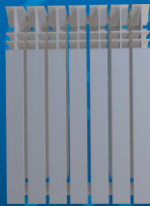


125 TBA1 Vytápění 5



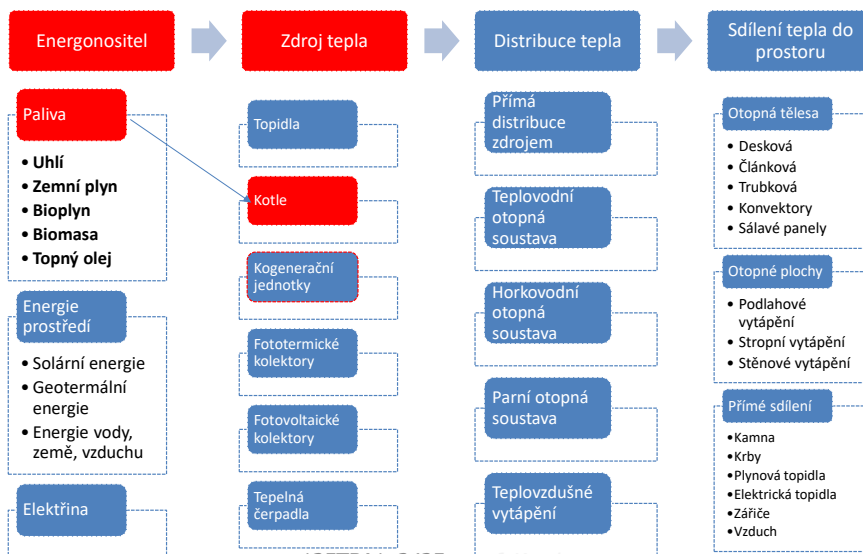
prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

185



187

Výroba tepla spalováním paliv

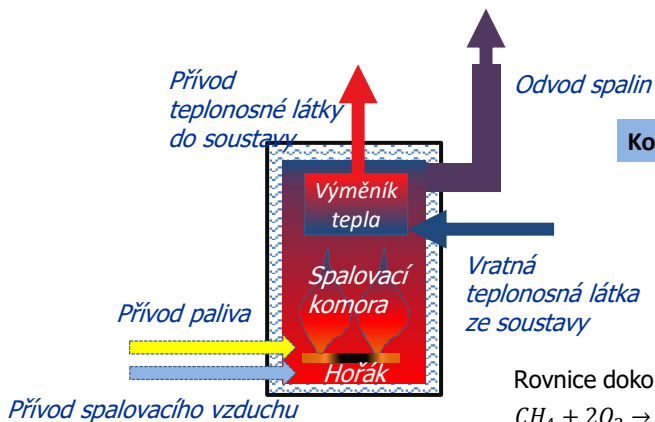


125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

188

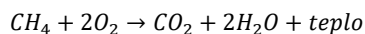
Kotel

- Zdroj tepla, kde teplo vyráběné spalováním je odváděno k dalšímu využití teplonosnou látkou – vodou, párou nebo vzduchem.**



Kotel na spalování paliv

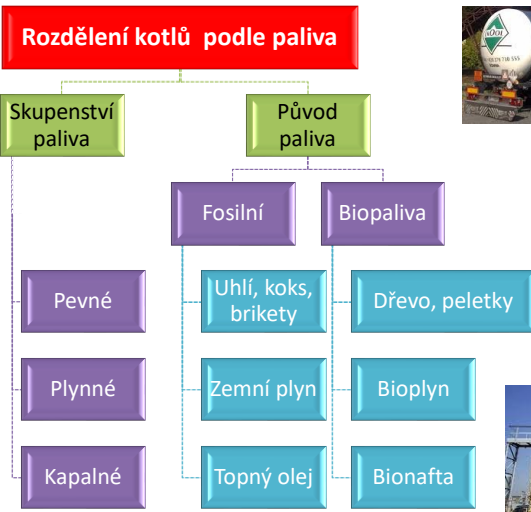
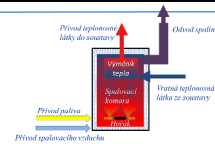
Rovnice dokonalého spalování metanu



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

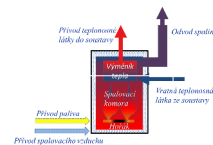
189

Kotle na spalování paliv

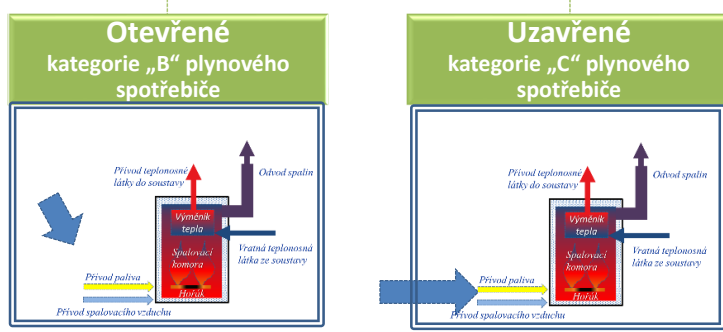


125TBA1_2425 - prof. K.

Kotle na spalování paliv



Rozdělení podle přívodu spalovacího vzduchu



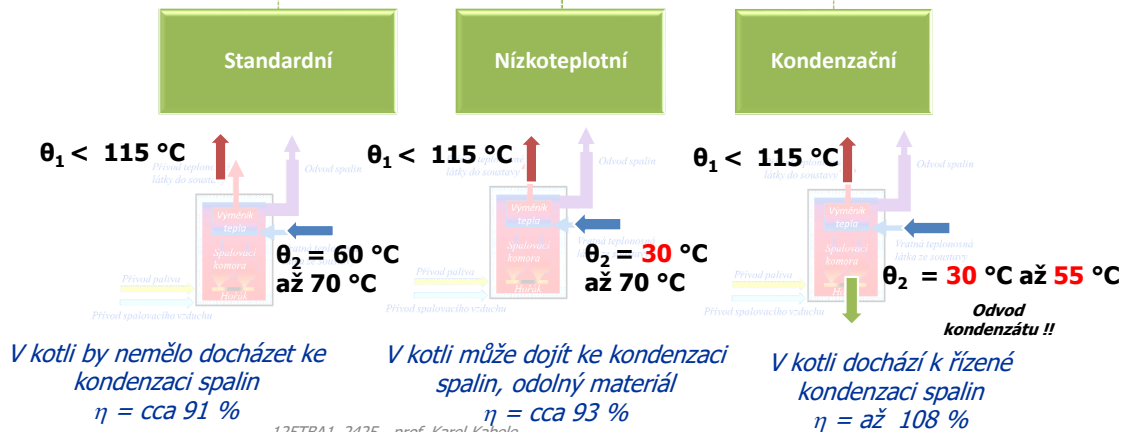
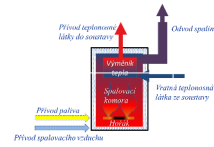
Přívod vzduchu z prostoru kotelny

Přívod vzduchu přímo z vnějšího prostředím samostatným potrubím

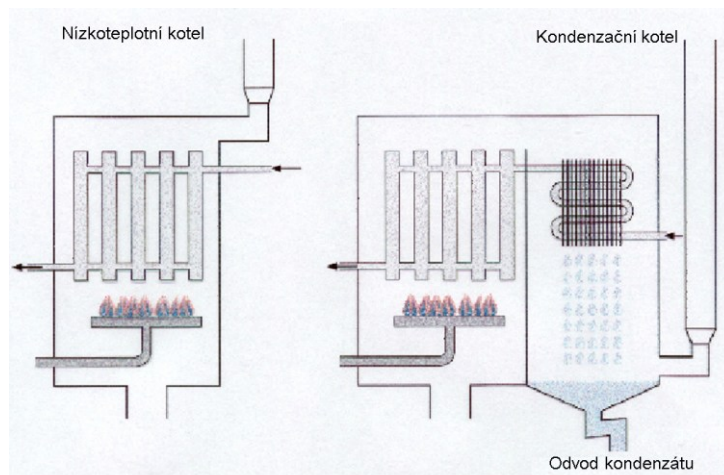
125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

Kotle na spalování paliv

Rozdělení teplovodních kotlů podle teploty otopné vody



192



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

193

Tepelný výkon a příkon kotle

Tepelný výkon ϕ_O (W) vyjadřuje teplo, dodané do teplotnosné látky mezi jejím vstupem a výstupem do kotle.

- **imenovitý tepelný výkon kotle** ϕ_N (W). – maximální trvalý výkon stanovený výrobcem pro určitý druh paliva,
- **nejmenší tepelný výkon** $\phi_{N, \min}$ (W). - nejmenší trvalý výkon stanovený výrobcem pro určitý druh paliva. Např. u plynových kotlů závisí na typu hořáku a regulace, která může být
 - plynulá u atmosférického hořáku ($\phi_{N, \min} = \text{cca } 30 \% \text{ až } 100 \% \phi_N$),
 - plynulá u přetlakového hořáku ($\phi_{N, \min} = \text{cca } 20 \% \text{ až } 100 \% \phi_N$),
 - dvoustupňová ($\phi_{N, \min} = 100 \%, 50 \% \phi_N$)

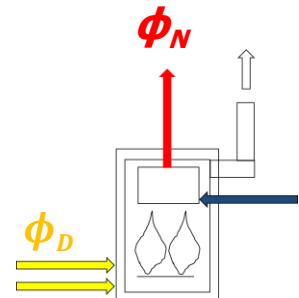
Tepelný příkon ϕ_D (W). vyjadřuje energii obsaženou v palivu přiváděném do kotle:

$$\phi_D = Q_i / m_{pal}$$

kde Q_i [J/kg] je **výhřevnost paliva** (nebo **spalné teplo**)

m_{pal} [kg/s] je množství paliva spáleného v kotli za jednotku času

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

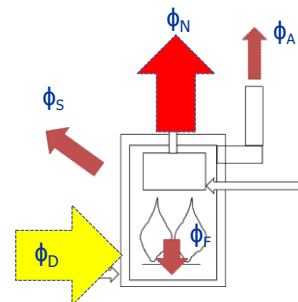


Jmenovitá účinnost kotle

Podíl výkonu a příkonu kotle za standardních podmínek

$$\eta = \frac{\Phi_N}{\Phi_D} = \frac{\Phi_D - \Phi_A - \Phi_S - \Phi_F}{\Phi_D}$$

- ϕ_S (W) **kotlová ztráta** (sáláním a prouděním vzduchu v okolí kotle, projevuje se zvýšením teploty v kotelně),
- ϕ_F (W) **ztráta nedopalem** (v kotli neproběhne vždy dokonalé spálení všeho paliva, zbytky ve strusce a popelu vzniklých při spalování pevných paliv, nespálený CH_4 ve spalínách)
- ϕ_A (W) **komínová ztráta** (nevyužitá teplo ve spalínách odváděných do venkovního prostředí).



$$\eta = 90 \% \text{ až } 108 \%$$

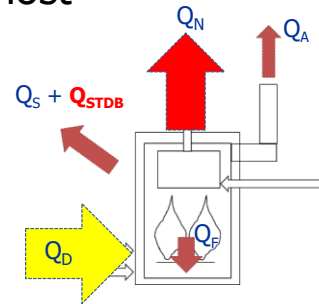
Vyhláška č. 38/2022 Sb. Vyhláška o kontrole provozovaného systému vytápění a kombinovaného systému vytápění a větrání

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

Sezónní energetická účinnost

$$\eta_a = \frac{Q_N}{Q_D}$$

η_a	sezónní energetická účinnost [-]
Q_N	roční spotřeba tepla na výstupu ze zdroje [kWh]
Q_D	roční spotřeba energie obsažené v palivu [kWh]
Q_{STDB}	roční spotřeba tepla při stand-by režimu zdroje [kWh]
Q_s, Q_a, Q_f	roční ztráta kotlová, komínová a nedopalem [kWh]



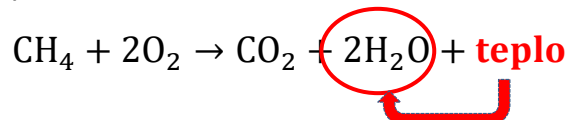
NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 813/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na **EKODESIGN** ohříváčů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohříváčů

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

197

Účinnost > 100 % ??????

Rovnice dokonalého spalování metanu



Spalné teplo (Q_s) a výhřevnost (Q_i) paliva

$$Q_s = Q_i + r \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$m_{\text{H}_2\text{O}}$ hmotnost vody ve spalínách na jednotku spáleného paliva [kg/kg]
 r skupenské teplo vypařování vody 2500 ~ 2453 [J/kg]

Zemní plyn

- výhřevnost $Q_i = 35$ [MJ/m³]
- spalné teplo $Q_s = 38,6$ [MJ/m³]

Kondenzát 0,14 kg/kWh

tzn. kotel 10 kW za hodinu provozu vyprodukuje cca 1,4 l kondenzátu

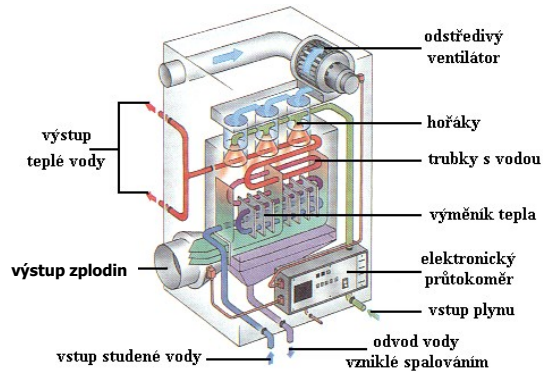


125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

198

Příklady užívaných kotlů - plyn

Plynový kondenzační kotel



<http://fyzika.jreichl.com>

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

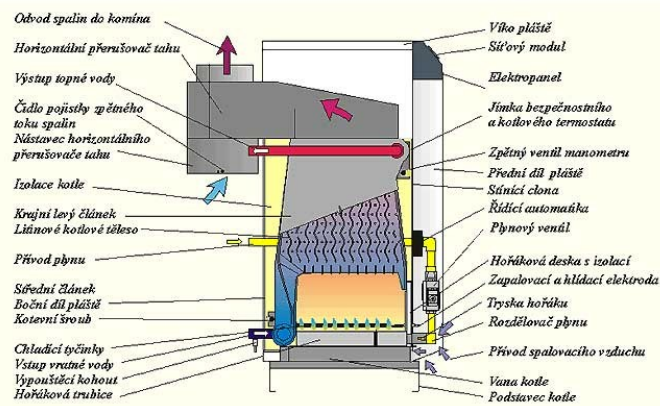
199

Příklady užívaných kotlů – plyn



Plynový atmosférický kotel

Schéma plynového stacionárního kotle (Viadrus G100L)



www.viadrus.cz

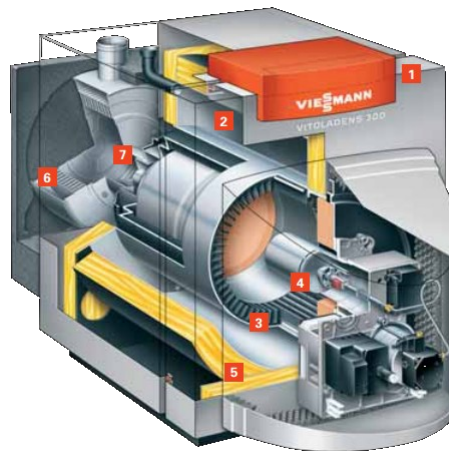
125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

200

Příklady užívaných kotlů - plyn



Plynový přetlakový kotel

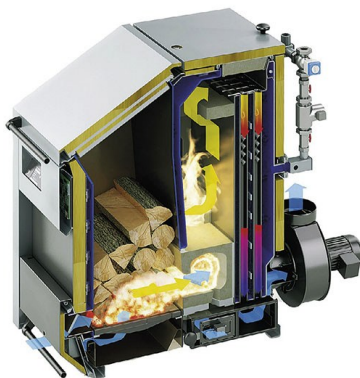


www.viessmann.cz

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

201

Příklady užívaných kotlů - biomasa



Podtlakový kotel na spalování dřeva
www.viessmann.cz



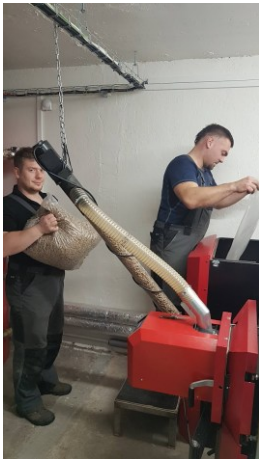
Podtlakový kotel na spalování dřeva a peletek

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

202

Příklady užívaných kotlů – spalování biomasy

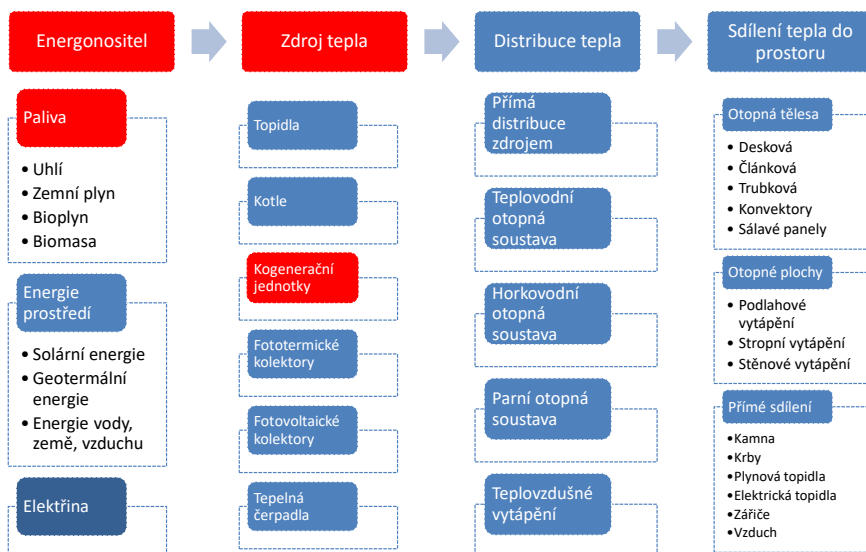
- kotel na **peletky** + zásobník peletek + dopravník



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

203

Výroba tepla spalováním paliv

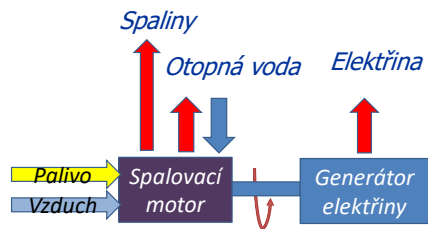


125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

209

Kogenerace

- Plynový spalovací motor s elektrickým generátorem
- topným zdrojem je chlazení motoru
- výkon např. 42 kW tepla + 25 kW elektřiny
- hluk
- X nesoučasnost odběru tepla a elektřiny
- problém s prodejem el.energie
- nutný odběr tepla po celý rok



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

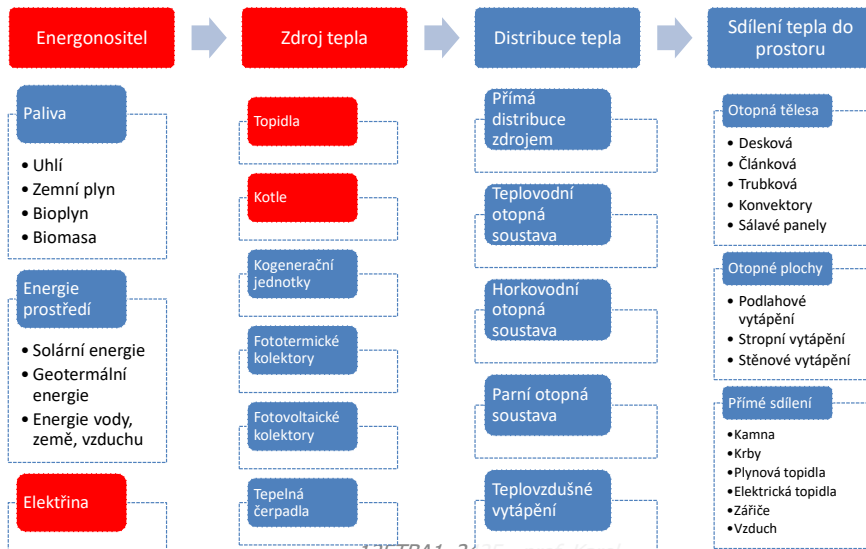
210



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

211

Výroba tepla z elektřiny



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

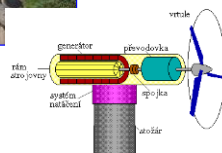
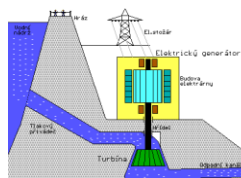
212

Elektrická energie - výroba

Situace v ČR (2020)

- 40 % Uhlí
- 37 % Jádno
- 6 % Biomasa
- 7 % Zemní plyn
- 4 % Jiná fosilní paliva
- 3 % Slunce
- 2 % Voda
- 1 % Větr

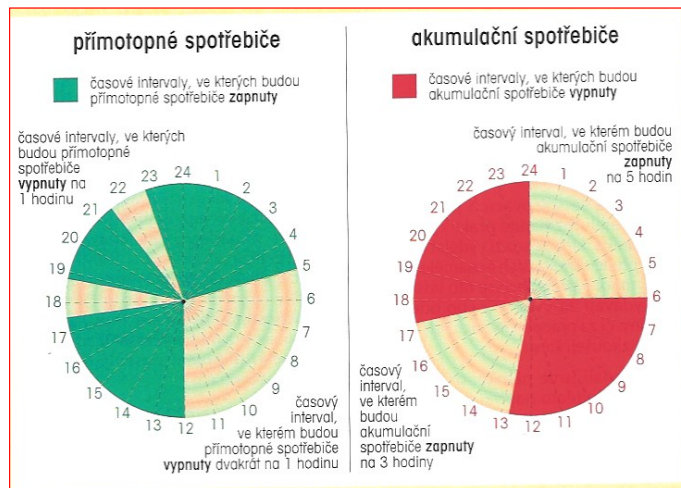
<https://public.tableau.com/app/profile/marek.lutonsk./viz/EUs-truktura-zdroju-elektricke-energie/Zemvoji-interaktivni>



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

213

Elektrická energie - dodávka



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

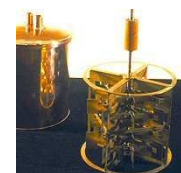
214

Fyzikální principy elektrického vytápění 1

- **Jouleův - Lenzův zákon** vyjadřuje práci W ve stacionárním elektrickém poli:
- **$W = UI t = RI^2 t = (U^2/R) \cdot t$ [J]**
 - U – napětí [V]
 - I – proud [A]
 - t – čas [s]
 - R – odpor [Ω]
- Zákon experimentálně objevil pomocí kalorimetru v roce 1844 **James Prescott Joule** (24. 12. 1818 - 11. 10. 1889) a profesor petrohradské univerzity **Lenz**. Vyvinuté teplo se nazývá **Joulovo teplo (Joulova ztráta)**. Tímto teplem se zahřívá vodič až na teplotu, při které se přiváděný výkon vyrovná se ztrátami tepla do okolí. Při vhodných podmínkách se může vodič roztavit.



James Prescott



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

215

Elektrické vytápění

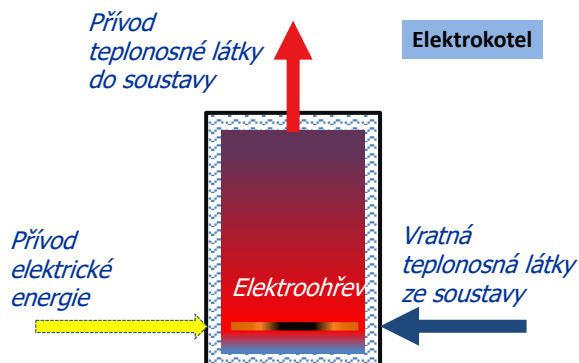
	Přímotopné	Akumulační
Topidla	<p>Infrazářiče</p> <p>Radiátory</p> <p>Konvektory</p> <p>Teplovzdušné jednotky</p> <p>Sálavé plochy (panely, folie, topné kabely)</p>	<p>Akumulační kamna (statická, dynamická, hybridní)</p>
Kotle	<p>Teplovodní elektrokotle přímotopné</p>	<p>Akumulační elektrokotelna</p>

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

216

Elektrokotel

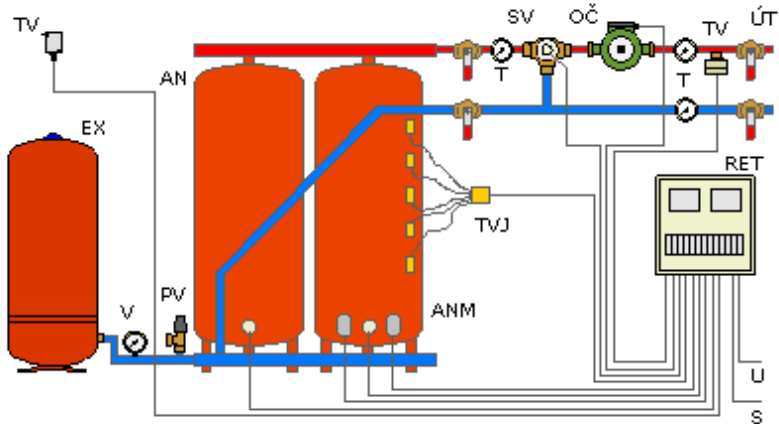
- Zdroj tepla, kde teplo** vyráběné **elektrickým ohřevem** je **odváděno k dalšímu využití teplonosnou látkou** – vodou, párou nebo vzduchem.



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

217

Akumulační elektrokotelna



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

218

Příklad akumulční elektrokotelny



*Tepelná ztráta objektu 120 kW
Výkon kotle 390 kW
Objem nádrží 50 m³*

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

219

Příklad moderní elektrokotelny



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

220

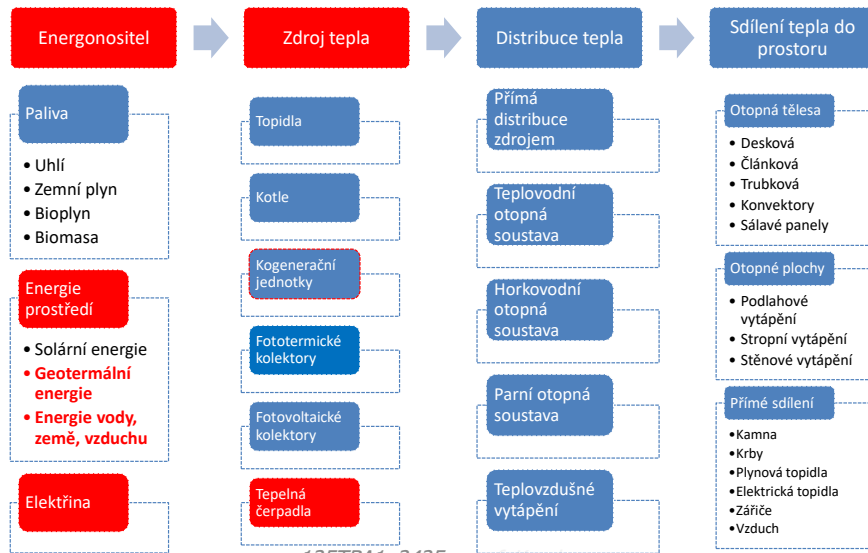


**VÝROBA TEPLA Z
ENERGIE PROSTŘEDÍ**

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

221

Výroba tepla z energie prostředí



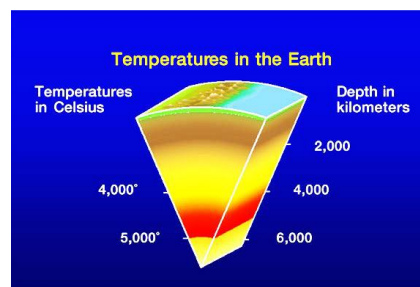
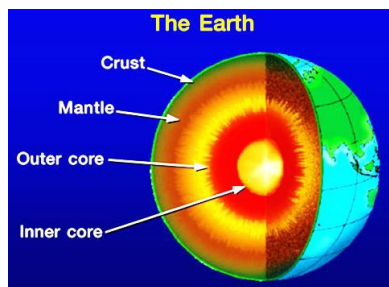
125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

222

Tepelná energie z prostředí

Geotermální energie

Teplotní spád 25 °C – 30 °C / km hloubky



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

223

Tepelná energie z prostředí

Geotermální energie GE

Vysokoteplotní GE (nad 150 °C)

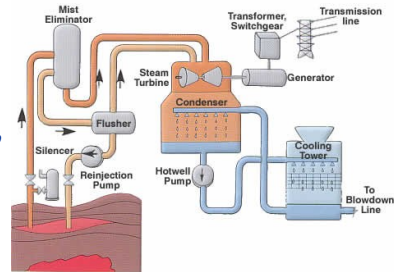
potřebujete podrobnější technicko-ekonomické posouzení,
Voda je obvykle vysoce mineralizována,
přímá produkce el. energie pomocí parních turbín, kogenerace

Středněteplotní GE (100 - 150 °C)

Nepřímá produkce el. energie, horká voda nebo pára přenese
energii na další medium, které pohání turbínu

Nízkoteplotní GE (pod 100 °C)

Použitelné téměř všude, nutné respektovat lokální podmínky
Výměníky, tepelná čerpadla



http://www.emt-india.net/process/power_plants/img/gt1.jpg

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

224

Výroba tepla z energie vody, půdy, vzduchu

- Nízkopotenciální zdroj - teplota v rozmezí cca -20 až +30°C
 - Nutno zvýšit teplotní úroveň
- > **tepelné čerpadlo ...**

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

225

Tepelné čerpadlo

- Tepelný stroj, umožňující využití nízkopotenciálního tepla okolí pro energetické systémy budov.



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

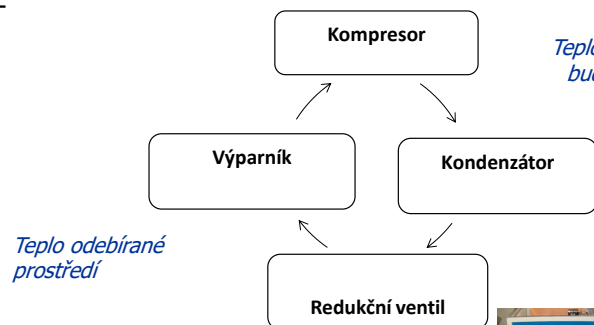
226

Tepelné čerpadlo

- Tepelný stroj, umožňující využití nízkopotenciálního tepla okolí pro energetické systémy budov.
- Výparník-kompresor-kondenzátor-redukční ventil

*Energie na pohon
kompresoru = **příkon***

*Teplo dodávané do
budovy = **výkon***



*Teplo odebírané
prostředí*

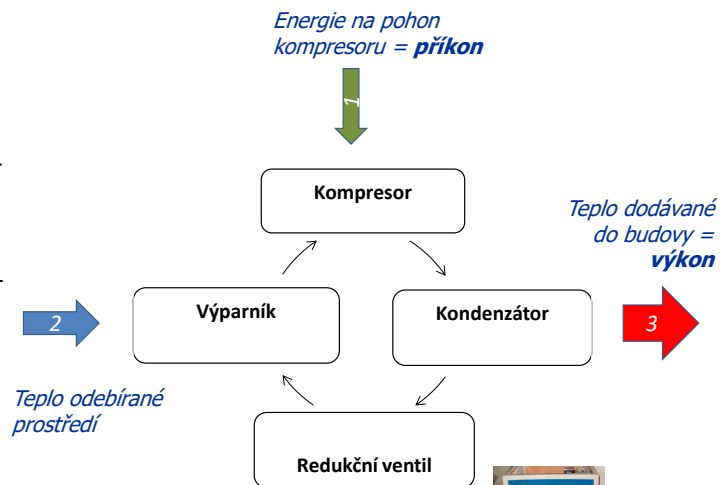


125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

227

Tepelné čerpadlo

- Tepelný stroj, umožňující využití nízkopotenciálního tepla okolí pro energetické systémy budov.
- Výparník-kompresor-kondenzátor-redukční ventil
- **Topný faktor (COP)**
 - **Podíl výkonu a příkonu** >1
optimum 3
 - Závislý na pracovních podmínkách
- Chladivo
 - Freony!!!
- Limit maximální výstupní teploty 55 – 65 °C

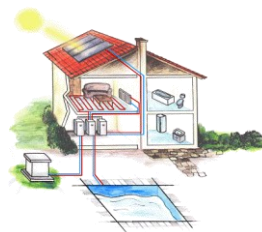


125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

228

Zdroje nízkopotenciálního tepla pro tepelné čerpadlo

- Vzduch
 - Venkovní vzduch
 - -18 +30°C
 - Proměnná teplota ovlivňuje topný faktor
 - Instalace venkovní jednotky s ventilátorem
 - Hluk!!!



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

229

Zdroje nízkopotenciálního tepla pro tepelné čerpadlo

– Voda

- Studniční
 - Dvě studny
 - Další čerpadlo
- Povrchová
 - výměník nebo čerpání?



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

230

Zdroje nízkopotenciálního tepla pro tepelné čerpadlo

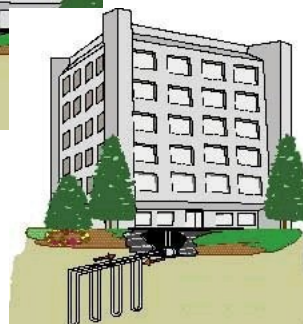
– Země

○ Zemní kolektor

- 1,0-1,8 m hluboko,
- 15-35 W/m²,
- rozteč 0,6-1 m,
- délka 100 m

• Vrtvy

- 20-100 W/m
- čtyři trubky DN 25-32
- hloubka 75-150 m

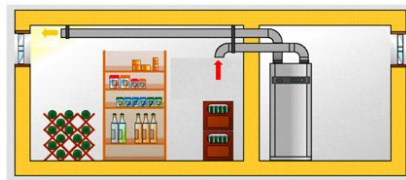


125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

231

Použití TČ

- Příprava teplé vody, ohřev bazénu
 - Optimální pracovní podmínky
 - Systémy vzduch-voda, chlazení sklepa...
 - Samostatné zařízení nebo kombinace s TČ pro vytápění?



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

232

Použití TČ

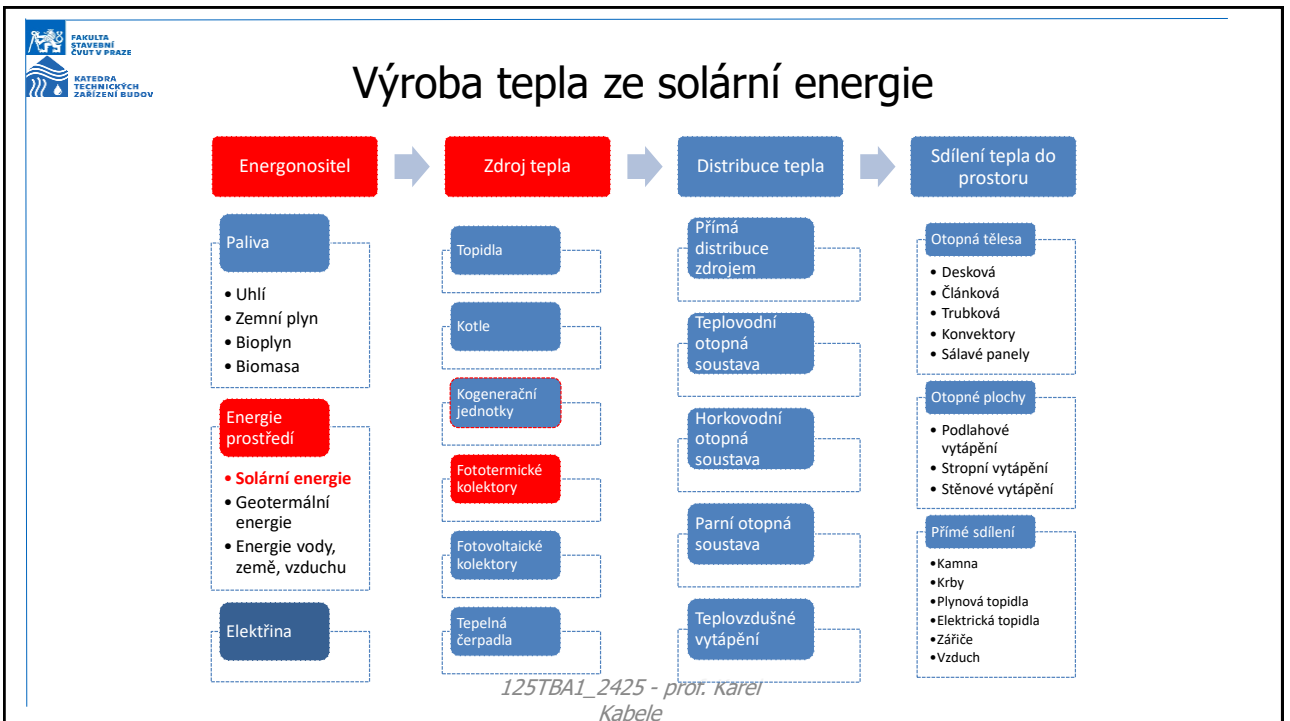
- Teplovodní vytápění
 - Nízkoteplotní zdroj → nízkoteplotní soustava, podlahové vytápění, desková tělesa, konvektory?
 - Bivalentní nebo monovalentní zdroj ? (elektrokotel, pevná paliva, solární kolektory)
 - Konstantní pracovní podmínky
 - X požadavky na proměnný výkon otopné soustavy
 - → akumulace tepla, hydraulické řešení

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

233



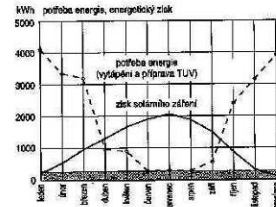
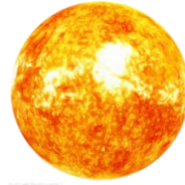
236



237

Solární energie

- Sluneční záření
- elektromagnetické záření
- Slunce - pohyb po obloze
- difúzní a přímé záření
- solární konstanta 1360 W/m^2
- zaclonění mraky
- skutečně dopadající energie max 1000 W/m^2



Obr.1: Potřeba energie a možné zdroje solárního záření



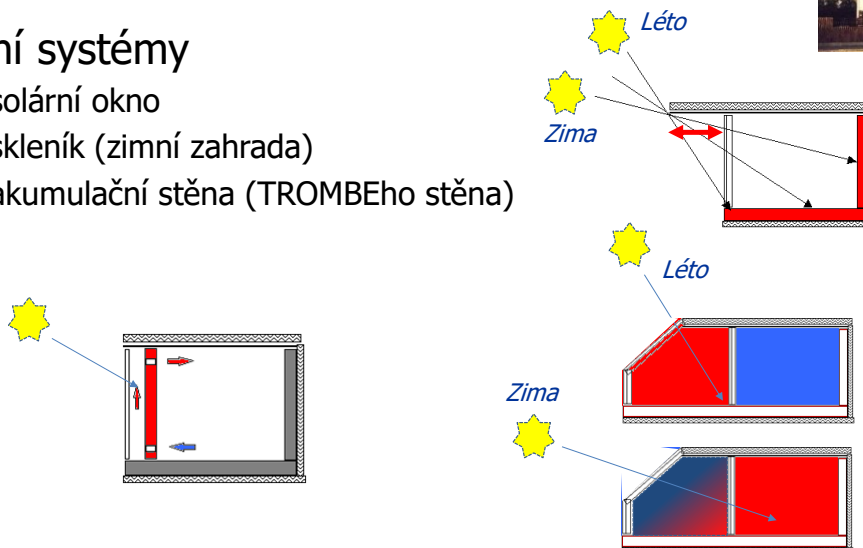
Globální sluneční záření dopadající na území ČR [$\text{MJ} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rok}$]

125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

238

Solární energie

- Pasivní systémy
 - solární okno
 - skleník (zimní zahrada)
 - akumulční stěna (TROMBEho stěna)



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

239

Solární energie

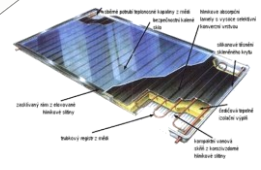
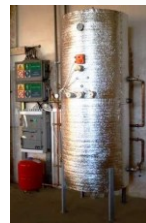
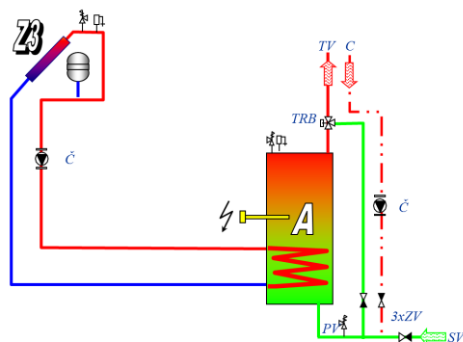
- Aktivní solární systémy
 - Vodní kolektory 80-90 %
 - Ploché
 - Trubicové
 - Vzdušné kolektory
 - Fotovoltaické články 23 %
 - Přímé systémy
- Grand Four Solaire of Odeillo



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

240

Zapojení vodního solárního kolektoru pro přípravu teplé vody



125TBA1_2425 - prof. Karel Kabele

241