

Roman Šubrt a kolektiv

UČEBNICE ENERGETICKÉHO SPECIALISTY

ENERGETICKÝ AUDIT

ENERGETICKÝ POSUDEK

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



OBSAH

Obsah.....	1
1 ÚVOD.....	4
2 OSOBNOST AUDITORA.....	6
2.1 Obecně.....	6
2.2 Etické zásady	6
2.3 Znalosti a dovednosti.....	6
2.4 Řízení projektu	7
3 STUDIJNÍ LITERATURA.....	8
4 ZÁKONY A PŘEDPISY	37
4.1 Zákon 406/2000 Sb. (Zákon o hospodaření energií) a prováděcí vyhlášky	37
4.2 Zákon 458/2000 Sb. (Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, tj. energetický zákon)	38
4.3 Zákon o 586/1992 Sb. (Zákon o daních z příjmů).....	38
4.4 Vyhlášky	38
4.5 Normy a technicko-normalizační informace.....	39
5 ZPRACOVÁNÍ EA a EP.....	41
5.1 Definice energetického auditu a energetického posudku.....	41
5.2 Zpracování.....	41
5.2.1 Prohlídka	44
5.2.2 Sběr dat.....	45
5.2.3 Sestavení energetické bilance.....	45
5.2.4 Návrh opatření.....	50

5.2.5	Výběr varianty.....	50
5.2.6	Stanovení okrajových podmínek.....	50
6	EFEKTIVITA INVESTIC	51
6.1	Vstupní kritéria pro hodnocení ekonomické efektivity investice	52
6.01.1	Náklady na investici	52
6.1.1	Budoucí cash flow.....	52
6.1.2	Odpisy	53
6.1.3	Diskontní sazba	54
6.1.4	Doba hodnocení investice	56
6.2	Metody hodnocení ekonomické efektivity investic	56
6.2.1	Prostá doba návratnosti investice	57
6.2.2	Reálná doba návratnosti investice	58
6.2.3	Čistá současná hodnota (NPV – net present value)	59
6.2.4	Vnitřní výnosové procento (IRR – internal rate of return).....	60
7	ZÁKLADY FYZIKY	62
7.1	Obory fyziky	62
7.2	Fyzikální veličiny, jejich jednotky a důležité konstanty.....	62
7.3	Mechanika	67
7.3.1	Kinematika.....	67
7.3.2	Dynamika.....	69
7.4	Termika.....	75
7.4.1	Teplota.....	76
7.4.2	Teplo.....	77
7.5	Termodynamika	85
7.5.1	Zákony termodynamiky (termodynamické věty)	85

7.5.2	Účinnost zařízení	87
7.5.3	Tepelné stroje (motory).....	88
7.5.4	Chladicí stroj a tepelné čerpadlo.....	92
7.6	Elektřina a magnetismus	95
7.6.1	Elektrický náboj.....	95
7.6.2	Důležité elektrické veličiny	97
7.6.3	Vybrané důležité vztahy týkající se elektrického proudu.....	98
7.6.4	Elektrochemické zdroje elektrického proudu	100
7.6.5	Využití slunečního záření pro výrobu elektřiny pomocí fotovoltaických článků	105
7.7	Vodní energie	107
7.8	Větrná energie	108
7.9	Točivé elektrické stroje	109
7.9.1	Generátory.....	109
7.10	Optika	110
7.10.1	Důležité veličiny pro zdroje světla.....	111
7.10.2	Zdroje světla	111
8	specifické požadavky na tepelné izolace BUDOV	116
9	TERMOVIZE	118
10	NĚKTERÉ POUŽITÉ ZNAČKY	121
11	NĚKTERÉ POUŽITÉ ZNAČKY ... Chyba! Záložka není definována.	

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

1 ÚVOD

Tato učebnice specialisty EA + EP není a nemůže být kompletní, neboť jde o multidisciplinární činnost zasahující do mnoha oborů, např. právo, ekonomika, pozemní stavby, technická zařízení budov, elektrotechnika, vzduchotechnika, hydrologie, strojírenství a dále dle konkrétního předmětu energetického auditu všechny další obory jako např. potravinářství, metalurgie, papírenství.....

Při zvažování, jak tuto publikaci pojmout, bylo možné zvolit mnoho cest. Nakonec byla zvolena cesta vycházející z několikaleté zkušenosti ze zkoušek energetických specialistů. V publikaci se tedy věnujeme spíše opomíjeným tématům, která však mají podstatný vztah k energetickému auditorství. Není nic tristnějšího, než když má energetický auditor ze zákona posuzovat mimo jiné i kogeneraci, a přitom nezná ani její princip. Zajímavá je v tomto směru ČSN EN 16247, která mimo jiné hovoří i o osobě energetického auditora a jeho schopnostech komunikovat verbálně i písemně. Bohužel mnoho i vysokoškolsky vzdělaných lidí má mezery v pravopise, a tak by možná příště bylo vhodné do publikace vložit i pravidla českého pravopisu a základy jazykové stylistiky.

Pro vykonávání povolání energetického specialisty je vhodné nejprve začínat pod vedením zkušeného auditora a postupně s přibývajícími zkušenostmi a studiem literatury začít tuto praxi vykonávat samostatně. Tento postup však byl již z legislativy odstraněn, lze tedy nyní pouze doporučit nastudovat si mnohé z odborné literatury. Velmi doporučuji prostudování publikací, které byly vydávány v rámci programu EFEKT. Mnohé informace v nich jsou sice zastaralé, přesto ale obsahují mnoho principů, které je vhodné při zpracovávání energetických auditů používat. První Energetické audity se v ČR realizovaly ve 2. polovině 90. let. Z této doby jsou také první publikace, které se tomuto tématu věnují. Většina z nich je stále ke stažení na webových stránkách MPO.

Zde je možné stáhnout velké množství publikací, je však nutné upozornit na to, že nejsou aktualizovány, mnohé informace a znalosti zde obsažené tak mohou být zastaralé.

Energetický auditor by měl znát i základy dalších specializací, tedy měl by ovládat základy stavební fyziky, vytápění či vzduchotechniky.

V neposlední řadě je nutné zdůraznit, že obor energetické auditorství je oborem, ve kterém se musí auditor neustále vzdělávat, neboť úspory energií vládnu světem a neustále přicházejí na trh novinky, stejně tak jako se neustále objevují zázračná řešení popírající základní fyzikální zákony.

2 OSOBNOST AUDITORA

2.1 Obecně

Důležitým faktorem pro srozumitelné zadání a řádné fungování energetického auditu je srozumitelná komunikace a správné porozumění mezi energetickým auditorem a zadávající organizací, které zajišťují minimalizaci rizika a vytváří důvěru mezi danými subjekty. Proto musí být energetický auditor obdařen schopností komunikovat, a to jak písemně, tak ústně. Musí ovládat komunikaci s technickými pracovníky i jinými osobami na různých úrovních tak, aby mohl správně a adekvátně komunikovat s osobami v odlišných pracovních kategoriích, a to ve všech hlediscích energetického auditu, jakými jsou například technická nebo ekonomická stránka věci.

2.2 Etické zásady

Hlavní etickou zásadou, kterou energetický auditor musí dodržet, je, že nepřijímá ty úkoly, které není schopen plnit profesionálně. Dále také musí za všech okolností jednat nestranně a objektivně, musí zachovávat důvěrné informace, které při své práci získá.

Povinností energetického auditora je rovněž obnovovat a udržovat si své znalosti, neustále se vzdělávat.

2.3 Znalosti a dovednosti

Každý auditor by měl disponovat odbornými znalostmi i souvisejícími dovednostmi, jako je schopnost řízení projektů, schopnost komunikace a empatie, přičemž zdokonalování a zlepšování znalostí a dovedností je úkol pro celoživotní neustávající intenzivní vzdělávání. Toho lze docílit několika způsoby, přičemž obvykle je nutné jednotlivé způsoby kombinovat. Sebevzdělávání může probíhat formou stáží, studiem odborné literatury, účastí na seminářích a konferencích, absolvováním odborných školení, získáváním relevantních informací na výstavách a u dodavatelů materiálů a výrobků.

Energetický auditor musí být obeznámen s danými právními předpisy, postupy, pravidly, normami a směrnicemi. Musí také znát zásady bezpečnosti práce, musí se orientovat v podnikové ekonomice.

Každý energetický auditor musí mít dostatečné technické znalosti, jako znalost fyzikálních principů spojených s energií (tepelné, elektrické, přenos tepla, distribuce energie, dostupnost zdrojů a principy přeměny energie atd.) či znalosti z oblasti metrologie. Musí rozumět energetické náročnosti, musí umět určit a analyzovat spotřebu a využití energie, spočítat úspory energie nebo či zvýšení energetické účinnosti. Musí také umět vysvětlit své výpočty, na kterých jsou předpoklady úspor založeny, sestavit akční plán či jiným způsobem aktivovat možnosti zlepšení energetické účinnosti v auditovaném objektu. Musí umět vhodně ekonomicky posoudit navrhované možnosti a vybrat tu výhodnější, přitom vzít v úvahu životnost zařízení, náklady spojené s energetickými opatřeními, provozem a údržbou, dotace, daňové odpočty, uhlíkové daně, vývoj cen energií, tarifů, daní atd.

2.4 Řízení projektu

Je nutné si uvědomit, že zpracovávání energetického auditu je projekt a jeho řízení musí probíhat v souladu s pravidly projektového řízení.

Do tohoto procesu spadají dále zmíněné činnosti.

- Auditor musí vhodně naplánovat průběh energetického auditu se zadávající organizací.
- Auditor má povinnost splnit audit v rámci dohodnutého časového rámce a využít při tom efektivně všech zdrojů.
- Stejně důležitou dovedností je pro auditora dobré zvládnutí nejistoty týkající se případných problémů s dosažením cílů energetického auditu.
- Schopnost spolupracovat se všemi stranami zapojenými do energetického auditu a umět předcházet a řešit případné konflikty.
- Dalším aspektem je dbání na bezpečnost práce, ochranu zdraví, ochranu životního prostředí a zachování důvěrnosti.

- Pokud je do práce auditu zapojeno více lidí, auditor musí mít manažerské schopnosti a koordinaci činností dalších členů týmu.
- Zjištění energetického auditu musí být řádně zdokumentováno a je třeba připravit z něj příslušné zprávy.
- V projektové práci je nutné vhodně zvolit analytické metody, auditor musí správně určit vhodné výpočetní a simulační nástroje. Má mít rovněž znalosti a dovednosti v oblasti analytických metod, prezentace a předávání výsledků. Z těchto výpočtů musí auditor umět vyvodit výsledek, musí umět shrnout a analyzovat poskytovaná data, aby mohl předložit vhodná doporučení.

3 STUDIJNÍ LITERATURA

Tato publikace není jediným možným zdrojem studia, naopak je nutné použít mnoho dalších publikací, především dále citované zákony, vyhlášky, normy.

Dále je vhodné prostudovat některou z knih, které se zabývají Průkazem energetické náročnosti budovy, např. Tepelná ochrana a energetika budov, autor František Kulhánek. Stejně tak je vhodné prostudovat si i literaturu týkající se kontrol kotlů, otopných soustav a klimatizací, neboť ačkoliv se jedná o samostatné obory, velmi úzce souvisí s energetickými audity.

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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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 energetických 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 balance	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 jednotek	2000	RAEN, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008153.pdf
Snižování energetické náročnosti	2000	RAEN, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008154.pdf
Úspory elektrické energie v systému	2000	Zdeněk Hasoň, Elektroprojekt	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/008156.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



veřejného osvětlení			
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 County Council (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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



řízení - 9. část		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	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1178.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



		energetických zdrojů	
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	2002	EUPRI o.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2172.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



územ. celku			
Regionalizace využití dříví	2002	Ing. Helena Součková, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2175.pdf
Metodika energetického auditu v zemědělství	2002	Ing. Helena Součková, CSc.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2176.pdf
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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



Energetický management budov	2002	MARTIA, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2195.pdf
Vyhodnocování efektivity kogeneračních jednotek	2002	Enviros, spol. s r.o.	http://mpo-efekt.cz/dokument/2207.zip
Příručka energet. řízení pro veřejné dopravce	2002	Enviros, spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2208.pdf
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 Ilbier, DrSc., Ing. Zbyněk Ilbier	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	2003	Vladimír Valenta,	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3115.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



hydraulických poměrů tepelných soustav		cech topenářů a instalatérů ČR	
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 ročenka 2003	2003	GAS	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3172.pdf
Katalog typových návrhů úsporných opatření v energetickém auditu	2003	Ing. Miroslav Mareš, Tebodin 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	Enviroment Agency (Velká Británie)	
Aktualizace databáze a	2004	Ing. Vladimíra Henelová,	

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



webová prezentace EPC a EC (		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 Kunčarová	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4211.zip
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 Noskovič, 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	2004	Ing. Vít Klein a kol., Martia, a.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/4282.zip

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



světelně technických veličin			
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 - internetová aplikace	2005	Ing. Jan Truxa, EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5068.pdf
Hospodárné využití a výroba energie vedoucí ke snižování 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	2005	EkoWATT	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/5137.zip

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



interaktivní modelování)			
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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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 podmínek na energetickou náročnost - část A	2006	Ing. Petr Honkus, Ing. Jaroslav Kreuz	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/18.pdf
Vliv směrnice EPBD na spotřebu energie a ŽP v sektoru budov	2006	SEVEEn, 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 Trnohanský, CSc. a kol	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/25.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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 Kajan, Mgr. Richard Lhotský, ENKI, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/30.pdf
Možnosti zvýšení výroby bioplynu u stávajících zařízení v ČR	2006	Ing. Miroslav Kajan, Mgr. Richard Lhotský, ENKI, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/31.pdf
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	2006	ČEA	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/39.zip

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



regionálních energetických agentur			
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 Czech Republic in The European Union	2007	Ministerstvo průmyslu a obchodu	http://www.mpo-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_zdrojich_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	2007	Agentura ČSTZ, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/dokument/roценка_2007.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



ročenka 2007			
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 vlní 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_ohreву_teply_vody.zip
Netradiční zdroje energií pro vytápění	2007	Agentura ČSTZ, s.r.o.	Netradicni_zdroje_energií_pro_vytapeni.zip
Řešení centrálních kotlen na biomasu do výkonu 10 MW	2007	Karel Trnoblanský	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Reseni centralnich kotlen na biomasu do v ykonu 10 MW.pdf
Sborník technických pravidel TP CZB 2007 pro vnější tepelně izolační kontaktní systémy (ETICS)	2007	Cech pro zateplování budov	Sbornik_tech_nick_ych_pravidel_TP_CZB_2007_pro_vnejsi_tepelne_izolacni_kontaktni_systemy.zip
Sborník technických řešení úspor energie v průmyslovém podniku	2007	RAEN	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Sbornik technickych reseni ustpor energie v prumyslovem 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 energetick_ych ztrat a zvyseni spolehlivosti pri dodavkach teply a 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_ustpor_energií.zip
Úspory energie - Příručka nejen pro pracovníky komunální sféry	2007	Nakladatelství Economia	Uspory_energie_pro_obce_a_mesta.zip
Uživatelská příručka GEMIS	2007	CityPlan spol. s r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Uzivatelaska prirucka GEMIS 4 4.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



4.4			
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_geothermalni_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 energetický 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 měřicích, 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	2008	Cityplan	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



příručka			8a/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
Bioodpad - 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 elektrické energie	2009	Energy Consulting Service, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2009_KatalogVlastnichSpotreb_02.pdf
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	2009	CZ Biom	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobu.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



a využitím bioplynu			efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobu_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/Úspory_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 nulovou potřebou	2011	ARCADIS Project Management s.r.o.	http://www.mpo-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_aspektu.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	2011	TOP EXPO, s.r.o.	http://www.mpo-

**Učebnice specialisty – Energetický audit
a energetický posudek
Roman Šubrt a kolektiv**



elektrárny Temelín			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_publikace.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	2011	Enviros, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/meni-verifikace.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



energetických úspor - příručka pro konečného spotřebitele			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	Energo 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 úrovně 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	2011	Seven, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/prehled-implementace-smernice-o-ekodesignu-a-pozadavku-na-en.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



výrobků			
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 efektivity	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 Hasoň – 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 Green Buildings	2012	Czech Green Building Council	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2212-cssb-aj-.pdf
Malé toplovodní kotle na pevná	2012	Ing. Zdeněk Lyčka,	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2201-gas-s-r.o.-biometan.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



paliva; spalování pevných paliv po roce 2013			8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/2227-cpd.pdf
Pasivní domy 2012	2012	Kolektiv autorů; Centrum pasivního dom	http://www.mpo- efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/2228-cpd.pdf
Světelné zdroje a svítidla pro veřejné osvětlení v roce 2012	2012	Seven, o.p.s.	http://www.mpo- efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/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/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e 8a/2219-energo-envi-metodika-energetickeho- posudku.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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	STU-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	2013	SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3121_seven_kombinace_epc_a_dotace_n_a_zatepleni.pdf

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



v budovách státního sektoru			
Příkladná role státu v oblasti nakupování vybraných výrobků	2013	SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3118_seven_prakticka_implementation_ciklu_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_implementace-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_uspor_energie_ve_velkych_vyrobnach.pdf
Novelizace Národního akčního plánu energetické	2013	ENVIROS, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3111_enviros_novelizace_napee-ii-

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



efektivnosti			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 budov a možnosti úspory energie	2013	Ing. Jan Antonín, Šance pro budovy	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3116_crpsb_pru-zkum_fondu_budov_a_moz-nosti- u-spor_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_analyz_y_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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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 velkých výrobnách energie	2014	VUPEK-ECONOMY, s.r.o.	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4537_vupec_economy_moznosti-rustu-energeticke-ucinnosti-ve-velkych-vyrobnach-energie.pdf
Nové technologie a aplikace tepelných čerpadel rozšiřující možnosti jejich uplatnění (nejen) v podmínkách ČR	2014	SEVEEn 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	SEVEEn, 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	SEVEEn, 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 efektivity 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

Učebnice specialisty – Energetický audit a energetický posudek Roman Šubrt a kolektiv



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	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
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-elektřiny.pdf
Energetické hodnocení budov	2014	VUT Brno, fakulta stavební	http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/4582_sfvut_bрно_energeticke-hodnoceni-budov.pdf
METODIKA PRO KONTROLU KVALITY ENERGETICKÝ 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	2015	Ing. Luděk Steffl, CSc., Ing. Jiří Sedláček	http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/65955

**Učebnice specialisty – Energetický audit
a energetický posudek
Roman Šubrt a kolektiv**



oblasti energetické efektivity a využití OZE a DZE. Energetický úsporná opatření pro školy a školky a obecní úřady v průběhu let 2004 – 2014			
--	--	--	--

4 ZÁKONY A PŘEDPISY

Nejvyšším právním dokumentem je Směrnice Evropské unie, která musí být dle závaznosti v určité podobě implementována do národních zákonů.

V rámci České republiky je nejvyšším právním dokumentem Ústava. Dalším stupněm pak jsou zákony, které jsou rozpracovávány ve vyhláškách.

Technické podrobnosti jsou pak řešeny v normách či technicko-normalizačních informacích. Normy však obecně řečeno nejsou závazné. Závaznými se stávají, pokud se na ně odkáže některý právní dokument, tedy zejména pokud jsou uvedeny buď celé, nebo jejich části v příslušné vyhlášce nebo pokud jsou uvedeny ve smlouvě a smluvní strany se zavázaly postupovat podle těchto norem.

4.1 Zákon 406/2000 Sb. (Zákon o hospodaření energií) a prováděcí vyhlášky

Tento zákon je z října roku 2000 a předešel nařízení Evropské unie. Postupně se však Evropská unie věnovala problematice úspor energie více a začala vydávat směrnice, které musí být vždy do určitého data implementovány do zákonů členských států. Mimo jiné i z těchto důvodů dochází k jednotlivým novelizacím zákona o hospodaření energií.

Zákon 103 ze dne 10. dubna 2015 je poslední novelou v době přípravy této knihy poslední změnou tohoto zákona, který byl postupně měněn zákony č. 359/2003 Sb., č. 694/2004 Sb., č. 180/2005 Sb., č. 177/2006 Sb., č. 186/2006 Sb., č. 214/2006 Sb., č. 574/2006 Sb., č. 393/2007 Sb., č. 124/2008 Sb., č. 223/2009 Sb., č. 299/2011 Sb., č. 53/2012 Sb., č. 165/2012 Sb., č. 318/2012 Sb. a zákonem č. 310/2013 Sb.

Tento zákon má několik paragrafů, jedná se však o stěžejní dokument, a proto by jej energetický specialista měl, alespoň orientačně, znát. Podrobně by měl pochopitelně znát ty paragrafy, které se týkají jeho specializace, přitom lze tvrdit, že specialista mající oprávnění zpracovávat energetické audity a posudky by měl mít přehled ve všech ostatních specializacích, neboť i ty se dotýkají jeho oboru.

4.2 Zákon 458/2000 Sb. (Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, tj. energetický zákon)

Jedná se o další stěžejní zákon pro energetické specialisty zabývající se energetickými audity a energetickými posudky, neboť se zabývá mimo jiné distribucí energie a podnikání v energetice.

4.3 Zákon o 586/1992 Sb. (Zákon o daních z příjmů)

Třetí ze jmenovaných zákonů se týká daní. Vzhledem k tomu, že energetický specialista zabývající se audity a posudky musí umět vyhodnotit ekonomický přínos navrhovaného řešení, a to nejen v rovině prosté doby návratnosti, ale musí rovněž vědět, jak různé typy nákladů ovlivní hospodaření organizace, jak se zachází s odpisy, opravnými položkami, jaká je cena peněz, jaký je rozdíl v ceně peněz pro různé typy podniků apod., lze konstatovat, že i znalost tohoto zákona a související problematiky je důležitá.

4.4 Vyhlášky

Vyhlášky jsou nižším zákonným dokumentem, jsou však vždy závazné.

Energetických specialistů se týkají především vyhlášky upravující jejich činnost, tedy:

- vyhláška č. 118/2013 Sb., o energetických specialitech novelizovaná vyhláškou 234/2015 Sb.
- vyhláška 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov novelizovaná vyhláškou 230/2015 Sb.
- 232/2015 Sb. – Nařízení vlády o státní energetické koncepci a o územní energetické koncepci
- vyhláška 193/2013 Sb., o kontrole klimatizačních systémů
- vyhláška 194/2013 Sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie

Stejně tak se energetického specialisty týkají další vyhlášky, např. vyhláška č. 269/2015 Sb. o rozúčtování nákladů na vytápění a společnou přípravu teplé vody pro dům.

4.5 Normy a technicko-normalizační informace

Norem, které se dotýkají energetického auditu, je celá řada a není možné je zde všechny uvést, neboť mnoho z nich má určitým způsobem nějakou souvislost s energetickým auditem. Proto jsou zde vyjmenovány pouze ty nejzákladnější:

ČSN EN ISO 50001 Systémy managementu hospodaření s energií - Požadavky s návodem použití

ČSN EN 15900 Energetické služby pro zlepšování energetické účinnosti - Definice a požadavky

ČSN EN 16212 Energetická účinnost a výpočty úspor - Metody top-down a bottom-up

ČSN EN 16231 Energetická účinnost - Metoda benchmarkingu

ČSN EN 16247-1 Energetické audity - Část 1: Obecné požadavky

ČSN EN 16247-2 Energetické audity - Část 2: Budovy

ČSN EN 16247-3 Energetické audity - Část 3: Procesy

ČSN EN 16247-4 Energetické audity - Část 4: Doprava

ČSN EN 16247-5 Energetické audity - Část 5: Kompetence energetických auditorů

ČSN EN 50003 Systémy managementu hospodaření s energií - Požadavky na orgány provádějící audit a certifikaci systémů managementu hospodaření s energií

ČSN EN 50006 Systémy managementu hospodaření s energií - Měření energetické náročnosti pomocí výchozího stavu spotřeby energie (EnB) a ukazatelů energetické náročnosti (EnPI) - Obecné zásady a návod

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

5 ZPRACOVÁNÍ EA A EP

5.1 Definice energetického auditu a energetického posudku

Zákon 406/2000 Sb. v aktuálním znění definuje energetický audit takto: Energetický audit (dále jen EA) je písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci.

V praxi tedy jde o **písemnou zprávu**, kde je popsáno energetické hospodářství, je zkontrolováno, zda spotřeby energií odpovídají výkonům energetického hospodářství, jsou nalezeny možné úpravy, které zefektivní energetické hospodářství a tyto úpravy jsou popsány a kvantifikovány jak do ceny realizace, tak přínosů, a to včetně finančního a ekologického.

Energetický posudek (dále jen EP) je v tomto zákoně definován takto: Energetický posudek je písemná zpráva obsahující informace o posouzení plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů určených zadavatelem energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení.

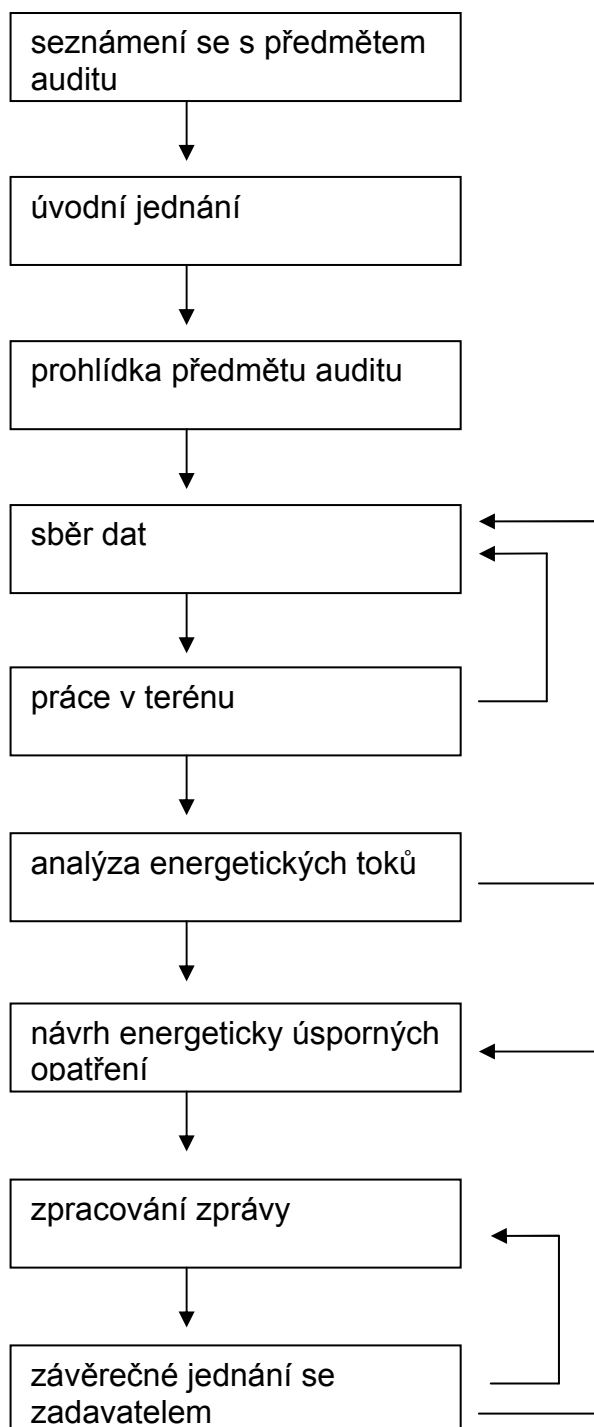
Opět se jedná o písemnou zprávu, kde jsou posouzena opatření definované zadavatelem posudku.

Rozdíl mezi energetickým auditem a energetickým posudkem spočívá v tom, že v prvním dokumentu je popsán stávající stav energetického hospodářství a jsou hledána opatření, která by je vylepšila, kdežto posudek pouze posuzuje navržená opatření bez hledání optimalizace.

5.2 Zpracování

Zpracování Energetického auditu i posudku se řídí určitým postupem, který je znázorněn na obr. 1.

Obrázek 1 – postup zpracovávání energetického auditu



Obsah energetického auditu a energetického posudku je popsán v prováděcí vyhlášce. Energetický auditor se musí především seznámit s předmětem energetického auditu či posudku, v případě potřeby a s ohledem na složitost si musí přizvat vhodné spolupracující osoby. Již při obhlídce je vhodné zvážit rozdělení

auditovaného subjektu na jednotlivé energetické spotřebiče a po konzultaci s příslušnými pracovníky toto rozdělení upřesnit. Co je považováno za energetický spotřebič, je čistě na úvaze energetického auditora a mělo by respektovat logické, funkční a technologické vazby.

Zpracování energetického posudku či auditu se sestává z následujících kroků:

- 1) Seznámení se s auditovaným objektem, rozvážení pracnosti zpracování energetického dokumentu, cenová nabídka
- 2) Uzavření smluvního vztahu s objednatelem energetického auditu či posudku
- 3) Prohlídka auditovaného subjektu
- 4) Sběr dat potřebných pro zpracování energetického auditu/posudku. Obvykle se jedná o výkresovou dokumentaci. V případě, že není k dispozici, musí energetický auditor pro svoji potřebu provést příslušná měření. Dále je nutné se seznámit se všemi rozhodujícími spotřebiči energie, s celým energetickým hospodářstvím a s nákupem energie (faktury, dodací listy, skladové zásoby, případně příslušné odběratelské smlouvy).
- 5) Seznámení se s technologiemi v auditovaném objektu a zjištění možností jejich úpravy od příslušných technologů. Zde máme dobré zkušenosti s pokládáním i zdánlivě nerelevantních otázek vedoucích k vysvětlení problematiky a k reáliím v daném podniku.
- 6) Zpracování energetické bilance.
- 7) Návrh energeticky úsporných opatření (v případě posudku je již toto stanoveno).
- 8) Prodiskutování opatření se zadavatelem energetického auditu, v případě posudku pak prodiskutování zjištěných informací.
- 9) Výběr optimální varianty, stanovení podmínek, za kterých dojde k naplnění předpokládaných úspor.
- 10) dopracování energetického auditu či posudku, odevzdání, fakturace.

Tento postup je jednoduchý, logický a popsáný v příslušné prováděcí vyhlášce k zákonu 406/2000 Sb. v platném znění, je však potřeba mít neustále na paměti souvislosti a vzájemné vazby.

5.2.1 Prohlídka

Prohlídka je velice důležitá součást zpracovávání energetického auditu a lze při ní odhalit různé nedostatky.

Při prohlídce předmětu auditu je potřeba se soustředit na jednotlivé provozy, na rozvody energie, na technologické vazby, ale i na „energetické prohřešky“, které často velmi překvapí. Z tohoto důvodu lze doporučit nosit s sebou např. termovizi a pouze sledovat anomálie, které ukáže. Pro tento účel bohatě postačuje rozlišení 120 x 160 bodů, které mají termokamery připojitelné k mobilnímu telefonu (např. Flir ONE). Z energetických prohřešků odhalených „náhodným“ sledováním termovizí lze například jmenovat:

- zapnuté osvětlení při dostatečném denním světle
- chybějící tepelné izolace rozvodů teplé vody (několik desítek metrů rozvodů z ocelových trubek napojených na elektrický přímotopný ohřev vody)
- zapnuté vytápění při dostatečné vnitřní teplotě (v kotelně s teplotou cca +35 °C byly radiátory teplé 85 °C)
- současný přívod chlazení i vytápění do jednoho prostoru či do jedné jednotky vzduchotechniky. (S tímto jsem se setkal při tvorbě několika EA, ať již v podobě současného přívodu chladu i tepla do jedné místnosti, či přívodu chladu i tepla do jedné vzduchotechnické sestavy.)

Vedle těchto prohřešků existuje mnoho dalších, např.:

- používání starých chladniček
- únik stlačeného vzduchu
- rozsvícené osvětlení i v době či na místech, kde to není potřebné

- přenosné elektrické radiátory či teplomety v místech, která jsou vytápěna ústředním vytápěním
- přetápění šaten či jiných prostor
- neoprávněné používání soukromých elektrospotřebičů (setkali jsme se například s několika počítači, které měl zaměstnanec v kanceláři a které mu „těžily“ bitcoiny //pozn.: Bitcoiny jsou virtuální platidla, “těžba bitcoinů” je počítačem prováděný výpočtový proces, který je mimo jiné i velmi energeticky náročný//).

5.2.2 Sběr dat

Podkladem pro vypracování energetického auditu či posudku je především seznámení se s provozem, a proto je nutné posbírat pokud možno co nejvíce dat souvisejících s předmětem auditu. Vedle výkresové dokumentace, faktur za energie, inventur zásob paliv a pohonných hmot jsou to i záznamy z měření emisí, kontroly kotlů a otopných soustav, kontroly klimatizace, revizní zprávy elektro a plynu. Důležité je znát i historii podniku, zejména úprav, které byly provedeny v poslední době. Je důležité znát také plánované změny, které se mohou týkat rekonstrukcí, změny technologie, změny způsobu užívání jednotlivých částí areálu apod. Zde bývá neocenitelný pohovor s člověkem, který je ve firmě zaměstnán delší dobu.

5.2.3 Sestavení energetické bilance

Při sestavování energetické bilance je nejprve nutné sepsat si všechny rozhodující energetické spotřebiče a dle znalostí jejich energetické náročnosti a provozu si sestavit předpokládanou spotřebu energie v auditovaném objektu. Toto sestavení spotřeby energie by mělo být co nejpodrobnější a období by mělo vždy odpovídat známým spotřebám energie, pokud možno za co nejkratší období a pokud možno měřeno pro co nejmenší počet spotřebičů. Ideální je v tomto případě, pokud je fakturace energií alespoň měsíční a pokud existuje nějaké podružné měření.

Takto získanou spotřebu energie je pak nutné porovnat s nakupovanou energií a zjistit, kde vznikají případné rozdíly. Na základě těchto znalostí je potřeba

odladit energetický model auditovaného objektu, na kterém bude možné simulovat jednotlivá energeticky úsporná opatření.

Zde je nutné zdůraznit, že tímto postupem lze odhalit mnohé „energetické prohřešky“. Opět lze vzpomenout příklad z praxe. Tímto způsobem bylo odhaleno, že je dodáváný chlad mimo auditovaný objekt a tento chlad není odběrateli fakturován. V některých případech se porovnáváním odebírané energie s provozem firmy zjistilo, že v době celozávodní dovolené nenastal takový pokles spotřeby energie, který by odpovídal poklesu produkce. Toto zjištění bylo pro vedení firmy velice zajímavé a byly z něj v rámci energetického auditu vyvozeny příslušné návrhy na energeticky úsporná opatření.

Při zpracovávání energetické bilance je také vhodné věnovat se podrobně fakturovanému množství energie a její ceně. To může opět vést k zajímavým zjištěním, která lze poměrně jednoduše napravit, a snížit tak cenu za dodávanou energii. Za všechny lze uvést případ z praxe, kdy měření spotřeby elektrické energie bylo před transformátorem, dodavatel elektřiny ale fakturoval i ztráty v transformátoru. Takto vzniklé, neoprávněně fakturované částky pak po zásahu auditora byl nucen dodavatel elektřiny vrátit. Pikantní na této historce je, že smlouva o dodávce elektřiny byla z obou stran utajovaná a odběratel elektřiny žil v domněnku, že má mimořádně výhodnou smlouvu na dodávku.

Obdobné případy však nehrozí pouze u dodávky elektřiny, ale prakticky u všech forem energie. Obdobný případ byl i u dodávky tepla z CZT, kdy byly neoprávněně fakturovány ztráty kondenzátem. Problematické jsou často i smlouvy o dodávce tepla z kogenerace. Např. v jednom energetickém hospodářství dodavatel fakturoval dodávané teplo s tím, že má kalorimetr umístěn před akumulací nádrží, kterou využívá k vyrovnávání výkonu kogeneračních jednotek v době potřeby vyrábět elektřinu. Rozdíl mezi teplem dodaným do akumulací nádrží a teplem z těchto nádrží odebraným byl pak každý rok v řádech několika set GJ, neboť v akumulacích nádrží docházelo k ochlazení a úniku tepla do prostoru.

Energetické spotřebiče

Energetické spotřebiče jsou všechny části energetického hospodářství, kde dochází k využívání jedné z forem energie. Nejčastější spotřebiče jsou uvedeny níže.

Budova

Jedná se o typický spotřebič, obvykle v našich klimatických podmínkách spotřebovává energii na vytápění, může však jít i o chlazení, úpravu vzduchu apod. Při výpočtu vychází obvykle spotřeba energie na vytápění vyšší, než je skutečnost. To je způsobeno zejména neuvažovanými tepelnými zisky, jako jsou např. sluneční zisky netransparentními konstrukcemi. Vliv na tento rozdíl mezi výpočtem a skutečností také může mít uvažování výpočtových hodnot tepelné vodivosti, které jsou vždy na straně bezpečnosti, tedy vyšší než skutečné. Při zpracovávání energetického auditu se lze často setkat s tím, že některé spotřeby nejsou jednoznačně zařaditelné do budovy či do technologie, neboť sice jde o typickou spotřebu energie v budově, ovšem vyvolanou technologickým provozem, například chlazení výrobních prostor.

Nároky na tepelně technické vlastnosti budovy blíže určuje ČSN 73 0540 a vyhláška o energetické náročnosti budov.

Vnější osvětlení

Opět typický spotřebič. Při jeho hodnocení je nutné zejména zvážit jeho intenzitu a dobu, po kterou se používá.

Vnitřní osvětlení

Při návrhu na změnu vnitřního osvětlení je důležité dbát na světelnou pohodu pro uživatele budovy. Není nutné připomínat, že každá práce má stanovenou osvětlenost, ani že existují i předpisy týkající se rovnoměrnosti osvětlení. Významná však může být frekvence kmitání osvětlení či barva osvětlení, které musí splňovat na ně kladené požadavky. Je potřeba zajistit, aby nemohlo vlivem chybného či nezvyklého osvětlení dojít ke zrakové nepohodě či dokonce úrazům. Typickým případem, který býval častý, je tzv. stroboskopický efekt, kdy při obsluze některých strojů nebylo možné použít zářivky či jiné osvětlení, které kmitá.

Technologie

Technologická spotřeba energie je ve většině provozů rozhodující spotřebou. Je však třeba si uvědomit i souvislosti, které úspora energie může vyvolat, neboť spotřeba energie na jedné straně může být zároveň i tepelným ziskem při vytápění. Obvykle se jedná o složité technologie, kde laik v oblasti výrobní technologie, kterým je v tomto případě i energetický auditor, nemůže samostatně posoudit možnosti úspor. Při hledání úspor v oblasti technologie je vhodné poradit se s technologem firmy, který má velmi často představu o tom, kde by se dala energie ušetřit. Je však potřeba vše sledovat a klást otázky osvětlující energetické toky. Velmi často se stává, že tzv. profesní slepota technologa vede k tomu, že si některé souvislosti neuvědomí a energetický auditor s pohledem zvenčí a případně i se zkušenostmi z jiných firem může přijít na kvalitní řešení.

Při hledání úspor energie u technologie je také rozhodujícím parametrem životnost technologie. Z praxe je znám případ, kdy technologie měla velmi vysokou spotřebu elektřiny na chlazení. Při hledání a optimalizaci chlazení se zjistilo, že v tomto výrobním podniku dochází ke změně technologie přibližně 1x za půl roku a že nová technologie má obvykle zcela jiné nároky na chlazení. Po zjištění této skutečnosti bylo konstatováno, že jakákoliv optimalizace chlazení je nereálná.

Stlačený vzduch

Stlačený vzduch je energeticky velmi náročný, neboť jeho výroba je málo účinná. Při stlačování vzduchu je přibližně 25 % energie použito na vlastní stlačení a 75 % energie je odpad ve formě tepelné energie. Z těchto důvodů je potřeba stlačenému vzduchu věnovat zvýšenou pozornost. Ideálním případem je nahrazení zařízení používající stlačený vzduch jiným, které je poháněno elektromotory. To však není vždy možné, a proto je nutné v těchto případech sledovat, zda nedochází k úniku stlačeného vzduchu. Existují měřicí přístroje, které registrují hvízdot unikajícího vzduchu. S nimi je možné obejít rozvody stlačeného vzduchu a hledat místa s únikem. Toto řešení je však vhodné již pro opravy rozvodů, pro zjištění stavu však postačuje natlaakovat systém vč. zásobníku na určitý tlak při zavřených všech spotřebičích a počkat, až dojde k poklesu tlaku na stanovenou hodnotu, následně pak spustit kompresor a změřit, jak dlouho mu trvá opět soustavu natlaakovat na

výchozí stav. Z tohoto času a příkonu kompresoru pak lze spočítat energetické ztráty rozvody stlačeného vzduchu.

Jak již bylo uvedeno výše, při stlačování vzduchu vzniká velké množství odpadního tepla, které je obvykle využitelné pro další účely. Jeho využití však závisí i na možnosti jeho uplatnění. Velmi často se používá pro přípravu teplé vody, pokud však jsou šatny příliš vzdáleny od kompresorovny, je toto využití problematické; v takovém případě je vhodné zvážit alespoň částečné využití např. pro vytápění, ať již teplovzdušně či teplovodně.

Doprava

V ČR zatím není zvykem řešit v rámci energetického auditu dopravu, ačkoliv ta je v mnoha firmách velkým energetickým výdajem. Energetickou náročnost dopravy je možné pojmout mnoha způsoby, od zjišťování spotřeby energie na tunokilometry, až po hledání energetických ztrát valivým odporem. Důležité však je zjistit, zda je existující řešení optimální, popř. jak je zlepšit tak, aby se snížila spotřeba energie.

Elektrárna

Z pohledu energetického auditu lze na výrobu elektrické energie, přičemž je jedno, zda se jedná o fotovoltaickou elektrárnu, vodní elektrárnu, kogeneraci či cokoliv jiného, pohlížet také jako na spotřebič, neboť spotřebovává určitou formu energie a část z ní pak přeměňuje na elektrickou.

Zde je nutné volit správně zařízení elektrárny tak, aby dosahovala co nejvyššího výkonu. U vodní elektrárny je nutné rozhodnout podle denních průtoků a spádu jaký typ turbíny je nejvhodnější.

Drobné spotřebiče

Při zpracovávání energetického auditu je nutné věnovat pozornost nejen velkým, rozhodujícím energetickým spotřebičům, ale i drobným, které sice nespotebovávají podstatnou část energie, ale kde je možné zlepšit energetickou efektivitu malými náklady. Typickým příkladem mohou být často zmiňované drobné elektrospotřebiče, jako jsou chladničky, jejichž výměnou lze ušetřit z pohledu drobného spotřebiče významnou část energie.

5.2.4 Návrh opatření

Navrhovaná opatření musí vždy vycházet z možností auditovaného objektu. Mezi typické chyby patří návrh na snížení umístění osvětlení v místech, kde vedou jeřábové dráhy, návrh zateplení budovy v místech, kde je málo prostoru pro komunikaci či kde to není možné pro riziko poškození zateplení dopravou.

Při posuzování jednotlivých opatření je nutné vzít do úvahy i jejich vzájemné působení. Mezi již tradiční vtipy na toto téma patří „úvaha“ energetického auditora, který přemýšlí: „Když vznikne úspora energie zateplením 50 %, úspora regulací vytápění 30 % a úspora osazením účinnějšího kotle 30 %, kdo bude tomu objektu těch 10 % za energii platit?“

Mezi nevhodná opatření však může být zařazeno i např. zaizolování elektrické pece umístěné ve výrobní hale. Jejím zaizolováním se výrazně sníží tepelné ztráty, a tím i náklady na elektřinu, avšak zmenšením tepelných ztrát dojde i ke snížení tepelných zisků ve výrobní hale. Je pak otázkou kalkulace, jak tyto úspory ovlivní vytápění haly a zda nedojde k vyvolané investici ve formě nutnosti rekonstruovat vytápěcí systém haly. V případě vyvolaných vysokých investic do vytápění se tyto úspory mohou jevit jako nedostatečné.

5.2.5 Výběr varianty

Z navržených opatření se pak na základě konzultace se zadavatelem energetického auditu vyberou vhodná opatření a sestaví se minimálně do 2 variant, které se vzájemně porovnávají.

5.2.6 Stanovení okrajových podmínek

Stanovení okrajových podmínek, za kterých bude dosaženo předpokládaných úspor, je velmi důležitou součástí energetického auditu, neboť vypovídá o předpokládaném provozu.

6 EFEKTIVITA INVESTIC

V rámci zpracovávání energetických dokumentů je rovněž nutné zabývat se ekonomickým hlediskem. V průkazu energetické náročnosti budovy se ekonomikou specialista zabývá pouze z hlediska prosté návratnosti, u energetického auditu je ekonomické hodnocení podrobnější.

Smysl hodnocení efektivnosti investic tkví především v posouzení návratnosti kapitálu vloženého jeho poskytovatelem, přičemž jednotliví poskytovatelé kapitálu mívají často rozdílné požadavky na účinnost využití vložených prostředků. Někdo upřednostňuje peněžně vyjádřitelné efekty, jakými jsou peněžní příjmy z investic, v rámci projektů zaměřených na úspory energie se pak zpravidla jedná o snížení nákladů. Jiní poskytovatelé kapitálu naopak vyžadují efekty, které nelze vyjádřit peněžně. Jsou jimi například tvorba pracovních míst, pozitivní vliv na zdraví obyvatel, rovné příležitosti či zlepšení životního prostředí. Podstatná je také často změna vzhledu, tedy vyšší estetičnost prostředí.

Následující kapitola je věnována peněžně vyjádřitelným efektům plynoucím z investic. Ekonomická efektivita investičních úsporných opatření je hodnocena na základě několika základních kritérií:

- prostá doba návratnosti investice
- reálná doba návratnosti investice
- čistá současná hodnota (NPV – net present value)
- vnitřní výnosové procento / vnitřní míra výnosnosti (IRR – internal rate of return)

Pro určení hodnot jednotlivých kritérií je třeba znát výši peněžních toků, které investice přinese (cash flow¹), dobu hodnocení investice, diskontní sazbu a pochopitelně i kapitálový výdaj, tedy cenu investice.

¹ Na rozdíl od klasického pojetí cash flow, tedy všech podnikových peněžních toků za určité období, se v této publikaci bude pracovat pouze s cash flow spojenému s realizací investice.

6.1 Vstupní kritéria pro hodnocení ekonomické efektivity investice

6.1.1 Náklady na investici

Ve sledované oblasti hodnocení ekonomické efektivity energetickými specialisty se zpravidla pracuje s hmotnými investicemi, jakými jsou například výstavba, zateplení, výměna otvorových výplní a pořízování dalšího dlouhodobého majetku. Určení kapitálových výdajů na investici je tak poměrně jednoduché. Jedná se o součet ceny pořízovaného majetku, nákladů na jeho dopravu a instalaci, včetně projektové dokumentace. Je pouze třeba dávat pozor, aby se jednalo pouze o náklady přímo spojené s investičním projektem, nelze tak zahrnout tzv. utopené náklady (tedy ty, které jsou na investičním rozhodnutí nezávislé a pro jednotlivé investiční varianty se nikdy nebudou lišit, respektive budou existovat i v případě nerealizování investičního projektu).

6.1.2 Budoucí cash flow

Pro hodnocení efektivity investičních projektů je třeba znát i čisté budoucí peněžní příjmy (cash flow), které z realizace projektu plynou, a to po celou dobu jeho hodnocení. U většiny investičních projektů se pro výpočet budoucích cash flow pracuje s tržbami plynoucími z investice, s výdaji, které investice přinese (např. mzdy, materiál, služby, atd.) a odpisy. Samotná hodnota budoucích cash flow se pak vypočítá jako zisk po zdanění plus odpisy.²

V rámci energeticky úsporných projektů tvoří zpravidla čisté budoucí cash flow především snížení nákladů způsobené úsporami energie, které jsou stanoveny v energetickém auditu. Kromě samotných úspor energie lze do výpočtu zahrnout i například snížení nákladů díky nižším nárokům na lidské zdroje (pořízovaná zařízení nemusí být tak náročná na obsluhu), nižší náklady na odvoz odpadu, snížení emisí, případně i uvolnění části prostor pro nové využití (např. lze pronajímat část prostor původní kotelny, je-li na základě provedených opatření pro provoz nové kotelny používána pouze část původních prostor), tedy obecně veškeré snížení nákladů

² Celková problematika výpočtu cash flow je poněkud složitější, pro potřeby této publikace ale její popis postačí v této formě.

přímo související s investicí (opět v žádném případě nelze zahrnout utopené náklady, které vznikají bez ohledu na to, je-li investiční projekt realizován).

6.1.3 Odpisy

Další položkou, kterou je třeba zahrnout do výpočtu budoucích čistých cash flow, jsou odpisy pořizovaného majetku. Po výpočet budoucích cash flow se uvažují daňové odpisy, které se dle Zákona o daních z příjmů č. 586/1992 Sb. v aktuálním znění dělí do šesti skupin, viz následující tabulka³:

Tabulka odpisových skupin

Odpisová skupina	Doba odepisování	Příklady
1	3 roky	kancelářské stroje a počítače, televizní kamery, hovězí dobytek, kancelářské a školní potřeby, kancelářské stroje, ruční mechanizované nářadí a nástroje, atd.
2	5 let	osobní a nákladní automobily, rozhlasové a televizní přijímače, koně, koberce, cisterny, čerpadla, transportní zařízení, prodejní automaty, traktory, stroje, atd.
3	10 let	klimatizační zařízení, kotle pro ústřední vytápění, jeřáby, výtahy, atd.
4	20 let	budovy ze dřeva a plastů, oplocení budov a inženýrských staveb, bazény ze dřeva a plastů, průmyslové komíny, vodovody, kanalizace, atd.
5	30 let	stavby, výrobní budovy, komunikace (silnice, dálnice, mosty, tunely), atd.
6	50 let	administrativní budovy, hotely, obchodní domy, školy, atd.

Při hodnocení energeticky úsporných projektů tedy obvykle půjde o položky ze 3. až 6. odpisové skupiny, respektive tyto položky budou tvořit podstatnou část

³ Příklady uvedené v tabulce jsou pouze pro představu, kompletní seznam druhů dlouhodobého majetku dle odpisových skupin lze najít v Zákoně o daních z příjmů č. 586/1992 Sb. v aktuálním znění

rozpočtu (mohou se objevit i položky z ostatních odpisových skupin, např. počítače na řízení regulace vytápění apod.). Výše ročních odpisů se při výpočtu čistých budoucích cash flow se přičte k celkovým příjmům z investice (respektive úsporám nákladů v tomto případě). Je ovšem třeba sledovat dobu odepisování konkrétních položek a dávat ji do souvislosti s dobou hodnocení projektu.

Př.

V rámci energeticky úsporného investičního projektu dojde k zateplení obálky administrativní budovy, výměně otvorových výplní, pořízení nového kotle a klimatizace. Projekt bude hodnocen po dobu 40 let. Pořízený kotel bude do výpočtu čistých budoucích cash flow vstupovat pouze prvních 10 let hodnocení projektu (po dobu jeho odepisování), stejně jako klimatizace. Úpravy na administrativní budově pak budou do výpočtu vstupovat po celou dobu 40 let hodnocení projektu, jelikož patří do 6. odpisové skupiny a budou odepisovány 50 let.

6.1.4 Diskontní sazba

Diskontní sazba slouží k přepočítání budoucích peněžních toků na současnou hodnotu. Vyjadřuje tak vlastně minimální požadovanou míru návratnosti investice, jedná se v podstatě o určitou formu úrokové míry, respektive cenu ušlé příležitosti (opportunity costs), tedy výnos, který by poskytovatel kapitálu mohl získat, kdyby použil vložené prostředky na jinou investici, například termínovaný vklad.

Fixní diskontní sazba bývá stanovena pouze pro projekty žádostí o dotace (např. při hodnocení energeticky úsporných projektů žádostí o dotace z integrovaných operačních programů Strukturálních fondů EU je v současné době stanovena externě - například pro Operační program podnikání a inovace byla v roce 2010 stanovena diskontní sazba 3,07 %)⁴, v ostatních případech se diskontní u každého podniku či instituce liší. Obecně lze říci, že čím je daná instituce ekonomicky stabilnější, tím je její diskontní sazba (tedy zjednodušeně řečeno cena kapitálu) nižší. Proto tedy např. bude u veřejných budov diskontní sazba zpravidla nižší než u podnikatelských subjektů.

⁴ POKYNY PRO ŽADATELE A PŘÍJEMCE DOTACE Z OPPI – CzechInvest, Praha, 2010

Určení diskontní sazby pro konkrétní investici se pak odvíjí od zdroje jejího financování. Je-li investice financována **pouze vlastním kapitálem**, diskontní sazba znamená vlastně požadovanou výnosnost vlastního kapitálu. Používán bývá zpravidla model CAPM (Capital Asset Pricing Model), kdy se uvažuje bezriziková úroková míra, dále pak tzv. β faktor, který představuje veličinu, s jejíž pomocí se měří systematické riziko daného aktiva (čím je jeho hodnota vyšší, tím je aktivum rizikovější). Tím se násobí tzv. riziková přírážka, tedy očekávaná výnosová míra trhu, od které je odečtena bezriziková úroková míra.

Výpočet pak vypadá následovně:

$$r_e = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f)$$

Kde

r_e = požadovaná míra výnosu, tedy diskontní sazba

r_f = bezriziková úroková míra

β = beta faktor

r_m = očekávaná výnosová míra trhu.

Při financování **pouze cizím kapitálem** znamená diskontní sazba náklady na cizí kapitál, tedy je rovna úrokové míře.

Ve velkém množství případů bývají investice financovány kombinovaně, tedy **vlastním i cizím kapitálem**. V takovém případě je nutné vypočítat průměrné kapitálové náklady dle jednotlivých kapitálových složek, tedy tzv. **vážený průměr nákladů na kapitál (WACC)**. Stejně jako v předešlých případech tato veličina vyjadřuje cenu, kterou daný investor platí za užití vloženého kapitálu.

Výpočet vypadá následovně:

$$WACC = r_e \cdot \frac{E}{C} + r_d \cdot \frac{D}{C} \cdot (1 - T)$$

Kde

r_e = náklady na vlastní kapitál, respektive požadovaná výnosnost vlastního kapitálu

E = objem vlastního kapitálu

C = objem celkového kapitálu (bilanční suma, součet vlastních a cizích zdrojů)

r_d = náklady na cizí kapitál, respektive požadovaná výnosnost cizího kapitálu

D = objem cizího kapitálu

T = míra zdanění (daňová sazba).

6.1.5 Doba hodnocení investice

Pro ekonomické hodnocení investice je třeba rovněž určit její životnost, tedy dobu, po kterou trvají její důsledky. Po jejím uplynutí se předpokládá kompletní obnova pořizovaného majetku, který byl předmětem investice.

Doba hodnocení je zpravidla stanovována na základě expertního odhadu životnosti zařízení, případně z údajů o životnosti zařízení poskytnutých jejich výrobcem. Někdy dochází rovněž k určení doby životnosti na základě doby odepisování majetku. To ovšem často bývá nepřesné, jelikož zákonem daná doba odepisování a skutečná životnost se ve většině případů liší.

6.2 Metody hodnocení ekonomické efektivity investic

Tato podkapitola se bude zabývat konkrétními metodami hodnocení investičních projektů, konkrétně stanovováním doby návratnosti, čisté současné hodnoty a vnitřní míry výnosnosti.

Př.

Pro názorné příklady v této kapitole bude jako zadání sloužit reálný energeticky úsporný projekt z praxe, připravovaný pro podání žádosti o dotaci ze Strukturálních fondů EU.

V rámci projektu došlo k výměně zateplení administrativní budovy žadatele a výměně otvorových výplní. Náklady na investici byly stanoveny ve výši 7 500 000 Kč. Ačkoliv byla doba životnosti investice stanovena na 40 let, pro potřeby hodnocení projektů žádostí o dotaci byla stanovena fixní doba hodnocení na 20 let. Diskontní sazba byla rovněž určena ve výši 3,07 %. Čisté budoucí cash flow tvořily díky

sníženým nákladům na energie 635 000 Kč ročně. Tyto údaje budou v následujících podkapitolách použity k demonstraci jednotlivých výpočtů.

6.2.1 Prostá doba návratnosti investice

Prostou dobou návratnosti investice se rozumí takové období, za které čisté budoucí cash flow přinese investorovi takovou hodnotu, která se bude rovnat prostředkům vynaloženým na realizaci investice (viz. kapitola 6.1.1).

Zjistit se dá jednoduše vydělením nákladů na investici čistými budoucími peněžními toky plynoucími z investice, tedy:

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Kde

IN = náklady na investici [Kč]

CF = roční čisté cash flow [Kč/rok]

Př.

Dle vstupních údajů z modelového příkladu se vypočítá prostá doba návratnosti vydělením nákladů na investici 7 500 000 Kč čistým budoucím ročním cash flow 635 000 Kč/rok.

$$T_s = \frac{7\,500\,000}{635\,000} = 11,8 \text{ [rok]}$$

Při neuvažování diskontní sazby bude tedy investice splacena po 11,8 letech. Pozn.: pokud se bude hodnotit opatření, které má nerovnoměrné výnosy, typicky úspory energie, kde jde obvykle o sezónní úspory (např. na chlazení v letním období), může dojít k jiné délce návratnosti.

6.2.2 Reálná doba návratnosti investice

Výše zmíněná metoda ovšem nezohledňuje rozložení peněžních toků v čase, přesnějšího výpočtu doby návratnosti se dosáhne diskontováním budoucích cash flow diskontní sazbou (viz. kapitola 6.1.3). Vzorec výpočtu pak bude vypadat následovně:

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF}$$

$$DCF = \sum \frac{CF}{(1+r)^t}$$

Kde

IN = náklady na investici [Kč]

DCF = diskontovaná hodnota budoucích čistých cash flow [Kč]

CF = roční čisté cash flow [Kč/rok]

r = diskontní sazba

t = období 1 až *n*

Z tohoto vzorce jasně vyplývá, že při uvažování diskontní sazby (tedy nákladů na kapitál, respektive možnosti jeho alternativního využití) bude doba návratnosti vyšší v závislosti na výši diskontní sazby. Takto stanovené období se označuje jako reálná doba návratnosti investice.

Př.

Vzorec pro reálnou dobu návratnosti bude dle stejných vstupních dat jako v předchozím případě vypadat následovně:

$$T_{ds} = \frac{7\,500\,000}{\sum \frac{635\,000}{(1+0,0307)^t}}$$

Pro určení sumy čistých budoucích diskontovaných cash flow bude třeba sečíst diskontované cash flow v jednotlivých letech:

$$DCF = \frac{635\,000}{(1 + 0,0307)^1} + \frac{635\,000}{(1 + 0,0307)^2} + \frac{635\,000}{(1 + 0,0307)^3} + \dots + \frac{635\,000}{(1 + 0,0307)^{20}}$$

Z výpočtu je zcela jasné, že takto vypočítaná doba návratnosti bude vyšší než při počítání bez diskontní sazby, v tomto případě konkrétně 15 let.

6.2.3 Čistá současná hodnota (NPV – net present value)

Jak již bylo několikrát zmíněno výše, pro co nejpřesnější zachycení efektivity investic je dobré ve výpočtech zohledňovat faktor času a stejně jako u výpočtu reálné doby návratnosti investice se i zde budou budoucí cash flow přepočítávat na současnou hodnotu, tedy diskontovat. Současná hodnota je peněžní suma, která musí být investována, aby bylo za dobu, po kterou je investiční projekt hodnocen, dosaženo její návratnosti včetně nákladů na alternativní využití vložených prostředků.

Čistá současná hodnota pak znamená rozdíl mezi současnou hodnotou budoucích cash flow a náklady na investici. Vypočítá se jako součet diskontovaných budoucích cash flow pro jednotlivé roky mínus náklady na investici:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN$$

Kde

CF = čisté cash flow pro období t [Kč/rok]

r = diskontní sazba

t = období 1 až n

IN = náklady na investici [Kč]

Př.

Při výpočtu čisté současné hodnoty se bude postupovat podobně jako při počítání reálné doby návratnosti. Opět je třeba sečíst diskontované cash flow v jednotlivých letech. Od jejich součtu se následně odečte cena investice.

$$DCF = \frac{635\,000}{(1+0,0307)^1} + \frac{635\,000}{(1+0,0307)^2} + \dots + \frac{635\,000}{(1+0,0307)^{20}} - 7\,500\,000 =$$
$$= 1\,886\,345 \text{ [Kč]}$$

Čistá současná hodnota je tedy kladná a vzhledem k nákladům na investici i poměrně vysoká. Z hlediska NPV je tedy projekt přijatelný.

6.2.4 Vnitřní výnosové procento (IRR – internal rate of return)

Tato metoda rovněž pracuje s čistou současnou hodnotou, tedy s čistými diskontovanými cash flow. V tomto případě se hledá taková diskontní sazba, při níž bude současná čistá hodnota rovna nule. Zjišťuje se tak vlastně, jak vysoké mohou být náklady na alternativní využití kapitálu, aby byla investice stále přijatelná.

$$\sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - IN = 0$$

Pro nalezení hodnoty IRR je možné postupovat postupným dosazováním jednotlivých hodnot do rovnice metodou pokusu a omylu, případně počítat pomocí zásobitele.

Výsledná hodnota IRR se pak porovnává s použitou diskontní sazbou. Pokud bude IRR vyšší než diskontní sazba, znamená to, že čistá současná hodnota investice bude kladná, investiční projekt tedy bude přijatelný. Při IRR nižším, než je diskontní sazba, je třeba uvážit, zda je takto rizikový projekt vhodné realizovat.

Př.

V modelovém projektu je hodnota vnitřního výnosového procenta 5,64 %, která potvrzuje určitou výnosnost investice. Mimo to je IRR vyšší než diskontní sazba

(3,07 %), tzn. výnosnost je vyšší než náklady na alternativní využití kapitálu. I z hlediska této metody je příkladový investiční projekt přijatelný.

7 ZÁKLADY FYZIKY

Následující text se věnuje vybraným partiím fyziky, které by měli energetičtí specialisté znát.

7.1 Obory fyziky

Fyzika je věda, která se zabývá hmotou, energií a interakcemi, které mezi hmotou a energií probíhají. Jde o základní přírodní vědu, z níž se časem oddělily další vědy (např. chemie) a která se časem rozdělila na mnoho různých oborů a podoborů.

- ❖ Klasická mechanika
- ❖ Relativistická mechanika
- ❖ Termika a termodynamika
- ❖ Kvantová mechanika
- ❖ Elektřina a magnetismus
- ❖ Atomová fyzika
- ❖ Astrofyzika
- ❖ Aplikovaná fyzika

Fyzika je věda empirická a popisuje reálný svět. Některá zcela základní tvrzení se proto nedají nijak teoreticky odvodit, je nutné je brát jako fakt. Fyzikální zákony tyto skutečnosti konstatují a představují základní kameny, podobně jako axiomy v matematice. Příkladem takového tvrzení je druhý zákon termodynamiky, který říká, že „Při styku dvou těles o různých teplotách nemůže teplo samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší“ – s opačným jevem se zatím nikdo nikdy nesešel, ale není možné to teoreticky odvodit.

7.2 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
Svítivost	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·m·s ⁻²
Pascal	Pa	tlak	N/m ²	kg·m ⁻¹ ·s ⁻²
Joule	J	energie (práce, teplo)	N·m; W·s	kg·m ² ·s ⁻²
Watt	W	výkon	J/s	kg·m ² ·s ⁻³
Coulomb	C	elektrický náboj		s·A
Volt	V	napětí	W/A	kg·m ² ·s ⁻³ ·A ⁻¹
Farad	F	(elektrická) kapacita	C/V	kg ⁻¹ ·m ⁻² ·s ⁴ ·A ²
Ohm	Ω	(elektrický) odpor	V/A	kg·m ² ·s ⁻³ ·A ⁻²
Siemens	S	vodivost	A/V	kg ⁻¹ ·m ⁻² ·s ³ ·A ²
Weber	Wb	magnetický tok	V·s	kg·m ² ·s ⁻² ·A ⁻¹
Tesla	T	magnetická indukce	Wb/m ²	kg·s ⁻² ·A ⁻¹
Henry	H	indukčnost	Wb/A	kg·m ² ·s ⁻² ·A ⁻²
Stupeň Celsia	°C	teplota dle Celsiovy stupnice (0 °C = 273,15 K)		K
Lumen	lm	světelný tok	cd·sr	
Lux	lx	intenzita osvětlení	lm/m ²	m ⁻² ·cd
Becquerel	Bq	počet rozpadů za sekundu (radioaktivita)		s ⁻¹
Gray	Gy	absorbovaná dávka (ionizačního záření)	J/kg	m ² ·s ⁻²
Sievert	Sv	dávkový ekvivalent (ion. záření)	J/kg	m ² ·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	μA – mikroampér
-9	nano	n	miliardtina	nT – nanotesla
-12	piko	p	biliontina	pF – pikofarad
-15	femto	f	biliardtina	fm – femtometr
-18	atto	a	triliontina	as – attosekunda
-21	zepto	z	triliardtina	
-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 neboli rozměr, např. rychlost světla ve vakuu má rozměr m/s, existují i fyzikální konstanty bezrozměrné (bez jednotky). Některé fyzikální konstanty jsou uvedeny v tabulce 5.

7.3 Mechanika

Mechanika je jedna z nejstarších částí fyziky a s jistým zjednodušením lze říci, že se zabývá pohybem a silami. Popis pohybu, bez zkoumání jeho příčin, je záležitostí kinematiky. Příčiny pohybu a síly, které s tím souvisí, pak zkoumá dynamika.

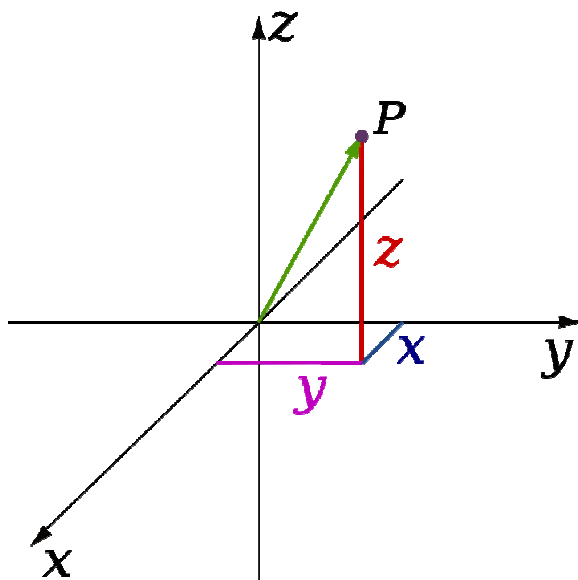
7.3.1 Kinematika

Kinematika popisuje pohyb jako takový, nezabývá se jeho příčinou. Pokud popisujeme pohyb pevných těles, je vhodné provést určitá zjednodušení. Základním zjednodušením je redukce složitého tělesa na hmotný bod, který má hmotnost rovnou hmotnosti zkoumaného tělesa a je umístěn v jeho těžišti. Jde o model, kde zanedbáme rozměry tělesa a pohyby, které dělá vzhledem k těžišti (rotaci v prostoru, deformaci, kmitání a pod.).

Pohyb tělesa se musí vždy vztahovat k nějakému jinému tělesu (vztažné těleso respektive vztažná soustava). V běžných případech je to obvykle povrch Země, pokud jsou zkoumány kosmické objekty, bere se zpravidla bere jako vztažná soustava vzdálené hvězdy.

Pro znázornění pohybu tělesa se užívají soustavy souřadnic, nejčastěji se používá kartézská soustava souřadnic t.j. tři navzájem kolmé osy.

Obr. 1: Bod P znázorněný pomocí kartézského souřadného systému jako soustava úseků na jednotlivých osách od počátku (bodu 0)



7.3.1.1 Trajektorie a dráha

Jestliže se hmotný bod pohybuje vůči vybrané vztažné soustavě, pak to znamená, že se jeho souřadnice mění s časem. Čára, po níž se pohybuje, se nazývá trajektorie. Zvláštním případem je pohyb po přímce a pohyb po kružnici. Vzdálenost, kterou sledovaný hmotný bod za určitý čas urazil, je dráha. Dráha je funkcí času a značí se s . Zde je důležité připomenout, že dráha mívá nejen velikost, ale také i směr - je to tedy vektor.

7.3.1.2 Rychlost

Podíl dráhy a času je rychlost $v = s/t$. Jednotkou rychlosti je m/s. Podobně jako dráha je i rychlost vektor. Pokud se rychlost nemění, jedná se o pohyb rovnoměrný a rychlost lze jednoduše vypočítat jako podíl dráhy a času. Pro nerovnoměrné pohyby lze místo okamžité (v čase proměnné) rychlosti zavést takzvanou průměrnou rychlost. Pokud například vlak ujede vzdálenost z Budějovic do Brna (236 km) za 4,5 hodiny, pak je jeho průměrná rychlost $236/4,5 = 52,4$ km/hod t.j. 14,6 m/s.

7.3.1.3 Zrychlení

Změna rychlosti za čas je zrychlení, značí se a (opět jde o vektor). Jednotkou zrychlení je m/s^2 . V praxi je důležité takzvané tíhové zrychlení, což je zrychlení

s nímž padá těleso (hmotný bod) v zemském gravitačním poli. Jeho hodnota je přibližně $9,81 \text{ m/s}^2$.

7.3.2 Dynamika

7.3.2.1 Síla

Síla je vektorová fyzikální veličina, která vyjadřuje míru působení těles nebo polí. Síla se projevuje statickými účinky – je příčinou deformace těles nebo dynamickými účinky – je příčinou změny pohybového stavu tělesa, např. uvedení tělesa z klidu do pohybu nebo naopak, či změny velikosti nebo směru rychlosti tělesa. Taková změna je (v inerciální soustavě) vždy podmíněna působením jiných těles, ať už přímým dotykem (nárázem, třením, tažením, tlačení), nebo prostřednictvím silového pole. Toto působení je v Newtonově mechanice spojováno s existencí síly působící mezi oběma interagujícími tělesy.

Z důležitých sil lze uvést gravitační sílu, která je sice velmi slabá, ale zcela univerzální a všudypřítomná.

$F = \kappa \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ kde κ je gravitační konstanta s hodnotou přibližně $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

V soustavě SI je jednotkou síly newton, značí se N a má rozměr $[\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$.

Působením síly na tělesa se zabýval Isac Newton a výsledky shrnul ve svých 3 zákonech:

1. Newtonův zákon (Zákon setrvačnosti): ***těleso zůstává v klidu nebo pohybu rovnoměrném přímočarém, není-li nuceno vnějšími silami tento stav změnit.***
2. Newtonův zákon (Zákon síly): ***Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje se zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.*** Zavádí tedy vztah mezi silou, hmotností a zrychlením $a = F/m$ t.j. $F = m \cdot a$
3. Newtonův zákon (Zákon akce a reakce): ***Jestliže těleso č.1 působí silou na těleso č.2, pak také těleso č.2 působí na těleso č.1 stejně velkou opačně orientovanou silou.***

Je třeba ještě dodat, že tyto zákony platí jen v takzvané inerciální soustavě. V tomto případě lze za inerciální soustavu považovat takovou, která se vůči povrchu Země nepohybuje nebo se pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem.

7.3.2.2 Hybnost

Hybnost je součin rychlosti a hmoty tělesa $p = m \cdot v$. Důležitou vlastností hybnosti je, že se v uzavřené soustavě při vzájemném působení (srážkách) těles celková hybnost soustavy těles zachovává. Takzvané zákony zachování jsou ve fyzice velmi důležité a v praxi velmi užitečné. V našem oboru se často setkáme například se zákonem zachování energie.

7.3.2.3 Mechanická práce

Jestliže síla působí po dráze a těleso urychluje či deformuje, pak koná práci. Práce je součin síly a dráhy. $W = F \cdot s$, jednotkou práce je Joule, značka J a rozměr je $[\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}]$. Protože obě veličiny jsou vektory je třeba říci, že práci koná jen ta složka síly, která působí ve směru dráhy. Práce je kladná, když je pohyb ve směru síly, a záporná, pokud jde proti síle. Vzhledem k tomu, že podle zákona akce a reakce na sebe působí tělesa silami stejně velkými, ale opačně orientovanými, je zřejmé, že práce, kterou první z nich vykoná na druhém, je stejně velká jako ta, kterou to druhé vykoná na prvním, mají ale opačné znaménko. Jestliže se například těleso houpe na pružině, pak při pohybu dolů koná práci (výdej) a pružina práci přijímá (příjem). Při pohybu nahoru pružina práci koná (výdej) a těleso ji přijímá (příjem).

7.3.2.4 Energie

Lze se na ni dívat jako na nastrádanou práci; pokud se systému dodá práce, pak se následkem toho jeho energie zvýší. Pokud práci koná pak se jeho energie snižuje. Důležitou vlastností energie je to, že v izolované soustavě, která neinteraguje se svým okolím se energie zachovává bez ohledu na to jaké procesy v ní probíhají.

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 na:

- 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).

Kinetická energie

Je to energie spojená s pohybem tělesa. Při malých rychlostech (ve srovnání s rychlostí světla) je dána vztahem:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Při rychlostech blížících se rychlosti světla je třeba použít přesnější vztah plynoucí ze speciální teorie relativity:

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right) m_0c^2$$

kde m je hmotnost tělesa v pohybu, m_0 je klidová hmotnost, v je rychlost tělesa a c je rychlost světla. První člen v závorce je tzv. Lorentzův faktor (korekce klasické fyziky, která se uplatní při vysokých rychlostech).

Rozepsáním tohoto vztahu pomocí Taylorova rozvoje je zřejmé, že klasický vztah je prvním členem rozvoje, a platí tedy, pokud lze zanedbat poměr v/c (přibližně do rychlostí menších než je polovina rychlosti světla).

$$E_k = \frac{1}{2} m_0 v^2 + \frac{3}{8} m_0 v^2 \left(\frac{v}{c} \right)^2 + \frac{5}{16} m_0 v^2 \left(\frac{v}{c} \right)^4 + \dots,$$

Energie se vyjadřuje ve stejných jednotkách jako práce.

Mechanická potenciální energie

Potenciální energie je druh energie, kterou má každé těleso nacházející se v potenciálovém poli určité síly. Podle typu síly působící na dané těleso lze rozlišit následující druhy mechanické potenciální energie:

- gravitační potenciální energie
- potenciální energie pružnosti

- tlaková potenciální energie

Tlaková potenciální energie je důležitá u motorů a turbín, kde se využívá její přeměny na energii kinetickou. Jako příklad je možné uvést vodní turbíny, kde k tomu dochází ve vstupní trysce či přímo v lopatkách turbíny. Pro tuto přeměnu platí Bernoulliho rovnice; vztah užívaný v mechanice tekutin, který vlastně vyjadřuje zákon zachování mechanické energie pro ustálené proudění ideální kapaliny.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p + \rho gh = \text{konst.}$$

Z rovnice vyplývá, že pokud je kapalina v klidu ($v = 0$) a působí na ni tíhová síla, je ve stejné hloubce v každém místě stejný tlak. Pokud je kapalina v pohybu, tento vztah neplatí a tlak závisí také na rychlosti proudění v daném místě..

Chemická energie

Jedná se o energii ve formě chemických vazeb, tj. určitou formu potenciální energie. Lze ji uvolňovat nebo naopak vázat pomocí chemických reakcí. Zcela univerzální a nejvíce užívaná je přeměna na teplo (exothermické reakce). Lze ji ale přeměnit i přímo na elektrickou energii (elektrochemické články či akumulátory), mechanickou energii (svaly živočichů nebo takzvané molekulární motory) či světlo (chemiluminiscence).

Jaderná energie

Je to energie vazebných sil v jádře atomu a lze ji uvolnit pomocí jaderných reakcí, tj. termojaderná fúze (slučování atomových jader s méně než 26 protony) radioaktivní rozpad (samovolný rozpad jader s více než 82 protony) a štěpná reakce (indukované štěpení těžkých jader účinkem neutronů). Energie takto uvolněná se nejčastěji přemění na teplo, které pak využíváme. Zatím není k dispozici jiná prakticky použitelná a ekonomicky výhodná metoda pro přímý převod na elektrickou energii, a nevyhnutelně je tedy účinnost přeměny omezena 2. větou termodynamickou.

Jaderné síly a vazebná energie

Jde o velmi silné přitažlivé síly velmi krátkého dosahu (řádově 10^{-15} m) působící mezi nukleony (protony a neutrony) v atomovém jádře. Důsledkem působení těchto přitažlivých sil je, že jádro má určitou vazební energii, která zajišťují jeho stabilitu. Je to energie, kterou bychom museli dodat, aby se jádro rozdělilo na jednotlivé (oddělené) nukleony, nebo je to naopak energie, která se uvolní, když jádro „složíme“ z jednotlivých nukleonů. Vazební energie je jedna ze složek vnitřní energie tělesa.

Hmotnostní úbytek

Vzhledem k tomu, že mezi hmotou a energií platí vztah $E = m \cdot c^2$, je jádro složené z jednotlivých nukleonů lehčí (právě o množství hmoty odpovídající vazební energii), než je součet hmot nukleonů, z nichž bylo vytvořeno. Nazývá se to hmotnostní úbytek (hmotnostní schodek). Jeho význam je v tom, že jej lze (na rozdíl od vazební energie) velmi přesně měřit a z něj pak tuto energii počítat.

Termojaderná fúze

Množství energie, které se uvolní fúzí lehčích jader, je obrovské, bohužel teplota a tlak, který je potřeba pro překonání elektrického odpuzování kladných nábojů v jádře, jsou zatím na Zemi prakticky nedosažitelné. Velmi pomalu a stabilně probíhá naopak termojaderná fúze v nitru hvězd, kde gravitace překoná odpuzivé síly mezi jádry. Je to základní zdroj energie ve Vesmíru, a tímto způsobem postupně vznikají v nitru hvězd jednotlivé prvky až k železu. Vznik těžších prvků je umožněn výbuchem supernovy. Energie, která se získává štěpením těžkých radioaktivních prvků, je vlastně akumulovaná energie pocházející z výbuchů supernov, které proběhly dávno před vznikem naší sluneční soustavy.

Radioaktivní zdroje tepla

Radioaktivní rozpad je hlavním zdrojem geotermálního tepla, které se v některých lokalitách využívá k vytápění, ohřevu vody nebo dokonce k výrobě elektrické energie.

Uměle připravené radioaktivní prvky s relativně krátkým poločasem rozpadu (např. ^{238}Pu) se využívají v radioizotopových termoelektrických generátorech pro

napájení kosmických sond letících do oblastí daleko od slunce. Jde o kombinaci plutonia ve formě peletek v ochranném pouzdře, okolo něhož jsou umístěny termoelektrické články. Mají sice nízkou účinnost, nicméně takovýto zdroj bez mechanických součástí dokáže pracovat desítky let a odpadní teplo se využívá pro temperaci vnitřku sondy.

Jaderné štěpení

Štěpením těžkých radioaktivních prvků se sice získá výrazně méně energie než fúzí prvků lehkých, technicky je to ale mnohem jednodušší. V zásadě se využívá toho, že některé radioaktivní prvky (např. ^{235}U) se při dosažení určitého kritického množství začnou samovolně štěpit díky neutronům, které se při jejich rozpadu uvolňují. Pokud není proces řízen, skončí výbuchem. V jaderných reaktorech se využívá toho, že se část neutronů uvolňuje ze štěpných produktů s určitým zpožděním (jde o takzvané zpožděné neutrony vznikající při radioaktivním rozpadu nestálých izotopů vznikajících při štěpení). Toto zpoždění umožní řídit rychlost štěpení, a tím i výkon reaktoru. Dělá se to tak, že reaktor je v těsně podkritickém stavu (při započtení neutronů vznikajících přímo při štěpení) a pomocí tyčí z materiálu silně absorbujícího neutrony, které se posouvají v aktivní zóně reaktoru, se udržuje takové množství neutronů v aktivní zóně, aby reakce byla přesně v kritickém stavu.

Vnitřní energie

Jde o zvláštní kategorii, která se týká jednotlivých částic, z nichž je těleso složeno. Vnitřní energie tělesa je součet energie všech částic, z nichž se těleso skládá. Jde především o kinetickou a potenciální energii, ale může jít také o energii elektrickou, chemickou apod. Kinetická a potenciální energie, kterou má těleso (soustava) jako celek, se do vnitřní energie nezahrnuje. Vnitřní energie je důležitá veličina v termodynamice.

7.4 Termika

Tato část fyziky se zabývá teplem a tepelnými vlastnostmi látek.

7.4.1 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 ve °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.

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

kde:

n je látkové množství.

R je univerzální plynová konstanta.

7.4.2 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 měrná tepelná kapacita.

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.

Získávání tepla

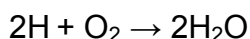
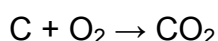
Spalování

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.

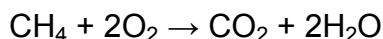
Hořlavina představuje nejvýznamnější složku paliva, neboť je nositelem energie. Aktivní prvky hořlaviny jsou uhlík, vodík a v malém množství i síra; při jejich reakci se vzdušným kyslíkem se uvolňuje teplo. Kyslík a dusík představují pasivní složku hořlaviny, nemají energetickou hodnotu.

Chemie hoření jednotlivých prvků hořlaviny



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

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



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 ochlazený na výchozí teplotu a voda uvolněná spalováním zkondenzuje.

Výhřevnost je oproti spalnému teple 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 kondenzace využít u paliv, které neprodukují tuhé částice, které by zanášely kondenzační výměník. Praktický význam má ale jen u paliv s větším obsahem vodíku, a tedy větší produkci 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 ke 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 kW/m². Po průchodu atmosférou poklesne na přibližně 1 kW/m² při bezmračné obloze. Pokud je obloha zatažená pak může poklesnout na méně než 100 W/m².

7.5 Termodynamika

7.5.1 Zákony termodynamiky (termodynamické věty)

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 sestavit „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:

Teplo 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).

7.5.2 Účinnost zařízení

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 článěk 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 %

7.5.3 Tepelné stroje (motory)

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 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

Teplu 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.

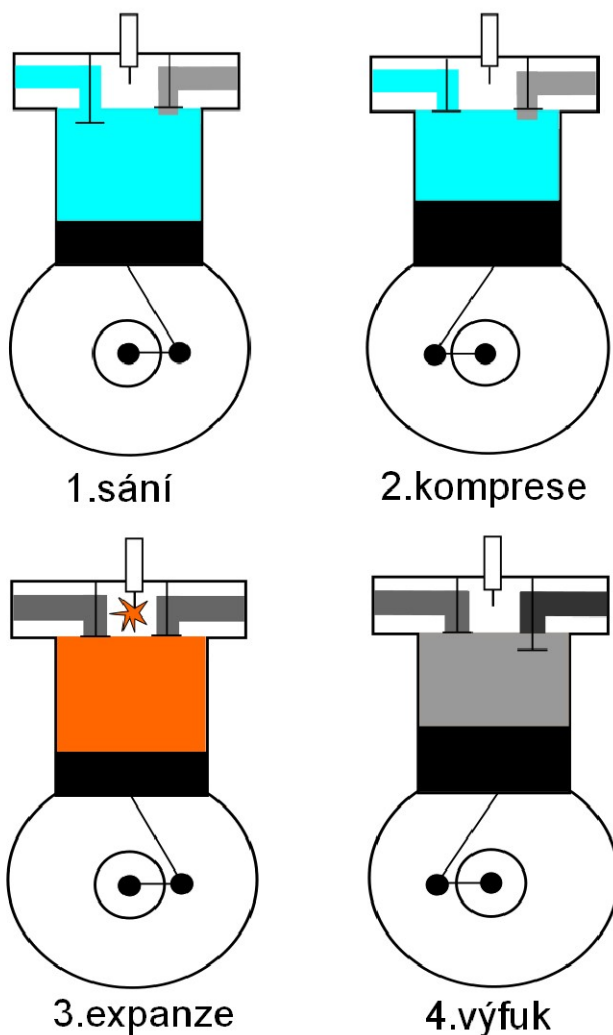
Při navrhování kogeneračních jednotek je potřeba sledovat primární účel, což většinou bývá výroba tepla. Proto jsou kogenerační jednotky navrhovány zpravidla tak, aby jimi vyrobené teplo bylo plně využito a nemuselo se mořit v chladících věžích či jinak.

Pístové spalovací motory

Zážehový motor (benzinový)

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

7.5.4 Chladicí stroj a tepelné čerpadlo

Teplo 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 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 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; přenese 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 bezhlučného 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

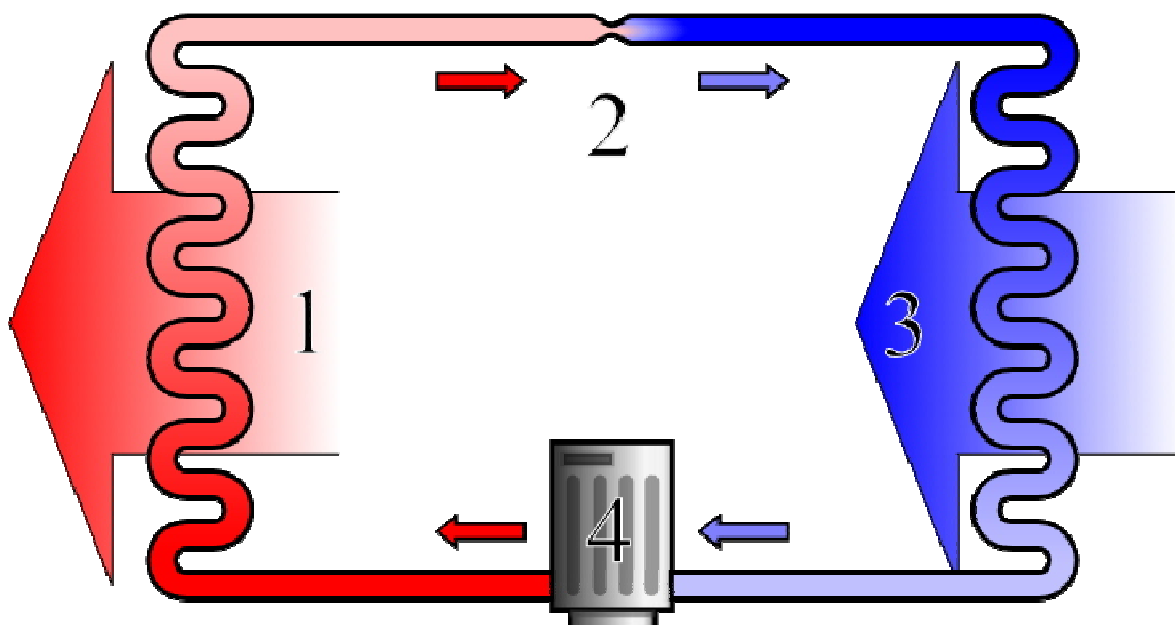
V praxi se používají především tepelná čerpadla kompresorová, kde je pro pohon využita mechanická práce poskytnutá nejčastěji elektromotorem, někdy i spalovacím motorem. Méně rozšířená jsou tepelná čerpadla absorpční, kde je zdrojem energie teplo.

Kompresorová tepelná čerpadla

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

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-škrťací 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 litného. Zařízení s roztokem bromidu litného 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 fotovoltických článků kombinovaných s termoelektrickými články v plášti budovy.

Účinnost tepelného čerpadla

Účinnost tepelného čerpadla se vyjadřuje pomocí takzvaného topného faktoru. Obvykle se značí COP t.j. 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 poloviční topný faktor. 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.

7.6 Elektřina a magnetismus

7.6.1 Elektrický náboj

Existují dva druhy elektrického náboje - kladný a záporný. Látky jsou složeny z atomů. Jejich jádro je tvořeno kladně nabitými protony (a neutrony, které nemají náboj). Elektrony v obalu jádro obklopujícím mají záporný náboj. Atomy jsou navenek elektricky neutrální, počet kladných a záporných nábojů je stejný. Souhlasné náboje se odpuzují, opačné se přitahují (díky tomu jsou elektrony poutány k jádru atomu).

Náboj se značí Q a jeho jednotkou je [C]. Absolutní hodnota velikosti náboje elektronu i protonu je stejná (takzvaný elementární náboj) a činí přibližně $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Elektrické náboje se sčítají a jakýkoli elektrický náboj je celistvým

násobkem elementárního náboje. Elektrický náboj nelze zničit nebo vytvořit, jeho celkové množství v uzavřené soustavě se zachovává (další ze zákonů zachování).

Silové působení elektrických nábojů

Dva bodové elektrické náboje Q_1 a Q_2 ve vzdálenosti r na sebe působí silou $F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / r^2$ (Coulombův zákon). Konstanta úměrnosti se dá vyjádřit pomocí veličiny zvané permitivita vakua a označované symbolem ϵ_0 . $K = 1/(4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)$ neboli v číselném vyjádření $8,988 \cdot 10^9$. Tento zákon je formálně stejný jako Newtonův gravitační zákon. Z hodnoty konstanty úměrnosti je vidět, že elektrické síly jsou o mnoho řádů větší než síly gravitační; například elektrická přitažlivost mezi protonem a elektronem je přibližně o 39 řádů (10^{39}) silnější, než jejich přitahování gravitační (jejich hmotnosti se liší jen o 3 řády).

Elektrické pole

Analogicky jako u gravitace a jiných sil působících na dálku se zavádí pojem elektrické pole.

Často se používá znázornění elektrického pole v prostoru pomocí siločar-křivek, které mají v každém bodě směr tohoto pole (je to vektorové pole) a jejichž hustota je úměrná intenzitě pole.

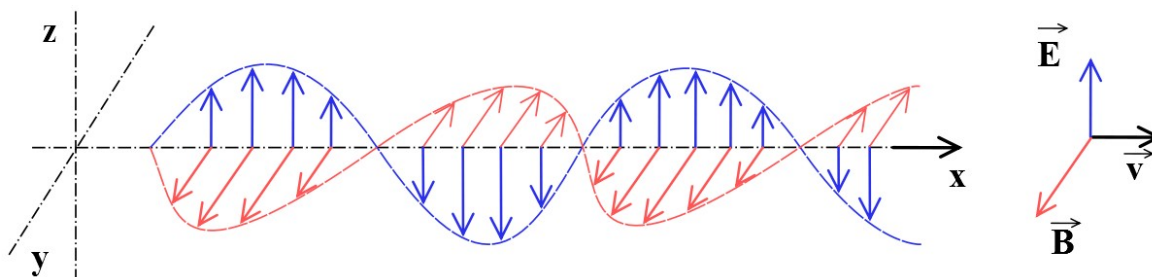
Magnetické pole

Magnetické pole je v jistém smyslu komplementární k poli elektrickému. Často se proto hovoří o elektromagnetickém poli. Magnetické pole úzce souvisí s polem elektrickým a jejich vzájemný vztah popisují Maxwellovy rovnice. V praxi je důležitá takzvaná elektromagnetická indukce. Průtok elektrického proudu vodičem vyvolá kolem vodiče magnetické pole, a naopak změna magnetického pole v okolí vodiče v něm indukuje elektrický proud.

Elektromagnetické záření

Úzká vzájemná vazba elektrického a magnetického pole se projevuje v takzvaném elektromagnetickém záření. Jde o příčné postupné vlnění magnetického a elektrického pole. Jejich vektory jsou na sebe kolmé, viz obrázek.

Schéma elektromagnetického vlnění



Infračerveným zářením, viditelným světlem a ultrafialovým zářením se zabývá optika.

Elektromagnetické záření nepotřebuje ke svému šíření žádné hmotné prostředí, šíří se i ve vakuu. Jeho rychlost ve vakuu je jednou ze základních konstant, označuje se c a v současné době je definována přesnou hodnotou 299 792 458 metrů za sekundu (přibližně $3 \cdot 10^8$ m/s).

Rychlost světla v látkovém prostředí je vždy n krát menší než rychlost světla ve vakuu. Hodnota n se nazývá v optice index lomu příslušné látky (materiálu).

7.6.2 Důležité elektrické veličiny

Elektrické napětí

Napětí je rozdíl potenciálů mezi dvěma body v elektrickém poli. Jednotkou potenciálu U i napětí je V. Mezi body je napětí 1 V, jestliže k přenesení náboje 1 C je třeba energie 1 J.

Elektrický proud

Jestliže na elektrické náboje působí elektrické pole, pak se náboje začnou pohybovat. Tok elektrických nábojů se nazývá elektrický proud, značí se I a jeho jednotkou je [A]. Platí vztah $I = Q/t$ tj. proud je náboj, který proteče za jednotku času.

Konduktivita

Konduktivita (měrná elektrická vodivost) je veličina, která popisuje schopnost látky vést elektrický proud. Látka, která je dobrým vodičem, má vysokou hodnotu

konduktivity, špatně vodící látky mají nízkou hodnotu konduktivity. Konduktivita závisí na teplotě. Konduktivita se značí σ a její jednotkou je Siemens na metr [S/m].

7.6.3 Vybrané důležité vztahy týkající se elektrického proudu

Ohmův zákon

V praxi je velmi důležitý vztah mezi elektrickým napětím, které proud vyvolalo, jeho velikostí a takzvaným elektrickým odporem R (souvisí s konduktivitou).

$R = U/I$; jednotkou elektrického odporu je ohm a značí se Ω .

Tento vztah se podle svého objevitele nazývá Ohmův zákon.

Proud může být časově neproměnný (konstantní) nebo se mnohem častěji může s časem měnit jeho velikost a případně i směr. V praxi je zvláště důležitý takzvaný harmonický střídavý proud s frekvencí 50 Hz (v některých zemích 60 Hz), jehož okamžitá hodnota se v čase mění podle funkce sinus. Střídavý proud se používá pro rozvod elektrické energie v elektrické síti.

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi \cdot f$$

u – okamžitá hodnota napětí, U_m – maximální hodnota napětí

Střídavý proud se používá pro silové rozvody elektřiny, protože umožňuje pomocí transformátoru měnit s minimálními ztrátami velikost napětí a proudu.

Protože elektrický proud je pohyb nábojů v silovém poli, můžeme zavést analogicky jako v mechanice pojem elektrické práce (respektive energie) a výkonu.

Elektrický výkon

$P = U \cdot I$, základní SI jednotkou je W.

Elektrická práce

$W = U \cdot I \cdot t$, základní SI jednotkou je J.

Vzhledem k tomu, že 1 J (tedy W·s) je jednotka malá, používá se v praxi často kWh, popř. GJ, ale lze se setkat i s dalšími odvozenými jednotkami. Z uvedeného vyplývá, že:

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ Ws} = 3\,600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ MWh} = 3\,600\,000\,000 \text{ Ws} = 3,6 \text{ GJ}$$

Výše uvedené vztahy a další vzorce je možné používat i pro výpočty i u střídavého proudu. Je ovšem třeba použít efektivní hodnoty napětí a proudu.

Pro výpočet práce a výkonu se pro střídavý proud se sinusovým průběhem se zavádí efektivní hodnota proudu. V silových střídavých obvodech jde o nejčastěji udávanou hodnotu.

Napětí se v praxi rozděluje dle ČSN 33 0010 na:

- Malé napětí, značka mn, napětí do 50 V
- Nízké napětí, značka nn, napětí 50 V až 1000 V
- Vysoké napětí, značka vn, napětí 1000 V až 52 kV
- Velmi vysoké napětí, značka vvn, napětí 52 kV až 300 kV
- Zvláště vysoké napětí, značka zvn, napětí 300 kV až 800 kV
- Ultra vysoké napětí, značka uvn, napětí více než 800 kV

U střídavého proudu je (proti proudu stejnosměrnému) situace dále trochu komplikována tím, že proud a napětí nemusí být ve fázi. Jde o to, že některé elektrické prvky (induktivní spotřebiče jako např. motory, transformátory, svářečky, zářivky, výbojky, záložní zdroje UPS, PC technika) způsobují posuv proudu oproti napětí. Účinník je cosinus fázového posunu mezi napětím a proudem, tento úhel se označuje obvykle φ . Činná složka se ve spotřebiči mění na práci, kdežto jalová se pouze přelévá z místa přebytku do místa nedostatku (slouží především k vytváření elektromagnetických polí). Pro její výrobu není nutná vyšší potřeba primárního zdroje energie (například vyšší spotřeba páry v turbíně), lze ji získat přímo u spotřebiče vhodným elektrickým zařízením (obvykle kondenzátorem). Pokud je jalová složka získána v místě spotřeby, není nutné ji dopravovat, a tím i zatěžovat přenosovou soustavu. Proto jsou velcí odběratelé povinni účinník sledovat a kompenzovat, jinak platí pokuty.

7.6.4 Elektrochemické zdroje elektrického proudu

Nejstarší, ale dosud hojně využívané zdroje elektrického proudu jsou galvanické články. Galvanický článek se řadí mezi takzvané chemické zdroje elektrického proudu. Jde o sestavu dvou různých (často kovových) elektrod ponořených do roztoku elektrolytu. Zde se chemická energie látek v něm obsažených postupně mění v energii elektrickou prostřednictvím oxidačně-redukčních chemických reakcí probíhajících na elektrodách. Rozlišují se dva druhy článků

- primární – po vybití (spotřeba aktivních látek na elektrodách) se nedají nabít
- sekundární – reakce v nich probíhající jsou reverzibilní a články se dají opakovaně nabíjet a vybíjet. Pro takový článek se používá název akumulátor.

Při vybíjení článku uvolňuje záporná elektroda elektrony, ty projdou elektrickým obvodem spotřebiče, vykonají elektrickou práci a vrátí se do kladného pólu článku. Na záporné elektrodě dochází tedy k oxidaci (zvyšování kladného náboje). Elektroda, na níž probíhá oxidace, se nazývá anoda. Na kladné elektrodě se elektrony při reakci spotřebovávají, a dochází tam tedy k redukci (snížování kladného náboje). Je důležité si uvědomit, že u akumulátoru při nabíjení probíhají procesy na elektrodách obráceně, tj. kladná elektroda se stává anodou a probíhá na ní oxidace, záporná pak katodou a probíhá na ní redukce.

U galvanického článku jsou důležité zejména následující parametry:

- napětí článku - závisí na látkách tvořících jeho elektrody. Pohybuje se v jednotkách voltů
- kapacita článku - je náboj, který je článek schopen dodat (udává se zpravidla v ampérhodinách). Kapacitu velkých článků a akumulátorů je někdy výhodnější udávat ve Wh (případně kWh u velkých akumulátorů) tj. nikoli jako náboj, ale jako energii, kterou mohou dodat. Kapacita ve Wh se získá z kapacity v Ah vynásobením průměrným napětím článku při vybíjení
- vnitřní odpor - odpor mezi kladnou a zápornou elektrodou. Ten by měl být co nejmenší, neboť na něm se mění užitečná energie ve ztrátové teplo
- měrná energie - podíl kapacity a hmotnosti článku

- hustota energie - podíl kapacity a objemu článku
- míra samovybíjení - u primárních článků určuje dobu skladovatelnosti
- cena, respektive cena na jednotku kapacity
- u akumulátorů je pak důležitý i počet nabíjecích a vybíjecích cyklů, které mohou absolvovat, než dojde k definovanému poklesu jejich kapacity a účinnost nabíjecího/vybíjecího cyklu.

Primární články

V běžné řeči se označují baterie, i když výraz baterie vlastně znamená řadu článků spojených do série.

Zinkové články

Typickým příkladem je článek zinko-uhlíkový (lépe zinko-burelový či zinko-chloridový článek), podle vynálezce se nazývá Leclancheův.

Kladná elektroda tohoto článku je uhlíková a je obklopena práškovým burelem (MnO_2) s příměsí grafitu. Uhlíková elektroda se reakce sama neúčastní, slouží jen pro vedení proudu. Aktivní hmota, která reaguje je zde MnO_2 . Elektrolytem je vodný roztok chloridu amonného (NH_4Cl). Záporná elektroda je tvořena kovovým zinkem, který často slouží současně jako obal článku.

Při vybíjení se zinková elektroda oxiduje na zinečnaté ionty, které vytvoří s chloridem amonným chlorid zinečnatý a burel se redukuje na oxid manganitý. Nominální napětí tohoto článku je 1,5 V, čerstvé články mívají napětí naprázdno až 1,65 V. Zcela vybitý článek má napětí naprázdno mezi 0,8 až 1 V.

U novější a dnes běžné modifikace tohoto článku je elektrolytem hydroxid draselný, který se neúčastní chemické reakce uvnitř článku a má podstatně vyšší vodivost než roztok chloridu amonného, články mají tudíž nižší vnitřní odpor. Nominální napětí tohoto článku je 1,5 V, čerstvé články mívají napětí naprázdno až 1,65 V. Zcela vybitý článek má napětí naprázdno mezi 0,8 až 1 V.

Lithiové články

V posledních letech se stále více používají články obsahující lithium. Tento kov je tou nejvýhodnější volbou pro anodu primárního článku, protože poskytuje vysoké napětí a je velmi lehký, což výrazně zvyšuje měrnou energii článku. Hlavní nevýhodou, která dlouho bránila jejich rozšíření, je to, že nelze použít vodný elektrolyt (lithium s vodou prudce reaguje za vývoje vodíku). Používají se proto různé typy nevodných (organických) elektrolytů.

Nejobvyklejší lithiové články mají na anodě kovové lithium, na katodě je opět oxid manganitý a elektrolytem je vhodná organická kapalina (karbonáty, ethery nebo estery), v níž jsou rozpuštěny komplexní lithiové soli (LiPF_6 , LiAsF_6 apod.). Chemismus lithiových baterií je poměrně složitý a jejich výroba a recyklace náročnější než u baterií alkalických. Tomu odpovídá i výrazně vyšší cena.

Články vzduch-kov

Největší měrnou energii mohou dosáhnout články typu vzduch-kov. Nejstarším a stále ještě občas používaným typem je článek zinek-vzduch. Tento článek má teoreticky 1370 Wh/kg (v praxi to bývá jen asi 500 Wh/kg). Je to dáno tím, že na katodu se zde přivádí vzdušný kyslík, který je všude k dispozici, a nemusí se tedy skladovat v článku. Použitím hliníku namísto zinku (lehčí kov a větší náboj jeho iontů) lze dosáhnout ještě vyšší energetickou hustotu. Vůbec největší dosažitelnou energetickou hustotu by měl článek lithium-vzduch. Bohužel kvůli pomalé difuzi vzdušného kyslíku na elektrodě tyto články snesou jen velmi malé vybíjecí proudy.

Akumulátory

Akumulátory (sekundární elektrochemické články) se od primárních článků liší tím, že oxidačně-redukční reakce na jejich elektrodách mohou probíhat oběma směry. Po vybití je tedy možné znovu jejich kapacitu obnovit nabíjením.

Olověný akumulátor

Jde o nejstarší (vytvořil jej Gaston Planté v r. 1859), ale stále nejpoužívanější typ akumulátoru.

Tento akumulátor používá na obou elektrodách olovo a jeho sloučeniny. Na kladné elektrodě je aktivní hmotou oxid olovičitý (PbO_2), na záporné pak houbovitě olovo. Elektrolytem je kyselina sírová, která tvoří s olovnatými ionty poměrně málo rozpustný síran olovnatý (PbSO_4). Nominální napětí článku je 2 V a kapacity mohou dosahovat tisíce Ah (staniční nebo trakční baterie). Při vybíjení se na kladné i záporné elektrodě vytváří nerozpustný síran olovnatý a koncentrace (tedy i hustota) kyseliny sírové klesá. Olověný akumulátor je velmi jednoduché a robustní zařízení. Jeho hlavní výhodou je schopnost dodávat velmi vysoký proud (má velmi malý vnitřní odpor). Proto se používá jako startovací baterie v automobilech. Má ale i nevýhody:

- je velmi těžký a má tedy relativně malou měrnou energii
- olovo je poměrně drahé a škodlivé životní prostředí
- nesmí být delší dobu ponechán ve vybitém stavu, pak dochází k jevu zvanému sulfatace. Vybíjením vznikají na elektrodách velmi drobné krystalky PbSO_4 , které se při nabíjení poměrně snadno rozpouštějí. Časem ale dochází k jejich růstu a vlivem výrazného zmenšení povrchu je při nabíjení jejich rozpouštění výrazně pomalejší. Narušuje se také pórovitá struktura elektrod a dochází k vypadávání aktivní hmoty a snížení kapacity.

Alkalické akumulátory

Sem se řadí články, jejichž elektrolytem je hydroxid draselný nebo sodný.

Ni-Fe – tyto články mají na kladné elektrodě směs oxidů a hydroxidů niklu a záporná elektroda je tvořena železem. Jejich napětí je 1,2 V. Jsou velmi odolné a mají dlouhou životnost. Bohužel mají i velké samovybíjení a relativně nízkou účinnost při nabíjení. Postupem času byly nahrazeny akumulátory Ni-Cd.

Ni-Cd – jsou v zásadě podobné jako Ni-Fe, mají ale lepší účinnost při nabíjení a nižší samovybíjení. Hlavní nevýhodou je přítomnost kadmia, které je velmi škodlivé pro životní prostředí. U malých akumulátorů pro drobné spotřebiče došlo k nahrazení kadmia takzvaným „metalhydridem“, což je slitina schopná absorbovat vodík vytvořený při nabíjení. Elektrolytem je hydroxid draselný.

Li-ion akumulátor

Lithium je velmi lehký a reaktivní kov; díky tomu mají lithiové články relativně vysoké napětí (3,7 V) a velkou měrnou energii (některé i více než 0,5 kWh/kg). Lithium je také na rozdíl od olova poměrně hojně zastoupený prvek a nepředstavuje žádné významné nebezpečí pro životní prostředí. Katodu v těchto článcích tvoří sloučeniny lithia (LiCoO_2 , LiFePO_4 a řada dalších) a anoda je vyrobena z uhlíku (jde o speciální formu grafitu). Lithium iontové akumulátory vyžadují hlídání napětí při nabíjení i vybíjení, a pokud se řadí do série, musí být baterie vybavena takzvaným BMS (battery management system), který zajistí, že parametry jednotlivých článků (napětí teplota stav nabití/vybití) nevybočí z dovolených mezí. Ve velkých kapacitách tyto baterie mohou za jistých podmínek představovat i určité riziko požáru a výbuchu. V poslední době se používají pro elektromobily a pro ostrovní solární nebo větrné systémy.

NaS akumulátor

Akumulátory NaS (sodík – síra) se užívají spíše ve stacionárních zařízeních. Jejich výhodou je relativně dobrá energetická hustota, celkem přijatelná účinnost (80 %) a prakticky nepodléhají samovybíjení. Jejich životnost je přibližně 15 let a snesou velký počet cyklů. Sodík a síra jsou dostupné a levné prvky a nejsou při správném zacházení toxické pro životní prostředí. Zásadní nevýhodou těchto akumulátorů je vysoká pracovní teplota (přibližně 300 °C), kdy sodík a síra jsou v kapalném stavu. Kapalný sodík je navíc nebezpečná látka, při styku se vzduchem okamžitě hoří a při styku s vodou dojde k výbuchu vzniklého vodíku. Pro použití ve velkých stacionárních jednotkách (elektrárnách) to ale nepředstavuje zásadní omezení. NaS akumulátorovou baterii o výkonu 1 MW s kapacitou 7,2 MWh instalovala např. japonská společnost TEPCO pro vyrovnávání zatížení distribuční sítě.

Zn-Br akumulátor

ZnBr (zinko-bromidový) akumulátor je článek s oddělenými elektrolyty. Na rozdíl od klasických akumulátorů, kde jsou chemické sloučeniny, v nichž je energie akumulována, přítomny přímo na elektrodách, zde je oddělený systém elektrod a elektrolytu.

Během nabíjení se čerpá z nádrže roztok bromidu zinečnatého do prostoru mezi elektrody. Na záporné elektrodě se vylučuje kovový zinek a na kladné elektrodě kapalný bróm, který je společně s vodou a přísadami pro zlepšení jeho rozpustnosti odváděn do druhé nádrže.

Při vybíjení se proces obrátí a roztok bromu pumpovaného z druhé nádrže do první reaguje na elektrodách s kovovým zinkem za vzniku bromidu zinečnatého a elektrického proudu (s napětím asi 1,7 V na jeden článek). Tento druh akumulátoru snese velký počet cyklů a lze jej bez poškození vybit ze 100 %. Měrná energie je kolem 50 Wh/kg.

7.6.5 Využití slunečního záření pro výrobu elektřiny pomocí fotovoltaických článků

Jak již bylo zmíněno, Slunce je naším nejdůležitějším primárním energetickým zdrojem a přenos energie na Zemi probíhá ve formě elektromagnetického záření. To lze přeměnit nejen na teplo, ale i na další druhy energie, především na energii elektrickou. Přímá přeměna se uskutečňuje pomocí fotovoltaických článků.

Princip polovodičového fotovoltaického článku

Pro výrobu elektřiny ze slunečního záření jsou třeba v zásadě tři věci:

- fotony ze slunečního záření
- vhodný materiál s volně vázanými elektrony
- elektrické pole, které elektrony uvede do pohybu směrem ze zdroje do spotřebiče

Záření se (za určitých podmínek) chová, jako by bylo tvořeno proudem částic - fotonů a foton, pokud je jeho energie dostatečná, může předat svou energii elektronu vázaném v atomu vhodného polovodiče (nejčastěji se používá křemík). Elektrony v tomto polovodiči jsou vázány k atomům chemickou vazbou, která je natolik slabá, že energie fotonů ze Slunce dokáže tuto vazbu přerušit a část elektronů uvolnit z atomů, v nichž byly vázány. Prázdné místo v atomu se nazývá díra a vykazuje kladný náboj. Pomocí p-n přechodu jsou uvolněné elektrony propouštěny pouze jedním směrem. Podstatu vzniku p-n přechodu lze vysvětlit na nejběžnějším polovodičovém materiálu, křemíku. Tuhý křemík je tvořen mřížkou atomů křemíku, které jsou navzájem spojeny

kovalentními vazbami a na rozdíl od kovů se v takovémto materiálu žádné volné elektrony nevyskytují. Kovalentní vazby v křemíku nejsou pevné a k uvolnění elektronů z vazeb stačí u křemíku dodat poměrně malé množství energie.

Ke křemíku se přidává malé množství fosforu nebo boru, takzvané dopování křemíku. Fosfor má ve valenční sféře 5 elektronů, ale ve vazbách s okolními atomy křemíku se mohou uplatnit jen 4 elektrony. Dopováním křemíku fosforem vznikne polovodič typu n, který má nadbytečné elektrony a je podstatně více vodivý než čistý křemík. Analogicky přidavkem boru (se 3 elektrony) vznikne polovodič typu p s nadbytečnými děrami (místa, kde chybí elektron).

Pokud se těsně spojí oba typy polovodiče, vznikne v místě jejich dotyku tenoučká vrstva, která se nazývá p-n přechod. Elektrony v polovodiči mají snahu vyrovnat koncentrace v obou částech. Proto difundují elektrony do části p a díry do části n. Pohyb nabitých částic na opačné strany ovšem brzy skončí, protože po elektronech zůstanou v polovodiči typu n kladně nabité náboje a po dírách v polovodiči typu p záporné náboje. Vzniklé elektrické pole další difuzi zastaví a ustaví se rovnováha, kdy stejné množství elektronů, které projde v důsledku difuze, je přetaženo zpátky působením elektrického pole. Výsledkem procesu je výrazné snížení vodivosti v oblasti p-n přechodu a vytvoření elektrického potenciálu.

Vlastní fotovoltaický článek je vytvořen tak, že v tenkém plátku křemíku je v malé hloubce pod povrchem vytvořen p-n přechod opatřený z obou stran vhodnými elektrickými kontakty. Když na něj dopadá sluneční záření, generuje volné elektrony a díry. Elektrické pole p-n přechodu je oddělí a pošle na opačné strany; elektrony do vrstvy typu n, která se tak stane záporným pólem fotovoltaického článku a díry do vrstvy typu p, která tvoří kladný pól.

Napětí fotovoltaického článku je dáno použitým polovodičem, v případě křemíku je to přibližně 0,6 V a při zatížení ještě mírně klesá (udává se, že při optimálním proudu kdy je výkon článku maximální je napětí 0,5V). Proto se články spojují do série tak, aby se získalo prakticky využitelné napětí (zpravidla se používají moduly, které dávají naprázdno přibližně 17 nebo 33 V).

7.7 Vodní energie

Využití energie proudící vody má dlouhou tradici (mlýnská kola, trkače, pohod výtahů apod). V současné době se pro využití energie vody používají různé typy vodních turbín.

Voda z má potenciální energii $E_p = m \cdot g \cdot h$

kde:

m je hmotnost.

g je gravitační zrychlení.

h je výška.

Používané turbíny

Peltonova turbína - je rovnotlaká turbína, jejíž oběžné kolo má lopatky ve tvaru lžíce, na které proudí tlaková voda z trysek. Stačí jí poměrně malý průtok, ale vyžaduje velký spád. Používá se na horských tocích, kde je spád od 15 m až po 1800 metrů.

Francisova turbína je přetlaková turbína, kde voda během průtoku turbínou snižuje tlak a přitom odevzdává svou energii lopatkám oběžného kola. Oběžné kolo (rotor) turbíny se nachází mezi vysokotlakým přívodem a nízkotlakou savkou pod turbínou, která odvádí vodu. Vstupní potrubí má tvar spirály. Voda je zde pomocí věnce pevného rozváděcího kola směřována na tangenciálně oběžné kolo. Lopatky rozváděcího kola jsou někdy konstruovány jako stavitelné, aby se turbína mohla (do určité míry) přizpůsobit různému vodnímu průtoku. Z oběžného kola vystupuje voda axiálně (ve směru osy otáčení). Francisovy turbíny se používají především pro střední a stabilní průtoky a střední spády. Dají se ale použít ve značném rozsahu průtoku a spádu (40-700 m). Jsou výhodné zejména u přečerpávacích elektráren, kde mohou fungovat jako turbína a při obráceném chodu jako čerpadlo. Vodní elektrárna Dlouhé Stráně používá dvě Francisovy turbíny každou o výkonu 325 MW.

Kaplanova turbína je přetlaková turbína, jejíž oběžné kolo má tvar vrtule a lopatky jak oběžného, tak i rozváděcího kola se dají natáčet, což umožňuje dobré přizpůsobení různým průtokům a spádům. Má vyšší účinnost než Francisova turbína,

ale je složitější a dražší. Dokáže využít spád od 1 m do zhruba do 100 m. Využije i velmi vysoké průtoky, například Kaplanovy turbíny na vodní elektrárně Gabčíkovo mají hlnost (průtok) 636 m³/s, při spádu 13 až 24 m. Obecně se dá říct, že se tento typ turbíny používá spíše na malých spádech a při velkých a proměnlivých průtocích.

Bánkiho turbína je jednoduchá rovnotlaká vodní turbína. Zvláštností je, že lopatky oběžného kola jsou obtékány ve dvou směrech. Díky tomuto druhému průtoku vykazuje i dobrou samočisticí schopnost (odplavení trávy či listů zachycených na lopatkách). Její účinnost je menší než u výše zmíněných turbín. Je pro svou konstrukční jednoduchost oblíbena u malých vodních elektráren.

Archimédova turbína využívá Archimédův šroub. Její výhodou je, že je šetrná vůči vodním živočichům, a proto se někdy používá u malých vodních elektráren.

7.8 Větrná energie

Přeměna kinetické energie proudícího vzduchu na mechanickou práci a posléze elektrickou energii využívá kinetickou energii vzduchu podle rovnice:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

kde:

m je hmotnost.

v je rychlost.

Vzhledem k tomu, že vzduch má malou hmotnost, je pro získání potřebného výkonu větrné elektrárny používat dostatečně velké rotory, které přeměňují energii větru na elektřinu. Dále je nutné stavět větrné elektrárny tam, kde je dostatečná a častá rychlost větru. ČR pro toto není příliš vhodné území.

Teoretická účinnost větrné turbíny

Německý fyzik Albert Betz zhruba před 100 lety odvodil rovnici definující maximální účinnost větrné turbíny s vodorovnou osou a vrtulí. Pro běžné podmínky je tato teoretická maximální účinnost 59,3% z celkové kinetické energie větru procházejícího vrtulí turbíny. V praxi se ovšem uplatňují další ztráty, a tak se průměrná účinnost větrných turbín pohybuje mezi 35-45%.

Výkon větrné turbíny silně závisí na rychlosti větru a vypočte se:

$$P_t = k_B \cdot \rho \cdot v^3 / 2$$

kde:

P_t je výkon turbíny.

k_B je Betzův koeficient (0,59).

ρ je hustota vzduchu.

v je rychlost větru.

7.9 Točivé elektrické stroje

Tato zařízení pracují na principu elektromagnetické indukce a slouží k přeměně mechanické energie na elektrickou (generátory), nebo naopak (motory). Jedna část je nepohyblivá (stator) a druhá část je rotační (rotor).

Generátory

Rotační generátory mají cívky rotující v magnetickém poli vytvářeném elektromagnetem nebo permanentním magnetem. Vždy v nich vzniká střídavý proud. V dřívějších dobách, když bylo třeba vyrábět proud stejnosměrný (např. pro nabíjení akumulátorů nebo pro stejnosměrné motory), se používalo dynamo, které mělo rotor s takzvaným komutátorem, který zajistil usměrnění proudu (přepojení cívek při otáčení tak aby indukovaný proud vždy tekł správným směrem). Dynamo tedy vyrábí stejnosměrný proud.

U alternátoru se magnetické pole vytváří v rotoru a střídavý proud se odvádí ze statoru. Přívod proudu, který budí magnetické pole je proveden pomocí jednoduchých prstenců na rotoru namísto složitěho komutátoru. Alternátor je proto jednodušší než dynamo, a tím má i menší poruchovost. Vyrábí střídavý elektrický proud.

Pro výrobu elektřiny pro rozvody se používá třífázový synchronní generátor. Ten má tři cívky navzájem otočené o 120 stupňů. Střídavé napětí vznikající v takovém generátoru se nazývá třífázové napětí. Cívky generátoru mohou být

zapojeny do hvězdy nebo trojúhelníku, takže generátor má pak tři vývody, které nazýváme fáze.

7.10 Optika

Optika je část fyziky, která se tradičně zabývá elektromagnetickým zářením, především viditelným světlem, případně s přesahem do ultrafialové a infračervené části spektra. Elektromagnetické záření je charakterizováno vlnovou délkou nebo frekvencí mezi nimiž platí vztah $\lambda = c/f$, kde c je rychlost světla ve vakuu a f je frekvence záření. Elektromagnetické záření se v některých případech chová jako vlnění, jindy jako proud částic – fotonů. Energie fotonu souvisí s frekvencí a je dána vzorcem:

$$E = h \cdot f,$$

kde:

h je Planckova konstanta ($h = 6,6252 \cdot 10^{-34}$ J·s).

f je frekvence záření.

Kvalita světla z hlediska podání barev se zpravidla posuzuje podle toho, nakolik se podobá slunečnímu světlu, které je určitým přirozeným etalonem. Zavádí se pro to pojem Index barevného podání (R_a). Je to subjektivní hodnocení věrnosti barevného vjemu, který vznikne osvětlením z posuzovaného zdroje světla, v porovnání s tím, jaký barevný vjem by vznikl ve světle slunce. Hodnota R_a může nabývat hodnot od 0 do 100. Hodnota $R_a = 0$ znamená, že při tomto osvětlení není možno rozeznat barvy. Naproti tomu $R_a = 100$ znamená, že je to světelný zdroj, který umožňuje nejlepší přirozené podání barev.

Nejvyšší hodnoty R_a mají zpravidla teplotní (tepelné zdroje), které vyzařují spojité spektrum podobné záření ideálně černého tělesa. Například halogenová žárovka má $R_a > 95$, běžná zářivka přibližně 80, nejlepší LED zdroje mají $R_a > 92$, sodíková nízkotlaká výbojka má naproti tomu $R = 0$.

Další důležitá hodnota charakterizující světlo je takzvaná barevná teplota. Je to vlastně teplota ideálně černého tělesa, jehož světlo se co nejvíce podobá světlu posuzovanému.

S rostoucí teplotou se barva záření černého tělesa posouvá směrem k modrému konci spektra, takže vyšší barevná teplota znamená modřejší světlo, nižší naopak červenější.

7.10.1 Důležité veličiny pro zdroje světla

Světelný tok

Světelný tok vyjadřuje množství světelné energie za jednotku času s přihlédnutím k citlivosti průměrného lidského oka na různé vlnové délky světla. Světelný tok je tedy fotometrická veličina charakterizující světelný výkon záření. Značí se Φ a jeho jednotkou je lumen [lm].

Svítivost

Svítivost udává prostorovou hustotu světelného toku zdroje v různých směrech. Svítivost lze určit pouze pro bodový zdroj, jehož rozměry jsou zanedbatelné. Značí se I a jednotkou je candela [cd].

Jas

Jas je měrná veličina svítivosti. Označuje se L [cd/m²]

Intenzita osvětlení

Je to světelný tok dopadající na určitou plochu. Značí se E , jednotkou je lux [lx]. $lx = lm/m^2$. Požadavky na intenzitu osvětlení dle činnosti lidí, kteří se v daném prostoru pohybují, je dána příslušnými hygienickými normami.

Světelná účinnost

Jde o poměr světelného toku k energetickému příkonu zdroje světla, značí se K , [lm/W].

7.10.2 Zdroje světla

Nejstarší skupinu tvoří zdroje teplotní (inkandescenční). V těchto zdrojích vzniká světlo jako jedna ze složek elektromagnetického záření vyvolaného vysokou teplotou. Jako příklad je možné uvést svíčku, kde je teplo generováno spalováním parafinu a svítí zde rozžhavené částice uhlíku. Tyto zdroje mají relativně nízkou teplotu a velmi malou účinnost přeměny tepla na světlo a jejich světlo je nažloutlé

(má nízkou barevnou teplotu). Vyšší teplotu, účinnost a bělejší světlo má acetylenový plamen (karbidová lampa). Další vývojový stupeň je plynová lampa s Auerovou punčoškou, kde záření vydává speciální pórovitá síťka obsahující oxidy kovů vzácných zemin (cer, thorium a další).

Nejběžnější a dodnes používaný teplotní zdroj je žárovka. Dnes se už mohou používat jen žárovky halogenové. U ní se dosahuje vyšší teploty vlákna (vyšší světelné účinnosti a bělejšího světla) a delší životnosti tím, že uvnitř baňky je přítomna vhodná sloučenina halogenu (bromu nebo jodu). Díky tomu v baňce žárovky probíhá tzv. halogenový cyklus, kdy wolfram vypařující se z vlákna po ochlazení pod určitou teplotu vytvoří těkavý halogenid (místo aby se usadil na skle baňky). Tento halogenid se ovšem při styku s rozžhaveným vláknem opět rozloží a wolfram se usadí na vlákně, přednostně na těch místech, kde je teplota nejvyšší, což jsou právě místa nejvíce zeslabená těkáním wolframu. Tímto způsobem se vlákno kontinuálně obnovuje. Výsledkem je delší životnost, vyšší světelný tok a účinnost (až 20 lm/W).

U výbojek je světlo vytvářeno elektrickým výbojem v plynu nebo parách kovů (proto název výbojka). Plyny jsou normálně nevodivé, pokud ovšem napětí vložené na elektrody výbojky převyší určitou hodnotu, začne elektrické pole vytrhávat elektrony z neutrálních atomů a dojde k ionizaci. Vlivem přítomnosti volných elektronů a kladně nabitých iontů plynu začne procházet elektrický proud. Intenzivní srážky ionizovaných atomů mají za následek excitaci elektronů do vyšších hladin a jejich návrat do základního stavu má za následek vyzařování fotonů. Vzhledem k tomu, že větší proud způsobí vyšší ionizaci, má výbojka záporný odpor (přesněji záporný diferenční odpor) tj. s růstem proudu klesá napětí na výbojce. Je to kladná zpětná vazba a výbojka proto musí mít v napájecím obvodu vhodný proudový stabilizátor. Nejjednodušší, ale energeticky ztrátové je zařadit do napájení sériový odpor. Pokud se výbojka napájí střídavým proudem, pak se pro tento účel často používá tlumivka, jejíž indukance působí jako odpor, ale představuje jen malé energetické ztráty (posun napětí vůči proudu).

Rtuťová výbojka je jednou z nejdéle používaných výbojek. Výboj v parách rtuti je poměrně efektivní zdroj záření, jehož světelná účinnost je (v závislosti na tlaku)

mezi 35-65 lm/W. Bohužel část záření je v ultrafialové oblasti. Zpravidla trvá nějakou dobu (řádově minuty), než výbojka dosáhne pracovní teploty a tlaku a plného výkonu. Vlivem modré a zelené čáry ve spektru rtuti je odstín světla modrozelený a $R_a < 20$. Pokrytím vnější baňky vhodným luminoforem se zvýší účinnost (využije se UV záření) a zlepší barva světla ($R_a > 50$). Pro omezení proudu se zpravidla používá tlumivka zařazená do série. Dnes se rtuťové výbojky nahrazují výbojkami metalhalogenidovými, které mají lepší účinnost a lepší barevné podání. V zásadě se ale stále jedná o výboj v parách rtuti. Namísto čisté rtuti se ale používá amalgám obsahující například sodík a scandium, které mají spektrální čáry, jež ve spektru rtuti chybí.

Lineární zářivka využívá opět výboj ve rtuťových parách, používá se ale nízký tlak (je plněna argonem pod tlakem asi 400 Pa a parciální tlak par rtuti je jen asi 0,6 Pa); výboj v této směsi nastane při nižším napětí než v obou plynech samostatně. Při tomto tlaku je většina záření emitována v ultrafialové oblasti spektra a s poměrně vysokou účinností. Na vnitřní stěně trubice je nanesen luminofor. Luminofor je látka, která po dopadu UV záření vydává viditelné světlo. POZOR – funguje to jednosměrně, luminofor dokáže ze záření o kratší vlnové délce (vyšší energii) udělat záření o delší vlnové délce (nižší energii); energeticky je to vždy ztrátový proces.

Jako předřadník se v poslední době už nepoužívá obyčejná tlumivka, ale takzvaný elektronický předřadník (v zásadě vysokofrekvenční měnič napětí), který má větší účinnost, světlo neblíká (eliminuje se stroboskopický efekt) a některé elektronické předřadníky umožňují i stmívání. Zářivky s třípásmovým luminoforem dosahují běžně $R_a > 80$ při světelné účinnosti kolem 90 lm/W. Speciální zářivky pro grafická studia mají $R_a > 95$, ale za cenu znatelně nižší světelné účinnosti.

Kompaktní zářivka je principiálně stejná jako lineární zářivka, rozměry trubice jsou však minimalizovány, elektronický předřadník je umístěn v patici, která je opatřena závitem E14 nebo E27, takže slouží jako přímá náhrada klasických žárovek. Jejich světelná účinnost je mírně nižší než u lineárních zářivek.

Nejnovějšími zdroji světla jsou LED (elektroluminiscenční dioda). Ke své funkci využívají p-n přechod podobně jako fotovoltaické články. Fyzikálně jde o proces analogický, ale probíhající opačným směrem. Zatímco na fotovoltaický článek

dopadají fotony a výsledkem je elektrický proud, u LED průchod elektrického proudu přes p-n přechod ve vhodném polovodiči vytváří fotony záření. Z principu vyzařuje každý typ polovodiče v zásadě záření o určité vlnové délce, není možné získat spojitě spektrum. Červené, žluté a zelené LED s malým výkonem existují již dlouhou dobu a užívají se namísto klasických signalizačních žárovek s barevnými filtry. Dlouhou dobu ale brzdilo možnosti použití této technologie k osvětlování to, že nebyla k dispozici modrá barva, respektive vhodný polovodič, který by ji umožnil vytvořit. Ještě přesněji velmi vhodný polovodič pro tento účel je nitrid galia, nicméně nikdo z něj nedokázal vytvořit vrstvy potřebné kvality pro použití v LED. Za průlom vděčíme Isumu Akasaki z Nagojské univerzity, který se 20 let věnoval zdolávání technologických potíží spojených s vytvářením vhodných GaN vrstev (v r. 2014 za to dostal Nobelovu cenu za fyziku).

Modrá LED plní v jistém smyslu LED osvětlení stejnou funkci jako výboj ve rtuťových parách – generuje záření o dostatečně krátké vlnové délce, aby jej pomocí vhodného luminoforu bylo možno proměnit na záření všech ostatních potřebných délek, které dohromady vytvoří bílou barvu. Dnes již jsou komerčně dostupné LED s hodnotou $R_a = 94$. Jako obvykle platí čím vyšší R_a , tím nižší účinnost.

LED zdroje mají obvykle velmi dlouhou životnost, musí však být dobře chlazeny. Na rozdíl od jiných zdrojů světla se nemohou chladit vyzařováním tepla, a proto musí být ztrátové teplo odvedeno vhodným chladičem. Výrobci obvykle udávají, že teplota LED čipu by rozhodně neměla překročit 90 až 110 °C. Obecně platí, že vyšší teploty snižují svítivost a zkracují životnost. Efektivnost LED je velmi závislá na teplotě p-n přechodu, a proto není vhodné využívat maximální výrobcem povolený proud a tomu odpovídající teplotu p-n přechodu.

Tabulka světelných účinností běžných zdrojů světla

Světelný zdroj	K [lm/W]
Svíčka	0,15 až 0,3
Klasická žárovka	9 až 14
Halogenová žárovka křemíková	24
Kompaktní zářivka	45 až 60
Klasická zářivka bílá	50 až 100
LED bílá	55 až 170
Vysokotlaká sodíková výbojka	150
Nízkotlaká sodíková výbojka	183

8 SPECIFICKÉ POŽADAVKY NA TEPELNÉ IZOLACE BUDOV

Pro posuzování budov je nutné si uvědomit vlastnosti prostředí, na které se navrhuje energeticky úsporná opatření.

Při navrhování konstrukcí se pracuje s návrhovými hodnotami, tedy minimální teplota v zimním období v exteriéru, teplota vytápění v interiéru, popřípadě v letním období denní maximum či denní průměry v exteriéru a upravované prostředí v interiéru. Je však nutné si uvědomit, že toto jsou NÁVRHOVÉ hodnoty, reálný stav je tedy zcela jiný.

Nejprve o jaké parametry se může jednat:

Návrhové hodnoty parametrů vzduchu

	interiér - zima	exteriér - zima	interiér - léto
teplota [°C]	20	-15	25
relativní vlhkost vzduchu [%]	50	84	58
částečný tlak vodní páry [Pa]	1169	139	1851
absolutní vlhkost vzduchu [g/m ³]	8,65	1,2	13,5
koncentrace oxidu uhličitého (CO ₂) [ppm]	1500	cca 400	cca 400

Při pohledu na uvedenou tabulku je okamžitě jasné, že pokud existuje rozptýl ve vnějším prostředí, musí nastat i ve vnitřním. Je poměrně zásadní si toto uvědomit, neboť není možné změřit v interiéru např. relativní vlhkost vzduchu a předpokládat, že pokud nemá návrhovou hodnotu, je dům špatně větraný či užívaný.

Dále je potřeba si uvědomit, že parametry budovy, tak jak je obvykle vnímáme, jsou pro obytné budovy, ale pokud jde o jiný účel budov, mohou nás obvyklé děje zaskočit, protože probíhají jinak.

Chladírny a mrazírny

Tyto budovy mají povětšinu roku „obrácený“ spád, tedy v interiéru je chladnější povrch než v exteriéru. Tomu musí odpovídat konstrukce i způsoby úprav. Např. parotěsná zábrana se zde musí dát na vnější povrch, neboť zde je vyšší částečný tlak vodní páry.

Velmi vlhké provozy (bazény, myčky, vodojemy, vodní lázně...)

U těchto provozů je nutné respektovat vysokou relativní vlhkost vzduchu a tomu je nutné podřídit konstrukce. Velmi často zde obvyklá řešení nefungují, ale je nutné použít jiná řešení. Např. pokud tyto provozy mají ploché střechy, velmi často ani masivní parozábrana nedokáže zabránit průniku vodní páry do konstrukce s následně vyvolanými problémy. Zde je nutné konstrukci správně posoudit a navrhnout vhodné řešení (např. použít jako tepelnou izolaci pěnové sklo, které vytváří velmi účinnou parozábranu).

Základem je vhodný návrh stavebních konstrukcí a vhodný způsob větrání. Toto dokáže eliminovat instalaci energeticky náročných vysoušečů vzduchu.

Místnosti s vysokou relativní vlhkostí a nízkou teplotou (např. sklady potravin)

Návrh tepelných izolací tohoto typu místností musí vycházet ze znalostí konkrétních podmínek a požadavků, obvykle jsou tepelné izolace těchto místností podceňovány, což často vede k povrchové kondenzaci s následnými problémy. Ty se mnohdy řeší vysoušeči vzduchu, které jsou energeticky náročné.

9 TERMovIZE

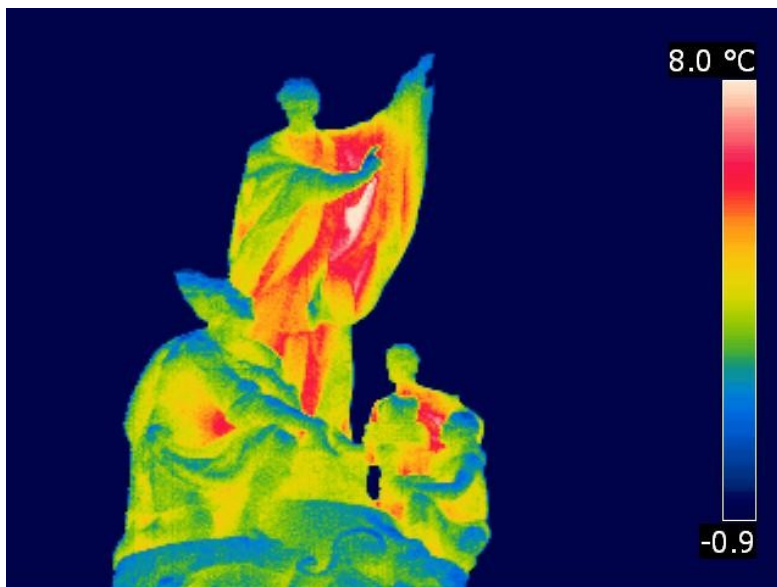
Termovize je v poslední době velmi obvyklé zařízení, které efektně vizualizuje detekované emitované tepelné záření.

Mimo profesionálních kamer jsou k dispozici i různé menší termovize, např. přídatná zařízení k mobilnímu telefonu, malé kamery schopné být připevněné na drony apod. I tyto malé kamery mají překvapivě velké rozlišení, např. nástavec pro mobily stojí 200 dolarů a má rozlišení 120 x 160 bodů. To představuje rozlišení termokamer, které se před 10 lety prodávaly v ceně několik statisíců korun. Tato dostupnost dává mnoho možností použití a proto je velmi žádoucí, aby minimálně odborníci věděli, kde jsou hranice termovize a co vlastně termogramy zobrazují.

Rozdíl proti viditelnému spektru

Pokud se na cokoli díváme, zajímá nás vzhled předmětu, tedy jakou vlnovou délku předmět odráží. Dle toho se nám jeví některé předměty jako červené, modré, bílé... U termovize však potřebujeme jinou informaci, a tou je teplota předmětu, nikoliv jaké záření odráží či vyzařuje. Velmi klamavé na tom je, že termogramy **vizualizují emitované tepelné záření**. Neukazují tedy teplotu předmětu.

Klamání obrazu lze velmi jednoduše demonstrovat na následujícím termogramu. Na termogramu je socha na Karlově mostě v Praze. Zcela jistě nemá tak rozdílnou teplotu, jak ukazuje termogram. Avšak termogram snímá i odraženou teplotu, jinou emisivitu má povrch, kde je usazen prach.



Při vyhodnocování termogramů je nutné zvážit všechny okolnosti, které mohou mít na výsledný termogram vliv. Může to být:

- emisivita materiálu
- směrovost emisivity
- odražená teplota
- neodrážející se teplota (např. tzv. studené vesmírné sálání)
- malá rozlišení termokamery
- zdroj emitovaného tepla (znamená např. teplá stěny, že je za ní zdroj tepla, nebo byl u ní teplý předmět, který ji ohřál?)
- nastavení barevné palety termogramu vč. nastavení minimální a maximální teploty
- tepelný odpor při přestupu tepla
- rychlost a směr proudícího vzduchu (i např. za bezvětří vzduch ohřátý od fasády, který stoupá nahoru).

Je nutné si uvědomit a zažít, co termovize nedělá, ačkoliv nás k tomu termogramy i různé programy dodavatelů kamer směřují:

Termovize NEMĚŘÍ teplotu.

Termovize NEUKAZUJE tepelné ztráty.

Termovize NEUKAZUJE (s)potřebu tepla na vytápění.

Termovize NEUKAZUJE tepelné odpory nebo součinitele prostupu tepla.

Termovize NEODHALUJE možný výskyt plísni.

Termovize NEUKAZUJE oblasti kondenzace vodní páry.

Termovize NEKVANTIFIKUJE tepelný tok.

Termovize NEUKAZUJE tepelné mosty.

Termovize NEPROKAZUJE kvalitu konstrukce.

Toto všechno jsou závěry, které dělá člověk, protože se domnívá, že termovize pracuje obdobným způsobem jako klasický fotoaparát, pouze v tepelném spektru, které člověk nevidí. Je to dáno mimo jiné tím, že člověk má zkušenost s vnímáním barev, které považuje za jednoznačné a neměnné na dalších podmínkách.

Za všech těchto důvodů je bezpodmínečně nutné, aby termovizi používal člověk s dostatečným odborným vzděláním a aby rovnou na místě při měření zkoumal teplotní anomálie a příčinu jejich vzniku.

10 NĚKTERÉ POUŽITÉ ZNAČKY

Značka	Název veličiny	Jednotka
A	Plocha	m^2
A/V	Faktor tvaru budovy; geometrická charakteristika budovy	$m^2/m^3; 1/m$
A_e	Plocha venkovních konstrukcí	m^2
b_1	Činitel teplotní redukce	(-)
c	Měrná tepelná kapacita (Udává, kolik tepla v J je třeba dodat 1 kg látky, aby se ohřála o 1°C)	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
c_d	Měrná tepelná kapacita v suchém stavu	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
c_{vzd}	Měrná tepelná kapacita vzduchu: přibližně $c_{\text{vzd}} = 1300$	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
d	Tloušťka	m
D	Denostupně	$\text{K}\cdot\text{den}$
e_V	Měrná potřeba tepla na vytápění	$\text{kWh}/m^3, a$
e_{VN}	Požadovaná měrná potřeba tepla na vytápění	$\text{kWh}/m^3, a$
E	Celoroční (s)potřeba energie na vytápění	kWh/a
f_{Rsi}	Teplotní faktor vnitřního povrchu = $(\theta_{\text{si}} - \theta_e)/(\theta_{\text{ai}} - \theta_e) = 1 - (\theta_{\text{ai}} - \theta_{\text{si}})/(\theta_{\text{ai}} - \theta_e)$	(-)
$f_{\text{Rsi},N}$	Požadovaný teplotní faktor vnitřního povrchu	(-)
g_c	Zkondenzované množství vodní páry	$\text{kg}/(m^2\cdot s)$
g_{ev}	Vypařené množství vodní páry	$\text{kg}/(m^2\cdot s)$
H_T	Měrná ztráta prostupem tepla (celková)	W/K
H_U	Měrná ztráta prostupem tepla nevytápěnými prostory (mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím)	W/K
i_{LV}	Součinitel spárové průvzdušnosti	$m^3/(s\cdot m\cdot Pa^{0,67})$
ℓ	Délka	m
L	Tepelná propustnost	W/K
L	Plošná tepelná propustnost	$\text{W}/(m^2\cdot K)$
L_D	Tepelná propustnost obvodového pláště mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím)	W/K
L_S	Ustálená tepelná propustnost zeminou mezi vnitřním prostorem a venkovním prostředím	W/K

Značka	Název veličiny	Jednotka
L^{2D}	Tepelná propustnost stanovená výpočtem dvojrozměrného teplotního pole - 2D výpočtem	W/KW/(m ² ·K)
L^{3D}	Tepelná propustnost stanovená výpočtem trojrozměrného teplotního pole - 3D výpočtem	W/K;W/(m ² ·K)
n	Intenzita přirozené výměny vzduchu v místnosti (Toto číslo udává, kolikrát za hodinu se vymění vzduch v místnosti.)	1/h;m ³ /(m ³ ·h)
n_{50}	Intenzita výměny vzduchu budovy při přetlaku 50 Pa	1/h;m ³ /(m ³ ·h)
p_v	Částečný tlak vodní páry	Pa
p_{vi}	Částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu	Pa
p_{ve}	Částečný tlak vodní páry venkovního vzduchu	Pa
$p_{v,sat}$	Částečný tlak nasycené vodní páry	Pa
$p_{vg} p_{v,cav}$	Částečný tlak nasycené vodní páry ve vzduchové dutině, vrstvě	Pa
p_a	Atmosférický tlak	Pa
p_0	Referenční (normální) atmosférický tlak	Pa
q_c	Celková tepelná charakteristika budovy	W/(m ³ ·K)
Q_h	Potřeba tepla na vytápění	Wh
Q	Tepelný tok	W/K
R	Tepelný odpor vrstvy, konstrukce	m ² ·K/W
R_l	Lineární tepelný odpor	m ² ·K/W
R_{si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	m ² ·K/W
R_{se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	m ² ·K/W
R_T	Odpor konstrukce při prostupu tepla	m ² ·K/W
t	Čas	s
$U_T; U$	Součinitel prostupu tepla; U – hodnota. (Udává, kolik energie ve W prostoupí konstrukcí. Je to převrácená hodnota R_T .)	W/(m ² ·K)
U_c	Celkový součinitel prostupu tepla; celková U - hodnota	W/(m ² ·K)
U_f	Součinitel prostupu tepla rámu	W/(m ² ·K)
U_g	Součinitel prostupu tepla zasklení	W/(m ² ·K)
U_N	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	W/(m ² ·K)
U_w	Součinitel prostupu tepla okna	W/(m ² ·K)
U_{em}	Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy;	W/(m ² ·K)

Značka	Název veličiny	Jednotka
	Průměrná U - hodnota obálky budovy	
U_{rec}	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla	W/(m ² ·K)
ΔU	Korekční součinitel prostupu tepla (korekční člen)	W/(m ² ·K)
V	Objem; obestavěný prostor budovy, vytápěné zóny	m ³
ε	Emisivita; vyzařování	(-)
θ	Celsiova teplota	°C
θ_{ae}	Teplota venkovního vzduchu	°C
θ_{ai}	Teplota vnitřního vzduchu	°C
θ_{e}	Návrhová teplota venkovního vzduchu	°C
θ_{im}	Návrhová teplota vnitřního vzduchu	°C
$\theta_{\text{si,cr}}$	Kritická vnitřní povrchová teplota	°C
$\theta_{\text{si,N}}$	Požadovaná nejnižší vnitřní povrchová teplota	°C
θ_{se}	Vnější povrchová teplota konstrukce	°C
θ_{si}	Vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C
θ_{sim}	Průměrná vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C
$\Delta\theta_{\text{si}}$	Bezpečnostní přírážka k nejnižší požadované vnitřní povrchové teplotě	°C
θ_{w}	Teplota rosného bodu	°C
Δ	Rozdíl	-
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
λ_{10}	Naměřený součinitel tepelné vodivosti při střední teplotě 10° C	W/(m·K)
$\lambda_{\text{d}} (\lambda_{\text{dry}})$	Součinitel tepelné vodivosti v suchém stavu	W/(m·K)
λ_{D}	Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti v suchém stavu	W/(m·K)
λ_{ev}	Ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
λ_{k}	Charakteristický součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
λ_{n}	Normový součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
λ_{R}	Výpočtový součinitel tepelné vodivosti podle DIN 4108	W/(m·K)
λ_{u}	Výpočtový součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
μ	Faktor difuzního odporu	(-)
μ_{n}	Normová hodnota faktoru difuzního odporu	(-)

**Učebnice specialisty – Energetický audit
a energetický posudek**
Roman Šubrt a kolektiv



Značka	Název veličiny	Jednotka
ρ	Objemová hmotnost v definovaném stavu vlhkosti	kg/m^3
φ_a	Relativní vlhkost vzduchu	%
φ_e	Relativní vlhkost venkovního vzduchu	%
φ_i	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	%
$\varphi_{si,cr}$	Kritická relativní vlhkost	%
χ	Bodový činitel prostupu tepla	W/K
ψ	Lineární činitel prostupu tepla	W/(m·K)



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