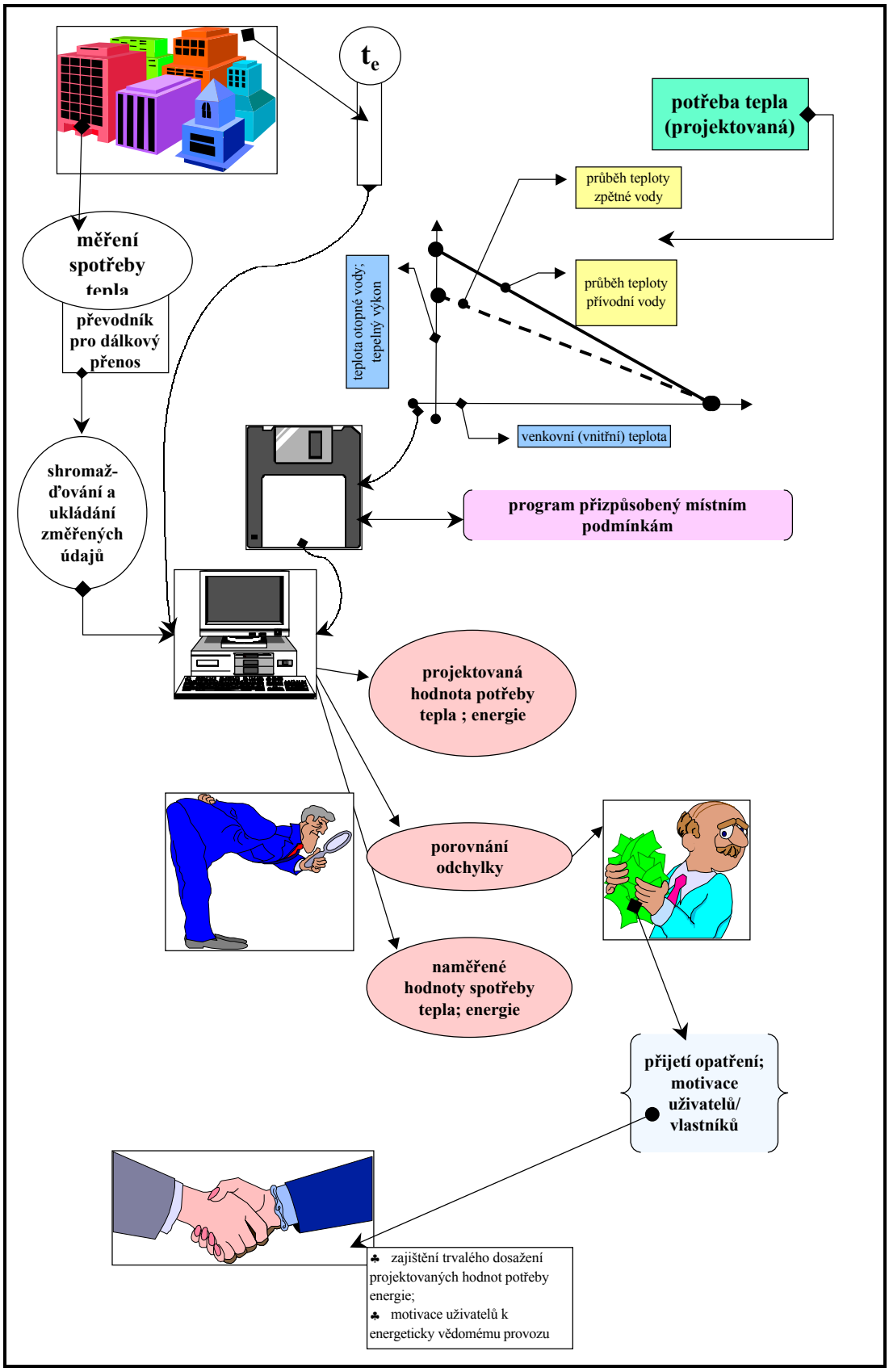
**Podklady:**
⇒ **měření venkovní teploty a stanovení denní střední teploty**
⇒ **měření spotřeby tepla;**
⇒ **záznam hodnot do deníku;**
⇒ **kontrolní měření vnitřních teplot ve vybraných místnostech;**

**zpracování podkladů pro provoz kotelny;**

**metodika hodnocení zjištěných hodnot**

**Nástroje zpracované pro energetické manažerství:**
- ➲ **závislost výkonu kotelny na venkovní teplotě. Členění provozního výkonu na instalované kotle tak, aby bal zřejmý minimální počet kotlů v provozu pro danou venkovní teplotu;**
- ➲ **začlenění potřeby TUV;**
- ➲ **postup pro stanovení spáleného tuhého paliva;**
- ➲ **pokyny pro provádění energetického manažerství a jeho uplatnění v provozu školy pro trvalé dosahování projektované potřeby tepla a snížení provozních nákladů.**

☺ **přijímání opatření k odstranění rozdílů mezi projektovanou potřebou a naměřenou spotřebou,**
☺ **motivace k energeticky vědomému provozu všech uživatelů školy**




Obrázek 3.4 Schéma energetického manažerství II. stupně