

VÝPOČETNÍ POSTUP PRO EA A ENERGETICKÝ PRŮKAZ PRO BUDOVY V ČÁSTI VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TEPLÉ VODY PODLE EN

STÚ-E, a.s.

Stavebně technický ústav - Energetika budov, a.s.

Název: **VÝPOČETNÍ POSTUP PRO EA A ENERGETICKÝ PRŮKAZ PRO BUDOVY V ČÁSTI VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TEPLÉ VODY PODLE EN**

STÚ-E, a.s. Stavebně technický ústav - Energetika budov, a.s.

Washingtonova 25, 110 00 Praha 1

zodpovědný řešitel : **Ing. Karel Mrázek**

spolupráce: **Ing. Alena Horáková**

tel.: +420 221 674 607
fax.: +420 224 210 497
e mail: mrazek@stu-e.cz; info@stu-e.cz

oponent: **ing. František Plecháč**

redakčně upravil: **ing. Pavel Mach**

ANOTACE

Náplní publikace je stanovení hodnotových parametrů a výpočetního postupu pro ocenění energetické náročnosti budovy pro vytápění a přípravu teplé vody. Na příkladu budovy je navržen postup použitelný při zpracování energetického auditu (EA) i budoucího energetického průkazu. Výstupem je spotřeba prvotní energie při zahrnutí energetických ztrát, pomocné energie a využitelné energie.

Při posuzování budov podle Směrnice o energetické náročnosti budov č. 2002/91/EC je významnou částí zpracování energetického ocenění stavební konstrukce a technického zařízení (TZB) např. formou energetického průkazu. Vzhledem k tomu, že směrnice se má naplňovat užitím EN norem, publikace formuluje postup výpočtu energetických ztrát a potřeby pomocné energie při vytápění a ohřevu teplé vody definovanými EN normami či z nich odvozenými. Na příkladě budovy je zpracováno ocenění její energetické náročnosti jak pro stavební část, tak i pro technická zařízení budov.

Pro řešení byly použity EN a dokumenty:

- prEN 15316-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 1: Obecná;
- prEN 15316-2-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-1: Část sdílení tepla pro vytápění
- prEN 15316-2-3 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-3: Část rozvody pro vytápění;
- prEN 15316-3-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody);
- pr EN 15316-3-2 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-2: Soustavy teplé vody, část rozvody.

Dále byly využity poznatky z již zavedených národních legislativ a ověřovacího užití energetického průkazu v SRN, např.:

- DIN V 4701-10 Stanovení charakteristické hodnoty pro energetické ocenění tepelných a vzduchotechnických zařízení
- DIN V 18599 Energetické ocenění budov, část 1 až 10

Publikace je zpracována v členění:

- Úvod.
- Vybrané pojmy
- Budovy a soustavy TZB pro navržení výpočetního postupu pro certifikaci budov a jejich stávající posuzování
- Vytápění. Pro typická zapojení otopných soustav a soustav jsou definovány charakteristické parametry a navrženy výpočetní postup pro stanovení energetických ztrát, pomocné energie a využitelné části energie z energetických ztrát a pomocné energie
- Příprava TV. Pro typická zapojení soustav pro přípravu teplé vody jsou definovány charakteristické parametry a navrženy výpočetní postupy pro stanovení energetických ztrát, pomocné energie a využitelné části energie z energetických ztrát a pomocné energie
- Vzorový postup pro certifikaci budovy. Potřeba tepla je stanovena podle ČSN EN 13790 a EN pro vytápění a přípravu TV.
- Přehled připravovaných EN pro vytápění a přípravu TV.

Publikace je určena pro energetické auditory a odborníky, kteří budou certifikovat budovy energetickým průkazem, pro poradenská střediska EKIS ČEA, pro energetické konzultanty, státní a místní správu, projektanty a podnikatele.

1	ÚVOD	1
2	VYBRANÉ POJMY	4
2.1	ZNAČKY A JEDNOTKY	5
2.2	INDEXY	8
3	BUDOVY A SOUSTAVY TZB PRO NAVRŽENÍ VÝPOČETNÍHO POSTUPU PRO CERTIFIKACI BUDOV A JEJICH STÁVAJÍCÍ POSUZOVÁNÍ	11
3.1	STÁVAJÍCÍ POSUZOVÁNÍ NEJROZŠÍŘENĚJŠÍCH BUDOV	12
3.1.1	<i>Stávající budovy</i>	12
3.1.2	<i>Vytápění</i>	12
3.1.2.1	Příprava teplé vody	15
3.1.2.2	Větrání	16
3.1.2.3	Osvětlení a elektrické rozvody	16
3.1.2.4	Možná úspora elektřiny v bytech	17
3.1.2.5	Závěr k možnosti úspor elektřiny v existujících budovách pro bydlení	17
3.1.3	<i>Nové budovy</i>	18
3.1.3.1	Vytápění	18
3.1.3.2	Příprava TV	21
3.1.3.3	Větrání	22
3.1.3.4	Elektřina	22
3.1.3.4.1	Možná úspora elektřiny ve společných prostorách bytových domů	22
3.1.3.4.2	Možná úspora elektřiny v bytech	23
3.2	ZÁVĚR	23
4	ENERGETICKÁ CERTIFIKACE BUDOVY PODLE VÝPOČTOVÉ METODY PRO STANOVENÍ ENERGETICKÝCH POTŘEB A ÚČINNOSTÍ SOUSTAV - ČÁST 1 OBECNÁ – prEN 15316-1. ÚLOHA ČSN EN 12831, ČSN EN ISO 13790	24
4.1	VÝPOČTOVÁ METODA PRO STANOVENÍ ENERGETICKÝCH POTŘEB A ÚČINNOSTÍ SOUSTAV - ČÁST 1 OBECNÁ – prEN 15316-1	26
4.1.1	<i>Princip metody</i>	27
4.1.1.1	Prvotní energie	27
4.1.1.2	Konečná energie požadovaná na vytápění	28
4.1.1.3	Konečná energie požadovaná soustavou teplé vody	29
4.1.1.4	Pomocná energie	29
4.1.1.5	Využitelné a využitě tepelné ztráty	29
4.1.1.6	Potřeba tepla pro vytápění	29
4.1.1.7	Potřeba tepla pro teplou vodu	30
4.1.1.8	Tepelné ztráty z vytápěcí soustavy	31
4.1.1.9	Tepelné ztráty ze soustavy teplé vody	32
4.1.1.10	Výpočtová doba	33
4.1.1.11	Prostorové rozdělení vytápěcí soustavy a soustavy teplé vody	33
4.1.1.12	Náročnost vytápěcí soustavy a soustavy teplé vody	33
4.1.2	<i>Energetický výpočet pro vytápění a teplou vodu</i>	34
4.1.2.1	Energetické ztráty z vytápěcí soustavy	34
4.1.2.2	Energetické ztráty ze soustavy teplé vody	35
4.1.2.3	Dělení a/nebo větvení vytápěcí soustavy	37
4.1.2.4	Zjednodušené a podrobné metody pro výpočet celkové ztráty soustavy	37
4.2	PŘÍKLAD DÍLČÍ ČÁSTI SOUSTAVY - DÍLČÍ ČÁST SDÍLENÍ TEPLA	38
4.2.1	<i>Obecně</i>	38
4.2.2	<i>Základní energetická rovnováha dílčí části soustavy</i>	40
4.2.3	<i>Účinnost užití prvotní energie v dílčí části soustavy - celkový přístup</i>	40
4.2.4	<i>Účinnost užití prvotní energie v dílčí části soustavy - individuální přístup</i>	41
4.2.5	<i>Činitel potřeby energie dílčí části soustavy</i>	41
4.2.6	<i>Další činitelé náročnosti pro dílčí soustavu</i>	41
5	VYTÁPĚNÍ	43
5.1	DEFINICE	44

5.2	prEN 15316-2-1 TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 2-1: ČÁST SDÍLENÍ TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ	45
5.2.1	<i>Princip metody</i>	46
5.2.1.1	Výpočet prvotní energie	46
5.2.1.2	Teplo požadované pro část sdílení tepla	47
5.2.1.3	Pomocná energie W_{em}	48
5.2.1.4	Obnovitelné (využitelné) tepelné ztráty $Q_{rh,em}$ a neobnovitelné (nevyužitelné) tepelné ztráty $Q_{nr,em}$	48
5.2.1.5	Potřeba tepla pro vytápění, tepelná náročnost budovy Q_h	48
5.2.1.6	Tepelné ztráty $Q_{l,em}$	49
5.2.1.7	Výpočtová období	49
5.2.1.8	Prostorové rozdělení vytápěcí soustavy	49
5.2.1.9	Účinnost soustavy sdílení tepla	49
5.2.2	<i>Výpočet energie pro část sdílení tepla</i>	49
5.2.2.1	Nestejněměrné rozložení teploty	49
5.2.2.1.1	Obecný přístup při výpočtu energetických ztrát způsobených nestejněměrným rozložením teploty (výpočet úrovně D)	49
5.2.2.1.2	Použití tabulkových hodnot účinnosti pro nestejněměrné rozložení teploty (výpočet úrovně B)	51
5.2.2.1.2.1	Příklady hodnot účinnosti části sdílení tepla	51
5.2.2.1.3	Použití tabulkových hodnot pro ekvivalentní zvýšení vnitřní teploty způsobené nestejněměrným rozložením teploty (výpočet úrovně B)	52
5.2.2.1.3.1	Příklady hodnot ekvivalentního zvýšení vnitřní teploty $\Delta\theta_i$ u různých typů zdrojů sálání	53
5.2.2.2	Tepelné ztráty zabudovaného zařízení pro velkoplošné vytápění způsobené dodatečným přenosem na vnější stan	56
5.2.2.3	Regulace vnitřní teploty	58
5.2.2.3.1	Obecný přístup	58
5.2.2.3.2	Metoda využívající účinnost regulace $\eta_{c,em}$ (výpočet úrovně B)	58
5.2.2.3.2.1	Příklady hodnot $\eta_{c,em}$	58
5.2.2.3.3	Metoda využívající činitel energetické náročnosti (výpočet úrovně B)	59
5.2.2.3.3.1	Příklady činitelů energetické náročnosti u různých zdrojů sálání	60
5.2.2.3.3.1.1	Činitel energetické náročnosti podle DIN V 4701-10	60
5.2.2.3.3.1.2	Činitel energetické náročnosti podle VDI 2067-20	61
5.2.2.3.3.1.2.1	Činitel energetické náročnosti pro otopná tělesa	63
5.2.2.3.3.1.2.2	Činitel pro integrované otopné plochy (různá velkoplošná vytápění, např. podlahové)	70
5.2.2.3.3.1.2.3	Korekce $\Delta\epsilon_i$ pro činitele, které mají jiné okrajové podmínky a nejsou zahrnuty v grafech uvedených v diagramech pro otopná tělesa a podlahové vytápění	72
5.2.2.3.4	Metoda využívající ekvivalentní zvýšení vnitřní teploty (výpočet úrovně B)	74
5.2.2.4	Pomocná energie W_e	74
5.3	prEN 15316-2-3 TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 2-3: ČÁST ROZVODY PRO VYTÁPĚNÍ	75
5.3.1	<i>Potřeba elektrické energie – Potřeba pomocné energie</i>	76
5.3.1.1	Hydraulický výkon	76
5.3.1.2	Detailní výpočtová metoda	77
5.3.1.2.1	Vstupní/výstupní údaje	77
5.3.1.2.2	Výpočtová metoda	78
5.3.1.2.3	Korekční činitelé	79
5.3.1.2.3.1	Korekční činitel pro regulaci teploty průtoku f_V	79
5.3.1.2.3.2	Korekční činitel pro hydraulické sítě f_{Sch}	79
5.3.1.2.3.3	Korekční činitel pro dimenzování otopné plochy, f_A	80
5.3.1.2.3.4	Činitel energetické potřeby	80
5.3.1.2.3.5	Korekční činitel pro účinnost f_η	80
5.3.1.2.3.6	Korekční činitel pro částečné zatížení f_{TL}	82
5.3.1.2.3.7	Korekční činitel pro volbu návrhového bodu f_{Austl}	83
5.3.1.2.3.8	Korekční činitel pro regulaci f_R	83
5.3.1.2.4	Přerušovaný provoz	83
5.3.1.3	Odchyly od detailní výpočtové metody	85
5.3.1.4	Měsíční potřeba energie	86
5.3.1.5	Zjednodušená výpočtová metoda	86
5.3.1.5.1	Vstupní -/ výstupní údaje	86
5.3.1.5.2	Výpočtová metoda	87
5.3.1.5.3	Korekční činitelé	88
5.3.1.5.3.1	Korekční činitel pro hydraulické sítě, f_{Sch}	88
5.3.1.5.3.2	Korekční činitel pro hydraulickou bilanci f_{Abgl}	88
5.3.1.5.4	Koeficient energetické potřeby	89
5.3.1.5.5	Přerušovaný provoz	90

5.3.1.6	Tabulková výpočtová metoda.....	90
5.3.1.7	Využitelná energie.....	90
5.3.2	<i>Sdílení tepla z rozvodů</i>	91
5.3.2.1	Všeobecně.....	91
5.3.2.2	Detailní výpočtová metoda.....	91
5.3.2.2.1	Vstupní / výstupní údaje.....	91
5.3.2.2.2	Výpočtová metoda.....	91
5.3.2.2.3	Sdílení tepla z příslušenství.....	93
5.3.2.2.4	Využitelné a nevyužitelné sdílení tepla.....	93
5.3.2.2.5	Celkové sdílení tepla.....	93
5.3.2.3	Výpočet hodnot U vztažených k délce (W/mK).....	93
5.3.2.4	Zjednodušená výpočtová metoda.....	94
5.3.2.4.1	Vstupní / výstupní údaje.....	94
5.3.2.4.2	Přibližný odhad (aproximace) délky trubek rozvodů v zóně.....	94
5.3.2.4.3	Přibližný odhad (aproximace) hodnot U.....	95
5.3.2.5	Tabulková výpočtová metoda.....	96
5.3.3	<i>Výpočet středního zatížení rozvodu připadajícího na zónu</i>	96
5.3.4	<i>Výpočet teploty přívodního a vratného média v závislosti na středním zatížení okruhu otopné soustavy</i>	97
5.3.5	<i>Podpůrné údaje a příklady užití</i>	98
5.3.5.1	Tabulkový výpočet roční potřeby pomocné elektrické energie.....	98
5.3.5.2	Tabulkový výpočet ročního sdílení tepla z rozvodů.....	100
5.3.5.3	Příklad 1.....	101
5.3.5.4	Příklad 2.....	102
6	SOUSTAVY PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY (TV).....	104
6.1	prEN 15316-3-2 METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 3-1: SOUSTAVY TEPLÉ VODY, CHARAKTERISTIKY POTŘEB (POŽADAVKY NA ODBĚR VODY).....	105
6.1.1	<i>Princip metody</i>	105
6.1.1.1	Celková tepelná energie požadovaná soustavou teplé užitkové vody.....	105
6.1.1.1.1	Množství a žádaná teplota teplé vody požadované uživatelem.....	105
6.1.1.1.2	Charakteristika soustavy teplé vody.....	106
6.1.1.1.2.1	Jedna zóna a jedna soustava.....	107
6.1.1.1.2.2	Jedna zóna a několik soustav.....	107
6.1.1.1.2.3	Několik zón s jednou soustavou.....	107
6.1.1.2	Výpočty tepelné energie.....	107
6.1.1.2.1	Dílčí soustavy teplé vody.....	107
6.1.1.2.2	Ztráty soustavy teplé vody.....	109
6.1.1.2.3	Výpočetní období.....	110
6.1.1.3	Využitelné a využití tepelné ztráty.....	110
6.1.1.4	Celková pomocná energie požadovaná soustavou teplé vody.....	111
6.1.2	<i>Metoda výpočtu potřeby teplé vody u různých instalací</i>	111
6.1.2.1	Teplo dodávané teplé vody stanovené z požadovaného objemu.....	112
6.1.2.1.1	Teplota dodávané teplé vody.....	112
6.1.2.1.2	Požadovaný objem teplé vody.....	112
6.1.2.2	Energie dodávané teplé vody založená přímo na podlahové ploše.....	114
6.1.2.3	Tabulkové potřeby energie u dodávané teplé vody.....	114
6.1.2.4	Časová období.....	115
6.2	prEN 15316-3-2 METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 3-2: SOUSTAVY TEPLÉ VODY, ČÁST ROZVODY.....	115
6.2.1	<i>Tepelné ztráty v rozvodu</i>	115
6.2.2	<i>Tepelné ztráty v rozvodném potrubí</i>	115
6.2.2.1	Všeobecně.....	115
6.2.2.2	Sdílení tepla z potrubí na základě obytné plochy.....	116
6.2.2.2.1	Příklad výpočtu.....	116
6.2.2.3	Sdílení tepla z potrubí na základě délek potrubí pro dodávku teplé vody.....	117
6.2.2.3.1	Jednoduchá výpočtová metoda.....	117
6.2.2.3.1.1	Výpočet.....	117
6.2.2.3.2	Metoda tabulkových údajů.....	118
6.2.2.3.2.1	Příklad užití metody tabulkových údajů.....	118
6.2.2.4	Sdílení tepla z potrubí podle profilů odběrů teplé vody.....	119
6.2.2.4.1	Příklad užití metody podle profilů odběrů teplé vody.....	119
6.2.2.5	Sdílení tepla z potrubí stanovené detailní výpočtovou metodou.....	121

6.2.2.5.1	Příklad užití detailní výpočtová metoda	121
6.2.2.5.1.1	Stanovení délky potrubních částí	121
6.2.2.5.1.2	Stanovení součinitelů prostupu tepla	123
6.2.2.5.1.2.1	Neizolované potrubí, které je vystaveno vnějším vlivům	123
6.2.2.5.1.2.2	Neizolované potrubí pod omítkou	123
6.2.2.5.1.2.3	Izolované potrubí	123
6.2.2.5.1.2.4	Tabulková metoda pro výpočet součinitele prostupu tepla	125
6.2.2.5.1.3	Stanovení průměrné teploty okolního prostředí	125
6.2.2.5.1.4	Stanovení průměrné teploty potrubního úseku	126
6.2.2.6	Tepelné ztráty ze společného rozvodu teplé vody (s cirkulací)	126
6.2.2.6.1	Sdílení tepla z cirkulačního okruhu podle délky potrubí	126
6.2.2.6.2	Sdílení tepla z cirkulačního okruhu podle výpočtové metody	126
6.2.2.6.3	Dodatečné sdílení tepla z cirkulačního okruhu během období bez cirkulace	127
6.2.2.6.4	Odběrná místa uživatele	127
6.2.2.6.4.1	Výpočet tepelné ztráty ze spotřebitelských výtokových armatur (odběrných míst uživatele)	127
6.2.2.7	Pomocná energie	129
6.2.2.7.1	Pomocná energie použitá pro přehřívání vody v rozvodu	129
6.2.2.7.2	Pomocná energie pro pohon čerpadel	130
6.2.2.7.2.1	Zjednodušená metoda	130
6.2.2.7.2.2	Detailní výpočtová metoda	130
6.2.2.7.2.2.1	Užití detailní výpočtové metody	130
6.2.2.8	Využitelné, využitě a nevyužitelné tepelné ztráty	133
6	SOUSTAVY PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY (TV).....	104
6.1	PREN 15316-3-2 METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 3-1: SOUSTAVY TEPLÉ VODY, CHARAKTERISTIKY POTŘEB (POŽADAVKY NA ODBĚR VODY) 105	
6.1.1	<i>Princip metody</i>	105
6.1.1.1	Celková tepelná energie požadovaná soustavou teplé vody	105
6.1.1.1.1	Množství a žádaná teplota teplé vody požadované uživatelem	105
6.1.1.1.2	Charakteristika soustavy teplé vody	106
6.1.1.1.2.1	Jedna zóna a jedna soustava	107
6.1.1.1.2.2	Jedna zóna a několik soustav	107
6.1.1.1.2.3	Několik zón s jednou soustavou	107
6.1.1.2	Výpočty tepelné energie	107
6.1.1.2.1	Dílčí soustavy teplé vody	107
6.1.1.2.2	Ztráty soustavy teplé vody	109
6.1.1.2.3	Výpočetní období	110
6.1.1.3	Využitelné a využitě tepelné ztráty	110
6.1.1.4	Celková pomocná energie požadovaná soustavou teplé vody	111
6.1.2	<i>Metoda výpočtu potřeby teplé vody u různých instalací</i>	111
6.1.2.1	Teplo dodávané teplé vody stanovené z požadovaného objemu	112
6.1.2.1.1	Teplota dodávané teplé vody	112
6.1.2.1.2	Požadovaný objem teplé vody	112
6.1.2.2	Energie dodávané teplé vody založená přímo na podlahové ploše	114
6.1.2.3	Tabulkové potřeby energie u dodávané teplé vody	114
6.1.2.4	Časová období	115
6.2	PREN 15316-3-2 METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 3-2: SOUSTAVY TEPLÉ VODY, ČÁST ROZVODY	115
6.2.1	<i>Tepelné ztráty v rozvodu</i>	115
6.2.2	<i>Tepelné ztráty v rozvodném potrubí</i>	115
6.2.2.1	Všeobecně	115
6.2.2.2	Sdílení tepla z potrubí na základě obytné plochy	116
6.2.2.2.1	Příklad výpočtu	116
6.2.2.3	Sdílení tepla z potrubí na základě délek potrubí pro dodávku teplé vody	117
6.2.2.3.1	Jednoduchá výpočtová metoda	117
6.2.2.3.1.1	Výpočet	117
6.2.2.3.2	Metoda tabulkových údajů	118
6.2.2.3.2.1	Příklad užití metody tabulkových údajů	118
6.2.2.4	Sdílení tepla z potrubí podle profilů odběrů teplé vody	119
6.2.2.4.1	Příklad užití metody podle profilů odběrů teplé vody	119
6.2.2.5	Sdílení tepla z potrubí stanovené detailní výpočtovou metodou	121
6.2.2.5.1	Příklad užití detailní výpočtová metoda	121
6.2.2.5.1.1	Stanovení délky potrubních částí	121
6.2.2.5.1.2	Stanovení součinitelů prostupu tepla	123
6.2.2.5.1.2.1	Neizolované potrubí, které je vystaveno vnějším vlivům	123

6.2.2.5.1.2.2	Neizolované potrubí pod omítkou	123
6.2.2.5.1.2.3	Izolované potrubí	123
6.2.2.5.1.2.4	Tabulková metoda pro výpočet součinitele prostupu tepla	125
6.2.2.5.1.3	Stanovení průměrné teploty okolního prostředí	125
6.2.2.5.1.4	Stanovení průměrné teploty potrubního úseku	126
6.2.2.6	Tepelné ztráty ze společného rozvodu teplé vody (s cirkulací)	126
6.2.2.6.1	Sdílení tepla z cirkulačního okruhu podle délky potrubí	126
6.2.2.6.2	Sdílení tepla z cirkulačního okruhu podle výpočtové metody	126
6.2.2.6.3	Dodatečné sdílení tepla z cirkulačního okruhu během období bez cirkulace	127
6.2.2.6.4	Odběrná místa uživatele	127
6.2.2.6.4.1	Výpočet tepelné ztráty ze spotřebitelských výtokových armatur (odběrných míst uživatele)	127
6.2.2.7	Pomocná energie	129
6.2.2.7.1	Pomocná energie použitá pro přehřívání vody v rozvodu	129
6.2.2.7.2	Pomocná energie pro pohon čerpadel	130
6.2.2.7.2.1	Zjednodušená metoda	130
6.2.2.7.2.2	Detailní výpočtová metoda	130
6.2.2.7.2.2.1	Užití detailní výpočtové metody	130
6.2.2.8	Využitelné, využitě a nevyužitelné tepelné ztráty	133
7	VZOROVÝ POSTUP PRO CERTIFIKACI BUDOVY. POTŘEBA TEPLA JE STANOVENA PODLE ČSN EN 13790 A EN PRO VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV	134
7.1	POPIS VÝCHOZÍHO STAVU	135
7.1.1	Objemové řešení	135
7.1.2	Základní údaje o energetických vstupech do předmětu energetického auditu	135
7.1.2.1	Vlastní energetické zdroje	135
7.1.2.2	Rozvod energie v předmětu energetického auditu	136
7.1.3	Spotřebiče energie	136
7.1.3.1	Stavební konstrukce	136
7.1.3.1.1	Vnější stěny	136
7.1.3.1.2	Otvorové výplně	137
7.1.3.1.3	Střecha	137
7.1.3.1.4	Vnitřní konstrukce	137
7.1.3.1.5	Strop nad vnějším prostředím	138
7.1.3.1.6	Stavebně fyzikální posouzení	138
7.1.3.2	Otopná soustava a příprava teplé vody	138
7.1.3.2.1	Charakteristika otopné soustavy	138
7.1.3.2.2	Charakteristika přípravy TV	138
7.1.3.2.3	Regulace a měření	138
7.1.3.3	Charakteristika bytových jader	139
7.1.3.4	Větrání	139
7.1.3.5	Elektrické rozvody	139
7.1.3.5.1	Podklady pro hodnocení možností úspor elektřiny ve společných prostorách bytového domu	139
7.1.3.5.1.1	Podklady, které byly k dispozici	139
7.1.3.5.1.2	Podklady, které nebyly k dispozici	139
7.1.3.5.2	Posouzení stavu umělého osvětlení na veřejně přístupných komunikacích	140
7.1.4	Podklady pro výpočet potřeby tepla	141
7.1.4.1	Vstupní údaje	141
7.1.4.1.1	Původ a druh vstupních údajů	141
7.1.4.1.2	Vstupní údaje o budově	141
7.1.4.1.3	Vstupní údaje pro stanovení tepelné ztráty	148
7.1.4.1.4	Vstupní údaje pro stanovení tepelných zisků	148
7.1.4.1.5	Dynamické vlastnosti	148
7.1.4.1.6	Vstupní údaje pro výpočet potřeby energie	148
7.1.4.1.7	Klimatické údaje	149
7.1.4.1.8	Přerušované vytápění	150
7.1.4.1.8.1	Ekvivalentní vnitřní teplota	150
7.1.5	Výpočet měrné ztráty prostupem a větráním (součinitele tepelné ztráty prostupem a větráním) H_T a H_V , tepelných zisků a potřeby tepla	150
7.2	NÁVRH OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE	151
8	PŘEHLED PŘIPRAVOVANÝCH EN PRO VYTÁPĚNÍ	188

1 ÚVOD

Cílem produktu je stanovit hodnotové parametry a výpočetní postup pro ocenění energetické náročnosti budovy pro vytápění a přípravu teplé vody. Na příkladu definované budovy je navržen postup použitelný při zpracování energetického auditu (EA) i budoucího energetického průkazu. Výstupem je spotřeba primární energie při zahrnutí energetických ztrát, pomocné energie a využitelné energie.

Směrnice o energetické náročnosti budov č. 2002/91/EC (Directive 2002/91/EC of the European Parliament and the Council of 16/12/2002 on the energy performance of buildings) je zapracovávána do české legislativy. Při posuzování budov podle této směrnice je významnou částí zpracování energetického ocenění stavební konstrukce a technického zařízení (TZB) např. formou energetického průkazu. Vzhledem k tomu, že směrnice se má naplňovat užitím EN norem (v tomto roce jsou v úrovni návrhu po připomínkách a zavedení překladem se předpokládá v letech 2008 až 2009), publikace formuluje postup výpočtu energetických ztrát a potřeby pomocné energie při vytápění a ohřevu teplé vody definovanými EN normami či z nich odvozenými. Na příkladě budovy je zpracováno ocenění její energetické náročnosti jak pro stavební část, tak i pro technická zařízení budov.

Pro řešení byly použity EN a dokumenty:

- prEN 15316-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 1: Obecná;
- prEN 15316-2-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-1: Část sdílení tepla pro vytápění
- prEN 15316-2-3 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-3: Část rozvody pro vytápění;
- prEN 15316-3-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody);
- pr EN 15316-3-2 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-2: Soustavy teplé vody, část rozvody.

Byly stanoveny skladby soustav (vytápěcí, pro teplou vodu) pro zjištění její účinnosti a míru využití spotřebované primární energie.

Dále jsou využity poznatky z již zavedených národních legislativ a ověřovacího užití energetického průkazu v SRN, např.:

- DIN V 4701-10 Stanovení charakteristické hodnoty pro energetické ocenění tepelných a vzduchotechnických zařízení
- DIN V 18599 Energetické ocenění budov, část 1 až 10
- Sestava energetického průkazu a výsledky z jeho ověřování.

Hodnoty a podklady pro definování tepelných soustav pro vytápění a přípravu teplé vody . se stanoví v souladu s evropskou legislativou:

- ☛ pro vytápění: prEN 15316-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 1: Obecná; prEN 15316-2-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-1: Část sdílení tepla pro vytápění; prEN 15316-2-3 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 2-3: Část rozvody pro vytápění;

- ☉ pro přípravu teplé vody: prEN 15316-3-1 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody); prEN 15316-3-2 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy: Část 3-2: Soustavy teplé vody, část rozvody.

Výše uvedené EN jsou po stádiu etapy 41 (oficiální připomínky členských států) a lze předpokládat jejich přijetí bez výrazných změn.

V produktu jsou definovány rozdíly mezi postupem předepisovaným EN normami a stávající legislativou a vžitými postupy pro výpočet potřeby tepla a zpracování modelu budovy pro EA a navrženy postupy v souladu s evropskou legislativou.

Je zpracován návrh postupu a metodiky výpočtu potřeby tepla a míry využití prvotní energie pro energetické audity (energetické průkazy) pro budovy.

Katalog je zpracován v členění:

- Úvod.
- Vybrané pojmy
- Budovy a soustavy TZB pro navržení výpočetního postupu pro certifikaci budov a jejich stávající posuzování
- Vytápění. Pro typická zapojení otopných soustav a soustav jsou definovány charakteristické parametry a navrženy výpočetní postup pro stanovení energetických ztrát, pomocné energie a využitelné části energie z energetických ztrát a pomocné energie
- Příprava TV. Pro typická zapojení soustav pro přípravu teplé vody jsou definovány charakteristické parametry a navrženy výpočetní postupy pro stanovení energetických ztrát, pomocné energie a využitelné části energie z energetických ztrát a pomocné energie
- Vzorový postup pro certifikaci budovy. Potřeba tepla je stanovena podle ČSN EN 13790 a EN pro vytápění a přípravu TV.
- Přehled připravovaných EN pro vytápění a přípravu TV.

Publikace je určena pro energetické auditory a odborníky, kteří budou certifikovat budovy energetickým průkazem, pro poradenská střediska EKIS ČEA, pro energetické konzultanty, státní a místní správu, projektanty a podnikatele.

2 VYBRANÉ POJMY

2.1 ZNAČKY A JEDNOTKY

Následující tabulka umožňuje rychlou orientaci a porovnání pojmů a jednotek v dotyčných EN. Vzhledem k tomu, že dokumenty na sebe navazují a výjimečně dojde ke zmatení při dvojím označení pojmu, je tabulka vhodným nástrojem pro správnou interpretaci pojmu.

Značky jsou řazeny abecedně.

Příkladem je značení teploty, kdy ve všech EN je značena θ , v EN 15316-2-3 je označena starým značením ϑ (podle praxe v SRN).

V uvedených EN se používají následující značky a jednotky a indexy:

Značka	Název veličiny	Jednotka	EN
f_q	korekční činitel pro tepelné zatížení plochy	-	15316-2-3
ρ	měrná hmotnost vody	kg/m ³	15316-3-1
\dot{V}_{\min}	minimální objemový průtok	m ³ /h	15316-2-3
\dot{Q}_N	návrhový tepelný výkon	kW	15316-2-3
\bar{m}	poměr hmotnostního průtoku v otopné ploše a hmotnostního průtoku v okruhu	%	15316-2-3
$W_{d,e}^n$	potřeba elektrické energie (tabulková)	kWh/rok	15316-2-3
\dot{V}	průtok v návrhovém bodě	m ³ /h	15316-2-3
λ	tepelná vodivost	W/mK	15316-3-2
λ	tepelná vodivost	W/mK	15316-3-1
ϕ	tepelný výkon	W	15316-3-2
ϕ	tepelný výkon	W	15316-3-1
θ	teplota ve stupních Celsia	°C	15316-3-2
θ	teplota ve stupních Celsia	°C	15316-3-1
η	účinnost	-	15316-3-2
η	účinnost	-	15316-3-1
α	časový koeficient	-	15316-2-3
ρ	měrná hustota	kg/m ³	15316-2-3
Φ	tepelný výkon	W	15316-2-1
θ	teplota ve stupních Celsia	°C	15316-2-1
η	účinnost	—	15316-2-1
$\Delta\vartheta_{HK}$	teplotní rozdíl	K	15316-2-3
β_D	střední zatížení okruhu otopné soustavy	-	15316-2-3
Δp	rozdíl tlaků v návrhovém bodě	kPa	15316-2-3
η_p	účinnost čerpadla v návrhovém bodě	-	15316-2-3
Δp_{ext}	rozdíl tlaků u vnějších odporů	kPa	15316-2-3

Značka	Název veličiny	Jednotka	EN
Δp_{HF}	rozdíl tlaků u otopných ploch	kPa	15316-2-3
Δp_{HKV}	rozdíl tlaků u regulačních ventilů otopných ploch	kPa	15316-2-3
Δp_{SR}	rozdíl tlaků u ventilů v dané zóně	kPa	15316-2-3
Δp_{WE}	rozdíl tlaků na přívodu tepla	kPa	15316-2-3
α_{setb}	časový koeficient při snížené vnitřní teplotě	-	15316-2-3
γ_u	činitel využití	–	15316-2-1
A	plocha	m ²	15316-3-2
A	plocha	m ²	15316-3-1
A	plocha povrchu	m ²	15316-2-1
A	vytápěné podlaží v zóně	m ²	15316-2-3
b	činitel snížení teploty	–	15316-2-1
B	šířka budovy	m	15316-2-3
C	měrné teplo	J/(kg K)	15316-3-2
C	měrné teplo	J/(kg K)	15316-3-1
c_p	měrná tepelná kapacita	kJ/kg K	15316-2-3
d	průměr	mm	15316-3-2
d	průměr	mm	15316-3-1
e	koeficient výkonnosti soustavy (činitel spotřeby)	-	15316-3-2
E	primární energie	J	15316-2-1
e	součinitel náročnosti soustavy (ukazatel výkonnosti)	–	15316-2-1
$e_{d,e}$	koeficient energetické potřeby pro provoz oběhového čerpadla	-	15316-2-3
f	konverzní činitel	-	15316-3-2
f	konverzní činitel	-	15316-3-1
f	konverzní činitel	–	15316-2-1
f_g	korekční činitel pro dimenzování teplotního rozdílu	-	15316-2-3
f_η	korekční činitel pro účinnost	-	15316-2-3
f_A	korekční činitel pro dimenzování otopné plochy	-	15316-2-3
f_{Ab}	korekční činitel pro hydraulickou bilanci	-	15316-2-3
f_{Ausl}	korekční činitel pro volbu návrhového bodu	-	15316-2-3
f_R	korekční činitel pro regulaci čerpadla	-	15316-2-3
f_{Sch}	korekční činitel pro potrubní soustavu (dispozice)	-	15316-2-3
f_{TL}	korekční činitel pro charakteristiky při částečném zatížení	-	15316-2-3
f_v	korekční činitel pro regulaci teploty průtoku	-	15316-2-3

Značka	Název veličiny	Jednotka	EN
g	poměr zisků a ztrát	–	15316-2-1
k	část obnovitelné pomocné energie	–	15316-2-1
L	část tepelných ztrát v ustáleném stavu	%	15316-2-1
L	délka	m	15316-3-2
L	délka	m	15316-3-1
L	délka budovy	m	15316-2-3
L_{\max}	maximální délka potrubí	m	15316-2-3
M	hmotnost	kg	15316-3-2
M	hmotnost	kg	15316-3-1
n	exponent otopné plochy	-	15316-2-3
N	počet provozních dob	-	15316-3-2
N	počet provozních dob	-	15316-3-1
n_G	počet podlaží	-	15316-2-3
P	elektrický výkon	W	15316-3-2
P	elektrický výkon	W	15316-3-1
P_{hydr}	hydraulický výkon v návrhovém bodě	W	15316-2-3
P_{pumpe}	skutečný příkon	W	15316-2-3
$P_{\text{pumpe,ref}}$	referenční příkon	W	15316-2-3
Q	množství tepla, energie	J	15316-3-2
Q	množství tepla, energie	J	15316-3-1
Q	množství tepla, množství energie	J	15316-2-1
$Q_{d,r,a}$	využitelná energie pro okolní vzduch	kWh/časový úsek	15316-2-3
$Q_{d,r,w}$	využitelná energie pro otopnou vodu	kWh/časový úsek	15316-2-3
R	tepelný odpor	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	15316-2-1
R	tlaková ztráta v potrubí	kPa/m	15316-2-3
t	čas, časové období	s	15316-2-1
t	čas, časové období (interval)	s	15316-3-2
t	čas, časové období (interval)	s	15316-3-1
T	termodynamická (absolutní) teplota	K	15316-2-1
T	termodynamická teplota	K	15316-3-2
T	termodynamická teplota	K	15316-3-1
t_H	počet hodin vytápění za rok	h/rok	15316-2-3
U	součinitel prostupu tepla vztažený k délce	W/m.K	15316-3-2
U	součinitel prostupu tepla vztažený k délce	W/m.K	15316-3-1

Značka	Název veličiny	Jednotka	EN
U	součinitel prostupu tepla	W/m ² .K	15316-2-1
U'	hodnota U (součinitel prostupu tepla) vztažená k délce	W/m.K	15316-2-3
V	objem	m ³	15316-3-2
V	objem	m ³	15316-3-1
W	pomocná elektrická energie	J	15316-3-2
W	pomocná elektrická energie	J	15316-3-1
W	pomocná elektrická energie	kWh	15316-2-1
W _{d,e}	potřeba elektrické energie	kWh/rok	15316-2-3
W _{d,e,M}	celková měsíční potřeba elektrické energie	kWh/měsíc	15316-2-3
W _{d,hydr}	potřeba hydraulické energie	kWh/rok	15316-2-3
x	procento ztrát	%	15316-2-1
x, y	konstanty	-	15316-3-1
z	poměr odporů součástí	%	15316-2-3
z	provozní doba	h/den	15316-3-2
z	provozní doba	h/den	15316-3-1

2.2 INDEXY

Následující tabulka je důležitá pro rychlou orientaci označení v dotyčných EN. Jelikož může, i když výjimečně, dojít ke zdvojení indexování pojmů a tím zamlžení významu textu, je možné porovnat značení v pojednané dokumentaci.

Indexy jsou řazeny abecedně.

index	význam	EN	index	význam	EN
Δ	dodatečné	15316-2-1	in	vstup do soustavy	15316-2-1
0	přiváděný	15316-3-2	in	vstup do soustavy	15316-2-3
0	vstupující	15316-1	in	vstup do soustavy	15316-3-2
a	vzduch	15316-1	inc	zvýšený	15316-2-1
amb	okolní	15316-2-3	ind	nezávislý	15316-2-3
amb	okolní	15316-3-2	ind	nezávislý	15316-3-2
ave	průměrný	15316-2-3	int	vnitřní	15316-2-3
ave	průměrný	15316-3-2	int	vnitřní	15316-3-2
avg	průměrný	15316-2-1	l	ztráta	15316-1
c	regulace	15316-1	l	ztráta	15316-2-1

index	význam	EN	index	význam	EN
c	regulace	15316-2-1	l	ztráta	15316-2-3
col	souhrnný	15316-2-3	m	médium (vytápění)	15316-2-1
col	souhrnný	15316-3-2	nhs	nevytápěný prostor	15316-2-3
corr	upravený	15316-2-3	nhs	nevytápěný prostor	15316-3-2
d	rozvod	15316-1	nom	jmenovitý	15316-2-3
d	rozvod	15316-2-3	nr	nevyužité ztráty	15316-1
d	rozvod	15316-3-2	nr	nevyužité ztráty	15316-2-1
e	vnější	15316-1	off	vypnout	15316-1
e	vnější	15316-2-1	on	zapnout	15316-1
e	vnější	15316-2-3	out	výstup ze soustavy	15316-1
e	vnější	15316-3-2	out	výstup ze soustavy	15316-2-1
el	elektrická energie	15316-2-1	out	výstup ze soustavy	15316-2-3
em	sdílení	15316-1	out	výstup ze soustavy	15316-3-2
em	sdílení	15316-2-3	p	potrubí	15316-2-3
em	sdílení	15316-3-2	P	primární	15316-2-3
em	sdílení tepla	15316-2-1	p	prvotní	15316-1
emb	zabudovaný	15316-2-1	p	prvotní	15316-2-1
f	konečná	15316-1	PM	materiál potrubí	15316-2-3
f	konečný	15316-2-1	PM	materiál potrubí	15316-3-2
g	výroba, ztráty	15316-2-3	r	využitá	15316-1
g	zdroj	15316-1	r	využité	15316-2-1
G	zem	15316-2-1	r	využitý	15316-2-3
gl	výroba, ztráty	15316-3-2	r	využitý	15316-3-2
gl	ztráty zdroje	15316-1	r	využitý	15316-3-2
gs	zisky	15316-1	s	akumulace	15316-1
gs	zisky	15316-2-1	s	akumulace	15316-2-3
gs	zisky	15316-2-3	s	akumulace	15316-3-2

index	význam	EN	index	význam	EN
gs	zisky	15316-3-2	sb	pohotovostní stav	15316-2-3
h	energie na vytápění	15316-1	str	stratifikace	15316-2-1
h	tepelná energie	15316-2-1	t	celkem	15316-2-1
h	tepelná energie	15316-2-3	t	celkem	15316-2-3
h	tepelná energie	15316-3-2	t	celkem	15316-3-2
hydr	hydraulický	15316-2-3	t	celkový	15316-1
hydr	hydraulický	15316-3-2	W	teplá užitková voda	15316-2-3
i	vnitřní	15316-1	W	teplá užitková voda	15316-3-2
i	vnitřní	15316-2-1	w	teplá voda	15316-1
in	vstup do soustavy	15316-1	x	indexy	15316-1
			x	indexy	15316-2-1
			x	indexy	15316-2-3
			x	indexy	15316-3-2

3 BUDOVY A SOUSTAVY TZB PRO NAVRŽENÍ VÝPOČET- NÍHO POSTUPU PRO CERTIFIKACI BUDOV A JEJICH STÁVAJÍCÍ POSUZOVÁNÍ

3.1 STÁVAJÍCÍ POSUZOVÁNÍ NEJROZŠÍŘENĚJŠÍCH BUDOV

3.1.1 STÁVAJÍCÍ BUDOVY

3.1.2 VYTÁPĚNÍ

Odhad potenciálu možné úspory je stanoven pro jednotlivé funkční díly vytápění, jejichž oprava přinesla úsporu tepla.

Jsou vyjádřeny v %. Na rozdíl od úspory stavebních funkčních dílů, kde se uplatní exaktní výpočet ovlivněný zejména změnou součinitele U, jedná se u funkčních dílů pro vytápění a přípravu TV o kvalifikovanou spekulaci učiněnou na podkladě statistických hodnocení a jiných odborných zkušeností.

Opatření jsou řazena v posloupnosti obrácené k toku energie od zdroje ke spotřebiči, **ve smyslu nárůstů ztrát tepla při jeho distribuci ke spotřebiči**. Procentní úspora se vztahuje ke spotřebě přecházejícího funkčního dílu počínaje spotřebičem.

Možnou úsporu tepla je nutno stanovit v celém řetězci opatření. Je tedy možné sestavit několik kombinací opatření k optimalizaci úspory a splnění požadavků klienta.

Pro zjednodušení předpokládáme tzv. optimální řetězec pro panelové domy z hlediska vyskytujících se Ss.

Od 4 NP								
	funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	opatření	úspora v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
		%	GJ		%	GJ		
1.	budova - spotřeba tepla na vytápění		1,000	zateplení		1,000	výchozí potřeba tepla	
2.	otopná plocha	3,0%	1,030	výměna nebo změna za velkoplošné vytápění	0,0%	1,030	ponechá se stávající plocha	
3.	přípojovací armatury otopného tělesa ¹⁾	5,0%	1,082	individuální regulace	10,0%	0,973	využití vnitřních a vnějších tepelných zisků podle vyhlášky	
4.	rozvod vnitřní vertikální ³⁾	4,0%	1,125	seřízení rozvodu	3,0%	0,982	má význam od 4 NP výše	
5.	ústřední regulace na prahu budovy	1,0%	1,136	regulační uzel případně zónování	2,0%	0,972	ekvitermní regulace případně podle počasí	otopná voda je z PS ekvitermně regulovaná
6.	vodorovné potrubí v nevytápěných prostorech ²⁾	4,0%	1,181	tepelná izolace	2,0%	0,991	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	
	celkem	18,1%	1,181		16,2%	0,991		

TABULKA 3-1

JEDNOTKOVÁ ÚSPORA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V PANELOVÉM DOMU

Poznámky:

¹⁾ instalovat místní regulaci podle vyhlášky č. 151/2001 Sb., § 8, čl. 5

²⁾ Uvedou se opravou/výměnou tepelné izolace do souladu s požadavky vyhlášky č.151/2001 Sb

³⁾ požadavek vyhlášky č. 151/2001 Sb., § 8, čl. 7 o prokázání seřízení průtoků měřením v jednotlivých větvích

Z tabulky 3-1 plyne, že v panelové budově nad 4 NP je možné na 1 GJ potřeby tepla budovy stanovené z tepelných ztrát včetně 0,5 násobné výměny vzduchu (bez uvažování využití zisků) dosáhnout běžnými a osvojenými opatřeními dosáhnout 16,2 % úspory nebo 0,191 GJ."

Z této tabulky byla odvozena i úspora pro budovy do 4 NP včetně. Je možné na 1 GJ potřeby tepla budovy stanovené z tepelných ztrát včetně 0,5 násobné výměny vzduchu (bez uvažování využití zisků) dosáhnout běžnými a osvojenými opatřeními dosáhnout 14,0 % úspory nebo 0,161 GJ. Úspora je nižší, protože jsou menší ztráty způsobené přirozeným vztlakem a neseřízením rozvodů.

U budov postavených v tradiční technologii (zdívo) uvažujeme budovy s kotelnou a s individuálním vytápěním bytovými kotli (etážové vytápění). Budovy připojené odběrným místem k CZT mají parametry uvedené v předcházejících tabulkách.

Možná úspora na vytápění u tradiční budovy s kotelnou je v tabulce 3-2

Od 4 NP								
	funkční díl	ztráty v %	potřeba tepla v GJ	opatření	úspora v %	potřeba tepla v GJ	okrajová pod- mínka	poznámka
1	budova - spotřeba tepla na vytápění		1,000	zateplení		1,000	výchozí potřeba tepla	
2	otopná plocha	3,0%	1,030	výměna nebo změna za velkoplošné vytápění	0,0%	1,030	ponechá se stávající plocha	
3	připojovací armatury otopného tělesa ¹⁾	5,0%	1,082	individuální regulace	10,0%	0,973	využití vnitřních a vnějších tepelných zisků podle vyhlášky	
4	rozvod vnitřní vertikální ³⁾	4,0%	1,125	seřízení rozvodu	3,0%	0,982	má význam od 4 NP výše	
6	vodorovné potrubí v nevytápěných prostorách ²⁾	4,0%	1,170	tepelná izolace	2,0%	1,001	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	
5	ústřední regulace v kotelně	5,0%	1,228	regulační uzel - ekvitermní regulace	4,0%	1,009	ekvitermní regulace případně podle počasí	
6	modernizace kotelný	20,0%	1,474	účinnost kotlů, modulovaná regulace u plynových kotlů, automatická regulace u kotlů na tuhá paliva	6,0%	1,138	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	
	celkem	47,4%	1,474		22,8%	1,138		

TABULKA 3-2

JEDNOTKOVÁ ÚSPORA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V DOMU POSTAVENÉM V TRADIČNÍ TECHNOLOGII S KOTELNOU

Poznámky: Poznámky jsou stejné jako v tabulce 3-1

Z tabulky 3-2 plyne, že v tradiční budově nad 4 NP je možné na 1 GJ potřeby tepla budovy stanovené z tepelných ztrát včetně 0,5 násobné výměny vzduchu (bez uvažování využití zisků) dosáhnout běžnými a osvojenými opatřeními dosáhnout 22,8 % úspory nebo 0,336 GJ."

Z tabulky 3-2 byla odvozena i úspora pro budovy do 4 NP včetně. Je možné na 1 GJ potřeby tepla budovy stanovené z tepelných ztrát včetně 0,5 násobné výměny vzduchu (bez uvažování využití zisků) dosáhnout běžnými a osvojenými opatřeními dosáhnout 20,8 % úspory nebo 0,289 GJ.

Možná úspora na vytápění u tradiční budovy s vytápěním bytovými kotli a okruhy je v tabulce 3-3

Od 4 NP								
	funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	opatření	úspora v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
		%	GJ		%	GJ		
1	budova - spotřeba tepla na vytápění		1,000	zateplení		1,000	výchozí potřeba tepla	
2	otopná plocha	3,0%	1,030	změna za velkoplošné vytápění	0,0%	1,030	ponechá se stávající plocha	
3	připojovací armatury otopného tělesa ¹⁾	5,0%	1,082	individuální regulace	10,0%	0,973	využití vnitřních a vnějších tepelných zisků podle vyhlášky	
4	rozvod vnitřní vertikální ³⁾	0,0%	1,082	seřízení rozvodu	0,0%	0,973	má význam od 4 NP výše	
6	vodorovné potrubí v nevytápěných prostorech ²⁾	0,0%	1,082	tepelná izolace	2,0%	0,954	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	nejsou
5	ústřední regulace	2,0%	1,103	regulace kotle podle vnitřní teploty	4,0%	0,934	regulace podle vnitřní teploty s útlumy v době neuzítí podle individuálních požadavků	
6	modernizace zdroje tepla	15,0%	1,269	instalace vysoce účinného kotle s modulovanou regulací	6,0%	1,010	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	je zahrnuta účinnost přeměny paliva na teplo
	celkem	26,9%	1,269		20,4%	1,010		

TABULKA 3-3 JEDNOTKOVÁ ÚSPORA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V DOMU POSTAVENÉM V TRADIČNÍ TECHNOLOGII S BYTOVÝMI KOTLI A ROZVODY

Poznámky: Poznámky jsou stejné jako v tabulce 3-1

Z tabulky 3-3 plyne, že v panelové budově nad 4 NP je možné na 1 GJ potřeby tepla budovy stanovené z tepelných ztrát včetně 0,5 násobné výměny vzduchu (bez uvažování využití zisků) dosáhnout běžnými a osvojenými opatřeními dosáhnout 20,4 % úspory nebo 0,259 GJ."

Pro budovy do 4 NP včetně vzhledem k tomu, že se jedná o bytové okruhy vytápění jsou parametry stejné jako uvedené v tabulce.

3.1.2.1 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Roční potřeba tepla na přípravu TV je stanovena na tzv. průměrný byt s počtem osob 2,7 ¹

	funkční díl	účinnost / ztráty v	potřeba tepla v	opatření	úspora v	potřeba tepla v	okrajová pod- mínka	poznámka
		%	GJ/byt		%	GJ/byt		
1.	budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtakovém místě		11,2	budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtakovém místě		(11,2)		stanovené z hygienicky potřebného množství vody
2.	výtakové armatury	97%	11,5	úprava výtakových armatur	20%	9,2	úsporné (pákové) armatury; zároveň přinášejí i úsporu studené vody	
3.	rozvody TV	91%	12,7	úprava rozvodů TV	5%	9,6	teplená izolace - její zkvalitnění podle vyhlášky	
4.	sluneční okruh	-	12,7		0%	9,6		
5.	zdroj přípravy TV	-	12,7		0%	9,6		
6.	celkem	11,7%	12,7		24,0%	9,6		potřeba tepla na vstupu do budovy

TABULKA 3-4

BUDOVA S ODBĚRNÝM MÍSTEM - BYT S POČTEM OSOB 2,7

V tabulce 3-4 jsou uvedeny ztráty 4 částí soustavy v řetězci zdroj tepla-rozvod-spotřebič (výtaková armatura). Při uvažované potřebě tepla na výtoku 11,2 GJ/byt.rok (pro 2,7 osob) se dosáhne úspornými opatřeními úspory v odběrném místě 3 GJ (24%) a na výtoku se potřeba tepla sníží z původních 11,2 GJ/rok.byt na 9,6.

V tabulce 3-5 jsou uvedeny ztráty 4 částí soustavy v řetězci zdroj tepla-rozvod-spotřebič (výtaková armatura) pro budovu s kotelnou a vlastní přípravou TV. Při uvažované potřebě tepla na výtoku 11,2 GJ/byt.rok (pro 2,7 osob) se dosáhne úspornými opatřeními úspory v odběrném místě 6,9 GJ (35,4%).

¹ Počet uživatelů byl stanoven na podkladě sčítání lidu. Přibližně odpovídá bytu s celkovým obestavěným prostorem 200 m³

	funkční díl	účinnost / ztráty v	potře- ba tep- la v	opatření	úspora v	potřeba tepla v	okrajová podmín- ka	poznám- ka
		%	GJ/byt		%	GJ/byt		
1.	budova - potřeba tep- la na pří- pravu TV na výtoko- vém místě		11,2	budova - po- třeba tepla na přípravu TV na výtokovém místě		(11,2)		stanovené z hygie- nický po- třebného množství vody
2.	výtokové armatury	97%	11,5	úprava výto- kových arma- tur	20%	9,2	úsporné (pákové) armatury; zároveň přinášejí i úsporu studené vody	
3.	rozvody TV	91%	12,7	úprava rozvo- dů TV	5%	9,6	tepelná izolace - její zkvalitnění podle vyhlášky	
4.	sluneční okruh	-	12,7		0%	9,6		
5.	zdroj pří- pravy TV	65%	19,5	výměna kotlů a modernizaci přípravy TV	15%	12,6	příprava TV rych- loohřevem se zá- sobní nádrží	zahrnuje přeměnu paliva (ZP) na teplo
6.	celkem	42,6%	19,5		35,4%	12,6		

TABULKA 3-5

BUDOVA S KOTELNOU A VLASTNÍ PŘÍPRAVOU TV - BYT S POČTEM
OSOB 2,7

3.1.2.2 VĚTRÁNÍ

Předpokládáme vytápěný prostor 170 m^3 , kterému odpovídá byt o užitkové ploše $65,4 \text{ m}^2$. Pro klimatické podmínky vyjádřené počtem denostupňů 3 420 a trvalém hygienickém minimálním větrání s výměnou $0,5 \text{ l/h}$ je roční spotřeba tepla na ohřev vzduchu $8,7 \text{ GJ}$. Tato spotřeba tepla je zahrnuta ve vytápění.

Pouze **výjimečně** tam, kde je instalováno řízené větrání s využitím tepla z odváděného vzduchu je možné snížit potřebu tepla cca o 65 %, tj. uspořit cca $5,7 \text{ GJ}$ na tento byt.

Úspora tepla plynoucí z výměny oken je v infiltraci velice proměnná, neboť instalovaná mikroventilace v oknech umožňuje minimální výměnu vzduchu. Pokud je (tzn., že tepelná ztráta infiltrací původních oken byla vyšší než ztráta z minimální výměny), je zahrnuta ve stavební části.

3.1.2.3 OSVĚTLENÍ A ELEKTRICKÉ ROZVODY

Tyto úspory je nutno rozdělit do skupin dle investiční náročnosti a dle prosté náročnosti.

Při úvaze o nahrazení stávajících svítidel (světelných zdrojů – žárovek) mimo celkovou opravu/rekonstrukci umělého osvětlení na komunikacích, zda existuje prostá návratnost této investice do cca 10 let. V případě, že nikoliv (viz případy jmenované v kapitole 2.2.5) je vhodné tuto záměnu uskutečnit až při celkové rekonstrukci umělého osvětlení společných prostor. Zároveň je mít nutno na paměti, že výměnou žárovkových svítidel za svítidla s úspornými svě-

telnými zdroji lze dosáhnout či se maximálně přiblížit požadované osvětlenosti umělým (20 lx), bez zásadního zásahu do stávajících rozvodů.

U objektů v nichž jsou užita svítidla, která vyhoví prostorově pro montáž kompaktních světelných zdrojů s patičí E 27 s příkonem cca 23 W a je předpoklad, že tyto se nebudou přehřívat a nejsou tak dalece ohroženy zcizením, lze snížit náklady na výměnu na cca 200,- Kč (cenu značkového kompaktního zdroje).

Dalším opatřením ke snížení energetické náročnosti je i užití automatických spínačů pro ovládání osvětlení na komunikacích v domě reagujících na výskyt osoby ve sledovaném prostoru a nevyhovující osvětlenost denním světlem.

Z hlediska vyšší možnosti snížení spotřeby elektřiny na umělé osvětlení společných komunikací by bylo užitím svítidel s elektronickým předřadníkem.

V oblasti spotřeby elektřiny pro výtahy by bylo při rekonstrukci ovládacích rozvaděčů možno zavést omezení jejich odběru elektřiny (elektronická regulace a ovládání). Tato opatření však jsou vzhledem k cenovým nárokům návratná v dlouhodobém časovém horizontu - tato rekonstrukce by přicházela v úvahu zvláště při jejich případné úpravě k uvedení do souladu s nově přijatými evropskými normami pro výtahy.

Veškeré prostory určené pro zájmové činnosti vybavit alespoň podružnými elektroměry pro možnost adresného rozdělení nákladů na spotřebovanou elektřinu.

3.1.2.4 MOŽNÁ ÚSPORA ELEKTŘINY V BYTECH

Úspory elektřiny v bytech u běžně užívaných spotřebičů lze bez omezení komfortu dosáhnout využitím štítkovaných spotřebičů s hodnotu A++, A+, A a B. S ohledem na postupný rozvoj dalších elektrických spotřebičů (klimatizační jednotky atd.) lze předpokládat, že pomocí štítkovaných spotřebičů dojde spíše k omezení nárůstu spotřeby v domácnostech.

3.1.2.5 ZÁVĚR K MOŽNOSTI ÚSPOR ELEKTŘINY V EXISTUJÍCÍCH BUDOVÁCH PRO BYDLENÍ.

Závěrem lze shrnout základní podmínky a možnosti úspor elektřiny takto – viz tabulka 3-6.

Parametr	hodnota	veličina	Poznámka
Požadovaná osvětlenost na komunikacích bytových domů Ěm	20	lx	ČSN 73 4301 (dříve ČSN 36 0452)
Průměrná osvětlenost na komunikacích bytových domů Ěm	15 ÷ 18	lx	Typové i atypické objekty vybudované do roku 1990
Náklad na prostou záměnu žárovky 60W za kompaktní zdroj s patičí E 27 o příkonu cca 23 W	200	Kč	Podmínkou je vhodnost stávajících svítidel pro montáž kompaktních zdrojů
Prostá návratnost při náhradě žárovky kompaktním světelným zdrojem u objektů s průměrným využitím denního světla na domovních komunikacích	5	roků	Objekt s výtahem, komunikace bez denního světla (například bodový dům T 06B, 12 NP)
Cena nového svítidla	400	Kč	Svítidlo se světelným zdrojem o příko-

Parametr	hodnota	veličina	Poznámka
s kompaktním zářivkovým světelným zdrojem, včetně montáže na stávající světelné rozvody			nu cca 25 – 28 W, patice G
Možná úspora elektřiny na osvětlení při využití úsporných světelných zdrojů oproti žárovkám	50	%	
Vybavenost stávajících objektů úspornými světelnými zdroji na komunikacích	5-8	%	Více ve městech nad 50 000 tisíc obyvatel
Možná úspora elektřiny na osvětlení při využití spínačů reagujících na výskyt osoby a nedostatečnost denního světla	20	%	
Cena spínačů reagujících na výskyt osoby a nedostatečnost denního světla	1 500	Kč	

TABULKA 3-6

MOŽNOSTI ÚSPORY ELEKTŘINY VE STÁVAJÍCÍCH BYTOVÝCH DOMECH

Pro byt o užitné ploše 65,4 m² je roční spotřeba elektrické energie:

- ☛ při užití elektřiny jen pro běžné spotřebiče (nikoliv pro vaření, vytápění a přípravu TV) cca 2,5 MWh/rok.byt
- ☛ při užití elektřiny jen pro běžné spotřebiče a vaření (nikoliv pro vytápění a přípravu TV) cca 4,1 MWh/rok.byt.

Možnost úspory v bytě je

- ☛ v první variantě 15 % (užití úsporných světelných zdrojů, postupná obměna spotřebičů za účinnější), tj. snížení na 2,13 MWh/rok.byt
- ☛ ve druhé variantě za předpokladu obměny sporáku cca 25 %, tj. 3,1 MWh/rok.byt.

U společné potřeby bytového domu nelze určit absolutní hodnotu obecné potřeby elektřiny. Potřeba je ovlivňována provozními faktory domu (zaměstnanost obyvatel, počet dětí školního věku, počty chovaných psů a další faktory ovlivňující komunikaci v domě).

3.1.3 NOVÉ BUDOVY

3.1.3.1 VYTÁPĚNÍ

U nových budov jsou stanoveny potřeby tepla. Na rozdíl od úspory stavebních funkčních dílů, kde se uplatní exaktní výpočet ovlivněný zejména změnou součinitele U, jedná se u funkčních dílů pro vytápění a přípravu TV o kvalifikovanou spekulaci učiněnou na podkladě statistických hodnocení a jiných odborných zkušeností.

Opatření jsou řazena v posloupnosti obrácené k toku energie od zdroje ke spotřebiči, **ve smyslu nárůstu ztrát tepla při jeho distribuci ke spotřebiči**. Potřeba tepla se vztahuje ke spotřebě přecházejícího funkčního dílu počínaje spotřebičem.

Možnou potřebu tepla je nutno stanovit v celém řetězci zdroj-rozvod-otopná plocha. Je tedy možné sestavit několik kombinací opatření k optimalizaci úspory a splnění požadavků klienta.

Pro zjednodušení předpokládáme tzv. optimální řetězec pro nové domy.

Od 4 NP					
	funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
		%	GJ		
1	budova - spotřeba tepla na vytápění		1,000	výchozí potřeba tepla	
2	otopná plocha	3,0%	1,030	tradiční plocha s nízkoteplotním charakterem	max. 75/65 °C, doporučená 65/55 °C
3	přípojovací armatury otopného tělesa ¹⁾	-5,0%	0,979	využití vnitřních a vnějších tepelných zisků podle vyhlášky	individuální regulace TRV nebo ventily s termopohonem
4	rozvod vnitřní vertikální ³⁾	1,0%	0,988	má význam od 4 NP výše	
6	vodorovné potrubí v nevytápěných prostorech ²⁾	2,0%	1,008	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	dokonalá tepelná izolace potrubí, armatur a nádob
5	ústřední regulace v kotelně	1,0%	1,018	ekvitermní regulace případně podle počasí	
6	modernizace kotelny	10,0%	1,120	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	zahrnuje ztrátu přeměny paliva na teplo, nezahrnuje přepočet na prvotní energii
	celkem	12,0%	1,120		

TABULKA 3-7 JEDNOTKOVÁ POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V NOVÉM DOMU S KOTELNOU

Poznámky: Poznámky jsou stejné jako v tabulce 3-1

Ztráty v procesu vytápění jsou 12 %, potřeba tepla na zajištění vytápění 1 GJ je 1,12 GJ.

Budovy do 4 NP mají ztráty v procesu vytápění 11,4 %, potřeba tepla na zajištění vytápění 1 GJ je 1,114 GJ.

Obdobně pro novou budovu s tzv. etážovým vytápěním je potřeba tepla stanovena v tabulce 3-8.

	funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
		%	GJ		
1	budova - spotřeba tepla na vytápění		1,000	zateplení	výchozí potřeba tepla
2	otopná plocha	3,0%	1,030	změna za velkoplošné vytápění	ponechá se stávající plocha
3	přípojovací armatury	-5,0%	0,979	individuální regulace	využití vnitřních a vnějších

	otopného tělesa				tepelných zisků podle vyhlášky
4	rozvod vnitřní vertikální	0,0%	0,979	seřízení rozvodu	má význam od 4 NP výše
6	vodorovné potrubí v nevytápěných prostorech	0,0%	0,979	tepelná izolace	zdokonalení ve smyslu vyhlášky
5	ústřední regulace	-5,0%	0,930	regulace kotle podle vnitřní teploty	regulace podle vnitřní teploty s útlumy v době neuzítí podle individuálních požadavků
6	modernizace zdroje tepla	8,0%	1,004	instalace vysoce účinného kotle s modulovanou regulací	zdokonalení ve smyslu vyhlášky
	celkem	0,4%	1,004		

TABULKA 3.8 JEDNOTKOVÁ POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V NOVÉM DOMU S BYTOVÝMI KOTLI A ROZVODY

Pro novou budovu s odběrným místem (napojením na CZT) je jednotková potřeba tepla stanovena v tabulce 3-9.

Od 4 NP					
	funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
		%	GJ		
1	budova - spotřeba tepla na vytápění		1,000	výchozí potřeba tepla	
2	otopná plocha	3,0%	1,030	tradiční plocha s nízkoteplotním charakterem	max. 75/65 °C, doporučená 65/55 °C
3	připojovací armatury otopného tělesa	-5,0%	0,979	využití vnitřních a vnějších tepelných zisků podle vyhlášky	individuální regulace TRV nebo ventily s termopohonem
4	rozvod vnitřní vertikální	1,0%	0,988	má význam od 4 NP výše	
5	vodorovné potrubí v nevytápěných prostorech	2,0%	1,008	zdokonalení ve smyslu vyhlášky	dokonalá tepelná izolace potrubí, armatur a nádob
6	ústřední regulace v kotelně	1,0%	1,018	ekvitermní regulace případně podle počasí	
	celkem	1,8%	1,018		

TABULKA 3-9 JEDNOTKOVÁ POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V NOVÉM DOMU S ODBĚRNÝM MÍSTEM (NAPOJENÍM NA CZT)

Ztráty v procesu vytápění jsou 1,8 %, potřeba tepla na zajištění vytápění 1 GJ je 1,018 GJ.

U budovy do 4 NP jsou ztráty v procesu vytápění 1,3 %, potřeba tepla na zajištění vytápění 1 GJ je 1,013 GJ.

3.1.3.2 PŘÍPRAVA TV

Roční potřeba tepla je opět stanovena pro budovu s odběrným místem - průměrný byt 200 m³ s počtem osob 2,7. V tabulce 3-10 jsou uvedeny ztráty 4 částí soustavy v řetězci zdroj tepla-rozvod-spotřebič (výtoková armatura). Při uvažované hygienické potřebě tepla na výtoku 11,2 GJ/byt.rok (pro 2,7 osob) se dosáhne užitím vhodných energeticky účinných prvků potřeba tepla v odběrném místě 9,7 GJ/rok.byt.

funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
	%	GJ/byt		
budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtokovém místě		(11,2)	budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtokovém místě	stanovené z hygienicky potřebného množství vody
výtokové armatury	-17%	9,3	úsporné výtokové armatury	úsporné (pákové) armatury; zároveň přináší i úsporu studené vody
rozvody TV	4%	9,7	tepelná izolace	tepelná izolace potrubí, armatur a nádob
sluneční okruh	0%	9,7		
zdroj přípravy TV	0%	9,7		
celkem	- 15,8%	9,7		

TABULKA 3-10 POTŘEBA TEPLA PRO PŘÍPRAVU TV V NOVÉM DOMU S ODBĚRNÝM MÍSTEM (NAPOJENÍM NA CZT)

funkční díl	ztráty v	potřeba tepla v	okrajová podmínka	poznámka
	%	GJ/byt		
budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtokovém místě		(11,2)	budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtokovém místě	budova - potřeba tepla na přípravu TV na výtokovém místě
výtokové armatury	-17%	9,3	úprava výtokových armatur	úsporné výtokové armatury
rozvody TV	4%	9,7	úprava rozvodů TV	tepelná izolace
sluneční okruh	0%	9,7		
zdroj přípravy TV	80%	17,4	energeticky účinné kotle a příprava TV v kotelně	účinné kotle členěné s uvažováním priority přípravy TV a příprava TV rychloohřevem se zásobní nádrží
celkem	35,6%	17,4		zahrnuje ztrátu přeměny paliva na teplo, nezahrnuje přepočty na prvotní energii

TABULKA 3-11 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ V NOVÉM DOMU S DOMOVNÍ KOTELNOU A PŘÍPRAVOU TV V KOTELNĚ

V tabulce 3-11 jsou uvedeny ztráty 4 částí soustavy v řetězci zdroj tepla-rozvod-spotřebič (výtoková armatura). Při uvažované hygienické potřebě tepla na výtoku 11,2 GJ/byt.rok (pro 2,7 osob) se dosáhne užitím vhodných energeticky účinných prvků potřeba tepla v odběrném místě 17,4 GJ/rok.byt.

3.1.3.3 VĚTRÁNÍ

Předpokládáme vytápěný prostor 170 m³, kterému odpovídá byt o užitkové ploše 65,4 m². Pro klimatické podmínky vyjádřené počtem denostupňů 3 420 a trvalém hygienickém minimálním větrání s výměnou 0,5 1/h je roční spotřeba tepla na ohřev vzduchu 8,7 GJ. Tato spotřeba tepla je zahrnuta ve vytápění.

Řízené větrání s využitím tepla z odváděného vzduchu sníží potřebu tepla cca o 65 %, tj. uspoří cca 5,7 GJ na tento byt.

Rozbor je proveden pro tzv. hygienické minimum. Ve skutečnosti, zejména při komfortním řízeném větrání, jsou v některých místnostech a časových obdobích výměny vyšší (např. 1 1/h apod.).

Nepovažuji proto za praktické specifikovat jakékoli úspory tepla z řízeného větrání, neboť ty jsou odvislé od instalovaného zařízení a způsobu užití bytu. Řízené větrání však umožní nezvyšovat spotřebu tepla na vytápění při rozumném užití bytu.

3.1.3.4 ELEKTRINA

3.1.3.4.1 Možná úspora elektřiny ve společných prostorách bytových domů

Hlavní zásadou pro racionální využití elektřiny ve společných prostorách bytových domů je minimalizace zařízení, která jsou ze společných rozvodů napájena. Tento požadavek neznamená absolutní omezování elektrických spotřebičů, ale přesnou adresovatelnost jejich spotřeb na skutečné uživatele. Toto znamená, pokud jednotlivec nebo skupina obyvatel domu užívá určité prostory domu pro vlastní potřebu (zájmová činnost, sport, atd.), je třeba zajistit měření odběru elektřiny pro tyto činnosti například pomocí podružného elektroměru, v ideálním případě připojit tento odběr k měřenému bytovému rozvodu uživatele prostor.

V oblasti umělého osvětlení na komunikacích je třeba u nových objektů dbát na maximální možnost využití denního světla.

Dále je třeba i přes vyšší základní investici na komunikacích využívat svítidel s úspornými světelnými zdroji. Při volbě těchto svítidel by měla být upřednostněna svítidla s elektronickým předřadným přístrojem.

K ovládání umělého osvětlení na bytových komunikacích je vhodné užít samočinných spínačů reagujících na přítomnost osob ve sledovaném prostoru a objektivní nedostatek denního světla. Při umístění těchto spínačů v prostoru schodiště je třeba, aby osobě sestupující či vystupující po schodech byla vždy zajištěna včasná a dostatečná osvětlenost. Je-li schodiště méně využíváno, respektive je prostorově odděleno od podest, je vhodné na něm použít k ovládání osvětlení například časových spínačů s exaktním nastavením času sepnutí.

V oblasti spotřeby elektřiny pro výtahy lze očekávat minimální úspory a to ještě především u objektů vybavených alespoň 2 výtahy.

V oblasti VZT – u novostaveb by měl být kladena maximální pozornost na případné a možné vlivy větracích (rekuperačních) jednotek s elektrickým pohonem na byty v posledním podlaží. Jedině zamezením těchto vlivů lze zabránit napadání těchto zařízení ze strany uživatelů bytů v tomto podlaží.

Možnosti úspor elektřiny pro osvětlení společných prostor umělým světlem jsou vyjádřeny v tabulce 3-6.

3.1.3.4.2 Možná úspora elektřiny v bytech

V bytech je možná úspora elektrické energie především při využití štítkovaných elektrických spotřebičů výkonově úměrných uživatelské domácnosti. Dále je třeba zajistit i možnost připojení moderních úsporných spotřebičů s velkým příkonem.

U bytů se srovnatelným vybavením elektrickými spotřebiči, jako u dříve uvedeného vzorového bytu (stávající budovy) lze s ohledem na možnost výběru a přímého osazení energeticky úspornými spotřebiči (štítková hodnota A) lze stanovit, že v případě bytu bez elektrického vaření klesne potřeba na 1,85 MWh/rok.byť, u bytu s elektrickým vařením na 2,9 MWh/rok.byť.

Společná potřeba bytového domu je při optimálním návrhu elektrického zařízení vzhledem k bytové potřebě zanedbatelná.

3.2 ZÁVĚR

- a) Zaváděná metoda certifikace v oblasti TZB není metodicky novinkou. V kvalitním EA se musely při analýze stávajícího stavu zhodnotit ztráty otopné soustavy a zařízení pro přípravu TV. Směr výpočtu je stejný (fyzikální princip).
- b) Správně provedený EA zpravidla ve stávajícím stavu má konečnou potřebu tepla v odběrném místě (kotelně) vyšší, než je stanovená potřeba tepla na vytápění budovy z tepelných ztrát a následné potřeby tepla. Výše ztráty a její příčiny jsou zřejmé z předcházejících tabulek v této kapitole.
- c) Nové v evropské certifikaci je snaha o sjednocení výpočtu těchto tepelných ztrát, stanovení tzv. využitelného podílu tepelných ztrát v energetické bilanci a skutečně využitých ztrát. Dále je to ocenění pomocné energie (elektřiny) zejména pro čerpadla.
- d) Novinkou je ocenění potřeba prvotní energie.

Jsem přesvědčen a následující část publikace to prokazuje, že kvalitně zpracovaný audit podle stávající legislativy se lehce, po doplnění potřebných tabulek s propojením, překloupí do formy certifikátu, ať již to bude podrobný energetický průkaz nebo EA s vyjádřením potřeby prvotní energie. Podmínkou je provedení stávajícího EA v Excelu.

**4 ENERGETICKÁ CERTIFIKACE BUDOVY PODLE VÝ-
POČTOVÉ METODY PRO STANOVENÍ ENERGETIC-
KÝCH POTŘEB A ÚČINNOSTÍ SOUSTAV - ČÁST 1 OBEC-
NÁ – prEN 15316-1. ÚLOHA ČSN EN 12831, ČSN EN ISO
13790**

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/EC ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov (dále EPBD), která je v současné době zapracovávána do české legislativy zákonem č. 177/2006 Sb., a souvisejícími vyhláškami, požaduje několik různých skupin opatření k dosažení rozumné spotřeby energetických zdrojů a snížit dopady užití energie na životní prostředí.

Opatření se uvažují pro nové i stávající budovy. Uplatňují se nástroje:

- minimální požadavky na energetickou náročnost nových a rozlehlejších stávajících budov při modernizaci je v člancích 4, 5 a 6 EPBD
- energetická certifikace budov v článku 7
- inspekce kotlů a klimatizačních zařízení v člancích 8 a 9.

Zákon č 177 ze dne 29. března 2006, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů v novém § 6a Energetická náročnost budov stanovuje: Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek musí zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy a splnění porovnávacích ukazatelů, které stanoví prováděcí právní předpis, a dále splnění požadavků stanovených **příslušnými harmonizovanými českými technickými normami**. Prováděcí právní předpis stanoví požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele, metodu výpočtu energetické náročnosti budovy podrobnosti vztahující se ke splnění těchto požadavků. Při změnách dokončených budov jsou požadavky plněny pro celou budovu nebo pro změny systémů a prvků budovy.

Splnění požadavků dokládá stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek průkazem energetické náročnosti budovy (dále jen „průkaz“), který musí být přiložen při prokazování dodržení obecných technických požadavků na výstavbu. Průkaz nesmí být starší 10 let a je součástí dokumentace podle prováděcího právního předpisu při:

- a) výstavbě nových budov,
- b) při větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m², které ovlivňují jejich energetickou náročnost,
- c) při prodeji nebo nájmu budov nebo jejich částí v případech, kdy pro tyto budovy nastala povinnost zpracovat průkaz podle písmene a) nebo b).

Průkaz může být použit pro jednotlivé byty nebytové prostory u budov s ústředním vytápěním, které je připojeno na zdroj či rozvod tepelné energie. Součástí průkazu nové budovy nad 1000 m² celkové podlahové plochy musí být výsledky posouzení technické, ekologické a ekonomické proveditelnosti alternativních systémů vytápění, kterými jsou

- a) decentralizované systémy dodávky energie založené na energii z obnovitelných zdrojů,
- b) kombinovaná výroba elektřiny a tepla,
- c) dálkové nebo blokové ústřední vytápění, v případě potřeby chlazení,
- d) tepelná čerpadla.

Obsah průkazu a způsob jeho zpracování, včetně využití již zpracovaných energetických auditů stanoví prováděcí právní předpis.

Zjednodušeně řečeno, stávající posouzení potřeby tepla budovy za definovaných okrajových podmínek bude rozšířeno-doplněno o určení energetických ztrát a přínosů až po stanovení množství prvotní energie.

Energetická bilance podle ČSN EN ISO 13790² obsahuje následující položky:

- 1) ztráty prostupem tepla a větráním mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím
- 2) ztráty prostupem tepla a větráním a tepelné zisky ze sousedních zón
- 3) užitečné vnitřní tepelné zisky. V ČSN EN 832 jsou uváděny čisté zisky z rozvodů teplé vody a odpadní vody. Tato část v ČSN EN ISO 13790 není specifikována, měrná hodnota vnitřních zisků 5 W/m^2 v ČSN EN 832 u trvale užívaných budov je snížena na 4 W/m^2 .
- 4) solární tepelné zisky
- 5) ztráty při výrobě a distribuci, emisní ztráty a ztráty regulací vytápěcího systému
- 6) vstup energie do otopné soustavy.

Potřeba tepla na vytápění budovy se určí podle ČSN EN ISO 13790. Doporučujeme ukončit výpočet podle ČSN EN ISO 13790 u stanovení potřeby tepla zahrnující tepelné zisky za přesně definovaného stavu regulace vytápění (zpravidla vhodná ústřední regulace a hydraulicky seřízené rozvody topné vody). Nedoporučujeme používat tuto normu pro stanovení potřeby tepla na přípravu TV a pro oceňování ztrát v rozvodech tepla.

Tepelné ztráty a tepelný výkon se počítají podle ČSN EN 12831 s přihlédnutím k ČSN EN ISO 13790.

Praktické užití výše uvedených EN je zřejmé z EA v kapitole 7.

Pro sjednocení výpočetní metodiky u TZB byl definován postup v prEN 14335. Tato norma byla přeznačena na EN 15316-1 a podle ní byly zpracovány dále uvedené EN pro vytápění a teplou vodu (kapitola 5 a 6). Ztráty a zisky související se soustavami technického zařízení budovy se budou stanovovat samostatně pro každý druh soustavy a celou budovu podle příslušných EN jednocených metodikou podle prEN 15316-1.

4.1 VÝPOČTOVÁ METODA PRO STANOVENÍ ENERGETICKÝCH POTŘEB A ÚČINNOSTÍ SOUSTAV - ČÁST 1 OBECNÁ – prEN 15316-1

Norma definuje výpočtový postup pro stanovení energetických požadavků na vytápění a teplou vodu.

Cílem je normovat požadované vstupy, výstupy a strukturu výpočetní metody k dosažení společného evropského výpočetního postupu. Sjednocený postup usnadní volný pohyb služeb (optimalizaci energetické náročnosti, zveřejnění obvyklé úrovně energetických požadavků) a výrobků (programů).

Norma nezahrnuje větrací zařízení (např. větrání s využitím tepla), je-li však instalován ohřev vzduchu, zahrnuje ztráty způsobené v ohřívací části.

Výpočetní metoda spočívá v analýze energetické náročnosti částí zařízení pro části tepelné soustavy:

- sdílení tepla (otopná tělesa a plochy v prostoru nebo výtokové armatury) včetně regulace;
- rozvody tepla včetně regulace;
- akumulace tepla včetně regulace;

² Předcházela platná ČSN EN 832 Tepelné chování budov-Výpočet potřeby energie na vytápění-Obytné budovy.

- výroba tepla včetně regulace (kotle, sluneční okruhy, TČ, kogenerační jednotky, atd.).

Konečná potřeba energie pro tepelnou soustavu se vypočítá odděleně pro tepelnou energii a elektrickou energii (pomocné potřeby elektřiny pro provoz zařízení; čerpadla, ventilátory, atd.). Energetická potřeba je následně přepočtena na potřebu prvotní energie.

Výpočetní činitele pro konverzi energetických potřeb na prvotní energii jsou stanovené na národní úrovni.

Jednotlivé výpočetní algoritmy nebo tabelární vstupní hodnoty pro výpočty každé části vytápění a teplé vody (např. část sdílení tepla, část rozvodů, část akumulace a část výroby tepla) budou stanoveny v následujících normách (tabulka) odkazujících se na tuto normu nebo v národních přílohách.

Potřeby tepla pro vytápění se stanoví podle ČSN EN ISO 13790 (nebo také ČSN EN 832).

Tepelný výkon se stanoví podle normy ČSN EN 12831.

Požadavky na vytápěcí zařízení stanovuje ČSN EN 12828.

4.1.1 PRINCIP METODY

4.1.1.1 PRVOTNÍ ENERGIE

Energetická potřeba pro vytápění a teplou vodu v budově závisí:

- na potřebě tepla na vytápění budovy (teplené vlastnosti budovy a vnitřní a vnější prostředí) a potřeby tepla na teplou vodu
- na vlastnostech vytápěcí soustavy a soustavy teplé vody a jejich interakci s budovou
- na celkovém tepelném toku od zdroje ku spotřebě (obrázek 1).

Na obrázku 1 je znázorněn směr výpočtu od potřeby tepla ke zdroji a naopak směr energie od zdroje k potřebě tepla.

Teplo pro vytápění bez uvažování ztrát soustav se vypočítají za normových podmínek podle ČSN EN ISO 13 790, ČSN EN 832, nebo podobně.

Ztráty soustavy se stanoví odděleně pro teplo a elektrickou energii, aby bylo možno určit konečnou energii. Následně konečná energie je přeměněna na prvotní energii. Tento přístup podle prvotní energie je nutný k umožnění jednoduchého součtu přínosů různých druhů energií (např. tepelné, elektrické) a může se použít pro porovnání energetických požadavků různých vytápěcích soustav.

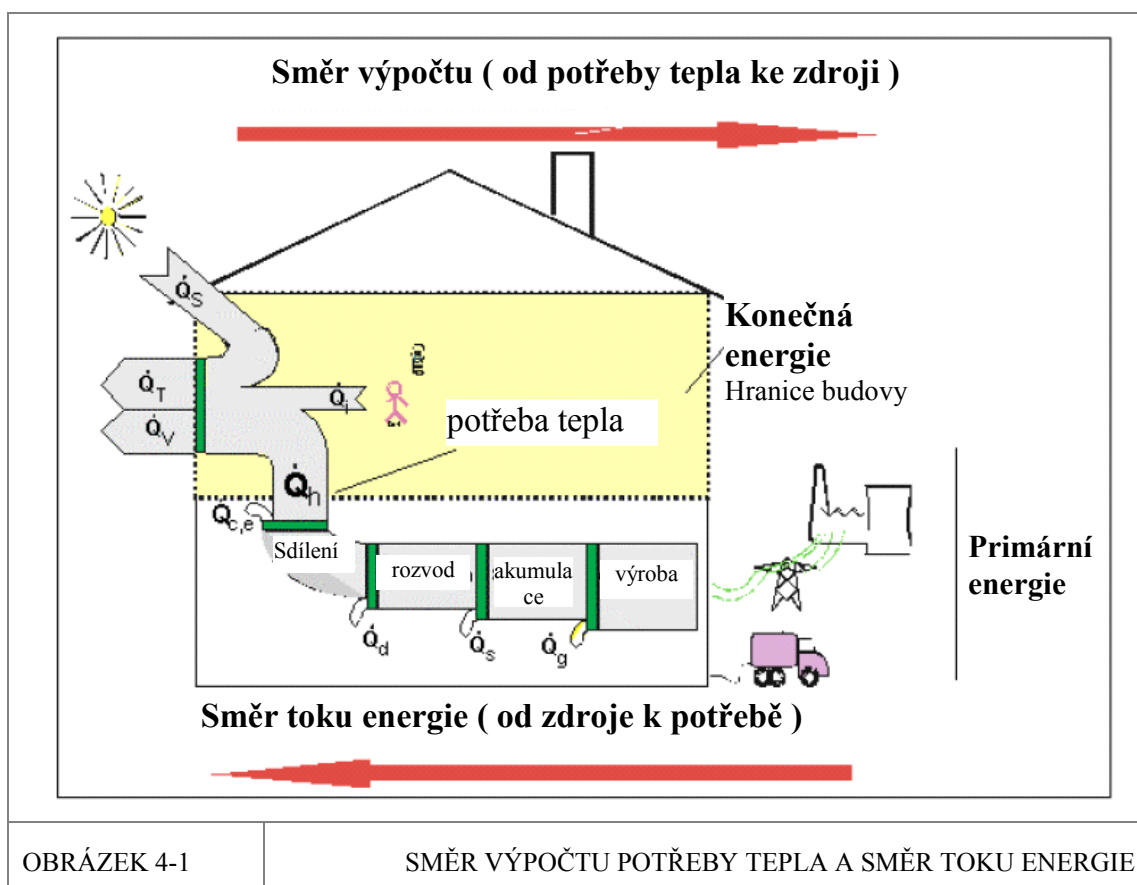
Pro dané období (rok, měsíc, týden, atd.) se stanoví potřeba prvotní energie E_p pro vytápění a ohřev teplé vody ze vztahu:

$$E_p = \sum Q_{f,h} \cdot f_{p,i} + \sum W_h \cdot f_{p,i} + \sum Q_{f,w} \cdot f_{p,i} + \sum W_w \cdot f_{p,i} \quad (4-1)$$

kde:

E_p	je	potřeba prvotní energie	(J)
$Q_{f,h}$		potřeba konečné energie na vytápění (viz. rovnici 4-2)	(J)
$f_{p,i}$		činitel přeměny prvotní energie pro každý druh užití energie (např. tepelnou, elektrickou, sluneční). Tento činitel se uvádí na národní úrovni	(J)

W_h	potřeba pomocné energie na vytápění	(J)
$Q_{f,w}$	potřeba konečné energie na ohřev teplé vody (viz. rovnici 4-3)	(J)
W_w	potřeba pomocné energie na ohřev teplé vody	(J)



4.1.1.2 KONEČNÁ ENERGIE POŽADOVANÁ NA VYTÁPĚNÍ

Konečná energie požadovaná na vytápění $Q_{f,h}$ se vypočítá ze vztahu:

$$Q_{f,h} = (Q_h - Q_{rhh} - Q_{rwh}) + Q_{th} \quad (4-2)$$

kde:

$Q_{f,h}$	je	potřeba konečné energie na vytápění;	(J)
Q_h		potřeba tepla stanovená podle ČSN EN 832 nebo ČSN EN ISO 13790	(J)
Q_{rhh}		využitě teplo z vytápěcí soustavy (tepelné nebo elektrické), které přímo nesnižuje tepelné ztráty Q_{th} ;	(J)
Q_{rwh}		teplo využitě ze zařízení pro ohřev teplé vody (tepelného nebo elektrického) pro krytí potřeby tepla na vytápění;	(J)
Q_{th}		celkové tepelné ztráty vytápěcí soustavy. Celkové ztráty vytápěcí soustavy zahrnují využitě ztráty (obrázek 4-2)	(J)

Obdobně se analyzuje ohřev užitkové vody

4.1.1.3 KONEČNÁ ENERGIE POŽADOVANÁ SOUSTAVOU TEPLÉ VODY

$$Q_{f,w} = Q_w - Q_{rww} + Q_{tw} \quad (4-3)$$

kde:

$Q_{f,w}$	je	potřeba konečné energie na ohřev teplé vody	(J)
Q_w		potřeba tepla pro ohřev teplé vody	(J)
Q_{rww}		využité teplo ze soustavy ohřevu teplé vody pro ohřev teplé vody (část pomocné energie předaná přímo do užitkové vody)	(J)
Q_{tw}		celkové tepelné ztráty soustavy pro ohřev teplé vody. Celkové ztráty soustavy zahrnují využití ztráty (obrázek 4-2)	(J)

4.1.1.4 POMOCNÁ ENERGIE

Pomocná energie je zpravidla elektřina užitá pro čerpadla, ventilátory, pohony armatur a řízení/regulaci. Požadavek na pomocné energie se stanoví pro každou část soustavy W_x a jako hodnota pro celou soustavu. Část pomocné energie se může využít jako teplo Q_{rx} .

4.1.1.5 VYUŽITELNÉ A VYUŽITÉ TEPELNÉ ZTRÁTY

Jestli-že se uvažuje budova nebo její část, neztratí se všechny vypočtené tepelné ztráty soustavy. Některé tepelné ztráty soustavy jsou využitelné.

Např. tepelné ztráty rozvodů se kompletně ztratí, je-li potrubí vedeno vně budovy. Je-li potrubí vedeno vytápěným prostorem, sdílené teplo z rozvodů přispívá k vytápění místnosti a tepelné ztráty jsou využitelné.

Nicméně se nyní využívá jen část využitelných ztrát. To závisí na činiteli užití (poměr zisky/ztráty), protože jsou-li zisky vytápěného prostoru nadměrně vysoké oproti ztrátám tohoto prostoru, využije se pouze malá část zisků (ČSN EN ISO 13790).

Na obrázku 4-2 je zřejmé, že požadavky na prvotní energii mohou být vyšší (*pro vytápění*) nebo nižší (*např. pro ohřev užitkové vody*) než požadavky na konečnou energii v závislosti od užití obnovitelné energie.

Tato norma rozlišuje dva způsoby využití tepla z tepelných ztrát:

- využití tepelné ztráty, které se přímo uvažují jako snížení tepelné ztráty

Například podstatná část pomocné energie v rozvodech se přemění na teplo a předává se přímo do vody. V tomto případě se tato část využitých tepelných ztrát uvažuje ve výpočtu energetické náročnosti rozvodu

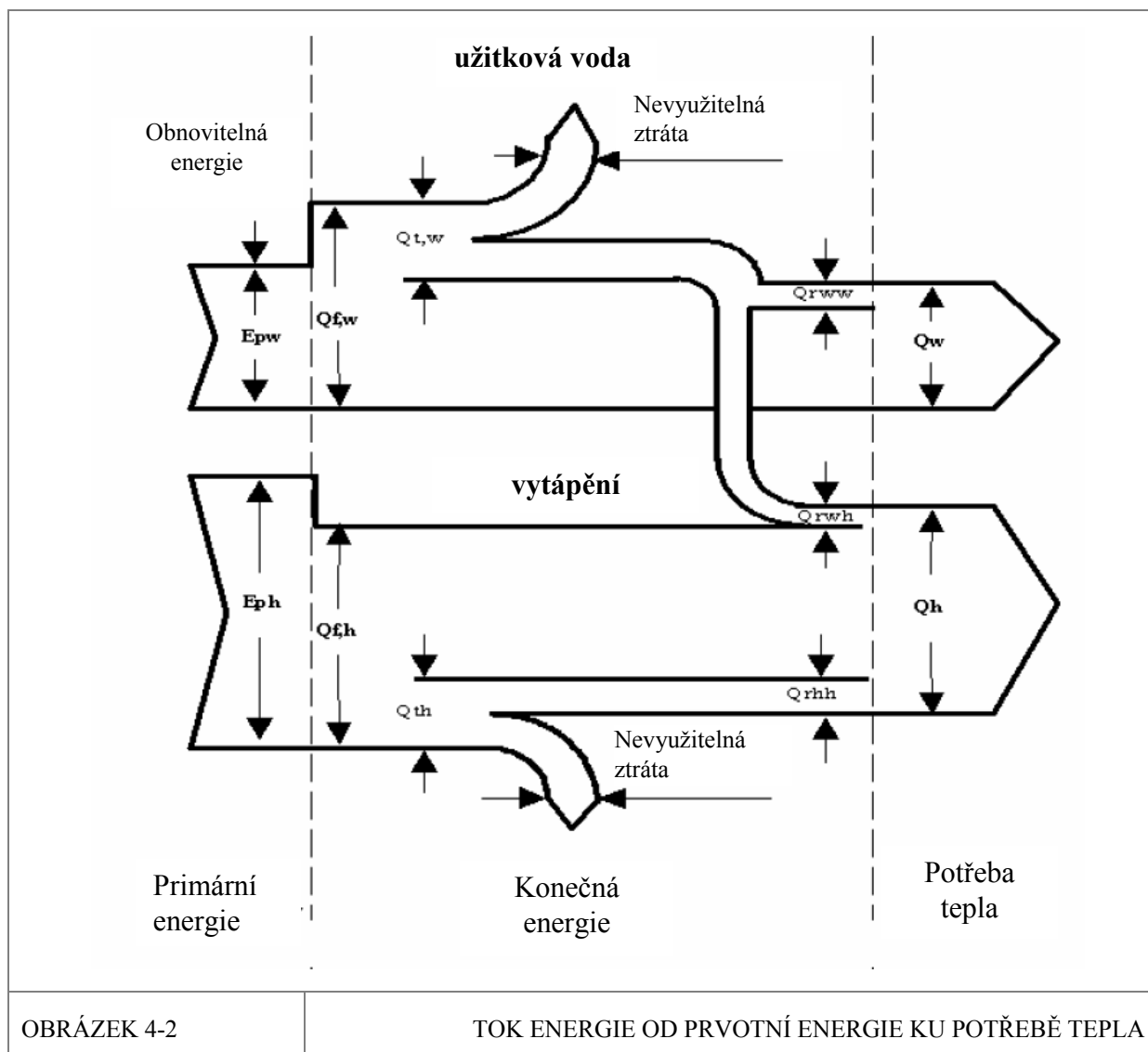
- využití tepelné ztráty, které se uplatní pro snížení potřeby tepla pro vytápění.

Např. tepelné ztráty v zásobníku teplé vody přispívají k vytápění prostoru. Tato část využitých tepelných ztrát se neuvažuje při výpočtu náročnosti ohřevu teplé vody, ale jako snížení potřeby tepla pro vytápění, protože využití tepla závisí na vzájemném působení obálky budovy a zásobníku.

4.1.1.6 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ

Potřeba tepla pro vytápění Q_h se vypočte podle ČSN ISO EN 13 790 nebo ČSN EN 832.

Výpočet nezohledňuje tepelné ztráty vytápěcí soustavy a soustavy teplé vody vzhledem k nestálé teplotě v rozvodu, neúčinnosti regulace, využitelným ztrátám a pomocné energii.



OBRÁZEK 4-2

TOK ENERGIE OD PRVOTNÍ ENERGIE KU POTŘEBĚ TEPLA

4.1.1.7 POTŘEBA TEPLA PRO TEPLOU VODU

Potřeba tepla pro teplou vodu Q_w je dána vztahem:

$$Q_w = \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_w - \theta_0) \quad (4-4)$$

kde:

Q_{fw}	je potřeba tepla pro teplou vodu;	(J)
ρ	hustota vody	(kg/m ³)
c	měrné teplo vody;	(J/kg.K)
V_w	množství teplé vody požadované během výpočtového období;	(m ³)
θ_w	teplota dodávané teplé vody	(°C)

θ_0 teplota vody přiváděné do soustavy teplé vody ($^{\circ}\text{C}$)

Potřeba tepla pro teplou vodu odpovídá energii potřebné na ohřátí množství teplé vody požadované uživatelem na návrhovou teplotu.

Tepelné ztráty soustavy teplé vody (např. výtokem (sdílením), rozvodem, akumulací nebo ohřevem) jsou běžně počítány odděleně od ztrát vytápěcí soustavy, ale někdy mohou být začleněny do tepelných ztrát vytápěcí soustavy (např. pro dílčí část výroby tepla).

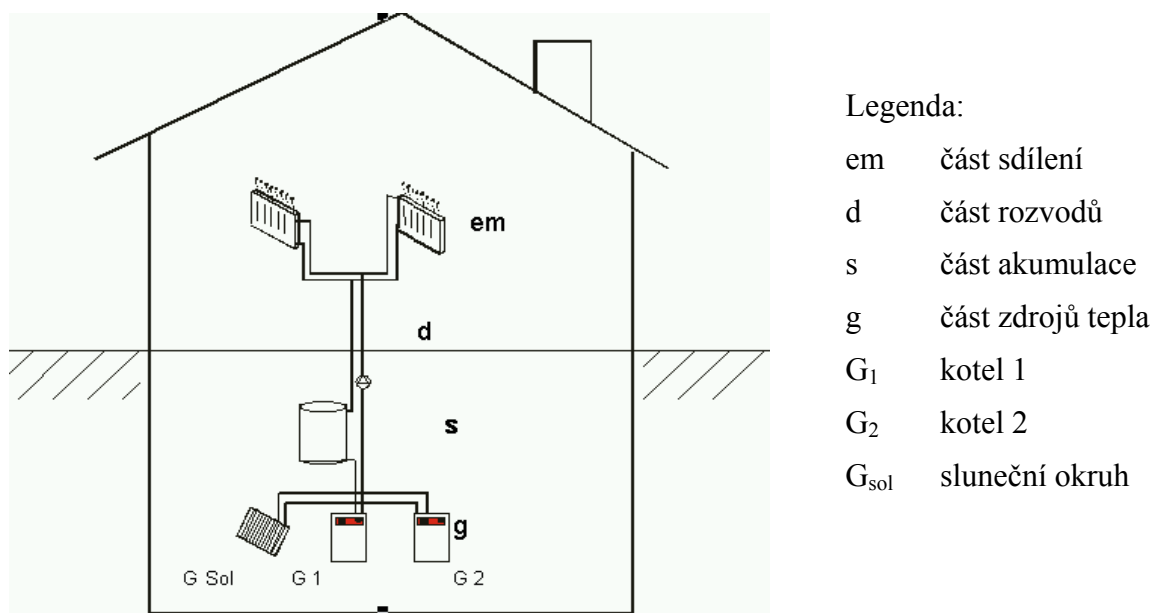
Využití tepelné ztráty ze soustavy teplé vody snižuje potřebu tepla pro vytápěcí soustavu.

4.1.1.8 TEPELNÉ ZTRÁTY Z VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

Při výpočtu tepelných ztrát se uvažují dílčí části vytápěcí soustavy:

- část sdílení tepla včetně regulace
- část rozvody tepla včetně regulace
- část akumulace tepla včetně regulace
- část výroba tepla včetně regulace (kotle, sluneční sběrače, TČ, kogenerační jednotky, atd.).

Tato struktura se podobá fyzikální struktuře vytápěcí soustavy (obrázek 4-3).



OBRÁZEK 4-3

ČÁSTI VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

Celkové tepelné ztráty vytápěcí soustavy Q_{th} se mohou vyjádřit jako součet tepelných ztrát z každé části soustavy:

$$Q_{th} = (Q_{h,e} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g}) \quad (4-5)$$

kde:

$Q_{t,h}$ je tepelná ztráta vytápěcí soustavy; (J)

$Q_{h,e}$ tepelná ztráta způsobená neideálním sdílením tepla; (J)

$Q_{h,d}$	tepelná ztráta v rozvodu tepla. Tato ztráta závisí na dispozici rozvodu, jeho umístění, jeho tepelné izolaci, teplotě otopné látky, regulaci, atd.;	(J)
$Q_{h,s}$	tepelná ztráta akumulčního zařízení;	(J)
$Q_{h,g}$	tepelná ztráta zdroje tepla během provozní doby, během pohotovostního stavu, a pro neideální regulaci.	(J)

4.1.1.9 TEPELNÉ ZTRÁTY ZE SOUSTAVY TEPLÉ VODY

Při výpočtu tepelných ztrát se uvažují dílčí části soustavy teplé vody:

- část sdílení tepla včetně regulace
- část rozvody tepla včetně regulace
- část akumulace tepla včetně regulace
- část výroba tepla včetně regulace (kotle, sluneční sběrače, TČ, kogenerační jednotky, atd.).

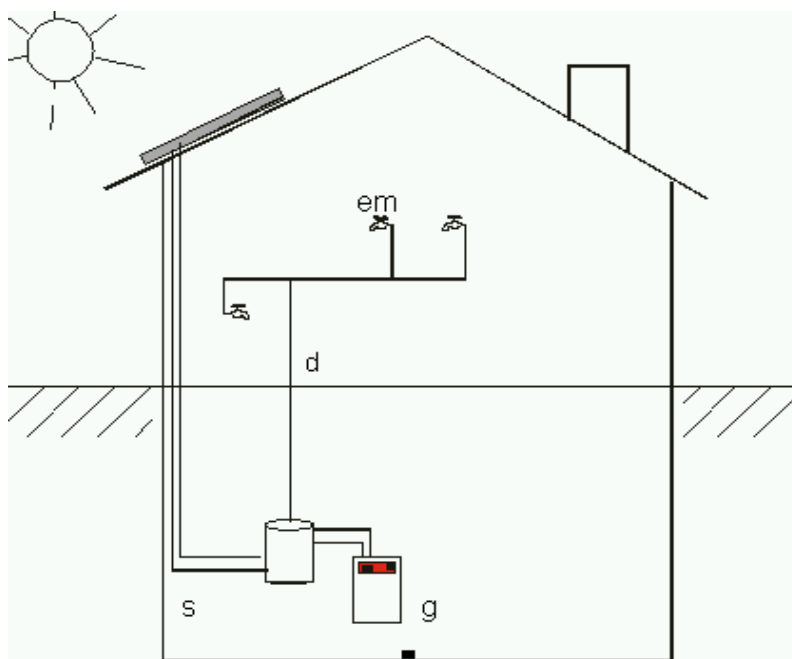
Tato struktura se podobá fyzikální struktuře soustavy teplé vody (obrázek 4).

Celkové tepelné ztráty soustavy teplé vody Q_{wh} se mohou vyjádřit jako součet tepelných ztrát z každé části soustavy :

$$Q_{wh} = (Q_{w,e} + Q_{w,d} + Q_{w,s} + Q_{w,g}) \quad (4-6)$$

kde:

$Q_{w,h}$	je	tepelná ztráta soustavy teplé vody;	(J)
$Q_{w,e}$		tepelná ztráta způsobená neideálním sdílením tepla (např. výtakovými armaturami), kdy může nastat zpoždění v dosažení požadované teploty výtokové vody;	(J)
$Q_{w,d}$		tepelná ztráta v rozvodu teplé vody. Tato ztráta závisí na dispozici rozvodu, jeho umístění, jeho tepelné izolaci, teplotě vody, regulaci, atd.;	(J)
$Q_{w,s}$		tepelná ztráta akumulčního zařízení;	(J)
$Q_{w,g}$		tepelná ztráta zdroje tepla během provozní doby, během pohotovostního stavu, a pro neideální regulaci.	(J)



Legenda:

em	část sdílení
d	část rozvodů
s	část akumulace
g	část zdrojů tepla

OBRÁZEK 4-4

ČÁSTI SOUSTAVY PŘÍPRAVY TV

4.1.1.10 VÝPOČTOVÁ DOBA

Cílem výpočtu je stanovení roční potřeby prvotní energie vytápěcí soustavy a soustavy teplé vody. Užije se jeden ze dvou postupů:

- použijí se roční údaje pro provozní období soustavy a průměrné hodnoty
- rok se rozdělí na počet výpočtových období (např. týden, měsíce, atd.), provedou se pro každé období výpočty a sečtou se prvotní energetické potřeby za každé období.

4.1.1.11 PROSTOROVÉ ROZDĚLENÍ VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY A SOUSTAVY TEPLÉ VODY

Vytápěcí soustava může zásobovat několik budov (např. školní budovy) a různé vytápěcí soustavy (např. ústřední vytápění a elektrické místní vytápění) mohou být zřízeny v jedné budově. Dále může účinek vytápěcí soustavy záviset na jiných technických zařízeních v budově (např. větrání). Z těchto důvodů by měla být vytápěcí soustava přizpůsobena prostorovým dělením (např. pro budovu, zónu, skupinu, místnost). Informace o rozdělení nebo větvení vytápěcí soustavy je v 4.1.3.3.

4.1.1.12 NÁROČNOST VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY A SOUSTAVY TEPLÉ VODY

Činitel náročnosti soustavy e se vypočte ze vztahu:

$$e = \frac{E_p}{Q_h + Q_w} \quad (4-7)$$

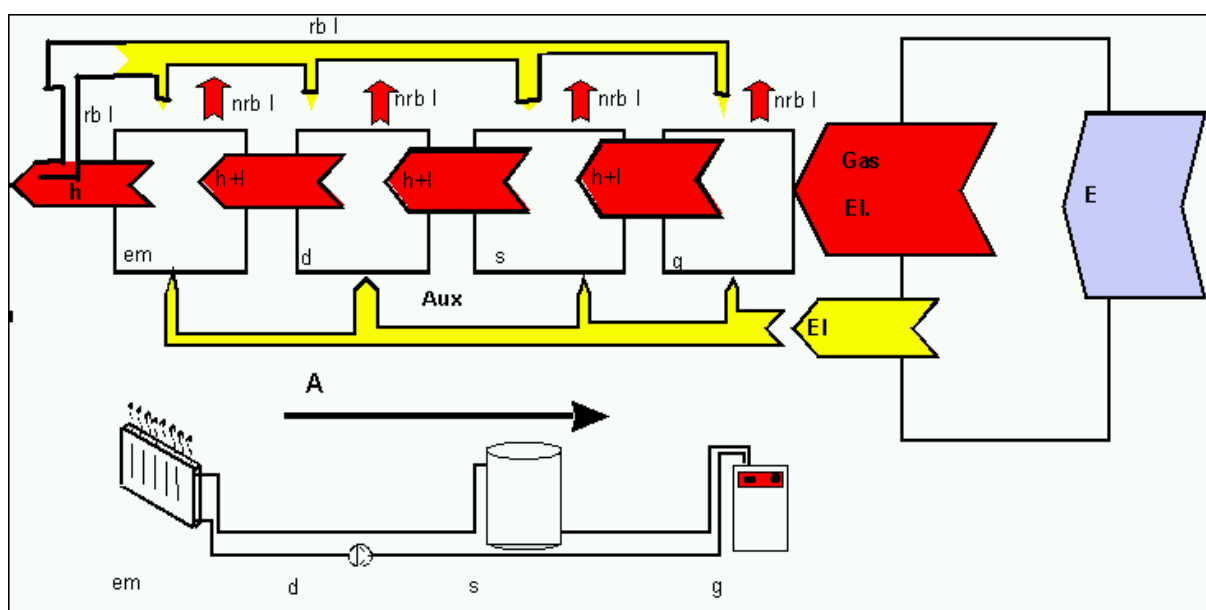
kde:

e	je činitel náročnosti soustavy	(-)
E_p	prvotní energie dodávaná do vytápěcí soustavy	(J)
Q_h	potřeba tepla pro vytápění	(J)
Q_w	potřeba tepla pro teplou vodu	(J)

4.1.2 ENERGETICKÝ VÝPOČET PRO VYTÁPĚNÍ A TEPLOU VODU

4.1.2.1 ENERGETICKÉ ZTRÁTY Z VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

Tok energie, směr výpočtu a struktura vytápěcí soustavy je na obrázku 4-5.



Legenda:

em	část sdílení	l	ztráta	A	směr výpočtu
d	část rozvody	aux	pomocná	nrb I	využitelné ztráty pro vytápění
s	část akumulace	gas	plyn	rb I	nevyužitelné ztráty
g	část zdroj tepla	el	elektřina		
h	teplo	E	prvotní energie		

OBRÁZEK 4-5

TOK ENERGIE, SMĚR VÝPOČTU A STRUKTURA VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

Vliv regulace (ústřední nebo místní) se uvažuje v každé dílčí části soustavy.

Směr výpočtu je opačný než tok energie. Výpočet začíná s potřebou tepla, a končí stanovením prvotní energie. Potřeba tepla je energetický vstup části sdílení tepla a využitých tepelných ztrát.

Pro každou část je vypočtena její tepelná ztráta $Q_{h,x}$ a je přidána k jejímu tepelnému výstupu, aby se stanovil její energetický vstup.

Protože tepelné ztráty sdílením zvyšují tepelné ztráty obálkou budovy, mohou se počítat přímo s potřebou tepla, aniž by se vzájemně rozlišovaly. V takovém případě se užije ČSN EN ISO 13 790 se vstupními daty stanovenými touto normou.

Tepelné ztráty dílčích částí soustavy zahrnují využitelné tepelné ztráty ale nezahrnují pomocnou energii. Požadavek na elektrickou energii W_x se stanoví odděleně (existuje-li), ale elektrická energie přispívá do systému energetických ztrát každé dílčí části soustavy.

Část tepelných ztrát soustavy a část pomocné energie pro každou dílčí část soustavy je využitelná pro vytápění a spolu tvoří využitelné tepelné ztráty pro každou dílčí část soustavy.

Výpočet se provede pro každou dílčí část soustavy, dokud se nestanoví vstupní energetický požadavek pro část zdroje tepla.

Využité tepelné ztráty z různých dílčích částí soustav se vypočtou a odečtou od potřeby tepla. Připouští se přímý výpočet využitých dílčích tepelných ztrát pro každou dílčí část soustavy a odečet přímo od tepelných ztrát dílčí části soustavy. Nesmí to vést k iteračním výpočtům různých dílčích částí nebo s ČSN EN ISO 13 790.

Tento přístup je fyzikálně nesprávný, protože energie potřebná v každém dílčí části soustavy bude ve skutečnosti snížena o využité ztráty v soustavě. Ale v této úrovni výše uvedený přístup umožní podstatné zjednodušení. Pouze iterační výpočty by mohly náležitě zohlednit vzájemná působení. Aby se nekomplikoval výpočet využitých ztrát v soustavě, sumarizují se v této normě pouze jednou a odečtou se od potřeby tepla pro konečný výpočet tepelných ztrát. Tento přístup také zjednoduší vzájemné působení mezi stavební normou jako je ČSN EN ISO 13 790, která definuje výpočetní metodu pro tepelné zisky a normou pro tepelnou soustavu, protože se údaje vymění pouze jednou.

Jakákoli výpočetní metoda pro určitou dílčí část soustavy musí usnadnit výpočet:

- požadovaného tepelného vstupu $Q_{in,x}$ nebo tepelné ztráty soustavy
- požadavku na elektrickou energii W_x
- využitelných tepelných ztrát.

založená na následujících vstupních údajích pro dílčí část soustavy:

- tepelném výstupu $Q_{out,x}$
- ukazateli vstupní náročnosti

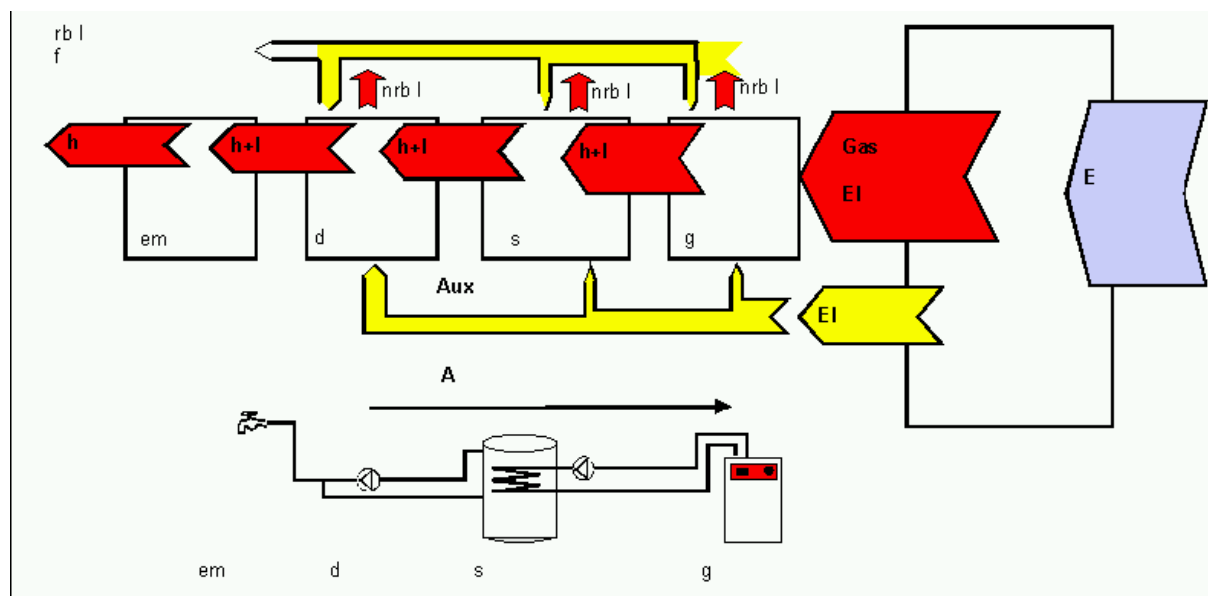
Příloha poskytuje příklad pro dílčí část soustavy sdílení tepla týkající se:

- činitelů ovlivňujících tepelné ztráty dílčích částí soustavy, které se mají vzít v úvahu
- vstupních údajů dílčích částí soustavy, které se užijí, aby byla respektována obecná struktura
- výstupních údajů, které se užijí, aby byla respektována obecná struktura.

Tyto parametry (normové vstupy/výstupy), tabelární hodnoty a/nebo detailnější výpočetní metoda budou uvedeny a popsány ve zvláštních dílech této normy pro každou dílčí část soustavy nebo pro každou technologii dílčí části (např. pro zdroje tepla: kotle, sluneční sběrače, tepelná čerpadla, kogenerační jednotky).

4.1.2.2 ENERGETICKÉ ZTRÁTY ZE SOUSTAVY TEPLÉ VODY

Tok energie, směr výpočtu a struktura soustavy teplé vody je na obrázku 6.



Legenda:

em	část sdílení	l	ztráta	A	směr výpočtu
d	část rozvody	aux	pomocná	nrb I	využitelné ztráty pro vytápění
s	část akumulace	gas	plyn	rb I	nevyužitelné ztráty
g	část zdroj tepla	el	elektrina		
h	teplo	E	prvotní energie		

OBRÁZEK 4-6

TOK ENERGIE, SMĚR VÝPOČTU A STRUKTURA SOUSTAVY TEPLÉ VODY

Vliv regulace (ústřední nebo místní) se uvažuje v každé dílčí části soustavy.

Směr výpočtu je opačný než tok energie. Výpočet začíná s potřebou tepla, a končí stanovením prvotní energie. Potřeba tepla je energetický vstup části sdílení tepla - výtoku.

Pro každou část je vypočtena její tepelná ztráta $Q_{w,x}$ a je přidána k jejímu tepelnému výstupu, aby se stanovil její energetický vstup.

Tepelné ztráty dílčích částí soustavy nezahrnují pomocnou energii. Požadavek na elektrickou energii W_x se stanoví odděleně (existuje-li).

Část tepelných ztrát soustavy a část pomocné energie pro každou dílčí část soustavy je využitelná pro vytápění a spolu tvoří využitelné tepelné ztráty pro každou dílčí část soustavy.

Výpočet se provede pro každou dílčí část soustavy, dokud se nestanoví vstupní energetický požadavek pro část zdroje tepla.

Využitá tepelná ztráty z různých dílčích částí soustav se sečtou a vypočte se využitá tepelná ztráta (např. ČSN EN ISO 13 790) a odečte od potřeby tepla. Využitá tepelná ztráta z oběhového čerpadla sdílená do vody se přímo zahrne do části rozvodu pro snížení ztrát.

Využitá tepelná ztráty ze soustavy teplé vody zvyšují náročnost vytápění bez jakéhokoli zvýšení kvality vytápění. Je možné vyjádřit náročnost vytápění bez uvažování využitých tepelných ztrát ze soustavy teplé vody, nicméně v náročnost celé soustavy musí uvažovat využitá tepelná ztráty.

Jakákoli výpočetní metoda pro určitou dílčí část soustavy musí usnadnit výpočet:

- požadovaného tepelného vstupu $Q_{in,x}$ nebo tepelné ztráty soustavy
- požadavku na elektrickou energii W_x .
- využitelných tepelných ztrát.

založená na následujících vstupních údajích pro dílčí část soustavy:

- tepelný výstup $Q_{out,x}$
- ukazatel vstupní náročnosti.

Jako ukazatelé náročnosti soustavy se vypočítají konečná energie, prvotní energie a činitel náročnosti soustavy.

4.1.2.3 DĚLENÍ A/NEBO VĚTVENÍ VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

Vytápěcí soustava může vytvářet komplex, např. zahrnující:

- více než jeden druh otopných ploch/výtokových míst vyhovujících víceetapovému zónám
- více než jeden tepelný výkon (zatížení) vztažený k jednomu zdroji tepla (zejména vytápění a ohřev teplé vody v jednom zdroji)
- více než jednu část zdroj tepla
- více než jednu část akumulace tepla
- různé druhy energie použité v budově.

Užití souhrnných průměrných hodnot nemusí být praktické (požadují vhodné vážení) a nemusí být přístupné nebo mohou způsobit velké chyby.

Obecně se tyto případy řeší sledováním fyzikální struktury vytápěcí soustavy.

Příklad 1: Tepelné požadavky a ztráty sdílením dvou částí vytápěcí soustavy se vypočtou odděleně a sečtou v návazné části společného rozvodu.

Příklad 2: Tepelné požadavky částí rozvodu vytápění a rozvodu teplé vody (a/nebo části akumulace) se vypočtou samostatně a sečtou v následné části zdroje tepla.

Příklad 3 Tepelné požadavky částí rozvodu tepla se mohou vypočítat a rozdělit na více než jednu část zdroje tepla (dělení se může měnit s časem).

Tento způsob „modularity“ je vždy možný, je-li zachován princip sčítání ztrát.

4.1.2.4 ZJEDNODUŠENÉ A PODROBNÉ METODY PRO VÝPOČET CELKOVÉ ZTRÁTY SOUSTAVY

Pro každou dílčí část soustavy musí být dostupné zjednodušené a/nebo podrobné metody (podle současného stavu znalostí a dostupných norem) a použité (podle požadované přesnosti).

Jakákoli hodnota se může použít pro výpočet. Nicméně je důležité, aby výsledky odpovídaly definovaným výstupním hodnotám (tepelný požadavek dílčích částí, požadavek na elektřinu, využitelné tepelné ztráty), a aby ukazatelé náročnosti (vstupní požadované údaje) měly strukturu popsanou v této normě, aby se zajistila náležitá vazba pro výpočty následujících dílčích částí a vývoj společné struktury.

Úroveň podrobností se může klasifikovat:

Úroveň A Ztráty nebo účinnosti se udají v tabulce pro celou vytápěcí soustavu a/nebo soustavu teplé vody. Výběr vhodných hodnot se provede podle typologie (popisu) celé vytápěcí soustavy.

Úroveň B Pro každou dílčí část se udají tabelární hodnoty ztráty, požadavků na elektřinu nebo účinnosti. Výběr vhodných hodnot se provede podle typologie (popisu) dílčí soustavy.

Úroveň C Po každou dílčí část se vypočtou ztráty, požadavky na elektřinu nebo účinnosti. Výpočet se provede na podkladě dimenzování soustavy, funkcí, tepelných výkonů, a jiných údajů, o kterých se předpokládá, že jsou konstantní (nebo průměrné) po výpočtové období. Výpočtová metoda je založena na fyzikální podstatě (podrobné nebo zjednodušené) nebo korelačních metodách.

Úroveň D Ztráty a účinnosti se počítají dynamickou simulací při uvažování časové historie proměnných hodnot (např. vnější teplota, teplota vody v rozvodu, výkon kotle). Bude obtížné stanovit jednotné vstupní a výstupní údaje pro tyto podrobné metody. Z tohoto důvodu pro každou výpočetní metodu bude definována struktura datových rozhraní v dokumentu publikovaném TC 228/WG4 (např. technická zpráva).

Mohou se použít, podle dostupnosti, různé úrovně podrobností pro různé dílčí části soustav v jedné vytápěcí soustavě.

4.2 PŘÍKLAD DÍLČÍ ČÁSTI SOUSTAVY - DÍLČÍ ČÁST SDÍLENÍ TEPLA

4.2.1 OBECNĚ

Tepelné požadavky na dílčí část sdílení tepla zahrnují mimořádné ztráty pláštěm budovy způsobené:

- nerovnoměrnou vnitřní teplotou v každé tepelné zóně (např. rozvrstvení, otopná tělesa podél venkovních stěn/oken)
- otopnými plochami zabudovanými ve stavební konstrukci směrem k vnějšímu prostředí
- koncepcí regulace (např. místní, ústřední, útlum).

Vliv těchto účinků na energetické požadavky závisí na:

- druhu otopné plochy (např. tělesa, konvektory, podlahové/stěnové/stropní velkoplošné)
- druhu koncepce regulace místnosti/zóny a zařízení (např. ventily s termostatickou hlavicí, P, PI, PID regulace) a jejich schopnosti snížit teplotu
- umístění zabudovaných otopných ploch ve vnějších stěnách.

Pro dodržení obecné struktury výpočtů ztráty soustavy náročnost dílčí části emise tepla musí být určena:

- druhem otopné soustavy
- druhem regulace (včetně optimalizátoru)
- vlastnostmi zabudovaných otopných ploch.

Na podkladě těchto údajů výstup z dílčí části sdílení tepla musí zahrnout:

- tepelné ztráty dílčí části sdílení tepla
- pomocnou energetickou potřebu

- využitelné tepelné ztráty.

Výpočty mohou vycházet z tabelovaných hodnot nebo podrobnějších metod, ale nesmí být požadovány další vstupní údaje.

Obrázek 4-7 znázorňuje výpočet vstupních a výstupních dat pro danou dílčí část, např. dílčí část „x“.

Pro uvedený příklad:

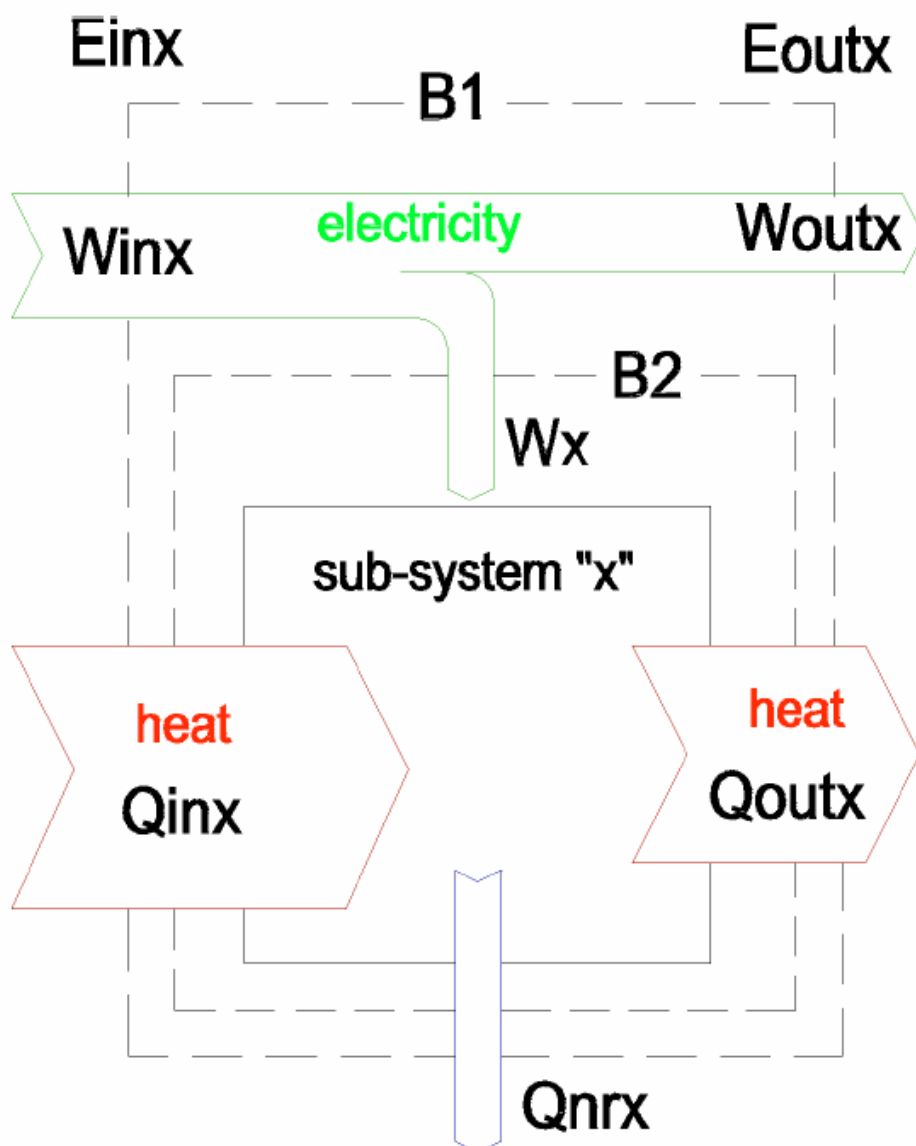
- B1 a B2 jsou možné hranice pro energetickou rovnováhu dílčí části;
- E je prvotní energie
- Q je teplo
- W je elektrická energie
- W_x je elektrická energie požadovaná dílčí částí
- index in (nebo h) vyjadřuje energetický vstup (poznámka: h je navrženo pro konzistentnost s Q_h z EN 832)
- index out vyjadřuje energetický výstup
- index nr vyjadřuje nevyužitelné ztráty
- index x se nahradí jedním z následujících podle dílčí soustavy:
 - em sdílení tepla
 - d rozvod
 - s akumulace
 - g zdroj tepla
 - z jiné

Přeměna na prvotní energii je dána vztahem:

$$E = Q \cdot f_h + W \cdot f_w \quad (4-8)$$

kde:

E	je prvotní energie	(J)
Q	potřeba tepla pro vytápění	(J)
W	potřeba elektřiny	(J)
f_h	činitel přeměny pro teplo, $f_h \approx 1$	(-)
f_w	činitel přeměny pro teplo, $f_w \approx 2-3$	(-)



OBRÁZEK 4-7 VÝPOČET VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH DAT PRO DANOU DÍLČÍ ČÁST, NAPŘ. DÍLČÍ ČÁST „x“

4.2.2 ZÁKLADNÍ ENERGETICKÁ ROVNOVÁHA DÍLČÍ ČÁSTI SOUSTAVY

Základní energetická rovnováha dílčí části soustavy je dána:

$$Q_{outx} + Q_{nrx} = Q_{inx} + W_x \quad (4-9)$$

V této rovnici se nepoužije žádný činitel přeměny.

4.2.3 ÚČINNOST UŽITÍ PRVOTNÍ ENERGIE V DÍLČÍ ČÁSTI SOUSTAVY - CELKOVÝ PŘÍSTUP

B1 je hranice energetické rovnováhy vhodná k popisu soustavy jako řetězce dílčích částí soustavy, ve kterém účinnosti dílčích částí poskytnou celkovou účinnost celé soustavy.

Podle této hranice, účinnost užití prvotní energie η' každé dílčí části je určena:

$$\eta'_x = \frac{E_{\text{outx}}}{E_{\text{inx}}} = \frac{f_h \cdot Q_{\text{outx}} + f_w \cdot W_{\text{outx}}}{f_h \cdot Q_{\text{inx}} + f_w \cdot W_{\text{inx}} + f_h \cdot Q_{\text{nrx}}} \quad (4-10)$$

Tento přístup má nevýhodu, že účinnost některých dílčích částí závisí na elektrické energii užití následnou dílčí částí. Výpočet v sobě zahrnuje dodání elektrické energie následující dílčí části s 100 % účinností. Čím vyšší je tato mimořádná zátěž se 100 % účinností, tím vyšší je účinnost dílčí části.

4.2.4 ÚČINNOST UŽITÍ PRVOTNÍ ENERGIE V DÍLČÍ ČÁSTI SOUSTAVY - INDIVIDUÁLNÍ PŘÍSTUP

B2 je hranice energetické rovnováhy vhodná k popisu jednotlivé dílčí soustavy.

Podle této hranice, účinnost užití prvotní energie η'' každé dílčí části je určena:

$$\eta''_x = \frac{f_h \cdot Q_{\text{outx}}}{f_h \cdot Q_{\text{inx}} + f_w \cdot W_x} \quad (4-11)$$

Tento přístup má výhodu, že účinnost dílčí části nezávisí na náročnosti jiné dílčí části.

Nicméně v tomto případě výsledek účinností dílčích částí soustav neposkytne celkovou účinnost celé soustavy. Je to způsobeno počtem dodávek energií a mnoha energetickými výstupy v soustavě. Celková účinnost celé soustavy se musí vypočítat na podkladě součtu tepelných ztrát a dodávek energií.

4.2.5 ČINITEL POTŘEBY ENERGIE DÍLČÍ ČÁSTI SOUSTAVY

Činitel potřeby energie pro vytápění e_h je jiným způsobem vyjádření energetické náročnosti dílčí části soustavy. Tento činitel je podílem mezi požadovaným energetickým vstupem do dílčí části soustavy a požadovaným energetickým výstupem dílčí části:

$$e_h = \frac{Q_{\text{inx}}}{Q_{\text{outx}}} \quad (4-12)$$

Je-li známa hodnota činitele potřeby energie, může se rovnice (12) užít ke stanovení dodatečných nevyužitelných tepelných ztrát z dílčích částí podle vztahu:

$$Q_{\text{nrx}} = Q_{\text{inx}} - Q_{\text{outx}} = (e_h - 1) \cdot Q_{\text{outx}} \quad (4-13)$$

4.2.6 DALŠÍ ČINITELÉ NÁROČNOSTI PRO DÍLČÍ SOUSTAVU

Účinnost je nejtradičnějším bezrozměrným výrazem používaným k stanovení efektivnosti přeměny energie a účinnosti poskytují velmi praktické a jasné porovnání efektivností různých druhů soustav a/nebo jejich různých velikostí.

V případě výpočtů pro danou vytápěcí soustavu jsou další činitelé náročnosti užitečnější ve spojení s obecnou výpočetní metodou této normy.

Obvykle je známa vstupní hodnota tepla do dílčí části Q_{outx} zatímco se musí vypočítat tepelný výstup Q_{inx} a čistá elektrická energie W_x .

Jestliže se stanoví dvě ze tří hodnot Q_{inx} , W_x a Q_{nrx} , třetí hodnota se vypočte ze základní energetické rovnováhy podle rovnice 14. Zpravidla všechny tyto hodnoty jsou úměrné Q_{outx} .

Vhodné tabelární hodnoty pro dílčí část jsou následující podíly:

$\eta_{hx} = \frac{Q_{outx}}{Q_{inx}}$	$l_{hx} = \frac{Q_{nrx}}{Q_{outx}}$	$l_{hx} = \frac{Q_{nrx}}{Q_{outx}}$	(4-14)
--	-------------------------------------	-------------------------------------	--------

5 VYTÁPĚNÍ

5.1 DEFINICE

Pro účely obou norem platí definice, které jsou uvedeny v EN ISO 7345:1995, a následující definice:

definice		význam
výpočtové období; bilanční období	(calculation period)	časové období (časový úsek) uvažované pro výpočet tepelných ztrát a zisků (např. měsíc, den, podporované období) tepelné soustavy
potřeba energie k vytápění	(energy requirements for heating)	energie, která musí být dodána do tepelné soustavy k zabezpečení tepelné náročnosti budovy
konečná energie	(final energy)	energie požadovaná pro vytápění prostorů budovy, včetně pomocné energie
tepelná náročnost (budovy); potřeba tepla	(heat demand, building)	teplo, které musí být dodáno do vytápěného prostoru k udržení nastavené vnitřní teploty vytápěného prostoru
vytápěný prostor	(heated space)	místnost nebo uzavřený prostor vytápěný na danou nastavenou teplotu
tepelné ztráty tepelné soustavy, sdílení tepla	(heating system heat losses, emission)	tepelné ztráty pláštěm budovy způsobené nestejnoměrným rozložením teplot, neúčinnou regulací a ztrátami zdrojů sálání zabudovaných v konstrukci budovy
celkové tepelné ztráty tepelné soustavy	(heating system heat losses, total)	součet tepelných ztrát tepelné soustavy včetně obnovitelné (využitelné) tepelné ztráty
ukazatel výkonnosti, sdílení tepla	(performance factor, emission)	poměr potřeby energie pro vytápění se stejným vnitřním rozložením teploty ve vytápěném prostoru a potřeby energie pro vytápění s neideální soustavou sdílení tepla způsobující nestejnoměrné rozložení teploty a neideální regulaci teploty místnosti
prvotní energie	(primary energy)	energie, která nebyla předmětem žádného procesu přeměny nebo transformace (např. ropa v ropných polích)
obnovitelná (využitelná) tepelná ztráta soustavy	(recoverable (usable) system heat loss)	část tepelné ztráty ze soustavy k vytápění a k přípravě teplé užitkové vody, která může být využita ke snížení potřeby tepla na vytápění
obnovená (využitá)	(recovered	část obnovitelné tepelné ztráty soustavy, která

tepelná ztráta soustavy	(used) system heat loss)	snižuje potřebu tepla k vytápění a která není přímo uvažována při snižování tepelných ztrát tepelné soustavy
teplotní zóna	(thermal zone)	část vytápěného prostoru s danou nastavenou teplotou, ve kterém se předpokládá zanedbatelné prostorové kolísání vnitřní teploty

5.2 prEN 15316-2-1 TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 2-1: ČÁST SDÍLENÍ TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ³

Návrh normy (dále norma) tvoří specifickou část souboru norem pro stanovení metod výpočtu potřeby energie a účinností tepelných soustav a soustav teplé užitkové vody v budovách, která se vztahuje ke sdílení tepla ve vytápěných prostorách.

Stanovuje strukturu výpočtu potřeby energie u soustavy sdílení tepla pro splnění energetické náročnosti budovy. Výpočet je založen na provozních (výkonnostních) charakteristikách výrobků uvedených ve výrobních (předmětových) normách.

Výpočtová metoda může být použita u těchto aplikací:

- stanovení shody s předpisy, které jsou vyjádřeny ve formě energetických cílových údajů;
- optimalizaci energetické účinnosti plánované soustavy sdílení tepla aplikováním dané metody pro několik možných variant;
- vyjádření smluvní úrovně energetické účinnosti výrobků (označení štítky);
- posouzení účinku možných energetických úsporných opatření na existující soustavě sdílení tepla tím, že se vypočítá potřeba energie se zavedeným energetickým úsporným opatřením a bez tohoto opatření.

Předmětem normy je normalizace požadovaných vstupů, výstupů a vazeb (struktury) výpočtové metody s cílem dosáhnout společné evropské výpočtové metody.

Energetickou účinnost lze vyhodnotit buď s použitím hodnot ukazatele výkonnosti soustavy sdílení tepla, nebo hodnot ztrát soustavy sdílení tepla způsobených neúčinností.

Metoda je založena na analýze dále uvedených charakteristik soustavy sdílení tepla pro vytápění prostorů včetně regulace:

- nestejnoměrného rozložení teploty v prostoru;
- zdrojů sálání zabudovaných v konstrukci budovy;
- vnitřní teploty.

Konečná potřeba energie pro tepelnou soustavu se vypočítá odděleně pro tepelnou energii a elektrickou energii; následně je přepočtena na odpovídající primární energii.

Činitele výpočtu pro přepočet potřeby energie na primární energii se stanoví na národní úrovni.

³ Jedná se o doslovný překlad z anglické verze prEN, tak jak je to vyžadováno při zavádění EN překladem. V české terminologii je vžitý název pro soustavy sdílení tepla pro vytápění prostorů otopné plochy.

5.2.1 PRINCIP METODY

5.2.1.1 VÝPOČET PRVOTNÍ ENERGIE

Energie požadovaná pro sdílení tepla a regulaci vnitřní teploty v budově závisí na:

- potřebě tepla pro vytápění (tepelné vlastnosti budovy a vnitřní a venkovní ovzduší);
- nestejnoměrném rozložení vnitřní teploty v každé teplotní zóně (stratifikace, zdroje sálání podél vnější stěny/okna, rozdíly mezi teplotou vzduchu a střední teplotou sálání);
- zdrojích sálání zabudovaných v konstrukci budovy směrem do venkovního prostředí nebo do nevytápěného prostoru;
- regulaci provozní (výsledné) teploty (místní, centrální, snížené, tepelné množství atd.);
- pomocné spotřebě;
- celkovém energetickém toku od zdroje k místu potřeby.

Účinky na energii požadovanou pro sdílení tepla a regulaci vnitřní teploty se vyjadřují vstupními parametry pro metodu výpočtu, kterými jsou:

- druh zdrojů sálání (otopné těleso, konvektor, soustavy podlahového/stěnového/stropního vytápění);
- způsob regulace místnosti/zóny a druh zařízení (termostatický ventil, regulace P, PI, PID atd.) a jejich schopnost snížit kolísání teploty;
- umístění a charakteristiky zabudovaných zdrojů sálání.

Na základě těchto údajů se vypočítají dále uvedené výstupní parametry dílčí soustavy sdílení tepla včetně regulace:

- ☛ tepelné ztráty soustavy sdílení tepla;
- ☛ spotřeby pomocné energie;
- ☛ obnovitelných (využitelných) tepelných ztrát.

Výpočet může být založen na tabulkových hodnotách (úroveň B) nebo podrobnějších výpočtových metodách (úroveň C).

Na obrázku 5-1 jsou znázorněny vstupní a výstupní výpočtové parametry dílčí soustavy sdílení tepla včetně regulace.

Potřeba tepla pro vytápění bez zohlednění ztrát soustavy se vypočítá na základě normalizovaných podmínek podle ČSN EN 832 nebo ČSN EN ISO 13790.

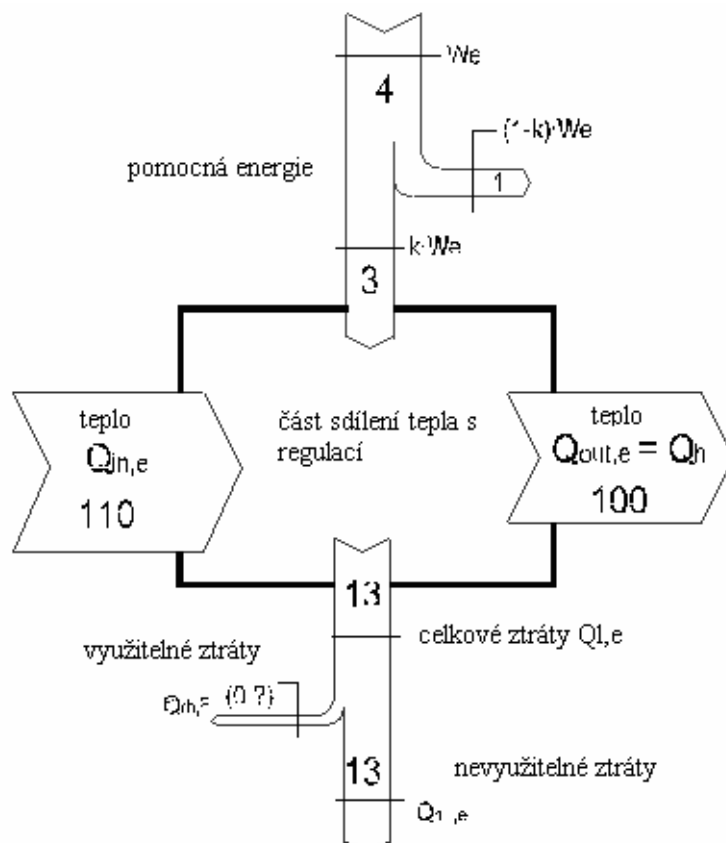
Ztráty dílčí části se vypočítají odděleně pro tepelnou energii a elektrickou energii, aby bylo možné určit konečnou energii; následně se vypočítá odpovídající prvotní energie. Tento přístup podle prvotní energie je nutný, aby bylo možné jednoduché sečtení přínosů různých druhů energií (např. tepelné, elektrické) a snadné porovnání energetických potřeb různých typů tepelných soustav.

Pro dané období (rok, měsíc, týden atd.) se stanoví vstup primární energie E_{em} , dílčí části pro sdílení tepla ze vztahu 5-1.

$$E_{em} = Q_{in,em} \cdot f_h + W_{em} \cdot f_{el} \quad (5-1)$$

kde:

$Q_{in,em}$	je tepelná energie požadovaná pro část sdílení tepla	(J)
f_h, f_{el}	konverzní činitele prvotní energie pro teplo a elektrickou energii; tyto činitele se stanovují na národní úrovni;	(-)
W_{em}	pomocná energie potřebná pro sdílení tepla.	(J)



OBRÁZEK 5-1

PŘÍKLAD DÍLČÍ ČÁSTI SDÍLENÍ TEPLA

5.2.1.2 TEPLA POŽADOVANÉ PRO ČÁST SDÍLENÍ TEPLA

Teplo požadované pro část sdílení tepla, $Q_{in,em}$, je dáno rovnicí:

$$Q_{in,em} = Q_{out,em} - k \cdot W_{em} + Q_{l,em} \quad (5-2)$$

kde:

$Q_{out,em}$	je tepelný výkon soustavy sdílení tepla v J; tato energie se rovná potřebě tepelné energie budovy, Q_h ;	(J)
k	část obnovitelné (využitelné) pomocné energie;	(-)
$Q_{l,em}$	tepelné ztráty.	(J)

5.2.1.3 POMOCNÁ ENERGIE W_{EM}

Pomocnou energií je zpravidla elektrická energie používaná pro ventilátory, které usnadňují sdílení tepla (jednotka pro ohřev a chlazení), pro armatury a regulaci. Část pomocné energie se může využít jako teplo $Q_{w,em}$:

$$Q_{w,em} = k \cdot W_{em} \quad (5-3)$$

5.2.1.4 OBNOVITELNÉ (VYUŽITELNÉ) TEPELNÉ ZTRÁTY $Q_{rh,em}$ A NEOBNOVITELNÉ (NEVYUŽITELNÉ) TEPELNÉ ZTRÁTY $Q_{nr,em}$

Ne všechny vypočtené tepelné ztráty, $Q_{l,em}$, jsou ztraceny. Některé tepelné ztráty jsou obnovitelné (využitelné).

Ve skutečnosti se však obnoví pouze část obnovitelných (využitelných) tepelných ztrát. To závisí na činiteli využití (poměr zisků a ztrát), protože jsou-li zisky vytápěného prostoru nadměrně vysoké oproti ztrátám prostoru, využije se pouze malá část zisků (viz EN ISO 13790).

U soustavy sdílení tepla lze jako teplo obnovit (využít) pouze část pomocné energie. Za ztráty se považují pouze tepelné ztráty do nevytápěného prostoru nebo do venkovního prostředí (zabudované otopné těleso/radiátor, otopné těleso/radiátor na zadní straně/se zpětným saláním).

5.2.1.5 POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ, TEPELNÁ NÁROČNOST BUDOVY Q_h

Potřeba tepla pro budovu nebo část budovy, Q_h , se vypočítá podle EN 832 nebo EN ISO 13790 takto:

$$Q_h = Q_l - \gamma_u \cdot Q_{gs} \quad (5-4)$$

kde:

Q_l jsou tepelné ztráty; (J)

Q_{gs} tepelné zisky; (J)

γ_u činitel využití. (-)

Tento výpočet zohledňuje tepelné ztráty pláštěm budovy a obnovenou (využitou) část celkových tepelných zisků (metabolické zisky od obyvatel, energetická potřeba osvětlovacího zařízení, domácích spotřebičů a solární zisky). Nezohledňuje však ztráty vytápěcí soustavy a soustavy TV způsobené nestejným rozložením teploty, neúčinností regulace, obnovitelnými (využitelnými) ztrátami a pomocnou energií.

V závislosti na vstupních údajích zvolených pro nastavenou teplotu se v EN ISO 13790 uvádí metoda pro přímý výpočet součtu potřeby tepla a tepelných ztrát soustavy sdílení tepla bez vzájemného rozlišování. Způsob stanovení vnitřní teploty pro zohlednění části tepelných ztrát při sdílení tepla je definován ve stávající normě.

Účinky přerušovaného vytápění s ideálním regulačním zařízením lze vypočítat podle EN ISO 13790 a zohledňují se při stanovení potřeby tepla Q_h . Ve stávající normě jsou účinky neideálního regulačního zařízení (opožděný nebo předčasný ohřev) zohledněny jako tepelné ztráty soustavy sdílení tepla.

Stávající norma bere v úvahu účinek neideální regulace teploty prostoru.

5.2.1.6 TEPELNÉ ZTRÁTY $Q_{l,em}$

Tepelné ztráty části sdílení tepla $Q_{l,em}$ v J se vypočítají takto:

$$Q_{l,em} = Q_{em,str} + Q_{em,emb} + Q_{em,c} \quad (5-5)$$

kde:

$Q_{em,str}$ je tepelná ztráta způsobená nestejnoměrným rozložením teploty; (J)

$Q_{em,emb}$ tepelná ztráta způsobená polohou zdroje sálání (např. zabudovaného); (J)

$Q_{em,c}$ tepelná ztráta způsobená regulací vnitřní teploty. (J)

Metody pro výpočet těchto tepelných ztrát jsou uvedeny v části 5.4.

5.2.1.7 VÝPOČTOVÁ OBDOBÍ

Cílem výpočtu je stanovit roční potřebu primární energie vytápěcí soustavy a soustavy TV. To lze provést jedním z dále uvedených dvou různých postupů:

- použitím ročních údajů o provozní době soustavy a provedením výpočtů při použití ročních průměrných hodnot;
- rozdělením roku na určitý počet výpočtových období (např. měsíce, týdny) a provedením výpočtů pro každé období při použití hodnot, které závisejí na časovém období, a sečtením výsledků za všechna časová období roku.

5.2.1.8 PROSTOROVÉ ROZDĚLENÍ VYTÁPĚCÍ SOUSTAVY

Podle potřeby je možné rozdělit tepelnou soustavu do zón s různými soustavami sdílení tepla, přičemž lze výpočty tepelných ztrát provést pro každou zónu samostatně. Mají se dodržovat pokyny uvedené v části 1 prEN 15316 týkající se rozčlenění nebo rozvětvení tepelné soustavy. Bude-li použit princip součtu tepelných ztrát, bude vždy možné kombinovat zóny s různými soustavami sdílení tepla.

5.2.1.9 ÚČINNOST SOUSTAVY SDÍLENÍ TEPLA

Účinnost soustavy sdílení tepla je dána rovnicí:

$$e_{em} = \frac{E_{em}}{Q_h} \quad (5-6)$$

5.2.2 VÝPOČET ENERGIE PRO ČÁST SDÍLENÍ TEPLA

5.2.2.1 NESTEJNOMĚRNÉ ROZLOŽENÍ TEPLoty

5.2.2.1.1 Obecný přístup při výpočtu energetických ztrát způsobených nestejnoměrným rozložením teploty (výpočet úrovně D)

Energetická ztráta může být způsobena (viz obrázek 5-2):

- teplotní stratifikací, která má za následek zvýšenou vnitřní teplotou pod stropem a v horních částech místnosti;

- zvýšenou vnitřní teplotou a součinitelem prostupu tepla v blízkosti oken.
- konvekcí a sáláním z tepelné soustavy jinými vnějšími povrchy.

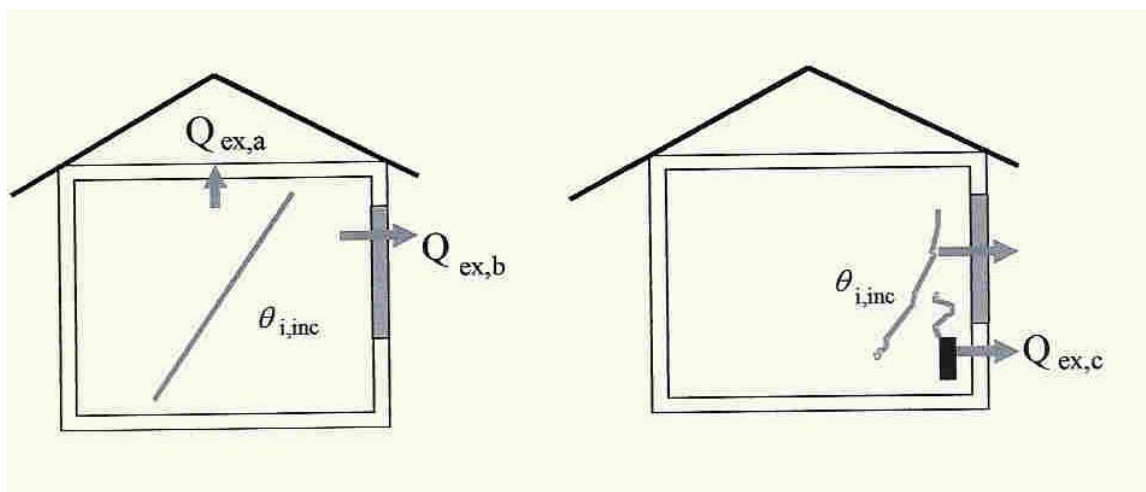
Tepelné ztráty způsobené nestejným rozložením teploty se vypočítají pomocí obecné rovnice pro tepelné ztráty přenosem zohledňující zvýšenou vnitřní teplotu, $\theta_{i,inc}$, a zvýšený součinitel prostupu tepla, který je zahrnut v hodnotě U vystaveného povrchu, U_{inc} :

$$Q_{em,emb} = \sum A \cdot U_{inc} \cdot (\theta_{i,inc} - \theta_e) \cdot t \quad (5-7)$$

kde:

A	je plocha stropu, vnější stěny za zdrojem sálání nebo oknem;	(m^2)
U_{inc}	hodnota vypočtená z izolace povrchu a ze součinitele prostupu tepla je ovlivněna konvekčním prouděním vzduchu ze zdroje sálání, odrazovým materiálem za zdrojem sálání, atd.;	$(W/m^2.K)$
$\theta_{i,inc}$	místně zvýšená vnitřní teplota, která je funkcí tepelné soustavy a teploty povrchu nebo teploty přiváděného vzduchu;	$(^{\circ}C)$
θ_e	venkovní teplota;	$(^{\circ}C)$
t	čas.	(h)

Výpočet měsíčního nebo ročního využití energie podle EN 832 vychází z předpokladu, že se teplota vzduchu rovná střední teplotě sálání. U soustav s významným podílem sálavého vytápění a s prostory obsahujícími velké studené plochy se střední teplota sálání může významně lišit od teploty vzduchu. U konvekčních soustav to vyvolá zvýšené tepelné ztráty větráním a u soustav sálavého vytápění snížené tepelné ztráty větráním.



OBRÁZEK 5-2

ÚČINKY ZPŮSOBENÉ NESTEJNOMĚRNÝM ROZLOŽENÍM TEPLoty

Problémem je získat vstupní údaje s přijatelnou přesností. Proto se mají zkušební metody vypracovat ve spolupráci komise CEN/TC 228 s komisemi CEN/TC pro příslušné výrobky s cílem definovat vstupní parametry pro výpočtové metody a zkušební podmínky.

Stratifikační účinek je obzvláště důležitý u prostorů s vysokými stropy. Metoda pro výpočet dodatečných tepelných ztrát je uvedena v EN 12831. Alternativní metoda používaná ve stávajících počítačových modelech spočívá v rozdělení prostoru na samostatné zóny a ve výpočtu odchylky teploty vzduchu pomocí výšky v prostoru.

5.2.2.1.2 Použití tabulkových hodnot účinnosti pro nesterjnoměrné rozložení teploty (výpočet úrovně B)

Je-li dána účinnost η_{em} soustavy sdílení tepla, lze vypočítat dodatečné tepelné ztráty způsobené částí sdílení tepla $Q_{em, str}$ v J takto:

$$Q_{em, str} = \frac{1 - \eta_{em}}{\eta_{em}} \cdot Q_h \quad (5-8)$$

5.2.2.1.2.1 Příklady hodnot účinnosti části sdílení tepla

Tabulka 5-1 uvádí účinnost sdílení tepla η_{em} pro zohlednění tepelných ztrát způsobených nesterjnoměrným rozložením teploty v prostoru. Tabulku je možné použít pro prostory s normální výškou stropu (< 4 m). Tyto hodnoty účinnosti sdílení tepla rovněž zahrnují účinek rozdílu mezi teplotou vzduchu a střední teplotou sálání.

	Roční průměrná potřeba tepla ve W/m ²			
část sdílení tepla	< 20	20–40	40–60	> 80
Otopné těleso pod oknem	0,97	0,96	0,93	0,90
Otopné těleso na vnitřní stěně	0,94	0,94	0,93	0,93
Konvektor pod oknem	0,93	0,93	0,89	0,86
Podlahové vytápění	1,00	1,00	1,00	1,05 *
Stropní vytápění	0,96	0,96	0,96	1,01 *
Teplovzdušné vytápění	0,91	0,90	0,85	0,83
POZNÁMKA: * Účinnost sdílení tepla je vyšší než 1 vzhledem k nižší teplotě vzduchu a tudíž nižším tepelným ztrátám způsobeným větráním				

TABULKA 5-1

ÚČINNOST SDÍLENÍ TEPLA η_{em}

Hodnoty v tabulce 5-1 vycházejí převážně z publikací od autorů Lebrun, Marret, Olesen a byly sestaveny pro účely prEN.

Dále prEN uvádí hodnoty účinnosti části sdílení tepla podle italské normy. Účinnost sdílení tepla v důsledku nesterjnoměrného rozložení teploty v případě prostorů, kde je výška nižší než 4 m, je uvedena v tabulce 5-2. Účinnost sdílení tepla v důsledku nesterjnoměrného rozložení teploty v případě prostorů, kde je výška větší než 4 m, je uvedena v tabulce 5-3.

Tabulka B.1 – Účinnost sdílení tepla, η_{em} , v případě prostorů s výškou < 4 m

Systém sdílení tepla	η_{em}
----------------------	-------------

Otopné těleso	0,97
Konvektor	0,94
Konvektor s ventilátorem	0,93
Teplovzdušný difuzér	0,92
Podlahové vytápění	0,98
Otápěné stropní panely	0,95

TABULKA 5-2 ÚČINNOST SDÍLENÍ TEPLA η_{em} U PROSTORŮ S VÝŠKOU < 4 m

Výška prostoru	< 5 m		5 m až 10 m		> 10 m	
Část sdílení tepla	A*	B*	A	B	A	B
Sálavé vytápění	0,95	0,90	0,94	0,89	0,93	0,88
Jednotka „fan coil“ pro vytápění a chlazení	0,92	0,86	0,91	0,84	0,83	0,75
Teplý vzduch (T < 60 °C)	0,90	0,84	0,85	0,77	0,80	0,70
Teplý vzduch (T > 60 °C)	0,88	0,78	0,83	0,70	0,78	0,60
Poznámka: * A: Dobře větrané prostory * B: Nevětrané prostory						

TABULKA 5-3 ÚČINNOST SDÍLENÍ TEPLA η_{em} U PROSTORŮ S VÝŠKOU > 4 m

5.2.2.1.3 Použití tabulkových hodnot pro ekvivalentní zvýšení vnitřní teploty způsobené nestejným rozložením teploty (výpočet úrovně B)

Tepelné ztráty způsobené nestejným rozložením teploty lze vypočítat podle EN ISO 13790 pomocí ekvivalentní zvýšené vnitřní teploty. Ekvivalentní zvýšení vnitřní teploty se může použít při výpočtu odpovídajícího zvýšení tepelné ztráty dvěma různými způsoby:

- vynásobením vypočtené potřeby tepla budovy, Q_h , činitelem, který je založen na poměru ekvivalentního zvýšení vnitřní teploty, $\Delta\theta_i$, a průměrného rozdílu vnitřní a venkovní teploty prostoru během topné sezóny:

$$Q_{em, str} = Q_h \cdot \frac{(1 + \Delta\theta_i)}{(\theta_i - \theta_{e, avg})} \quad (5-9)$$

- přepočtem potřeby tepelné energie budovy podle EN 832 nebo EN ISO 13790 při použití ekvivalentní zvýšené vnitřní teploty.

5.2.2.1.3.1 Příklady hodnot ekvivalentního zvýšení vnitřní teploty $\Delta\theta_i$ u různých typů zdrojů sálání

Uplatňuje se postup pro stanovení ekvivalentního zvýšení vnitřní teploty podle francouzského předpisu RT2000.

Ke zvýšení vnitřní teploty dochází v důsledku:

- prostorového kolísání způsobeného stratifikací v závislosti na tepelné soustavě;
- časového kolísání v závislosti na kapacitě regulačního zařízení pro zajištění stejnoměrné (homogenní) a konstantní teploty.

Zvýšená vnitřní teplota θ_i zohledňující tepelnou soustavu se vypočítá podle rovnice⁴:

$$\theta_i = \theta_{ii} + \delta\theta_{vs} + \delta\theta_{vt} \quad (5-9a)$$

kde:

θ_i je počáteční vnitřní teplota; (°C)

$\delta\theta_{vs}$ prostorové kolísání teploty; (°C)

$\delta\theta_{vt}$ časové kolísání teploty. (°C)

Ve výpočtech se namísto počáteční vnitřní teploty používá zvýšená vnitřní teplota.

Zóny

Pokud předpoklady podle 5.2.1.8 naznačují rozdělení tepelné soustavy do zón, tj. skupin prostorů, provádí se výpočet vnitřní teploty pro každou zónu. Vnitřní teplota zóny se stanoví na základě zohlednění vnitřní teploty sdružených prostorů. Vážící koeficienty se stanovují z povrchových ploch každého prostoru.

Třída prostorového kolísání	Zdroj sdílení tepla	Prostorové kolísání pro výšku stropu < 4 m (K)	Dodatečné prostorové kolísání pro výšku stropu > 4 m (K/m)
A	Podlahové vytápění	0	0
B	Kazety, trubky a sálavé stropy	0,5	0,2
C	Jiné zdroje	0,5	0,4

TABULKA 5-4 PROSTOROVÁ KOLÍSÁNÍ PODLE TYPU ZDROJE SÁLÁNÍ A ODPOVÍDAJÍCÍ TŘÍDA PROSTOROVÉHO KOLÍSÁNÍ

Prostorové kolísání

Prostorové kolísání závisí na:

⁴ Prostorové a časové kolísání teploty může záviset na tepelném výkonu. Jelikož doposud chybí dostatečné údaje, neberou se taková kolísání v úvahu.

- typu zdroje sdílení tepla;
- výšce stropu.

Časové kolísání

Časové kolísání závisí na druhu zdroje sálání a na způsobu regulace. Připravované normy umožní charakterizovat konečnou účinnost regulace. V závislosti na amplitudě, přesnosti zobrazení a driftu namáhání se předpokládají čtyři třídy konečné účinnosti regulace. Tyto třídy jsou popsány v tabulce 5-5.

Třída	Amplituda regulace		Přesnost zobrazení		Odchylka při zatížení
4	$\leq 0,5$ K	a	$\leq 0,5$ K	a	$\leq 0,5$ K
3	$\leq 1,0$ K	a	$\leq 1,0$ K	a	$\leq 1,0$ K
2	$\leq 2,0$ K	a	$\leq 2,0$ K	a	$\leq 2,0$ K
1	$> 2,0$ K	nebo	2,0 K	nebo	$> 2,0$ K

TABULKA 5-5

TŘÍDY KONEČNÉ ÚČINNOSTI REGULACE

Necharakterizované regulátory se považují za ekvivalentní regulátorům třídy 1 podle tabulky 5-5.

Pokud tyto normy a certifikáty nebudou k dispozici, bude pro charakteristiku konečné účinnosti regulátoru dostačující zkušební protokol nezávislé zkušebny.

Hodnoty

Třídy časových kolísání jsou definovány v tabulce 5-6.

Třída časového kolísání	Časové kolísání (K)
A	0,3
B	0,6
C	0,9
D	1,2
E	1,5
F	2,0

TABULKA 5-6

TŘÍDY ČASOVÉHO KOLÍSÁNÍ

V tabulce 5-7 je uvedena třída časového kolísání v závislosti na typu regulace a typu zdroje sálání. Není-li uvedeno jinak, odpovídají hodnoty regulaci jednotlivých místností.

Typ regulátoru a typ zdroje sálání	Třída časového kolísání
Konečná účinnost regulace, třída 4	B
Konečná účinnost regulace, třída 3 Přímý elektrický zdroj sálání s vestavěným regulátorem teploty schválen k označení „NF- kategorie účinnosti C“ Zabudovaný zdroj sálání a pokojový regulátor teploty schválen k označení „NF -kategorie účinnosti B“	C
Termostatický ventil schválen k označení CENCER Přímý elektrický zdroj sálání s necertifikovaným vestavěným regulátorem teploty Zabudovaný zdroj sálání a pokojový regulátor teploty, který není schválen k označení „NF - kategorie účinnosti B“	D
Konečná účinnost regulace, třída 2 Necertifikovaný termostatický ventil Necharakterizovaná regulační soustava klimatizace umožňující úplné zastavení sdílení tepla sáláním	E
Ostatní necharakterizované regulátory neumožňující úplné zastavení sdílení tepla sáláním (např. jednotky pro ohřev a větrání regulované pouze chodem ventilátoru)	F

TABULKA 5-7

KLASIFIKACE REGULÁTORŮ A ZDROJŮ SÁLÁNÍ

Soustavy podlahového vytápění jsou charakterizovány značnou samoregulací a malým rozdílem mezi teplotou vzduchu a výslednou (operativní)⁵ teplotou. Z tohoto důvodu bude třída účinnosti uvedená v tabulce 5-7 platit i v případě, pokud bude soustava podlahového vytápění vybavena pouze zónovou regulací. Jestliže je soustava podlahového vytápění vybavena regulací jednotlivých místností, platí vyšší třída účinností, než která je uvedena v tabulce.

⁵ Místo výsledné teploty je přesné znění operativní teplota. Operativní teplota vyjadřuje komplexní účinek teploty vzduchu a teploty okolních ploch. Závisí na součiniteli přestupu tepla sáláním a součiniteli přestupu tepla prouděním. Pro zjednodušující podmínky, rychlost proudění vzduchu $\leq 0,2$ m/s a střední radiační teplotu $\theta_r < 50$ °C, které jsou zpravidla v bytových a občanských budovách splněné (tj. součinitelé přestupu tepla sáláním a prouděním jsou přibližně stejní), se může operativní teplota vyjádřit vztahem $\theta_o = \theta_i = 0,5 \cdot (\theta_{ai} - \theta_r)$ kde θ_o je operativní teplota, θ_i je výsledná teplota, θ_{ai} je teplota vnitřního vzduchu a θ_r je střední radiační teplota.

Podle vyhlášky č. 152/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé užitkové vody, měrné ukazatele spotřeby tepla pro vytápění a pro přípravu teplé užitkové vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům, výsledná teplota zohledňuje vedle teploty vnitřního vzduchu i vliv sálání okolních stěn. Měří se kulovým teploměrem.

5.2.2.2 TEPELNÉ ZTRÁTY ZABUDOVANÉHO ZAŘÍZENÍ PRO VELKOPLOŠNÉ VYTÁPĚNÍ ZPŮSOBENÉ DODATEČNÝM PŘENOSEM NA VNĚJŠÍ STANU

Velkoplošné sálavé vytápění tvoří soustavy podlahového, stropního a stěnového vytápění apod.

Tepelná ztráta nastává pouze tehdy, pokud jedna strana části budovy obsahující zabudovaná vytápěcí zařízení je orientována vně k zemi, do nevytápěného prostoru nebo prostoru, který patří k jiné stavební části.

Jestliže jsou v instalaci vytápění použity zabudované zdroje sálání s různými charakteristikami (např. izolací), je nutné je uvažovat při provádění jednotlivých výpočtů.

POZNÁMKA Jestliže byla ve výpočtech podle EN 832 nebo EN ISO 13790 vzata v úvahu zvýšená teplota stavebního prvku, nesmí se již znovu použít. V případě nepodsklepené podlahové desky je u velkých budov důležité použít ekvivalentní hodnotu U_e podle EN 13870 nebo EN 12831.

Tepelná ztráta způsobená dodatečným prostupem do vnějšího prostředí se vypočítá (viz obrázek 5-3):

Nezbytné sdílení tepla v místnosti:

$$Q_i = A \cdot U_i \cdot (\theta_m - \theta_i) \cdot t \quad (5-10)$$

Tepelná ztráta na opačnou stranu:

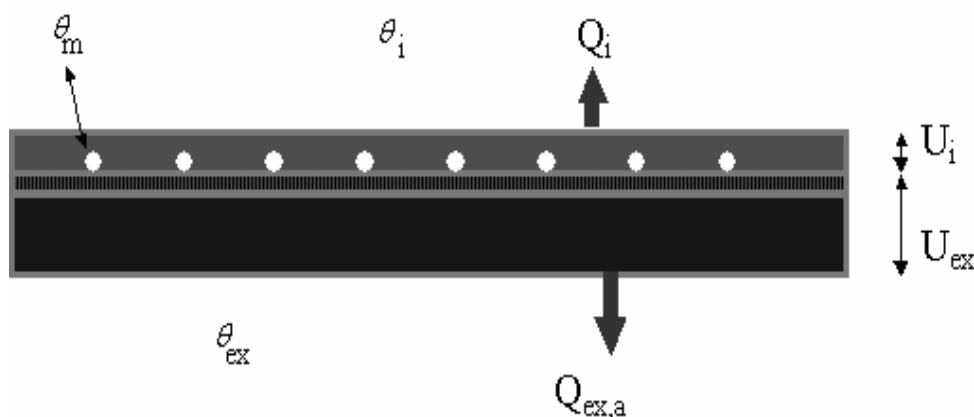
$$Q_{ex,a} = A \cdot U_{ex} \cdot (\theta_m - \theta_{ex}) \cdot t \quad (5-11)$$

Výsledkem kombinace těchto rovnic je:

$$Q_{ex,a} = \left[\frac{U_{ex}}{U_i} \cdot Q_i + A \cdot U_{ex} \cdot (\theta_i + \theta_{ex}) \right] \cdot t \quad (5-12)$$

kde:

A	je plocha povrchu se zabudovaným vytápěcím zařízením;	(m ²)
U_{ex}	součinitel prostupu tepla mezi úrovní topného média a vnějším prostředím, zemí, sousední jednotkou nebo nevytápěným prostorem;	(W/m ² .°C)
U_i	součinitel prostupu tepla mezi úrovní média a vytápěným prostorem;	(W/m ² .°C)
θ_m	průměrná teplota na úrovni topného média;	(°C)
θ_{ex}	vnější teplota, teplota země, teplota v sousední jednotce nebo teplota v nevytápěném prostoru;	(°C)
θ_i	vnitřní teplota;	(°C)
t	čas.	(h)



OBRÁZEK 5-3 PŘENOS TEPLA U ZABUDOVANÉHO ZAŘÍZENÍ PRO POVRCHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Přenos tepla do země lze vypočítat podle EN ISO 13370.

Dalším způsobem vyjádření tepelných ztrát zabudovaného zdroje sálání je uvedení ztrát jako procenta potřeby tepla (požadavek na teplo) prostoru.

Tepelné ztráty se vypočítají takto:

$$Q_{em,emb} = Q_h \cdot \sum_{emb} \frac{A_{emb}}{A_{zone}} \cdot \frac{x_l}{100} \quad (5-13)$$

kde:

A_{emb}	je	plocha povrchu otápěná zabudovaným zdrojem sálání;	(m ²)
A_{emb}		plocha povrchu zóny;	(m ²)
x_l		procento tepelných ztrát.	(od 0 do 100)

$$x_l = \frac{R_i}{\frac{1}{b \cdot U} - R_i} \quad (5-14)$$

kde:

R_i	je	tepelný odpor součásti pláště budovy mezi úrovní topného média a vytápěným prostorem;	(m ² .K/W)
U		součinitel prostupu tepla součásti pláště budovy;	(W/m ² .°C)
b		korekční činitel pro teplotu, který bere v úvahu snížení teploty, např. nevytápěný prostor, pokud to již nebylo zohledněno v hodnotě U .	(-)

Díly pláště budovy ve styku se zemí

Jestliže je díl pláště budovy ve styku se zemí, vypočítá se procento tepelných ztrát podle rovnice:

$$x_1 = 100 \cdot \frac{R_i}{\frac{A_G}{L_G} - R_i} \quad (5-15)$$

kde:

L_G je část součinitele tepelné ztráty v ustáleném stavu podle EN ISO 13370; (W/K)

A_G povrch součásti pláště budovy ve styku se zemí. (m^2)

5.2.2.3 REGULACE VNITŘNÍ TEPLoty

5.2.2.3.1 Obecný přístup

Tato metoda zahrnuje pouze regulaci části sdílení tepla a nebere v úvahu vlivy, které může mít regulace (ústřední nebo místní) na účinnost části výroby tepla a na tepelné ztráty z části rozvodu tepla.

Neideální regulace může způsobit kolísání teploty a odchylky od nastavené teploty v důsledku fyzikálních charakteristik regulační soustavy, umístění senzorů a charakteristik samotné tepelné soustavy. To může vyvolat zvýšení nebo snížení tepelných ztrát pláštěm budovy ve srovnání s tepelnými ztrátami vypočítanými za předpokladu konstantní vnitřní teploty. Schopnost využívat vnitřní zisky (od lidí, zařízení, sálání sluneční energie) závisí na typu soustavy sdílení tepla a způsobu regulace.

Tepelné ztráty způsobené regulací soustavy sdílení tepla lze vypočítat různými způsoby. Použitá metoda závisí na druhu údajů, které jsou dostupné v případě výkonnosti regulační soustavy, tzn. buď účinnost regulace $\eta_{c,em}$ (viz 5.2.2.3.2), činitel energetické náročnosti $e_{c,em}$ (viz 5.3.3.3) nebo ekvivalentní zvýšení vnitřní teploty, $\Delta\theta_i$, (viz 5.2.2.3.4). Všechny výpočty jsou výpočty úrovně B.

5.2.2.3.2 Metoda využívající účinnost regulace $\eta_{c,em}$ (výpočet úrovně B)

Jestliže je dána účinnost regulace, lze tepelné ztráty způsobené soustavou sdílení tepla $Q_{c,em}$ vypočítat takto:

$$Q_{c,em} = \frac{1 - \eta_{c,em}}{\eta_{c,em}} \cdot Q_h \quad (5-16)$$

kde:

$\eta_{c,em}$ je účinnost regulace. (-)

5.2.2.3.2.1 Příklady hodnot $\eta_{c,em}$

Účinnost regulace a její hodnoty jsou převzaty z italské legislativy. Účinnost regulace pro různé typy zdrojů sálání a pro regulační soustavy je uvedena v tabulce 5-8.

Regulace	Typologie	Zdroje sálání		
		Otopná tělesa a konvektory	Sálavé panely izolované od konstrukce budovy	Sálavé panely zabudované v konstrukci budovy
Ústřední regulace	$\eta_{c,emc} = K - (0,6 \cdot g \cdot \gamma_u)$	$K = 1$	$K = 0,98$	$K = 0,94$
Pouze individuální regulace (místnosti)	Dvoupolohová regulace s hysterezí	0,94	0,92	0,88
	P regulátor (Proporcionální pásmo 1 °C)	0,98	0,96	0,92
	P regulátor (Proporcionální pásmo 1 °C)	0,96	0,94	0,90
Individuální regulace + regulace teploty otopného média	Dvoupolohová regulace s	0,97	0,95	0,93
	P regulátor (Proporcionální pásmo 1 °C)	0,99	0,98	0,96
	P regulátor (Proporcionální pásmo 2 °C)	0,98	0,97	0,95
Pouze zónová regulace	Dvoupolohová regulace s hysterezí	0,93	0,91	0,87
	P regulátor (Proporcionální pásmo 1 °C)	0,97	0,96	0,92
	P regulátor (Proporcionální pásmo 2 °C)	0,95	0,93	0,89
Zónová regulace + regulace teploty otopného média	Dvoupolohová regulace s hysterezí	0,96	0,94	0,92
	P regulátor (Proporcionální pásmo 1 °C)	0,98	0,97	0,95
	P regulátor (Proporcionální pásmo 2C)	0,97	0,96	0,94
<p>Údaje uvedené v tabulce se týkají provozu tepelné soustavy při konstantní teplotě místnosti nebo nočním provozu při snížené vnitřní teplotě.</p> <p>V případě přerušovaného provozu bez optimalizátoru se musí hodnoty uvedené v tabulce snížit o 0,02. Pokud je použit optimalizátor, nepoužívá se žádné snížení.</p>				

TABULKA 5-8

ÚČINNOST REGULACE $\eta_{c,em}$

5.2.2.3.3 Metoda využívající činitel energetické náročnosti (výpočet úrovně B)

Vliv regulace je dán činitelem energetické náročnosti $e_{c,em}$. Vyjadřuje vztah mezi energií využívanou vlastní soustavou sdílení tepla a energií využívanou ideální tepelnou soustavou podle

EN 832 nebo EN ISO 13790. Tepelnou ztrátu způsobenou regulací soustavy sdílení tepla lze vypočítat takto:

$$Q_{c,em} = Q_h \cdot (e_{c,em} - 1) \quad (5-17)$$

5.2.2.3.3.1 Příklady činitelů energetické náročnosti u různých zdrojů sálání

Činitelé energetické náročnosti jsou převzaty z německé praxe, a to z DIN V 4701-10 a ze směrnice Svazu německých inženýrů VDI 2067 - sešit 20.

5.2.2.3.3.1.1 Činitelé energetické náročnosti podle DIN V 4701-10

V tabulce 5-9 jsou uvedeny činitele energetické náročnosti pro sdílení tepla včetně regulace jako funkce potřeby energie, typu soustavy sdílení tepla a typu regulace. Rovněž jsou uvedeny příslušné dodatečné ztráty na 1 m^2 . Hodnoty byly vypočteny za předpokladu stejnoměrného rozložení teploty v prostoru a poměru tepelných zisků a ztrát $g = 0,5$.

Soustava	Regulace	Činitel energetické náročnosti $e_{c,em}$ Potřeba $q_{h,H}$ v kWh/m ² a						Dodatečné ztráty $q_{H,ce}$ kWh/m ² a
		40	50	60	70	80	90	
<i>Teplovodní vytápění</i>								
Otopná tělesa								
a) vnější stěna	Termostatický ventil a proporcionální re- gulace s pásmem:							
	2 K	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	3,3
	1 K	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,1
	Elektronická regula- ce	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,7
	Elektronická regula- ce s optimalizátorem	1,01	1,01	1,01	1,01	1,0	1,0	0,4
b) vnitřní stěna	Připočítat k výše uvedeným hodnotám	+0,03	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01	$q_{ce} + 1,1$
Zabudované otopné plochy								
Podlahové vytápění a jiné velkoplošné vytápění	Místní dvoupolohová regulace							
	Rozdíl 2 K	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	3,3
	Rozdíl 0,5 K	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,1
	Elektronická regula- ce	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,7
	Elektronická regula- ce s optimalizátorem	1,01	1,01	1,01	1,01	1,0	1,0	0,4
<i>Elektrické vytápění</i>								
a) Na venkovní stěně	Místní regulace							
Přímotopné vytápění		1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,7

Vytápění akumulacním zařízením		1,11	1,09	1,07	1,06	1,06	1,05	4,4 ¹
b) Na vnitřních stěnách	Připočítat k výše uvedeným hodnotám	+0,03	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01	q _{ce} + 1,1

TABULKA 5-9

ČINITELÉ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PRO REGULACI SDÍLENÍ TEPLA,
DIN V 4701-10⁶

Mezní podmínky pro hodnoty v tabulce 5-9 jsou:

- nepřerušované vytápění;
- otopná tělesa: lehká, průměrná návrhová teplota vody do 75 °C a průměrný pokles teploty 12 až 20 K;
- podlahové vytápění: mokré nebo suché provedení a vytápěný prostor pod ním;
- elektrické akumulací vytápění.

5.2.2.3.3.1.2 Činitel energetické náročnosti podle VDI 2067-20

Činitel energetické náročnosti se určuje z dále uvedených grafů na obrázcích 5-4 až 5-13. Korigence Δe_1 pro činitele, které nejsou obsaženy v grafech C.2.2 a C.2.3, jsou uvedeny v tabulkách.

Činitel energetické náročnosti e_1 je dán jako funkce činitele, který se nazývá „roční průměrný relativní tepelný výkon“ β_Q který se vypočítá:

$$\beta_Q = \frac{Q_h}{(t_{rok} \cdot q_D)} \quad (5-17a)$$

kde:

Q_h je potřeba tepla pro budovu; (J)

t_{rok} 8 760 h; (h)

q_D návrhový tepelný výkon (podle EN 12831). (W)

Roční průměrný relativní tepelný výkon zahrnuje vliv hmotnosti budovy, úrovně izolace a vnitřního zatížení (velikost oken, orientace místnosti, obyvatelé atd.).

Hodnoty v grafech jsou založeny na výpočtech, které souvisejí s provozní teplotou (pohoda) uprostřed prostoru. Prostorem použitým v počítačové simulaci je typická kancelářská místnost (4 m × 5 m × 2,7 m) s jednou venkovní stěnou s oknem. Předpokládá se, že prostor je obklopen prostory se stejnou vnitřní teplotou.

⁶ V souvislosti se zavedením energetického průkazu v SRN byl v roce 2005 publikován soubor 10 částí návrhu normy DIN V 18599 Energetické oceňování budov - Výpočet čisté, konečné a prvotní energie pro vytápění, chlazení, větrání, přípravu TV a osvětlení. Část 5 Konečná potřeba energie pro otopné soustavy má mírně odchylnou strukturu od detailního pojednání prEN, pravděpodobně pro zjednodušení celého postupu. Nicméně autoři dokumentu uvádějí, že pečlivě sledují zpracování EN a vyladí dokumenty se zněním EN (proto DIN V).

Grafy jsou k dispozici pouze pro otopná tělesa a pro podlahového vytápění. Předpokládá se, že otopná tělesa jsou nainstalována pod oknem. U podlahového vytápění se předpokládá, že nezahrnují dodatečné obvodové vytápění.

Provoz soustavy

Činitele energetické náročnosti podle grafů jsou stanoveny pro ústřední regulaci teploty přívodní (vstupní) vody v závislosti na venkovní teplotě. U soustavy s automatickou místní regulací není činitel energetické náročnosti ovlivněn ústřední regulací. Konstantní teplota přívodní vody tyto hodnoty výrazně neovlivní.

Jsou uvedeny tři druhy ústředního provozu: 24hodinový nepřetržitý provoz, noční provoz při snížené vnitřní teplotě a noční provoz při snížené vnitřní teplotě s rychlým zátopem. Činitel energetické náročnosti je vždy vyšší u nočního provozu při snížené vnitřní teplotě než u 24hodinového nepřetržitého provozu. To je způsobeno dynamickými podmínkami, které zahrnují dodatečný rozdíl v porovnání s „ideální“ nehmotnou tepelnou soustavou. Avšak při zohlednění absolutních hodnot roční potřeby energie se při nočním provozu při snížené vnitřní teplotě docílí nižší potřeby energie.

Místní regulace

Pro místní regulaci, např. regulaci průtočného množství, jsou v grafech pro otopná tělesa a také pro podlahové vytápění uvedeny hodnoty pro PI regulátor se snímačem teploty nainstalovaným na zdi. Korekce pro dvupolohovou regulaci je uvedena v tabulce 5-11.

U ventilu otopného tělesa s termostatickou hlavicí je činitel energetické náročnosti ovlivněn proporcionálním pásmem. Grafy pro otopná tělesa odpovídají proporcionálnímu pásmu 2 K. Korekce pro proporcionální pásmo 1 K a 3 K jsou uvedeny v tabulce 5-10. Hystereze neovlivňuje hodnotu.

U podlahového vytápění jsou v grafech uvedeny rovněž hodnoty pro prostory bez místní regulace, tzn. že je použita pouze ústřední regulace teploty přívodní vody. Jestliže ústřední regulace reguluje průměrnou teplotu přívodní a vratné vody v závislosti na venkovní teplotě, je korekční činitel uveden v tabulce 5-12.

Regulace rychlosti průtoku vody nebo regulace teploty přívodní vody nemá významný vliv na energetické ztráty.

Druh zdroje sdílení tepla

Grafy obsahují dva typy zdrojů sdílení tepla: otopná tělesa a podlahového vytápění. Otopná tělesa se dělí na těžká (litinová, ocelová, třívrstvá, atd.) a lehká (panely). Podlahového vytápění se dělí na těžké (zabudované v betonu) a lehké (suchá konstrukce s panely naplněnými vodou).

Otopná tělesa jsou dimenzována pro nízkou, střední nebo vysokou teplotu přívodní vody (viz tabulka 5-14). Grafy uvádějí činitele energetické náročnosti pro každou z těchto tří tříd. Činitele energetické náročnosti v grafech jsou založeny na rozdílu teplot přívodní a vratné vody 12 až 25 K. Korekce pro nižší rozdíly (< 11 K) a vyšší rozdíly (> 26 K) jsou uvedeny v tabulce 5-15.

Soustavy podlahového vytápění jsou dimenzovány podle ČSN EN 1264. Při použití PI regulace nebo dvupolohové regulace není účinek vzdálenosti trubek a návrhové teploty vody významný. V případě soustav podlahového vytápění jsou grafy založeny na dřevěné podlahové krytině ($0,05 \text{ m}^2\text{C}^\circ/\text{W}$). Korekce pro jiné podlahové krytiny, jako jsou dlaždice a koberec, jsou uvedeny v tabulce 5-13.

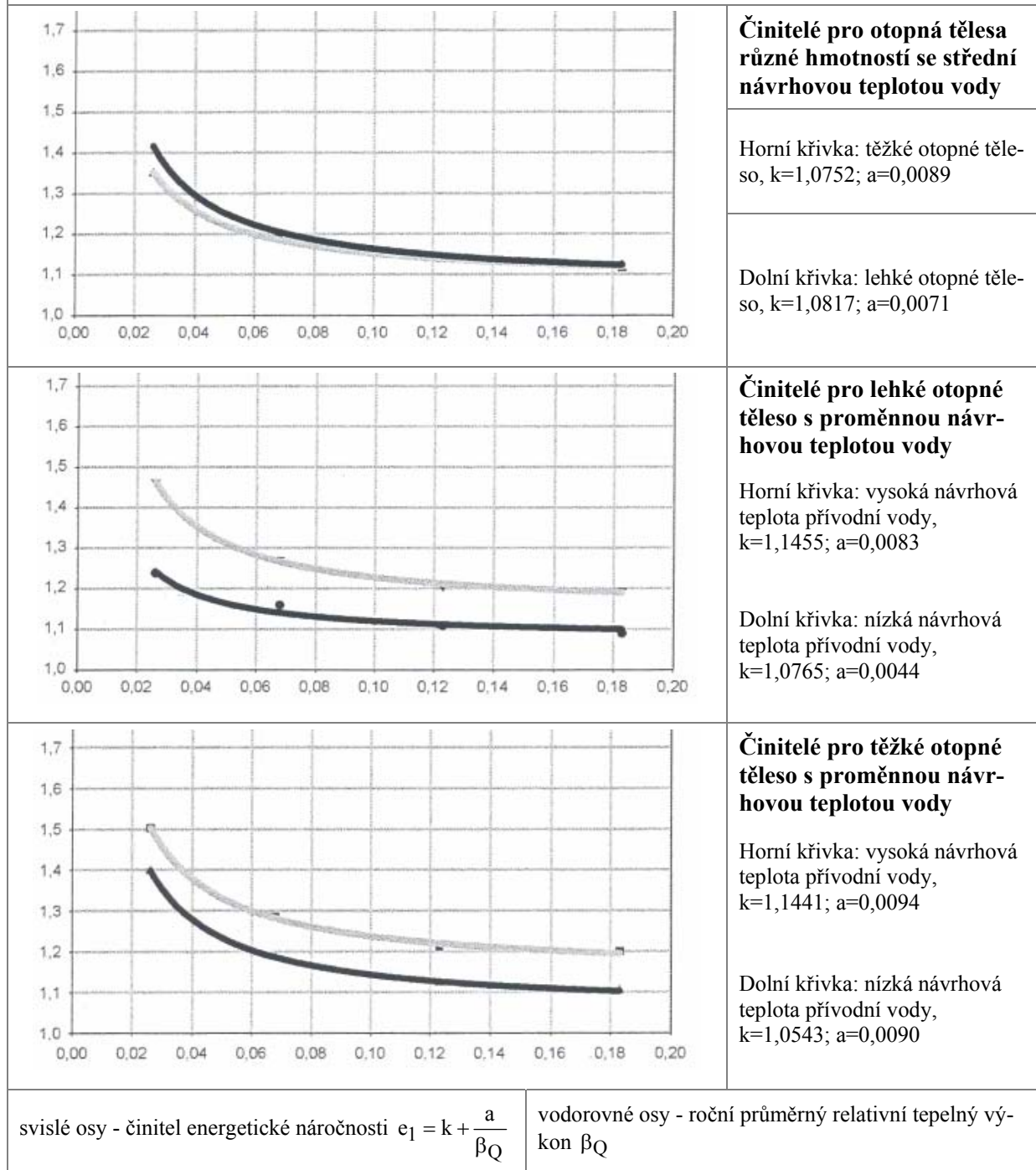
5.2.2.3.3.1.2.1 Činitel energetické náročnosti pro otopná tělesa

Grafy na obrázku 5-4 až 5-9 uvádějí činitel energetické náročnosti e_1 pro otopná tělesa – na obrázku 5-4 pro nepřetržité vytápění, na obrázku 5-5 pro noční provoz při snížené vnitřní teplotě a obrázku 5-5 pro noční provoz při snížené vnitřní teplotě s rychlým zátopem.

Na obrázcích jsou činitelé energetické náročnosti $e_1 = k + \frac{a}{\beta_Q}$ pro část sdílení tepla (otopných

plach) a podle vzorce 5-17. Označení e_1 (VDI 2067) je totožné s označením $e_{c,em}$. Jsou uvažovány provozní vytápění a regulace: trvalý bez útlumu (poklesu teploty), s nočním útlumem (poklesem teploty) a s nočním útlumem a následným rychlým zátopem na požadovanou teplotu. Hodnoty v diagramech byly stanoveny pro základní okrajové podmínky: termostatické ventily TRV, PI-regulátor se spojitou regulací a akčním členem (s pohonem), lehká a těžká tělesa, nízkou a vysokou návrhovou teplotu otopné vody. Korekce pro jiné kombinace jsou uvedeny v tabulkách 5-10 až 5-15.

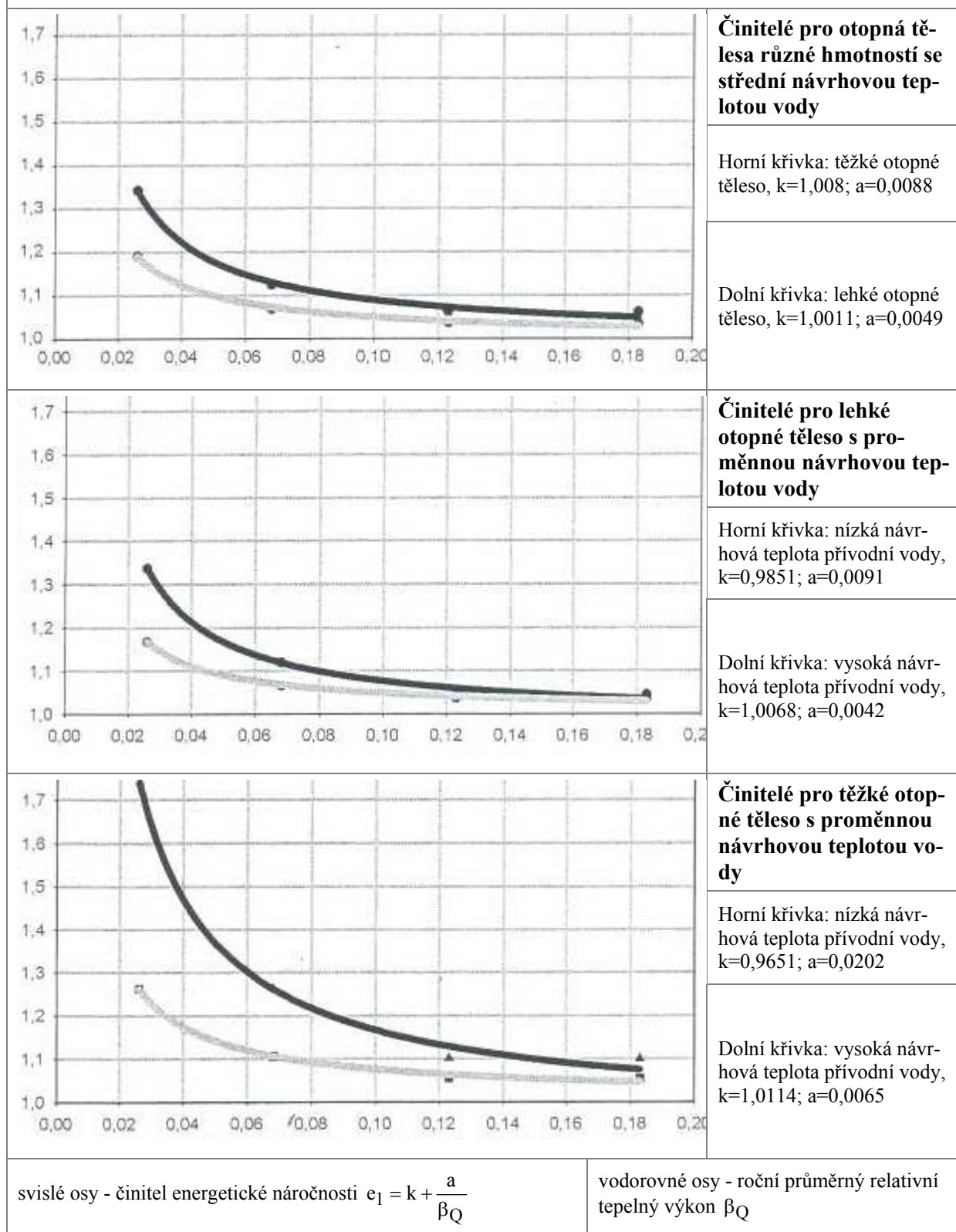
Individuální regulace místnosti ventily s termostatickou hlavicí
návrhové pásmo proporcionality 2°C
hodnoty činitelů energetické náročnosti



OBRÁZEK 5-4

OTOPNÁ TĚLESA S NEPŘETRŽITÝM PROVOZEM - TRV

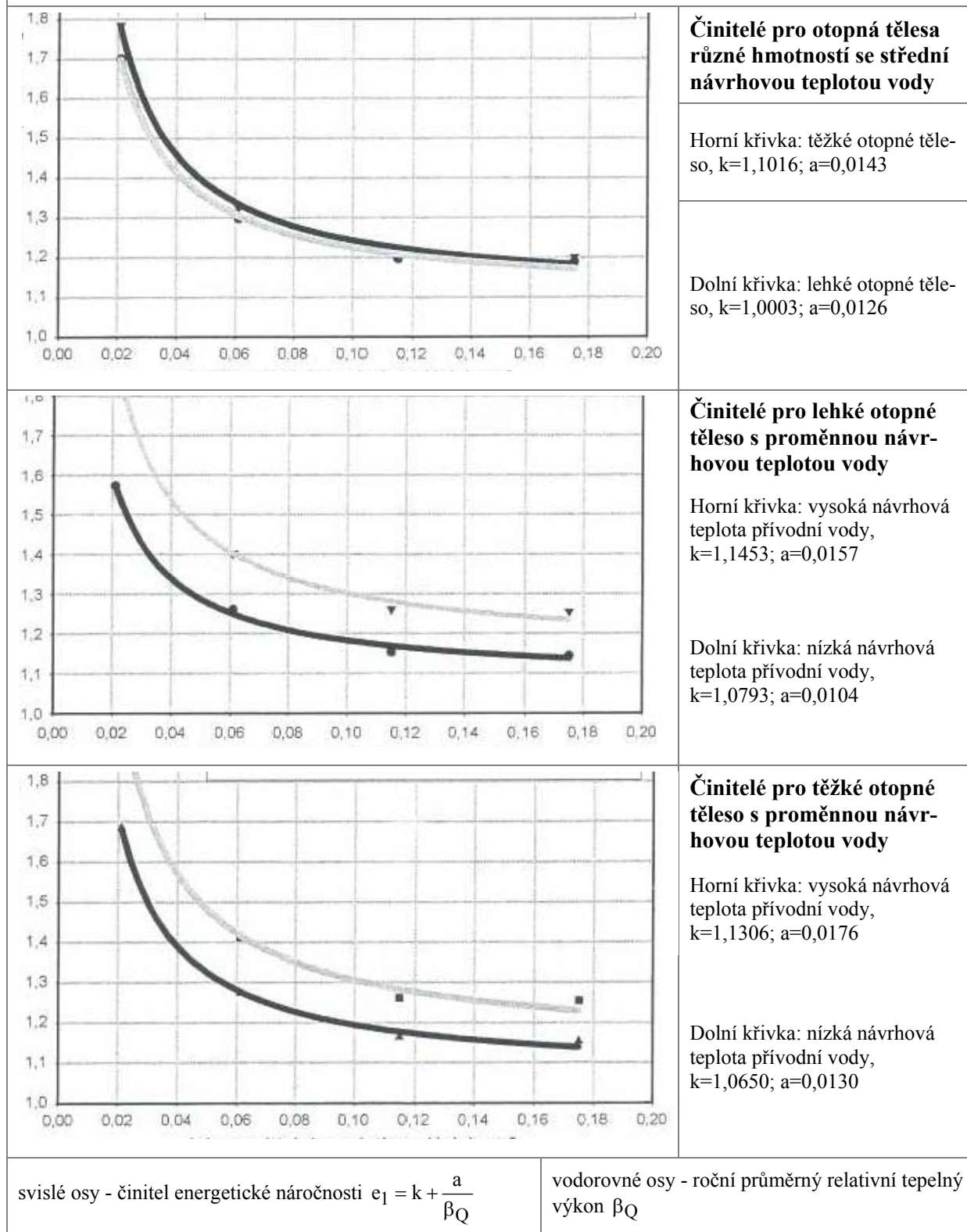
Regulace teploty v místnosti PI - regulátorem s akčním členem
návrhové pásmo proporcionality 2°C
hodnoty činitelů energetické náročnosti



OBRÁZEK 5-5

OTOPNÁ TĚLESA S NEPŘETRŽITÝM PROVOZEM - PI REGULÁTOR

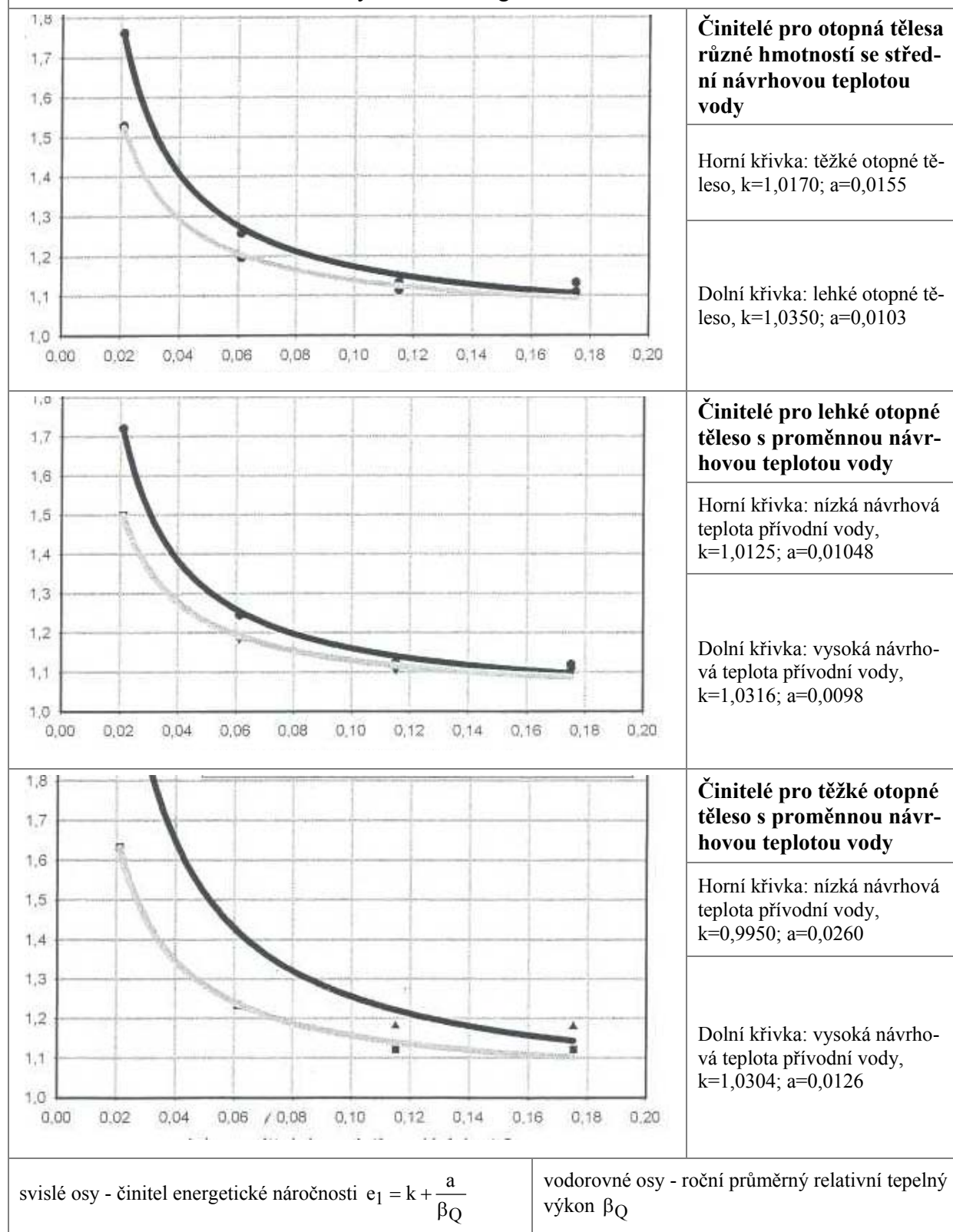
Individuální regulace místnosti ventily s termostatickou hlavicí
návrhové pásmo proporcionality 2°C
hodnoty činitelů energetické náročnosti



OBRÁZEK 5-6

OTOPNÁ TĚLESA S NOČNÍM POKLESEM VNITŘNÍ TEPLoty - TRV

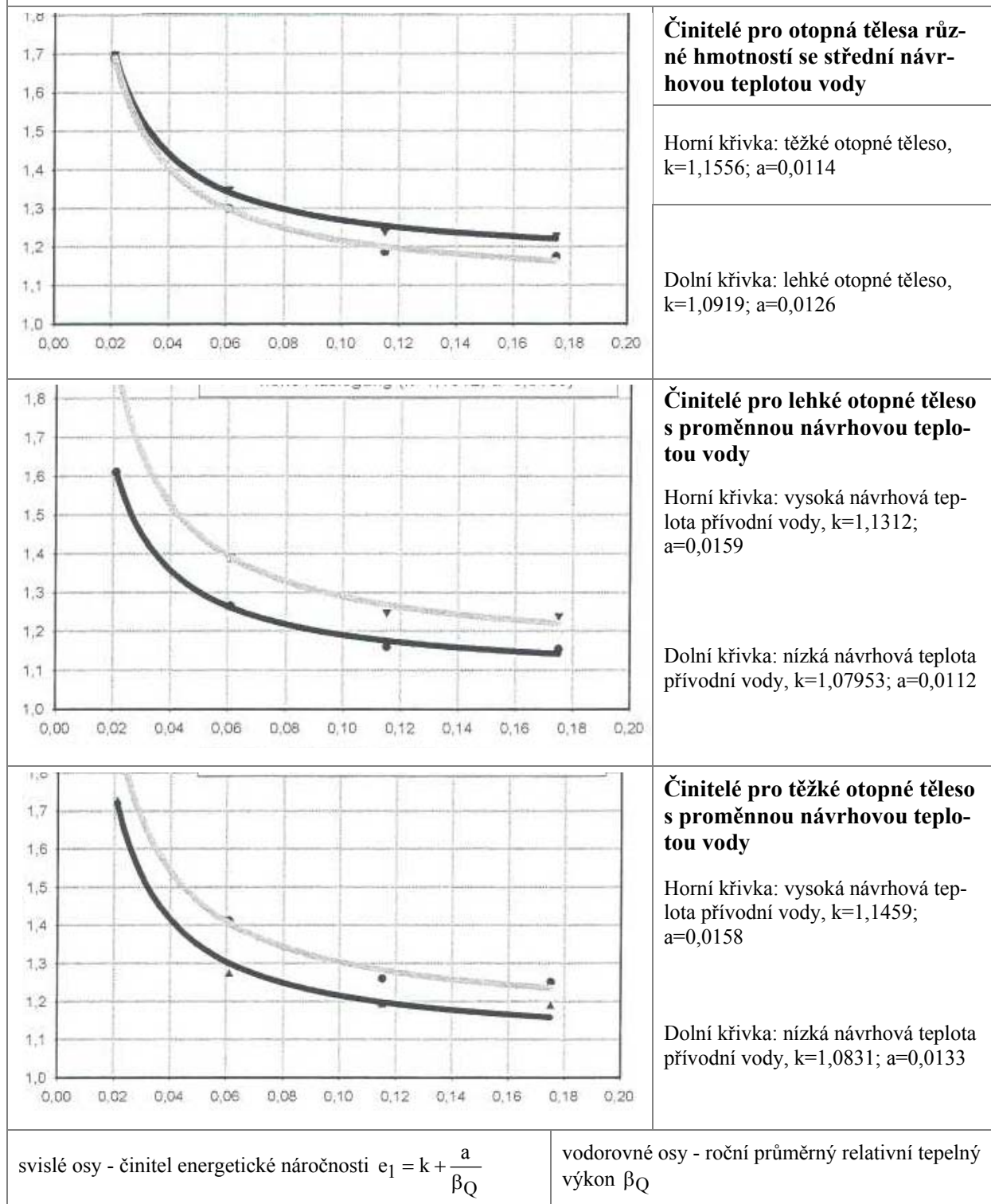
Regulace teploty v místnosti PI - regulátorem s akčním členem
návrhové pásmo proporcionality 2°C
hodnoty činitelů energetické náročnosti



OBRÁZEK 5-7

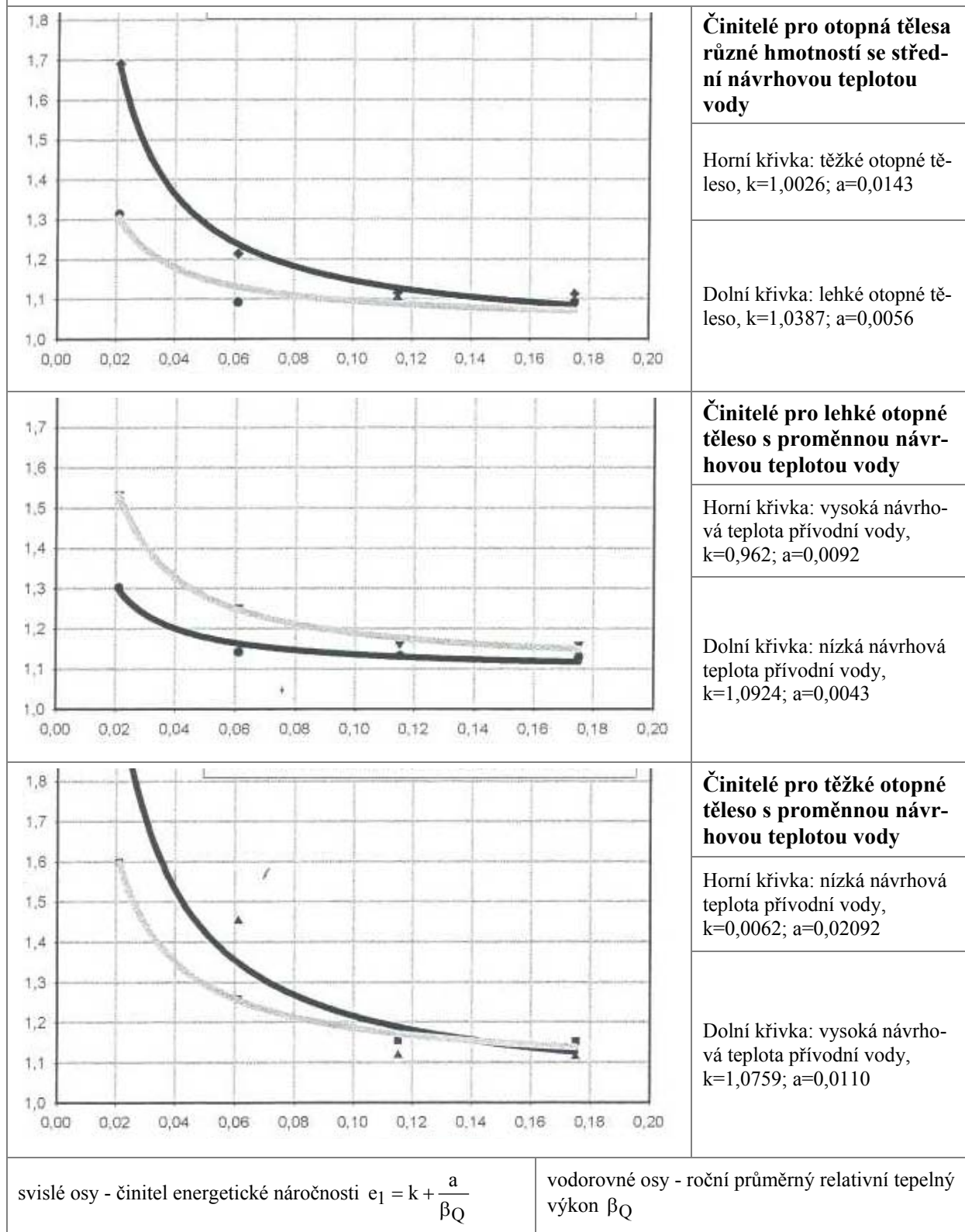
OTOPNÁ TĚLESA S NOČNÍM POKLESEM VNITŘNÍ TEPLoty - PI REGULÁTOR

Individuální regulace místnosti ventily s termostatickou hlavicí
návrhové pásmo proporcionality 2°C
hodnoty činitelů energetické náročnosti



OBRÁZEK 5-8 OTOPNÁ TĚLESA S NOČNÍM POKLESEM TEPLoty A RYCHLÝM ZÁTOPEM - TRV

Regulace teploty v místnosti PI - regulátorem s akčním členem
návrhové pásmo proporcionality 2°C
hodnoty činitelů energetické náročnosti



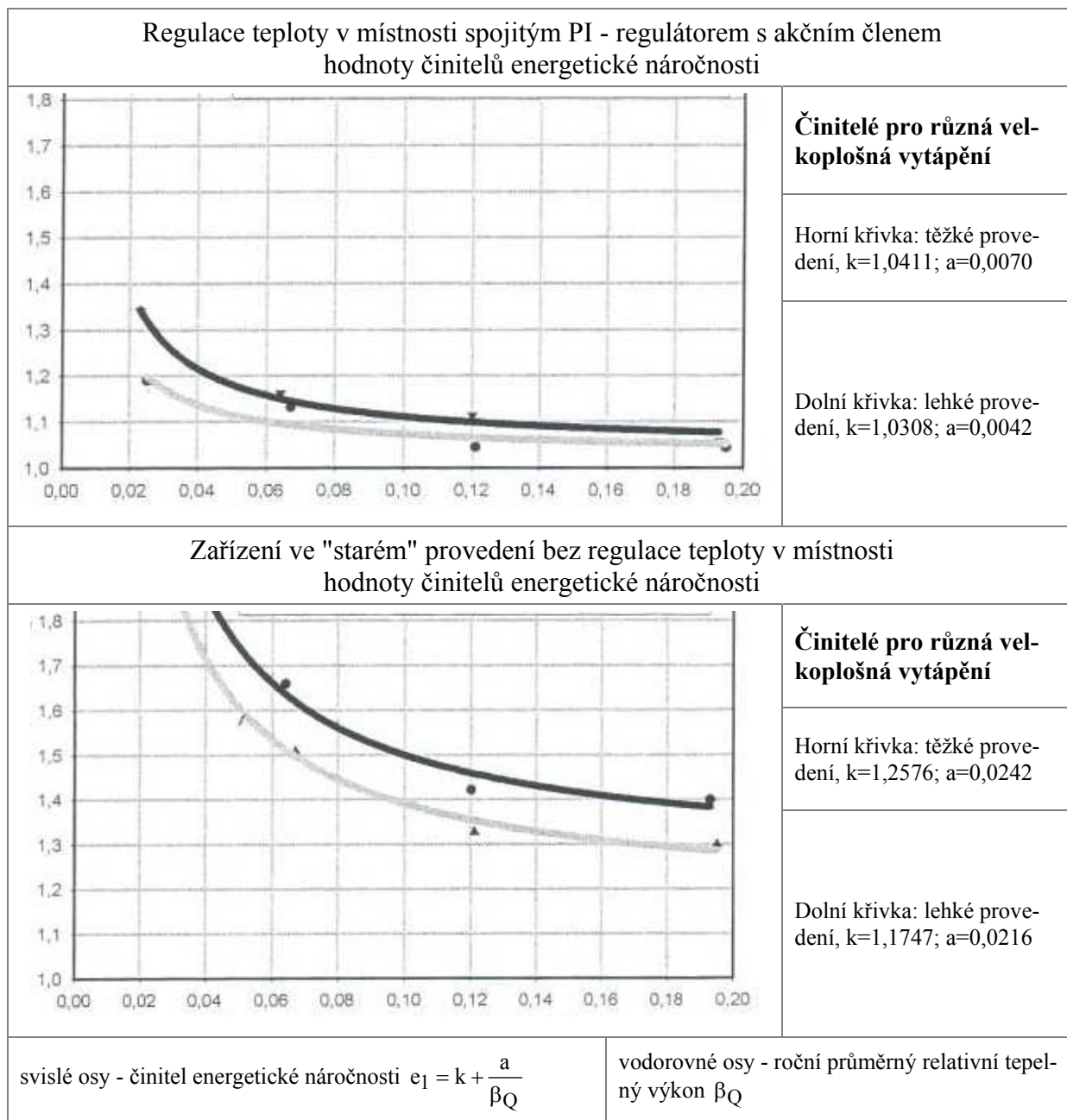
OBRÁZEK 5-9

OTOPNÁ TĚLESA S NOČNÍM POKLESEM TEPLoty A RYCHLÝM ZÁTOPEM - PI REGULÁTOR

5.2.2.3.3.1.2.2 Činitelé pro integrované otopné plochy (různá velkoplošná vytápění, např. podlahové)

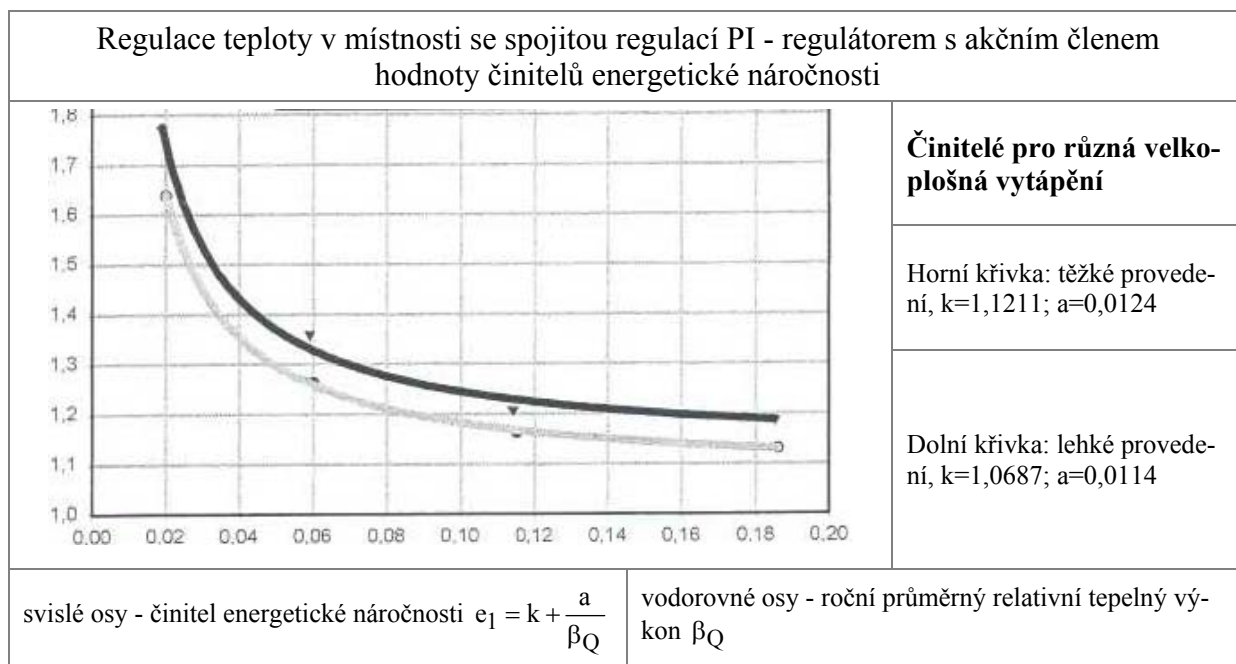
Na obrázcích 5-10 až 5-13 jsou činitelé energetické náročnosti $e_1 = k + \frac{a}{\beta_Q}$ pro část sdílení

tepla (otopných ploch) a podle vzorce 5-17. Označení e_1 (VDI 2067) je totožné s označením $e_{c,em}$. Jsou uvažovány provozy vytápění a regulace: trvalý bez útlumu (poklesu teploty), s nočním útlumem (poklesem teploty) a s nočním útlumem a následným rychlým zátopem na požadovanou teplotu. Hodnoty v diagramech byly stanoveny pro základní okrajové podmínky: PI-regulátor se spojitou regulací a akčním členem (s pohonem), zařízení bez regulace teploty v místnosti, lehké a těžké podlahové vytápění.

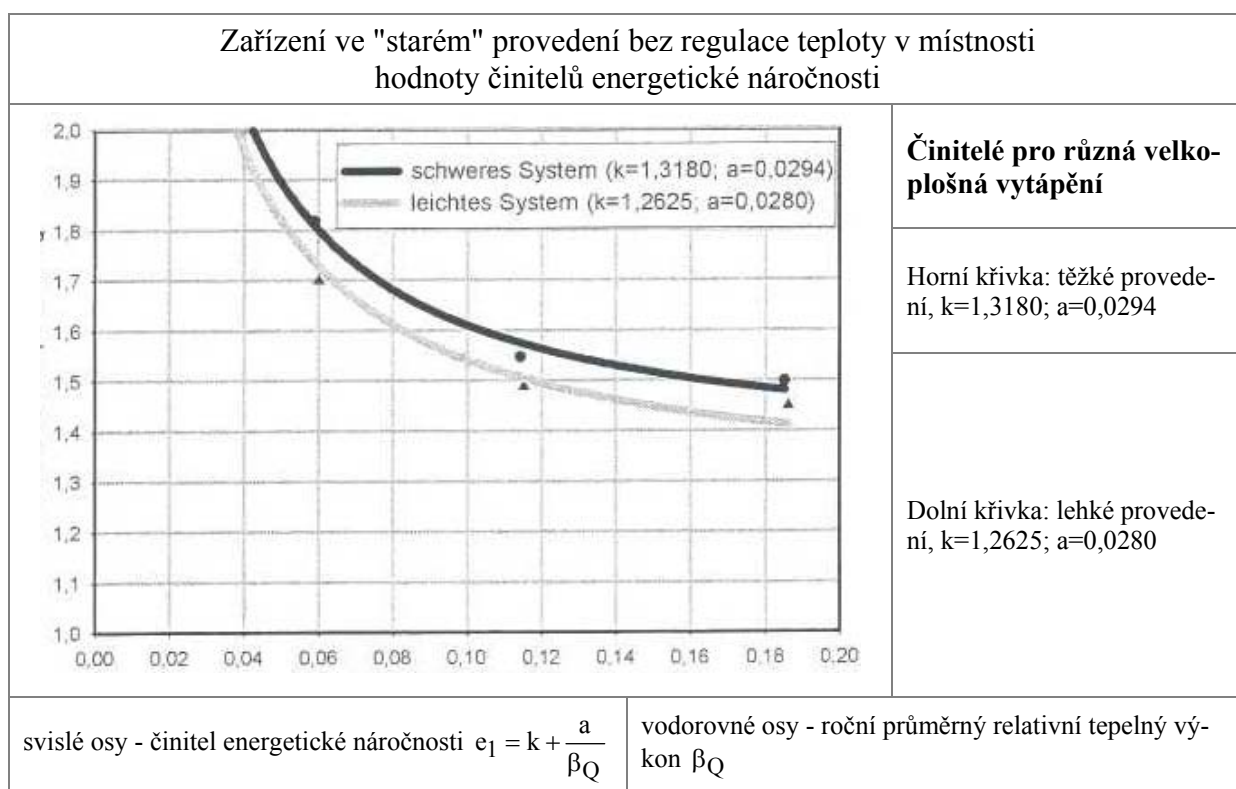


OBRÁZEK 5-10

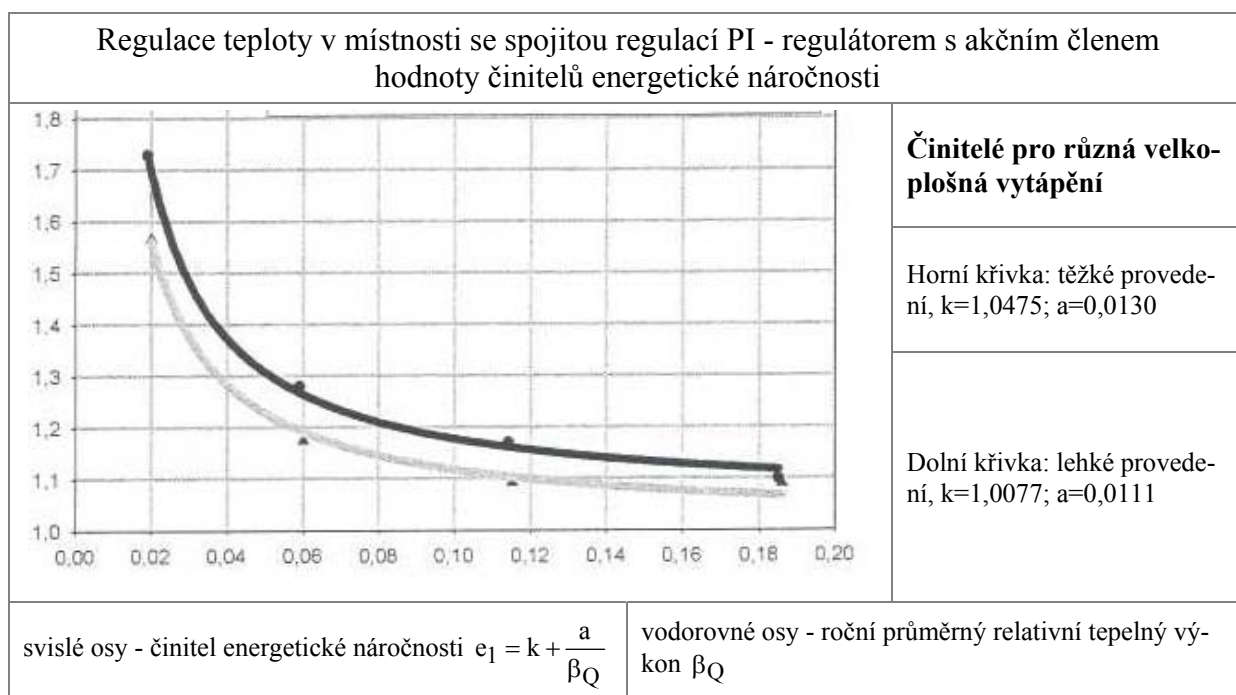
VELKOPLOŠNÉ (PODLAHOVÉ) VYTÁPĚNÍ S NEPŘETRŽITÝM PROVOZEM



OBRÁZEK 5-11 VELKOPLOŠNÉ (PODLAHOVÉ) VYTÁPĚNÍ S NOČNÍM POKLESEM TEPLoty



OBRÁZEK 5-12 VELKOPLOŠNÉ (PODLAHOVÉ) VYTÁPĚNÍ S NOČNÍM POKLESEM TEPLoty



OBRÁZEK 5-13 VELKOPLOŠNÉ (PODLAHOVÉ) VYTÁPĚNÍ S NOČNÍM POKLESEM TEPLoty A RYCHLÝM ZÁTOPEM - PI REGULÁTOR

5.2.2.3.3.1.2.3 Korekce Δe_1 pro činitele, které mají jiné okrajové podmínky a nejsou zahrnuty v grafech uvedených v diagramech pro otopná tělesa a podlahové vytápění

Místní regulace místností

Ventily s termostatickou hlavicí

U otopných těles odpovídají grafy, které jsou uvedeny, proporcionálnímu pásmu 2 K pro termostatické ventily otopných těles. Korekce pro proporcionální pásma 1 K a 3 K jsou uvedeny v tabulce 5-10.

Návrhové proporcionální pásmo pro termostatický ventil	1 K	2 K	3 K
Korekce činitele energetické náročnosti Δe_1	-0,02	$\pm 0,0$	+0,02

TABULKA 5-10

TERMOSTATICKÝ VENTIL OTOPNÉHO TĚLESA, KOREKCE PRO PROPORCIONÁLNÍ PÁSMO

Korekce Δe_1 pro činitele, které nejsou zahrnuty v grafech uvedených v diagramech pro otopná tělesa a podlahové vytápění

PI regulátor s akčním členem

U místní regulace odpovídají grafy PI regulátoru se snímačem teploty nainstalovaným na zdi. Korekce při nespojitým výstupním signálu PI regulátoru s akčním členem (dvoupolohová regulace) je tabulce 5-11.

Místní regulace sdílení tepla	Nepřetržitá	Dvoupolohová
Přirážka Δe_1 k činiteli energetické náročnosti	$\pm 0,0$	-0,03

TABULKA 5-11 KOREKCE ČINITELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI Δe_1 PŘI NESPOJITÉM VÝSTUPNÍM SIGNÁLU PI REGULÁTORU

Samočinný regulátor teploty

V případě soustav podlahového vytápění bez místní regulace odpovídají grafy ústřední regulaci teploty přívodní vody.

Nastaví-li se u podlahového vytápění bez samočinného regulátoru teploty ústřední přívodní teplota na střední hodnotu mezi přívodní a zpětnou teplotou, uplatní se korekce přirážkou Δe_1 .

Korekce pro ústřední regulaci průměrné teploty přívodní a vratné vody je uvedena v tabulce 5-12.

Soustava podlahového vytápění bez místní regulace	Centrální regulace průměrné teploty přívodní a vratné vody
Korekce činitele energetické náročnosti přirážkou Δe_1 k činiteli e_1	-0,16

TABULKA 5-12 KOREKCE PRO ÚSTŘEDNÍ REGULACI PRŮMĚRNÉ TEPLoty VODY

Vytápěcí plochy v místnosti

U soustav podlahového vytápění odpovídají grafy dřevěné podlahové krytině ($0,05 \text{ m}^2 \text{ K/W}$). Korekce pro jiné podlahové krytiny, jako jsou dlaždice a koberec, jsou uvedeny v tabulce 5-13.

Soustava podlahového vytápění, podlahová krytina	Dlaždice	Dřevo	Koberec
Korekce činitele energetické náročnosti přirážkou Δe_1 k činiteli e_1	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	+0,02

TABULKA 5-13 KOREKCE PRO PODLAHOVOU KRYTINU

Navrhování

Navrhování otopných těles

U otopných těles se grafy vztahují ke klasifikaci návrhové teploty přívodní vody v tabulce 5-14.

Klasifikace	Návrhová teplota přívodní vody od – do
Nízká návrhová teplota přívodní vody	do $50 \text{ }^\circ\text{C}$
Střední návrhová teplota přívodní vody	$51 \text{ }^\circ\text{C}$ až $70 \text{ }^\circ\text{C}$

Klasifikace	Návrhová teplota přívodní vody od – do
Vysoká návrhová teplota přívodní vody	71 °C až 90 °C

TABULKA 5-14 KLASIFIKACE NÁVRHOVÉ TEPLoty PŘÍVODNÍ VODY PRO OTOPNÁ TĚLESA

U otopných těles odpovídají grafy rozdílu teplot přívodní a vratné vody 12 K až 25 K. Korekce pro jiné rozdíly teplot jsou uvedeny v tabulce 5-15.

Otopná tělesa		Místní regulace	
Návrhový rozdíl teplot přívodní a vratné vody	Provoz	PI regulace přirážka Δe_1	Termostatický ventil přirážka Δe_1
nižší než 11 K	Nepřetržitý	-0,04	+0,03
	Noční pokles (při snížené vnitřní teplotě)	-0,03	+0,04
	Noční pokles s rychlým zátopem	-0,02	+0,06
vyšší než 26 K	Nepřetržitý	+0,02	-0,03
	Noční pokles (při snížené vnitřní teplotě)	+0,02	-0,03
	Noční pokles s rychlým zátopem	+0,02	-0,03

TABULKA 5-15 KOREKCE PRO OTOPNÁ TĚLESA S JINÝM NÁVRHOVÝM ROZDÍLEM TEPLoty PŘÍVODNÍ A VRATNÉ VODY NEŽ 12 K AŽ 25 K

5.2.2.3.4 Metoda využívající ekvivalentní zvýšení vnitřní teploty (výpočet úrovně B)

Vliv regulace je dán ekvivalentním zvýšením vnitřní teploty. Tepelné ztráty způsobené regulací soustavy sdílení tepla lze vypočítat dvěma různými způsoby:

- vynásobením vypočtené potřeby tepla budovy Q_h činitelem, který je založen na poměru ekvivalentního zvýšení vnitřní teploty $\Delta\theta_i$ a průměrného rozdílu vnitřní a venkovní teploty prostoru během topné sezóny:

$$Q_{c,em} = Q_h \cdot \frac{(1 + \Delta\theta_i)}{(\theta_i - \theta_{e,avg})} \quad (5-18)$$

- přepočtem potřeby tepelné energie budovy podle EN 832 nebo EN ISO 13790 při použití ekvivalentní zvýšené vnitřní teploty.

Příklady hodnot ekvivalentního zvýšení vnitřní teploty $\Delta\theta_i$ u různých typů zdrojů sálání a regulací jsou uvedeny v tabulkách 5-4 až 5-7.

5.2.2.4 POMOCNÁ ENERGIE W_e

U každého elektrického zařízení části sdílení tepla se musí stanovit dále uvedené údaje:

- elektrický výkon;

- doba provozu;
- část elektrické energie přeměněná na teplo a uvolňovaná do vytápěného prostoru.

5.3 prEN 15316-2-3 TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – METODA VÝPOČTU POTŘEBY ENERGIE A ÚČINNOSTI SOUSTAV – ČÁST 2-3: ČÁST ROZVODY PRO VYTÁPĚNÍ

V rozvodu otopné soustavy se teplo přenáší pomocí teplonosné látky z místa výroby tepla do místa sdílení tepla. Vzhledem k tomu, že okruh otopné soustavy není adiabatický, je část přenášené energie uvolňována do okolního prostředí. Potřeba energie je nutná k rozvodu teplonosné látky v okruhu otopné soustavy. Ve většině případů je to elektrická energie požadovaná oběhovými čerpadly. To vede k potřebě dodatečné tepelné a elektrické energie.

Tepelná energie sdílená okruhem otopné soustavy a elektrická energie požadovaná pro tento okruh mohou být využity jako teplo, pokud je okruh otopné soustavy umístěn uvnitř vytápěného pláště budovy.

Tato norma uvádí tři metody výpočtu.

- Detailní metoda výpočtu popisuje základní prvky a fyzické pozadí základní výpočtové metody. Požadované vstupní údaje jsou součástí detailních projekčních údajů, o nichž se předpokládá, že jsou k dispozici (např. délka trubek, typ izolace, údaje výrobce týkající se čerpadel atd.). Detailní výpočtová metoda umožňuje stanovení nejpřesnější potřeby energie a sálání tepla.
- U zjednodušené výpočtové metody se používají předpoklady pro nejtypičtější případy, které redukují požadované vstupní údaje (např. délka trubek se vypočítá aproximací podle vnějších rozměrů budovy, přičemž se provede aproximace účinnosti čerpadel). Tuto metodu je možné aplikovat tehdy, pokud je k dispozici pouze malé množství údajů (obecně v počáteční etapě návrhu). Při použití zjednodušené výpočtové metody je vypočtená potřeba energie obecně vyšší než vypočtená potřeba energie stanovená s použitím detailní výpočtové metody.
- Tabulková výpočtová metoda vychází ze zjednodušené výpočtové metodě, přičemž se používají některé další předpoklady. U této metody se požadují pouze vstupní údaje nejdůležitějších vlivů.

Ostatní vlivy, které nejsou vyjádřeny tabulkovými hodnotami, se musí vypočítat pomocí zjednodušené nebo detailní výpočtové metody. Potřeba energie stanovená pomocí tabulkové výpočtové metody je obecně vyšší než vypočtená potřeba energie stanovená zjednodušenou výpočtovou metodou. Tuto metodu je možné používat v případě minimálního počtu vstupních údajů.

Obecnou výpočtovou metodu pro stanovení potřeby elektrické energie čerpadel tvoří dvě části. První částí je výpočet hydraulické potřeby okruhu otopné soustavy, druhou pak výpočet koeficientu energetické spotřeby čerpadla. Zde je možné kombinovat detailní a zjednodušenou výpočtovou metodu. Např. výpočet tlakové ztráty a hmotnostního průtoku lze provést pomocí detailní výpočtové metody a koeficient energetické spotřeby lze vypočítat pomocí zjednodušené výpočtové metody (pokud jsou k dispozici údaje o budově a nejsou k dispozici údaje o čerpadlu), nebo naopak.

5.3.1 POTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE – POTŘEBA POMOCNÉ ENERGIE

Potřeba pomocné energie hydraulických sítí závisí na rozděleném hmotnostním průtoku, poklesu tlaku a provozních podmínkách čerpadla. Zatímco návrhový hmotnostní průtok a pokles tlaku jsou důležité pro stanovení velikosti čerpadla, činitel částečného zatížení určuje potřebu energie v časovém kroku. Hydraulický výkon v návrhovém bodě lze vypočítat z fyzických údajů. Avšak pro výpočet hydraulického výkonu během provozu je zapotřebí znát účinnost čerpadla v každém provozním bodě, což lze docílit pouze simulací. Proto se v této normě používají pro detailní výpočtovou metodu korekční činitele, které reprezentují nejdůležitější vlivy působící na potřebu pomocné energie, jako např. částečné zatížení, ovládací prvky, návrhová kritéria atd. Základním výpočtovým přístupem je oddělení hydraulické potřeby, která závisí na návrhu sítě, a spotřeby energie pro provoz čerpadla, která bere v úvahu účinnost čerpadla. Všechny výpočty se provádějí pro určitou zónu v budově s ekvivalentní plochou, délkou, šířkou, výškou a úrovněmi (podlažími).

5.3.1.1 HYDRAULICKÝ VÝKON

Pro všechny výpočty je důležitý hydraulický výkon a rozdíl tlaků v okruhu otopné soustavy v návrhovém bodě. Hydraulický výkon je dán rovnicí:

$$P_{\text{hydr}} = 0,2778 \cdot \Delta p \cdot \dot{V} \quad (5-19)$$

kde:

P_{hydr}	je	hydraulický výkon;	(W)
\dot{V}		průtok v návrhovém bodě;	(m ³ /h)
Δp		rozdíl tlaků v návrhovém bodě.	(kPa)

Průtok se vypočítá z tepelného výkonu \dot{Q}_N dané zóny (návrhový tepelný výkon podle EN 12831) a návrhového rozdílu teplot $\Delta\vartheta_{\text{HK}}$ tepelné soustavy:

$$\dot{V} = \frac{3600 \cdot \dot{Q}_N}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta\vartheta_{\text{HK}}} \quad (5-20)$$

kde:

\dot{V}	je	průtok v návrhovém bodě;	(m ³ /h)
c_p		měrná tepelná kapacita;	(kJ/kg K)
ρ		hustota;	(kg/m ³)
$\Delta\vartheta_{\text{HK}}$		návrhový teplotní rozdíl.	(K)

Rozdíl tlaků pro určitou zónu v návrhovém bodě se stanoví na základě odporu v potrubí (včetně součástí) a dodatečných odporů (nejdůležitější jsou uvedeny níže):

$$\Delta p = (1 + z) \cdot R \cdot L_{\max} + \Delta p_{\text{HF}} + \Delta p_{\text{HKV}} + \Delta p_{\text{SR}} + \Delta p_{\text{WE}} + \Delta p_{\text{ext}} \quad (5-21)$$

kde:

Δp	je rozdíl tlaků v návrhovém bodě;	(kPa)
z	poměr odporů součástí;	(%)
R	tlaková ztráta na jeden metr;	(kPa/m)
L_{\max}	maximální délka potrubí v otopném okruhu;	(m)
Δp_{HF}	rozdíl tlaků u otopné plochy;	(kPa)
Δp_{HKV}	rozdíl tlaků u regulačního ventilu otopné plochy;	(kPa)
Δp_{SR}	rozdíl tlaků u ventilů v dané zóně;	(kPa)
Δp_{WE}	rozdíl tlaků na přívodu tepla;	(kPa)
Δp_{ext}	rozdíl tlaků u vnějšího odporu.	(kPa)

5.3.1.2 DETAILNÍ VÝPOČTOVÁ METODA

5.3.1.2.1 Vstupní/výstupní údaje

Vstupní údaje pro detailní výpočtovou metodu jsou uvedeny níže. Všechny z nich jsou obsaženy v údajích detailního projektu.

P_{hydr} hydraulický výkon v návrhovém bodě dané zóny (ve W) vypočtený na základě znalosti

\dot{Q}_N návrhového tepelného výkonu v dané zóně podle EN 12831

$\Delta \vartheta_{\text{HK}}^7$ návrhového rozdílu teplot v okruhu otopné soustavy v dané zóně (K)

L_{\max} maximální délky potrubí v okruhu otopné soustavy v dané zóně (m)

Δp rozdíl tlaků v okruhu otopné soustavy v dané zóně (kPa)

β_D střední zatížení okruhu otopné soustavy (-)

t_H počet hodin vytápění za rok (h/rok)

f_V korekční činitel pro regulaci teploty průtoku (-)

f_{Sch} korekční činitel pro hydraulické sítě (-)

f_A korekční činitel pro dimenzování otopné plochy (-)

f_{Ab} korekční činitel pro hydraulickou bilanci (-)

$e_{d,e}$ koeficient energetické spotřeby pro provoz oběhového čerpadla (-) vypočtený podle této normy za použití:

⁷ Doposud se v EN značila teplota písmenem θ ; v této normě i v souboru německých norem se značí zastaralým písmenem ϑ .

- f_{η} korekčního činitele pro účinnost (-)
 f_{TL} korekčního činitele pro charakteristiky při částečném zatížení (-)
 f_{Ausl} korekčního činitele pro volbu návrhového bodu (-)
 f_R korekčního činitele pro regulaci (-).

Přerušovaný provoz

Výstupními údaji jsou:

- $W_{d,e}$ celková potřeba elektrické energie (kWh/rok)
 $W_{d,e,M}$ celková měsíční potřeba elektrické energie (kWh/měsíc)
 $Q_{d,r,w}$ využitelná energie pro vodu (kWh/časový krok)
 $Q_{d,r,a}$ využitelná energie pro okolní vzduch (kWh/časový krok)

5.3.1.2.2 Výpočtová metoda

Potřeba elektrické energie pro oběhová čerpadla u vodních tepelných soustav se vypočítá podle rovnice:

$$W_{d,e} = W_{d,hydr} \cdot e_{d,e} \quad (5-22)$$

kde:

- $W_{d,e}$ je potřeba elektrické energie; (kWh/rok)
 $W_{d,hydr}$ potřeba hydraulické energie; (kWh/rok)
 $e_{d,e}$ činitel energetické potřeby pro provoz oběhového čerpadla. (-)

Potřeba hydraulické energie pro oběhová čerpadla u tepelných soustav se stanoví z hydraulického výkonu v návrhovém bodě (P_{hydr}), středního zatížení okruhu otopné soustavy (β_D) a počtu hodin vytápění v časovém kroku (t_H):

$$W_{d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1\,000} \cdot \beta_D \cdot t_H \cdot f_V \cdot f_{Sch} \cdot f_A \cdot f_{Ab} \quad (5-23)$$

kde:

- P_{hydr} je hydraulický výkon v návrhovém bodě [W]; (kWh/rok)
 β_D střední zatížení rozvodu; (-)
 t_H počet hodin vytápění za rok; (h/rok)
 f_V korekční činitel pro regulaci teploty průtoku; (-)
 f_{Sch} korekční činitel pro hydraulické sítě; (-)
 f_A korekční činitel pro dimenzování otopné plochy; (-)
 f_{Ab} korekční činitel pro hydraulickou bilanci. (-)

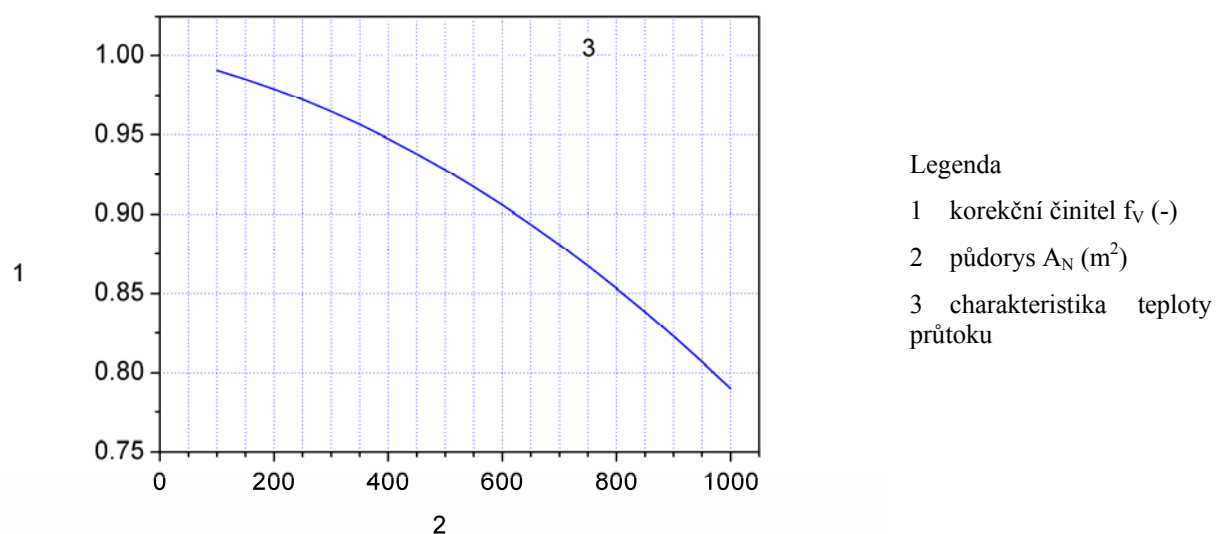
Korekční činitele f_V , f_{Sch} a f_A zahrnují nejdůležitější parametry související s dimenzováním tepelné soustavy. Činitel f_{Ab} zohledňuje hydraulickou bilanci rozvodu.

5.3.1.2.3 Korekční činitele

5.3.1.2.3.1 Korekční činitel pro regulaci teploty průtoku f_V

$f_V = 1$ pro soustavy s vyrovnáním venkovní teploty,

f_V pro soustavy bez vyrovnání venkovní teploty (např. konstantní teplota protékající látky) nebo nadměrná teplota protékající látky, obrázek 5-14.



OBRÁZEK 5-14 KOREKČNÍ ČINITEL f_V KONSTANTNÍ TEPLoty PRŮTOKU A NADMĚRNÉ TEPLoty PRŮTOKU

5.3.1.2.3.2 Korekční činitel pro hydraulické sítě f_{Sch}

$f_{Sch} = 1$ pro dvoutrubkový horizontální okruh (uspořádání na každém podlaží)

f_{Sch} = hodnoty pro jiné typy uspořádání v tabulce 5-16.

Tabulka 2 – Korekční činitele pro hydraulickou síť

Návrh sítě	Jednogeneční dům	Byty
Dvoutrubková soustava		
Okruh	1,0	1,0
Stoupací potrubí	0,93	0,92
Hvězdicově uspořádané potrubí	0,98	0,98

TABULKA 5-16

KOREKČNÍ ČINITELÉ f_V PRO ROZVOD

Návrh hvězdicového uspořádání potrubí rovněž platí pro podlahové vytápění.

Pro jednotrubkové tepelné soustavy je korekční činitel f_{Sch} dán rovnicí:

$$f_{Sch} = 8,6 \cdot \bar{m} + 0,7 \quad (5-24)$$

kde:

\bar{m} je poměr hmotnostního průtoku ve spotřebiči (otopné ploše) a (%)
hmotnostního průtoku v okruhu.

5.3.1.2.3.3 Korekční činitel pro dimenzování otopné plochy, f_A

$f_A = 1$ pro dimenzování podle návrhového tepelného výkonu

$f_A = 0,96$ v případě dodatečného předdimenzování otopných ploch

4.3.3.4 Korekční činitele pro hydraulickou bilanci, f_{Ab}

$f_{Ab} = 1$ pro hydraulické vyvážené soustavy

$f_{Ab} = 1,25$ pro hydraulické nevyvážené soustavy

5.3.1.2.3.4 Činitel energetické potřeby

Pro vyhodnocení podmínek při částečném zatížení a regulační pochod oběhového čerpadla se koeficient energetické spotřeby vypočítá podle rovnice:

$$e_{d,e} = f_{\eta} \cdot f_{TL} \cdot f_{Ausl} \cdot f_R \quad (5-25)$$

kde:

f_{η} je korekční činitel pro účinnost; (-)

f_{TL} korekční činitel pro částečné zatížení; (-)

f_{Ausl} korekční činitel pro volbu návrhového bodu; (-)

f_R korekční činitel pro regulaci. (-)

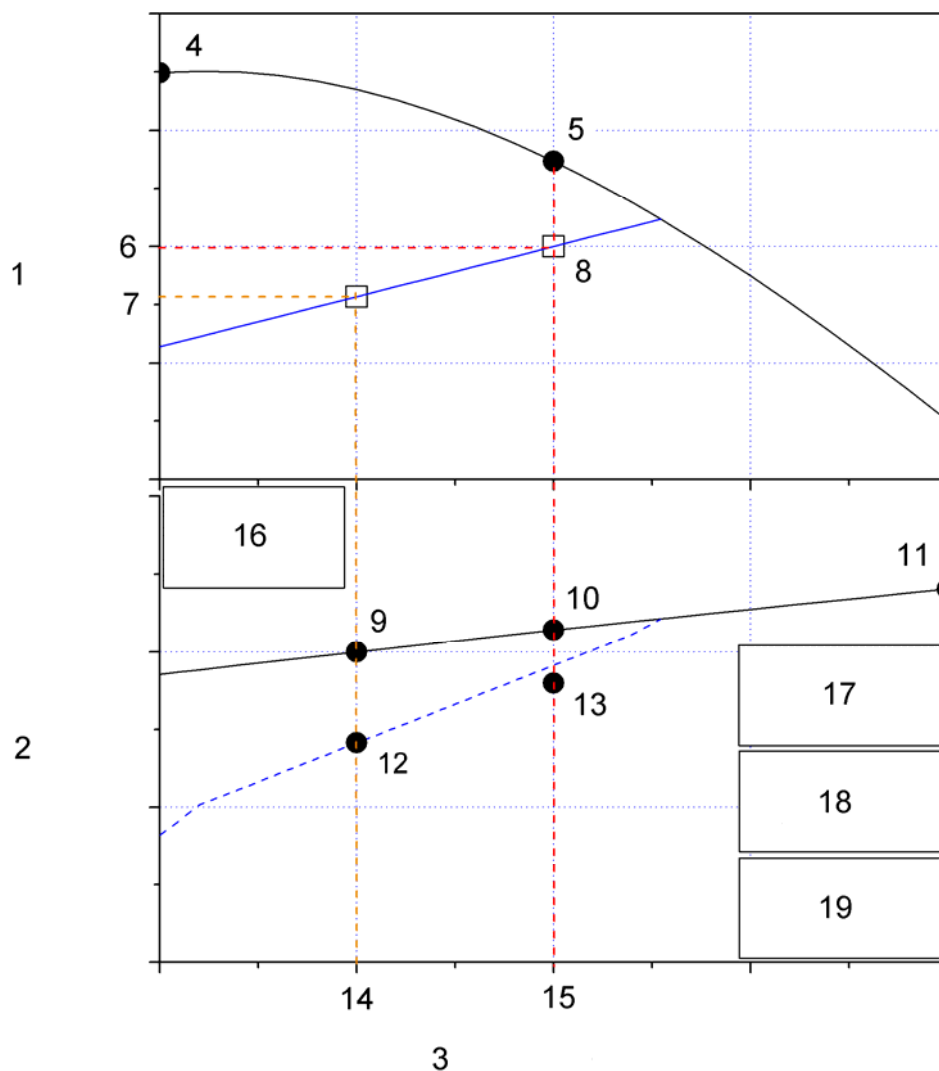
Při použití těchto čtyř korekčních činitelů zohledňuje koeficient energetické spotřeby nejdůležitější vlivy působící na energetickou potřebu, kterými jsou návrh, účinnost čerpadla, částečné zatížení a regulace.

Fyzikální vztahy jsou znázorněny na obrázku 5-15.

5.3.1.2.3.5 Korekční činitel pro účinnost f_{η}

Korekční činitel pro účinnost je dán vztahem mezi referenčním (odběrovým) příkonem v návrhovém bodě a hydraulickým výkonem v návrhovém bodě.

$$f_{\eta} = \frac{P_{pump, ref}}{P_{hydr}} \quad (5-26)$$



Legenda:

1	tlaková výška H [m]	2	výkon P_1 [W]	3	průtok $[m^3/h]$
4	$H_{0,max}$	5	H_{pump}	6	H_{Ausl}
7	H_{TL}	8	P_{hydr}	9	P_{TL}
10	P_{pump}	11	$P_{pump,max}$	12	$P_{TL,R}$
13	$P_{pump,ref}$	14	\dot{V}_{TL}	15	\dot{V}
16	$f_{TL} = \frac{P_{TL,R}}{P_{TL}}$	17	$f_{Aus} = \frac{P_{pump}}{P_{pump,ref}}$		

OBRÁZEK 5-15

ENERGETICKÁ POTŘEBA – FYZIKÁLNÍ ZOBRAZENÍ KOREKČNÍCH ČINITELŮ

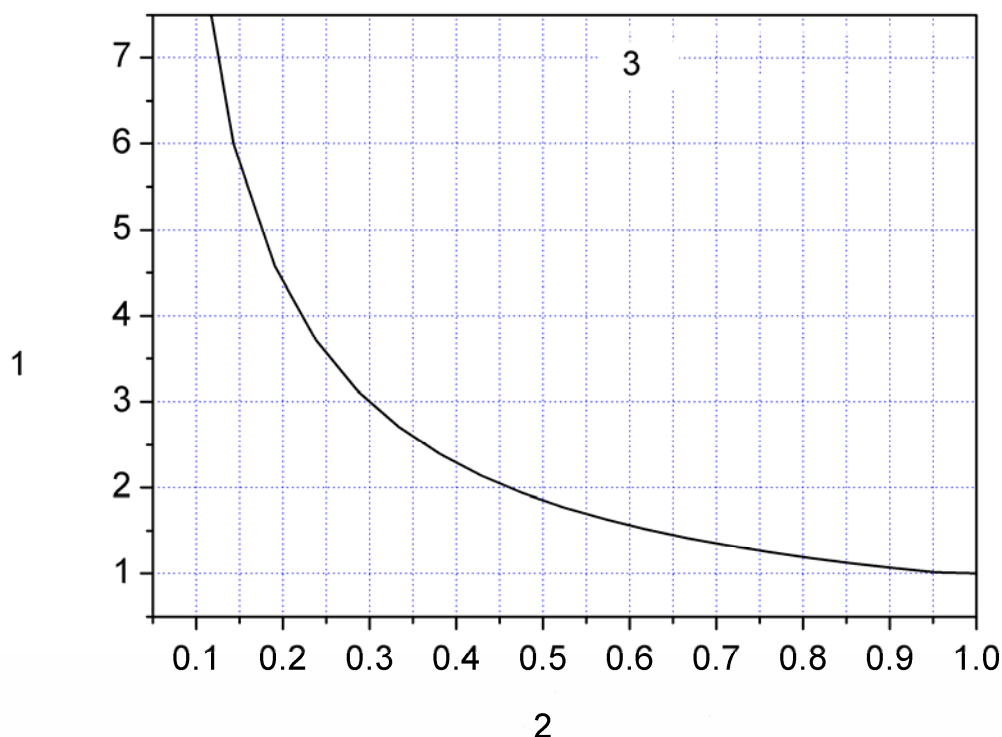
Referenční (odběrový) příkon se vypočítá pomocí charakteristiky čerpadla:

$$P_{\text{pump,ref}} = P_{\text{hydr}} \cdot \left(1,25 + \left(\frac{200}{P_{\text{hydr}}} \right)^{0,5} \right) \quad (5-27)$$

5.3.1.2.3.6 Korekční činitel pro částečné zatížení f_{TL}

Korekční činitel pro částečné zatížení zohledňuje snížení účinnosti čerpadla v důsledku částečného zatížení. Rovněž bere v úvahu hydraulické charakteristiky neregulovaných čerpadel. Dopad částečného zatížení na potrubní rozvod a tím na potřebu hydraulické energie je zohledněn na základě středního zatížení rozvodu otopné soustavy β_D podle 5.4.1.2.2.

Obrázek 5-16 znázorňuje korekční činitel pro částečné zatížení v závislosti na středním zatížení rozvodu.



Legenda

- 1 činitel f_{TL} podílu středního částečného zatížení (PLR) [-]
- 2 poměr středního částečného zatížení (PLR) a středního zatížení rozvodu β_D
- 3 podíl středního částečného zatížení (PLR)

OBRÁZEK 5-16

KOREKČNÍ ČINITEL f_{TL} PRO ČÁSTEČNÉ ZATÍŽENÍ

5.3.1.2.3.7 Korekční činitel pro volbu návrhového bodu f_{Ausl}

Korekční činitel pro volbu návrhového bodu, f_{Ausl} , je dán vztahem mezi skutečným příkonem čerpadla a referenčním příkonem v návrhovém bodě:

$$f_{Ausl} = \frac{P_{pump}}{P_{pump,ref}} \quad (5-28)$$

kde:

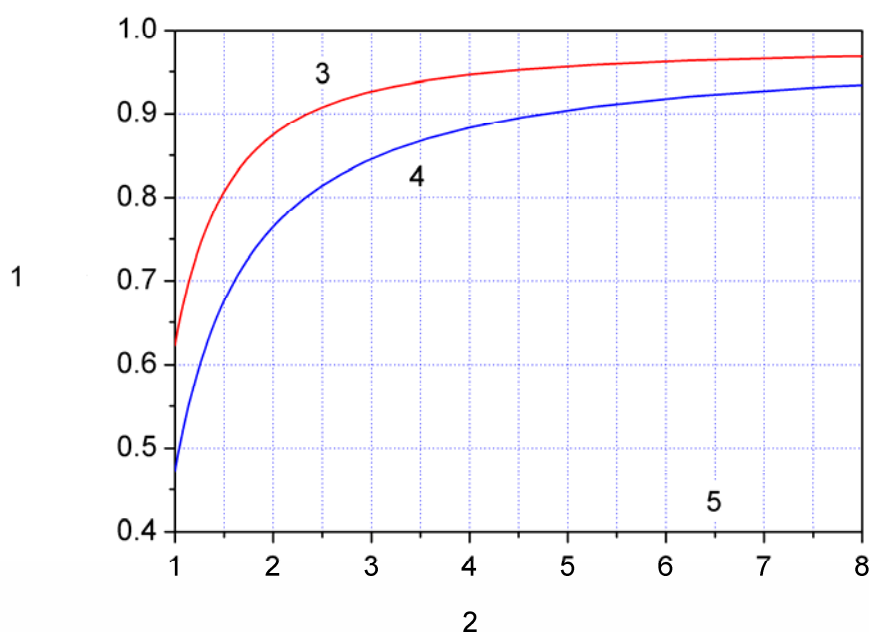
P_{pump} je skutečný příkon čerpadla v návrhovém bodě [W]; (W)

$P_{pump,ref}$ referenční příkon čerpadla v návrhovém bodě [W] (W)

5.3.1.2.3.8 Korekční činitel pro regulaci f_R

$f_R = 1$ pro neregulovaná čerpadla

f_R pro regulovaná čerpadla podle obrázku 5-17.



Legenda:

1 činitel regulace f_R [-]

2 $P_{pump,max} / P_{pump}$

3 Δp_{const}

4 $\Delta p_{var i}$

5 regulace čerpadla

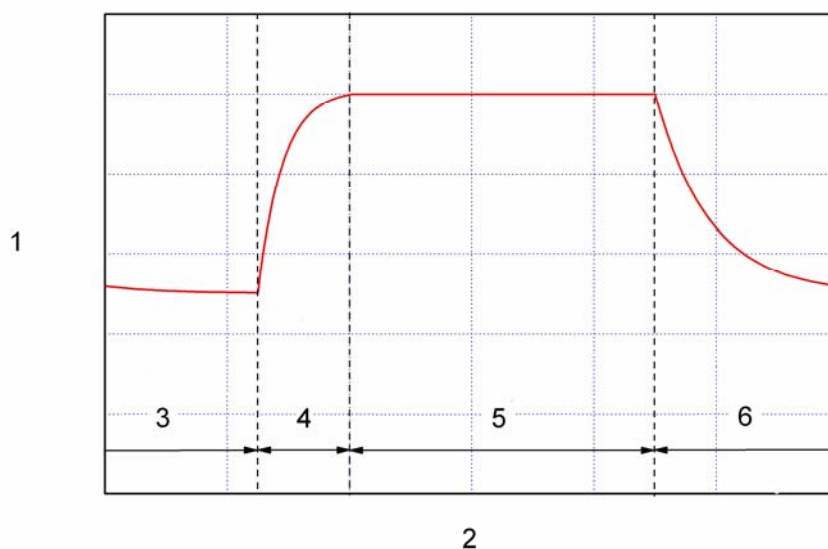
OBRÁZEK 5-17

KOREKČNÍ ČINITEL PRO REGULACI

5.3.1.2.4 Přerušovaný provoz

Pro přerušovaný provoz existují tři rozdílné úseky (obrázek 5-18):

- útlum (snížená teplota);
- rychlý zátup;
- normální režim.



Klíč

1 teplota místnosti

2 čas

3 útlum (snížená teplota)

4 rychlý zátup

5 normální režim

6 útlum

OBRÁZEK 5-18

PŘERUŠOVANÝ PROVOZ

Celková potřeba elektrické energie při přerušovaném provozu je dána součtem potřeby energie pro každou etapu:

$$W_{d,e} = W_{d,e,reg} + W_{d,e,setb} + W_{d,e,boost} \quad (5-29)$$

Při provozu v běžném režimu se potřeba energie stanoví vynásobením časovým činitelem pro poměrnou dobu provozu při normálním režimu α_r :

$$W_{d,e,reg} = \alpha_r \cdot W_{d,hydr} \cdot e_{d,e} \quad (5-30)$$

Při provozu při snížené teplotě je třeba rozlišovat mezi:

- vypnutím, kdy se potřeba energie čerpadla rovná nule – $W_{d,e,setb} = 0$;
- snížením teploty přírodní vody a minimálními otáčkami čerpadla; pokud je čerpadlo provozováno při minimálních otáčkách, předpokládá se, že je výkon konstantní:

$$P_{pump,setb} = 0,3 \cdot P_{pump,max} \quad (5-31)$$

a potřeba elektrické energie se stanoví vynásobením časovým koeficientem pro poměrnou dobu provozu při snížené teplotě α_{setb} :

$$W_{\text{d,e,setb}} = \alpha_{\text{setb}} \cdot \frac{P_{\text{pump,setb}}}{1000} \cdot t_{\text{H}} \quad (5-32)$$

- snížením teploty přívodní vody. Nemají-li termostatické ventily v tomto režimu možnost útlumu teploty, vyrovná hmotnostní průtok nižší teplotu přívodní vody a potřeba energie se nesníží. Potřebu energie pro provoz při snížené teplotě lze vypočítat stejným způsobem jako pro provoz při běžném režimu. V případě regulace teploty místnosti s konstantní hodnotou (žádné změny mezi běžným režimem a režimem při snížené teplotě) je korekční činitel $f_{\text{r}} = 1$; v případě regulace teploty místnosti se snížením teploty závisí f_{r} na způsobu regulace čerpadla (viz obrázek 5-17).

Při provozu v režimu rychlého zátoku se výkon P_{boost} rovná výkonu P_{pump} v návrhovém bodě. Potřeba elektrické energie v režimu rychlého zátoku se stanoví vynásobením časovým činitelem pro poměrnou dobu provozu v režimu rychlého zátoku α_{b} :

$$W_{\text{d,e,booth}} = \alpha_{\text{b}} \cdot \frac{P_{\text{pump,boost}}}{1000} \cdot t_{\text{H}} \quad (5-33)$$

Časové činitele lze vypočítat jako poměry časových období.

Časový činitel běžného režimu α_{r} vyjadřuje počet hodin provozu v běžném režimu t_{r} , které připadají na celkový počet hodin v časovém období t_{p} (obdobím může být den, týden, měsíc nebo rok):

$$\alpha_{\text{r}} = \frac{t_{\text{r}}}{t_{\text{p}}} \quad (5-34)$$

Časový činitel rychlého zátoku α_{b} vyjadřuje počet hodin rychlého zátoku, které připadají na celkový počet hodin v časovém období t_{p} . Počet hodin provozu v rychlém zátoku činí obvykle jednu nebo dvě hodiny denně jako průměr za rok nebo jej lze vypočítat podle EN ISO 13790:

$$\alpha_{\text{b}} = \frac{t_{\text{boost}}}{t_{\text{p}}} \quad (5-35)$$

Časový činitel pro režim při snížené teplotě α_{setb} vyjadřuje počet hodin provozu v režimu při snížené teplotě, které připadají na celkový počet hodin v časovém období t_{p} a vypočítá se z α_{r} a α_{b} :

$$\alpha_{\text{setb}} = 1 - \alpha_{\text{r}} - \alpha_{\text{b}} \quad (5-35)$$

5.3.1.3 ODCHYLKY OD DETAILNÍ VÝPOČTOVÉ METODY

U některých aplikací se zohledňují odchylky od detailní výpočtové metody:

- Jednotrubkové tepelné soustavy

Celkový hmotnostní průtok v tepelném okruhu a v čerpadle je konstantní. Čerpadlo vždy pracuje v návrhovém bodě. Střední zatížení rozvodu $\beta_{\text{D}} = 1$.

- Přepouštěcí ventily

Přepouštěcí ventily se používají pro zajištění minimálního hmotnostního průtoku ve zdroji tepla nebo maximálního rozdílu tlaků ve spotřebiči (otopné ploše). Funkce přepouštěcího ventilu je dána interakcí mezi tlakovou ztrátou soustavy, charakteristikami čerpadla a nastavením přepouštěcího ventilu. Vliv na potřebu hydraulické energie lze odhadnout pomocí korigovaného středního zatížení rozvodu β'_D :

$$\beta'_D = \beta_D + (1 - \beta_D) \cdot \frac{\dot{V}_{\min}}{\dot{V}} \quad (5-36)$$

kde:

β_D	je	střední zatížení rozvodu;	(-)
\dot{V}		návrhový objemový průtok [m^3/h];	(m^3/h)
\dot{V}_{\min}		minimální objemový průtok [m^3/h].	(m^3/h)

Minimální objemový průtok zohledňuje požadavky zdroje tepla nebo maximální tlakovou ztrátu spotřebiče.

5.3.1.4 MĚSÍČNÍ POTŘEBA ENERGIE

Detailní výpočtová metoda, jakož i zjednodušená a tabulková výpočtová metoda, stanoví roční potřebu energie. Měsíční potřeba energie se podle potřeby vypočítá podle rovnice:

$$W_{d,e,M} = W_{d,e,Y} \cdot \frac{\beta_{D,M} \cdot t_{H,M}}{\beta_{D,Y} \cdot t_{H,Y}} \quad (5-37)$$

kde:

$\beta_{D,M}$	je	střední zatížení rozvodu pro daný měsíc;	(-)
$\beta_{D,Y}$		střední zatížení rozvodu pro rok;	(-)
$t_{H,M}$		počet hodin vytápění za měsíc;	(h)
$t_{H,Y}$		počet hodin vytápění za rok.	(h)

Výpočet β_D je uveden v kapitole 5.4.3.

5.3.1.5 ZJEDNODUŠENÁ VÝPOČTOVÁ METODA

5.3.1.5.1 Vstupní -/ výstupní údaje

Vstupní údaje pro zjednodušenou výpočtovou metodu jsou uvedeny níže. Všechny z nich jsou součástí projektových údajů.

P_{hydr}	Hydraulický výkon v návrhovém bodě zóny (ve W), vypočtený na základě znalosti:
\dot{Q}_N	návrhového tepelného výkonu v dané zóně podle EN 12831
$\Delta\vartheta_{HK}$	návrhového teplotního rozdílu (K) pro rozvod v dané zóně
L_{\max}	maximální délky potrubí rozvodu (m) v dané zóně

- Δp rozdílu tlaků v rozvodu v dané zóně (kPa), vypočteného zjednodušenou výpočtovou metodou
- β_D střední zatížení rozvodu (-)
- t_H počet hodin vytápění za rok (h/rok)
- f_{Sch} korekční činitel pro hydraulické rozvod (-)
- f_{Abgl} korekční činitel pro hydraulickou bilanci (-)
- $e_{d,e}$ činitel energetické potřeby pro provoz oběhového čerpadla (-), vypočtený zjednodušenou výpočtovou metodou podle této normy

Přerušovaný provoz

Výstupními údaji jsou:

- $W_{d,e}$ celková potřeba elektrické energie (kWh/rok)
- $W_{d,e,M}$ celková měsíční potřeba hydraulické energie (kWh/měsíc)
- $Q_{d,r,w}$ využitelná energie do vody (kWh/časový krok)
- $Q_{d,r,a}$ využitelná energie do okolního vzduchu (kWh/časový krok)

5.3.1.5.2 Výpočtová metoda

V případě definovaných hodnot korekčních činitelů ($f_V \cdot f_A = 1,0$) lze potřebu hydraulické energie vyjádřit jako funkci počtu hodin vytápění za časový krok a středního zatížení rozvodu:

$$W_{d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_D \cdot t_H \cdot f_{Sch} \cdot f_{Abgl} \quad (5-38)$$

Korekční činitel pro hydraulické rozvody f_{Sch} je nutný pouze pro rozlišení mezi jednotrubkovou tepelnou soustavou a dvoutrubkovou tepelnou soustavou.

Přibližný odhad tlakového rozdílu v návrhovém bodě lze provést pomocí neměnné tlakové ztráty připadající na délku rozvodu (100 Pa/m) a dodatečného zvýšení o tlakové ztráty prvků o 30 % z tlakové ztráty délky rozvodu. Proměnnými pro stanovení rozdílu tlaků v návrhovém bodě jsou maximální délka rozvodu v dané zóně, tlakové ztráty spotřebiče (otopných ploch) a části pro výrobu tepla:

$$\Delta p = 0,13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FBH} + \Delta p_{WE} \quad (5-39)$$

kde:

- Δp je rozdíl tlaků v rozvodu v dané zóně (kPa)
- L_{max} maximální délka rozvodu; (m)
- Δp_{FBH} dodatečná tlaková ztráta soustav podlahového vytápění; (kPa)
- Δp_{WE} tlaková ztráta zdrojů tepla. (kPa)

Tento přibližný odhad je použitelný u primárního i sekundárního rozvodu.

Nejsou-li k dispozici údaje výrobce pro Δp_{FBH} a/nebo Δp_{WE} , lze použít dále uvedené standardní hodnoty:

$\Delta p_{FBH} = 25$ kPa, včetně ventilů a okruhu otopné soustavy

Δp_{WE} = hodnoty v tabulce 5-17.

Typ zdroje tepla	Δp_{WE} [kPa]
Standardní zdroj	1
Závěsný zdroj	20
Kondenzační kotel	20

TABULKA 5-17

TLAKOVÁ ZTRÁTA ZDROJŮ TEPLA

Maximální délku vytápěcího okruhu v dané zóně lze přibližně vypočítat z vnějších rozměrů dané zóny:

$$L_{\max} = 2 \cdot \left(L + \frac{B}{2} + n_G \cdot h_G + l_c \right) \quad (5-40)$$

kde:

L je délka dané zóny (část budovy) [m]; (m)

B šířka dané zóny (část budovy) [m]; (m)

n_G počet vytápěných úrovní (podlaží) v dané zóně (část budovy); (-)

h_G střední výška úrovní (podlaží) v dané zóně (část budovy); (-)

l_c = 10 m u dvoutrubkových tepelných soustav; (m)

= $L + B$ u jednotrubkových tepelných soustav. (m)

5.3.1.5.3 Korekční činitelé

5.3.1.5.3.1 Korekční činitel pro hydraulické sítě, f_{Sch}

$f_{Sch} = 1$	pro dvoutrubkové tepelné soustavy;
$f_{Sch} = 8,6 \cdot \bar{m} + 0,7$	pro jednotrubkové tepelné soustavy, kde \bar{m} je poměr hmotnostního průtoku zdroje sálání a průtoku v daném okruhu [%] .

5.3.1.5.3.2 Korekční činitel pro hydraulickou bilanci f_{Abgl}

$f_{Abgl} = 1$ pro hydraulicky seřízené (vyvážené) soustavy

$f_{Abgl} = 1,25$ pro hydraulicky neseřízené soustavy

5.3.1.5.4 Koeficient energetické potřeby

V případě zjednodušené výpočtové metody se koeficient energetické spotřeby vypočítá podobně jako u detailní výpočtové metody – viz rovnici 5-25, přičemž se použijí tyto dodatečné předpoklady:

- Korekční činitel pro regulaci f_R , se stanoví podle obrázku 5-17, přičemž platí $\frac{P_{\text{Pump,max}}}{P_{\text{Pump}}} = 1,11$
- Korekční činitel pro volbu návrhového bodu $f_{\text{Ausl}} = 1,5$ (viz obrázek 5-15).
- Činitel účinnosti $f_e = f_\eta \cdot f_{\text{Ausl}}$.
- Aproximace křivky účinnosti čerpadla.

Činitel energetické potřeby se zjednoduší na:

$$e_{d,e} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_D^{-1}) \quad (5-41)$$

kde:

C_{P1}, C_{P2} jsou konstanty podle tabulky 5-18; (-)

f_e činitel účinnosti vyjádřený podle rovnice (-)

$$f_e = \frac{P_{\text{Pump}}}{P_{\text{hydr}}} \quad (5-42)$$

nebo pro čerpadla, kde není k dispozici P_{pump}

$$f_e = \left(1,25 + \left(\frac{200}{P_{\text{hydr}}} \right)^{0,5} \right) \cdot 1,5 \cdot b \quad (5-43)$$

b = 1 pro nové budovy
= 2 pro stávající budovy

P_{hydr} hydraulický výkon v návrhovém bodě zóny (W)

Regulace čerpadla	C_{P1}	C_{P2}
Neregulované	0,25	0,75
Δp_{konst}	0,75	0,25
$\Delta p_{\text{proměnný}}$	0,90	0,10

TABULKA 5-18

KONSTANTY C_{P1}, C_{P2} PRO VÝPOČET KOEFICIENTU ENERGETICKÉ POTŘEBY (ZJEDNODUŠENÁ METODA)

U stávajících instalací je pro P_{pump} zhruba správné používat jmenovitý výkon uvedený na štítku čerpadla. (V případě neregulovaných čerpadel s více než jednou úrovní otáček se musí pro P_{pump} použít úroveň otáček, při které je čerpadlo provozováno).

5.3.1.5.5 Přerušovaný provoz

U zjednodušené výpočtové metody se časový činitel pro rychlý zátok předpokládá 3 %, přičemž potřebu elektrické energie udává rovnice:

$$W_{d,e} = W_{d,hydr} \cdot e_{d,e} \cdot (\alpha_r + 0,6 \cdot \alpha_{setb} + \alpha_b) \quad (5-44)$$

Výraz v závorkách představuje energetickou úsporu v důsledku přerušovaného provozu.

Výpočet časových koeficientů se provede podle části 5.4.1.2.4.

5.3.1.6 TABULKOVÁ VÝPOČTOVÁ METODA

Vstupní údaje pro tabulkovou výpočtovou metodu jsou uvedeny níže. Všechny z nich jsou součástí projektových údajů.

- A Vytápěná podlahová plocha v dané zóně [m²]
- Typ zdroje tepla
- Jednotrubková / dvoutrubková tepelná soustava
- Typ regulace čerpadla

Výstupními údaji jsou:

- $W_{d,e}$ celková potřeba elektrické energie [kWh/rok]
- $W_{d,e,M}$ celková měsíční potřeba elektrické energie [kWh/měsíc]
- $Q_{d,r,w}$ využitelná energie pro vodu [kWh/časový krok]
- $Q_{d,r,a}$ využitelná energie pro okolní vzduch [kWh/časový krok]

Tabulková výpočtová metoda kombinuje všechny předpoklady zjednodušené metody a na základě použití dodatečných předpokladů pro konkrétní typy tepelných soustav poskytuje hodnoty roční potřeby elektrické energie.

5.3.1.7 VYUŽITELNÁ ENERGIE

U čerpadel provozovaných ve vytápěcích rozvodech je část potřebné elektrické energie přeměňována na tepelnou energii. Část této tepelné energie je využitelná jako teplo přenášené do vody, přičemž další část tepelné energie je využitelná jako teplo přenášené do okolního vzduchu. Obě tyto části jsou částečně využitelné:

Využitelná energie do vody:

$$Q_{d,r,w} = 0,25 \cdot W_{d,e} \quad (5-45)$$

Využitelná energie do okolního vzduchu:

$$Q_{d,r,a} = 0,25 \cdot W_{d,e} \quad (5-46)$$

5.3.2 SDÍLENÍ TEPLA Z ROZVODŮ

5.3.2.1 VŠEOBECNĚ

Sdílení tepla z rozvodů závisí na střední teplotě přívodní a vratné vody a teplotě okolního prostředí. Významný vliv na sdílení tepla má rovněž druh izolace.

5.3.2.2 DETAILNÍ VÝPOČTOVÁ METODA

5.3.2.2.1 Vstupní / výstupní údaje

Vstupní údaje pro detailní výpočtovou metodu jsou uvedeny níže. Všechny z nich jsou v projektových údajích:

- L délka trubek v dané zóně
U' hodnota U^8 na délku trubky v dané zóně, ve W/mK
 ϑ_m střední teplota média v dané zóně, ve °C
 ϑ_a okolní teplota v dané zóně (nevytápěný a vytápěný prostor), ve °C
 t_H počet hodin vytápění v časovém kroku v h/(časový krok)
Bere se v úvahu příslušný počet ventilů a závěsů (na potrubí).

Výstupními údaji jsou:

- Q_D celkové sdílení tepla z rozvodů v dané zóně [kWh/rok]
 $Q_{d,r}$ využitelná energie v dané zóně [kWh/časový krok]
 $Q_{d,u}$ nevyužitelná energie v dané zóně [kWh/časový krok]

5.3.2.2.2 Výpočtová metoda

Sdílení tepla v časovém kroku je dáno rovnicí:

$$Q_D = \sum_i U'_i \cdot (\vartheta_m - \vartheta_{a,i}) \cdot L_i \cdot t_H \quad (5-47)$$

kde:

- | | | | |
|---------------|----|--|-------------------|
| L | je | délka dané zóny (část budovy) [m]; | (m) |
| U' | je | hodnota U na délku; | (W/mK) |
| ϑ_m | | střední teplota média; | (°C) |
| ϑ_a | | teplota okolního prostředí; | (-) |
| L | | délka trubek; | (m) |
| i | | index u trubek se stejnými mezními podmínkami; | (-) |
| t_H | | počet hodin vytápění v časovém kroku. | (h/(časový krok)) |

⁸ Součinitel prostupu tepla vztažený na délku ve W/m.K

U částí rozvodu se stejnou hodnotou U , stejnou střední teplotou média a stejnou teplotou okolního prostředí se sdílení tepla vyjádří rovnicí:

$$Q_D = \sum_i \dot{q}_{D,i} \cdot L_i \cdot t_H \quad (5-48)$$

Střední teplota média tepelných okruhů s úpravou teploty vstupní vody podle venkovní teploty, závisí na středním zatížení rozvodu a rozdílu teplot mezi střední návrhovou teplotou části sdílení tepla a teplotou místnosti. Výpočet střední teploty média je uveden v části 5.4.4.

Sdílení tepla vztažené k délce v prostoru s okolní teplotou ϑ_a závisí na středním zatížení rozvodu a vyjadřuje se rovnicí:

$$\dot{q}_{D,i}(\beta_D) = U'_i \cdot (\vartheta_m(\beta_D) - \vartheta_{a,i}) \quad (5-49)$$

Pro rozvody s:

- konstantní teplotou přívodní vody ϑ_m která nezávisí na středním zatížení rozvodů.
- rozdílem teplot mezi vytápěným a nevytápěným prostorem

$$\Delta\vartheta_U = \vartheta_a - \vartheta_u \quad (5-50)$$

- hodnotami U , tj. U' , U'_U , vztaženými k délce trubek ve vytápěných, popř. nevytápěných prostorech

se sdílení tepla v nevytápěných prostorech udává jako funkce sdílení tepla ve vytápěných prostorech (takže sdílení tepla z trubek se vypočítá pouze jednou pro části se stejnými mezními podmínkami):

$$\dot{q}_{D,u}(\beta_D) = \dot{q}_D(\beta_D) \cdot \left(\frac{U'_U}{U'} + U'_U \cdot \frac{\Delta\vartheta_U}{\dot{q}_D(\beta_D)} \right) \quad (5-51)$$

Výraz v závorkách v rovnici (5-51) lze vyjádřit jako činitel f_U :

$$f_u = \frac{U'_U}{U'} + U'_U \cdot \frac{\Delta\vartheta_U}{\dot{q}_D(\beta_D)} \quad (5-52)$$

přičemž sdílení tepla v nevytápěných prostorech závisí pouze na sdílení tepla ve vytápěných prostorech a na činiteli, který vyjadřuje vztah mezi různými hodnotami U vztaženými k délce a rozdílem teplot ve vytápěných a nevytápěných prostorech:

$$\dot{q}_{D,u}(\beta_D) = \dot{q}_D(\beta_Q) \cdot f_U \quad (5-53)$$

Vzhledem k součtu délky trubek L_H ve vytápěných prostorech a L_U v nevytápěných prostorech se využitelná část sdílení tepla obecně vyjadřuje rovnicí:

$$a_n = \frac{L_H}{L_H + \frac{U'_U}{U'} \cdot L_U \cdot \left(1 + \frac{\Delta\vartheta_U}{\vartheta_m(\beta_D) - \vartheta_a} \right)} \quad (5-54)$$

5.3.2.2.3 Sdílení tepla z příslušenství

Sdílení tepla z rozvodů není dáno pouze sdílením z trubek. Rovněž se bere v úvahu sdílení tepla z příslušenství, např. ventilů a závěsů.

Aby bylo možné vzít v úvahu sdílení tepla závěsy, může se jako aproximace použít dodatečná ekvivalentní délka 15 %. Tabulka 5-19 uvádí ekvivalentní délku ventilů včetně přírub v závislosti na druhu izolace.

Ventily včetně přírub	ekvivalentní délka v m $d \leq 100 \text{ mm}$	ekvivalentní délka v m $d > 100 \text{ mm}$
bez izolace	4,0	6,0
s izolací	1,5	2,5

TABULKA 5-19

EKVIVALENTNÍ DÉLKA VENTILŮ)

5.3.2.2.4 Využitelné a nevyužitelné sdílení tepla

Pro součet délky trubek $L_{r,i}$ ve vytápěném prostoru i se sdílení tepla v časovém kroku $Q_{D,r}$, které lze využít, vypočítá podle rovnice:

$$Q_{D,r} = \sum_i \dot{q}_{D,r,i} \cdot L_{r,i} \cdot t_H \quad (5-55)$$

Pro součet délky trubek $L_{u,i}$ v nevytápěném prostoru i se sálání tepla v časovém kroku $Q_{D,u}$, které nelze využít, vypočítá podle rovnice:

$$Q_{D,u} = \sum_i \dot{q}_{D,u,i} \cdot L_{u,i} \cdot t_H \quad (5-56)$$

5.3.2.2.5 Celkové sdílení tepla

Celkové sdílení tepla je součtem využitelného sdílení tepla ve vytápěném prostoru a nevyužitelného sdílení tepla v nevytápěném prostoru:

$$Q_D = Q_{D,r} + Q_{D,u} \quad (5-57)$$

5.3.2.3 VÝPOČET HODNOT U VZTAŽENÝCH K DÉLCE (W/MK)

Hodnota U pro izolované trubky ve vzduchu s koeficientem celkového přestupu tepla včetně konvekce a sálání na vnější straně je dána rovnicí:

$$U' = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a} \right)} \quad (5-58)$$

kde:

d_i, d_a je vnitřní průměr trubky (bez izolace), vnější průměr trubky; (m)

α_a koeficient celkového přestupu tepla do venkovního pro- (W/m²K)

středí (konvekce a sálání);

λ_D vedení tepla izolací (W/mK). (W/mK)

U zabudovaných trubek je hodnota U dána rovnicí:

$$U'_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left[\frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\lambda_E} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{D} \right]} \quad (5-59)$$

kde:

z je hloubka trubky pod povrchem; (m)

λ_E vedení tepla zabudovaným materiálem. (W/mK)

U tepelných soustav se nesmí brát v úvahu koeficient celkového vnitřního přestupu tepla.

5.3.2.4 ZJEDNODUŠENÁ VÝPOČTOVÁ METODA

5.3.2.4.1 Vstupní / výstupní údaje

Vstupní údaje pro zjednodušenou výpočtovou metodu jsou uvedeny níže. Všechny z nich jsou uvedeny v projektu:

L délka dané zóny v m

B šířka dané zóny v m

h_G výška podlaží dané zóny v m

n_G počet podlaží v dané zóně

U' tabulková hodnota U vztažená k délce, pro každou část rozvodu v dané zóně v W/mK

ϑ_m střední teplota média v dané zóně ve °C

ϑ_a okolní teplota v dané zóně (nevytápěný a vytápěný prostor) ve °C

t_H počet hodin vytápění v časovém kroku v h/časový krok

Bere se v úvahu počet ventilů a závěsů (v potrubí).

Výstupními údaji jsou:

Q_D celkové sdílení tepla z rozvodů v dané zóně v kWh/rok

$Q_{d,r}$ využitelná energie v dané zóně v kWh/časový krok

$Q_{d,u}$ nevyužitelná energie v dané zóně v kWh/časový krok.

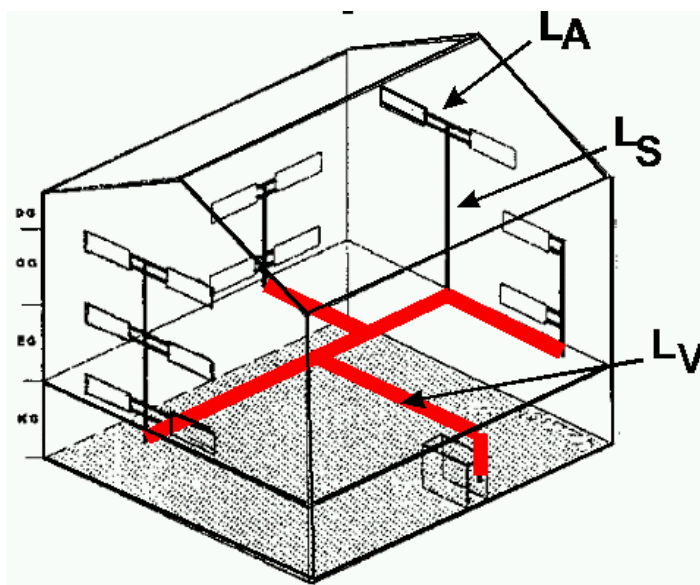
5.3.2.4.2 Přibližný odhad (aproximace) délky trubek rozvodů v zóně

U zjednodušené výpočtové metody se provádí přibližný odhad délky trubek v budově nebo v zóně (viz obrázek 5-19), a to na základě délky (L) a šířky (B) budovy nebo zóny, výšky podlaží (h_G) a počtu podlaží (n_G) – viz tabulku 5-20 a 5-21.

Hodnoty	výsledek	jednotka	část V rozvod do kanálů a drážek	část S vertikální drážky	část A spojovací trubky
Střední teplota okolního prostředí		°C	13, popř. 20	20	20
Délka trubek při vedení rozvodů ve vnějších stěnách	L_i	m	$2.L+0,01625.L.B^2$	$0,025.L.B.h_G.n_G$	$0,055.L.B.n_G$
Délka trubek při vedení rozvodů ve vnitřních stěnách	L_i	m	$2.L+0,0325.L.B+6$	$0,025.L.B.h_G.n_G$	$0,055.L.B.n_G$

TABULKA 5-20

PŘÍBLIŽNÝ ODHAD DÉLKY TRUBEK (DVOUTRUBKOVÝ ROZVOD)



L_V Délka trubky mezi zdrojem tepla a vertikálními kanálky (stoupačkami). Tyto (horizontální) trubky mohou být v nevytápěném prostoru (podzemním podlaží, podkroví) nebo ve vytápěném prostoru.

L_S Délka trubky v kanálcích (např. vertikálních-stoupací potrubí). Tyto trubky jsou buď ve vytápěném prostoru, ve venkovních zdech nebo uvnitř budovy. Topné médium vždy cirkuluje.

L_A Spojovací trubky. U těchto trubek je průtok regulován částí sdílení tepla (otopnými plochami).

OBRÁZEK 5-19

TYP TRUBEK V ROZVODU

Délka trubek v případě rozvodů uvnitř budovy	L	m	$2.L+0,0325.L.B+6$	$0,025.L.B.h_G.n_G+2.(L+B).n_G$	$0,1.L.B.n_G$
--	-----	---	--------------------	---------------------------------	---------------

TABULKA 5-21

PŘÍBLIŽNÝ ODHAD DÉLKY TRUBEK (JEDNOTRUBKOVÝ ROZVOD)

5.3.2.4.3 Přibližný odhad (aproximace) hodnot U

U zjednodušené výpočtové metody se aproximace hodnot U provádějí pro různé typy trubek (tabulka 5-22). Hodnoty jsou konstantní.

Rok výstavby	Rozvod	Kanály a drážky ve venkovních zdech		Kanály a drážky uvnitř budovy	
	část V	část S	část A	část S	část A
> 1995	0,200	0,255	0,255	0,255	0,255
1980 – 1995	0,200	0,400	0,400	0,300	0,400

Rok výstavby	Rozvod	Kanály a drážky ve venkovních zdech		Kanály a drážky uvnitř budovy	
	část V	část S	část A	část S	část A
< 1980	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Neizolované trubky					
$A \leq 200 \text{ m}^2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$A \leq 500 \text{ m}^2$	2,000				
$A > 1000 \text{ m}^2$	3,000				
Ve venkovních zdech		celkové/ využitelné*			
Venkovní zeď bez izolace		1,35 / 0,80			
Venkovní zeď s izolací na vnější straně		1,00 / 0,90			
Venkovní zeď bez izolace, ale s nízkou hodnotou U ($U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)		0,75 / 0,55			
* celkové = celkové sdílení tepla z trubky; využitelné = využitelné sdílení tepla)					

TABULKA 5-22

TYPICKÉ HODNOTY U' VE W/mK PRO NOVÉ A STÁVAJÍCÍ BUDOVY)

5.3.2.5 TABULKOVÁ VÝPOČTOVÁ METODA

Vstupní údaje pro tabulkovou výpočtovou metodu jsou uvedeny níže. Všechny z nich jsou součástí projektu.

A vytápěná podlahová plocha v dané zóně v m^2

ϑ_m střední teplota média v dané zóně ve $^{\circ}\text{C}$ (teplota přívodního/vratného média)

t_H počet hodin vytápění v časovém kroku v h/(časový krok)

Výstupními údaji jsou:

Q_D celkové sdílení tepla z rozvodu v dané zóně v kWh/rok

$Q_{d,r}$ využitelná energie v dané zóně v kWh/časový krok

$Q_{d,u}$ nevyužitelná energie v dané zóně v kWh/časový krok.

Tabulková výpočtová metoda kombinuje všechny předpoklady zjednodušené metody a na základě použití dodatečných předpokladů týkajících se návrhové teploty soustavy poskytuje hodnoty ročního sdílení tepla.

5.3.3 VÝPOČET STŘEDNÍHO ZATÍŽENÍ ROZVODU PŘIPADAJÍCÍHO NA ZÓNU

Střední zatížení rozvodu se stanoví podle rovnice:

$$\beta_D = \frac{Q_{em,in}}{\dot{Q}_N \cdot t_H} \quad (5-60)$$

kde

$Q_{em,in}$	je	energie včetně sdílení a regulace za časový krok;	(kWh/časový krok)
\dot{Q}_N		návrhový tepelný výkon připadající na zónu;	(kW)
t_H		počet hodin vytápění v dané zóně za časový krok.	(h/časový krok)

5.3.4 VÝPOČET TEPLoty PŘÍVODNÍHO A VRATNÉHO MÉDIA V ZÁVISLOSTI NA STŘEDNÍM ZATÍŽENÍ OKRUHU OTOPNÉ SOUSTAVY

U tepelných soustav s regulací teploty přívodního média v závislosti na venkovní teplotě se teplota přívodního média ϑ_s a teplota vratného média ϑ_r a také střední teplota části sdílení tepla ϑ_m udávají jako funkce středního zatížení rozvodu v každé procesní oblasti:

$$\vartheta_m(\beta_i) = \Delta\vartheta_a \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \vartheta_i \quad (5-61)$$

$$\vartheta_s(\beta_i) = (\vartheta_{sa} - \vartheta_i) \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \vartheta_i \quad (5-62)$$

$$\vartheta_r(\beta_i) = (\vartheta_{ra} - \vartheta_i) \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \vartheta_i \quad (5-63)$$

kde

β_i	je	střední zatížení rozvodu v procesní oblasti;	(-)
$\Delta\vartheta_a$		rozdíl teplot ve °C mezi střední návrhovou teplotou části sdílení tepla (otopných ploch) a teplotou místnosti	(°C)

$$\Delta\vartheta_a = \frac{\vartheta_{sa} + \vartheta_{ra}}{2} - \vartheta_i \quad (5-64)$$

n	je	exponent části sdílení tepla (standardní hodnota = 1,33 u otopných těles, 1,1 u soustav podlahové vytápění);	(-)
ϑ_{sa}		návrhová teplota přívodního média;	(°C)
ϑ_{ra}		návrhová teplota vratného média;	(°C)
ϑ_i		teplota místnosti.	(°C)

U okruhů vytápění u hydraulického oddělovacího zařízení nebo akumulární nádoby není někdy teplota ovlivněna regulací podle venkovní teploty.

U tepelných soustav, kde teplota oddělovacího zařízení nebo akumulární nádoby nezávisí na přívodní teplotě části sdílení tepla, se musí sdílení tepla trubkami mezi zdrojem tepla a akumulární nádobou vypočítat s použitím neměnné teploty dané zdrojem tepla.

5.3.5 PODPŮRNÉ ÚDAJE A PŘÍKLADY UŽITÍ

5.3.5.1 TABULKOVÝ VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY POMOCNÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Roční potřeba pomocné elektrické energie je uvedena v tabulce 5-23. Hodnoty byly vypočteny zjednodušenou metodou (viz 5.3.1.5) s dodatečnými předpoklady:

- ⇒ střední zatížení okruhu otopné soustavy = 0,4;
- ⇒ počet hodin vytápění = 5 000/rok;
- ⇒ návrhový tepelný výkon/ m^2 = 40 W/ m^2 (nové budovy);
- ⇒ výška podlaží = 3 m;
- ⇒ délka dané zóny v závislosti na vytápěné podlahové ploše: $L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_N$;
- ⇒ šířka dané zóny v závislosti na vytápěné podlahové ploše: $B = 2,72 \cdot \ln(A_N) + 6,62$;
- ⇒ počet podlaží v dané zóně: $n_G = A_N / (L \cdot B)$;
- ⇒ $A = \text{m}^2$ dané zóny (jedno čerpadlo pro maximálně 1 000 m^2 na zónu).

Roční potřeba pomocné elektrické energie [kWh/rok] (5 000 hodin vytápění)						
A [m ²]	Zdroje se standardním objemem vody			Zdroje s malým objemem vody		
	Dvoutrubková soustava s otopnými tělesy					
	čerpadlo					
	bez regu- lace	Δ p _{konst}	Δ p _{proměnný}	bez regu- lace	Δ p _{konst}	Δ p _{proměnný}
100	99	64	53	105	68	57
150	126	82	68	151	98	82
200	151	98	82	206	134	112
300	196	127	106	349	226	189
400	238	154	129	544	352	294
500	278	180	150	799	517	432
600	316	205	171	915	592	495
700	354	229	192	1021	661	553
800	391	253	211	1125	728	609
900	427	276	231	1226	794	664
1000	463	299	250	1326	858	718

TABULKA 5-23

ROČNÍ POTŘEBA POMOCNÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Roční potřeba pomocné elektrické energie [kWh/rok] (5 000 hodin vytápění)						
	Zdroje se standardním objemem vody			Zdroje s malým objemem vody		
A [m ²]	Dvoutrubková soustava s podlahovým vytápěním					
	čerpadlo					
	bez regulace	Δ p _{konst}	Δ p _{proměnný}	bez regula- ce	Δ p _{konst}	Δ p _{proměnný}
100	193	125	105	198	128	107
150	246	159	133	263	170	142
200	294	190	159	333	215	180
300	379	245	205	497	322	269
400	458	296	248	709	459	384
500	532	344	288	979	634	530
600	602	390	326	1122	726	607
700	671	434	363	1254	812	679
800	738	477	399	1384	895	749
900	803	520	435	1510	977	817
1000	867	561	469	1635	1058	885
A [m ²]	Jednotrubková soustava s otopnými tělesy					
	bez regulace			bez regula- ce		
100	109			115		
150	141			164		
200	170			222		
300	224			369		
400	274			568		
500	323			827		
600	370			950		
700	417			1063		
800	463			1174		
900	509			1283		
1000	554			1390		

TABULKA 5-23 - POKRAČOVÁNÍ

ROČNÍ POTŘEBA POMOCNÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Při jiném počtu hodin vytápění než 5 000 h/rok lze tabulkové hodnoty upravit vynásobením činitelem $f = \frac{\text{hodiny vytápění}}{5000}$.

Při přerušovaném vytápění lze tabulkové hodnoty upravit vynásobením činitelem f_{int} :

⇒ Běžný režim: každý den od 06:00 h do 22:00 h, útlum se sníženou teplotou ve zbývajících dobách: $f_{\text{int}} = 0,87$;

Jestliže dojde k vypnutí čerpadla při snížené teplotě: $f_{\text{int}} = 0,69$;

⇒ Běžný režim: pondělí až pátek od 06:00 h do 22:00 h, útlum se sníženou teplotou ve zbývajících dobách: $f_{\text{int}} = 0,87$;

Jestliže dojde k vypnutí čerpadla v režimu stavu při snížené teplotě: $f_{\text{int}} = 0,60$;

Využitelná energie do vody: $Q_{\text{d,r,w}} = 0,25 \cdot W_{\text{d,e}}$

Využitelná energie do okolního vzduchu: $Q_{\text{d,r,a}} = 0,25 \cdot W_{\text{d,e}}$

5.3.5.2 TABULKOVÝ VÝPOČET ROČNÍHO SDÍLENÍ TEPLA Z ROZVODŮ

Roční sálání tepla pro dvoutrubkové tepelné soustavy je uvedeno v tabulce 5-24. Hodnoty byly vypočteny pomocí zjednodušené metody (viz 5.3.1.5) s některými dodatečnými předpoklady:

⇒ střední zatížení rozvodu = 0,4;

⇒ počet hodin vytápění = 5 000/rok;

⇒ délka zóny v závislosti na vytápěné podlahové ploše: $L = 11,4 + 0,0059 \cdot A_N$;

⇒ šířka zóny v závislosti na vytápěné podlahové ploše: $B = 2,72 \cdot \ln(A_N) + 6,62$;

⇒ počet podlaží v dané zóně: $n_G = A_N / (L \cdot B)$;

⇒ $A = m^2$ dané zóny;

⇒ hodnota U trubek v části V okruhu otopné soustavy v nevytápěných prostorech
 $U = 0,2 \text{ W/mK}$;

⇒ hodnota U u kanálků a drážek a propojovacích trubek rozvodu ve vytápěných prostorech
 $U = 0,255 \text{ W/mK}$;

⇒ kanály a drážky uvnitř zóny.

	Roční sdílení tepla v kWh/rok při návrhové teplotě (5 000 hodin vytápění)							
Vytápěná plocha	90 / 70 °C		70 / 55 °C		55 / 45 °C		35 / 28 °C	
	nevytápěný prostor	vytápěný prostor	nevytápěný prostor	vytápěný prostor	nevytápěný prostor	vytápěný prostor	nevytápěný prostor	vytápěný prostor
A [m ²]	$Q_{\text{D,u}}$	$Q_{\text{D,r}}$	$Q_{\text{D,u}}$	$Q_{\text{D,r}}$	$Q_{\text{D,u}}$	$Q_{\text{D,r}}$	$Q_{\text{D,u}}$	$Q_{\text{D,r}}$
100	1133	2375	865	1681	674	1187	388	446
150	1265	3562	966	2522	753	1781	433	669
200	1383	4749	1056	3363	823	2375	473	893
300	1592	7124	1216	5044	948	3562	545	1339
400	1783	9499	1362	6723	1061	4749	611	1785

	Roční sdílení tepla v kWh/rok při návrhové teplotě (5 000 hodin vytápění)							
Vytápěná plocha	90 / 70 °C		70 / 55 °C		55 / 45 °C		35 / 28 °C	
	nevytápěný prostor	vytápěný prostor	nevytápěný prostor	vytápěný prostor	nevytápěný prostor	vytápěný prostor	nevytápěný prostor	vytápěný prostor
A [m ²]	Q _{D,u}	Q _{D,r}	Q _{D,u}	Q _{D,r}	Q _{D,u}	Q _{D,r}	Q _{D,u}	Q _{D,r}
500	1964	11873	1499	8407	1169	5937	672	2231
600	2138	14248	1632	10088	1272	7124	732	2678
700	2308	16623	1762	11770	1373	8311	790	3124
800	2475	18998	1890	13451	1473	9499	847	3571
900	2641	21372	2016	15133	1572	10686	904	4016
1000	2805	23747	2143	16814	1669	11873	961	4463

TABULKA 5-24

ROČNÍ SDÍLENÍ TEPLA V KWh/ROK PŘI NÁVRHOVÉ TEPLOTĚ

Při jiném počtu hodin vytápění než 5 000 h/rok lze tabulkové hodnoty upravit vynásobením činitelem $f = \frac{\text{počet hodin vytápění}}{5000}$.

Podobnou tabulku lze vypracovat pro jednotrubkové tepelné soustavy.

5.3.5.3 PŘÍKLAD 1

Příklad uvádí použití zjednodušené výpočtové metody.

Dáno:

Budova: délka 10 m, šířka 8 m, počet podlaží 2, výška podlaží 3 m, vytápěná plocha: 160 m²;

Návrhový tepelný výkon $Q_N = 8\,000\text{ W}$;

Střední zatížení rozvodu $\beta_D = 0,4$;

Počet hodin vytápění 5 000 h/rok;

Návrhová teplota přívodní vody $\vartheta_{sa} = 55\text{ °C}$;

Návrhová teplota vratné vody $\vartheta_{ra} = 45\text{ °C}$;

Dvoutrubková tepelná soustava $f_{sch} = 1$;
seřízená (hydraulicky) $f_{Abg} = 1$
 $l_c = 10\text{ m}$;

Otopné plochy: standardní $\Delta p_{FBH} = 0$
otopná tělesa zdroj tepla $\Delta p_{WE} = 1\text{ kPa}$
nová budova: $b = 1$;

Regulace čerpadla: $\Delta p_{\text{proměnný}} C_{p1} = 0,90; C_{p2} = 0,10$

Výpočty:

Potřeba elektrické energie:

$$L_{\max} = 2 \cdot \left(L + \frac{B}{2} + n_G \cdot h_G + l_c \right) \rightarrow L_{\max} = 60 \text{ m}$$

$$\Delta p = 0,13 \cdot L_{\max} + 2 + \Delta p_{\text{FBH}} + \Delta p_{\text{WE}} \rightarrow \Delta p = 10,8 \text{ kPa}$$

$$\dot{V} = 0,713 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_{\text{hydr}} = 2,141 \text{ W}$$

$$W_{\text{d,hydr}} = 4,282 \text{ kWh/rok}$$

$$f_e = 16,373$$

$$e_{\text{d,e}} = 18,829$$

$$W_{\text{d,e}} = 80,6 \text{ kWh/rok}$$

Prerušovaný provoz: normální režim: 15 h/den, režim útlumu: 3 %

$$\rightarrow \alpha_r = 0,625; \rightarrow \alpha_b = 0,03; \rightarrow \alpha_{\text{setb}} = 0,345$$

$$W_{\text{d,e,intern}} = 69,5 \text{ kWh/rok}$$

Měsíční potřeba energie:

Příklad: leden: střední zatížení okruhu otopné soustavy $\beta_{D,j} = 0,8$

počet hodin vytápění = 744 h/měsíc

$$W_{\text{d,e,leden}} = 24,0 \text{ kWh/měsíc, při prerušovaném provozu: } W_{\text{d,e,intern,Jan}} = 20,7 \text{ kWh/měsíc}$$

Využitelná energie:

Využitelná energie pro vodu: $Q_{\text{d,r,w}} = 0,25 \cdot W_{\text{d,e}} = 20,2 \text{ kWh/rok}$

Využitelná energie pro okolní vzduch: $Q_{\text{d,r,a}} = 0,25 \cdot W_{\text{d,e}} = 20,2 \text{ kWh/rok}$

5.3.5.4 PŘÍKLAD 2

Příklad uvádí použití zjednodušené výpočtové metody.

Sdílení tepla:

Dáno:

Hodnoty U	vytápěný prostor: 0,255 W/mK; nevytápěný prostor: 0,200 W/mK
Vnější rozměry budovy	$L_v = 28,6 \text{ m}; L_s = 12 \text{ m}; L_a = 88 \text{ m}$
Střední teplota okruhu otopné soustavy	$\vartheta_m = 35,06 \text{ °C}$
Teplota ve vytápěném prostoru	20 °C
Teplota v nevytápě-	13 °C

ném prostoru	
--------------	--

Výpočty:

$$q_{D,u} = 4,413 \text{ W/m};$$

$$q_{D,h} = 3,841 \text{ W/m},$$

$$L_u = L_v = 28,6 \text{ m};$$

$$L_h = L_s + L_a = 100 \text{ m}$$

$$Q_{D,u} = 631 \text{ kWh/rok};$$

$$Q_{D,h} = 1\,921 \text{ kWh/rok}$$

Celkové sdílení tepla: $Q_D = 2\,552 \text{ kWh/rok}$ (představuje tepelnou ztrátu rozvodu)

Využitelná energie: $Q_{D,r} = Q_{D,h} = 1\,921 \text{ kWh/rok}$ (o tuto hodnotu se snižuje tepelná ztráta, bude-li teplo v tepelné bilanci zóny opravdu využito)