

1. PŘEDNÁŠKA

Potřeby tepla pro člověka, způsoby vytápění a zdroje tepla

Ing. Josef Karafiát, CSc.

1.1 Sdílení tepla mezi člověkem a okolím

Z hlediska tepelné techniky se lidské tělo chová jako generátor a výměník tepla

Při látkových přeměnách v lidském těle se uvolňuje tepelná energie, jejíž množství závisí především na intenzitě fyzické činnosti a na hmotnosti těla.

<i>Průměrná produkce tepla dospělého člověka o hmotnosti 75 kg při různých fyzických činnostech.</i>	
Činnost člověka o hmotnosti 75 kg	Produkce tepla [W]
Spánek	90
Odpočinek v sedě	120
Chůze	300
Běh	750
Lehká fyzická práce	150
Středně těžká fyzická práce	300
Velmi těžká fyzická práce	500

Stav tepelné rovnováhy, při němž může mít člověk pocit tepelné pohody lze docílit odváděním právě produkovaného tepla z povrchu těla.

To se děje vedením (kondukcí), prouděním (konvencí), sáláním (radiací), vypařováním vody (potu) a dýcháním.

Stav tepelné rovnováhy člověka lze obecně vyjádřit rovnicí :

$$Q_{pr} = Q_v + Q_p + Q_s + Q_o + Q_d \quad [W]$$

Kde : Q_{pr} – teplo produkované člověkem při určité činnosti

Q_v – teplo odváděné z povrchu těla vedením

Q_p – teplo odváděné z povrchu těla prouděním

Q_s – teplo odváděné z povrchu těla sáláním

Q_o – teplo odváděné z povrchu těla odparem potu

Q_d – teplo odváděné dýcháním

Teplo odváděné z povrchu těla bude záviset zejména na tepelném odporu (tepelné izolaci tvořené zpravidla oděvem) a na teplotní diferencí (venkovní teplotě) mezi povrchem těla a okolním prostředím.

<i>Tepelný odpor různých druhů oděvů</i>	
Druh oděvu	Tepelný odpor [m².K.W⁻¹]
Nahé tělo	0
Lehký letní oděv	0,08
Normální společenský oděv	0,15
Kompletní zimní oblečení	0,33

<i>Příklad průměrných měsíčních teplot ve vybraných městech ČR</i>						
Místo	Praha	České Bud.	Liberec	Hradec Kr.	Brno	ČR
Měsíc	t [°C]	t [°C]	t [°C]	t [°C]	t [°C]	t [°C]
Leden	-2,7	-2,3	-3,0	-2,5	-2,7	-3,4
Únor	-1,4	-0,9	-1,8	-0,9	-0,8	-1,6
Březen	2,2	2,5	1,3	2,6	2,9	2,0
Duben	7,8	8,0	6,7	8,3	8,9	7,9
Květen	12,5	12,6	11,5	13,0	13,7	12,7
Červen	16,2	16,2	15,2	16,7	17,2	16,3
Červenec	17,8	17,7	16,6	18,2	18,7	17,9
Srpen	17,1	16,9	15,8	17,4	18,0	17,1
Září	13,4	13,2	12,4	13,7	14,1	13,3
Říjen	8,2	8,1	8,0	8,7	8,8	8,2
Listopad	3,1	3,5	3,1	3,9	4,0	3,4
Prosinec	-0,8	-0,6	-1,0	-0,2	-0,4	-1,0
ROK	7,8	7,9	7,1	8,3	8,6	7,8

Vnitřní teplotu těla je potřeba neustále udržovat na hodnotách 36,5 až 36,9 °C. Této vnitřní teplotě odpovídá povrchová teplota těla asi 33 °C. Při odpočinku nebo lehké fyzické práci v lehkém oblečení nastane tepelná rovnováha při teplotě okolí asi 22 °C.

1.2. Význam vnitřního klimatu pro člověka

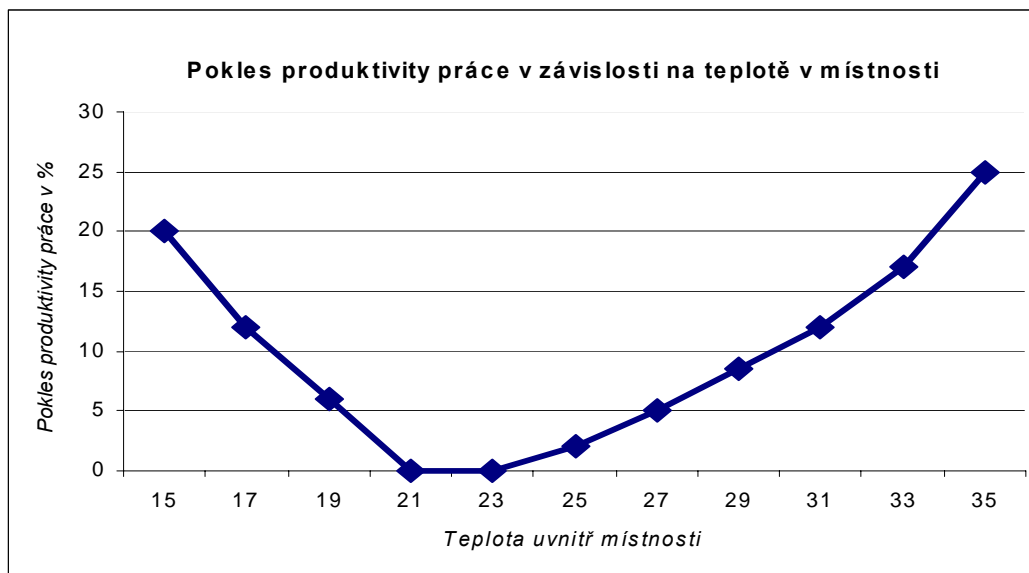
Člověk se v minulosti oddělil od přírody, začal přírodní zdroje využívat ke svému prospěchu a pohodlí a dnes se již v podstatě nedokáže do přírodních podmínek vrátit. Musí si zajišťovat „umělá“ obydlí s „umělým“ klimatem taková, která zajistí jeho pohodu, zdraví a která udrží produktivitu práce.

Nejvýznamnějšími faktory vnitřního prostředí ovlivňujícími zdraví, produktivitu a pohodu člověka jsou :

- Teplota v místnosti (teplota vzduchu a teplota okolních stěn a oken)
- Prašnost vzduchu (prachové a vláknité částice)
- Kontaminace vzduchu mikroorganismy (pyly, alergeny, bakterie, viry)
- Chemické částice ve vzduchu (ze stavebních materiálů, z čistících prostředků)
- Osvětlení (kvalita a intenzita)
- Akustika prostředí (intenzita zvuku, hlukové pozadí)

Při vnitřní teplotě na pracovišti vyšší jak 23°C v zimě vzrůstá únavový symptom, zhoršuje se kvalita vzduchu a rostou stížnosti na jeho suchost, při teplotě nižší jak 21°C klesá citlivost prstů a pomalu i výkonnost práce.

Naopak, při teplotách vnitřního prostředí vyšších jak 25°C v letním období produktivita práce prudce klesá a roste pravděpodobnost infarktů.



Při požadované vnitřní teplotě 20 až 22°C a průměrných teplotách venkovního vzduchu v našich klimatických podmínkách je zřejmé, že po větší část roku je třeba buď vytápět vnitřní prostor (tedy vzduch), nebo vytápět stěny (podlahy), nebo zajistit tepelnou pohodu obojím účinkem.

1.3. Rozsah potřeb tepla

Potřeby tepla pro objekty se skládají z potřeb tepla pro :

- Vytápění
- Přípravu TUV
- Technologie

Potřebu tepla (tepelného výkonu) pro vytápění lze určit podle vztahu :

$$Q_{\text{vyt}} = Q_p + Q_v - Q_o - Q_u \quad [\text{W}]$$

Kde : Q_{vyt} celková potřeba tepla pro vytápění [W]
 Q_p tepelné ztráty prostupem tepla [W]
 Q_v tepelné ztráty větráním [W]
 Q_o tepelné zisky z oslunění [W]
 Q_u tepelné zisky z činností uvnitř objektu [W]

Tepelné ztráty prostupem tepla se stanoví jako :

$$Q_p = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

Kde : Q_p tepelné ztráty prostupem tepla [W]
 U součinitel prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
 S ochlazovaná plocha konstrukce [m^2]
 t_e Výpočtová vnější (externí) teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$ nebo K]
 t_i Výpočtová vnitřní (interní) teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$ nebo K]

Součinitel prostupu tepla je převrácená hodnota tepelného odporu, respektive součtu tepelných odporů vrstev a tepelných odporů přestupu tepla mezi vrstvami. Hodnoty maximálních přípustných součinitelů prostupu tepla (minimálních tepelných odporů) jsou dány normou pro různé typy obvodových konstrukcí.

Požadované hodnoty U dle normy	W . m-2 . K-1
Otvorové výplně (okna dveře)	1,8
Obvodové stěny	0,3
Podlahy a stěny přiléhající k zemině	0,6
Stropy pod střechami nebo nevytápěnými půdami	0,3
Hodnoty U vybraných konstrukcí	W . m ⁻² . K ⁻¹
Okna (dveře) kovová s jednoduchým sklem	5,7
Okna (dveře) dřevěná nebo plastová s dvojsklem	2,5
Okna (dveře) s izolačním dvojsklem a selektivní vrstvou	1,8

Výpočtová vnější teploty t_e jsou dány normou ČSN 38 3350

Příklady výpočtových venkovních teplot	
Lokalita	Výpočtová teplota [°C]
Liberec	- 18
Český Krumlov	- 18
Karlovy Vary	- 15
Ostrava	- 15
České Budějovice	- 15
Praha	- 12
Brno	- 12
Pardubice	- 12

Výpočtové vnitřní teploty t_i jsou dány normou ČSN 06 0210

Příklady vnitřních výpočtových teplot	
Druh vytápěné místnosti	Výpočtová teplota [°C]
Plavecká hala	+28
Koupelny a sprchy	+ 24
Ordinace v nemocnicích	+ 24
Obytné místnosti, učebny, kanceláře	+ 20
Prodejny, dílny, noclehárny	+ 18
Tělocvičny, chodby, záchody	+ 15

Tepelné ztráty větráním a infiltrací vzduchu se spočtou podle vztahu :

$$Q_v = c \cdot V \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

- kde :
- Q_v tepelné ztráty větráním tepla [W]
 - c objemová tepelná kapacita vzduchu [obvykle $1300 \text{ J.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$]
 - V objemový tok větracího vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 - t_e Výpočtová vnější (externí) teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$ nebo K]
 - t_i Výpočtová vnitřní (interní) teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$ nebo K]

Průchod vzduchu stavebními materiály a konstrukcemi je důležitým jevem zejména u oken, kde zabezpečuje přívod vzduchu do místností. U obytných místností je předepsána výměna vzduchu 0,5 krát za hodinu a z hygienického hlediska je ještě přípustná výměna 0,3 krát za hodinu.

V ložnicích se vyžaduje minimální výměna vzduchu $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na osobu, v kuchyních, koupelnách a WC minimálně $40 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Množství vzduchu pronikající větracími spárami závisí samozřejmě na velikosti (ploše) spáry a na účinném rozdílu tlaků vzduchu před a za spárou.

Při výpočtech objemových toků větracího vzduchu se pracuje s tzv. charakteristickými čísly budovy „B“, která závisí na rychlosti větru a poloze budov vzhledem ke krajině.

Tepelné zisky z oslunění, respektive zisky sluneční radiací okny se počítají podle vztahu :

$$Q_o = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_c - S_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot s_o \quad [\text{W}]$$

- kde :
- Q_o - Tepelný zisk z oslunění [W]
 - S_{os} - Osluněná plocha [m^2]
 - I_o - Celková intenzita sluneční radiace [W.m^{-2}]
 - c_o - Korekční součinitel na čistotu atmosféry [-]
 - S_c - Celková plocha okna (osluněná i neosluněná [m^2])
 - I_{odif} - Intenzita difúzní sluneční radiace [W.m^{-2}]
 - s_o - Stínící součinitel [-]

Intenzity sluneční radiace, korekční součinitele a stínící součinitele pro různé typy, situování a provedení oken je možno vyhledat v odborné literatuře.

Tepelné zisky z provozu uvnitř budovy jsou tvořeny zejména tepelnými zisky z pobytu osob, z provozu osvětlovacích soustav a z technologie, což mohou být elektrická topná tělesa (varné konve, sporáky, myčky, pračky atd.) nebo elektrické pohony (ventilátorů, čerpadel, kopírek, výtahů, atd.).

Celkový tepelný zisk z provozu uvnitř budovy se určí podle vztahu :

$$Q_u = c \cdot \Sigma Q_{ui} \quad [W]$$

kde : Q_u - Celkový tepelný zisk z provozu uvnitř budovy [W]
 c - Činitel soudobosti [-]
 ΣQ_{ui} - Součet všech dílčích vnitřních tep. zisků (osoby, osvětlení, pohony, atd.) [W]

Potřebu tepla pro přípravu TUV určíme podle vztahu :

$$E_o = n_p \cdot (1 + z) \cdot c \cdot V \cdot (t_2 - t_1) \quad [J]$$

kde : E_o - Celková potřeba tepla pro ohřev TUV [J]
 n_p - Počet period ohřevu a odběru TUV za dané časové období [-]
 z - Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TUV [-]
 c - Měrná tepelná kapacita vody [4,2 kJ . kg⁻¹ . K⁻¹]
 V - Spotřeba TUV v jedné periodě [kg nebo dm³]
 t_2 - teplota ohřáté vody [°C nebo K]
 t_1 - teplota studené vody [°C nebo K]

Hodnota poměrné ztráty tepla „z“ u nových zařízení má být :

$z < 0,5$ pro domovní ohřev
 $z < 1,0$ u okrskového ohřevu

Maximální teplota ohřáté vody bude $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ (dáno hygienickou normou)
 Teplota doplňované (studené) vody $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ (obvyklá teplota ve vodovodech)

Charakteristiky výtoků z baterií TUV					
Parametr	jednotka	umyvadlo	dřez	sprcha	vana
Teplota na výtoku	°C	40	55	40	40
Průtok vody	kg(dm ³)/s	0,06	0,08	0,095	0,2
Tepelný výkon přítoku	kW	8	15	12	25

Potřeba TUV o teplotě 55 °C			
Činnost	Doba dávky [s]	Objem dávky [kg]	Teplo v dávce [MJ]
Mytí rukou	50	2	0,44
Sprchování	400	25	4,7
Koupání ve vaně	610	80	15,1

Typická spotřeba TUV pro 1 osobu a 1 den v bytovém objektu					
Parametr	jednotka	umyvadlo	dřez	sprcha	vana
Počet dávek	-	3,0	0,8	1,0	0,30
Objem dávek	dm ³	6	2	25	24
Teplo v dávkách	MJ	1,3	0,4	4,7	4,5
Součet objemu dávek	dm ³	57			
Součet tepla v dávkách	MJ	10,9			

Tepelný výkon zařízení pro ohřev (přípravu TUV) bude záležet na kapacitách akumulčních nádrží a na soudobosti. V případě průtokových rychloohřevů pro jeden byt bude odpovídat tepelnému výkonu největšího spotřebiče (napouštění vany – 25 kW/byt), v případě použití akumulčního zásobníku bude odpovídat denní spotřebě dělené dobou ohřevu (např. při 8 hodinách a 4 osobách v bytě – 1,5 kW/byt), v případě centrálního ohřevu s akumulací pro bytové domy se navíc projeví koeficient soudobosti.

Koeficient soudobosti pro odběr TUV v bytových domech			
Počet bytů	10	50	100
Koeficient soudobosti	0,85	0,41	0,28

Potřeby tepla pro technologie jsou zpravidla tvořeny potřebami pro :

- Sušení, sterilizaci a konzervaci v potravinářském průmyslu
- Praní, žehlení a barvení v textilním průmyslu a v e sféře služeb
- Předehřev lázní, odmašťování a čištění ve strojírenském průmyslu
- Napařování, ohýbání a tvrzení v dřevozpracujícím průmyslu
- Tavení, odpařování a slučování v chemickém průmyslu
- Sterilizaci, ohřev lázní, atd. v nemocnicích a lázních
- Vlhčení vzduchu v klimatizačních jednotkách, atd.

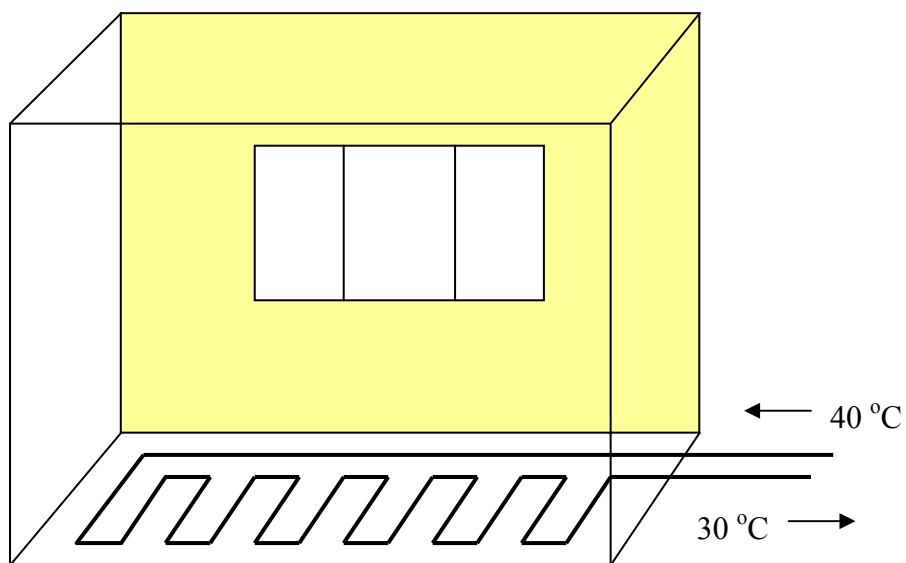
Tyto potřeby jsou vždy individuální a záleží na typu odběratele a způsobu jeho provozu (nepřerušovaný, na dvě směny), zpravidla nezáleží na ročním období.

1.4. Způsoby vytápění a ohřevu TUV v objektech

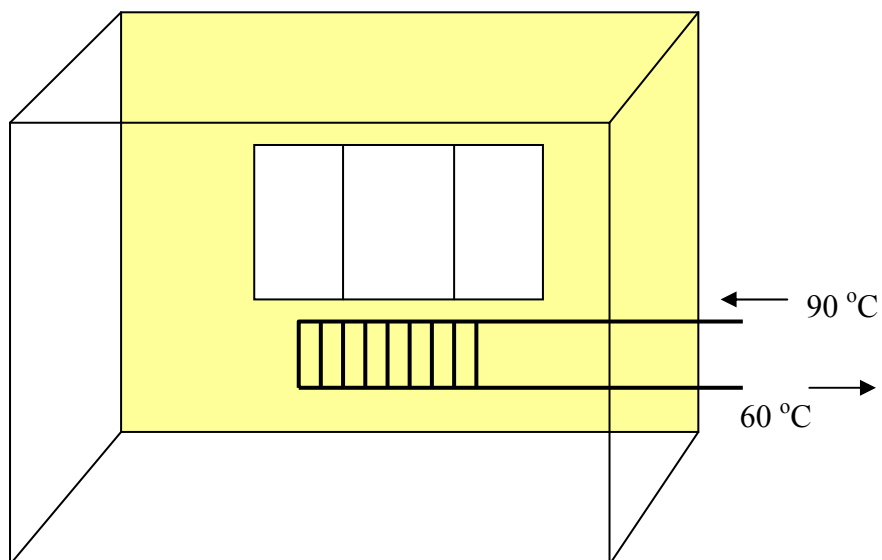
Tepelnou pohodu v průběhu zimního období lze uvnitř objektů zajistit :

- Vytápěním obvodového pláště (podlah, nebo stěn)
- Vytápěním vnitřních prostor (ohřev vzduchu v místnostech)
- Přívodem ohřátého vzduchu (v klimatizovaných objektech)
- Kombinací některých z uvedených způsobů

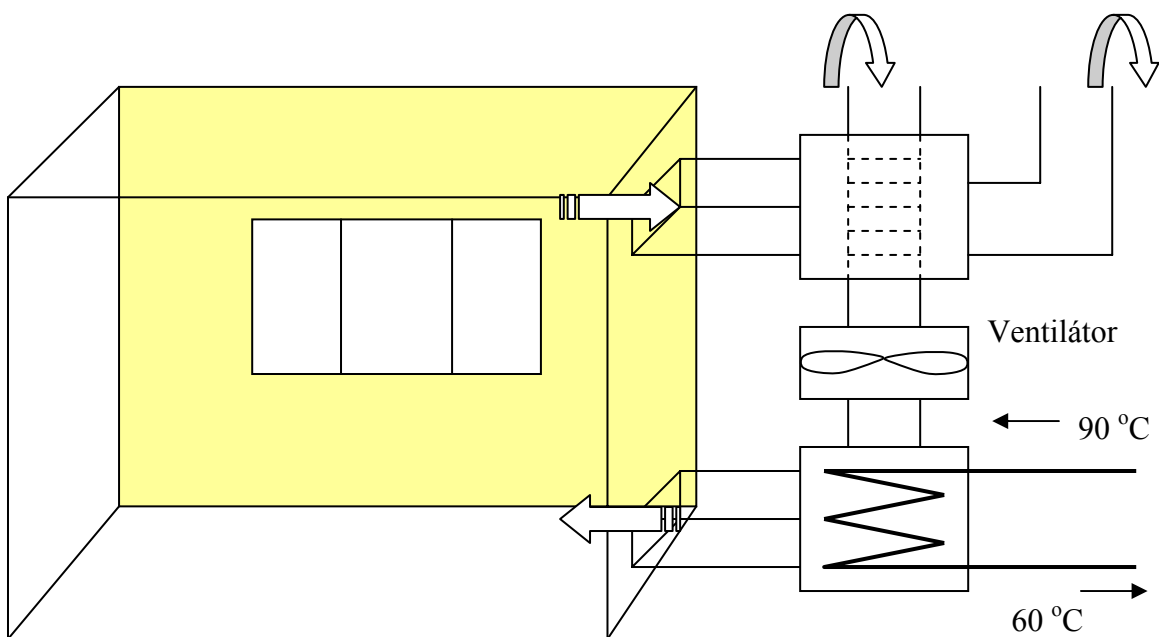
Vytápění obvodového pláště – **podlahové topení**



Vytápění vnitřních prostor – **otopná tělesa** (radiátory, články)



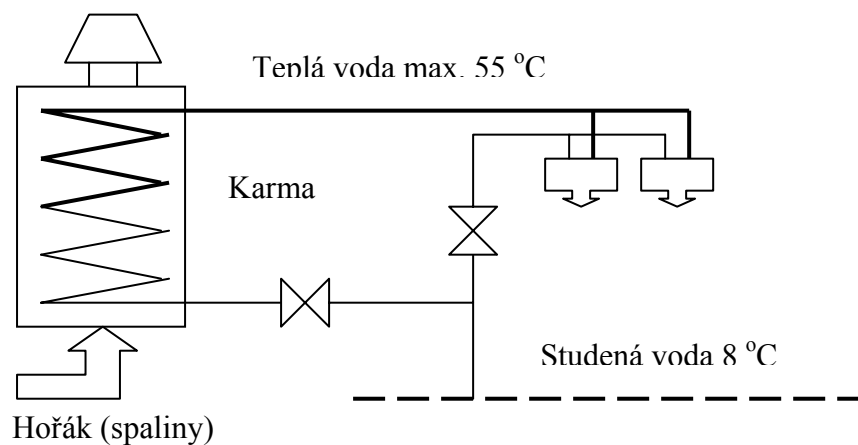
Vytápění přívodem ohřátého vzduchu – **teplovzdušné vytápění** (vzduchotechnika, klimatizace)



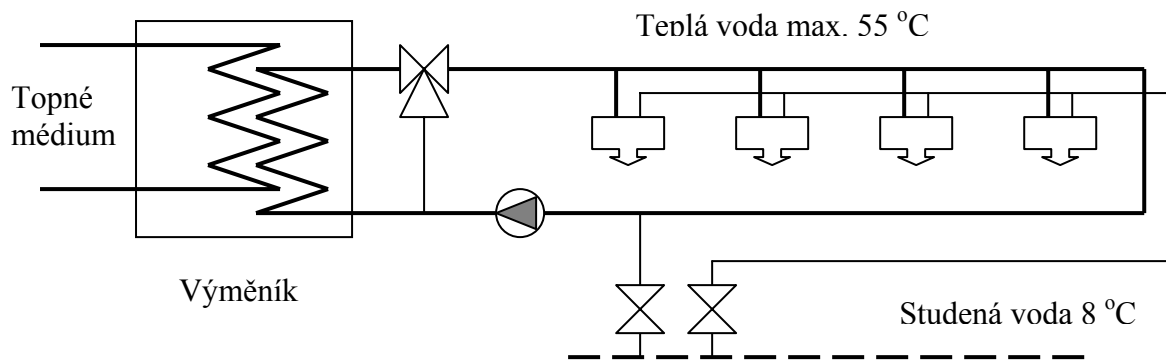
Přípravu teplé užitkové vody lze zajistit pomocí :

- Průtočného přímého ohřevu
- Cirkulačního přímého ohřevu (rychloohřev)
- Akumulačního ohřevu (boilery)
- Akumulačního ohřevu s cirkulací

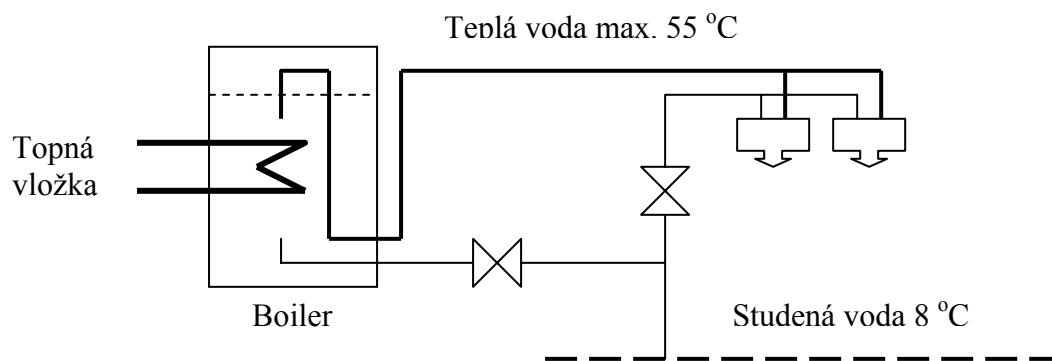
Průtočný přímý ohřev



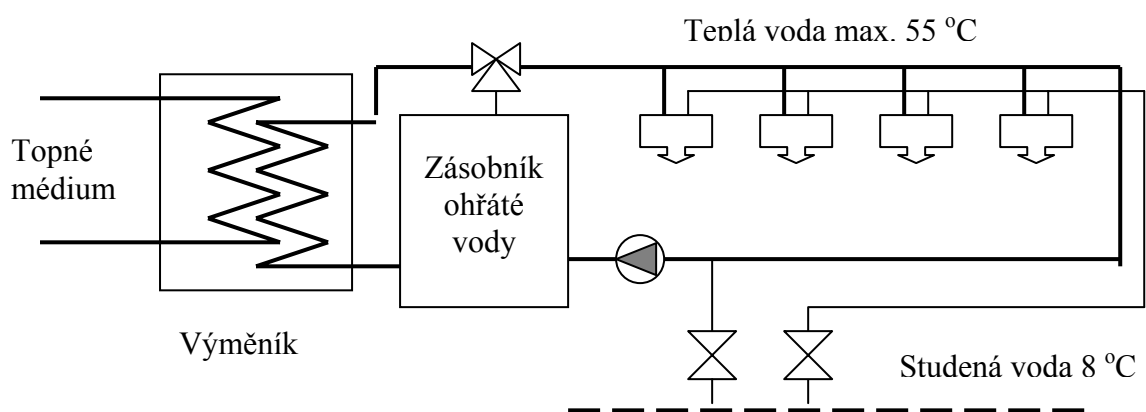
Cirkulační přímý ohřev



Akumulační ohřev



Akumulačního ohřev s cirkulací

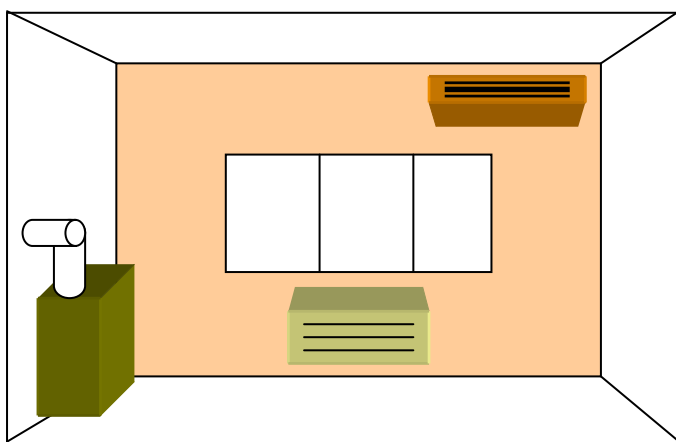


1.5. Zdroje tepla

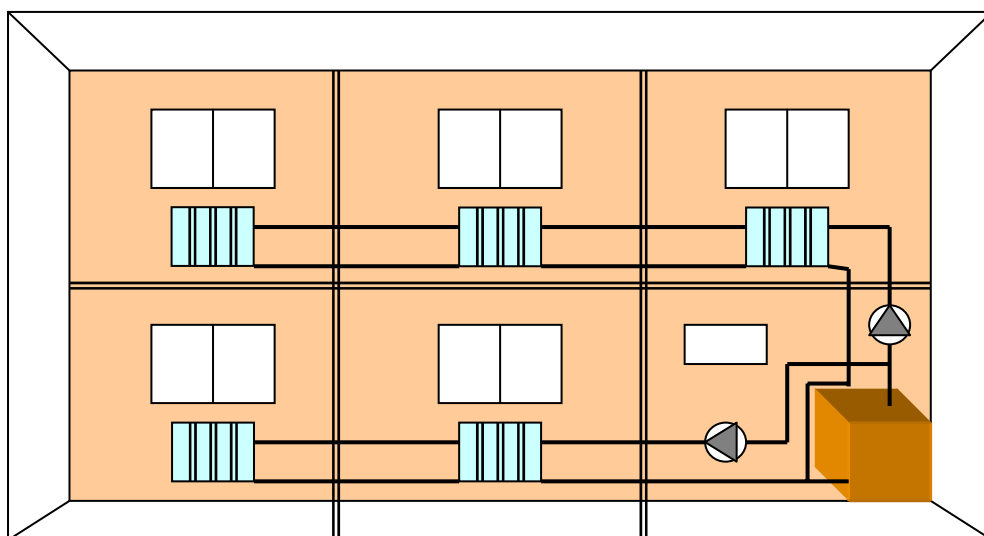
Zdroje tepla lze rozdělit na zdroje :

- Lokální
- Objektové (domovní)
- Okrskové
- Centrální (dálkové)

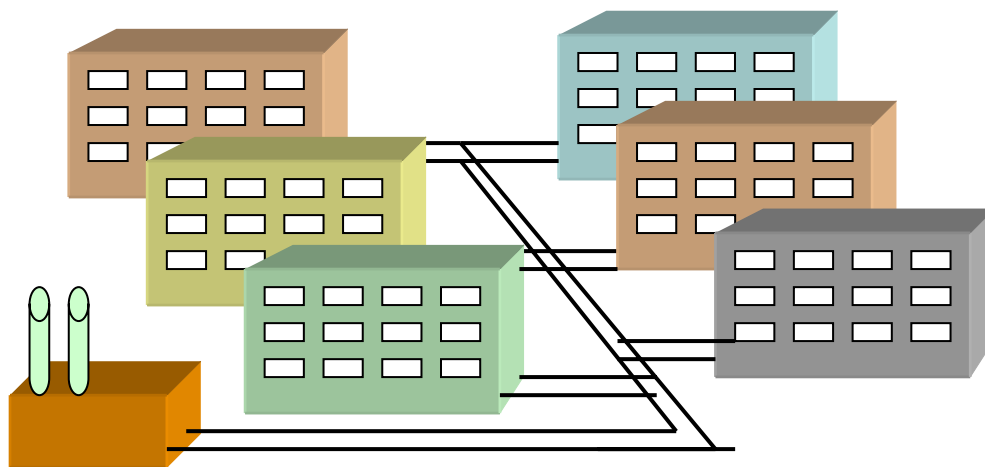
Lokální zdroje tepla



Objektové zdroje tepla



Okrskové zdroje tepla



Centrální (dálkové) zdroje tepla

