



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Roman Šubrt a kolektiv

UČEBNICE ENERGETICKÉHO SPECIALISTY KONTROLY ÚČINNOSTI KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu
na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
pro rok 2015 – Program EFEKT



Obsah

1	Úvod	3
2	Důvod provádění kontrol kotlů a otopných soustav	31
3	Základy fyziky a chemie.....	32
3.1	Fyzikální veličiny, jejich jednotky a důležité konstanty	32
3.2	Druhy energie.....	36
3.3	Termika.....	38
3.4	Spalování.....	40
3.5	Termodynamika	48
3.6	Účinnost	51
3.7	Tepelné stroje.....	52
3.8	Stavební fyzika.....	58
4	Teoretická část	62
4.1	Teorie spalování a kotlů	62
4.1.1	Spalovací vzduch	62
4.1.2	Účinnost a ztráty kotlů	64
4.1.3	Rozdělení ztrát kotlů	65
4.1.4	Komínová ztráta.....	66
4.2	Teorie tepelných rozvodů	67
4.2.1	Materiály tepelných rozvodů.....	68
4.2.2	Systemy tepelných rozvodů – otopné soustavy	70
5	Legislativa.....	85
5.1	Legislativa kontroly kotlů	85
5.2	Legislativa kontroly tepelných rozvodů	89
6	Praxe.....	91
6.1	Praxe kontroly kotlů.....	91
6.1.1	Měření účinnosti a analyzátory spalin.....	91
6.1.2	Schéma analyzátoru spalin.....	92
6.1.3	Příklady analyzátorů spalin.....	94

6.1.4	Praktické použití analyzátorů spalin	94
6.1.5	Doporučení pro provozovatele a kontrolory	95
6.1.6	Zvláštnosti pro měření účinnosti kotlů v provedení „turbo“	99
6.2	Praxe kontroly tepelných rozvodů	99
7	Závěr	108
8	Literatura	109
9	Seznam obrázků	110

Na publikaci se podílel pod vedením ing. Romana Šubrta kolektiv těchto autorů:
Ing. Josef Farták, Mgr. Karel Murtinger, ing. Daniel Šubrt, Alžběta Šubrtová a další.

1 Úvod

Cílem publikace je obecně zmapovat legislativu a praxi vztahující se k zjišťování účinnosti kotlů a tepelných rozvodů dle Vyhlášky 194/2013 Sb. a seznámit energetické specialisty se zaměřením na kontrolu kotlů a otopných soustav se základy, které by měli znát (často se jedná i o učivo základních škol, bohužel mnoho praktiků již tyto vědomosti pozapomnělo a neuvědomují si, že patří k jejich profesi a jejich profese z nich vychází. Jako studijní literaturu je nutno doporučit zákon 406/2000 Sb., odbornou literaturu a normy minimálně v rozsahu:

ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin

ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody

TNI 73 0331 Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet

ČSN 07 0305 Hodnocení kotlových ztrát

ČSN EN 15316-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 1: Všeobecné požadavky

ČSN EN 15316-2-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeby energie a účinností soustavy - Část 2-1: Sdílení tepla pro vytápění

ČSN EN 15316-2-3 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 2-3: Rozvody tepla pro vytápění

ČSN EN 15316-3-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)

ČSN EN 15316-3-2 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-2: Soustavy teplé vody, rozvody

ČSN EN 15316-3-3 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-3: Soustavy teplé vody, příprava

- ČSN EN 15316-4-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetické potřeby a účinností soustavy - Část 4-1: Výroba tepla k vytápění, kotle
- ČSN EN 15316-4-2 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetické potřeby a účinností soustavy - Část 4-2: Výroba tepla pro vytápění, tepelná čerpadla
- ČSN EN 15316-4-3 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 4-3: Výroba tepla, solární tepelné soustavy
- ČSN EN 15316-4-4 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 4-4: Výroba tepla na vytápění, kombinovaná výroba elektřiny a tepla integrovaná do budovy
- ČSN EN 15316-4-5 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 4-5: Výroba tepla na vytápění, účinnost a vlastnosti dálkového zásobování teplem a soustav o velkém objemu
- ČSN EN 15316-4-6 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 4-6: Výroba tepla, fotovoltaické soustavy
- ČSN EN 15316-4-7 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeby energie a účinností soustavy - Část 4-7: Zdroj tepla pro vytápění, kotle pro spalování biomasy
- ČSN EN 15316-4-8 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 4-8: Otopné soustavy, teplovzdušné vytápění a stropní sálavé vytápění
- ČSN EN 15243 Větrání budov - Výpočet teplot v místnostech, tepelné zátěže a energie pro budovy s klimatizačními systémy

Mnoho literatury je také možné najít na stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu:

<http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace>

Název publikace	rok vydání	autor, autoři	odkaz
Využití alternativních zdrojů energie	2000	Doc. Ing. Karel Trnobranský, Marie Valentová, René Dufour	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008087.pdf

Alternativní zdroje a úspory energie	2000	Ing. Miroslav Mareš, Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008088.pdf
Energetická náročnost produkce	2000	Ing. Miroslav Mareš, Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc., Doc., Ing. Milan Jaeger, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008089.pdf
Uplatnění metody IRP v ÚEK	2000	Ing. Miroslav Mareš, Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc., Ing. Michal Doležal, Ing. Milan Svoboda	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008090.pdf
Komplexní hodnocení variant zásobování územních obvodů energií	2000	Ing. Miroslav Mareš, Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008091.pdf
Sborník technických řešení MVE	2000	Svaz podnikatelů pro využití ehergetických zdrojů	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008092.pdf
Aktualizace modelu GEMIS	2000	CityPlan, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008093.pdf
Palivové články	2000	RAEN, spol. s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008098.pdf
Externality obnovitelných zdrojů	2000	VUPEK-ECONOMY, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008104.pdf
Externality úspor energií	2000	VUPEK-ECONOMY, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008105.pdf
Výzkum a vývoj úspor a obnovitelných zdrojů	2000	VUPEK-ECONOMY, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008106.pdf
Audity & benchmarking v průmyslu	2000	March Consulting spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008109.pdf
Energetický management municipalit	2000	March Consulting spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008111.pdf
Vytápění tepelnými čerpadly	2000	CityPlan, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008113.pdf
Energetický management	2000	Ing. Miroslav Mareš, Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008150.pdf
Územní energetická bilance	2000	Ing. Miroslav Mareš, Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc., Doc., Ing. Milan Jaeger, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008151.pdf
Návrh a provoz kogeneračních	2000	RAEN, spol. s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008153.pdf

jednotek			
Snižování energetické náročnosti	2000	RAEN, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008154.pdf
Úspory elektrické energie v systému veřejného osvětlení	2000	Zdeněk Hasoň, Elektroprojekt	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008156.pdf
Uplatnění integrované prevence	2000	March Consulting spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008157.pdf
SAPARD a energie na venkově	2000	Ing. Helena Součková, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008162.pdf
Metody hodnocení vhodnosti obnovitelných zdrojů energie	2000	EKOWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008165.pdf
Výběr optimálních lokalit obnovitelných zdrojů energie	2000	EKOWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008167.pdf
Modernizace zdravotně technických instalací	2000	Cech topenářů a instalatérů ČR	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008182.pdf
Vyhodnocení energetických koncepcí - 1.část	2000	CityPlan, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008094_1.pdf
Vyhodnocení energetických koncepcí - 2.část	2000	CityPlan, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008094_2.pdf
Vyhodnocení energetických koncepcí - 3.část	2000	CityPlan, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008094_3.pdf
Vyhodnocení energetických koncepcí - 4.část	2000	CityPlan, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008094_4.pdf
Školy v regionu Severní Moravy - část A	2000	Ing. Škarpa, Therm-Consult	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008112_a.pdf
Školy v regionu Severní Moravy - část B	2000	Ing. Škarpa, Therm-Consult	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008112_b.pdf
Školy v regionu Severní Moravy - část C	2000	Ing. Škarpa, Therm-Consult	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008112_c.pdf
Příručky energetického řízení pro místní správu	2000	March Consulting spol. s r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 1. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926

		(Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	
Příručky energetického řízení - 2. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 3. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 4. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 5. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 6. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 7. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky energetického řízení - 8. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Příručky	2000	March Consulting	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926

energetického řízení - 9. část		spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	
Příručky energetického řízení - 10. část	2000	March Consulting spol. s r.o., Cork CountyCouncil (Irsko), March Consulting Group (Velká Británie), SRC International CS s.r.o.	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/926
Typové projekty kogenerace - 1. část	2000	SRC International CS, spol. S r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008164_1.pdf
Typové projekty kogenerace - 2. část	2000	SRC International CS, spol. S r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008164_2.pdf
Typové projekty kogenerace - 3. část	2000	SRC International CS, spol. S r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008164_3.pdf
Typové projekty kogenerace - 4. část	2000	SRC International CS, spol. S r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008164_4.pdf
Typové projekty kogenerace - 5. část	2000	SRC International CS, spol. S r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008164_5.pdf
Informační brožura - KVET v Euroregionu NISA	2001	SRC International CS s.r.o., Power Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1156.pdf
Přínosy energetických auditů	2001	SRC International CS s.r.o.,	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1168.pdf
Účinnost a energetické ztráty kotlů	2001	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1170.pdf
Informační listy	2001	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1171.pdf
Metodika financování projektů	2001	CityPlan spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1172.pdf
Příručka financování	2001	CityPlan spol. s r.o.	
Příručka pro zadavatele územních energetických koncepcí	2001	Tebodin Czech republic, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1174.pdf
Energetické úspory regionů	2001	EUPRI v.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1175.pdf
Environmentální hodnocení	2001	Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1178.pdf

Využití bioplynu v zemědělství	2001	Ing. Helena Součková	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1179.pdf
Ekonomické posuzování energeticky úsporných opatření v budovách	2001	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1182.pdf
Katalog klíčových hodnot budov	2001	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1183.pdf
Katalog modelových řešení budov při spotřebě tepla	2001	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1184.pdf
Tepelná čerpadla	2001	Dr., Ing. Veneta Zlatareva	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1185.pdf
Porovnání cen tepla pro rodinné domy	2001	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1188.pdf
Využití biomasy v obcích	2001	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1189.pdf
Klimatologické údaje	2001	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1191.pdf
Katalog nízkoenergetických rodinných domů	2001	EKOWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1193.pdf
Koncepce energetického systému zásobování energií	2001	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1233.pdf
Využití kapalných paliv z biomasy	2001	RAEN spol. s r.o.	http://mpo-efekt.cz/dokument/1234.pdf
Systém řízení vytápění - software pro školy (2x + software)	2001	Stavoprojekta spol. s r.o.	http://mpo-efekt.cz/dokument/1162.zip
EA a problematika stanovení nákladů spojených s odpojením odběratele od soustavy CZT	2002	Doc., Ing. Roman Povýšil, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2167.pdf
Infolisty pro obnovitelné zdroje a úspory energie	2002	EkoWATT	http://mpo-efekt.cz/dokument/2169.zip
Interaktivní nástroj pro energetické bilance	2002	EkoWATT	http://mpo-efekt.cz/dokument/2171.zip
Příprava a energetická koncepce malého územ. celku	2002	EUPRI o.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2172.pdf
Regionalizace využití dříví	2002	Ing. Helena Součková, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2175.pdf
Metodika energetického	2002	Ing. Helena Součková, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2176.pdf

auditu v zemědělství			
Program reprodukce majetku a investice do úspor energie	2002	ENVIROS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2177.pdf
Energetická účinnost a integrovaná prevence (IPPC)	2002	ENVIROS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2178.pdf
Snižování energetické náročnosti při výrobě a rozvodu stlačeného vzduchu	2002	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2179.pdf
Informační listy	2002	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2180.pdf
Vstupní údaje průmyslového objektu	2002	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2181.pdf
Environmentální vyhodnocení v rámci energetických auditů	2002	ENVIROS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2182.pdf
Malé zdroje znečišťování - legislativa, měření	2002	Společenství kominíků ČR	http://mpo-efekt.cz/dokument/2183.zip
Ekonomické posuzování energeticky úsporných opatření v budovách	2002	STÚ, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2184.pdf
Klíčové hodnoty tepla	2002	STÚ, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2185.pdf
Klimatologické údaje	2002	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2186.pdf
Katalog úspory energie při štítkování	2002	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2187.pdf
Energetický audit nových staveb	2002	Tebodin CZ, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2188.pdf
Energetický management regionálních energetických systémů	2002	Tebodin CZ, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2189.pdf
Energetický management budov	2002	MARTIA, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2195.pdf
Vyhodnocování efektivnosti kogeneračních jednotek	2002	Enviros, spol. s r.o.	http://mpo-efekt.cz/dokument/2207.zip
Příručka	2002	Enviros, spol. s	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2208.pdf

energet.řízení pro veřejné dopravce		r.o.	
Software pro výpočet emisí	2002	EkoWATT	http://mpo-efekt.cz/dokument/2209.zip
Úspory elektrické energie na veřejné osvětlení	2002	Česká společnost pro osvětlování	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2210.pdf
Zásobení teplem malého sídlištního celku	2002	Ing. Miroslav Škarpa a kol.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2213.pdf
Technické řešení energeticky úsporných dřevostaveb	2002	Ing. Ladislav Bukovský a kol.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2216.pdf
Databáze aktualizace GEMIS	2002	CityPlan spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2263.pdf
Možnosti rozvoje výroby tepla a elektřiny využitím biomasy v regionech a městech ČR	2003	prof., Ing. Zbyněk Ilbler, DrSc., Ing. Zbyněk Ilbler	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/biomasa.pdf
Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení	2003	Karel Sokanský a kol.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3102.pdf
Databáze fytoenergetiky	2003	Výzkumný ústav zemědělské techniky	http://mpo-efekt.cz/dokument/3103.zip
Tepelná čerpadla od A do Z	2003	kolektiv autorů	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3105.zip
Vícekritériální hodnocení energetických auditů	2003	Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc., Ing. Jaroslav Šafránek, CSc., Ing. Jiří Vašíček, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3109.zip
Palivové články	2003	EVVIROS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3111.pdf
Diagram energetických toků	2003	CONTE	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3112.zip
Energie na tabuli	2003	kolektiv autorů	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3113.zip
Seřizování a řízení hydraulických poměrů tepelných soustav	2003	Vladimír Valenta, cech topenářů a instalatérů ČR	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3115.pdf
Aktualizace databáze a příručky GEMIS	2003	CityPlan spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3118.pdf
Česká jazyková mutace programu GEMIS	2003		http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3119.zip
Energetická	2003	GAS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3172.pdf

ročenka 2003			
Katalog typových návrhů úsporných opatření v energetickém auditu	2003	Ing. Miroslav Mareš, Tebodín Czech republic, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3175.pdf
Ročenka TZI 2004	2003	Svaz podnikatelů v oboru technická zařízení ČR	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3176.pdf
Výpočet typických tepelných mostů a jejich minimalizace	2003	Ing. Roman Šubrt, Energy Consulting	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3169.zip
Databáze a webová prezentace EPC a EC projektů	2003		http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3177.zip
Tepelné izolace v otázkách a odpovědích	2004	Ing. Roman Šubrt, Energy Consulting	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4201.pdf
Program Louisa 3	2004	Ing. Roman Šubrt, Energy Consulting	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4208.zip
Klíčové hodnoty potřeby tepla bytových a rodinných domů	2004	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4203.pdf
Užití nově zavedených EN norem při zpracování energetických auditů pro budovy	2004	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4204.pdf
Ekonomie energeticky úsporných opatření	2004	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4205.pdf
Klimatologické údaje	2004	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4206.pdf
Požadavky na energetickou účinnost v rámci IPPC	2004	Environment Agency (Velká Británie)	
Aktualizace databáze a webová prezentace EPC a EC (2004	Ing. Vladimíra Henelová, Jindřich Pavelka	
on-line verze			
)			http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4209.zip
Indikátory energetické efektivity v ČR	2004	ENVIROS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4210.pdf
Databáze výrobců a uživatelů bioplynu	2004	doc., Ing. František Straka, Ing. Miroslav Kajan, Ing. Marcela	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4211.zip

		Kunčarová	
Rozhlasový seriál a příručka Úspory energií v panelových domech	2004	Energy Centre České Budějovice	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4212.zip
Metodická pomůcka pro tvorbu akčních plánů	2004	CityPlan spol. s r.o., ViP s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4213.pdf
Audiovizuální projekt ekologické výchovy	2004	ČEA	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4214.zip
Malé zdroje znečištění	2004	Pavel Noskievič, Jan Koloničný, Tadeáš Ochodek	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4215.pdf
Racionalizace v osvětlování kanceláří, škol a bytových prostor	2004	Karel Sokanský a kol.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4216.pdf
Sborník technických řešení - Měření, řízení a optimalizace spotřeby energie	2004	Ing. Vít Klein a kol., Martia, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4217.pdf
4x o tepelné izolaci budov	2004	Jaroslav Řehánek, Antonín Janouš, Petr Kučera, Vlastimil Kučera, Jaroslav Šafránek, Vladimír Václavík	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4223.pdf
Úsporné hospodaření teplem v domě	2004	Ladislav Černý, Josef Patočka	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4269.pdf
Aktualizace databáze a příručky Gemis	2004	CityPlan, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4270.zip
Měření a hodnocení světelně technických veličin	2004	Ing. Vít Klein a kol., Martia, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4282.zip
Studie pohonu mobilního prostředku s palivovým článkem	2005	Ing. Bohumil Horák a kol., katedra elektrotechniky VŠB-TU Ostrava	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5064.pdf
Studie instalace stacionárního vysokoteplotního palivového článku	2005	Ing. Bohumil Horák a kol., katedra elektrotechniky VŠB-TU Ostrava	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5065.pdf
Racionalizace v osvětlování venkovních prostor	2005	Karel Sokanský a kol.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5067.pdf
Emise SW 2.0 -	2005	Ing. Jan Truxa,	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5068.pdf

internetová aplikace		EkoWATT	
Hospodárné využití a výroba energie vedoucí ke snížení zátěže životního prostředí	2005	ČEA	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5073.pdf
Zkušenosti s provozem nízkoenergetických nízkonákladových budov v ČR	2005	SEVEN, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5074.pdf
Optimální využití obnovitelných zdrojů energie při koncepčním řešení regionů	2005	RAEN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5075.pdf
Klimatologie	2005	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5077.pdf
Klíčové hodnoty potřeby tepla bytových a rodinných domů a občanských budov	2005	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5078.pdf
Zásady pro vyhotovení podkladů pro územní plánování z vypracované ÚEK	2005	Tebodin Czech republic, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5079.pdf
Studie odezvy horninového masivu pro instalace tepelných čerpadel	2005	Prof.Ing. Petr Bujok,CSc., a kol., VŠB-TU Ostrava	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5136.pdf
Bilance 3-1 - energetická bilance rodinného domu (nástroj pro interaktivní modelování)	2005	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5137.zip
Užití EN norem pro výpočet tepla a využití primární energie	2005	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf
Aktualizovaná databáze GEMIS	2005	CityPlan, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5139.zip
Trendy ve vývoji vodíkového hospodářství	2006	ČEA	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/01.pdf
Moderní využití biomasy - technologické a logistické možnosti	2006	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf
Uživatelská příručka GEMIS 4.3	2006	CityPlan, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/03.pdf

Záloha internetového projektu i-EKIS 11/2006	2006		http://www.mpo-efekt.cz/dokument/04.zip
Pasivní domy 2006	2006	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/05.pdf
Udržitelný návrh a rekonstrukce budov	2006	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/06.pdf
Výroba elektrické energie z biomasy	2006	RAEN, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/07.pdf
Vliv implementace směrnice EPBD na snížení emisí v ČR	2006	SEVEn, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/08.zip
Využití energetických auditů	2006	Ing. Miroslav Škarpa	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/09.zip
Kombinované způsoby vytápění, Přepočtové tabulky a diagramy energetických a tepelných jednotek, Přehled systémů vytápění	2006	Ing. Vladimír valenta, Agentura ČSTZ, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/10.zip
Spotřeba tepla při vytápění, stavebně technický průzkum demonstračních projektů	2006	Centrum stavebního inženýrství, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/11.zip
Postup podle EN pro EA a EP pro budovy v části umělé a denní osvětlení	2006	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/12.pdf
Energetické projekty - nízkoenergetické stavění	2006	ABF, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/13.pdf
Informační listy o projektech	2006	RAEN, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/14.pdf
Sborník technických řešení zdrojů s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla	2006	Ing. Josef Karafiát a kol., ORTEP, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/15.pdf
Národní metodika výpočtu energetické náročnosti budov	2006	ČVUT-stavební fakulta Praha	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/16.zip
Využití OZE v energetickém zásobování budov	2006	Petr Kramoliš, doc.Ing.Mojmír Vrtek,PhD.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/17.zip
Návrh procesu stanovování	2006	Ing. Petr Honkus, Ing. Jaroslav	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/18.pdf

podmínek na energetickou náročnost - část A		Kreuz	
Vliv směrnice EPBD na spotřebu energie a ŽP v sektoru budov	2006	SEVEn, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/19.pdf
Příprava a financování výstavby elektráren na bázi OZE	2006	Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/20.zip
Aktualizace databáze a webové prezentace EPC a EC projektů 2006	2006	Ing. Vladimíra Henelová, Jindřich Pavelka	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/21.zip
Udržitelné metody a postupy ve stavebním sektoru	2006	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/22.pdf
Propagační publikace - pasivní domy	2006	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/23.pdf
Ekowatt - katalog technických řešení nízkoenergetických domů	2006	Ing. Karel Srdečný a kol., EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/24.pdf
Využití a efektivnost tepelných čerpadel v klimatických podmínkách ČR	2006	doc.Ing.Karel Trnobranský,CSc. a kol	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/25.pdf
Opravy a energetická certifikace bytových budov postavených v období 1945 - 1955	2006	STÚ-E, a.s., Stavoprojekta, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/26.zip
Výpočetní postup pro EA a energetický průkaz pro budovy v části vytápění a ohřevu teplé vody podle EN	2006	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/27.zip
Katalog firem OZE	2006	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/28.zip
Diagram energetických toků v ČR	2006	CONTE, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/29.zip
Možnosti zvýšení výroby bioplynu u stávajících zařízení v ČR	2006	Ing. Miroslav Kaján, mgr. Richard Lhotský, ENKI, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/30.pdf
Možnosti zvýšení výroby bioplynu u	2006	Ing. Miroslav Kaján, mgr.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/31.pdf

stávajících zařízení v ČR		Richard Lhotský, ENKI, o.p.s.	
Centrum pasivního domu - databáze pasivních domů, výrobků a služeb	2006	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/32.pdf
Elektronická verze Průvodce EU a OZE	2006	Ing. Belica Petr a kol.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/33.zip
Seriál odborných článků Stavíme nízkoenergetický dům na serveru	2006		
www.estav.cz			http://www.mpo-efekt.cz/dokument/34.zip
Ekowatt - nízkoenergetické stavění veřejných budov	2006	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/35.pdf
Klimatologické údaje	2006	STÚ-E, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/36.pdf
Energeticky efektivní spotřebitelské systémy	2006	Tebodin Czech Republic, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/37.zip
Metodika zpracování plánů úspor energie	2006	Tebodin Czech Republic, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/38.zip
Vznik a náplň činnosti regionálních energetických agentur	2006	ČEA	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/39.zip
Energeticky efektivní spotřebitelské systémy – účinný nástroj snižování skleníkových plynů	2006	Doc. Ing. Roman Povýšil, CSc	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Energeticky_efektivni_spotrebitelske_systemy.pdf
Metodika zpracování plánů úspor energie v průmyslovém podniku	2006	Doc. Ing. Roman Povýšil, CSc	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Metodika_zpracovani_planu_ustor_v_prumyslovem_podniku.pdf
Aktualizace databáze a webové prezentace EPC a EC projektů 2007	2007	ENVIROS, s. r. o.	Aktualizace db EPC a EC 2007.zip
Dominantní vlivy ovlivňující spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav	2007	VŠB - Technická univerzita Ostrava	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Dominantni_vlivy_ovliv_uj_c_spot_ebu_elektrick_energie_osv_tlovac_ch_soustav.pdf
Energetické úspory při větrání	2007	Agentura ČSTZ, s.r.o.	Energeticke_ustory_vetrani.zip
Energy of The	2007	Ministerstvo	http://www.mpo-

Czech Republic in The European Union		průmyslu a obchodu	efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Energetika_CR_anglicka_verze_2220047203.pdf
Infolisty - efektivní využívání energie	2007	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Infolisty_o_efektivnim_vyuzivani_energie_2007_2220047216.pdf
Infolisty - obnovitelné zdroje energie	2007	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Infolisty_obnovitelných_zdrojích_energie_2007_2220047217.pdf
Informační listy o pasivních domech	2007	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/dokumenty/Informacni_listy_pasivni_domy.zip
Intelligent Energy Europe 2 - informační listy projektů	2007	ENVIROS, s. r. o.	Informacni_listy_projektu_SAVE_a_ALTENER_II.zip
Klimatologické údaje 2007	2007	STÚ-E, a. s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/Klimatologicke_udaje_2007_2220047204.pdf
Kogenerační jednotky - zřizování a provoz	2007	GAS s. r. o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Kogeneracni_jednotky_zrizovani_provoz_2220047233.pdf
Mezinárodní energetická ročenka 2007	2007	Agentura ČSTZ, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/rocenka_2007.pdf
Možnosti rekonstrukce s cílem snížení energetické náročnosti v bytových budovách	2007	ENVIROS, s. r. o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Moznosti_rekonstrukce_s_cilem_snizeni_energeticke_narocnosti_v_bytovych_budovach_2220047225.pdf
Možnosti výroby elektrické energie z OZE - Elektřina s vůní dřeva...	2007	Radovan Šejvl	/dokument/Moznosti_vyroby_elektricke_energie_z_OZE_biomasa.zip
Navrhování úsporného ohřevu teplé vody	2007	GAS s. r. o.	/dokument/Navrhovani_ustporneho_ohrevu_teple_vody.zip
Netradiční zdroje energií pro vytápění	2007	Agentura ČSTZ, s.r.o.	Netradicni_zdroje_energiu_pro_vytapeni.zip
Řešení centrálních kotelen na biomasu do výkonu 10 MW	2007	Karel Trnobranský	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Reseni_centralnich_kotelen_na_biomasu_do_vykonu_10_MW.pdf
Sborník technických pravidel TP CZB 2007 pro vnější tepelně izolační kontaktní systémy (ETICS)	2007	Cech pro zateplování budov	Sbornik_technickych_pravidel_TP_CZB_2007_pro_vnejsi_tepelne_izolacni_kontaktни_systemy.zip
Sborník technických řešení	2007	RAEN	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Sbornik_technickych_reseni.zip

úspora energie v průmyslovém podniku			8a/Sbornik technických řešení úspor energie v průmyslovém podniku 2220047213.pdf
Studie problematiky snižování energetických ztrát a zvýšení spolehlivosti při dodávkách tepla	2007	RAEN	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Studie_problematiky_snizovani_energetickych_ztrat_a_zvyseni_spolehlivosti_pri_dodavkach_tepla_2220047215.pdf
Tepelná ochrana budov - komentář k ČSN 73 0540	2007	Jiří Šála, Lubomír Keim, Zbyněk Svoboda, Jan Tywoniak	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Komentar_k_CSN_730540_Tepelna_ochrana_budov_2220047206.pdf
Tepelné procesy v průmyslu - úspory energie	2007	Agentura ČSTZ, s.r.o.	Tepelne procesy v prumyslu uspany energii.zip
Úspory energie - Příručka nejen pro pracovníky komunální sféry	2007	Nakladatelství Economia	Uspory energie pro obce a mesta.zip
Uživatelská příručka GEMIS 4.4	2007	CityPlan spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Uzivatelaska_prirucka_GEMIS_4_4.pdf
Výpočet typických tepelných mostů a jejich minimalizace – 250 detailů	2007	Roman Šubrt a kol.	/dokument/Vypocet_typickyh_tepelnych_mostu_a_jejich_minimalizace.zip
Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem	2007	Tebodin Czech Republic, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Zhodnoceni_efektu_projektu_vyuziti_geotermalni_energie_pro_vytapeni_ZOO_v_Usti_nad_Labem_2220047234.pdf
Analýza rekonstrukce rodinných domů na pasivní standard	2008	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/8102_Rekonstrukce_RD_CPD.pdf
Demonstrace projektů ke snížení energetické náročnosti v průmyslu	2008	Raen, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/publikace_8123.pdf
Ekologický a energeticky úsporný systém zásobníkových zdrojů tepla	2008	GAS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Usporny_system_na_CD.pdf
Jak postavit nízkoenergetický dům	2008	Ekowatt, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Brozura_NED_def.pdf
Katalog vlastních spotřeb měřících, jistících a regulačních prvků v rozvodech elektrické energie	2008	Energy Consulting Service, s.r.o.	Katalog_spotreb_mericich_jisticich_regul_prvku_v_rozvodech_el_energie.zip

Klimatologické údaje 2008	2008	ARCADIS Project Management s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/081201_Klimatologie_2008.pdf
Metodické pokyny pro obnovu, provoz a údržbu veřejného osvětlení	2008	VŠB, Ostrava	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/prirucka.pdf
Metodika ekonomického hodnocení energetické soustavy	2008	ARCADIS Project Management s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/publikace_8123_1.pdf
Metodika výpočtu energetické náročnosti budov	2008	ČVUT Praha	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Vypocet_ENB_metodicka_prirucka.pdf
Pasivní domy	2008	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/PD2008.pdf
Program GEMIS 4.4 - uživatelská příručka	2008	Cityplan	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Manual_Gemis_2008.pdf
Softwarový nástroj pro zjednodušené vyhodnocení ENB a monitoring (M&T)	2008	Enviros, s.r.o.	SW_pro_zjednodusene_vyhodnoceni_ENB_a_monitoring.zip
Šetříme energii v domácnosti	2008	SEVEEn	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Uspory_energie_v_domacnosti.pdf
Vliv udržitelné výstavby z technicko-ekonomického hlediska	2008	Enviros, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Vliv_udrzitelne_vystavby.pdf
Biodpad - bioplyn - energie	2009	České ekologické manažerské centrum	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Bioplyn_sesit.pdf
Efektivní využití důlních plynů v systémech zásobování elektřinou a teplem	2009	Tebodin Czech Republic, s.r.o.	cislovani_projektu_2009_1.xls
Energetická náročnost budov	2009	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Brozura_Energeticka_narocnost_budov.pdf
Energetické zplyňování a jeho cesta k vyšší účinnosti a energetickému využití odpadů	2009	Mgr. Radovan Šejvl	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Technicke_systemy_pro_EVO_2009.pdf
Katalog typických stavebních detailů, část 2	2009	Energy Consulting Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Efekt_Katalog2_final.pdf
Katalog vlastních spotřeb elektroinstalačních prvků v rozvodech	2009	Energy Consulting Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2009_KatalogVlastnichSpotreb_02.pdf

elektrické energie			
Klimatologické údaje 2009	2009	ARCADIS project management, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Klimatologie_2009.pdf
Metodika EINSTEIN v praxi	2009	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_EINSTEIN.pdf
Pasivní domy 2009	2009	Centrum pasivního domu	cislovani projektu 2009.xls
Pasivní dům - radost z bydlení	2009	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/1221429207_Pasivni_domy_Radost_z_bydleni.pdf
Program GEMIS 4.5 - uživatelská příručka	2009	CITYPLAN spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Manual_Gemis_2009.pdf
Průvodce výrobou a využitím bioplynu	2009	CZ Biom	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu_2.pdf
Rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard - Praktická řešení	2009	ENVIC, o.s.	Rekonstrukce domu nanizkoenerget standard.zip
Technická část obchodních podmínek pro zhotovení stavby - zateplení domu a výměnu oken	2009	Energy Consulting Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Efekt_Smlouva_Okna_Zatepleni_final.pdf
Úspory elektřiny na pohon topenářských oběhových čerpadel	2009	Cech topenářů a instalatérů ČR	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Uspory_elektriny_pohon_topenarskych_cerpadel.pdf
Využití infrakamery a bezdotykových teploměrů ve stavebnictví – chyby a omyly	2009	Energy Consulting Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Efekt_infrakamera_final.pdf
Zavedení postupu výpočtu potřeby tepla a chladu podle novelizované EN ISO 13790	2009	ARCADIS Project Management s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/091214_publikace_CSN_EN_13790_def_opr.pdf
Zpracování lesních těžebních zbytků	2009	CZ Biom	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Prirucka_zpracovani_lesnich_zbytku.pdf
Postupy při formulaci energetických cílů, cílových hodnot a programů managementu hospodaření s energií v rámci ČSN EN 16001	2011	Vít Klein, PhD.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/postupy-pri-formulaci-energetickych-cilu_csn_en_16001.pdf
Budovy s téměř	2011	ARCADIS Project	http://www.mpo-

nulovou potřebou		Management s.r.o.	efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/nulova-potreba-2011.pdf
ČSN EN 16001 – Systémy managementu hospodaření s energií	2011	ENERGO-ENVI, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/csn_en_16001_postupy_identifikace_en_aspekt_u.pdf
Diverzifikace systému CZT cesta k vyšší konkurenceschopnosti	2011	ENERGO-ENVI, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/decentralizace.pdf
Dostavba jaderné elektrárny temelín	2011	TOP EXPO, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/JETE-3-4-blok.pdf
DŘEVNÍ PELETA II spalování v malých zdrojích tepla	2011	Zdeněk Lyčka, LING Vydavatelství s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/1-text-ii.pdf
Energetická efektivnost bioplynových stanic - možná opatření pro vyšší stupeň využití bioplynu	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/enefbps-zprava-2011.pdf
Energetické služby – úspory energie se smluvně zaručeným výsledkem	2011	APES	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/APES_brozura_final.pdf
Energy for Sustainable Development III: Energy Savings - Economics and Links to other Policies	2011	KNÁPEK, Jaroslav, STREICHER, Wolfgang, VOJÁČEK, Ondřej et al.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/energy-for-sustainable_3.pdf
EPC kuchařka pro zákazníky	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/epc_kucharka-pro-zakazniky.pdf
EPC metodika přípravy a realizace energeticky úsporných projektů	2011	MPO	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/metodika_kompilace_082012.pdf
EPC vzorová smlouva	2011	MPO	vzor_smlouva_epc.docx
GEMIS 4.6 - uživatelská příručka	2011	CityPlan, s.r.o	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/manual-gemis-2011.pdf
Geotermální energie - zdroje, využití, technologie	2011	Ing. Vlastimil Myslík, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/geoterm_publicace.pdf
Klimatologické údaje 2010 a 1. pol. roku 2011	2011	ARCADIS Project management s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/klimatologie_2011.pdf

Kriteriální hodnocení energetické efektivity vybraných elektrospotřebičů při veřejných nákupech a zakázkách	2011	Enviros, s.r.o.	publikace-finalni-verze-1.doc
Měření a verifikace energetických úspor - příručka pro konečného spotřebitele	2011	Enviros, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/prirucka-mav_v30122011_final.pdf
Metodika přípravy a realizace energeticky úsporných projektů řešených metodou EPC u organizací ve státním sektoru	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/epc_metodika-pro-verejny-sektor_seven_final.pdf
Mezinárodní energetická ročenka 2011	2011	MPO, CONTE spol. s r.o., Agentura ČSTZ, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/rocenka_2011.pdf
Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace	2011	Energy Consulting Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ecs_co2_publicace.pdf
Mikrokogenerace – efektivní nástroj stability a bezpečnosti dodávek energie	2011	Energio Envi s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/mikrokogenerace.pdf
Náhrady lineárních zářivek lineárními moduly LED	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/nahrady-linearnich-zarivek-linearnimi-moduly-led.pdf
Nákladově optimální úroveň minimálních požadavků na energetickou náročnost budov	2011	ARCADIS Project Management s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ekonomie_publicace-2011.pdf
Nové energetické štítkování domácích elektrospotřebičů	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/produkt_nove-stitky-seven-final.pdf
Pasivní domy 2011	2011	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/1221421227_Publikace_PD2011.pdf
Problematika referenční budovy pro potřeby novely vyhlášky 148/2007 Sb.	2011	Společnost pro techniku prostředí	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/111207-zprava-referencni_budova_final.pdf

Přehled implementace Směrnice o ekodesignu a požadavků na energetickou efektivnost vybraných skupin výrobků	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/prehled-implementace-smernice-o-ekodesignu-a-pozadavku-na-en.pdf
Publikace obnovitelné zdroje energie 2011	2011	Krajská hospodářská komora Střední Čechy	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/brozura_hk_vposledni.pdf
Sborník České energetické a ekologické stavby a projekty 2009 – 2010	2011	TOP EXPO, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/CEEP-sbornik.pdf
Studie: transakční náklady programů na podporu energetické efektivnosti	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/produkt_studie-transakcni-naklady-final.pdf
Technická zařízení v budovách v otázkách a odpovědích – Energeticky úsporné	2011	ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/TZB4_web.pdf
Teplo a jak na to	2011	JMM CS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/publikace-teplo-final.pdf
Úspory el. energie v systémech veřejného osvětlení - úskalí (chyby a omyly) při jejich přípravě a realizaci	2011	Zdeněk Hason – VO REVITAL	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/publikace-uspory-v-soustavach-vo-z.hason-mpo-efekt-2011.pdf
Vzdělávací průvodce nejen očima studentů	2011	Mgr. Radovan Šejvl	publikace_vzdelavaci-pruvodce_33energetickych-mist_2011_komprimovany.doc
Metodika: Příprava komunikační strategie k regionálním integrovaným systémům nakládání a odpady zahrnující energetické využívání odpadů	2012	Institut URMO, Svaz města a obcí	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2221-institut-pro-udrzitelny-rozvoj-mest-a-obci-metodika-k-priprave-komunikacni-strategie-.pdf
BIOMETAN hospodárné užití obnovitelných zdrojů energie	2012	GAS, s.r.o.; Ing. Jan Žákovec	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2201-gas-s.r.o.-biometan.pdf
Costs, Benefits and Values of	2012	Czech Green Building Council	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e

Green Buildings			8a/2212-cssb-aj..pdf
Malé toplovodní kotle na pevná paliva; spalování pevných paliv po roce 2013	2012	Ing. Zdeněk Lyčka,	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2207-ling-vydavatelstvi-kotle.pdf
Metodika energetického posudku pro jednotlivé vyjmenované případy, v zákoně č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů	2012	Doc. Ing. Roman Povýšil, CSc. a kol., Energo-envi, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2220-energo-envi-metodika-energetickeho-posudku.pdf
Mezinárodní energetická ročenka 2012	2012	Spolupráce Ministerstva průmyslu a obchodu, Agentury ČSTZ, s.r.o. a společnosti VICONTE s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2203-VICONTE-Rocenka-2012.pdf
Nové energetické požadavky na budovy analýza bariér v oblasti legislativy a návrhy možnosti jejich odstranění	2012	Marie Báčová, odborná poradkyně předsedy ČKAIT; Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2227-cpd.pdf
Pasivní domy 2012	2012	Kolektiv autorů; Centrum pasivního dom	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2228-cpd.pdf
Světelné zdroje a svítidla pro veřejné osvětlení v roce 2012	2012	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2230-seven-svetelne-zdroje-a-svitidla.pdf
Šetrné budovy - náklady, výhody a hodnoty	2012	Česka rada pro šetrné budovy	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2212-cssb-cj.pdf
Typické parametry technických systémů pro hodnocení energetické náročnosti	2012	ČVUT, Fakulta stavební, Miroslav Urban, Karel Kabele	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2214-cvut-metodicka-prirucka.pdf
Zavedení metody Top-down a Bottom-up do hodnocení velikosti úspor energie v ČR - příručka	2012	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2211-enviros-prirucka.pdf
Zpracování metodiky energetického posudku pro	2012	Doc. Ing. Roman Povýšil, CSc. a kol., Energo-envi, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2219-energo-envi-metodika-energetickeho-posudku.pdf

projekty realizované v rámci dotačních programů podpory ze státních, evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků			
Zpracování vzorového energetického auditu dle novely zákona č. 406/2000 Sb. pro průmyslový podnik	2012	Ing. Michal Doležal a kol., Energo-envi, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2218-energo-envi.pdf
Analýza potenciálu splnění nákladového optima budov s téměř nulovou spotřebou energie	2013	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3118_seven_prakticka_implementation_clanku_6_smernice.pdf
Faktory primární energie a jejich stanovení	2013	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3122_seven_fatory-primarni-energie.pdf
Implementace článku 18 o energetických službách směrnice evropského parlamentu a rady 2012/27/EU o energetické účinnosti v Českých podmínkách	2013	APES	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3132_apes_publikace_implementation_eeed_clanku_18.pdf
Katalog cen prvků a funkčních dílů stavebních konstrukcí a soustav	2013	STŮ-E, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3103_stu-e_katalog_2013.pdf
Modelování dopadů podpory energetického využití odpadů na konečného spotřebitele za podmínek zákazu skladování	2013	EVECO Brno, s.r.o., ÚPEI VUT Brno	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3101_eveco_studie_dopadu_en_vyuziti_o_dpadu_na_spotrebitele.pdf
Možnosti realizace komplexně řešených úsporných projektů v budovách státního sektoru	2013	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3121_seven_kombinace_epc_a_dotace_na_zatepleni.pdf
Příkladná role	2013	SEVEn, Středisko	http://www.mpo-

státu v oblasti nakupování vybraných výrobků		pro efektivní využívání energie, o.p.s.	efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3118_seven_prakticka_implementation_cleanku_6_smernice.pdf
Certifikace firem energetických služeb	2013	APES	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3133_apes_publicace_navrh-certifikace-firem-esco.pdf
Ekodesign a štítkování světelných zdrojů a svítidel se zaměřením na směrové světelné zdroje	2013	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3117_seven_ekodesign-a-stitkovani-svetelnych-zdroju-a-svitidel.pdf
Energetický průkaz bytových domů	2013	Cerpad, o.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3114_cerpad_brozura_penb_2013.pdf
Fakta a mýty o energetice. Jak vrátit debatu o energetice zpátky na zem	2013	Václav Smil	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3136_drevarsky_klastr_smil-final.pdf
Implementace normy ISO 50001 ve veřejné sféře	2013	DEA Energetická agentura, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3109_dea_implementation-normy-iso-50001-ve-verejne-sfere.pdf
Klimatologické údaje	2013	STÚ-E s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/EF13_3105_STU-E_Klimatologie.pdf
Metodika přípravy a realizace energeticky úsporných projektů řešených metodou EPC u příspěvkových organizací	2013	Asociace poskytovatelů energetických služeb	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3131_web_apes_metodika-realizace-epc.pdf
Mezinárodní energetická ročenka 2013	2013	Spolupráce Ministerstva průmyslu a obchodu, Agentury ČSTZ, s.r.o. a společnosti VICONTE s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3135_web_mezinarodni_rocenka_2013.pdf
Možnosti úspor energie ve velkých výrobnách	2013	VUPEK-ECONOMY, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3108_vupek_moznosti_ustor_energie_ve_velkych_vyrobnach.pdf
Novelizace Národního akčního plánu energetické efektivity	2013	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3111_enviros_novelizace_napee-ii-final.pdf
Pasivní domy 2013	2013	Centrum pasivního domu	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/EF13_3128_Centrum_pasivniho_domu_Pasivni_Domy_2013.pdf
Průzkum fondu	2013	Ing. Jan Antonín,	http://www.mpo-

budov a možnosti úspory energie		Šance pro budovy	efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3116_crpsb_pruzkum_fondu_budov_a_moznosti_uspor_energie.pdf
Příprava podkladů pro akční plán	2013	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/3119_seven-priprava-podkladu-pro-napee.pdf
Referenční budovy podle metodického rámce	2013	STÚ-E, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3104_stu-e_referencni-budovy_2013.pdf
Typový příklad analýzy nákladů a přínosů ve vztahu k opatření na podporu účinnosti při dálkovém vytápění a chlazení ve statutárním městě	2013	ENERGO- ENVI, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3107_energo_envi_typovy_priklad_analyzy_nakladu.pdf
Užití OZE a reálný podíl v českých budovách	2013	STÚ-E, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3102_stu-e_uziti-oze.pdf
Validace výpočetních pomůcek pro hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 78/2013 Sb.	2013	Miroslav Urban, Karel Kabele, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3130_cvut_projekt-zprava_cek_v0.pdf
Zpracování vybraných vzorových projektů zvyšování účinnosti užití energie při výrobě a distribuci energie v malých a středních podnicích	2013	ENERGO- ENVI, s.r.o.	ef13_3106_energo_envi_zpracovani-vzorovych-projektu-mpo-efekt.doc
Zpráva o výpočtu nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov	2013	MPO ČR, Severn, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2205-SEVEn-CO.pdf
Analýza fondu nerezidenčních budov v České republice a možností úspor v nich	2014	Ing. Jan Antonín, Mgr. Petr Holub	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4515_sance_pro_budovy_analyza-fondu-nerezidencnich-budov-v-cr-a-moznosti-uspor-v-nich-spb-15-1-2015-final.pdf
Možnosti růstu energetické účinnosti ve	2014	VUPEK-ECONOMY, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4537_vupec_economy_moznosti-rustu-

velkých výrobních energie			energeticke-ucinnosti-ve-velkych-vyrobnach-energie.pdf
Nové technologie a aplikace tepelných čerpadel rozšiřující možnosti jejich uplatnění (nejen) v podmínkách ČR	2014	SEVEn Energy s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4589_seven_nove-technologie-a-aplikace-tepelnych-cerpadel-rozsirujici-moznosti-jejich-uplatneni-nejen-v-podminkach-cr.pdf
Scénáře energetické spotřeby budov v ČR na základě požadavků článku 4 směrnice EED	2014	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4555_seven_scenare-energeticke-spotreby-budov.pdf
Uplatnění metody EPC ve světle nově přijatých Evropských směrnic o veřejných zakázkách	2014	Asociace poskytovatelů energetických služeb	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4542_apes_uplatneni-metody-epc-ve-svetle-nove-prijatych-evropskych-smernic-o-verejnych-zakazkach.pdf
Ekodesign a štítkování světelných zdrojů a svítidel se zaměřením na směrové světelné zdroje	2014	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ekodesign-a-stitkovani-svetelnych-zdroju-a-svitidel.pdf
Ekonomické hodnocení energeticky úsporné výstavby	2014	Jiří Beranovský	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4580_ekowatt_ekonomika_energeticky_ustavby_vystavby.pdf
Hodnocení energetické a ekonomické efektivnosti technologií pro energetické využití odpadů aplikovatelných v České republice	2014	EVECO Brno, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4100_eveco_hodnoceni_vyuziti_odpadu.pdf
Hodnocení úrovně energetického managementu krajů, měst a obcí	2014	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4530_enviros_hodnoceni_urovne_energetickeh_o_managementu_kraju_mest_a_obci.pdf
Investice do úspor energií v budovách versus budoucnost malých systémů centralizovaného zásobování teplem	2014	František Macholda, Karel Srdečný, Jan Pokorný	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4579_ekowatt_zateplovani_budov_a_budoucnost_czt.pdf
Kontrola klimatizačních systémů; Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie. Metodické pokyny	2014	Ing. Miloš Lain, Ph.D., Ing. Roman Vavříčka, Ph.D	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4507_spolec.pro-techniku-prostredi_metodika-kontrol-klima-a-kotlu.pdf

2014			
Nejlepší osvětlení v domácnosti	2014	SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/brozura-premiumlight.pdf
Podpora implementace směrnice Evropského parlamentu 2012/27/EU o energetické účinnosti do národních podmínek ve vztahu k aplikaci energetických služeb	2014	Asociace poskytovatelů energetických služeb	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4544_apes_podpora-implementace-smernice-evropskeho-parlamentu-201227eu-o-energeticke-ucinnosti.pdf
Posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny podle čl. 14 směrnice 2012/27/EU	2014	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4532_enviros_posouzeni-potencialu-vysoce-ucinne-kombinovane-vyroby-tepla-a-elektriny.pdf
Energetické hodnocení budov	2014	VUT Brno, fakulta stavební	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4582_sfvut_brno_energeticke-hodnoceni-budov.pdf
METODIKA PRO KONTROLU KVALITY ENERGETICKY VELMI ÚSPORNÝCH DOMŮ, SE ZAMĚŘENÍM NA VELKÉ NOVOSTAVBY	2015	Ing. Ladislav Bukovský, Ing. arch. Josef Smola	http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/65962
Absorpční kapacity investičních dotačních titulů v oblasti energetické efektivity a využití OZE a DZE. Energeticky úsporná opatření pro školy a školky a obecní úřady v průběhu let 2004 – 2014	2015	Ing. Luděk Steffl, CSc., Ing. Jiří Sedláček	http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/65955

2 Důvod provádění kontrol kotlů a otopných soustav

V praxi je vnímána kontrola kotlů a otopných soustav jako administrativní záležitost nařízená směrnicí evropské unie, která byla implementována do českého zákonodárství. Málokdo si však uvědomuje, že by se mělo jednat o účinný nástroj úspor energií. Původní nařízení se týkalo pouze kontrol kotlů a měla se zjišťovat jejich účinnost a radit uživatelům v otázce změn kotle či jeho seřízení. Rozšíření na otopnou soustavu má svoje opodstatnění, neboť i ta v mnohých případech ovlivňuje účinnost vytápění.

Především je nutné si uvědomit, že nesprávně navržená otopná soustava s nesprávným kotlem může znamenat velké energetické ztráty. Není to však otázka správného dimenzování velikosti otopných těles, ale jde o celý systém, který musí být regulovatelný v celém rozsahu své činnosti. Topný systém musí být vždy navržen tak, aby dodal do budovy dostatek tepelné energie při extrémních vnějších podmínkách. V našich oblastech se zpravidla jedná o vnější teploty kolem $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento topný systém však musí s vysokou účinností fungovat i při teplotách $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy začíná topná sezóna. Znamená to, že musí být regulovatelný v rozmezí od 25 do 100 % potřebného výkonu. Vzhledem k tomu, že topný systém je vždy mírně předdimenzovaný a vytápět je nutné i při částečné dodávce tepla z vnitřních či vnějších tepelných zisků je nutné, aby byla možná praktická regulace v rozmezí 10 až 100 %. Tento požadavek klade vysoké nároky na regulace, zejména u zdrojů na pevná paliva a u starších zdrojů vytápění. Pokud kotel a otopná soustava neumožňují vhodnou regulaci v uvedeném rozmezí, klesá sezónní účinnost vytápění, často i pod hodnotu 30 %. To je informace, která by měla být sdělena provozovateli kotle a otopné soustavy tak, aby si mohl spočítat, o jaké finanční ztráty se jedná a zda pro něj není výhodnější investovat do nového zdroje či do úpravy stávající otopné soustavy tak aby se zvýšila energetická účinnost.

Z tohoto důvodu by se kontrola kotlů a otopných soustav měla zabývat především hodnocení sezónní účinnosti. To je však často obtížné, neboť je velmi problematické zjistit množství vyrobeného tepla a to porovnat s množstvím dodaného paliva. Proto by hodnocení mělo být minimálně na úrovni výpočtů, tedy zjistit potřebu tepla na vytápění a tu pak porovnat s dodaným množstvím paliva, samozřejmě se zohledněním konkrétních klimatických podmínek.

3 Základy fyziky a chemie

K základním znalostem patří základní znalosti fyziky, které jsou často v mnoha různých obměnách využívány pro hodnocení kotlů a otopných soustav. V dnešní době mnoha různých výpočtových aplikací to vypadá, že vlastní znalosti již nejsou nutné a stačí znát ovládání počítače. Je však nutné, aby příslušný technik měl dostatečné znalosti tak, aby minimálně vnímal principy fungování a měl reálnou představu, co se počítá, jak a proč. Z tohoto důvodu lze tvrdit, že základní fyzikální znalosti patří k nutným předpokladům výkonu funkce energetického specialisty.

3.1 Fyzikální veličiny, jejich jednotky a důležité konstanty

Fyzikální veličina je objektivní vlastnost nějakého jevu, tělesa nebo látky, která má velikost a může tedy být měřena a vyjádřena jako číslo. K tomu abychom její hodnotu mohli číselně vyjádřit, potřebujeme nějakou referenci, což vedlo k nutnosti zavedení soustav jednotek. Základní mezinárodní soustavou je Soustava SI (zkratka z francouzského Le Système International d'Unités). Je to mezinárodně dohodnutá a široce používaná soustava jednotek fyzikálních veličin. Skládá se ze sedmi takzvaných **základních** jednotek (viz tabulka 2) a dvaceti dvou **odvozených** jednotek, které mají speciální názvy a symboly, nicméně lze je vyjádřit i pomocí sedmi základních jednotek SI (viz tabulka 3).

K vyjádření násobků nebo dílů (výhradně dekadických) jednotek slouží předpony (viz tabulka 4).

Tabulka 2 – Základní fyzikální veličiny a jejich jednotky

Fyzikální veličina	Jednotka	Značka
Délka	metr	m
Hmotnost	kilogram	kg
Čas	sekunda	s
Elektrický proud	ampér	A
Termodynamická teplota	kelvin	K
Látkové množství	mol	mol
Svítilivost	kandela	cd

Tabulka 3 – Odvozené (pojmenované) jednotky

Název	Symbol	Veličina	Vyjádření	
			jinými jednotkami	základními jednotkami
Radian	rad	velikost úhlu		Bezrozměrná
Steradian	sr	velikost prostorového úhlu		Bezrozměrná
Herz	Hz	frekvence		s^{-1}
Newton	N	síla		$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
Pascal	Pa	tlak	N/m^2	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
Joule	J	energie (práce, teplo)	$N \cdot m$; $W \cdot s$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
Watt	W	výkon	J/s	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
Coulomb	C	elektrický náboj		$s \cdot A$
Volt	V	napětí	W/A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Farad	F	(elektrická) kapacita	C/V	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^4 \cdot A^2$
Ohm	Ω	(elektrický) odpor	V/A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Siemens	S	vodivost	A/V	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2$
Weber	Wb	magnetický tok	$V \cdot s$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Tesla	T	magnetická indukce	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Henry	H	indukčnost	Wb/A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Stupeň Celsia	$^{\circ}C$	teplota dle Celsiovy stupnice (0 $^{\circ}C = 273,15 K$)		K
Lumen	lm	světelný tok	$cd \cdot sr$	
Lux	lx	intenzita osvětlení	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd$

Becquere l	Bq	počet rozpadů za sekundu (radioaktivita)		s^{-1}
Gray	Gy	absorbovaná dávka (ionizačního záření)	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Sievert	Sv	dávkový ekvivalent (ion. záření)	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

Tabulka 4 – Předpony soustavy SI

exponent	Předpona	Značka	Název	Příklad
24	yotta	Y	kvadrilion	
21	zetta	Z	triliarda	
18	exa	E	trilion	EB – exabajt
15	peta	P	biliarda	PJ – petajoule
12	tera	T	bilion	TW – terawatt
9	giga	G	miliarda	GHz – gigahertz
6	mega	M	milion	MeV – megaelektronvolt
3	kilo	k	tisíc	km – kilometr
2	hekto	h	sto	hPa – hektopascal
1	deka	da	deset	dag – dekagram
0	-	-	jedna	m – metr
-1	deci	d	desetina	dB – decibel
-2	centi	c	setina	cm – centimetr
-3	mili	m	tisícina	mm – milimetr
-6	mikro	μ	miliontina	μ A – mikroampér
-9	nano	n	miliardtina	nT – nanotesla
-12	piko	p	biliontina	pF – pikofarad
-15	femto	f	bilirdtina	fm – femtometr
-18	atto	a	triliontina	as – attosekunda
-21	zepto	z	trilirdtina	
-24	yokto	y	kvadriliontina	

Definice základních jednotek

Délka

Základní jednotkou je metr. Metr je délka dráhy, kterou urazí světlo ve vakuu za $1/299792458$ sekundy.

Hmotnost

Základní jednotkou hmotnosti je kilogram. Ten je definován hmotností mezinárodního prototypu kilogramu, který je uložen v Mezinárodním úřadě pro váhy a míry v Sèvres u Paříže.

Čas

Základní jednotkou času je sekunda. 1 sekunda je doba trvání 9 192 631 770 period záření, odpovídající přechodu mezi dvěma hyperjemnými hladinami základního stavu atomu ^{133}Cs .

Elektrický proud

Základní jednotkou elektrického proudu je ampér. Ampér je takový elektrický proud, který ve dvou přímých rovnoběžných vodičích o nekonečné délce a zanedbatelném průřezu vzájemně vzdálených ve vakuu jeden metr vyvolá mezi těmito vodiči sílu rovnou 2×10^{-7} N na jeden metr délky.

Termodynamická teplota

Základní jednotkou termodynamické teploty je kelvin. Kelvin je $1/273,16$ díl absolutní teploty trojného bodu vody.

Svítivost

Základní jednotkou svítivosti je kandela. Kandela je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření s frekvencí 540×10^{12} Hz, a jehož zářivost v tomto směru je $1/683$ W/sr.

Látkové množství

Základní jednotkou látkového množství je mol. Mol je takové množství, které obsahuje tolik částic (atomů, molekul, iontů, elektronů a pod), kolik je uhlíkových atomů v 12 g izotopu uhlíku ^{12}C ($6,022\ 140\ 857 \pm 0,000\ 000\ 074$) $\times 10^{23}$ částic (takzvaná Avogadrova konstanta je implicitně obsažena v některých fyzikálních konstantách, například v univerzální plynové konstantě, Faradayově konstantě, v jednotce Einstein pro měření světelného toku apod.

Definice jednotek a uchování etalonů garantuje Bureau International des Poids et Mesures. Existují i národní pobočky, např. v ČR je to Český metrologický institut se sídlem v Brně.

Fyzikální konstanta je fyzikálně naměřená či odvozená veličina, která je považována za univerzálně platnou a v čase se nemění. To ji odlišuje od matematické konstanty, která má pevnou číselnou hodnotu, ale nezahrnuje výsledek žádného fyzikálního měření. Existuje velké množství fyzikálních konstant, k těm široce známým patří např. rychlost světla ve vakuu.

Většina fyzikálních konstant má nějaké jednotky, tedy rozměr, např. rychlost světla ve vakuu má rozměr m/s, ale existují i fyzikální konstanty bezrozměrné (bez jednotky).

3.2 Druhy energie

Energie je pouze jedna, lze ji však pro potřeby popisu rozdělit například podle druhu síly, která působí, nebo podle zdroje, který energii vydává.

Podle působící síly je to:

- Kinetická (pohybová) energie
- Potenciální (polohová) energie
- Gravitační potenciální energie
- Potenciální energie pružnosti
- Tlaková potenciální energie
- Elektrická energie

- Magnetická energie
- Energie záření
- Vnitřní energie
- Tepelná energie je spojena s chaotickým pohybem (vibrací a rotací) molekul.
- Jaderná energie
- Chemická energie (energie chemické vazby, vazebná energie)

Podle zdroje z něhož energii získáváme, ji můžeme rozdělit takto:

- Sluneční energie
- Vodní energie
- Větrná energie
- Energie mořských vln
- Tepelná energie ze spalování biomasy
- Svalová energie
- Energie přílivu
- Geotermální energie
- Energie z fosilních paliv
- Energie z radioaktivního štěpení
- Energie z jaderné fúze

Prvních 6 zdrojů energie má původ ve sluneční energii. Energie přílivu (energie slapových sil) pochází z kinetické energie soustavy Země - Měsíc (slapové síly zpomalují rotaci Země). Geotermální energie pochází především z radioaktivního rozpadu těžkých prvků v zemském nitru a přispívají k ní i slapové síly (nitro Země je částečně tekuté).

3.3 Termika

Teplota

Kinetická energie částic, z nichž je těleso složeno se projevuje jako teplota tělesa; čím rychlejší je pohyb částic (jejich energie), tím vyšší je teplota tělesa.

Jednotkou teploty v soustavě SI je 1 kelvin, značka K. Teplotu měříme od takzvané absolutní nuly, což je nejnižší teplota, k níž se můžeme limitně blížit, ale nelze ji dosáhnout. Výhodou této stupnice je, že absolutní teplota je přímo úměrná objemu ideálního plynu při konstantním tlaku. Běžně se v praxi užívá jednotka stupeň Celsia (°C), která má stejnou velikost, ale 0 °C je teplota trojného bodu vody tj. 273,15 K. Teplotní rozdíl se zpravidla vyjadřuje v kelvinech a ne v °C. V anglosaských zemích se stále ještě užívá stupnice Fahrenheitova. V minulosti byly zavedeny ještě další teplotní stupnice, zajímavá je třeba stupnice Rankinova, která má začátek u absolutní nuly a liší se jen velikostí stupně.

Vztah mezi teplotou, objemem, tlakem a množstvím (ideálního) plynu popisuje takzvaná Stavová rovnice ideálního plynu:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T,$$

kde:

p je tlak.

V je objem.

n je počet molů plynu.

R je univerzální plynová konstanta.

Absolutní teplota souvisí jednoduchým vztahem s vnitřní energií ideálního (v tomto případě jednoatomového) plynu.

$$U = 3/2 \cdot n \cdot R \cdot T,$$

kde:

n je látkové množství.

R je univerzální plynová konstanta.

Teplo

Teplo je vlastně kinetická energie částic, z nichž je těleso složeno. Vzhledem k tomu, že tyto částice se pohybují neuspořádaně, má teplo oproti jiným formám energie některé odlišné vlastnosti. Teplo je nejběžnější forma energie a zaujímá v energetických přeměnách centrální místo. Každý druh energie se dá snadno přeměnit na teplo; teplo je proto nejdostupnější forma energie.

Měrná tepelná kapacita (Měrné teplo)

Jedná se o množství tepla potřebného k ohřátí 1 kilogramu látky o 1 K. Jde o charakteristickou vlastnost určité látky a její hodnota je mírně závislá na teplotě (pokud počítáme ve velkém teplotním rozsahu nebo vyžadujeme velkou přesnost, je třeba dosadit do vzorce střední hodnotu měrné tepelné kapacity). Jednotka v SI je $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Množství tepla potřebného k ohřátí nějaké látky na určitou teplotu je dáno vztahem:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1),$$

kde:

m je hmotnost.

c je měrné teplo.

t_1, t_2 jsou počáteční a konečná teplota.

Jestliže dochází ke změně skupenství je to též provázeno přijetím (tání nebo vypařování) či uvolněním tepla (tuhnutí nebo kondenzace). Množství tepla, které je nutné přidat či odebrat 1 kg látky se nazývá měrné skupenské teplo, značí se l a jednotkou je J. Analogický vzorec pro množství tepla potřebného ke změně skupenství neobsahuje teplotu, protože změny skupenství u čistých látek (chemických prvků či sloučenin) probíhají při zcela určité teplotě, která se v průběhu skupenské změny nemění.

$$Q = m \cdot l$$

Kalorimetrická rovnice

Kalorimetrická rovnice popisuje výměnu tepla u těles tvořících izolovanou soustavu. V nejjednodušším případě se předpokládá, že veškeré teplo, které při výměně jedno těleso odevzdá, druhé těleso přijme. Nedochází tedy ke změně druhu energie např. na mechanickou energii, nevzniká žádné teplo z chemických reakcí apod.

$$m_1 c_1 (t - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - t)$$

Důležité energetické přeměny produkující teplo a mechanismus jakým teplo vzniká:

Spalování - přeměna chemické energie na teplo reakcí látek s kyslíkem. Využívání uhlí a biomasy jde touto cestou.

Tření - přeměna mechanické energie na teplo. Je to zpravidla přeměna nežádoucí (snižuje účinnost strojů), nicméně někdy se používá cíleně; například brzdění.

Průchod elektrického proudu vodičem - pohyb elektronů ve vodiči je brzděn krystalovou mřížkou (jde o jistou analogii tření) a dochází k zahřátí vodiče. Využívá se pro elektrické vytápění. Za velmi nízké teploty mohou tyto interakce u některých látek vymizet a elektrický odpor klesne na nulu (supravodivost).

Absorpce záření - absorpce fotonů elektromagnetického záření v látce vede k jejich zániku a předání energie. Tento proces probíhá v absorbérech solárních kolektorů pro ohřev vody či vzduchu.

Absorpce částic - průnik nebo absorpce elementárních částic (např. neutronů) látkou vede ke zvýšení její teploty. Takto se předává energie jaderného štěpení uranu v atomových elektrárnách.

3.4 Spalování

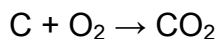
Jde o nejstarší a patrně i nejdůležitější energetickou přeměnu, kterou lidstvo využívá. Většina energie, kterou lidstvo spotřebuje, je stále ještě získávána tímto způsobem.

Hoření paliv je v zásadě oxidace paliva kyslíkem. V praxi jde o poměrně složitý řetězec na sebe navazujících chemických reakcí, které probíhají za vysoké teploty v

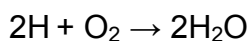
přítomnosti vzdušného kyslíku a uvolňuje se při nich energie ve formě tepla. Při dokonalém spalování vzniká oxid uhličitý a v závislosti na druhu paliva i další produkty (voda, oxid siřičitý a oxidy dusíku). Při nedokonalém spalování vzniká ještě řada dalších, nežádoucích a často toxických látek (například polycyklické aromatické uhlovodíky a mikroskopické částice uhlíku). Běžná tuhá paliva obsahují tři základní složky: hořlavinu, popelovinu a vodu.

Hořlavina představuje nejvýznamnější složku paliva, neboť je nositelem energie. Aktivní prvky hořlaviny jsou uhlík, vodík a v malém množství i síra; při jejich reakci se vzdušným kyslíkem se uvolňuje teplo. Kyslík a dusík představují pasivní složku hořlaviny, nemají energetickou hodnotu.

Chemie hoření jednotlivých prvků hořlaviny:



12 g (22,4 l) \rightarrow 44 g spalné teplo $Q = 394$ kJ/mol

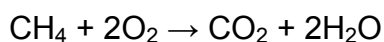


2 g (22,4 l) \rightarrow 36 g spalné teplo $Q = 242$ kJ/mol

Množství tepla získané spálením hořlaviny libovolného složení je součtem spalných tepel příslušného množství jednotlivých prvků v ní obsažených.

Například spalné teplo metanu je $394 + 2 \times 242 = 878$ kJ/mol t.j. přibližně 40 MJ/m^3 .

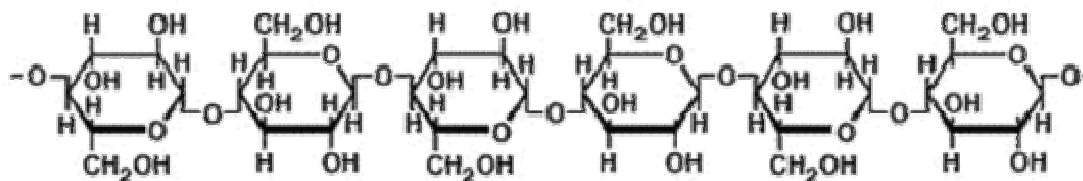
Rovnice hoření metanu:



Z hlediska spalování je velmi složitý chemický proces hoření dřeva, neboť to je tvořeno směsí různorodých látek, především celulózy, ligninu a pryskyřic.

Celulóza je základní stavební materiál rostlinných buněk. Z chemického hlediska jde o polysacharid složený z velkého počtu navzájem spojených molekul glukózy.

Struktura celulózy



Celulóza je hygroskopická; snadno přijímá vodu a vlhne. Vzhledem k tomu, že v celulóze připadá na každý atom uhlíku jeden atom kyslíku, je výhřevnost suché celulózy jen asi 18MJ/kg.

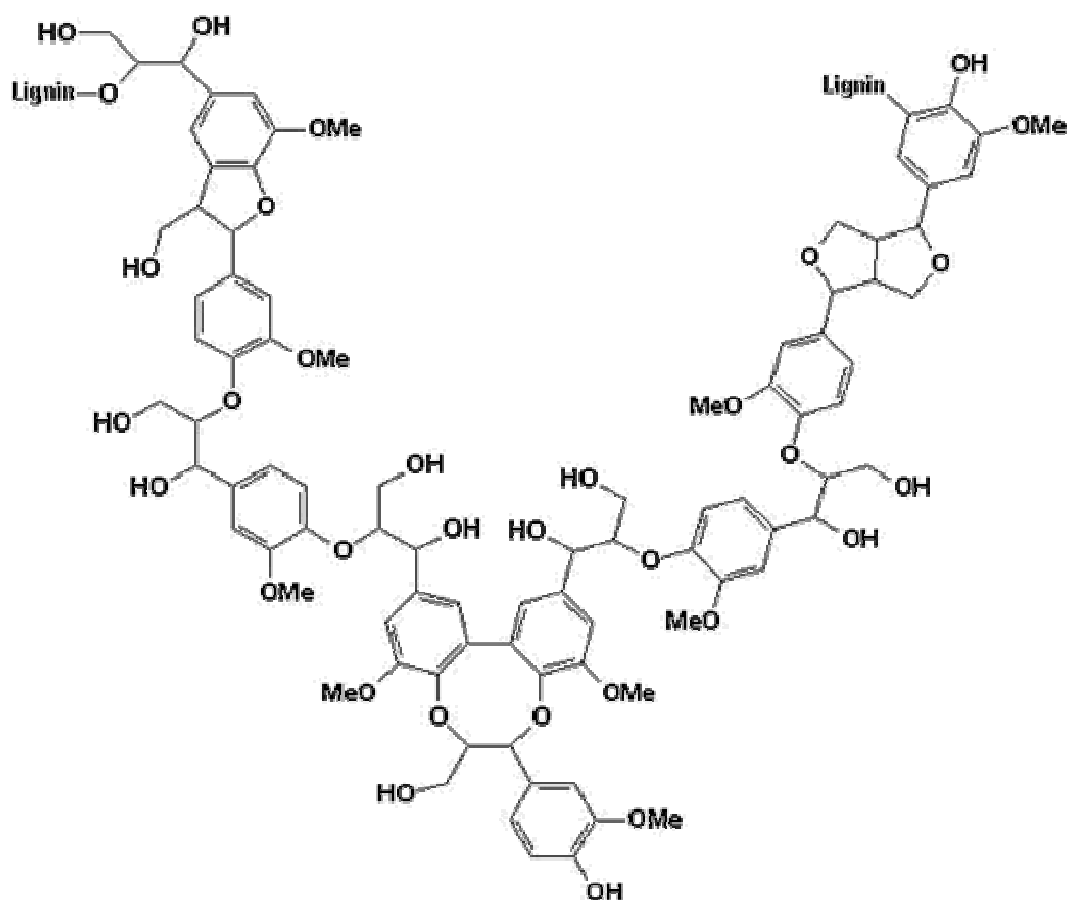
Lignin je další významnou složkou dřeva stromů. Jednou z jeho funkcí je mechanické zpevnění buněčných stěn a také tvoří součást kapilár, které v rostlině vedou vodu a živiny. Tvoří zhruba třetinu hmotnosti dřeva.

Tabulka obsahu jednotlivých složek ve dřevu

druh dřeva	Celulóza	Lignin
měkké dřevo	45%	30%
tvrdé dřevo	42%	20%

Z chemického hlediska je lignin komplikovaný polymer respektive směs polymerů. Není tvořen ze sacharidů jako celulóza, ale převážně z aromatických alkoholů. Díky tomu není tak hydrofilní (navlhavý) a má i trochu větší výhřevnost než celulóza. Při nedokonalém spalování (pyrolýze) dřeva se z něj uvolňují různé aromatické sloučeniny, které mohou být zdraví škodlivé.

Struktura ligninu



Pryskyřice - je obsažena ve dřevě jehličnatých stromů a je tvořena převážně směsí uhlovodíků (terpeny). Vzhledem k tomu, že uhlovodíky mají znatelně větší výhřevnost než celulóza nebo lignin, má dřevo jehličnatých stromů obsahujících pryskyřici o trochu větší výhřevnost než dřevo listnatých stromů.

Z hlediska produkce tepla je palivo charakterizováno spalným teplem a výhřevností. Spalné teplo je množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Předpokládá se, že zplodiny jsou ochlazeny na výchozí teplotu a voda uvolněná spalováním zkondenzuje.

Výhřevnost je oproti spalnému teplu menší o kondenzační teplo vody vzniklé při spalování.

Patrné to je zejména u zemního plynu, který má poměrně velký rozdíl mezi spalným teplem ($\sim 37,7 \text{ MJ/m}^3$) a výhřevností ($\sim 34 \text{ MJ/m}^3$). V poslední době jsou na trhu i olejové kondenzační kotle. V zásadě jde o kondenzace využít u paliv, jež neprodukují

tuhé částice zanášející kondenzační výměník. Praktický význam má ale jen u paliv s větším obsahem vodíku a tedy větší produkcí vody vlivem chemické reakce.

Vzhledem k tomu, že je zvykem vztahovat účinnost spalování k výhřevnosti, vychází u kondenzačních kotlů takto měřená účinnost větší než 100 %, což je z hlediska definice účinnosti fyzikálně nesmyslné. Nově se proto zavádí pojem „normovaný stupeň využití“. Pokud počítáme účinnost kondenzačního kotle ze spalného tepla, dojdeme fyzikálně korektním postupem na hodnotu <100 %.

Základní paliva a jejich vlastnosti

Paliva se obvykle dělí na tuhá, kapalná a plynná; skupenství paliva je poměrně významné pro jeho způsob spalování a následné využití. Z hlediska původu pak na fosilní (uhlí, ropa, zemní plyn) a obnovitelná (biomasa).

Výhřevnost některých paliv

Palivo	výhřevnost
zemní plyn	33,48 MJ/m ³
propan	46,40 MJ/kg
LTO	42,30 MJ/kg
palivové dřevo	14,62 MJ/kg
dřevěné brikety	16,21 MJ/kg
HU prachové – Most	11,72 MJ/kg
HU tříděné – Most	17,18 MJ/kg
HU prachové – Sokolov	10,49 MJ/kg
HU tříděné – Sokolov	14,17 MJ/kg
ČU prachové – Ostrava	22,78 MJ/kg
ČU energetické – Ostrava	29,21 MJ/kg
ČU energetické – Kladno	22,61 MJ/kg
sláma obilná	15,50 MJ/kg
pryžový odpad	34,92 MJ/kg
TTO	40,61 MJ/kg
motorová nafta	42,62 MJ/kg
motorový benzín	43,59 MJ/kg

Výhřevnost některé biomasy

	obsah vody [%]	výhřevnost [MJ/kg]
dřevo - obecně	20	14,23
listnaté dřevo	15	14,61
listnaté dřevo	50	7,59
jehličnaté dřevo	15	15,58
jehličnaté dřevo	50	8,16
polena (měkké dřevo)	0	18,56
polena (měkké dřevo)	10	16,40
polena (měkké dřevo)	20	14,28
polena (měkké dřevo)	30	12,18
polena (měkké dřevo)	40	10,10
polena (měkké dřevo)	50	8,10
dřevní štěpka	10	16,40
dřevní štěpka	20	14,28
dřevní štěpka	30	12,18
dřevní štěpka	40	10,10
smrková kůra	15	15,47
smrková kůra	60	8,40
sláma obilovin	10	15,49
sláma kukuřice	10	14,40
lněné stonky	10	16,90
sláma řepky	10	16,00

Významnou negativní vlastností biomasy je obsah vody, který souvisí s jejím vznikem, a její hygroskopičnost, tj. náchylnost k vlhnutí i po vysušení. Uhlí může být při skladování zcela namočené do vody, aniž by došlo k nějakému významnému snížení

jeho výhřevnosti, u dřeva nebo slámy spalováním v mokřém stavu klesá výhřevnost o více než polovinu. Významnou vlastností biomasy je to, že se její značný podíl při ohřátí nad 200 °C zplyňuje, tj. biomasa má velký podíl takzvané prchavé hořlaviny. To má za následek tvorbu dlouhého plamene. Při zahřívání dřeva dochází nejprve k odpařování vody. Vzhledem ke špatné tepelné vodivosti dřeva a vysokému výparnému teplu vody dochází u větších kusů dřeva k tomuto procesu ještě dlouho potom, kdy již dřevo na povrchu hoří. Odpařování vody spotřebuje mnoho tepla a velmi efektivně dřevo chladí. Po odpaření vody proto ve vysušené zóně vzroste teplota a začne docházet k uvolňování dalších prchavých látek (např. pryskyřice) a k tepelnému rozkladu (pyrolýza) jednotlivých látek, ze kterých se dřevo skládá. Jsou to vesměs endotermické (energii spotřebovávající) reakce. Následně vzniká směs hořlavých plynů, která v sobě nese přes polovinu energie v dřevě obsažené, a na roštu zbývá dřevěné uhlí. Hořlavé plyny s přiváděným vzduchem hoří ve formě dlouhého plamene (primární spalování). Při tom ale nedochází ke spálení všech spalitelných plynů, protože k tomu zpravidla není dostatek kyslíku nebo dostatečně vysoká teplota. Pokud je pod rošt přiváděno více vzduchu, plamen se příliš ochladí, pokud je vzduchu málo, nemůže zase dojít k úplné oxidaci (až na oxid uhličitý). Z tohoto důvodu je třeba zajistit, aby spalovací komora, v níž hoření probíhá, měla dostatečně vysokou teplotu. Do plamene je pak přiveden ještě takzvaný sekundární vzduch, který umožní dohoření zbylých, dosud nespálených plynů. Tím se uvolní i zbylá energie v palivu obsažená a do komína tak odchází jen oxid uhličitý, vodní pára a malé množství oxidů dusíku (a ze vzduchu pochopitelně zůstane nespotřebovaný dusík). Právě délka plamene a nutnost zajistit jeho vysokou teplotu znamená nutnost používat větší ohniště a teplosměnné plochy umístit až za koncem plamene, aby plamen zbytečně neochlazovaly, jinak se tvoří saze, které je zanášejí, a pochopitelně se tím také snižuje účinnost spalování. Proto jsou kotle na dřevo poměrně rozměrné a je obtížné vyrobit malé kotle s dobrou účinností. Také u nich lze výkon kotle regulovat jen v omezeném rozsahu. Pokud se příliš zmenší přívod primárního vzduchu, teplota se sníží a nedochází k dokonalému spalování. Na roštu zbývající žhavé uhlí se spaluje pomaleji a nevytváří dlouhý plamen. V zásadě je jeho spalování analogické jako třeba u koksu a lze je velmi dobře regulovat v širokém rozmezí přívodem primárního vzduchu. Zpravidla při tom vzniká z části oxid uhelnatý, který se spálí až v místě přívodu sekundárního vzduchu. Pokud došlo k uvolnění veškerých těkavých složek a v topeništi zůstává již jen dřevěné uhlí, je možné regulovat výkon v poměrně širokém rozsahu přívodem primárního vzduchu.

Zajistit, aby spalování probíhalo výše uvedeným způsobem, není (zvláště v malých topeništích) jednoduché. U velkých kotlů je do horní části plamene ještě přiveden terciární vzduch (u kotlů s výkonem 1 MW jsou plameny zhruba 5 m dlouhé) a celý systém dávkování vzduchu je řízen počítačem na základě údajů o složení spalin (např. prostřednictvím lambda sondy). U malých kotlů by ale takové sofistikované zařízení bylo velmi finančně náročné, a proto se nepoužívá. Zde se často využívají takzvané pyrolýzní (zplynovací) kotle. V nich je fyzicky oddělen prostor, v němž dochází k vysušení a zplynění dřeva od prostoru kde jsou hořlavé plyny spalovány.

Vlastnosti Slunce jako energetického zdroje

Slunce je naším nejdůležitějším primárním energetickým zdrojem. Od energie Slunce je odvozena velká většina v praxi využívaných energetických zdrojů tj. energie větru, proudící vody, biomasy a také fosilních paliv. Energie uvolňovaná termonukleárními reakcemi na Slunci je na Zemi „dopravována“ ve formě elektromagnetického záření. Nejvýznamnější je oblast záření v rozsahu přibližně 400 až 650 nm; záření těchto vlnových délek je pro naše oči viditelné a v této oblasti spektra také na Zemi dopadá největší množství energie (asi $\frac{3}{4}$). Energeticky významné je ještě takzvané blízké infračervené záření v oblasti od 650 nm do přibližně 2 000 nm. Většina ultrafialového záření, hlavně oblast pod 280 nm, je pohlcena ozónem ve stratosféře a na povrch Země se nedostane. Podobně je atmosférou částečně zadržováno dlouhovlnné infračervené záření (nad asi 3 000 nm).

Na hranici zemské atmosféry je hustota energie dopadajícího záření $1,37 \text{ kW/m}^2$. Po průchodu atmosférou poklesne na přibližně 1 kW/m^2 při bezmračné obloze. Pokud je obloha zatažená pak může poklesnout na méně než 100 W/m^2 .

3.5 Termodynamika

Termodynamika je pro energetické specialisty věnující se kontrolám kotlů a otopných soustav zásadní část fyziky, neboť z ní vyplývá i popírání mnohých bludů, které se v této oblasti tradují. Tím máme na mysli např. zázračné nátěry, které působí v rovině kvantové fyziky či výhodnost sálavého vytápění. Při rozboru vlastností je jasné, že nabízené výrobky nemohou mít ty vlastnosti, které jejich prodejci uvádějí (např. nátěry i kdyby obsahovaly speciální kuličky se super vlastnostmi, jsou z větší části

tvořeny pojivy, zázračné sálavé vytápění stejně musí do pobytové místnosti dodat tolik tepla, kolik z ní uteče...).

První věta termodynamická

V klasické mechanice se celková energie nějakého tělesa skládá z kinetické energie makroskopického (uspořádaného) pohybu částic, z nichž je složeno, tj. pohyb tělesa jako celku a z energie neuspořádaného pohybu částic, kterými je těleso tvořeno, tj. tepla.

První věta říká:

Celkové množství energie (všech druhů) izolované soustavy zůstává zachováno. Jednotlivé druhy energie se mohou navzájem přeměňovat (např. mechanická energie může přecházet na teplo apod.), ale energii nelze získat.

Někdy se to formuluje také tak, že nelze sestrojiti „Perpetuum mobile prvního druhu“ tj. stroj, který by trvale dodával mechanickou energii (konal práci), aniž by spotřeboval odpovídající množství energie jiného druhu.

Druhá věta termodynamická

Druhá věta určitým způsobem omezuje možnost energetických přeměn. Přeměna energie nemůže probíhat neomezeně v obou směrech. Mechanická energie se dá beze zbytku přeměnit na teplo (např. třením), teplo ale nelze zcela přeměnit na mechanickou práci (nebo jinou formu energie); vždy nějaké teplo „zbyde“.

Souvisí to s takzvanou reverzibilitou, respektive ireverzibilitou, některých fyzikálních dějů. Například při dotyku dvou těles (která tvoří izolovanou soustavu), bude teplo samovolně přecházet z tělesa teplejšího na těleso chladnější. Tento proces potrvá tak dlouho, dokud nedojde k vyrovnání teplot obou těles (rovnovážnému stavu). K obrácení děje (návratu do počátečního stavu) by bylo nutné, aby teplo samovolně přecházelo z tělesa chladnějšího na těleso teplejší. Takový děj však v izolované soustavě samovolně nenastane - jde tedy o děj ireverzibilní. Ireverzibilita neznámá, že by nebylo možné dosáhnout výchozího stavu soustavy, ale jen to, že děj neproběhne samovolně, k dosažení tohoto stavu je třeba dodat vnější energii (ze zdroje, který není součástí izolované soustavy).

Druhá termodynamická věta má řadu různých slovních formulací:

Teplu nemůže při styku dvou těles o různých teplotách samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší (Clausiusova formulace).

Nelze sestavit periodicky pracující tepelný stroj, který by trvale konal práci pouze tím, že by ochlazoval jedno těleso, a k žádné další změně v okolí by nedocházelo (W. Thomsonova a Planckova formulace).

Žádný tepelný stroj pracující mezi dvěma teplotami nemůže mít vyšší účinnost než takzvaný Carnotův stroj pracující mezi těmito teplotami (Carnotova formulace).

Byl to právě Carnot, který zavedl důležitý vztah pro výpočet maximální teoretické účinnosti tepelného stroje:

$$\eta = (T_1 - T_2)/T_1$$

kde:

T_1 je teplota primárního zdroje, z něhož teplo odebíráme.

T_2 je teplota sekundárního zdroje, do něhož se předává nevyužitelné teplo.

Třetí věta termodynamická

Třetí věta termodynamická se týká chování látek v blízkosti absolutní nuly. Lze ji formulovat takto:

Žádným způsobem nelze konečným počtem kroků ochladit jakoukoli látku na teplotu absolutní nuly.

Tři zákony termodynamiky proto dosti zásadním způsobem omezují možnosti v získávání energie pro potřeby naší civilizace. Většina procesů přeměny energie je kromě získání té žádoucí formy energie (mechanické energie, elektrického proudu, světla apod.) doprovázena vznikem tepla, což je zpravidla velmi nežádoucí (ztráty využitelné energie a nutnost chlazení zařízení). Z tohoto hlediska je teplo o teplotě blízké teplotě okolí vlastně energetický odpad. Chceme-li alespoň část tepla recyklovat (pozvednout na využitelnou teplotu), musíme použít nějakou dodatečnou energii. To je případ tepelného čerpadla).

3.6 Účinnost

Energetická účinnost je podíl využité energie k vložené energii; je vždy menší než 1 a obvykle se udává v procentech.

$$\eta = E_{\text{out}}/E_{\text{in}}$$

Mechanický pohyb je brzděn třením, které mění energii na teplo, průchod elektrického proudu vede k ohřívání vodiče, záření dopadající na těleso se mění v teplo apod. Není problém jakýkoli druh energie proměnit v teplo a také většina našich primárních energetických zdrojů nám poskytuje energii ve formě tepla. Využití energie fosilních paliv, Slunce či štěpení uranu proto jde zpravidla přes teplo. Přeměna tepla na mechanickou práci či elektrickou energii má (kvůli druhé větě termodynamické a některým čistě technickým problémům) jen omezenou účinnost.

Přibližné účinnosti některých důležitých energetických přeměn:

1. Výroba elektřiny
 - a. Plynová turbína 40 %
 - b. Paroplynový cyklus 60 %
 - c. Spalovací motor <50 %
 - d. Vodní turbína 90 %
 - e. Větrná turbína 59 % (teoretický limit)
 - f. Fotovoltaický panel běžně 15-20 %
 - g. Palivový článok 85 %
 - h. Elektrický motor >90 %
2. Přírodní procesy
 - a. Fotosyntéza <6 %
 - b. Lidský sval 20 %
3. Spotřebiče

- a. Domácí chladnička 20 %
- b. Žárovka <5 %
- c. LED <15 %
- d. Nízkotlaká sodíková výbojka <30 %
- e. Elektrické topení 100 %

3.7 Tepelné stroje

Někdy se dělí na tepelné stroje s vnějším spalováním a tepelné stroje s vnitřním spalováním.

U strojů s vnějším spalováním se potřebné teplo získává spalováním mimo vlastní motor. Výhodou je širší možnost výběru paliv, respektive zdrojů tepla. Nevýhodou je pak větší velikost a větší tepelné ztráty. Také maximální teplota je často omezena použitým médiem.

U strojů s vnitřním spalováním se teplo získává spalováním paliva přímo v pracovním prostoru tepelného stroje. Může být proto menší a využívat vyšší teplotu pracovního média (jde často přímo o spalné plyny). Nelze používat tuhá paliva zanechávající nespálené zbytky (popel).

Stirlingův motor

Jde o poměrně starý vynález, patentován byl již v r. 1816. Většího rozšíření se ale dočkal až v nedávné době. Je to stroj s vnějším zdrojem tepla. Pracovní látkou je zde plyn (často vzduch), proto se mu také často říká teplovzdušný motor, a termodynamický cyklus je mírně odlišný od Carnotova cyklu.

Vzhledem k tomu, že jde o reverzibilní cyklus, je možné jej použít i jako chladicí stroj.

Parní turbína

Rotor turbíny je tvořen soustavou rozváděcích (pevných) a oběžných lopatek. Na jednom hřídeli je umístěna řada těchto dvojic lopatkových sestav. Délka lopatek se zvyšuje, protože v důsledku poklesu tlaku dochází k zvýšení objemu páry. Poslední

(nízkotlaký) stupeň pracuje už za tlaku nižšího, než je tlak atmosférický (díky kondenzaci páry v kondenzátoru ochlazovaném vodou z chladicích věží).

Teplota vodní páry na vstupu do parní turbíny se obvykle pohybuje kolem 535 °C (starší typy parních turbín-fosilní blok), 565 °C (moderní fosilní blok). U bloků se superkritickými parametry páry může dosahovat až 650 °C. U kondenzační turbíny v tepelné elektrárně dosahují minimální teploty kondenzace k 15 °C. V tepelné elektrárně pracuje tedy turbína mezi teplotou přibližně 800 K (přiváděná pára z kotle) a 300 K (teplota v kondenzátoru). Teoretická maximální účinnost by tedy byla:

$\eta = (800-300)/800 = 0,62$, tedy přibližně 60 %. Prakticky dosahované účinnosti jsou pochopitelně nižší.

Spalovací (plynová) turbína

Při použití kapalných nebo plyných paliv je možné na lopatky turbíny pustit přímo horké plyny vytvořené spalováním v předřazené komoře, která je součástí turbíny. Typickým příkladem použití takovéto turbíny jsou proudové motory dopravních letadel.

Paroplynový cyklus

Účinnost tepelného stroje může být zvýšena zvětšením rozdílu teplot mezi teplým a chladným rezervoárem. Plynové turbíny mohou mít na vstupu teplotu přes 1000 °C, zatímco na výstupu je obtížné dostat se na teplotu pod 400 °C. Parní kotle zase nejsou schopny poskytnout sytou páru o vyšší teplotě než asi 650 °C. Naproti tomu v kondenzátoru za turbínou lze snížit teplotu až na zhruba 15 °C.

Pokud se tedy odpadní teplo z plynové turbíny použije jako zdroj k výrobě páry pro parní turbínu, využije se tak specifických předností obou strojů, tj. vysoká teplota na vstupu spalovací turbíny a nízká teplota na výstupu parní turbíny. Účinnost přeměny tepla na mechanickou energii se pak úměrně zvýší.

Kogenerace

Teplo získané spalováním paliv slouží nejen k výrobě elektřiny, ale i k vytápění. Pokud je současná výroba elektřiny a tepla, hovoříme o kogeneraci. Obvyklé je, že

v elektrárnách se odpadní teplo používá na vytápění. V teplárnách je prvotním účelem vyrábět teplo a částečně je vyráběna i elektřina.

O kogeneračních jednotkách se obvykle mluví v souvislosti s malými výkony, kdy se používají různé spalovací motory a kde se jako palivo používá většinou plyn (zemní plyn, bioplyn, skládkový plyn...). Může však jít i o kogenerační jednotky s jiným palivem, ať již rostlinným olejem, naftou či benzínem.

Při navrhování kogeneračních jednotek je potřeba sledovat primární účel, což většinou bývá výroba tepla. Proto jsou kogenerační jednotky navrhovány zpravidla tak, aby jimi vyrobené teplo bylo plně využito a nemuselo se mořit v chladicích věžích či jinak.

Pístové spalovací motory

Zážehový motor (benzinový)

Zážehový motor je spalovací motor, u něhož se do válce přivádí směs paliva a vzduchu. Směs, zpravidla vytvořená v karburátoru a ve válci, je zažehnuta elektrickou jiskrou, kterou vytvoří zapalovací svíčka. Dnešní motory jsou provedeny obvykle jako čtyřtakové, tj. celý pracovní cyklus se sestává ze 4 kroků, z nichž pouze 3. krok je pracovní – koná práci. V ostatních krocích se práce spotřebovává.

Schéma čtyřtakového zážehového motoru

Vznětový motor (Diesel)

Jde o analogické uspořádání, pouze směs paliva a vzduchu není zapalována jiskrou, ale vznítí se ve fázi komprese, kdy stlačený vzduch dosáhne vysoké teploty a palivo je rozprášeno do válce vysokotlakým vstřikovacím čerpadlem. Při kompresi tlak stoupá na cca 3 až 4 MPa a teplota roste na 550–800 °C. Proto může tento motor využít i těžší ropné frakce, které se nezplyní v karburátoru zážehového motoru a nedají se zapálit jiskrou. Jako palivo se může používat i rostlinný olej, pouze je nutné vznětový motor upravit (úprava vstřikování, výměna gumových částí za silikonové).

Chladicí stroj a tepelné čerpadlo

Teplu sice nepřejde samovolně z chladnějšího tělesa na teplejší, ale lze sestavit tepelný stroj, který bude namísto konání práce a převádění tepla z teplého rezervoáru do chladného dělat opak, tedy spotřebovávat mechanickou práci a převádět teplo opačným směrem. Využívá se to především ke chlazení (chladicí stroj) nebo k získávání tepla z okolního prostředí pro vytápění (tepelné čerpadlo).

Existuje řada možností, jak lze tyto stroje realizovat. Teoreticky každý tepelný stroj pracující mezi dvěma (externími) tepelnými rezervoáry (například Stirlingův motor) může pracovat jako motor a přenášet teplo z teplejšího do chladnějšího rezervoáru. Nebo může pracovat jako chladicí stroj, respektive tepelné čerpadlo. Rozdíl mezi chladicím strojem a tepelným čerpadlem je v zásadě jen ve využití; to sebou ovšem nese určité rozdíly v konstrukci a použité pracovní látce (chladiivu).

Fyzikální principy umožňující přenos tepla z chladnějšího na teplejší těleso lze rozdělit následovně:

- Komprese a expanze plynu - využívá se toho, že plyn (v určitém rozmezí teplot) se při kompresi zahřívá a při expanzi ochlazuje. Je to vlastně obrácení procesu, který probíhá ve Stirlingově motoru. V praxi se častěji používá komprese spojená s kondenzací a expanze spojená s vypařováním kondenzované kapaliny; přenesou se tak výrazně větší množství tepla. K pohonu kompresoru se nejčastěji používá elektrický motor, lze ale použít v zásadě libovolný zdroj mechanické energie.
- Absorpce - chladicí médium (např. plynný čpavek) se v absorbéru rozpouští ve vodě a tím odnímá okolí teplo. Roztok pak proudí do místa, kde je voda zahřátá a plyn z ní uvolněn. Ohřátý plyn o vyšším tlaku, než měl v absorbéru, proudí do chladiče, kde jeho teplota klesne a při daném vyšším tlaku případně i zkapalní. Poté proudí médium opět do absorbéru a cyklus se opakuje. Absorpční chlazení má proti kompresorovému nižší účinnost. Výhodou ale je, že může být poháněno pouze teplem (například z plynového hořáku nebo slunečního záření).
- Termoelektrický článek - využívá Peltierova jevu; při průchodu stejnosměrného elektrického proudu dvěma sériově zapojenými vodiči z různých kovů (nebo polovodičů) se jedna styčná plocha těchto vodičů zahřívá a druhá ochlazuje. Zpravidla je řada sériově zapojených článků složena do bloku s ohřívanou a ochlazovanou stranou. K bloku přiléhají chladicí žebra, případně se tepelná výměna zlepšuje ventilátorem. Výhodami této technologie jsou malé rozměry, možnost

bezhluchného provozu (žádné pohyblivé části), vysoká spolehlivost, dlouhá životnost, snadná regulace výkonu a možnost přepínání chlazení/ohřev pouhou změnou směru proudu. Nevýhodou je nízká účinnost a relativně vysoká cena.

- Magnetické ochlazování - tento druh chlazení využívá toho, že vnější magnetické pole dokáže srovnat (normálně náhodně orientované) atomy nebo molekuly paramagnetické látky do směru pole. Po zrušení vnějšího magnetického pole termické pohyby opět orientaci zruší. K tomu je ovšem třeba jistého množství energie a o ni se zmenší kinetická energie částic, tj. poklesne jejich teplota. Tento způsob chlazení se často využívá pro teploty v blízkosti absolutní nuly.

Tepelná čerpadla

V praxi se používají především tepelná čerpadla kompresorová, kde je pro pohon využita mechanická práce poskytnutá nejčastěji elektromotorem, někdy i spalovacím motorem. Méně rozšířená jsou tepelná čerpadla absorpční, kde je zdrojem energie teplo.

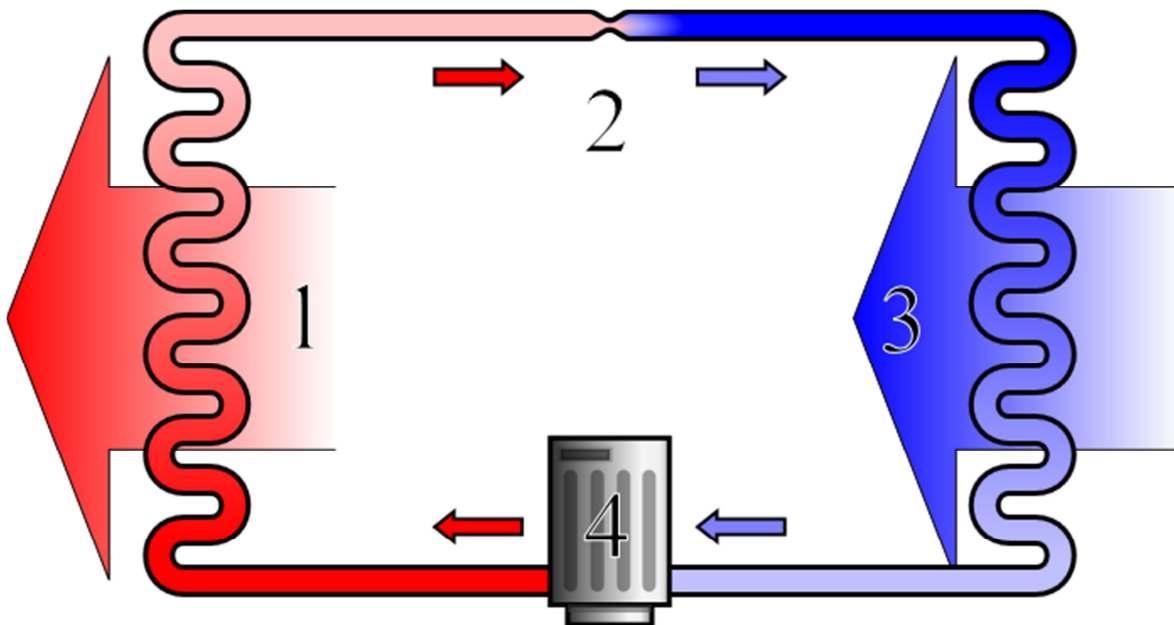
Kompresorová tepelná čerpadla

Nejčastěji se dnes používají mechanický kompresor a cyklus založený na kondenzaci vhodné nízkovroucí kapaliny nebo plynu (freon, propan, amoniak apod.).

V „teplém“ výměníku dochází k ochlazení stlačeného plynu, který zde odevzdá výparné teplo a zkondenzuje (v části za kompresorem je vysoký tlak). Kapalina je pak přepouštěna škrticím ventilem do „chladného“ výměníku kde se při nízkém tlaku vypařuje a odebírá teplo. Chladné páry jsou nasáty a stlačeny kompresorem, načež se celý cyklus opakuje. Pro přenos tepla proti gradientu teploty je třeba dodat soustavě zvenku nějakou energii, v tomto případě mechanickou práci pro pohon kompresoru.

Schéma chladicího stroje nebo tepelného čerpadla (zdroj Wikipedia):

1 - výstup tepla (kondenzátor), 2 - škrticí ventil, 3 - vstup tepla (výparník), 4 - kompresor



Absorpční tepelná čerpadla

Pro některé účely je vhodnější pracovní cyklus založený na absorpci vhodného plynu (zpravidla se používá amoniak) v kapalině nebo na adsorpci plynu na tuhém sorbentu. Zde se využívá jako vnější energie teplo. Jako pracovní dvojice se používají nejčastěji amoniak (absorbát) – voda (absorbent), nebo voda – vodný roztok bromidu lithného. Zařízení s roztokem bromidu lithného pracují při teplotách vyšších než nula (chladičem je voda), jsou proto vhodné spíše pro klimatizační systémy.

Termoelektrické tepelné čerpadlo

Ve vývoji je takzvaný ABE (Active Building Envelope) systém, kde se předpokládá využití termoelektrického článku jako tepelného čerpadla. Systém instalovaný na obálce budovy by měl aktivně využívat solární energii jak ke chlazení, tak i k topení. Systém je založen na kombinaci fotovoltaických článků kombinovaných s termoelektrickými články v plášti budovy.

Účinnost tepelného čerpadla

Účinnost tepelného čerpadla se vyjadřuje pomocí takzvaného topného faktoru. Obvykle se značí COP, tj. Coefficient of Performance. Při topení je to poměr topného výkonu k příkonu. Teoretický topný nebo chladicí faktor závisí v ideálním případě jen na teplotách výměníků na vstupu a výstupu. Teoreticky dosažitelný topný faktor tepelného čerpadla (podle 2. věty termodynamické) je 8,8 při teplotě 0 °C na vstupu a 35 °C na výstupu. V praxi se obvykle dosahuje přibližně polovičního topného faktoru. Vzhledem k tomu, že je topný faktor závislý na teplotě vstupní a výstupní látky, někdy se též používá termín sezónní topný faktor (SCOP), kde je zohledněno, že jde o průměrný topný faktor za sezónu.

U chlazení lze také mluvit o topném faktoru COP, obvykle se ale spíše používá modernější označování chladicí faktor EER (Energy Efficiency Ratio). Obdobně jako u tepelných čerpadel se pak více používá hodnota SEER, tedy sezónní chladicí faktor.

Vzhledem k principu zákona zachování energie musí být součet energie do tepelného čerpadla vstupující stejný jako vystupující. Tedy pokud je např. vstupem elektřina a teplo okolního prostředí, výstupem je součet těchto dvou vstupů. A obráceně, pokud využíváme tepelné čerpadlo na chlazení, vstupuje do něj elektřina a teplo z chlazeného prostředí a vystupuje teplo na chladiči.

3.8 Stavební fyzika

Jedná se o obsáhlou kapitolu, a proto zde odkazujeme na odbornou literaturu, kde je popsáno, jak se počítá tepelná ztráta budovy a jak se počítá spotřeba tepla na vytápění.

Lze doporučit např. knihu Tepelná ochrana a energetika budov od Doc. ing. Františka Kulhánka, CSc.

Ve stavební praxi se obvykle spotřeba tepla na vytápění počítá stacionárně, tedy za předpokladu konstantní teploty v interiéru i v exteriéru. Vychází se z tepelného odporu, následně z něj se vypočte součinitel prostupu tepla a z něj pak tepelná ztráta prostupem. U větrání se obvykle v současné době postupuje výpočtem pomocí kalorimetrické rovnice, kdy se uvažuje hygienicky nutná výměna vzduchu. Dřívější výpočty předpokládaly tzv. přirozené větrání pomocí netěsností funkčních spár oken a dveří a na základě předpokládaného rozdílu tlaku vzduchu (v závislosti na umístění budovy, jejího typu atd.). Tyto výpočty jsou však již neopodstatněné, neboť stávající okna jsou velmi těsná a hovořit v souvislosti s nimi o přirozené výměně vzduchu je neadekvátní.

Ve výpočtu je nutné následně zohlednit i transport tepla, účinnost jeho předávání, i jeho výrobu. Návrhové hodnoty je možné zjistit z TNI 73 0331.

Tepelný odpor

Tepelný odpor je odpor konstrukce kladený pronikajícímu teple. Vypočte se:

$$R = R_{si} + R_{se} + \sum d_j/\lambda_j [(m^2 \cdot K)/W]$$

kde:

R_{si} je tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do interiéru. Jeho velikost závisí na emisivitě materiálu a rychlosti proudění vzduchu. Obvykle se využívají hodnoty uvedené v tabulce v ČSN 73 0540.

R_{se} je tepelný odpor při přestupu tepla z exteriéru do konstrukce. Jeho velikost závisí na emisivitě materiálu a rychlosti proudění vzduchu. Obvykle se využívají hodnoty uvedené v tabulce v ČSN 73 0540.

d_j je tloušťka příslušné vrstvy stavebního materiálu uváděná v metrech.

λ_j je výpočtová hodnota tepelné vodivosti příslušné vrstvy [$W/(m \cdot K)$].

Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla udává, kolik tepla prochází 1 m² konstrukce při teplotním spádu 1 kelvin. Zpravidla se v praxi uvažuje konstrukce jako by byla homogenní s tepelnými mosty a vypočte se:

$$U = 1/R + \Delta U_{tbj}$$

kde:

R je tepelný odpor konstrukce [(m²·K)/W].

ΔU_{tbj} je přírážka na tepelné mosty.

Průměrný součinitel prostupu tepla je hodnota charakterizující celou budovu nebo uvažovanou zónu a zjednodušeně se vypočte:

$$U_{em} = \Sigma(U_j \cdot A_j \cdot b_j) / \Sigma A_j + \Delta U_{tbk}$$

kde:

A_j je plocha j -té konstrukce.

b_j je redukční součinitel zohledňující jinou teplotu na exteriérové straně proti teplotě obvykle uvažované.

ΔU_{tbk} je přírážka na tepelné vazby.

Tepelná ztráta

Tepelná ztráta prostupem se spočte:

$$Q_p = U_{em} \cdot \Sigma A \cdot (\theta_{ai} - \theta_{ae}) [W]$$

kde:

A je plocha konstrukce v m².

θ_{ai} je teplota interiéru [°C].

θ_{ae} je teplota exteriéru [°C].

Tepelná ztráta větráním se spočte:

$$Q_{vz} = c_{vz} \cdot n \cdot V \cdot (\theta_{ai} - \theta_{ae}) / 3600 [W]$$

kde:

c_{vz} je měrná tepelná kapacita vzduchu a rovná se přibližně 1250 J/(m³·K).

n je násobnost výměny vzduchu.

V je objem vytápěného prostoru.

Potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát

Roční potřeba energie pro krytí tepelných ztrát prostupem je:

$$E_{vp} = [(Q_p + Q_{vv}) \cdot (\theta_{ais} - \theta_{aes})] \cdot \tau \cdot d / (\theta_{ai} - \theta_{ae}) / 1000 \text{ [kWh/a]}$$

Kde:

θ_{ais} je střední teplota interiéru během topného období.

θ_{aes} je střední teplota exteriéru během topného období.

τ je počet hodin vytápění denně.

d je počet dnů vytápění.

1000 je přepočítávací koeficient z wattů na kilowatty.

Výpočet lze pochopitelně modifikovat tak, aby počítal potřebu tepla na vytápění po jednotlivých měsících, dnech či hodinách.

Do výpočtů je však nutné zahrnout i tepelné zisky, které snižují roční potřebu tepla. Tepelné zisky mohou být jak od slunce (obvykle se uvažují pouze solární zisky transparentními konstrukcemi), tak od vnitřních tepelných zdrojů.

Při snaze o reálné výpočty je dále nutné uvažovat i s účinností rozvodů tepelné energie a s účinností předávání tepla.

U starších budov platilo, že takto získané výpočty jsou přibližně o 30 až 40 % vyšší, než je skutečná spotřeba tepla. U novějších budov více záleží na akumulacích schopnostech konstrukcí, na kvalitě otvorových výplní i na jejich orientaci ke světovým stranám.

4 Teoretická část

4.1 Teorie spalování a kotlů

Základní pojmy pro zdroje tepla a rozvody tepelné energie dle zákona 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů:

Kotel – zařízení, v němž se spalováním paliv získává pouze tepelná energie, která se předává teplotonosné látce.

Jmenovitý výkon zdroje tepla – nejvyšší tepelný výkon, vyjádřený v kW, uvedený výrobcem, kterého lze dosáhnout při trvalém provozu a při účinnosti uvedené výrobcem.

Vytápění – proces sdílení tepla do vytápěného prostoru, zajišťovaný příslušným technickým zařízením za účelem vytváření tepelné pohody či požadovaných standardů vnitřního prostředí.

Ústřední vytápění nebo chlazení – zdroj tepla nebo chladu je umístěn mimo vytápěné nebo chlazené prostory a slouží pro vytápění nebo chlazení bytových či nebytových prostor.

Účinnost užití energie – míra efektivnosti energetických procesů, vyjádřená poměrem mezi úhrnnými energetickými výstupy a vstupy téhož procesu, vyjádřená v procentech.

4.1.1 *Spalovací vzduch*

Problematika přívodu spalovacího vzduchu je důležitá nejen pro správný provoz spalovacích zařízení, ale také pro zajištění jejich bezpečného provozu. Podle druhu paliva a typu kotle je nutné stanovit potřebu spalovacího vzduchu, který musí být při provozu kotle zajištěn (např. vzduchotechnickým potrubím, venkovními otvory ve stavebních konstrukcích apod.). Popsání všech způsobů výpočtu pro všechny typy kotlů je nad rámec této publikace.

Pro plynové kotle je možné využít výpočet dle TPG 704 01. Jedná se o výpočet, který je určen pro plynové spotřebiče v provedení B. Spotřebič v provedení B je otevřený spotřebič, který odebírá spalovací vzduch z prostoru, kde je umístěn, a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru (tj. komínem nebo kouřovodem). TPG 704 01

uvádí pro stanovení potřeby spalovacího vzduchu také použitelnost tohoto postupu i pro principem podobné zdroje tepla, jako plynový spotřebič v provedení B ve tvaru:

$$V_s = c \cdot V_p \cdot H_u,$$

Kde:

V_s je potřeba spalovacího vzduchu [m^3/h].

c je přepočtový koeficient [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{kW})$].

V_p je množství paliva ke spotřebiči [jednotka/h].

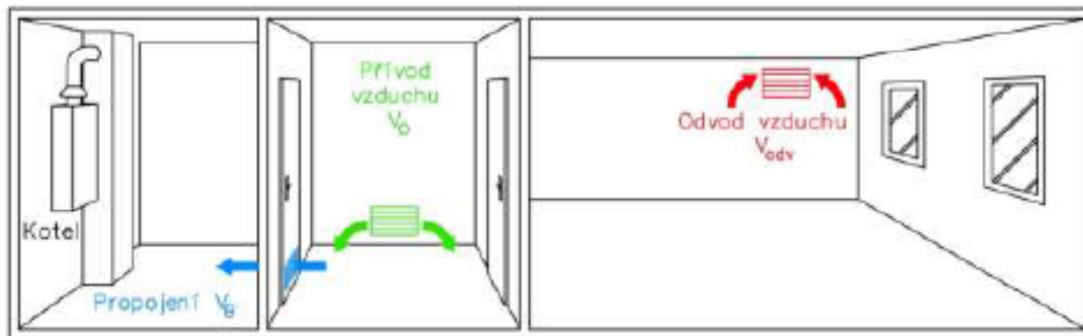
H_u je výhřevnost [$\text{kWh}/\text{jednotku}$].

Tabulka 1 - přepočtový koeficient pro různé druhy paliv dle TPG 704 01

Spotřebiče podle druhu paliva	Přepočtový koeficient c [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{kW})$]
Spotřebiče spalující zemní plyn	2,2
Spotřebiče spalující lehký topný olej	2,0
Spotřebiče spalující dřevo nebo uhlí, kromě krbů	3,5
Krby spalující dřevo nebo uhlí	4,0

Z pohledu spalovacího procesu je důležité, aby v prostoru, kde je kotel umístěn, nedošlo k obrácenému tahu spalin. Tzn., aby přívod spalovacího vzduchu byl dostatečný nejen pro provoz kotle, ale případně i pro další technologie. Příklad sestavení základní nerovnice pro zajištění tlakových podmínek v objektu při posuzování způsobu přívodu spalovacího vzduchu ukazuje níže uvedený obrázek:

$$\sum V_B + \sum V_{odv} \leq \sum V_0$$



Obrázek 1 - Zajištění tlakových podmínek při provozu plynových spotřebičů v provedení B nebo principem podobných zdrojů.

4.1.2 Účinnost a ztráty kotlů

Účinnost kotle je podíl využití energie k vložené energii. Výsledkem je většinou bezrozměrné číslo menší než 1, a proto se často uvádí v procentech. Účinnost je dána vzorcem:

—

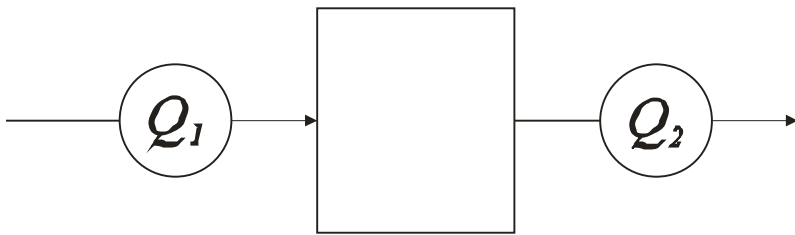
Q_1 je energie vstupující do systému.

Q_2 je využitelná energie vystupující ze systému.

η je účinnost.

Rozdíl mezi skutečnou účinností a 100 % se nazývá ztráta.

Účinnost kotle lze stanovit buď tzv. přímou metodou, nebo metodou nepřímou. Při použití přímé metody se postupuje z definice účinnosti a měří se vložená energie Q_1 v palivu a energie dodaná kotlem do systému Q_2 .



Obrázek 2 - schéma pro měření účinnosti přímou metodou

Při využití nepřímé metody jsou stanovovány jednotlivé ztráty kotle podle následujícího vzorce:

$$\eta = 100 - \sum \xi_i$$

η je účinnost.

ξ_i jsou dílčí ztráty.

4.1.3 Rozdělení ztrát kotlů

Zdroje možných ztrát kotlů definuje ČSN 07 0305 „Hodnocení kotlových ztrát“. Tato ČSN rozděluje ztráty kotlů následovně:

- **ztráta hořlavinou v tuhých zbytcích**
tj. ztráta tepla nespálenou hořlavinou odváděnou v tuhých zbytcích spalování
- **ztráta hořlavinou ve spalinách**
tj. chemická ztráta tepla nespálenými plynnými hořlavými složkami odváděnými z kotle ve spalinách
- **ztráta teplem tuhých zbytků**
tj. ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků odváděných z kotle po spalování
- **ztráta citelným teplem spalin (tzv. komínová ztráta)**
tj. ztráta fyzickým teplem spalin odváděných z kotle za poslední teplosměnnou plochou
- **ztráta teplem chladicí vody**
- **ztráta sdílením tepla**
tj. ztráta sáláním, sdílením tepla do okolí z vnějšího povrchu kotle

Pro běžně rozšířené kotle na plynná a kapalná paliva, lze většinu výše uvedených ztrát zanedbat, případně nahradit konstantou. Pro tyto kotle má zásadní vliv na celkovou účinnost především ztráta citelným teplem spalin, tedy komínová ztráta.

4.1.4 Komínová ztráta

Komínová ztráta je ztráta tepla, které odchází společně se spalinami kouřovodem do ovzduší. Pro její stanovení se používají nejrůznější empirické vzorce, z nichž nejrozšířenější je tzv. Siegertův vzorec. Ten má dvě varianty, a to variantu podle ČSN a variantu podle DIN.

Siegertův vzorec podle ČSN 07 0305:

$$\xi_k = K_1 \cdot \frac{t_{spal} - t_{vzd}}{CO_2}$$

zemní plyn $K_1 = 0,48$

topný olej $K_1 = 0,60$

Siegertův vzorec podle DIN:

$$\xi_k = (t_{spal} - t_{vzd}) \cdot \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$$

zemní plyn $A_1 = 0,37$ $B = 0,009$

topný olej $A_1 = 0,50$ $B = 0,007$

t_{spal} je teplota spalin.

t_{vzd} je teplota spalovacího vzduchu.

CO_2 je objemová koncentrace oxidu uhličitého v %.

V praxi se hodnota komínové ztráty vypočtená podle různých vzorců může lišit. Většina automatických analyzátorů spalin používá druhou variantu vzorce, tedy podle německé normy DIN.

Tabulka 2 - Porovnání výpočtů účinnosti dle ČSN a DIN

	Zemní plyn	Topný olej
Teplota vzduchu [°C]	20,0	20,0
Teplota spalin [°C]	180,0	220,0
Obsah O ₂ [%]	5,0	5,0
Obsah CO ₂ [%]	9,0	11,7
A ₁	0,37	0,50
B	0,009	0,007
K ₁	0,48	0,60
Účinnost podle ČSN [%]	91,44	89,76
Účinnost podle DIN [%]	91,97	90,06
Rozdíl [%]	0,52	0,31

K této problematice je ještě nutné podotknout, že uvedené výpočty vychází z řízeného hoření, tedy z hoření, kdy je poměrně přesně regulován přísun vzduchu pro hoření. U nedostatečně regulovaných zdrojů vytápění (kamna, starší kotle apod.) může nabývat komínová ztráta velmi vysokých hodnot, neboť do prostoru hoření je nasáván vzduch z okolí, zde je ohříván a v podobě kouře odváděn komínovým tahem ven. Toto byl ostatně dříve princip tzv. přirozeného větrání místností, kdy i v době, kdy místnosti nebyly vytápěny, byl z nich komínovým tahem odsáván vzduch.

4.2 Teorie tepelných rozvodů

Pod pojmem rozvody tepelné energie rozumíme potrubní síť, která zajišťuje přenos teplotné látky. Může se jednat o parní, horkovodní a teplovodní síť nebo síť pro rozvod teplé vody a chladu včetně přípojek, předávacích nebo výměňkových stanic a zařízení pro vnitřní rozvod tepelné energie, chladu a teplé vody v budovách (dále „potrubní síť“).

Z pohledu nutnosti kontrol definovaných vyhláškou č. 193/2007 Sb. do této kategorie nespadá potrubí pro chladicí vodu z energetických a technických procesů, které odvádí tepelnou energii do okolního prostředí (§1a).

Potrubní sítě dělíme podle způsobu propojení otopných těles, pracovní teploty, konstrukce expanzní nádoby, oběhu vody či materiálu rozvodu.

4.2.1 Materiály tepelných rozvodů

Materiál, ze kterého se potrubní síť provádí, je nutno zvážit vzhledem k odlišným mechanickým vlastnostem těchto materiálů. V současné době se potrubní sítě převážně navrhují z:

- a) oceli
- b) mědi
- c) plastu
- d) nebo jde o vrstvená potrubí s kovovou vložkou.

Každý materiál má své výhody i nevýhody. Materiál použitý pro potrubní síť by měl splňovat několik kritérií. Mezi nejdůležitější kritéria patří vysoká odolnost proti korozi, jednoduchá a rychlá montáž, měl by být rezistentní vůči teplotě a měl by zamezit vnikání kyslíku do vody (platí pro plastová potrubí). Potrubní síť by měla být chráněna proti korozi zevnitř i zvenku. Největším problémem z pohledu vzniku koroze je v potrubních sítích přítomnost kyslíku. K tomu, abychom zamezili vnikání kyslíku do otopné soustavy, je nutné zajistit ve všech místech otopné soustavy přetlak proti venkovní atmosféře vhodným zapojením oběhového čerpadla do otopného systému.

Ocelová potrubí

Ocelová potrubí jsou tradičním materiálem, který se používá pro potrubní sítě teplovodního vytápění. Na rozvody do DN 50 se používá běžných závitových trubek, ale pro větší průměry je vhodné použít trubky hladké bezešvé. Nevýhodou ocelového potrubí je jeho nízká odolnost proti korozi a také vyšší hmotnost. Spojování ocelového potrubí se zpravidla provádí svařováním, a to buď elektrickým obloukem, nebo plamenem, spojování lze také provádět rozebíratelným způsobem, a to přes šroubení. Ocelové potrubí by mělo být poté opatřeno ochranným nátěrem proti korozi po celé délce.

Potrubí z mědi

Mezi největší přednosti měděného potrubí patří velmi vysoká odolnost proti korozi, velká pevnost a s tím související možnost použití malých tloušťek stěn potrubí a malá hmotnost na 1 m potrubí, jednoduchá a rychlá montáž. Další důležitou vlastností měděných trubek je jejich menší tlaková ztráta na 1 m potrubí ve srovnání s potrubím ocelovým. Nelze však tvrdit, že měď nepodléhá korozi, avšak intenzita atmosférické koroze je u měděných trubek o řád menší než u ocelového potrubí. Nevýhodou měděného potrubí je však jeho vyšší pořizovací cena a také skutečnost, že je třeba pamatovat na větší teplotní roztažnost než u oceli – cca o 40 % větší. Měděné potrubí se většinou spojuje kapilárním pájením a závitové spoje se používají pro napojení armatur a dalších prvků.

Plastová potrubí

Plastová potrubí nabízejí podobné vlastnosti jako potrubí měděná, tzn. menší hydraulickou ztrátu, pevnost a lehkost, jednoduchost montáže, odolnost vůči korozi a nejsou agresivní vůči otopné vodě. Problémem všech plastových potrubí je ovšem jejich stárnutí. Životnost plastových potrubí je dána maximální teplotou otopné soustavy, provozním přetlakem a rozměrem potrubí (průměr x délka). Značnou nevýhodou plastových potrubí je také jejich teplotní délková roztažnost, která je až 10krát větší než u kovových materiálů. Nevýhodou je také maximální teplotní hranice, při které jsou ještě zachovány mechanické vlastnosti a menší tlaková odolnost. Dalším problémem plastových potrubí je difúze molekul kyslíku stěnami potrubí. Proto pro otopné soustavy je důležité použití materiálů, které tuto difúzi potlačují. Mezi nejrozšířenější používaná plastová potrubí patří:

- a) **sít'ovaný polyetylén (PEX, VPE)** – dobrá tlaková odolnost i při vyšších teplotách (do 100 °C), dobré mechanické vlastnosti, nedá se svařovat, pouze lepit nebo lisovat,
- b) **polybuten (polybutylen PB)** – je dobře ohebný a má velkou pevnost, vyrábí se proto i tenčí než normální plastová potrubí, využití hlavně pro podlahové vytápění, může se svařovat, lepit nebo spojovat mechanickými spojkami, nevýhodou je křehkost,
- c) **statický polypropylen (PP-R, PP-RC)** – dobrá ohebnost (obsahuje 20 až 30 % etylénové složky), dá se svařovat i lepit, maximální provozní teplota do 90 °C,

d) **chlorované PVC** – teplotní odolnost až do 120 °C, problematické spojování (pouze tvarovkami dodané stejným výrobcem, tj. se stejnými vlastnostmi jako potrubí),

e) **polyvinylidenfluorid PVDF** – teplotní odolnost až do 140 °C, dobře zpracovatelný, odolný vůči UV a Gama záření = nestárne tak rychle, dobré mechanické vlastnosti, ale je poměrně drahý.

Další typy a vlastnosti plastového potrubí jsou samozřejmě dány konkrétním výrobcem.

Vrstvená potrubí s kovovou vložkou:

Vícevrstvé trubky spojují přednosti kovů a plastů. Vnitřní strana potrubí, kde protéká tekutina, je plastová. Stabilní jádro tvoří kovový materiál, např. hliníková trubka, která je chráněná proti vnější korozi další ochrannou vrstvou. Díky kovové vložce tak vícevrstvé potrubí nemá tak velkou délkovou roztažnost jako klasické plastové potrubí. Spojování vícevrstevných trubek se provádí převážně lisovanými mechanickými spojkami nebo šroubovými spojkami. Nevýhodou je ale vyšší cena a pracnost při montáži.

4.2.2 Systémy tepelných rozvodů – otopné soustavy

Otopná soustava je takové zařízení objektu, které obsahuje zdroj tepla, zabezpečovací zařízení, potrubní síť, otopná tělesa, armatury apod.

Otopné soustavy rozdělujeme podle:

a) Teplonosné látky na:

- parní soustavy
- vodní soustavy
- teplovzdušné soustavy

b) Tlaku teplonosné látky na:

- podtlakové (do absolutního tlaku 100 kPa)
- nízkotlaké (do 150 kPa)
- středotlaké (od 150 do 900 kPa)
- vysokotlaké (od 900 kPa)

c) Teploty teplonosné látky na:

- nízkoteplotní (do 65 °C)
- teplovodní (do 110 °C)
- horkovodní (od 110 °C)

d) Sdílení tepla na:

- převážně konvekční
- převážně sálavé

e) Počtu trubek:

- jednotrubkové - bez obtoků těles
- s obtoky těles
- dvoutrubkové - protiproudé
- souproudé
- více trubkové

f) Umístění rozvodu teplotné látky:

- s horním rozvodem
- se spodním rozvodem

g) Oběhu teplotné látky:

- s přirozeným oběhem (samotížné)
- s nuceným oběhem

h) Rozvodu k otopným tělesům:

- vertikální
- horizontální

ch) Spojení soustavy s atmosférou:

- teplovodní otopné soustavy otevřené - pracovní teplota do 95 °C
- teplovodní otopné soustavy uzavřené (tlakové) - pracovní teplota do 110 °C.

Oběh topné vody:

v teplovodních soustavách je buď přirozený, nebo nucený. Přirozený oběh vzniká na základě rozdílných hustot vratné (studené) a přívodní (teplé) otopné vody. Nucený oběh je vyvolán dopravním tlakem oběhového teplovodního čerpadla.

K výhodám přirozeného oběhu patří nezávislost na dodávce elektrické energie a k výhodám nuceného oběhu zase zajištění lepších hydraulických a teplotních parametrů, dobrá regulace a měření spotřeby tepla, jakož i urychlení zátopy i nesporná úspora materiálu.

K nevýhodám přirozeného oběhu patří omezené možnosti napojení nepříznivě umístěných těles, velká tepelná setrvačnost, velké průměry potrubí, nemožné použití vhodných regulačních prvků. Nevýhodou nuceného oběhu je závislost provozu na dodávce elektrické energie.

Otopné soustavy s přirozeným oběhem vody:

Soustava pracuje na principu rozdílné hustoty topné a vratné vody. Voda ve vratném potrubí má vyšší hustotu, takže ze strany vratné vody je v kotli vyšší hydrostatický tlak než ze strany vody přívodní. Přetlak způsobí pohyb vody v okruhu kotel - otopné těleso - kotel a tak dochází k přirozenému oběhu vody. Větší výškový rozdíl zajišťuje dostatečný rozdíl hydrostatických tlaků v okruhu a malá půdorysná rozlehlost znamená menší tlakové ztráty v jednotlivých okruzích.

Zdroj tepla je umístěn vždy v nejnižším podlaží pod otopnými tělesy. Potrubní síť pro rozvod otopné vody je většinou dvoutrubková a podle umístění hlavního horizontálního přívodního topného potrubí rozlišujeme soustavu se spodním rozvodem a soustavu s horním rozvodem. Podle použitého pojistného zařízení může být soustava otevřená nebo uzavřená. Jmenovitý teplotní spád se z důvodů dostatečného vztlaku volí 90/70 °C.

Tyto soustavy se navrhují pro menší objekty s většími výškovými rozdíly mezi otopnými tělesy a zdrojem tepla, jako např. pro rodinné domky a menší bytové budovy. Používá se především u kotelen na tuhá paliva. Hlavní výhodou je, že přirozený oběh není závislý na dodávce elektrické energie pro pohon čerpadla. To má velký význam u kotlů na tuhá paliva, které tak mají zajištěn trvalý odběr tepla.

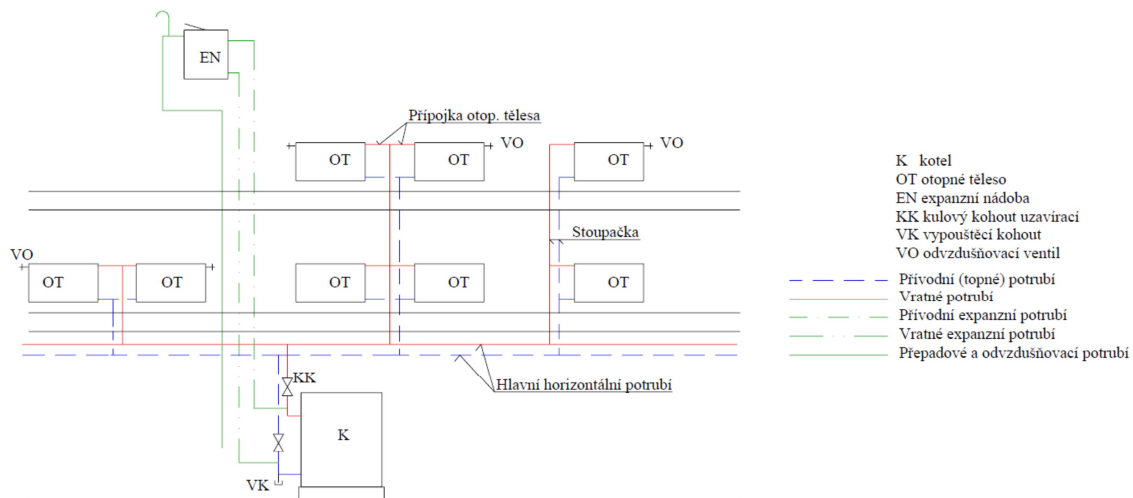
Nevýhodou těchto soustav je poměrně malý provozní tlak. To znamená, že při návrhu vychází větší průměry potrubí, armatury se volí s malou tlakovou ztrátou a tělesa musí být umístěna nad kotlem.

Dvoutrubková otopná soustava se spodním rozvodem a přirozeným oběhem

vody:

Příklad soustavy s přirozeným oběhem, s dvoutrubkovým rozvodem potrubí o otevřenou expanzní nádobou je znázorněn na obr. 3.:

Dvoutrubkové zapojení otopných těles znamená, že přívodní voda k jednotlivým tělesům je vedena samostatným potrubím, a rovněž vratná voda z těles je odváděna samostatným potrubím. Voda se ohřívá v kotli a vede se horizontálním přívodním potrubím k vertikálním rozvodům - stoupačkám. Horizontální rozvodné potrubí je zavěšeno pod stropem nejnižšího podlaží. Ke stoupačkám jsou pak připojena v jednotlivých podlažích otopná tělesa krátkými přípojkami. Po ochlazení v otopných tělesech se voda vrací vratnými stoupačkami a horizontálním vratným potrubím zpět ke kotli. Pojistné přívodní a vratné potrubí spojuje kotel s otevřenou expanzní nádobou umístěnou nad nejvyšším bodem otopné soustavy.



Obrázek 3 - Dvoutrubková vertikální otopná soustava se spodním rozvodem a přirozeným oběhem vody a otevřenou expanzní nádobou.

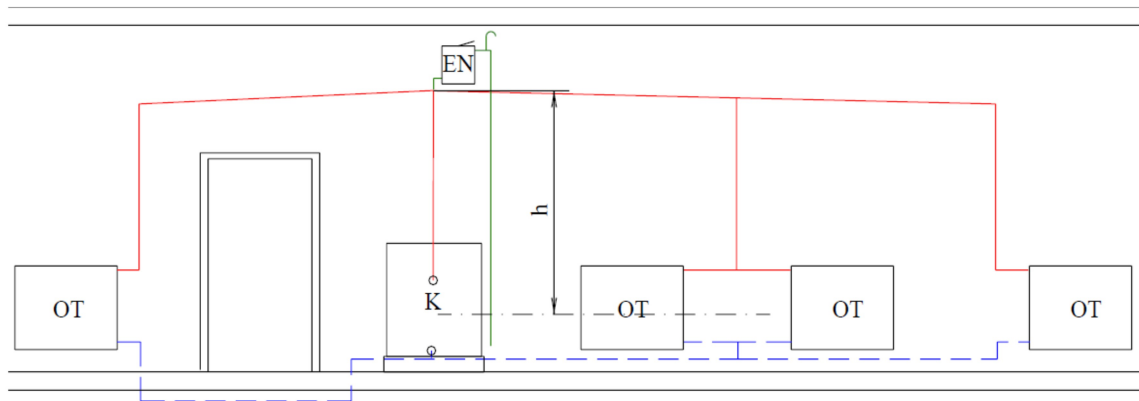
Soustava je zabezpečena otevřenou expanzní nádobou a jde tak o otevřenou soustavu s pracovní teplotou do 95 °C. Aby se umožnilo odvzdušnění celé soustavy, vede se horizontální potrubí a přípojky otopných těles s mírným stoupáním (3 až 5 ‰). Soustava se nejčastěji odvzdušňuje přes tělesa umístěná v nejvyšším podlaží.

Dvoutrubková otopná soustava s horním rozvodem a přirozeným oběhem vody:

Hlavní horizontální přívodní potrubí je většinou vedeno v půdním prostoru nebo pod stropem nejvyššího podlaží a vratné je vedeno pod tělesy nebo v kanálech. Toto řešení je výhodné v tom, že je dosaženo většího účinného vztlaku než u předchozího typu soustavy a uvedení do chodu je rychlejší. Nevýhodou jsou větší tepelné ztráty v horním přívodním potrubí a nebezpečí zamrznutí. Proto se potrubí více tepelně izoluje. Soustava s horním rozvodem je složitější, a proto také dražší než soustava se spodním rozvodem. Do této skupiny patří tzv. etážové soustavy.

Etážová (jednopodlažní) dvoutrubková otopná soustava s přirozeným oběhem vody

Používá se hlavně pro vytápění několika místností jednoho bytu. Kotel je umístěn přímo v jedné místnosti bytu. Osy otopných těles jsou přibližně ve stejné výši jako osa kotle, nebo jen o málo výš. Pro návrh průměrů potrubí je nejdůležitější hodnota výšky h , která určuje účinný tlak soustavy. Abychom dosáhli, co možná největší účinný vztlak, nesmí se horizontální přívodní potrubí izolovat. U etážových soustav se izoluje pouze hlavní svislé přívodní potrubí a horizontální vratné potrubí, které je vedeno těsně nad podlahou nebo i v drážce v podlaze. Nejčastěji se však potrubí etážových otopných soustav neizoluje vůbec.



Obrázek 4 - Etážová otopná soustava s přirozeným oběhem vody.

Protože je účinný vztlak u etážového vytápění malý, umisťují se otopná tělesa co nejbližší ke kotli a to i na vnitřní stěny, ačkoli je to vzhledem ke sdílení tepla do vytápěného prostoru zcela nevhodné. K nejvyššímu místu rozvodu je připojena expanzní nádoba a v nejnižším místě rozvodu je umístěn vypouštěcí kohout. Přirozený

oběh etážového vytápění se používá především u soustav s kotli na tuhá paliva. Tepelný příkon etážového vytápění zpravidla nepřesahuje 20 kW.

Otopné soustavy s nuceným oběhem vody:

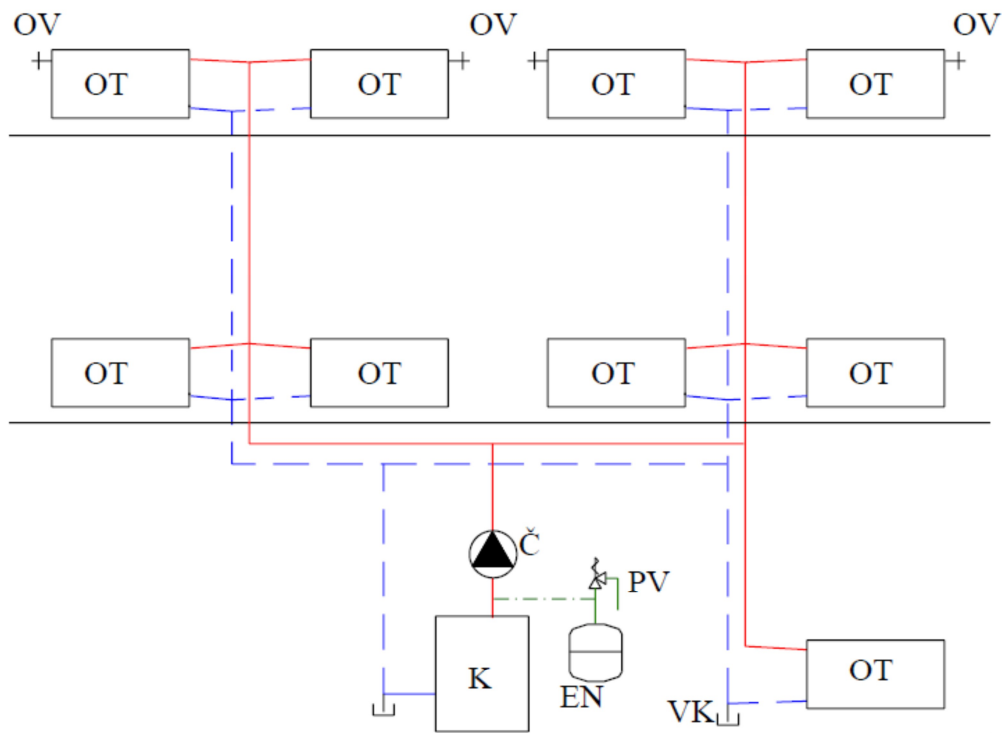
Nejrozšířenější jsou soustavy uzavřené tzv. tlakové, s nuceným oběhem. U budov s větším tepelným příkonem, u budov půdorysně rozlehlých a u budov s komplikovanějšími potrubními sítěmi je nutno navrhnout nucený oběh. Nucený oběh, tedy oběh pomocí oběhového čerpadla, je schopen překonat mnohonásobně větší tlakové ztráty. Oběhová čerpadla se umísťují nejčastěji v přívodním potrubí.

Otopná soustava otevřená se již nepoužívá a jednoznačně se dává přednost soustavě uzavřené s tlakovou expanzní nádobou s membránou nebo s vakem. Potrubí se volí ocelové, měděné nebo plastové, přičemž každé má své nevýhody a výhody plynoucí z použitého materiálu. U soustav s nuceným oběhem lze také navrhnout vhodnou regulaci vytápění, která u přirozeného systému není možná.

Otopné soustavy s nuceným oběhem mohou být dvoutrubkové nebo jednotrubkové, se spodním či horním rozvodem. U jednotrubkových otopných soustav rozlišujeme soustavy *vertikální* (dále jen JVOS) a *horizontální* (JHOS).

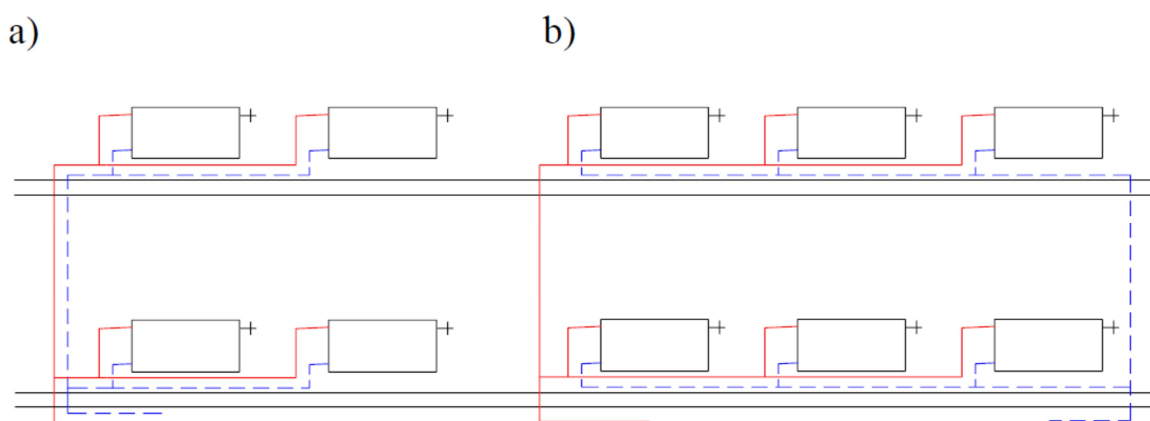
Dvoutrubkové otopné soustavy se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody:

Na obr. 5 je znázorněno schéma dvoutrubkové soustavy se spodním rozvodem, napojené na kotel s nuceným oběhem vody. Soustava je řešena jako uzavřená a je zabezpečena tlakovou expanzní nádobou s membránou (EN). Tato expanzní nádoba zajišťuje vyplnění celé soustavy vodou s požadovaným přetlakem a zároveň vyrovnává změny objemu vody v soustavě. Proti nepřípustnému překročení tlaku v soustavě je do soustavy instalován pojistný ventil (PV). Celá otopná soustava je odzdušněna pomocí odzdušňovacích ventilů na nejvýše položených otopných tělesech a vypouštěna pomocí vypouštěcích kohoutů na nejnižších místech soustavy (u kotle a na stoupačkách).



Obrázek 5 - Dvoutrubková otopná soustava se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody.

U otopných soustav s nuceným oběhem lze projektovat rovněž podružný horizontální rozvod k otopným tělesům umístěným ve větší vzdálenosti od stoupaček a to jak protiproudý tak souproudý (Tichelmann). Schémata těchto zapojení znázorňuje obr. 6.



Obrázek 6 - Dvoutrubkové zapojení otopných těles s horizontálním rozvodem k tělesům.

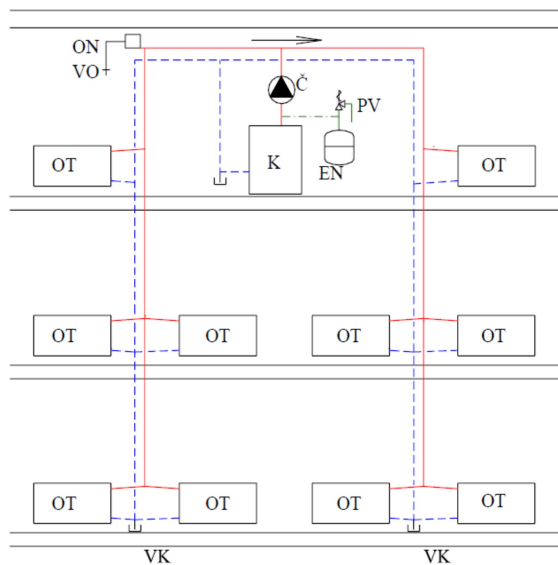
Legenda: a) protiproudé zapojení; b) souproudé zapojení (Tichelmannovo)

Dvoutrubkové otopné soustavy s horním rozvodem a nuceným oběhem vody:

Přívodní i vratné potrubí je vedeno pod stropem nejvyššího podlaží nebo v půdním prostoru (musí být důkladně izolováno). Tato řešení je vhodné převážně v objektech, kde je zdroj tepla umístěn v horním podlaží nebo na půdě (obr. 7). Odvzdušnění je provedeno centrálně v nejvyšším místě rozvodů potrubí pomocí odvzdušňovací nádoby (ON) a odvzdušňovacího ventilu (VO), na otopných tělesech nemusí být ventily instalovány. Vypouštění se provádí vypouštěcími ventily v nejnižších místech stoupaček. Ostatní zařízení je stejné jako při soustavě se spodním rozvodem.

Výhodou soustav s nuceným oběhem je to, že průměry potrubí vycházejí menší, lze volit vyšší rychlosti proudění. Zvýšené tlakové ztráty překonává oběhové teplovodní čerpadlo (Č). Tím se snižují náklady na použitý materiál a zlepšuje se i vzhled nezakrytých částí potrubní sítě. Otopná tělesa se mohou umístit do stejné výšky jako zdroj tepla nebo pod něj. Nucený oběh nám poskytuje rovněž rozsáhlé možnosti regulace a rychlý zátop.

Nevýhodou těchto soustav je to, že provoz je závislý na dodávce elektrické energie a že soustava je provozně nákladnější.



Obrázek 7 - Dvoutrubková otopná soustava s horním rozvodem a nuceným oběhem vody.

Etážové dvoutrubkové otopné soustavy nuceným oběhem vody:

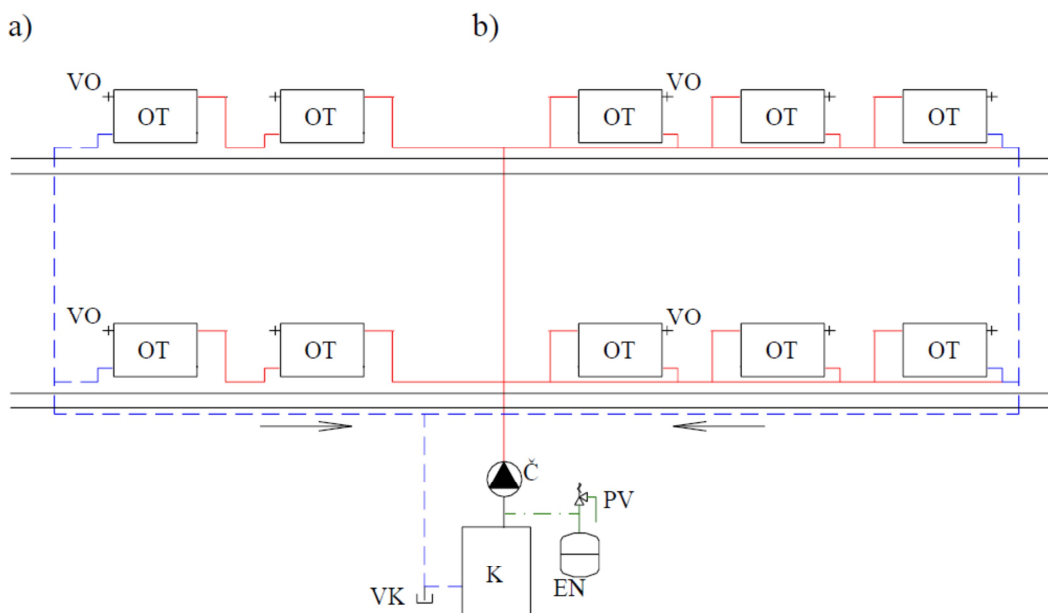
V dnešní době je etážové vytápění s nuceným oběhem vody moderním a komfortním zařízením pro soustavy s kotli převážně na plynná paliva a s elektrokotli. Přednost se dává použití nástěnných kotlů, které minimalizují prostor potřebný pro zdroj tepla. Tyto kotle již většinou obsahují tlakovou expanzní nádobu, pojistný ventil a oběhové teplovodní čerpadlo. Používají se hlavně maloobjemová otopná tělesa, která zmenší celkový vodní objem soustavy a umožní tak rychlou odezvu soustavy na regulační zásah (desková otopná tělesa). Automatická regulace zajišťuje hospodárnost provozu a snižuje nároky na obsluhu. Regulace probíhá v závislosti na venkovní teplotě (ekvitermně), nebo na teplotě vzduchu ve vytápěných místnostech.

Rozvodné potrubí vychází z výpočtů o malých průměrech, čímž otopná soustava nenarušuje vzhled interiéru. Přívodní i vratné potrubí je vedeno buď pod tělesy nad podlahou volně či zakryté ozdobnou lištou, nebo v podlaze. Odvzdušnění se provádí pomocí odvzdušňovacích ventilů na nejvyšším místě soustavy, obvykle na otopných tělesech. Vypouštění na nejnižších místech.

Jednotrubkové otopné soustavy horizontální

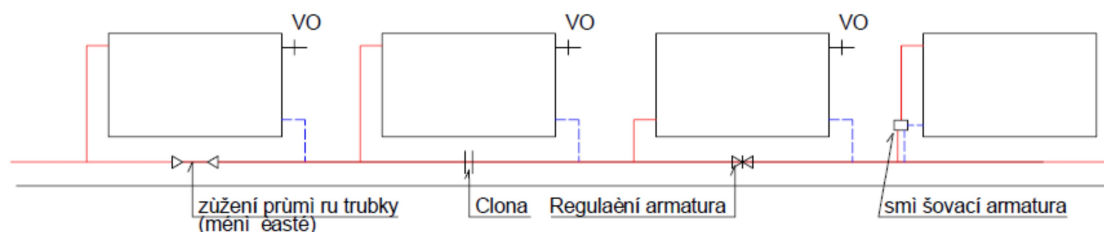
Tento typ soustavy se navrhuje převážně pro rozlehlé budovy s menším počtem podlaží (do 4). Nejjednodušším a nejlevnějším provedením je jednotrubková otopná soustava s otopnými tělesy zapojenými průtočně za sebou (obr. 8. a)). Otopná voda postupně protéká přes všechna tělesa. Nevýhodou je nemožnost místní regulace na otopném tělese. Teplota vody se snižuje s každým protékaným tělesem, a tak se při požadovaném stejném tepelném výkonu otopného tělesa musí zvětšovat jeho přestupní plocha. Při výpočtu soustav se většinou volí celkový teplotní spád obvykle 10 K.

Zlepšení JOS přineslo řazení těles paralelně s obtokem (obr. 8b) a rovněž připojení regulačních armatur. Tím se umožnila místní regulace otopného tělesa.



Obrázek 8 - Jednotrubková otopná soustava horizontální a) průtočná, b) se zkratem.

V úseku obtoku pod tělesem se podle potřeby používá zúžení trubky, škrťací clona, směšovací anebo regulační armatura. Každým otopným tělesem zapojeným systémem se zkratem protéká část vody a zbytek protéká zkratem pod otopným tělesem.



Obrázek 9 - Jednotrubková soustava s prvky ve zkratu.

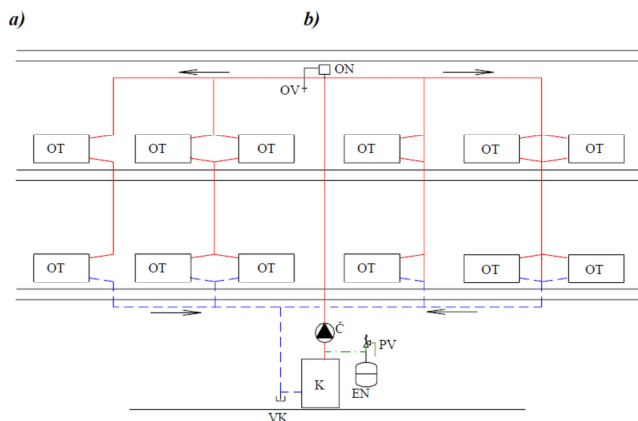
V místě spojení zpětného potrubí od tělesa a obtoku dochází ke směšování dvou proudů vody o různé teplotě a tak k poklesu teploty. Následující otopné těleso pracuje za hydraulicky stejných podmínek, ale s nižší teplotou topné vody. Vstupní teplota se tedy postupně těleso od tělesa snižuje, takže předepsaný teplotní spád se musí těleso od tělesa zohlednit velikostí přestupní plochy otopného tělesa.

Výhodou jednotrubkové horizontální soustavy je minimální počet vertikálních rozvodů - stoupaček, čímž odpadají četné prostupy stropními konstrukcemi a je možné použít zónovou regulaci a uzavírání soustavy po patrech či okruzích.

Nevýhodou je to, že střední teplota otopného tělesa ve směru proudění okruhem neustále klesá, čímž klesá měrný výkon otopného tělesa a otopnou plochu je třeba zvětšovat. Je nutné odvzdušňovat každé otopné těleso. Jednotrubkové otopné soustavy obecně vyžadují složitý způsob navrhování.

Jednotrubková otopné soustavy vertikální:

Tento druh otopné soustavy je vhodný pouze pro vysoké domy. Soustava se provádí nejčastěji s horním rozvodem. Tělesa jsou na vertikální rozvod topné vody napojena buď průtočně pod sebou, nebo se zkratem, tak jako u předchozí soustavy. I v tomto případě se do zkratu pro zlepšení regulace průtoku topné vody tělesem instalují regulační prvky (zúžení trubky, škrťací clona, regulační armatura). Nevýhody jednotlivých zapojení viz výše.



Obrázek 10 - Jednotrubková otopná soustava vertikální a) průtočná, b) se zkratem.

Klasifikace dle umístění ležatého rozvodu:

Podle umístění ležatého rozvodu vzhledem k tělesům rozlišujeme soustavy s dolním rozvodem, s horním rozvodem a s kombinovaným rozvodem.

V soustavách s dolním rozvodem je rozvod veden v nejnižším podlaží pod stropem nebo v kanálu v podlaze a na něj jsou napojeny stoupačky. Tento způsob vedení je nejčastěji používán u podsklepených budov se zdrojem tepla umístěným v nejnižším podlaží (obr. 5).

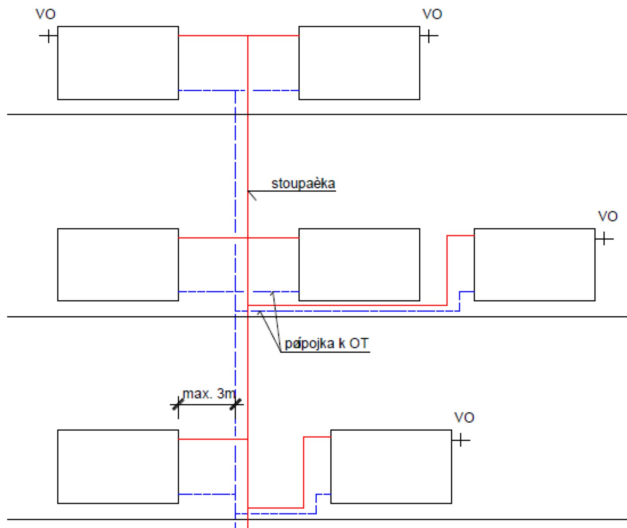
Pokud objekt není podsklepen a v nejnižším podlaží není možné např. z dispozičních důvodů vést ležaté rozvody, je možné použít soustavu s horním rozvodem, kde je tento rozvod uložen např. v půdním prostoru (obr. 7). Stejně tak můžeme o použití této soustavy uvažovat, je-li zdroj tepla umístěn v nejvyšším podlaží nebo v půdním prostoru (obr. 7). Systém s horním rozvodem sebou přináší mnoho komplikací, zvláště u budov s plochou střechou bez technického podlaží, a tak je jeho použití v těchto budovách spíše výjimkou.

Soustavy s kombinovaným horním nebo dolním rozvodem (název určuje, kde je vedeno přívodní horizontální potrubí), jsou kombinací výše uvedených způsobů zapojení. Používá se jich spíše výjimečně v těch budovách, kde je možné vést ležaté rozvody jak v nejnižším, tak v nejvyšším podlaží, např. u vertikální jednotrubkové soustavy. Příkladem tohoto způsobu vedení ležatého rozvodu je i dvoutrubková etážová soustava s přirozeným oběhem, kde je přívodní potrubí vedeno pod stropem a vratné při podlaze (obr. 4).

Klasifikace dle způsobu vedení přípojek k otopným tělesům:

Podle způsobu vedení rozvodu, na který jsou napojeny přípojky otopných těles, rozlišujeme soustavy horizontální, vertikální a hvězdicové.

Vertikální soustava



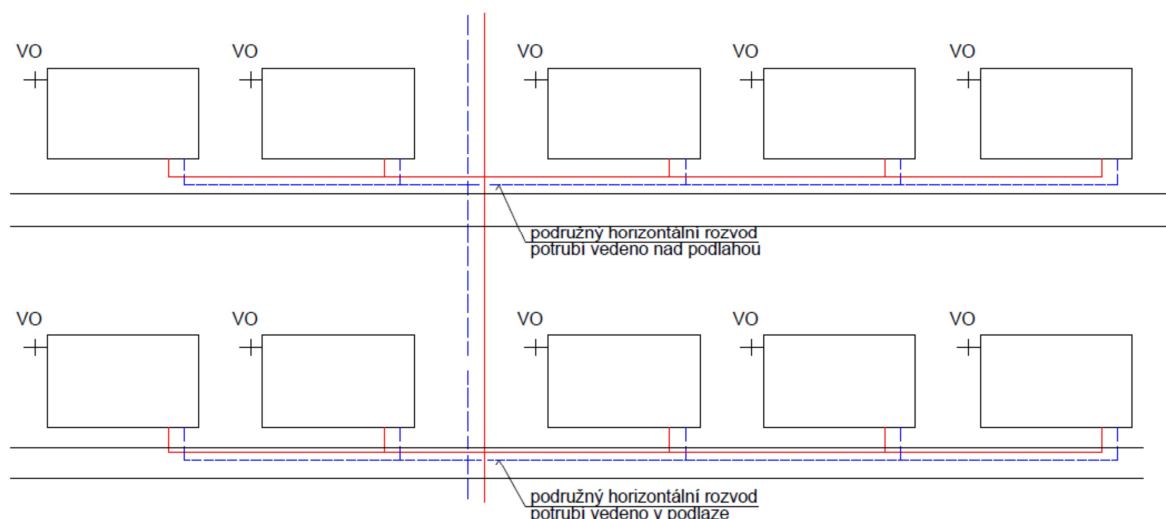
Obrázek 11 - Vertikální soustava.

U klasických vertikálních soustav jsou otopná tělesa napojena přímo na stoupačky a v jednotlivých podlažích jsou vedeny pouze krátké horizontální přípojky k otopným tělesům (obr. 11).

Horizontální soustava

Horizontální soustava se vyznačuje minimálním počtem stoupaček. Na ně jsou napojeny okruhy podružných horizontálních rozvodů. Otopná tělesa jsou napojena na horizontálně vedené potrubí krátkými vertikálními přípojkami (obr. 12).

U této varianty je vhodné i z estetického hlediska používat otopná tělesa se spodním (pravým, levým nebo středním) připojením.



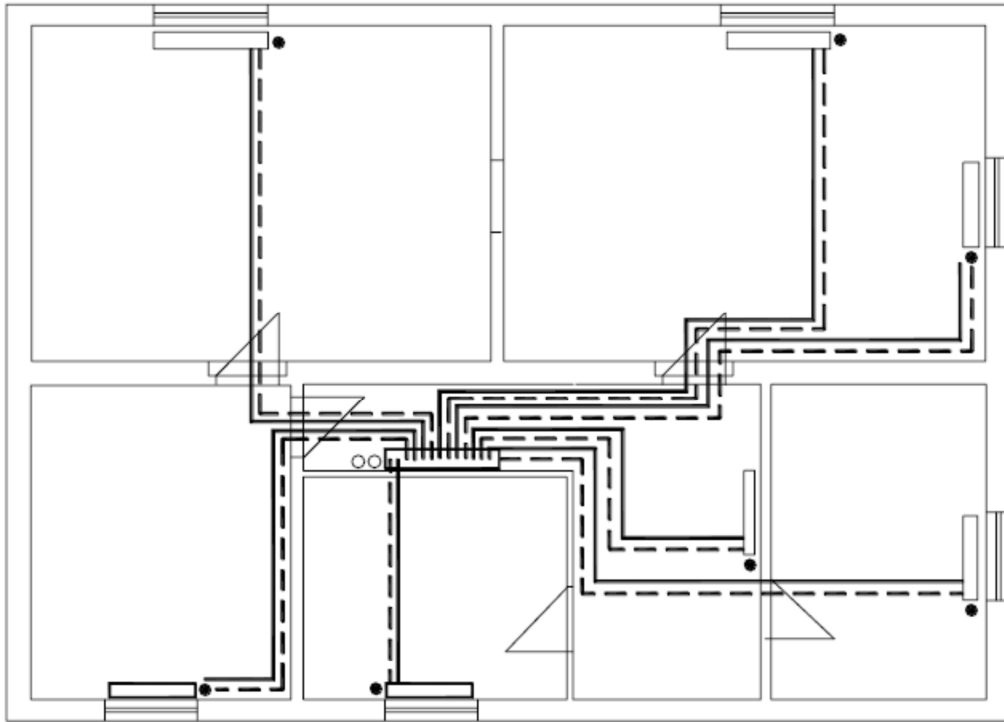
Obrázek 12 - horizontální soustava

Zvláštním případem horizontální otopné soustavy je etážová soustava, kde zdroj tepla, rozvod i otopná tělesa jsou umístěny v jednom podlaží.

Hvězdicová soustava

Vzhledem k tomu, že se v poslední době stále častěji používají na rozvody ústředního vytápění trubky z plastů, používají se i nové způsoby napojování otopných těles přípojkami. Ty jsou uloženy ve vyrovnávací betonové vrstvě podlahy nebo v tepelné izolaci podlahy.

Jedná se o speciální druh vertikální dvoutrubkové soustavy s omezeným počtem stoupaček a velmi dlouhými přípojkami otopných těles. Nazýváme je hvězdicová soustava (obr. 13). Na vhodném místě uprostřed dispozice budovy nebo části budovy je umístěna stoupačka, na kterou je v každém podlaží napojen patrový (podlažní) rozdělovač a sběrač topné vody se samostatnými vývody pro napojení jednotlivých otopných těles. Tato soustava je speciálně konstruována pro použití plastových rozvodů. Přípojky k tělesům jsou provedeny z jednoho kusu potrubí, které je uloženo v ochranné trubce a které lze v případě poruchy vyměnit bez nutnosti porušení podlahy.



Obrázek 13 - Hvězdicová soustava.

U tohoto typu rozvodů lze na jeden vývod z patrového rozdělovače napojit i více otopných těles. Počet je dán výkonem těles a velikostí navržené trubky. U této varianty je potrubí vedeno v podlaze bez ochranných trubek, tím předchozí výhoda odpadá.

5 Legislativa

Legislativa naší problematiky je opřena o tyto právní předpisy:

- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií
- Vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie
- Vyhláška č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie
- Nařízení vlády č. 25/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na účinnost nových teplovodních kotlů spalujících kapalná nebo plynná paliva
- Norma ČSN 07 0305 - Hodnocení kotlových ztrát

5.1 Legislativa kontroly kotlů

Předpis, který z našeho pohledu je nejdůležitější, je sice jen jeden – vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie – ale na tento předpis se nám pro potřeby naší praxe navazuje řada předpisů dalších.

Vyhláška o kontrole účinnosti kotlů již v jiné formě existovala v dřívější době pod č. 276/2007 Sb.

Vyhláška č. 194/2013 Sb. vstoupila v účinnost od 1. srpna 2013 a odvolává se jak na zákon o hospodaření energií, tak i na Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/31/ES ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. Nový předpis, stejně jako starší, již zrušená, vyhláška, obsahuje ustanovení obsahující předmět předpisu, rozsah kontroly, způsob provádění kontrol, obsah a náležitosti zprávy o kontrole. Stanovuje také četnost kontrol a obsahuje i přechodná ustanovení konstatující, že kontroly provedené přede dnem nabytí účinnosti této vyhlášky se považují za kontroly podle této vyhlášky.

K poměrně stručnému textu vyhlášky je připojena přílohová část, ve které dominují formuláře té které příslušné kontroly, odlišně formulované pro držitele licence na výrobu tepla a odlišně pro ostatní provozovatele tepelných zařízení.

Formální požadavky na výstup kontroly kotlů je rozsahem poměrně značné, takže i „prázdný“ formulář zabírá téměř osmnáct stran textu. Důvodem je snaha tvůrce předpisu postihnout veškeré možné varianty technického řešení a vyplňování kontrolního formuláře tak vede k „zaškrtávání“ množství předdefinovaných políček a doplnění některých hodnot technických parametrů do tabulek.

Obzvláště výraznou změnou je však skutečnost, že dřívější kontroly účinnosti kotlů byly prioritně zaměřeny na porovnání skutečných parametrů kotle, zjištěných měřeními, s limitními hodnotami účinnosti energetické přeměny, stanovených příslušným předpisem. Nynější kontroly kotlů a rozvodů tepla se však výrazně liší podle toho, kdo je provozovatelem příslušného tepelného zařízení. Tedy jiná náplň kontroly se týká držitelů licence na výrobu a rozvod tepla, a jinou, daleko rozsáhlejší kontrolu absolvují provozovatelé nelicencovaných zdrojů a rozvodů tepla, tedy zdrojů převážně domovního či objektového charakteru. Důvod je zcela prostý – součástí kontroly nelicencovaných zdrojů tepla je i detailní kontrola vnitřních rozvodů tepla objektu, včetně kontroly dimenzování výkonu domovní kotelny.

Problematické je použití poněkud nejasné definice způsobu stanovení účinnosti kotlů s odkazem sice na konkrétní ČSN, avšak právě tento normativ zcela opomíjí dnes celkem běžné kondenzační či nízkoteplotní kotle. Nebo stanovení účinnosti rozvodů tepla s odkazem na údaje měření tepla, které je však v domovních systémech vytápění skutečně bílou vránou.

Systémově zásadně odlišný přístup je k provozovatelům objektových (nelicencovaných) zařízení a zařízení licencovaných, tedy soustav CZT. Kontrolu nelicencovaných zařízení totiž provádějí výhradně energetičtí specialisté, vedení v seznamu MPO, zatímco kontrolu licencovaných zařízení si budou provádět sami jejich provozovatelé svými pracovníky. A kontrola licencovaných zařízení je navíc i výrazně zjednodušena, například zde zcela absentuje kontrola dimenzování tepelných zdrojů. A to v době, kdy důsledky plošného zateplování odběrných míst se nutně promítají na mnoha soustavách centralizovaného zásobování teplem. Ve formuláři kontroly

licencovaných zařízení ale absentuje i problematika centrální přípravy teplé vody, tedy další položky, která je zdrojem ztrát energie a tedy i zvyšování nákladů, přenášených na odběratele tepla.

Aplikací takto pojatého předpisu pak nutně dochází k neporovnatelnému zatížení dvou skupin provozovatelů tepelných zařízení s naprosto jednoznačným zvýhodněním skupiny provozující licencovaná zařízení. Provozovatelům nelicencovaných zařízení se nejen zvýší jejich provozní náklady, které budou přenášet na konečné spotřebitele, ale současně budou podléhat vícestupňové kontrole, vč. orgánů SEI, a to s plným rizikem sankčního postihu. Provozovatelům licencovaných zařízení se však naopak naskýtají možnosti kontrolu ve svých zařízeních nejen ošetřit podle svých potřeb, ale i možnosti zcela legálně zvyšovat náklady započitatelné do ceny energie. Současně tak lze konstatovat i velmi výrazné omezení využitelnosti jinak striktního systému energetických specialistů při hospodaření energií a využívání potenciálu energetických úspor v energeticky významné oblasti SZTE.

Významnou pomůckou při provádění kontrol kotlů a rozvodů energie jsou i jiné platné předpisy, v nichž lze najít nejen potřebné údaje, ale i jiné důležité informace. Většinu z nich najdete sice v přílohové části tohoto materiálu, ale některé dokumenty jsou přece jen poněkud rozsáhlejší a nebylo je zde proto možno zařadit.

Základním předpisem, z něhož všechny kontroly vycházejí, je zákon č. 406/2000 Sb., v platném znění:

§ 6a, odst. (3) - Při kontrole provozovaných kotlů, tepelných rozvodů a klimatizačních systémů musejí být splněny tyto podmínky:

- a) *kontrolu provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, které nejsou předmětem licence na výrobu tepelné energie a licence na rozvod tepelné energie podle zvláštního právního předpisu²⁾ může provádět pouze příslušný energetický specialista podle § 10 odst. 1 písm. c) nebo osoba podle písmene d),*

- b) *kontrolu provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, které jsou předmětem licence na výrobu tepelné energie a licence na rozvod tepelné energie podle zvláštního právního předpisu²⁾ provádí držitel této licence na výrobu tepla a držitel licence na rozvod tepla,*
- c) *kontrolu klimatizačních systémů může provádět pouze příslušný energetický specialista podle § 10 odst. 1 písm. d) nebo osoba podle písmene d),*
- d) *kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie a kontroly klimatizačních systémů včetně zpracování příslušné zprávy může provést a zpracovat také osoba usazena v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie; ministerstvo je uznávacím orgánem podle zvláštního právního předpisu^{5a)},*
- e) *zprávy o kontrolách provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie podle odstavce 1 a klimatizačních systémů podle odstavce 2 musejí být zpracovány objektivně, nestranně, pravdivě a úplně.*

Další podstatné údaje nalezneme ve vyhlášce č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie, kde je pro naše potřeby významná zejména příloha č. 15, obsahující minimální účinnosti výroby tepelné energie pro palivové kotle, v rozdělení dle typů paliv.

Některé další údaje jsou sice předmětem vyhláškou zmiňované normy ČSN 07 0305 - Hodnocení kotlových ztrát, ale jak již bylo zmíněno výše v textu, v tomto dokumentu zcela absentují některá moderní zařízení jako nízkoteplotní a kondenzační kotle. Lze proto s výhodou zejména u kotlů menších výkonů do 400 kW využít požadavky nařízení vlády č. 25/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na účinnost nových teplovodních kotlů spalujících kapalná nebo plynná paliva.

Pro stanovení účinnosti tepelných rozvodů v budovách je klíčovým předpisem Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

V některých případech lze významné údaje, které potřebujeme pro zpracování kontroly kotlů a rozvodů tepla vyčíst z jiných dokumentů, které vlastníci budov již mají k dispozici. Nejčastěji se může jednat o energetické audity, ale spíše o Průkazy energetické náročnosti budov zpracované podle také poměrně nového předpisu a to podle Vyhlášky č. 230/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Je skutečností, že takto koncipovaná legislativa klade na kontrolní činnost poněkud zvýšené nároky, a že širě pojednávané problematiky je nyní poměrně velká. Z praktického hlediska lze proto doporučit kontrolním pracovníkům, nejenom detailní seznámení se s dotčenou problematikou, ale také promyšlený způsob, jak terénní kontroly prakticky řešit a jak pořizovat potřebné údaje, aby nedocházelo ke zbytečným zdržováním a nečekaným komplikacím.

V naší praxi se proto již před několika roky osvědčilo vypracování vlastní závazné interní metodiky pořizování a zpracování potřebných údajů, tedy jakéhosi manuálu, sloužícího kontrolním pracovníkům jako řídicí pomůcka. Pokud je takový manuál doplněn vlastními pracovními formuláři pro pořizování vstupních dat, lze i jinak komplikované kontrolní úkony provádět bez zbytečných zdržení a bez nečekaných chyb a omylů.

5.2 Legislativa kontroly tepelných rozvodů

V této části publikace je nutné zdůraznit Přílohu č. 4 Vyhlášky č.: 193/2007 Sb. Jedná se o Provozní metody zjišťování tepelných ztrát a zisku v zařízeních pro rozvod tepla a chladu.

Zde jsou uvedeny tři metody:

1) Schmidtova metoda

Gumový pásek je obložen sériovým termočlánkem měřícím rozdíl teplot na tloušťce pásku 2 mm. Pásek je zavulkanizován do pasu 60 x 5 x 600 mm. Pas se přikládá k měřenému povrchu, kterým prochází tepelný tok. Ten vyvolá změnu teplot na vnitřním i vnějším povrchu zavulkanizovaného pásku a sériové termočlánky násobící změnu

signalizující napětí v závislosti na velikosti tepelného toku. Po ocejchování pasu se získá konstanta pasu C. Násobením odečteného napětí na svorkovnici pasu získáme hodnotu měřeného tepelného toku. Vzhledem k cejchování pasu na rovině se tepelný tok určený na potrubí násobí korekčním součinitelem. Měření vyžaduje ustálený stav, povrch se chrání před prouděním okolního vzduchu, pas nelze položit na kovový povrch, k zamezení bočních ztrát se k pasu z boků přidávají další pasy a měření vyžaduje zkušenost obsluhy.

2) Termovizní metoda

Tato metoda představuje, způsob měření, při kterém se termovizní kamerou snímá povrch izolovaného zařízení. Termovizní zobrazení povrchových ploch umožňuje zaznamenat rozložení povrchových teplot zařízení a tak případné vady izolace, které se projevují jako tepelné mosty. Tato metoda neumožňuje ověření součinitele tepelné vodivosti tepelných izolací. Termovizní metoda je vhodná pro komplexní zhodnocení skutečného stavu tepelně izolovaných rozvodů a energetických zařízení.

3) Kalorimetrická metoda

Metoda vycházející z kalorimetrické rovnice umožňuje stanovit tepelné ztráty či zisky na úseku rozvodu. Měření se stanoví rozdíl teplot teplotonosné látky a průtok. Při využití fakturačních měřidel tepla dodavatele a součtových hodnot fakturačních měřidel na vstupu u odběratelů lze přibližně stanovit tepelné ztráty celé sítě. Naměřený rozdíl však zahrnuje krom tepelné ztráty sítě i veškeré nepřesnosti měřidel a často tato metoda nedává věrohodné výsledky.

6 Praxe

V další části publikace se chceme zaměřit na praktická sdělení v oblasti kontroly kotlů a rozvodů tepla a uvést příklady dobré praxe.

6.1 Praxe kontroly kotlů

6.1.1 *Měření účinnosti a analyzátory spalin*

Pro měření účinnosti kotlů se v praxi používá přímá metoda jen velmi zřídka. Použití této metody by vyžadovalo instalaci plynoměrů (průtokoměrů oleje) na vstup a měřičů tepla, kalorimetrů na výstup každého kotle. Tyto měřiče však bývají zpravidla instalovány na vstup a výstup celé kotelny, pokud nainstalovány vůbec jsou.

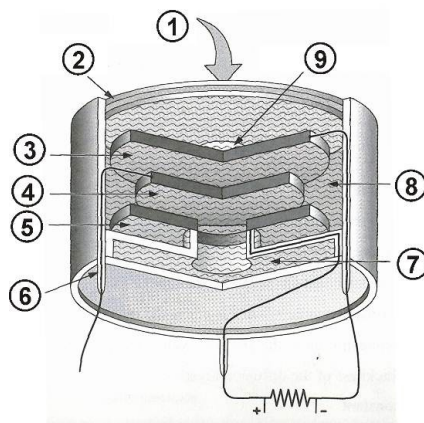
Ve většině případů se tak pro stanovení účinnosti kotlů používá nepřímá metoda, založená na měření parametrů spalin a výpočtu komínové ztráty. Pro měření se tak využívají automatické analyzátory spalin, které změří všechny potřebné veličiny pro výpočet a komínovou ztrátu kontinuálně počítají.

Analyzátory spalin jsou přístroje, které měří složení a další vybrané parametry spalin, jako např. teplotu, tlak (tah) atd.

Dnes je nejrozšířenější princip měření koncentrace některých plynů ve spalinách tzv. elektrochemická metoda. Elektrochemické senzory měří ve vzorku plynu např. koncentraci kyslíku O_2 a škodlivých plynů jako oxid uhelnatý CO, oxid dusnatý NO, oxid dusičitý NO_2 a oxid siřičitý SO_2 .

Trojici elektrod tvoří: S (senzorká elektroda), P (protielektroda) a R (referenční elektroda).

1	Vzorek plynu
2	Prachový filtr
3	S - elektroda
4	R - elektroda
5	P - elektroda
6	Kontakt
7	Zásoba elektrolytu
8	Přepad elektrolytu
9	Kapilární membrána



Obrázek 14 – Princip analyzátoru spalin.

Plyny na elektrodě reagují buď oxidací (např. CO, H₂S, SO₂, NO, H₂) nebo redukcí (třeba NO₂, Cl₂).

Příklad: Senzor oxidu uhelnatého.

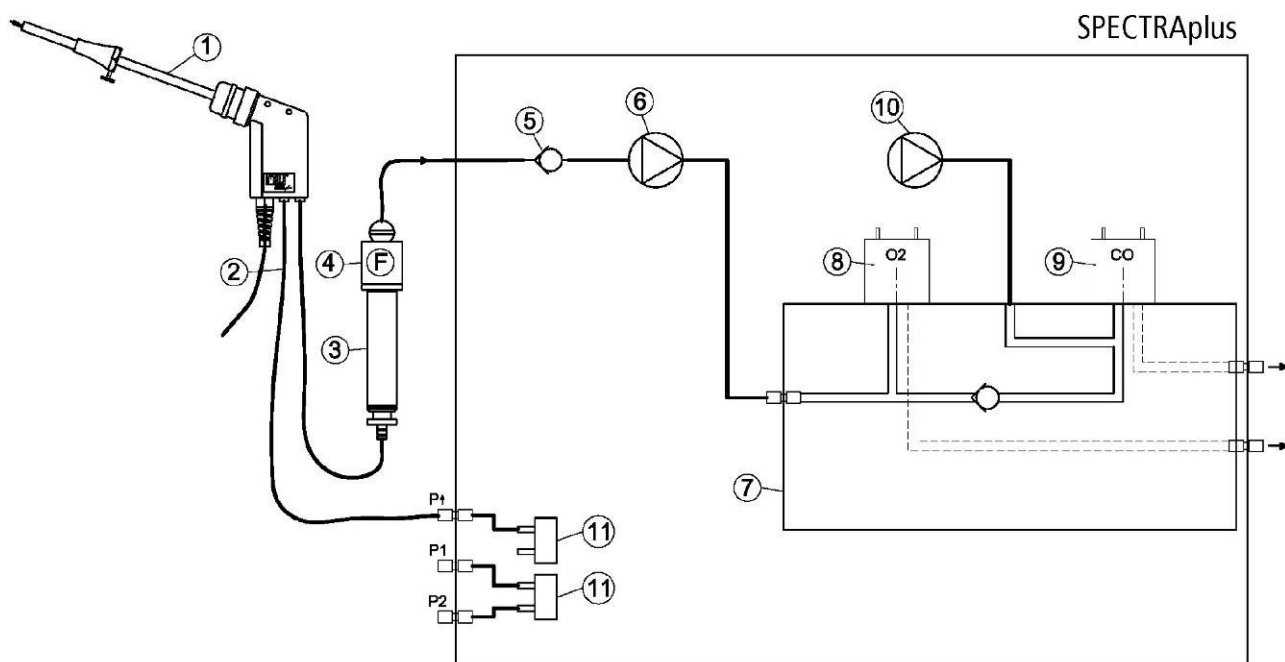
CO na senzorické elektrodě reaguje podle rovnice $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

na protější elektrodě vzdušný kyslík redukuje na vodu $\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Mikroprocesor pak měří a analyzuje vytvořený proud (v řádu μA). Proud je úměrný objemové koncentraci měřeného plynu, další vlivy jako teplotu a různou citlivost na různé plyny analyzátor kompenzuje.

6.1.2 Schéma analyzátoru spalin

Níže je zobrazeno a popsáno zjednodušené schéma analyzátoru spalin:



1	odběrová sonda
2	odběrové vedení hadička (silikon, viton, teflon...)
3	nádobka na kondenzát
4	filtr
5	jednocestný ventil
6	spalinová pumpa
7	prostor senzorů
8	senzor O ₂
9	senzor CO
10	proplachovací pumpa
11	senzor tlaku *

Obrázek 15 – Schéma analyzátoru spalin.

6.1.3 Příklady analyzátorů spalin

MRU Optima 7



Bacharach PCA3



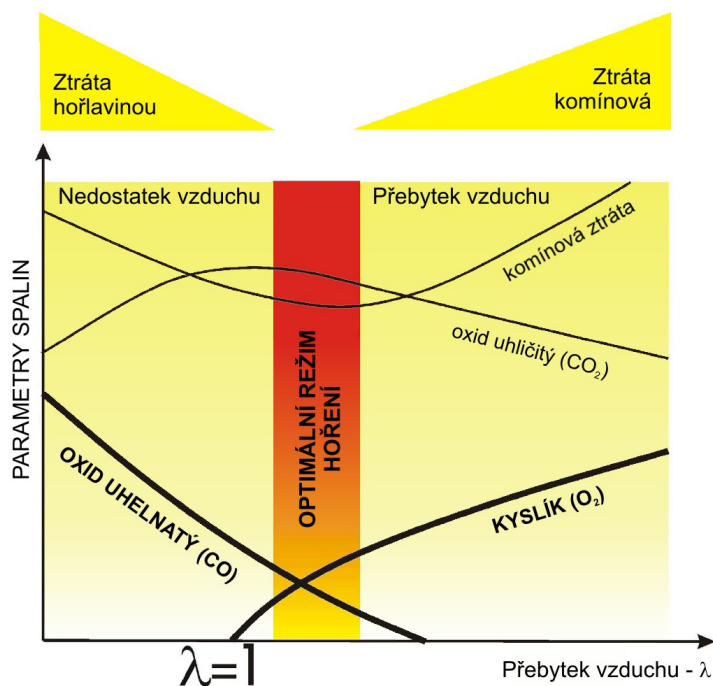
Wöhler A 500



Obrázek 16 – Analyzátořy spalin.

6.1.4 Praktické použití analyzátořů spalin

Analyzátořy spalin slouží předeřvšim servisním technikům kotlů a jiných spalovacích zařízení a dále energetickým specialistům. S jejich pomocí lze seřidit zařízení tak, aby pracovalo v optimálním pracovním pásmu, jejich chod byl ekonomicky co nejefektivnější a aby splňoval veřkeré požadavky legislativy a technických norem.



Obrázek 17 - Nastavení optimálního pracovního režimu kotle.

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že režim optimálního hoření – spalování je v oblasti mírného přebytku vzduchu ($\lambda > 1$) a obsah oxidu uhelnatého (CO) se blíží k nule. Potom ztráta hořavinou i komínová ztrát se blíží k minimu.

Analýzátory spalin se ale používají také k činnosti inspekční a revizní. S jejich pomocí se provádí autorizovaná měření emisí dle zákona o ochraně ovzduší a v neposlední řadě je používají energetičtí specialisté ke stanovení komínové ztráty.

6.1.5 Doporučení pro provozovatele a kontrolory

Hlavní motto – Kontrola dle vyhlášky 194/2013 Sb. se provádí hlavně ne kvůli doзору Státní energetické inspekce, ale kvůli snížení spotřeby paliva, a tím snížení provozních nákladů.

Podívejme se na zvláštní aspekt – velikost instalovaného tepelného výkonu kotle.

Pohled je možný ze dvou hledisek:

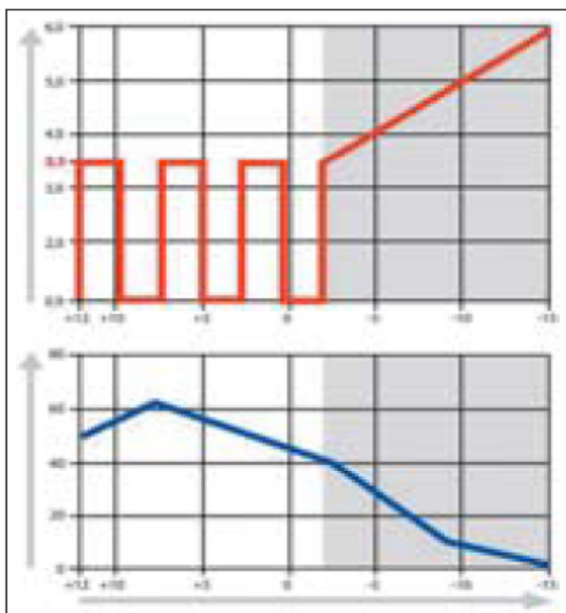
- Absolutní velikost tepelného výkonu kotle při možnosti modulace výkonu kotle.
- Nastavení regulace při start – stop regulaci.

Absolutní velikost tepelného výkonu kotle při možnosti modulace výkonu kotle

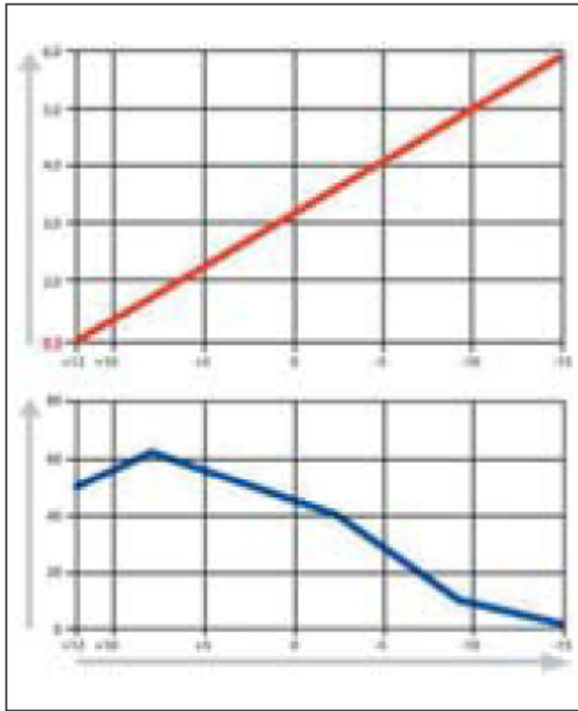
Příklad:

- Nový RD
- Tepelná ztráta objektu při vnější návrhové teplotě -12 °C je cca 10 kW
- Obvyklá instalace kotle 5 až 24 kW s odůvodněním přípravy TV
- Výkonové nepřizpůsobení způsobí minimálně 30 000 spínacích cyklů za otopnou sezonu
- Správná dimenzování: 0,9 až 9,5 kW
- TV se připravuje do zásobníku o velikosti maximální nárazové spotřeby – např. napuštění vany – 120 litrů.

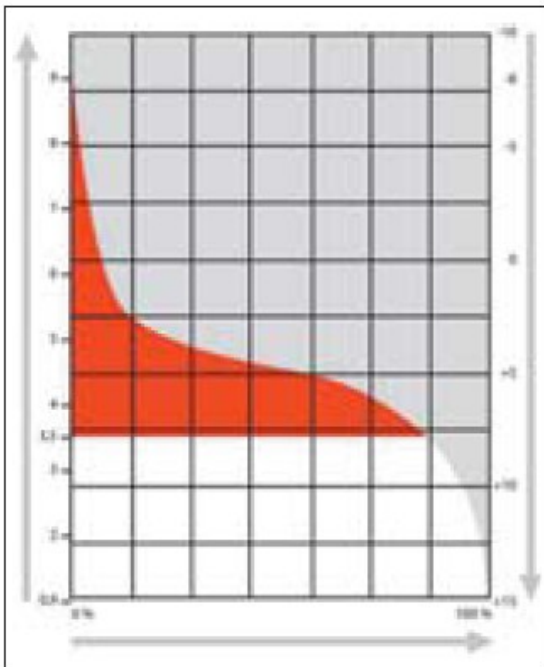
Přehled naměřených hodnot z reálného provozu:



Graf 4 Použit kotel s plynule regulovaným výkonem 4,8 až 23,2 kW. Horní graf v rozsahu vnějších teplot až do cca $-2,0\text{ °C}$ symbolicky znázorňuje, že kotel pracoval systémem on/off. Teprve při dalším poklesu vnější teploty se uplatnila plynulá regulace výkonu a s poklesem vnější teploty se výkon měnil spojitě. Spodní část grafu zachycuje závislost četnosti vnějších teplot.

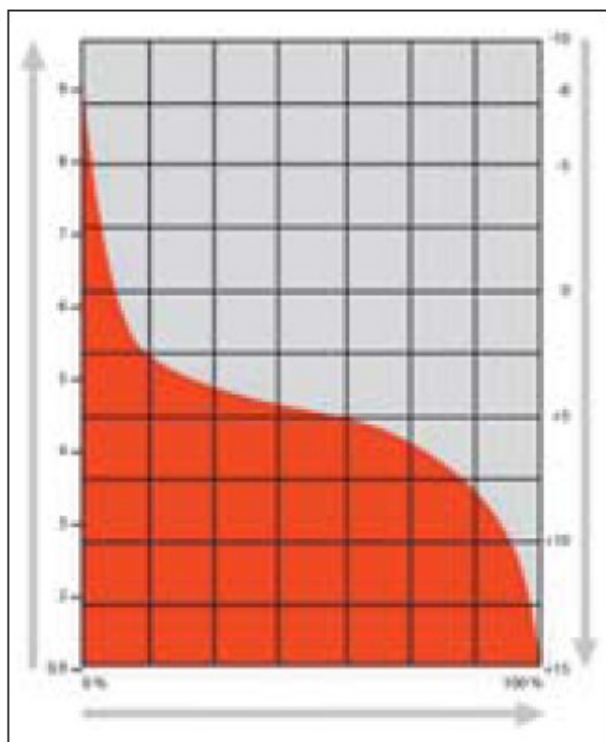


Graf 5 Použit kotel s plynule regulovaným výkonem 0,9 až 9,5 kW. Stejné závislosti jako na grafu 4, změna je pouze v rozsahu vnějších teplot, během kterých dokáže kotel výkon přizpůsobit plynule.



Graf 7 Podíl plynule modulovaného provozu na celkovém provozu, kotel 4,8 až 23,2 kW

Graf 8 Podíl plynule modulovaného provozu na celkovém provozu, kotel 0,9 až 9,5 kW



Na základě výše uvedených skutečností v případě správného dimenzování zdroje: 0,9 až 9,5 kW - DOCHÁZÍ K ÚSPORĚ ZEMNÍHO PLYNU:

> 20% !!!

ZDROJ: Časopis Topenářství Instalatérství 2/2006 autor: Zdeněk Fučík, str. 22 až 24 a příloha ve sborníku.

Nastavení regulace při start – stop regulaci:

Motto: Čím přesnější regulace – tím více startů kotle!!!

Příklad:

- Zateplená dřevostavba typu OKAL; ponechán původní zdroj – kotel na ZP – instalovaný výkon 19 kW
- Obvyklý provoz zdroje tepla v zatepleném RD – kotel na ZP je v chodu 4 až 6 minut; 10 až 15 minut nepracuje, tzn. cca 5 000 startů za topnou sezonu
- Provedeno měření – energetickým monitoringem – zjištěna účinnost spalování kotle na ZP 93%; tepelná účinnost celého systému – cca 70%

Návrhy řešení:

- Maximální hystereze reakce systému MaR = začít topit co nejdéle (při co nejnižší teplotě) a vypínat při co nejvyšší teplotě, ale bez zbytečného plýtvání přetápěním (nutno nastavit individuálně) – využití akumulace budovy
- Využití akumulace do vody – např. využitím již nainstalované akumulace pro solární systém

Při realizaci výše uvedených dvou opatření bylo dosaženo úspory dle faktur za ZP - **20% ve spotřebě paliva!!!**

6.1.6 Zvláštnosti pro měření účinnosti kotlů v provedení „turbo“

Při měření účinnosti nepřímou metodou spalinovým analyzátozem je nutno si uvědomit, že do kotlů v provedení „turbo“ nestupuje spalovací vzduch z místnosti, kde je kotel umístěn, ale z venkovního prostoru. Analyzátor spalin obvykle měří teplotu vzduchu v místnosti, kde se nachází. Proto je nutné do analyzátoru spalin zavést správnou teplotu spalovacího vzduchu a to nejlépe teploměrem s teplotním čidlem (teploměrem) s dlouhým připojením. Tímto čidlem potom měříme teplotu spalovacího vzduchu buď před kotlem, nebo ve venkovním prostoru. Je však nezbytně nutné si uvědomovat, kde teploty (jak spalin, tak spalovacího vzduchu) měříme a zda měříme správný rozdíl teplot (na stejném místě).

6.2 Praxe kontroly tepelných rozvodů

Nyní se zaměříme na jednu z metod kontroly tepelných rozvodů – termovizní metodu, která je i reálně využitelná.

Metodika kontroly izolace tepla – využití termografie

Tepelné záření

Vystavíme-li své tělo slunečnímu záření, cítíme intenzivně jeho tepelné účinky a dokonce i se zavázanýma očima jsme schopni poměrně přesně určit polohu Slunce. Stejné pocity v nás vyvolává např. záření nahřátých kamen. Vnímáme, že záření kamen je stejně „tepelné“ jako to sluneční.

Tělesa všech skupenství s teplotou vyšší, než je absolutní nula vyzařují elektromagnetické záření, které má původ v tepelných (termických) pohybech nabitých částic, z nichž jsou tato tělesa složena. Vzhledem k tomu, že příčinou záření je teplo, nazýváme jej tepelným zářením, v angličtině pak hovoříme o „thermal radiation“ (termální radiaci). Jedná se o jeden ze tří způsobů přenosu tepla, který všichni známe buď pod označením „sálání“ nebo „(teplená) radiace“.

Tepelné záření, o kterém zde hovoříme, je statistickým výsledkem velkého množství událostí, při nichž v blízkosti povrchu objektu vzniká elektromagnetické záření zapříčiněné chaotickým pohybem elektricky nabitých částic.

Bezdotykové měření teploty termokamerou

Termokamera jako měřicí přístroj zaznamenává intenzitu tepelného záření, které vyzařuje měřený povrch. Intenzita I (s jednotkou W/m^2) změřeného tepelného záření je úměrná čtvrté mocnině povrchové teploty T (dosazované v Kelvinech) a emisivitě povrchu ε podle Stefanova-Boltzmannova zákona:

$$I = \varepsilon \delta T^4,$$

kde δ je Stefanova-Boltzmannova konstanta.

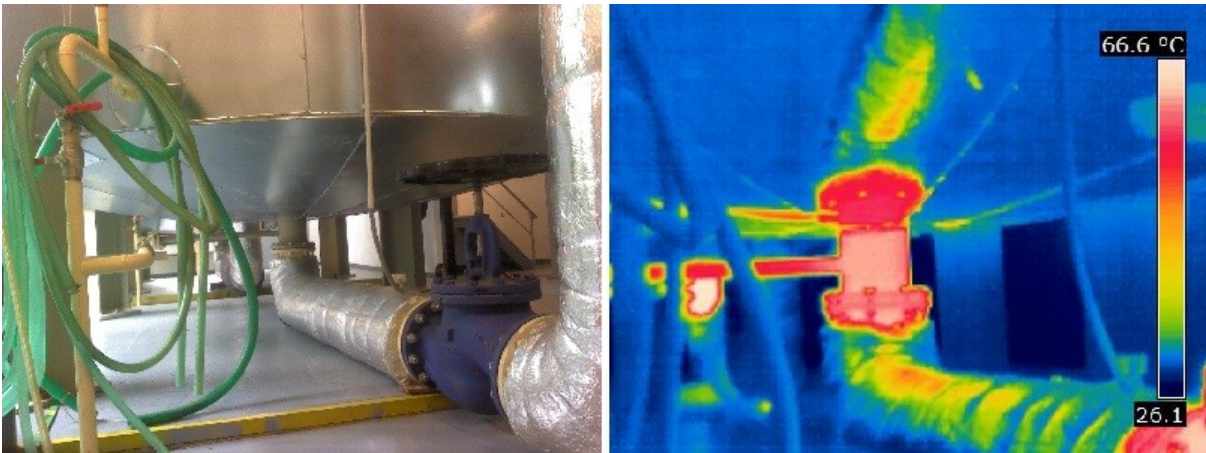
Z výše řečeného tedy vyplývá, že čím vyšší teplotu má povrch objektu, tím více záření do svého okolí vyzařuje. Toho lze využít ke stanovení povrchové teploty ze změřené intenzity tepelného záření. Nezbytnou podmínkou je však znalost emisivity měřeného povrchu. Jedná se o materiálovou konstantu, která ve vztahu vystupuje jako ε . Čím přesněji tuto veličinu (která se pohybuje v intervalu 0 až 1) známe, tím přesněji jsme schopni povrchovou teplotu určit. V praxi buď vycházíme z tabulkové hodnoty, nebo se emisivitu snažíme určit pomocí dotykového teploměru. Je potřeba si

také uvědomit, že emisivita má směrovou charakteristiku, tedy že v každém směru má jinou hodnotu.

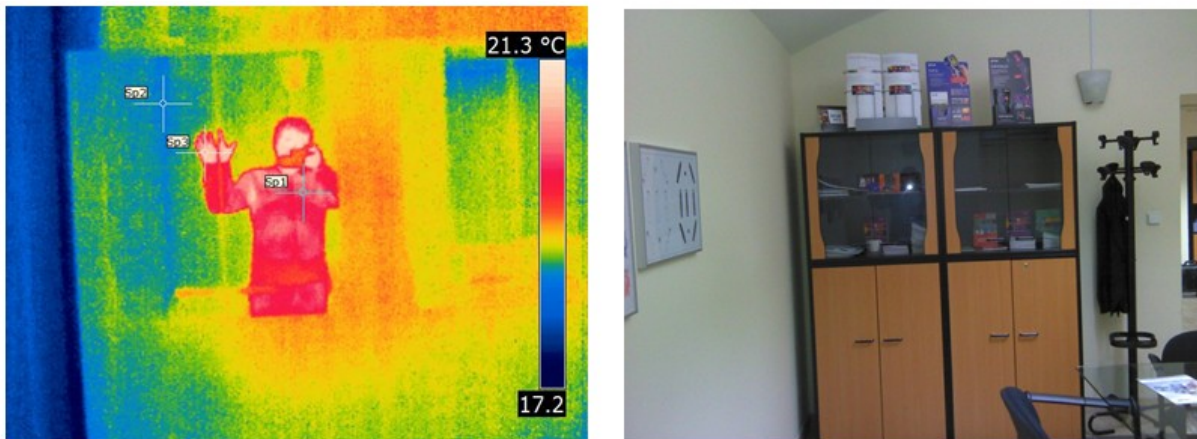


Obrázek 18 - Povrchová teplota zatepleného panelového domu je přibližně homogenní. Na termogramu se však zdá, že místa s nápisem jsou až o 5°C chladnější. Tato chyba měření je způsobena rozdílnou emisivitou barev nápisu oproti barvám zdiva.

Záměrně se zde podrobněji nezmiňujeme o problematice tzv. zdánlivé odražené teploty. Každý povrch totiž vyzařuje nejen vlastní tepelné záření, ale také odráží okolní tepelné záření a to tím více, čím menší je jeho emisivita. V praxi je pak u lesklých povrchů (tj. u povrchů s nízkou emisivitou) obtížné určit jejich povrchovou teplotu, neboť značná část tepelného záření, které termokamera zaznamená z měřeného povrchu je jen odrazem záření, které pochází z okolních objektů.



Obrázek 19 - Od lesklého povrchu nádře se odráží tepelné záření z okolí (povrch má velmi nízkou emisivitu, pravděpodobně něco okolo hodnoty 0,2). Na povrchu je jasně rozpoznat povrch teplovodu a ventilu.



Obrázek 20 - Názornější příklad odrazu tepelného záření.

V praxi je třeba vycházet také ze skutečnosti, že nelze (mimo laboratorní podmínky) pomocí termokamery měřit teplotu povrchu s příliš nízkou emisivitou (0,5 a méně). Při měření povrchů s nízkou emisivitou je nutné zvolit ošetření povrchu tak, aby měl emisivitu vyšší. Lze zvolit jednu ze tří možností:

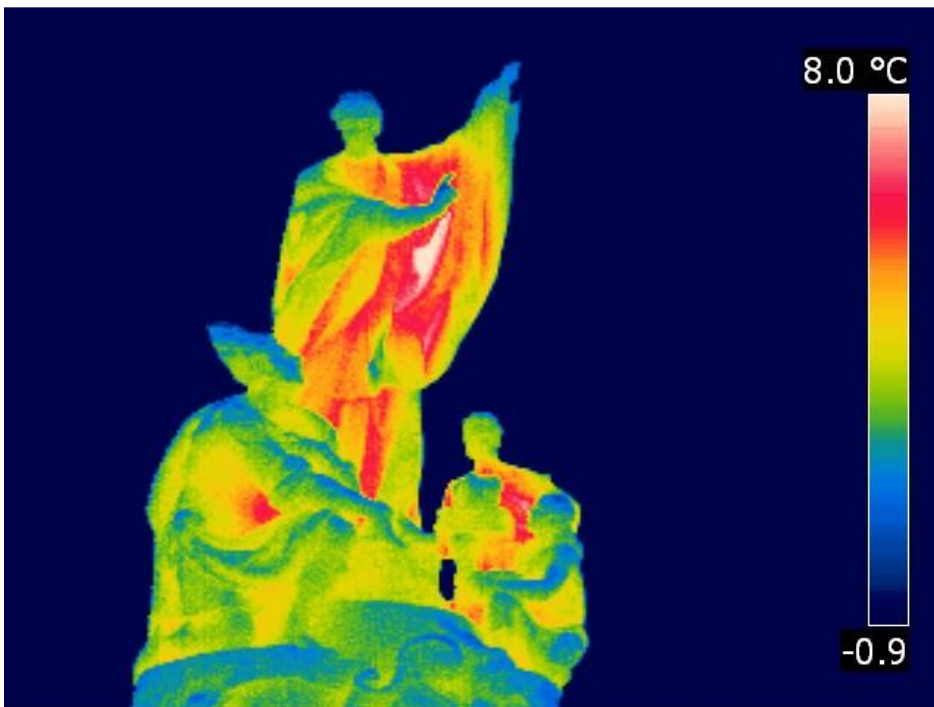
- nalepení pásky s vysokou emisivitou (tou je třeba „textilní elektrikářská izolepa“),
- použitím práškového pudru (který lze později odstranit),
- nanesením barvy s vysokou emisivitou.

Při diagnostice tepelné izolace naštěstí velmi často nepotřebujeme určit přesné povrchové teploty, ale vystačíme si s hodnotami přibližnými a tedy i s méně přesnými

hodnotami emisivity. Někdy nám dokonce stačí vědět, že emisivita je dostatečně vysoká.

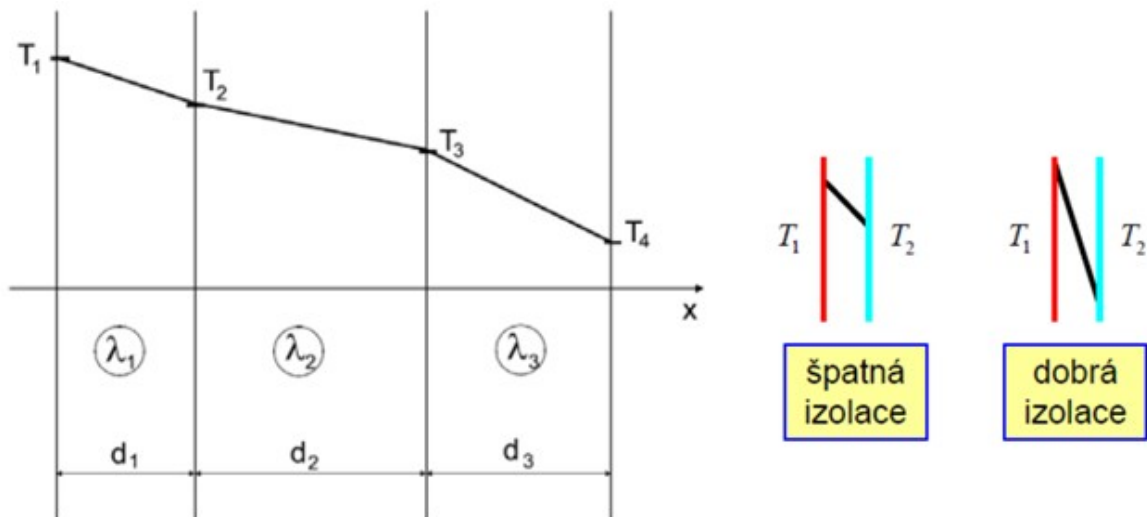
Při diagnostice pomocí termokamery je nutné, aby diagnostik si přímo na místě představil tepelný tok a snažil se vysvětlit si anomálie ve vyzařovaném a zobrazovaném teple. Jak může být termogram klamavý, ukazuje obr. 21, na němž je socha na Karlově mostě. Jedná se přitom o zdánlivě homogenní materiál (může být jinak zašpiněn prachem apod.), který má zcela jistě velmi podobnou teplotu v celé ploše. Emisivita kamene se blíží 1, tudíž i odraz tepelného záření nemůže být rozhodující.

obr. 21 - Termogram sochy na Karlově mostě.



Diagnostika tepelné izolace s pomocí termokamery

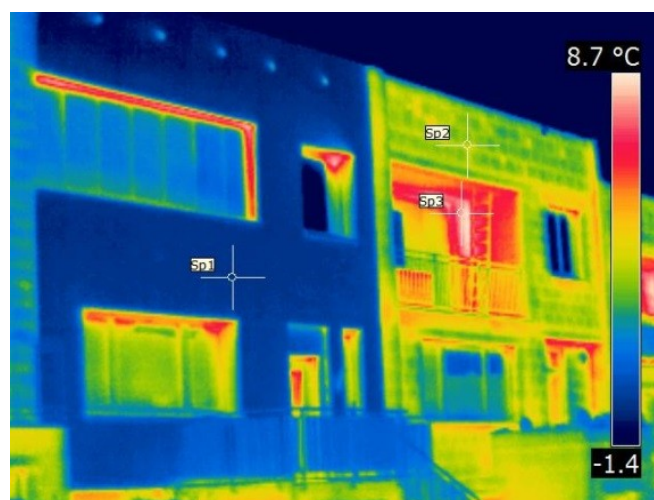
Velmi zjednodušeně řečeno je účelem tepelné izolace zabránit přenosu (tepelné) energie z nějakého objektu do okolí. Tepelná izolace je tím účinnější, čím má vyšší tepelný odpor. Z principu vedení tepla (Fourierův zákon) vyplývá, že čím je tepelný odpor vyšší, tím více se povrchová teplota izolace přibližuje okolní teplotě.



Obrázek 22 - Ilustrace Fourierova zákona, pokles teploty vlivem tepelného odporu.

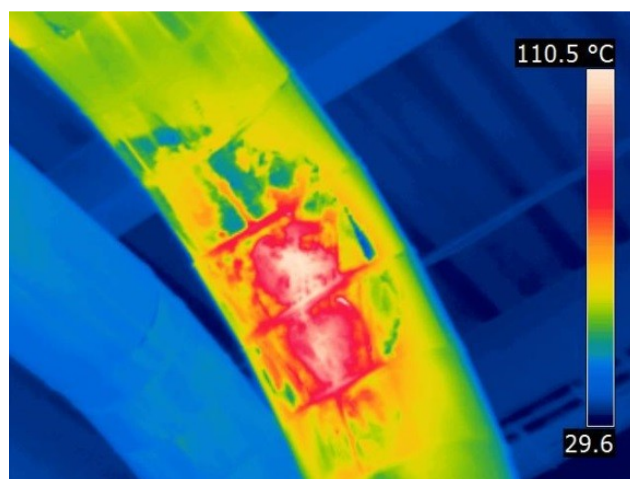
Protože tedy stav a funkci tepelné izolace můžeme usuzovat z povrchové teploty, lze s výhodou využít termokameru, která je schopna bezdotykově změřit teplotu i na poměrně velkém objemu. Ukážeme si několik příkladů.

Na níže uvedeném snímku je srovnání povrchové teploty na fasádě budovy v případě zateplené stavby a nezateplené stavby. Nezateplená stavba se vyznačuje vyššími povrchovými teplotami, což je v souladu s tím, co bylo řečeno výše.



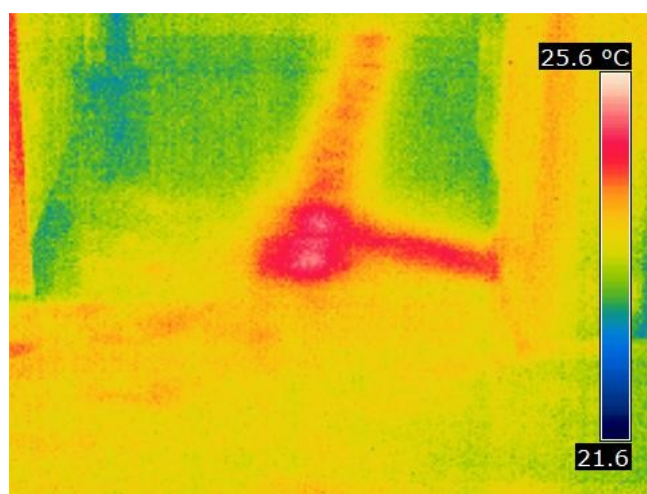
Obrázek 23 - Srovnání zatepleného a nezatepleného řadového domu.

Na následujícím snímku jsou identifikována místa na parovodu, kde vlivem poškození tepelné izolace došlo k intenzivnímu nárůstu povrchové teploty. Dochází k nezanedbatelným tepelným ztrátám. Podobné nálezy nejsou na starších horkovodech žádnou výjimkou a dochází k nim především vlivem stárnutí izolace (degradace materiálu, sesunutí vlivem navlhnutí, prověšení apod.) či špatným provedením izolace již na začátku.



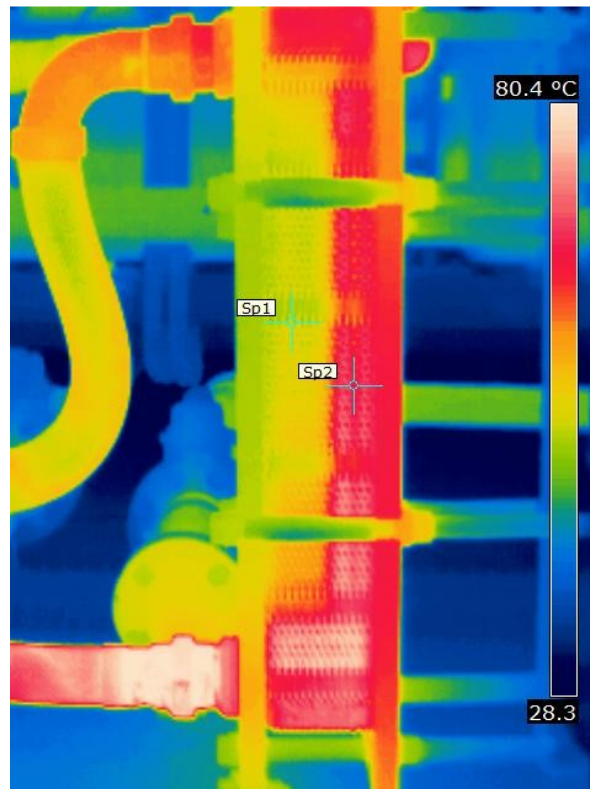
Obrázek 24 - Horkovod s poškozenou tepelnou izolací.

Na dalším snímku je zachycen únik teplé vody do betonové podlahy. Zkušený termodiagnostik vidí, že v místě kolene (záhybu) je teplotní pole poněkud neohraničené s nejasným tvarem. Při odkrytí betonové vrstvy zde skutečně byla objevena drobná díra v potrubí, kterou unikala voda do betonu.



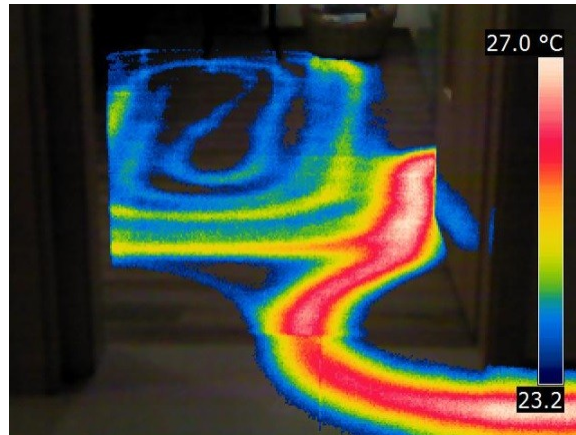
Obrázek 25 - Termokamerou bylo na tomto snímku lokalizováno místo, kde dochází k úniku teplé vody z vodovního potrubí do betonové podlahy.

Další snímek ukazuje tepelný výměník měřený termokamerou. Termogram ukazuje, že z celého objemu výměníku správně funguje pouze jeho část.



Obrázek 26 - Tepelný výměník. Již na první pohled je zřejmé, že značná část výměníku je nefunkční a nedochází zde k potřebné výměně tepla.

Termokameru lze s výhodou využít k lokalizaci tepelných zdrojů. Zde je ukázka využití dnes již běžné funkce „teplotní pronutí“ při lokalizaci trubek teplovodního podlahového topení.



Obrázek 27 - Lokalizace trubek teplovodního podlahového topení s použitím funkce "teplotní prolnutí".

Termokameru lze velmi efektivně využít ke kontrolám stavu tepelné izolace za předpokladu, že měřený povrch nemá příliš nízkou emisivitu, neboť potom je měření příliš zkresleno odrazem tepelného záření okolních předmětů od měřeného povrchu. Jedinou možností v takovém případě je použít některou z metod pro zvýšení emisivity povrchu.

7 Závěr

- **Kontrola účinnosti kotlů a tepelných rozvodů je potřebná, neboť by měla produkovat v konečném důsledku úsporu financí – provozních nákladů.**
- **Nesmí se dělat formálně, ale vždy s myšlenkou návrhu opatření pro klienta – i neformálních.**
- **Provozovatelé zdrojů ji musí brát vážně a o závěry a návrhy opatření se zajímat, opatření realizovat a nový stav s energetickým specialistou konzultovat.**
- **Úspory jsou možné v řádech desítek procent a v celostátním měřítku v miliardách korun.**

8 Literatura

Sborník přednášek semináře: „Praktické zkušenosti s kontrolami účinnosti kotlů a izolace rozvodů tepla dle platných právních předpisů“; Praha 19. 9. 2013; EGF Energy, spol. s r.o.;

Kontrola klimatizačních systémů. Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie. Ing. Miloš Lain, Ph.D., Ing. Roman Vavříčka, Ph.D., Společnost pro techniku prostředí, Praha 2014;

Otopné soustavy – viz.:

http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova./ST51/5_otopne%20soustavy.pdf

IBLER, Zbyněk a kol. Technický průvodce energetika. Praha: BEN – technická literatura, 2002;

ČSN 07 0305. Hodnocení kotlových ztrát Praha: Český normalizační institut, 1983;

SKÁCEK, František a TEKÁČ, Viktor. Analýza ovzduší. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002;

MRU GmbH. Bedienungsanleitung Spectra Plus. Oberiesesheim, 2012;

MRU GmbH. Oxygen monitoring system OMS 420. Oberiesesheim, 2005;

Bacharach, Inc. Webová stránka produktu. <http://www.bacharach-inc.com>;

Wöhler GmbH. Webová stránka produktu. <http://mgkg.woehler.com>;

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zajištění tlakových podmínek při provozu plynových spotřebičů v provedení B nebo principem podobných zdrojů.....	64
Obrázek 2 - schéma pro měření účinnosti přímou metodou.....	65
Obrázek 3 - Dvoutrubková vertikální otopná soustava se spodním rozvodem a přirozeným oběhem vody a otevřenou expanzní nádobou.	73
Obrázek 4 - Etážová otopná soustava s přirozeným oběhem vody.	74
Obrázek 5 - Dvoutrubková otopná soustava se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody.	76
Obrázek 6 - Dvoutrubkové zapojení otopných těles s horizontálním rozvodem k tělesům.	76
Obrázek 7 - Dvoutrubková otopná soustava s horním rozvodem a nuceným oběhem vody.	78
Obrázek 8 - Jednotrubková otopná soustava horizontální a) průtočná, b) se zkratem. .	79
Obrázek 9 - Jednotrubková soustava s prvky ve zkratu.....	80
Obrázek 10 - Jednotrubková otopná soustava vertikální a) průtočná, b) se zkratem.....	81
Obrázek 11 - Vertikální soustava.	82
Obrázek 12 - horizontální soustava.....	83
Obrázek 13 - Hvězdicová soustava.....	84
Obrázek 14 – Princip analyzátoru spalin.....	92
Obrázek 15 – Schéma analyzátoru spalin.	93
Obrázek 16 – Analyzátoři spalin.	94
Obrázek 17 - Nastavení optimálního pracovního režimu kotle.....	95
Obrázek 18 - Povrchová teplota zatepleného panelového domu je přibližně homogenní. Na termogramu se však zdá, že místa s nápisem jsou až o 5°C chladnější. Tato chyba měření je způsobena rozdílnou emisivitou barev nápisu oproti barvám zdiva.....	101

Obrázek 19 - Od lesklého povrchu nádrže se odráží tepelné záření z okolí (povrch má velmi nízkou emisivitu, pravděpodobně něco okolo hodnoty 0,2). Na povrchu je jasně rozpoznat povrch teplovodu a ventilu.	102
Obrázek 20 - Názornější příklad odrazu tepelného záření.....	102
obr. 21 - Termogram sochy na Karlově mostě.	103
Obrázek 22 - Ilustrace Fourierova zákona, pokles teploty vlivem tepelného odporu....	104
Obrázek 23 - Srovnání zatepleného a nezatepleného řadového domu.....	104
Obrázek 24 - Horkovod s poškozenou tepelnou izolací.	105
Obrázek 25 - Termokamerou bylo na tomto snímku lokalizováno místo, kde dochází k úniku teplé vody z vodovodního potrubí do betonové podlahy.....	105
Obrázek 26 - Tepelný výměník. Již na první pohled je zřejmé, že značná část výměníku je nefunkční a nedochází zde k potřebné výměně tepla.....	106
Obrázek 27 - Lokalizace trubek teplovodního podlahového topení s použitím funkce "teplotní prolnutí".....	107



www.asociacees.cz

KONTAKTNÍ ÚDAJE:

Asociace energetických specialistů, z.s.

IČ: 01578286
Charlese de Gaulla 629/5
160 00 Praha 6 - Dejvice
www.asociacees.cz
info@asociacees.cz

REGIONÁLNÍ ZASTOUPENÍ:

ČESKÉ BUDĚJOVICE

Budějovická 166
373 81, Kamenný Újezd
tel.: 777 196 154

LIBEREC

U Sila 1202
463 11, Liberec 30 – Vratislavice
tel.: 775 665 128

BRNO

Kalvodova 109/9
602 00 Brno-střed
tel.: 777 010 727