

OBSAH

Předmluva	11	3.1.3.1	Celkové tepelné zisky	40
Úvod k 1. slovenskému vydání	13	3.1.3.2	Vnitřní tepelné zisky	40
Úvod k 1. českému vydání	14	3.1.3.3	Solární tepelné zisky	40
1 Velkoplošné sálavé podlahové vytápění	15	3.1.4	Potřeba tepla na vytápění	41
1.1 Historický vývoj vytápění	15	3.1.4.1	Tepelná bilance	41
1.2 Sálavé vytápění	17	3.1.4.2	Faktor využití tepelných zisků	42
1.2.1 Šíření tepla při sálavém vytápění	17	3.1.5	Roční potřeba tepla na vytápění budovy	42
1.2.2 Druhy sálavého vytápění	18	3.1.5.1	Měsíční výpočtové období	42
1.3 Velkoplošné sálavé vytápění	18	3.1.5.2	Výpočtový postup pro topné období	42
1.4 Velkoplošné podlahové vytápění	19	3.1.6	Potřeba energie na vytápění a přípravu teplé vody	43
1.5 Teplovodní podlahové vytápění	19	3.1.6.1	Potřeba energie na vytápění	43
1.6 Elektrické podlahové vytápění	20	3.1.6.2	Potřeba energie na ohřev vody	43
1.7 Dílčí závěr	21	3.1.6.3	Tepelné ztráty otopné soustavy	43
2 Volba budov pro podlahové vytápění	22	3.1.6.4	Účinnost otopné soustavy	43
2.1 Stanovení rozhodujících tepelnětechnických veličin	22	3.1.7	Zpráva	44
2.1.1 Požadavky na tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí obytných a občanských budov	22	3.1.7.1	Vstupní údaje	44
2.1.1.1 Nejnižší povrchová teplota konstrukce	22	3.1.7.2	Výsledky	44
2.1.1.2 Součinitel prostupu tepla	23	3.2	Tepelná ztráta budovy	44
2.1.1.3 Pokles dotykové teploty podlahy	25	3.2.1	Princip výpočtové metody	44
2.1.1.4 Zkondenzované množství vodní páry v konstrukci	25	3.2.2	Všeobecné zásady	45
2.1.1.5 Šíření vzduchu konstrukcí	26	3.2.2.1	Výpočtový postup pro vytápěný prostor	45
2.1.1.6 Tepelná stabilita místností	27	3.2.2.2	Výpočtový postup pro část budovy nebo celou budovu	45
2.1.2 Požadavky na tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí průmyslových budov	28	3.2.2.3	Výpočtový postup zjednodušené výpočtové metody	46
2.1.2.1 Tepelný odpor stavebních konstrukcí	28	3.2.3	Vstupní údaje	46
2.1.2.2 Tepelná jímavost stavebních konstrukcí	29	3.2.3.1	Klimatické údaje	46
2.1.2.3 Tepelná stabilita místností (prostor)	29	3.2.3.2	Vnitřní výpočtová teplota	46
2.1.2.4 Kondenzace vodní páry ve stavebních konstrukcích	30	3.2.3.3	Údaje o budově	46
2.2 Hygienické požadavky	30	3.2.4	Celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru – základní případy	47
2.2.1 Tepelná pohoda	30	3.2.4.1	Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla	48
2.2.1.1 Podmínky stavu tepelné pohody	30	3.2.4.1.1	Tepelné ztráty přímo do exteriéru – měrná tepelná ztráta $H_{T,ie}$	48
2.2.1.2 Faktory tepelné pohody	30	3.2.4.1.2	Tepelné ztráty nevytápěným prostorem – měrná tepelná ztráta $H_{T,iue}$	48
2.2.1.3 Vliv faktorů tepelné pohody	31	3.2.4.1.3	Tepelné ztráty zeminou – měrná tepelná ztráta $H_{T,ig}$	49
2.2.2 Lokální tepelná nepohoda	31	3.2.4.1.4	Tepelné ztráty do prostor vytápěných na různé teploty nebo z nich – měrná tepelná ztráta $H_{T,ij}$	52
2.2.3 Tepelný režim	32	3.2.4.2	Projektovaná tepelná ztráta větráním	52
2.2.3.1 Vertikální průběh teploty	32	3.2.4.2.1	Hygienický minimální objemový tok vzduchu	54
2.2.3.2 Horizontální průběh teploty	33	3.2.4.2.2	Infiltrace obalovými konstrukcemi budovy – objemový tok vzduchu	54
2.3 Energetická náročnost budov	33	3.2.4.2.3	Objemové toky vzduchu v důsledku činnosti systému větrání	54
2.3.1 Měrná potřeba tepla při vytápění budov	34	3.2.4.3	Prostory s přerušovaným vytápěním	55
2.3.2 Průměrný součinitel prostupu tepla	34	3.3	Projektovaný tepelný příkon	55
2.3.3 Stupeň energetické náročnosti budov	35	3.3.1	Projektovaný tepelný příkon pro vytápěný prostor	55
2.4 Dílčí závěr	35	3.3.2	Projektovaný tepelný příkon pro část budovy nebo celou budovu	55
3 Energetická bilance budov s podlahovým vytápěním	36	3.3.3	Zjednodušená výpočtová metoda	56
3.1 Bilance energie	36	3.3.3.1	Projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru	56
3.1.1 Postup výpočtu	36	3.3.3.1.1	Celková projektovaná tepelná ztráta	56
3.1.1.1 Určení obalové konstrukce a zón budovy	37	3.3.3.1.2	Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla	56
3.1.1.2 Vstupní údaje	37	3.3.3.1.3	Projektovaná tepelná ztráta větráním	56
3.1.2 Tepelné ztráty při konstantní vnitřní teplotě	38	3.3.3.2	Projektovaný tepelný příkon pro vytápěný prostor	57
3.1.2.1 Celková tepelná ztráta	38	3.3.3.2.1	Celkový projektovaný tepelný příkon	57
3.1.2.2 Měrná tepelná ztráta větráním	39	3.3.3.2.2	Prostory s přerušovaným vytápěním	57
3.1.2.3 Účinek přerušování vytápění	40	3.3.3.3	Celkový projektovaný tepelný příkon pro část budovy nebo celou budovu	57
3.1.3 Tepelné zisky	40			

3.3.3.4	Výpočet projektovaného tepelného příkonu ve zvláštních případech	57	4.5.1	Statické modely	85
3.3.3.4.1	Místnosti s výškou nad 5 m a velkoprostorové místnosti	57	4.5.2	Dynamické modely	86
3.3.3.4.2	Budovy, kde se teplota vzduchu a střední radiační teplota výrazně liší	58	4.5.3	Aplikace CFD	87
3.4	Dílčí závěr	59	4.5.4	Integrované dynamické modely	88
			4.5.4.1	Systém ESP-r	89
			4.5.4.2	Program TRNSYS	89
			4.6	Dílčí závěr	90
4	Výpočet teplovodního podlahového vytápění	60	5	Výpočet elektrického podlahového vytápění	91
4.1	Tepelná rovnováha interiéru s podlahovým vytápěním	60	5.1	Základní typy elektrického podlahového vytápění	91
4.1.1	Šíření tepla při podlahovém vytápění	60	5.1.1	Akumulační režim vytápění	91
4.1.2	Matematická formulace tepelné rovnováhy interiéru s podlahovým vytápěním	60	5.1.2	Poloakumulační režim vytápění	91
4.1.3	Modifikace rovnice tepelné rovnováhy interiéru s podlahovým vytápěním	62	5.1.3	Přímý režim vytápění	91
4.1.4	Tepelná pohoda při podlahovém vytápění	62	5.2	Tepelnětechnický výpočet elektrického podlahového vytápění	92
4.1.5	Tepelný příkon při podlahovém vytápění	62	5.3	Návrh skladby podlahové konstrukce	92
4.2	Tepelnětechnický výpočet teplovodního podlahového vytápění	63	5.3.1	Součinitele prostupu tepla podlahovou konstrukcí	92
4.2.1	Výpočet průměrné povrchové teploty podlahy	64	5.3.2	Časová konstanta podlahy	94
4.2.2	Výpočet měrného tepelného výkonu podlahové otopné plochy	65	5.4	Teplotní poměry v otopné rovině	94
4.2.2.1	Měrný tepelný výkon při shodných teplotách nad i pod podlahovou otopnou plochou	65	5.5	Tepelné toky podlahovou konstrukcí	96
4.2.2.2	Měrný tepelný výkon při rozdílných teplotách nad i pod podlahovou otopnou plochou	65	5.6	Tepelný příkon podlahové otopné plochy	96
4.2.3	Výpočty pro projektové nomogramy	66	5.6.1	Akumulační a poloakumulační režim	96
4.2.3.1	Výpočet součinitele m	66	5.6.2	Přímý režim vytápění	97
4.2.3.2	Výpočet teplotního rozdílu ($\theta_p - \theta$)	68	5.7	Doplňkové vytápění	97
4.2.3.3	Výpočet měrného tepelného výkonu směrem dolů q'	68	5.8	Dílčí závěr	98
4.2.3.4	Výpočet poměrného zvětšení výkonu okrajem otopné plochy Q_p/Q_p	68	6	Konstrukce podlahové otopné plochy	99
4.2.4	Grafické vyjádření projektových nomogramů	69	6.1	Podkladový beton	99
4.2.5	Tabulky pro výpočet podlahového teplovodního vytápění	71	6.2	Tepelně-akustická izolace	99
4.2.5.1	Střední povrchová teplota	71	6.3	Obvodový tepelněizolační a dilatační pás	100
4.2.5.2	Měrný tepelný výkon	71	6.4	Hydroizolace	100
4.2.6	Vlivy na tepelný výkon podlahové otopné plochy	73	6.5	Tepelněreflexní fólie	100
4.2.6.1	Vliv okrajů na zvětšení měrného tepelného výkonu	73	6.6	Otopné trubky	101
4.2.6.2	Vliv podlahové krytiny	74	6.6.1	Trubky na vytápění	101
4.2.6.3	Vliv zakrytí podlahové otopné plochy nábytkem	75	6.6.1.1	Kovové trubky	101
4.2.7	Výpočet podlahového vytápění na odstraňování sněhu	75	6.6.1.2	Plastové trubky	102
4.2.7.1	Vlastnosti nemrzoucích směsí	75	6.6.1.3	Vícevrstvé trubky s kovovou vložkou	102
4.2.7.2	Teoretické základy	75	6.6.2	Trubky pro podlahové vytápění	103
4.2.7.3	Závěry pro praxi	77	6.6.2.1	Měděné trubky pro podlahové vytápění	103
4.3	Hydraulický výpočet podlahového vytápění	78	6.6.2.2	Plastové trubky pro podlahové vytápění	104
4.3.1	Celková tlaková ztráta otopného okruhu	78	6.6.2.3	Kombinované trubky pro podlahové vytápění	108
4.3.2	Výpočet tlakové ztráty třením	78	6.7	Otopné prvky pro elektrické podlahové vytápění	109
4.3.3	Výpočet tlakové ztráty vřazenými odpory	80	6.7.1	Elektrické odporové kabely	109
4.3.4	Nastavení prvotní regulace	80	6.7.1.1	Kabely pro velkoplošné vytápění a temperování	110
4.3.5	Projektování čerpadla	81	6.7.2	Elektrická otopná rohož	110
4.4	Komplexní algoritmus transferu tepla a hmoty u teplovodního podlahového vytápění	81	6.7.3	Elektrická otopná fólie	111
4.4.1	Charakteristika programu	81	6.8	Betonová mazanina	111
4.4.2	Instalace programu	81	6.9	Podlahová krytina	112
4.4.3	Práce s programem	82	6.10	Dílčí závěr	112
4.4.4	Soubor	82	7	Montáž podlahového vytápění	113
4.4.5	Projekt	82	7.1	Vytvoření otopné podlahy	113
4.4.6	Katalogy	84	7.1.1	Vytvoření otopné podlahy pro teplovodní podlahové vytápění	113
4.4.7	Tisk	84	7.1.1.1	Způsoby zhotovení otopné podlahy	113
4.5	Počítačové modelování a simulace podlahového vytápění	85	7.1.1.2	Způsoby tvarování otopného registru	114
			7.1.2	Vytvoření otopné podlahy pro elektrické podlahové vytápění	116
			7.1.2.1	Způsoby zhotovení otopné podlahy	116
			7.1.2.2	Způsoby kladení otopných prvků pro elektrické podlahové vytápění	118

7.2	Technologie a montáž teplovodního podlahového vytápění	119
7.2.1	Příprava objektu	120
7.2.2	Příprava podlahy	120
7.2.3	Kladení obvodových izolačních pásů	120
7.2.4	Kladení tepelně-akustické izolace	121
7.2.5	Kladení hydroizolační fólie	121
7.2.6	Uchycení trubek	122
7.2.7	Kladení otopných trubek	125
7.2.8	Tvorba dilatačních spár	125
7.2.9	Kladení betonové mazaniny	126
7.2.10	Kladení podlahy	126
7.3	Technologie a montáž elektrického podlahového vytápění	127
7.3.1	Příprava objektu	127
7.3.2	Kladení elektrických otopných prvků	127
7.3.2.1	Montáž do betonu	128
7.3.2.2	Montáž přímo pod nášlapnou vrstvu podlahy	129
7.4	Zkoušky teplovodního podlahového vytápění	131
7.4.1	Připojení trubek	131
7.4.2	Napouštění systému	131
7.4.3	Tlaková zkouška	131
7.4.4	Zkouška vytápění	132
7.4.5	Zregulování systému	132
7.5	Zkoušky elektrického podlahového vytápění	132
7.6	Dílčí závěr	132

8 Regulace podlahového vytápění

8.1	Tepelná setrvačnost	133
8.2	Samoregulace vytápění	133
8.2.1	Samoregulační efekt	133
8.2.2	Samoregulační schopnost	134
8.3	Regulace tepelného výkonu teplovodního podlahového vytápění	135
8.3.1	Regulace s nočním poklesem teploty	135
8.3.2	Regulace podle teploty místnosti	135
8.3.3	Regulace podle teploty venkovního vzduchu	135
8.3.4	Krytí částečné zátěže	138
8.3.5	Temperování podlahy	140
8.3.6	Ochrana proti přehřátí	140
8.4	Regulace tepelného výkonu elektrického podlahového vytápění	140
8.4.1	Regulace tepelného výkonu přímého podlahového vytápění	141
8.4.2	Regulace tepelného výkonu akumulčního podlahového vytápění	142
8.4.3	Řízení signálem hromadného dálkového ovládání	142
8.5	Dílčí závěr	145

9 Provoz podlahového vytápění

9.1	Provoz teplovodního podlahového vytápění	146
9.1.1	Způsoby přípravy otopné vody	146
9.1.1.1	Přímý ohřev otopné vody	146
9.1.1.1.1	Monovalentní provoz	146
9.1.1.1.2	Bivalentní provoz	147
9.1.1.1.3	Kombinovaný provoz	147
9.1.1.2	Nepřímý ohřev otopné vody	148
9.1.2	Faktory ovlivňující provoz otopné soustavy	148
9.1.2.1	Vliv nastavení topné křivky	148
9.1.2.2	Vliv samoregulačního efektu	148
9.1.2.3	Vliv způsobu provozu	149
9.1.2.4	Vliv tepelného odporu podlahy	150
9.1.2.5	Vliv regulační strategie	150

9.1.2.6	Požadavky na provoz teplovodního podlahového vytápění	151
9.1.2.6.1	Všeobecné požadavky při použití podlahového vytápění	151
9.1.2.6.2	Požadavky na konstrukci a montáž	151
9.1.2.6.3	Požadavky související s regulací	151
9.1.2.6.4	Požadavky na uvedení do provozu	152
9.1.2.6.5	Požadavky na provoz	152
9.1.3	Možnosti úspor energie	152
9.2	Provoz elektrického podlahového vytápění	153
9.2.1	Pracovní režim elektrického podlahového vytápění	153
9.2.1.1	Akumulační režim EPV	153
9.2.1.2	Poloakumulační režim EPV	153
9.2.1.3	Přímý režim EPV	154
9.2.1.4	Vliv pracovního režimu na energetickou náročnost otopného systému	154
9.2.2	Provozování elektrického podlahového vytápění ve stavebních objektech	155
9.2.2.1	Objekty s trvalým využitím	155
9.2.2.2	Objekty s občasným využitím	155
9.2.2.3	Doplňkové vytápění	156
9.3	Dílčí závěr	156

10 Aplikace teplovodního a elektrického podlahového vytápění

10.1	Rodinné a bytové domy	157
10.1.1	Požadavky na vytápěný objekt	157
10.1.2	Vytápění v nízkoenergetickém domě	157
10.1.2.1	Definice nízkoenergetického domu	157
10.1.2.2	Energetická bilance v nízkoenergetickém domě	157
10.1.2.3	Tepelný stav v nízkoenergetickém domě	158
10.1.3	Příklady aplikace teplovodního podlahového vytápění	159
10.2	Stavby občanského využití	160
10.2.1	Požadavky na vytápěný objekt	160
10.2.2	Kombinované teplovodní vytápění	160
10.2.2.1	Popis otopné soustavy	160
10.2.2.2	Zdroje tepla pro kombinované vytápění	161
10.2.2.3	Systémy kombinovaného vytápění	161
10.2.2.4	Nepřímá příprava otopné vody pomocí výměníku	162
10.2.2.5	Přímá příprava otopné vody	162
10.2.3	Příklady aplikace	162
10.3	Velkoprostorové objekty	163
10.3.1	Předpoklady ve velkoprostorových objektech	163
10.3.2	Zásady návrhu systému	163
10.3.3	Příklady aplikace	164
10.4	Aplikace elektrických odporových kabelů	164
10.4.1	Ochranné systémy	164
10.4.1.1	Ochrana před zamrznutím a námrazami	164
10.4.1.1.1	Ochrana dopravních ploch	164
10.4.1.1.2	Ochrana proti promrznutí betonových podlah	166
10.4.1.1.3	Ochrana střeš a střešních žlabů	167
10.4.1.2	Technologické aplikace v průmyslu	168
10.4.1.2.1	Ochranný systém uložený na povrchu potrubí	168
10.4.1.2.2	Ochranný systém uložený uvnitř potrubí	169
10.4.2	Speciální aplikace	169
10.5	Dílčí závěr	169

11 Evropské normy o podlahovém vytápění

11.1	EN 1264-1: Definice a značky	170
11.2	EN 1264-2: Výpočet tepelného výkonu	172
11.2.1	Okrajové teplotní podmínky	172

11.2.2	Výpočet hustoty tepelného toku	172
11.2.2.1	Obecně	172
11.2.2.2	Soustavy s trubkami v roznášecí vrstvě	173
11.2.2.3	Soustavy s trubkami pod roznášecí vrstvou	173
11.2.2.4	Soustava s plošnými prvky	174
11.2.2.5	Meze hustoty tepelného toku	174
11.2.2.6	Vliv materiálu trubky, tloušťky stěny a povlaku trubky na hustotu tepelného toku	175
11.3	EN 1264-3: Projektování	175
11.3.1	Okrajové podmínky a meze	175
11.3.2	Návrh	176
11.3.2.1	Projektová hustota tepelného toku	176
11.3.2.2	Určení projektové teploty v přívodním potrubí	176
11.3.2.3	Určení projektového průtoku teplotonosné látky	177
11.3.3	Okrajové plochy	177
11.4	EN 1264-4: Montáž	178
11.4.1	Požadavky	178

11.4.1.1	Obecné stavební předpoklady	178
11.4.1.2	Stavební vrstvy, stavební části	178
11.4.1.3	Zkouška těsnosti	180
11.4.1.4	Počáteční zatápění	181
11.4.1.5	Podlahové krytiny	181
11.4.2	Příloha A (informativní)	181
11.5	PrEN 14 337: Otopné systémy v budovách – návrh přímotopných elektrických otopných systémů	181
11.5.1	Požadavky na návrh otopného systému	181
11.5.2	Typ a umístění otopných těles	181
11.5.3	Řízení	182
11.5.4	Přílohy	182
11.6	Dílčí závěr	182
	Závěr	183
	Literatura	185