



Směrnice STP – OS 2 / č. 2/2009

Metodika navrhování světlych plynových zářičů

HOJER: Methodology of designing radiant medium intensity gas heaters

Ing. Ondřej HOJER, Ph.D.

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

DEFINICE

Jmenovitý tepelný výkon zářičů Φ_{zn} [W] je tepelný výkon předaný zářiči do vytápěného prostoru za jmenovitých podmínek.

Návrhový tepelný výkon Φ_{hl} [W] je požadovaný tepelný výkon nutný k zajištění definovaných návrhových podmínek. ČSN EN 12831:2004.

Návrhová tepelná ztráta φ [W] je množství tepla za časovou jednotku unikající z budovy do venkovního prostředí za definovaných návrhových podmínek, dle ČSN EN 12831:2004.

Nepřímý odvod spalin je způsob odvodu spalin, při kterém nejsou produkty spalování přímo odváděny kouřovodem do venkovního prostoru, ale odvádí se až směs spalin s okolním vzduchem.

Poměr osálení Φ [-] je poměr mezi teplem sděleným sáláním na konkrétní plochu a celkovým množstvím tepla vysálaným sálající plochou. Vyjadřuje, kolik procent tepla přeneseného sáláním dopadne na konkrétní plochu.

Přímý odvod spalin je standardní způsob odvodu spalin kouřovodem mimo vytápěný prostor.

Reflexní zákryt je kovový kryt připojovaný k tělu zářiče za účelem zvýšení množství tepla dodávaného do pracovní oblasti.

Sálavá účinnost η_s [-] je poměr mezi tepelným tokem přeneseným do prostoru sáláním a celkovým tepelným tokem předaným do místnosti.

Spotřebič provedení A je spotřebič, který není určen pro připojení ke kouřovodu nebo k zařízení pro odvádění spalin mimo prostor, v němž je spotřebič instalován (TPG 800 00).

Tepelný příkon zářičů Φ_p [W] je definován jako množství energie spotřebované za jednotku času odpovídající objemovému nebo hmotnostnímu průtoku plynu; použitá tepelná hodnota je buď výhřevnost, nebo spalné teplo.

Účinnost využití spalin η_c [-] je poměr mezi celkovým tepelným tokem předaným do vytápěného prostoru a celkovým tepelným příkonem zářiče.

Úhel jádrového sálání α [°] je úhel mezi mezními paprsky spojujícími kraje keramických destiček s přilehlým spodním okrajem reflexního zákrytu.

Úhel celkového sálání β [°] je úhel mezi mezními paprsky spojujícími kraje keramických destiček s protilehlým spodním okrajem reflektoru.

Úhel nastavení reflexního zákrytu γ resp. δ [°] je ostrý úhel mezi reflexním zákrytem a pomyslnou rovinou povrchu sálající plochy (keramické destičky) v ose x, resp. y.

Větrání prouděním ohřátého vzduchu představuje konvekční odvádění směsi spalin a vzduchu určenými otvory ve střeše nebo ve stěnách budovy.

Větrání nucenou výměnou vzduchu lze popsat jako odvádění směsi spalin a vzduchu jedním nebo více ventilátory ve střeše nebo stěnách budovy.

Větrání přirozenou výměnou vzduchu zde znamená odvádění směsi spalin a vzduchu neurčenými otvory na základě tlakových a teplotních rozdílů mezi vnitřním a vnějším prostorem budovy.

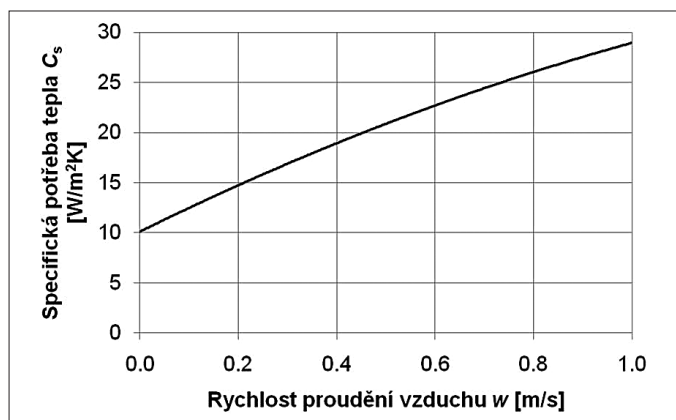
Vytápění celoplošné si klade za cíl vytvoření tepelné pohody v pobytových zónách celého vytápěného prostoru.

Vytápění lokální vytváří podmínky tepelné pohody jen v určité lokální části vytápěného prostoru.

Závěsný zářič; závěsný světly zářič je závěsné sálavé topidlo, v němž teplo vzniká difúzním spalováním směsi plynu a vzduchu na povrchu specifického materiálu nebo v jeho blízkosti (tímto materiálem je například keramická destička nebo drátěné pletivo).

Seznam použitých označení

A_b	[m ²]	podlahová plocha vytápěné oblasti
b_v	[h/den]	denní počet provozních hodin vztážený na plný výkon
B	[m]	šířka vytápěného prostoru
C_s	[W/(m ² K)]	specifická potřeba tepla závislá na rychlosti proudění vzduchu
D	[den-K]	počet denostupňů po dobu vytápění
h	[m]	výška zavěšení zářičů
H_u	[MJ/m ³]	provozní výhřevnost plynu
L	[m]	délka vytápěného prostoru
Δt_{max}	[K]	maximální rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou (operativní) a venkovní výpočtovou teplotou t_{ev}
V_r	[m ³ /rok]	roční potřeba plynu na vytápění světlymi zářiči
w	[m/s]	rychlost proudění vzduchu v pásmu pobytu osob
α	[-]	koefficient respektující pohltivost prostředí
φ_m	[-]	střední poměr osálení
Φ_{HL}	[W]	návrhový tepelný výkon (ČSN EN 12831:2004)
$\Phi_{HL,i}$	[W]	instalovaný tepelný výkon
η_c	[-]	účinnost využití spalin
η_s	[-]	sálavá účinnost
η_F	[-]	poměr pokrytí
θ_i	[°C]	vnitřní výpočtová teplota (ČSN EN 12831:2004 – Tabulka NA.2)
θ_{ev}	[°C]	venkovní výpočtová teplota (ČSN EN 12831:2004 – Tabulka NA.1)



Obr. 1 Závislost specifické potřeby tepla C_s na rychlosti proudění vzduchu w v pásmu po-
bytu osob



Obr. 2 Závislost pohltivosti prostředí α na výšce zavěšení zářičů h

PŘEDMLUVA

V textu jsou většinou použity termíny, definice a označení veličin v takové podobě, jak byly převzaty z původních zdrojů (norm a jiných platných předpisů). U některých termínů však v původních zdrojích došlo, zřejmě vinou nepřesného překladu, k vytvoření termínů, které se nepoužívají. Proto byl v těchto případech raději zvolen termín zavedený. Příkladem může být „střední teplota sálání“, která se vyskytuje v ČSN EN 12831:2004 (v originále „mean radiant temperature“). Používaným českým ekvivalentem je „střední radiační teplota“. Ovšem takovýchto nepřesností se v současně platných předpisech vyskytuje více. Návrh vychází z technických pravidel G 638/1 a jeho tvorba reaguje na současnou absenci podobného technického předpisu v ČR.

Návrh výkonu a rozmístění

Prvním krokem návrhu je určení přibližného rozmístění světlych zářičů v prostoru. Vychází se z úhlů jádrového sálání, požadavků na provoz a z reálných možností zavěšení. Takto rozmístěné zářiče se rozdělí do zón tak, aby prostory, které vytápí, byly ochlazovány stejným způsobem [1]. Současně by zářiče příslušné stejné zóně měly být zavěšeny a provozovány stejně (vodorovně, šikmé zavěšení; směnnost, regulační zóna). Pro každou zónu se vypočte celkový návrhový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ dle ČSN EN 12831:2004. A následně se návrhový instalovaný výkon Φ_{HL} koriguje (1) podle sálavé účinnosti, vytápěné podlahové plochy, osazení zářiče v prostoru a způsobu odvodu spalin na instalovaný tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$:

$$\Phi_{HL,i} = \frac{\Phi_{HL} \cdot A_p \cdot C_s \cdot \alpha \cdot (\theta_i - \theta_{ev})}{\Phi_n \cdot \eta_F \cdot \eta_S \cdot \varphi_m + A_p \cdot \eta_C \cdot C_s \cdot \alpha \cdot (\theta_i - \theta_{ev})} \quad (1)$$

kde

η_S [-] sálavá účinnost (závisí na typu zářiče; 0,58 – otevřený zákryt bez tepelné izolace až 0,85 – uzavřená komora, izolovaný);

φ_m [-] střední poměr osálání (zářič zavěšený vodorovně 0,40; zářič zavěšený šikmo 0,70).

Ostatní koeficienty je možné odečíst z tab. 1 a z obr. 1 až 4.

Tab. 1 Celková účinnost světlych zářičů η_C vzhledem k vytápěnému prostoru

	η_C
Zářiče volně v prostoru, nepřímý odvod spalin	0,95
Zářiče doplněny o sběrací konfuzor spalin, odvod spalin přímý, otevřená spalovací komora	0,60 až 0,73
Zářiče doplněny o sběrací konfuzor spalin, odvod spalin přímý, uzavřená spalovací komora (delta), izolovaný	0,70 až 0,82

Při rozmístování světlych zářičů se využívá parametr – úhel jádrového sálání. Jeho velikost vychází z konstrukční geometrie zářiče a je možné ho získat od každého výrobce. Paprsky, které tento úhel vymezují, by se při návrhu celoplošného vytápění měly protínat (mezi dvěma zářiči) **min. 1,5 m nad podlahou** z důvodu zajištění rovnoměrného osálání celé pracovní oblasti. U venkovních stěn by se měl průsečík mezních paprsků a stěny volit **min. 2,5 m nad podlahou**. Další doporučení vyplývá z rozdělení celého vytápěného prostoru na části stejným způsobem ochlazované. **Do prostoru u ochlazovaných stěn a často otevřených vrat** by se měly **instalovat zářiče vyšších výkonů** než do prostoru u stěn vnitřních. Tak je instalovaný výkon dodáván do té oblasti, kde je ho skutečně třeba. Kromě vodorovného zavěšení je možné a někdy i vhodnější umístit zářiče šikmo na stěnu. Pokud není dostatečné místo mezi střešním pláštěm a jeřábovou dráhou, je takové umístění jediným možným řešením.

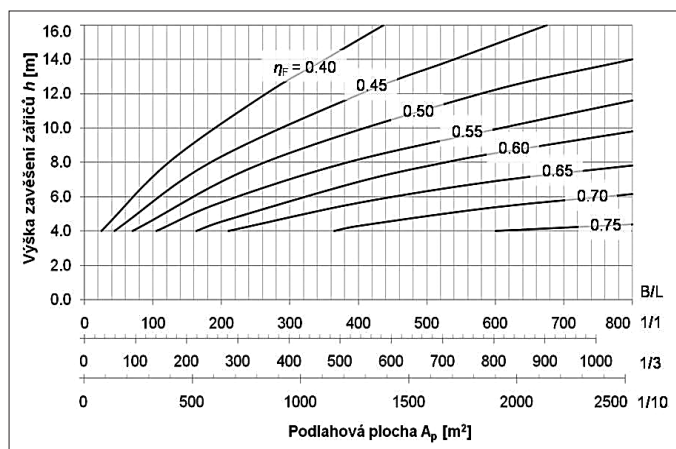
Bezpečné vzdálenosti

Jestliže nejsou bezpečné vzdálenosti zářiče od povrchů stavební konstrukce, podlahové krytiny, popř. zařízovacích předmětů z hořlavých hmot předepsány v dokumentaci, musí být při instalaci zářiče dodrženy bezpečné vzdálenosti stanovené pro světly plynové zářiče s teplotou topné plochy větší než 500 °C následovně (ČSN 06 1008:1997):

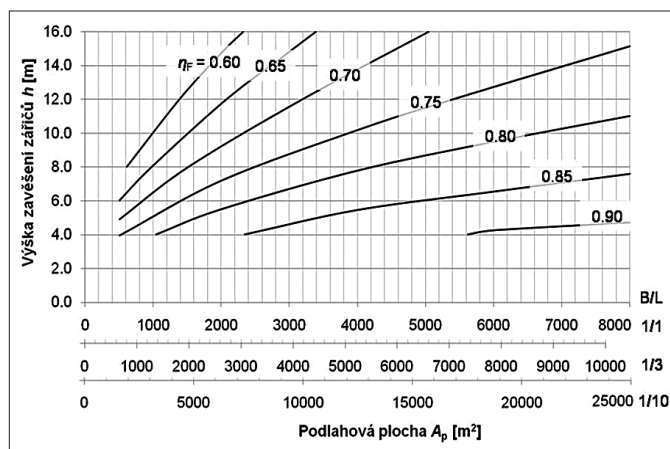
1. ve směru hlavního sálání v závislosti na sálavé účinnosti a jmenovitém tepelném příkonu zářiče podle diagramu na obr. 5; hodnota bezpečné vzdálenosti nesmí být menší než 2000 mm;
2. v ostatních směrech 800 mm.

Tab. 2 Doporučené minimální hygienické výšky zavěšení světlych plynových zářičů [2]

Velikost zářičů		Nejmenší přípustná výška zavěšení zářičů h_{min} [m] při teplotě okolí		
Plocha zářiče [m²]	Celkový tepelný příkon Q [kW]	<+5 °C	5 až 10 °C	>10 °C
0,03	3,5 až 4,1	3,5	4,0	4,5
0,06	7,0 až 8,5	4,0	4,5	5,0
0,09	10,0 až 12,0	4,5	5,0	6,0
0,12	14,0 až 16,0	5,0	5,5	6,5
0,15	17,5 až 28,0	5,5	6,0	7,0
0,18	20,5 až 25,0	6,0	6,5	7,5



Obr. 3 Poměr pokrytí η_F v závislosti na velikosti podlahové plochy, poměru šířky k délce haly a výšce zavěšení pro malé místnosti



Obr. 4 Poměr pokrytí η_F v závislosti na velikosti podlahové plochy, poměru šířky k délce haly a výšce zavěšení pro velké místnosti

V případě, že by se v oblasti jádrového sálání zářičů vyskytovala choulolistivá místa (elektrické rozvaděče, kabely), doporučuje se tato místa navíc zakrýt reflexním plechem.

Kromě těchto doporučení je třeba zohlednit ještě **doporučenou hygienickou výšku zavěšení**. Tyto hodnoty by měly být dostupné z podkladů výrobců.

Vytápění osamělých pracovišť

U osamělých pracovišť ovlivňuje okolní prostředí vytápěný prostor velmi výrazně. Tuto skutečnost je třeba při návrhu patřičně zohlednit. Postup výpočtu pro vytápění osamělého pracoviště i s příkladem je publikován např. v [3].

Roční potřeba plynu

Roční potřeba plynu je vedle potřeby tepla závislá také na druhu regulace, klimatických podmínkách, druhu budovy a na charakteru používání, který určuje, kolik provozních hodin zařízení pracuje (2). Podle následujícího vztahu lze přibližnou potřebu plynu stanovit:

$$V_r = \frac{b_v \cdot \phi_{HL,i} \cdot D}{\Delta t_{max} \cdot H_u} \quad (2)$$

kde

b_v [h/den] denní počet provozních hodin na plný výkon potřebný ke krytí požadavku na dodávku tepla dle venkovní výpočtové teploty dané klimatické oblasti (5 h při jednosměnném provozu, 9 h při dvousměnném, 12 h při třisměnném provozu).

Větrání

Vzhledem k rozsahu směrnice, jsou zde uvedena pouze pravidla, která mají být při návrhu větrání dodržena. Veškeré potřebné výpočtové vztahy pro návrh větracích otvorů jsou uvedeny přímo v ČSN EN 13410:2002.

Základní podmínkou, která musí být dodržena při instalaci světlych zářičů je požadavek na minimální vnitřní objem prostoru určeného pro instalaci zářiče – **10 m³** na 1 kW instalovaného jmenovitého tepelného příkonu zářičů (ČSN EN 13410:2002).

Spaliny ze zářičů musí být odváděny z prostoru určeného pro instalaci zářiče do prostředí mimo budovu. U světlych plynových zářičů, tedy spotřebičů provedení A, se spaliny odvádějí nepřímě. Spaliny ze spotřebiče se mísí se vzduchem v prostoru a proudí z budovy.

Větrání lze dosáhnout jedním následujících způsobů:



Obr. 5 Bezpečné vzdálenosti od hořlavých konstrukcí v oblasti jádrového sálání

- a) odváděním směsi spalin a vzduchu prouděním ohřátého vzduchu;
- b) odváděním směsi spalin a vzduchu nucenou výměnou vzduchu;
- c) odváděním směsi spalin a vzduchu přirozenou výměnou vzduchu.

Ad a) Větráním prouděním ohřátého vzduchu

Větrání prouděním ohřátého vzduchu je dostačující, pokud se z prostoru pro instalaci zářiče zajistí odvětrání 10 m³/h směsi spalin a vzduchu na 1 kW provozního tepelného příkonu zářičů.

Směs vzduchu a spalin se musí z prostoru odvádět v oblasti nad zářiči, pokud možno co nejbližše jejich horního okraje, prostřednictvím otvorů pro odvádění spalin a vzduchu.

Otvory pro odvádění směsi spalin a vzduchu musí být konstruovány a umístěny tak, aby nasávání odváděné směsi spalin a vzduchu nebylo narušováno účinkem větru.

Uzavírací zařízení a omezovače průtoku v otvorech pro odvádění směsi spalin a vzduchu jsou přípustné, pokud bude samočinné bezpečnostní zařízení zajišťovat otevírání zařízení/omezovačů průtoku pro bezpečný provoz spotřebičů. V opačném případě nesmějí být otvory pro odvádění směsi spalin a vzduchu omezovány ani uzavírány.

Počet a uspořádání otvorů pro odvádění směsi spalin a vzduchu závisí na uspořádání zářičů a na geometrii prostoru. Vodorovná vzdálenost mezi zářičem a otvorem pro odvádění směsi spalin a vzduchu nesmí v případě otvorů ve stěně překročit šestinásobek výšky otvoru pro odvádění směsi spalin a vzduchu (měřeno ke středu otvoru), v případě střešních otvorů trojnásobek výšky otvoru pro odvádění směsi spalin a vzduchu (měřeno ke středu otvoru).

Pokud je to v daném případě aplikovatelné, musí průtok odváděné směsi spalin a vzduchu zohledňovat průtok jakékoli odváděné směsi spalin a vzduchu, požadované pro jiné účely. Velikost a počet otvorů se poté vypočtou na základě vyšší z hodnot jednotlivých průtoků.

Ad b) Větrání nucenou výměnou vzduchu

Větrání nucenou výměnou vzduchu je dostačující, pokud se z prostoru pro instalaci zářiče zajistí odvětrání 10 m³/h směsi spalin a vzduchu na 1 kW provozního tepelného příkonu zářičů.

Směs spalin a vzduchu musí být odváděna z prostoru nad zářiči nuceně ventilátory. Musí se používat pouze ventilátory se strmou provozní charakteristikou.

Provoz zářičů musí být umožněn pouze tehdy, je-li zajištěno odvádění směsi spalin a vzduchu.

Počet a uspořádání ventilátorů závisí na geometrii prostoru. Vodorovná vzdálenost mezi zářičem a ventilátorem nesmí v případě ventilátorů instalovaných ve stěně překročit šestinásobek montážní výšky ventilátoru (měřeno k ose ventilátoru) a v případě střešních ventilátorů trojnásobek montážní výšky ventilátoru (měřeno ke středu ventilátoru).

Pokud je to v daném případě aplikovatelné, musí průtok odváděné směsi spalin a vzduchu zohledňovat průtok jakékoli odváděné směsi spalin a vzduchu, požadované pro jiné účely. Velikost a počet otvorů se poté vypočtou na základě vyšší z hodnot jednotlivých průtoků.

Ad c) Větrání přirozenou výměnou vzduchu

Zářiče na plynná paliva mohou být provozovány bez jakékoli zvláštní odsávací soustavy, jestliže je směs spalin a vzduchu odváděna do venkovního prostředí na základě dostatečné přirozené výměny vzduchu z prostoru pro instalaci zářiče.

Větrání prouděním ohřátého vzduchu nebo nucenou výměnou vzduchu není nutné v těchto případech:

- u budov s přirozenou výměnou vzduchu větší než 1,5 násobek objemu prostoru za hodinu;
- u budov s provozním tepelným příkonem nejvýše 5 W/m³ (vztaženo k celkovému objemu prostoru).

Přívod vzduchu

Pro přívod větracího vzduchu jsou požadovány otvory, které musí být umístěny pod rovinou zářičů.

Výjimky jsou možné, pokud se otvory pro přívod větracího vzduchu nacházejí mezi jednotlivými zářiči a jejich rozmístění bylo navrženo po důkladném ověření směru proudění vzduchu.

Součet neuzavíratelných průřezů všech otvorů pro přívod větracího vzduchu nesmí být menší než součet uzavíratelných průřezů všech otvorů pro odvádění směsi spalin a vzduchu.

Jako otvory pro přívod větracího vzduchu mohou být rovněž použity štěrby a mezery daného průřezu.

V případě, že je možné otvory pro přívod větracího vzduchu uzavřít, musí být provoz zářičů umožněn pouze v případě, že jsou otvory pro přívod větracího vzduchu otevřeny.

Dodatek

Zde zmíněná metodika obsahuje informace, díky kterým lze provést již poměrně detailní návrh vytápění světlymi zářiči. Některé části však díky rozsahu musely být vypuštěny a jiné zkráceny. Přesto by v komplexním návrhu měly

být uvažovány, neboť mohou ovlivnit i jiné oblasti návrhu. Jedná se zejména o návrh plynovodu [4] a způsobu regulace [5]. Dalším krokem může být optimalizace rozmístění zářičů v prostoru. Tento krok byl podrobně popsán v [6] a lze jím minimalizovat pořizovací a provozní náklady celého vytápěcího systému. Vytvoření směrnice bylo podpořeno z VZ MŠMT 684 0770011.

Normy, předpisy, zdroje:

- [1] Hojer, O.: Metodika návrhu plynových zářičů. *Vytápění, větrání, instalace*. 2005. č. 4. str. 171–172
- [2] Škorpil, J.: Plynové tepelné zářiče. *Ekonomické vytápění hal*. 1. vyd. 1997. Praha. GAS s.r.o., 89 str.
- [3] Kotrbatý, M.: Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů XII. Vytápění osamělých pracovišť. Tzb-info. 2007
- [4] Hojer, O.; Kotrbatý, M.; Schůrková, I.: Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů XIV. Infrazářiče a rozvod plynu. Tzb-info. 2007
- [5] Hojer, O.; Schůrková, I.: Regulace infrazářičových soustav. *Sborník z konference Vytápění Třeboň 2009*. Květen 2009. STP
- [6] Hojer, O.: Optimalizace radiční geometrie světlymi zářiči. *Dizertační práce*. ČVUT v Praze, Fakulta strojní. 205 str. 2008
- [7] Kämpf, A.: Energetische und physiologische Untersuchungen an Gasinfrarotstrahlern im Vergleich zu konkurrierenden Heizsystemen für die Beheizung großer Räume. *Dissertation*. Ruhr– Universität Bochum. 198 str.
- [8] Howell, R.H.; Suryanarayana, S.: Sizing of Radiant Heating Systems: Part II – Heated Floors and Infrared Units. *ASHRAE Transactions*. 1990. 96 (1). str. 652-665.
- [9] Hojer, O.: Optimalizovaná metodika návrhu světlymi zářiči. *Vytápění Třeboň 2007*. 2007. Třeboň. ISBN 978-80-02-01926
- [10] Glüch, B.: *Strahlungsheizung – Theorie und Praxis*. 1981. Berlin. VEB Verlag für Bauwesen. 507 str.
- [11] Cihelka, J.: *Sálavé vytápění*. 2. přeprac. a dopln. vyd. 1961. Praha. SNTL. 373 str.
- [12] Becker, J.: *Spotřeba energie sálavého vytápění se světlymi infrazářiči*. *Topenářství Instalace*. 2002. č. 5. str. 41–43.
- [13] Kolektiv: *Názvoslovný výkladový slovník z oboru Technika prostředí*. 2. vyd. Praha. STP 2008. ISBN 978-80-02-02081-3
- [14] Kolektiv: *Topenářská příručka*. 2001. Praha. GAS. 2 500 str. ISBN: 80-86176-81-9

ČSN EN 419-1:1999 Závěsné zářiče na plynná paliva s hořákem bez ventilátoru pro všeobecné použití vyjma domácností: Část 1: Požadavky na bezpečnost

ČSN EN 419-2:2007 Závěsné zářiče na plynná paliva s hořákem bez ventilátoru pro všeobecné použití vyjma domácností: Část 2: Hospodárné využití energie

ČSN EN 437:2004 Zkušební plyny – Zkušební přetlaky – Kategorie spotřebičů

ČSN EN 12831:2004 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 13410 (06 0219):2002 Závěsná sálavá topidla na plynná paliva – Požadavky na větrání prostorů pro všeobecné použití vyjma domácností

ČSN 06 1008:1997 Požární bezpečnost tepelných zařízení

ČSN 06 0215:1962 Výpočet vytápění infračervenými zářiči – platnost ukončena 1.11.2000 bez náhrady

ČSN 73 0540:2007 Tepelná ochrana budov

ČSN 38 6405:1999 Plynová zařízení. Zásady provozu

DIN 3372-1 – Zrušena, nahrazena EN 416

DIN 4701 – Zrušena, nahrazena ČSN EN 12831

G 638/1 – Heizungsanlagen mit Hellstrahlern. Technische regeln. Arbeitsblatt. DVGW. ISSN 0176-3490

TPG 800 00:2001 Systém rozdělení spotřebičů na plynná paliva

TPG 800 03:2008 Připojování odběrných plynových zařízení a jejich uvádění do provozu

TPG G 807 01. Tepelné zářiče. Vytápění závěsnými plynovými světlymi zářiči. Projektování, instalace, provoz. ISBN 80-7328-071-X