

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Parametry stěnového vytápění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JAROSLAV NETOLICKÝ

5 – TZSI – 2023



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Netolický** Jméno: **Jaroslav** Osobní číslo: **486371**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
 Studijní program: **Teoretický základ strojího inženýrství**
 Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Parametry stěnového vytápění

Název bakalářské práce anglicky:

Parameters of Wall Heating

Pokyny pro vypracování:

V teoretické rešeršní části práce se zabývejte převážně sálavým způsobem vytápění a vypracujte přehled různých způsobů provedení stěnové otopné plochy. V praktické části se zaměřte na převedení výkonových parametrů do grafické podoby. Kategorizujte základní typické způsoby provedení stěnové otopné plochy a jednotlivým kategoriím přiřadte odpovídající výkonové možnosti.

Seznam doporučené literatury:

Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění. Grada Publishing, a.s., Praha 2010, 128s., ISBN 978-80-247-3524-5.
 Bašta, J.: Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika, nakladatelství ČVUT. Praha 2014, 194s., ISBN 978-80-01-05455-0
 Bašta, J.: Otopné plochy - Otopná tělesa. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2016. 204 s. ISBN 978-80-01-05943-2.
 Bašta, J.: Sálavé a průmyslové vytápění. Praha 2021: Česká technika - nakladatelství ČVUT. 204 s. ISBN 978-80-01-06814-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.03.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14.06.2023**

Platnost zadání bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.
 podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
 podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
 podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

20.3.2023

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá výkonnostními parametry stěnového vytápění. Obsahem této práce je popis převážně sálavého vytápění a provedení sálavé stěnové otopné plochy. Práce obsahuje okrajovou zmínku o regulaci teploty otopné vody.

V praktické části je do grafické podoby převedeno několik souhrnů výkonových dat od různých dodavatelů stěnového vytápění. Pro přesně stanovené konfigurace systému je uveden nejvyšší dosažitelný měrný tepelný výkon při třech teplotních konfiguracích.

Summary

This bachelor thesis deals with the performance parameters of wall heating. The content of this work describes predominantly radiant heating and the design of radiant wall heating surfaces, with a brief mention of temperature control.

In the practical part, several summaries of performance data from various heating providers are presented in a graphical form. For precisely defined system configurations, the highest achievable specific heat output is given at three temperature configurations.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Parametry stěnového vytápění“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jířího Bašty, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 14.6.2023

Jaroslav Netolický

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph.D., za užitečné rady a zodpovídání mých dotazů stejně jako za čas a ochotu, kterou mi věnoval při vedení bakalářské práce.

Dále děkuji mé rodině, spolužákům a všem, kteří mě podporovali během studia na Fakultě strojní ČVUT v Praze.

Obsah

1. Úvod	- 9 -
2. Vytápění a tepelná pohoda	- 10 -
2.1. Převážně konvekční vytápění.....	- 14 -
2.2. Převážně sálavé vytápění	- 14 -
3. Stěnové vytápění	- 16 -
3.1. Otopné potrubí stěnového vytápění	- 17 -
3.2. Mokrý způsob.....	- 18 -
3.2.1. Fixační lišta.....	- 18 -
3.2.2. Armovací síť	- 18 -
3.2.3. Omítka	- 18 -
3.2.4. Montážní postup	- 19 -
3.2.5. Typické aplikace	- 20 -
3.3. Suchý způsob	- 22 -
3.3.1. Nosná konstrukce.....	- 22 -
3.3.2. Sádroláknité aktivní desky.....	- 22 -
3.3.3. Rozváděcí hliníková lamela.....	- 22 -
3.3.4. Montážní postup	- 23 -
3.3.5. Typické aplikace	- 24 -
4. Regulace teploty otopné vody	- 25 -
5. Praktická část.....	- 26 -
5.1. Grafické zhodnocení mokrých systémů stěnového vytápění	- 26 -
5.1.1. Kermi	- 27 -
5.1.2. Rehau	- 28 -
5.1.3. Ivartrio	- 29 -
5.1.4. Univenta.....	- 30 -
5.1.5. Roth Werke	- 31 -

5.1.6.	Baudochselbst	- 32 -
5.1.7.	Uponor	- 33 -
5.1.8.	Rossato.....	- 34 -
5.2.	Grafické zhodnocení suchých systémů stěnového vytápění	- 35 -
5.2.1.	Kermi	- 35 -
5.2.2.	Rehau	- 36 -
5.2.3.	Univenta.....	- 37 -
5.2.4.	Uponor	- 38 -
5.2.5.	Roth Werke	- 39 -
5.2.6.	QuickTherm	- 40 -
5.3.	Porovnání jednotlivých mokrých systémů pro pevně stanovené parametry -	41 -
5.3.1.	Mokrý systémy s fixační sítí	- 43 -
5.3.2.	Mokrý systémy bez fixační sítě	- 44 -
5.3.3.	Mokrý systémy s izolací	- 45 -
5.3.4.	Mokrý systémy bez izolace	- 46 -
5.3.5.	Mokrý systémy dle použitého potrubí	- 47 -
5.4.	Porovnání jednotlivých suchých systémů pro pevně stanovené parametry -	49 -
5.4.1.	Suché systémy s rozváděcí hliníkovou lamelou	- 50 -
5.4.2.	Suché systémy bez rozváděcí hliníkové lamely	- 51 -
5.4.3.	Suché systémy s izolací	- 52 -
5.4.4.	Suché systémy bez izolace.....	- 53 -
6.	Diskuse dosažených výsledků	- 54 -
7.	Závěr.....	- 56 -
	Seznam použitých zdrojů.....	- 57 -
	Přílohy.....	- 59 -

Soupis použitého značení

e	emisivita	[-]
f	frekvence	[Hz]
h	výška místnosti	[m]
l	rozteč otopného potrubí	[mm]
q_0	měrný tepelný výkon absolutně černého tělesa	[W/m ²]
Q_c	celkový tepelný výkon otopného tělesa	[W]
Q_s	sálavý tepelný tok	[W]
k_c	celkový součinitel prostupu tepla	[W/m ² .K]
s	tloušťka omítky	[mm]
S_i	povrch i-té plochy	[m ²]
S_L	plocha otopného tělesa	[m ²]
t_D	teplota vzduchu ve vztažném bodě	[°C]
t_g	výsledná teplota kulového teploměru	[°C]
t_i	vnitřní výpočtová teplota vzduchu	[°C]
T_i	termodynamická teplota vzduchu	[°C]
t_o	operativní teplota	[°C]
t_r	střední radiační teplota	[°C]
t_{w1}	teplota přívodní vody otopné soustavy	[°C]
t_{w2}	teplota zpátečky	[°C]
t_{wm}	střední teplota otopné vody	[°C]
w	rychlost proudění vzduchu	[m/s]
α	součinitel přestupu tepla	[W/m ² .K]
α_k	reálný součinitel přestupu tepla konvekcí pro člověka	[W/m ² .K]
α_{kg}	součinitel přestupu tepla konvekcí černé koule	[W/m ² .K]
α_s	reálný součinitel přestupu tepla sáláním pro člověka	[W/m ² .K]
α_{sg}	součinitel přestupu tepla sáláním černé koule	[W/m ² .K]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W/m.K]
φ_{12}	poměr osálení mezi plochami 1 a 2	[-]

1. Úvod

Stěnové vytápění je převážně sálavé, to tedy znamená, že více než polovina tepelného toku je sdílána do okolí právě sáláním. Sálání nejprve ohřeje (osálá) ostatní stěny, povrchy a osoby, následným sekundárním vyzářením tepla z osálaných ploch je vytopen vzduch. V tom je hlavní rozdíl od konvekčního vytápění, kde je dominantní konvekční složka, a kde je ohřátý nejprve vzduch, což vede ke vzniku teplých konvekčních proudů, které následně ohřívají místnost a navozují pocit tepelné pohody.

Oba způsoby vytápění mají své výhody i nevýhody. Při převážně sálavém vytápění se tepelné pohody dosahuje při nižší teplotě vzduchu, než je tomu u konvekčního způsobu vytápění. Pocit tepelné pohody se odvíjí od operativní teploty, tedy váženého průměru teploty vzduchu a střední radiační teploty přes součinitele přestupu tepla při sálání a konvekci.

Stěnové vytápění má podíl sálavé složky přibližně 65 %, což z něj činí převážně sálavý způsob vytápění. Nízká povrchová teplota stěny a relativně nízká teplota přírodní otopné vody nedávají možnost vzniku silných konvekčních proudů. Okolní stěny jsou rovnoměrně osálané od stěnové otopné plochy.

Stěnové vytápění je možné provést několika způsoby, které budou dopodrobna rozebrány dále. Jedná se o mokrý a suchý způsob pokládky. V rámci mokré pokládky můžeme využít i kapilárních rohoží, které však nemají na trhu významné zastoupení.

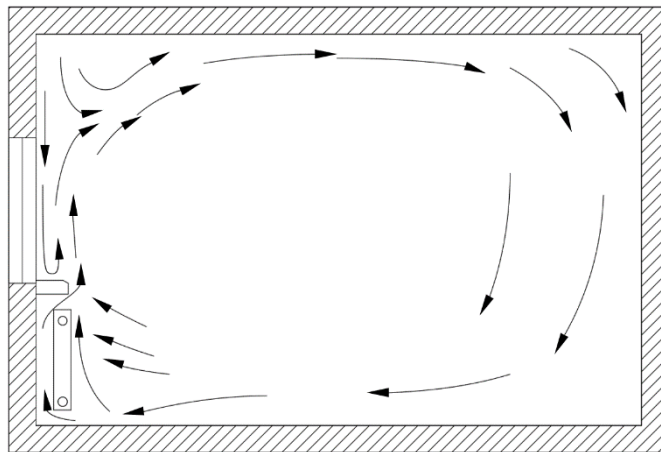
Vývoj za posledních 20 let ukázal, že sálavý systém vytápění je výhodné řešení vytápění rodinného domu. Stěnové vytápění není ovšem tak běžné, jako například podlahové nebo stropní. Díky vývoji jsou dnes použity velmi nízké vrstvy omítek spolu s velmi malými průměry otopného potrubí. V důsledku výstavby pasivních domů a důrazu na čistotu a moderní vzhled domácnosti se stěnové vytápění jeví jako vhodný způsob. Nízké tepelné ztráty budovy již nekladou vysoké nároky na vysoký výkon otopné soustavy. Je možné použít právě stěnového vytápění, neboť vyžaduje nízké teploty přírodní vody a poskytuje dostatečné vychlazení zpátečky, aby bylo možné systém provozovat s kondenzačním kotlem nebo s tepelným čerpadlem.

2. Vytápění a tepelná pohoda

Hlavním úkolem vytápění je zajištění tepelné pohody vnitřního prostředí pomocí dodávání potřebného množství tepla. Tepelná pohoda je stav, kdy je lidskému tělu odebrán takový tepelný tok, že nepocítuje chlad ani nadměrné pocení. Tepelnou pohodu lze ovlivnit velikostí instalovaných otopných těles, jejich druhem, způsobem instalace nebo mírou vychlazení teplotonosné látky na tělese. Hlavní činitelé ovlivňující tepelnou pohodu jsou:

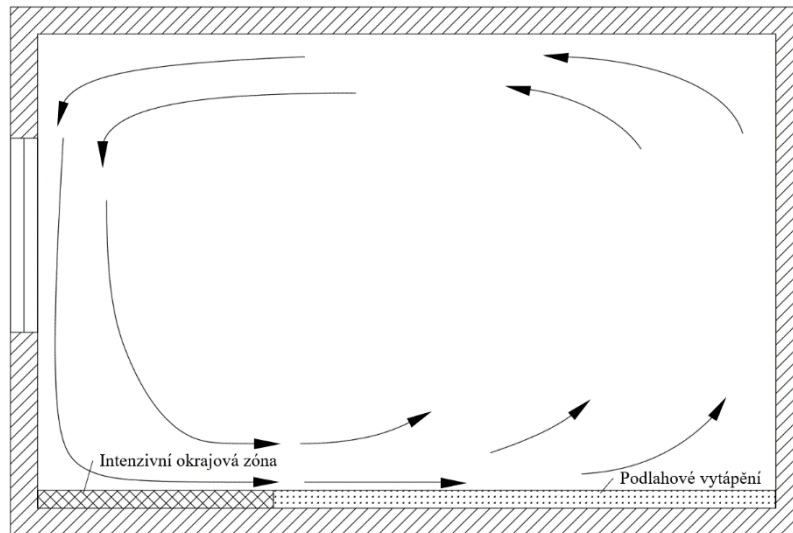
- směr a rychlost proudění vzduchu w ve vytápěném prostoru
- vertikální teplotní profil vzduchu (rozložení teplot) v místnosti
- velikost střední radiační teploty t_r , teploty vzduchu t_i a operativní teploty t_o

Směr a rychlost proudění vzduchu jsou ovlivněny volbou druhu otopných ploch, stejně tak, jako jejich umístěním. V dnešní době je nejvhodnější umístit otopné těleso na ochlazovanou stěnu pod okno v celé jeho délce (obr. 2.1), aby kompenzovalo studené padající proudy vzduchu. V celé délce okna z důvodu zamezení vzniku oblasti lokální tepelné nepohody.



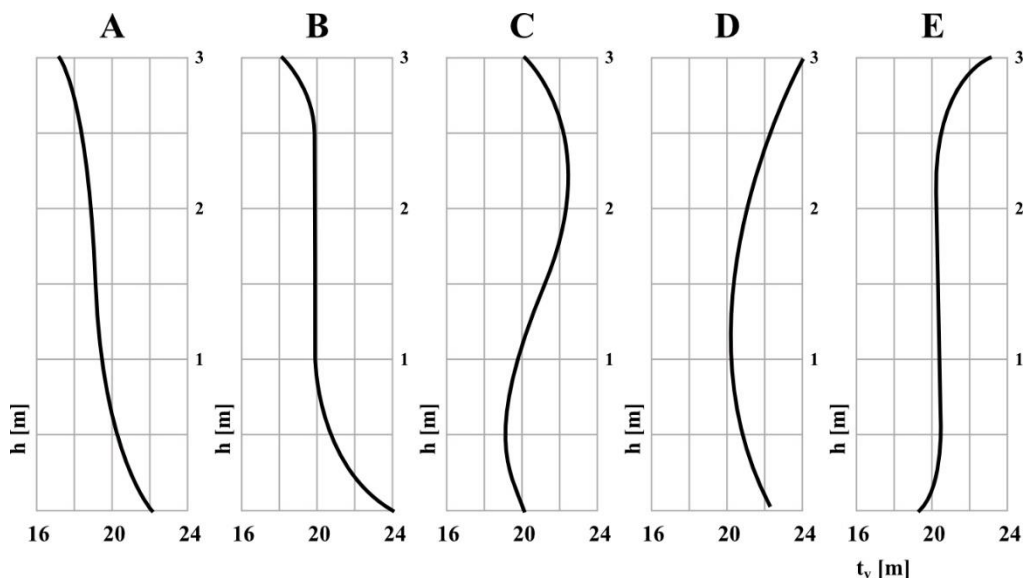
Obr. 2.1 Proudění vzduchu v místnosti s deskovým otopným tělesem pod oknem [1]

V případě použití vytápění, které je integrované do nějaké z vnitřních stěn místnosti se ovšem směr proplachování místnosti obrátí. U např. podlahového vytápění s intenzivní okrajovou zónou pod oknem (menší rozteč pokládky) jsou dominantní studené padající proudy vzduchu od okna, které padají k podlaze, kde jsou ohřáty a rozneseny po místnosti (obr. 2.2). [1]



Obr. 2.2 Proudění vzduchu v uzavřené místnosti s podlahovým vytápěním [1]

Vertikální teplotní profil teploty vzduchu je velmi důležitý z hlediska tepelné pohody. Profil je ovlivněn hlavně polohou otopného tělesa v místnosti. V případě použití podlahové, stropní, či právě stěnové otopné plochy, je teplotní profil mnohem vyváženější, bez velkých výkyvů. Ideální teplotní profil pro požadovanou teplotu vzduchu 20 °C má nejteplejší oblast u podlahy. Z tohoto jednoduchého obrázku (obr. 2.3) je zřejmé, že nejvhodnějším způsobem vytápění by mohlo být právě podlahové vytápění.



Obr. 2.3 Vertikální průběh teploty vzduchu ve vytápěné místnosti při jejím různém způsobu vytápění. A - ideálně požadovaný průběh, B - podlahové vytápění s ochlazeným stropem, C - článkové otopné těleso, D - stropní vytápění, E – stěnové vytápění [2], [3]

Stěnové vytápění, stejně jako ostatní převážně sálavé způsoby vytápění (podlahové a stropní), poskytuje vertikální rozložení teploty vzduchu bez velkých výkyvů. Od výšky

zhruba 0,7 m do výšky 2,3 m je teplotní profil téměř shodný s podlahovým. Jednou z výhod stěnového oproti podlahovému vytápění je fakt, že podlaha, po které se chodí nebude mít vyšší teplotu. [2]

Teplota vzduchu - t_i [°C]

Teplota vzduchu je jeden z ukazatelů stavu, v jakém se nachází vytápěná místnost. Měří se pomocí stíněného teploměru. [1]

Střední radiační teplota - t_r [°C]

Střední radiační teplota je rovnoměrná myšlená společná teplota všech povrchů v místnosti, při níž by se sdílelo sáláním stejné množství tepla, jako ve skutečnosti. Střední radiační teplota se zpravidla vypočítá z teploty vzduchu a výsledné teploty dle:

$$t_r = (\sum \varphi_{pi} \cdot T_{i-b}^4)^{0,25} - 273,15, \quad (1)$$

kde T [K] představuje povrchovou teplotu jednotlivých ploch a φ [-] je poměr osálení těchto ploch, udávající, jak velká část tepelného toku dopadá na danou i -tou plochu.

Vztah (1) lze ovšem použít pouze v případě projektování zařízení. V případě již existující budovy se postupuje výpočtem:

$$t_r = [t_g^4 + 2,76 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{w} \cdot (t_g - t_i)]^{0,25} - 273,15, \quad (2)$$

kde w je rychlost proudění, t_i [°C] teplota vzduchu a t_g [°C] výsledná teplota. [1]

Výsledná teplota - t_g [°C]

Výsledná teplota je vážený průměr střední radiační teploty a teploty vzduchu přes součinitele přestupu tepla. Měří se kulovým teploměrem (viz obr. 2.4), kde je koule vyrobena z materiálu s vysokou emisivitou pro zajištění dokonalého zohlednění sálavého účinku.



Kromě měření výsledné teploty je možné ji i spočítat pomocí definičního vztahu:

$$t_g = \frac{\alpha_{kg} \cdot t_i + \alpha_{sg} \cdot t_r}{\alpha_{kg} + \alpha_{sg}}, \quad (3)$$

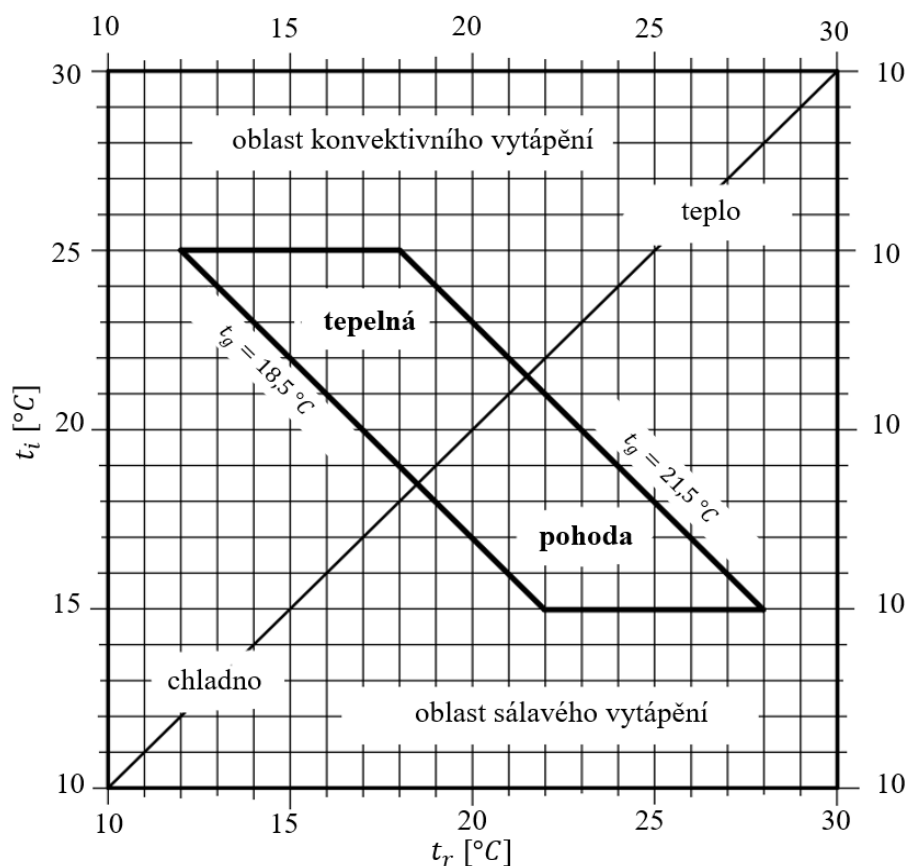
kde α_{sg} , resp. α_{kg} [W/m².K] představují součinitel přestupu tepla sáláním, resp. součinitel přestupu tepla z povrchu koule konvekcí. [1]

Obr. 2.4 Teploměr [17]

Operativní teplota – t_o [$^{\circ}\text{C}$]

Operativní teplota zohledňuje i proudění vzduchu. Je to rovnoměrná teplota černého tělesa, uvnitř kterého by člověk sdílel prouděním a sáláním stejně jako ve skutečnosti. Operativní teplota se vypočítá ze střední radiační teploty t_r a teploty vzduchu t_i . Rozdíl mezi výslednou teplotou kulového teploměru a operativní teplotou je ten, že se použijí součinitele přestupu tepla pro skutečný povrch člověka. Tedy člověk není ve výpočtu (4) nahrazen ideální černou koulí. [1]

$$t_g = \frac{\alpha_k \cdot t_i + \alpha_s \cdot t_r}{\alpha_k + \alpha_s} \quad (4)$$



Obr. 2.5 Oblast tepelné pohody v závislosti na střední radiační teplotě a teplotě vzduchu [1]

Z poznatků o teplotě vzduchu, výsledné teplotě a střední radiační teplotě je možné interpretovat grafické znázornění na obr. 2.5. Je vidět, že při vytápění na teplotu vzduchu 25°C je místnost stále v oblasti tepelné pohody, když bude střední radiační teplota 12°C . Naproti tomu je zase možné být v oblasti tepelné pohody při teplotě vzduchu 15°C a střední radiační teplotě na hodnotě 28°C .

2.1. Převážně konvekční vytápění

O převážně konvekčním vytápění má smysl se bavit v případě použití otopných těles článkových, deskových nebo případně konvektorů, mající dominantní právě konvekční složku. Výjimkou je deskové otopné těleso typu 10, kde je použita pouze jedna otopná deska bez plechu pro zvětšení plochy pro přestup tepla. Toto těleso má tedy dominantnější sálavou složku.

Rovnice používané při výpočtu konvekce vycházejí z Newtonova ochlazovacího zákona:

$$q = \alpha \cdot (t_1 - t_2), \quad (5)$$

kde q [W/m^2] představuje měrný tepelný tok, α [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] je součinitel přestupu tepla a $(t_1 - t_2)$ [K] je rozdíl teplot ploch.

Do sdílení tepla konvekcí ovšem zasahují vlivy, kvůli kterým je konvekce fyzikálně velmi složitý jev. Výpočty se dnes provádějí pomocí kritériálních rovnic s užitím podobnostních čísel (Nusselt, Reynolds, Prandtl, Grasshoff) nebo pomocí empirických vztahů.

Celkový tepelný tok dodávaný otopným tělesem do prostoru je pak popsán výrazem:

$$Q_c = k_c \cdot S_L \cdot (t_{wm} - t_D), \quad (6)$$

kde t_{wm} [$^{\circ}\text{C}$] je střední teplota otopné vody, t_D [$^{\circ}\text{C}$] je teplota vzduchu ve vztažném bodě a k_c [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] je celkový součinitel prostupu tepla, který charakterizuje tepelný tok z teplonosné látky. [1]

Tématem této BK je ovšem stěnové vytápění, o kterém se udává 65% podíl sálavé složky. Dále bude tedy práce pojednávat o převážně sálavém vytápění.

2.2. Převážně sálavé vytápění

O převážně sálavém vytápění je možné se bavit, pokud je více jak polovina tepelného výkonu sdílena s okolím pomocí sálání (tepelné záření).

Elektromagnetické vlnění je charakterizováno vlnovou délkou či frekvencí. Tepelné (infračervené) záření se zpravidla v praxi uvažuje mezi vlnovými délkami 0,8 až 400 μm . Ve větších i menších vlnových délkách záření existuje, ale označujeme ho jinak (např. viditelné, ultrafialové atd.) Do tepelného záření zahrnujeme oblast viditelného a infračerveného záření.

Dokonalý pohlcovač i zářič je teoretické absolutně **černé těleso**. Výpočtové vztahy, které budou představeny dále budou ovšem počítat s reálnými povrchy předmětů, které budou nahrazeny pro jednoduchost pojmem **šedé těleso**, tedy takovým tělesem, kde monochromatická emisivita nezávisí na vlnové délce. [1]

Tepelný výkon na 1 m² absolutně černého tělesa vychází ze Steffan-Boltzmanova zákona:

$$q_0 = c_0 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4, \quad (7)$$

kde q_0 [W/m²] je měrný tepelný výkon černého tělesa, $c_0 = 5,67 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ je součinitel sálání černého tělesa a T [K] je absolutní teplota povrchu.

Žádné těleso ovšem nevyzáří tolik, co absolutně černé těleso, proto se zavádí emisivita:

$$e = \frac{q}{q_0}. \quad (8)$$

Emisivita je poměr vyzařeného tepelného toku libovolným tělesem ku tepelnému toku absolutně černého tělesa. Emisivita je rozhodující veličinou při přenosu tepla mezi otopnou plochou a tělesem. Její hodnota závisí na použitém materiálu a formě povrchové úpravy. U klasických omítek se emisivita pohybuje od 0,92 až do 0,95. [1]

Tepelný tok sdílený mezi dvěma plochami 1 a 2 umístěnými v prostoru je Q_s :

$$Q_s = \frac{e_1 \cdot e_2}{\pi} \cdot c_0 \left(\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right) \int_{S_1} \int_{S_2} \frac{\cos\beta_1 \cdot \cos\beta_2}{r^2} dS_1 dS_2, \quad (9)$$

kde e_1, e_2 [-] jsou emisivity ploch S_1, S_2 [m²] a T_1, T_2 [K] jsou absolutní teploty ploch.

Pro lepší přehlednost podoby rovnice se zavádí poměr osálení (součinitel osálení):

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi \cdot S_1} \int_{S_1} \int_{S_2} \frac{\cos\beta_1 \cdot \cos\beta_2}{r^2} dS_1 dS_2. \quad (10)$$

Nyní je možné použít formální zápis rovnice pro přestup tepla:

$$Q_s = e_1 \cdot e_2 \cdot c_0 \cdot S_1 \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right) \varphi_{12} = \alpha_s \cdot S_1 \cdot (t_1 - t_2). \quad (11)$$

Byl zde použit součinitel přestupu tepla sáláním α_s [W/m².K], který zohledňuje všechny zmíněné emisivity, teploty a termodynamické teploty:

$$\alpha_s = \frac{e_1 \cdot e_2 \cdot c_0 \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right)}{(t_1 - t_2)}. \quad (12)$$

3. Stěnové vytápění

Stěnové vytápění, ať už v mokré, či suché instalaci, poskytuje několik na první pohled neviditelných výhod. Oproti standartnímu vytápění pomocí článkových, deskových otopných těles nebo konvektorů, dosahuje vnitřek místnosti tepelné pohody při nižší teplotě vzduchu. Což zajišťuje výhody při dnešních trendech šetření energiemi.

K dalším výhodám patří fakt, že vytápění je převážně sálavé. Díky tomu dojde nejdříve k osálení a ohřátí okolních stěn, až poté k ohřevu vzduchu. Nepochází k tak velkému víření prachu a domácnost se na první pohled jeví jako čistší, a tím hygieničtější.

Stěnové vytápění dále může pracovat s relativně nízkými teplotami otopné vody. Díky tomu je skvělé v kombinaci s kterýmkoliv kondenzačním plynovým kotlem nebo tepelným čerpadlem, což je znovu výhodné z hlediska dnešních trendů a případně výhodného pořízení tepelného čerpadla díky dotacím pro domácnosti.

Stěnové teplovodní vytápění se dá využít i v letních měsících jako chlazení, například v kombinaci se zmíněným tepelným čerpadlem. Ovšem z důvodu vyhnutí se teplotě rosného bodu je chlazení velmi omezené. Při relativní vlhkosti vzduchu 50 % a teplotě vzduchu 26 °C je teplota rosného bodu zhruba 15 °C, což nabízí velmi omezené výkonové možnosti v teplých letních dnech. Většina dodavatelů v praktické části práce disponovala výkonovými tabulkami i pro stěnové chlazení, další rozbor chlazení by ovšem překračoval téma této bakalářské práce.

Mezi nevýhody stěnového vytápění patří zejména znemožnění umístování nábytku před otopnou stěnu, komplikované upevňování předmětů na stěnu (nesmí se upevňovacím předmětem poškodit otopný had) a zejména nemožnost instalace stěnové otopné plochy naproti průteplivé konstrukci, např. oknu. [2] [4]

Stěnové vytápění se dá jednoduše rozdělit na 2 základní typy:

- Mokrý způsob
- Suchý způsob

Společná část mokrého a suchého způsobu instalace bývá velmi často otopné potrubí, jelikož dodavatel často poskytuje oba způsoby. Z tohoto důvodu mají zpravidla mokrý i suchý způsob od jednoho dodavatele otopný had zhotovený ze stejného typu potrubí.

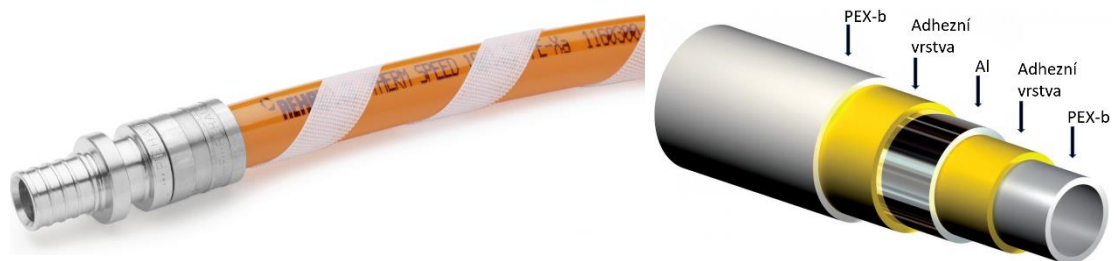
3.1. Otopné potrubí stěnového vytápění

Obecně je možné se u vytápění potkat s potrubím z různých materiálů, jako je měď, plast, nerezová ocel nebo vícevrstvé trubky. Rozhodující vlastností potrubí je schopnost odolávat difúzi vzdušného kyslíku do otopné vody.

Měděné potrubí představuje na první pohled logickou volbu z hlediska dobré tepelné vodivosti ($\lambda = 395 \text{ W/mK}$ při $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Měděné potrubí se používá měkké a povlakované a spojuje se kapilárním pájením nebo lisováním. Měkké měděné potrubí je ovšem podstatně dražší než plastové potrubí. Do průzkumu v praktické části navíc nebyl nalezen žádný dodavatel, který by používal měděné potrubí, proto je toto jediná zmínka o mědi.

Nejčastější volbou pro velkoplošné sálavé vytápění jsou tak plastová potrubí v několika variantách. [4]

- **PEX** – Nejčastěji používaná trubka je ze zesíťovaného polyethylenu několika tříd jakosti, **PEXa, b, c**. Třídy se liší podle způsobu zesíťování polyethylenu, kde třída **a** je nejvhodnější k použití v otopných soustavách, díky nejvyšší ochraně proti difúzi kyslíku do otopné vody. Spojování trubek je ovšem možné pouze mechanickou cestou pomocí fitinek (obr. 3.1 a)
- **PB** – Polybutenová trubka je méně častou variantou při vytápění, lze ji ovšem také použít. Největší výhodou PB trubky je její vyšší ohebnost a tvarovatelnost, což usnadňuje montáž.
- **Vícevrstvé trubky** – Tyto trubky spojují dohromady výhody kovových a plastových trubek. Prostřední vrstva z hliníku zajistí nízkou teplotní délkovou roztažnost a 100% kyslíkovou bariéru (obr. 3.1 b). [4]



Obr. 3.1 a) Trubka Rautherms speed PEXa ze zesíťovaného polyethylenu s fitinkou [8]
b) Vícevrstvá trubka PEX-AL-PEX [18]

3.2. Mokrý způsob

Mokrý způsob pokládky stěnového teplovodního vytápění je charakteristický svojí montáží, kdy je systém upevněn na stěnu a následně zaomítán omítkou potřebné tloušťky. Je tedy nedělitelnou součástí stěny.

Tento způsob se nejčastěji využívá u zděných novostaveb nebo rekonstrukcí starších zděných domů. [2]

3.2.1. Fixační lišta

Fixační lišta slouží k upevnění otopného hadu na stěnu v požadované rozteči. Jedná se nejčastěji o plastové nebo hliníkové lišty s elementy ve tvaru omega, do kterých se silou nacvakne otopné potrubí. Lišta není zpravidla dlouhá tak, aby se natáhla po celé výšce stěny, z toho důvodu se vyrábějí segmenty o délce např. 500 mm, které se dají na místě pokládky pospojovat dle potřeby (obr. 3.2 a).

3.2.2. Armovací síť

Armovací, nebo také fixační síť je důležitou, ne však nezbytnou součástí systému vytápění. Nejčastější je použití klasické perlinky ze skelné tkaniny (obr. 3.4).

Armovací síť zvyšuje celkovou pevnost celého systému a předchází vzniku prasklin v důsledku tepelné roztažnosti systému.

Několik dodavatelů ovšem armovací síť ve svých postupech vůbec neuvádí, je tak možné armovací síť ze systému úplně vynechat, v tom případě je potřeba zvlášť dbát na správné složení omítky samotné, aby poskytovala dostatečnou pevnost sama o sobě.

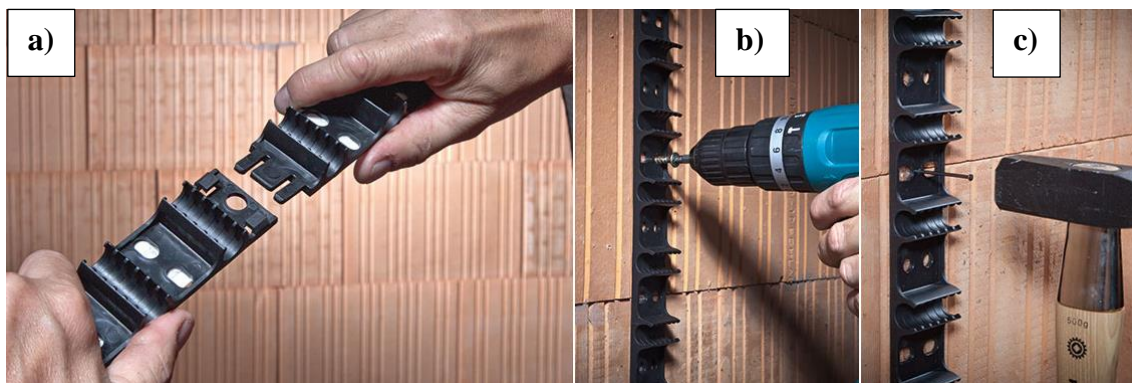
3.2.3. Omítka

Omítka se v mokrých instalacích umísťuje zpravidla ve dvou vrstvách. První vrstvou se kompletně zakryje otopný had. Druhou vrstvou se dosáhne požadované výšky omítky nad potrubím, které stanovil projektant v závislosti na požadovaném tepelném výkonu a doporučení dodavatel.

Jako omítací směsí lze použít omítky vápenosádrové, vápenocementové, hliněné nebo jádrové. Je nutné dodržet předepsané tepelné vodivosti dané dodavatelem vytápění.

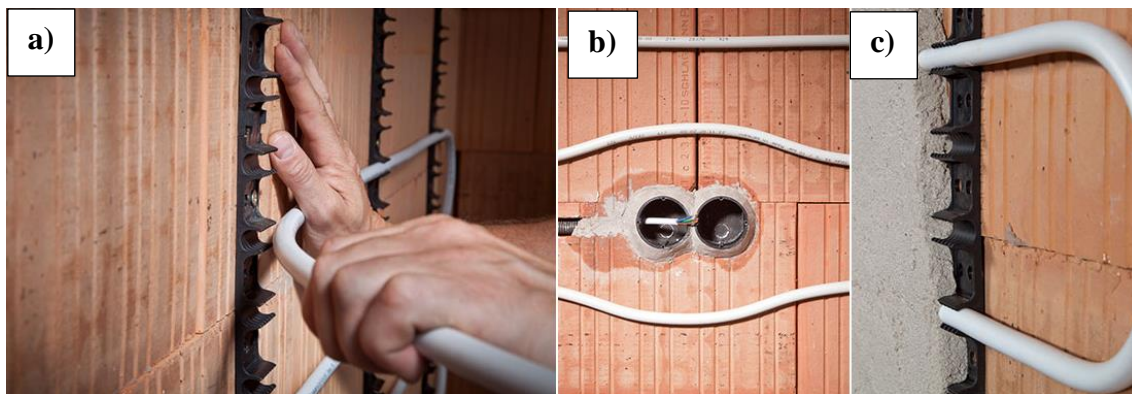
3.2.4. Montážní postup

Na holou očištěnou stěnu jsou upevněny lišty pomocí hmoždinek nebo hřebíků. Nejčastěji se jedná o hřebenové lišty z hliníku, plastu nebo plastové nacvakávací objímky tvaru omega. S rozstupem určeným dodavatelem technologie se lištami pokryje celá část stěny vytyčená pro otopnou stěnu.



Obr. 3.2 a) Spojování lišt, b) uchycení lišt na stěnu pomocí hmoždinek, c) hřebíků [5]

Do lišt jsou upevněny různé trubky. Plastové s bariérou proti difúzi vzdušného kyslíku, vícevrstvé trubky a výjimečně měkké měděné povlakované trubky. Otopné potrubí se upevní do požadované podoby, nejlépe do vertikálního meandru v rozteči nejčastěji od 50 do 200 mm, dle výpočtů projektanta a možností dodavatele systému.



Obr. 3.4 a) Upevnění trubek do vodících lišt, b) řešení vedení trubek okolo překážek, c) omítání trubek [5]

Po upevnění trubek následuje překrytí první vrstvou omítky do výšky trubek, aby byly zcela zakryty. Systém je možné jen zaomítat druhou vrstvou omítky bez armovací sítě (obr. 3.4 c), nebo je možné vložit armovací síť pro zvýšení pevnosti (obr 3.5).



Obr. 3.5 Armovací síť vložená mezi první a druhou vrstvou omítky [6]

Druhá vrstva omítky překryje armovací síť. Vysoká je dle požadavků systému a doporučení dodavatel, nejčastěji 10 až 25 mm. Čím tlustší vrstva omítky, tím menší bude tepelný výkon systému.

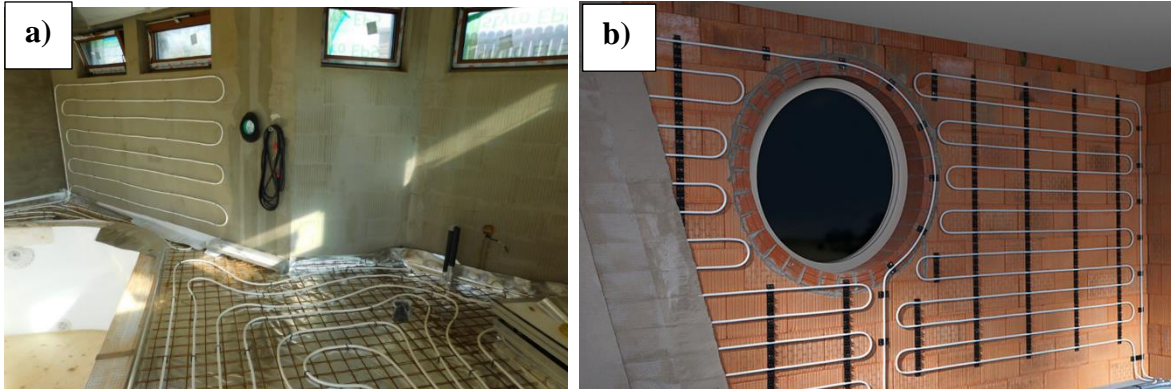
3.2.5. Typické aplikace

Mokrý způsob pokládky je velice populární hlavně u zděných staveb, kde by vnitřní stěny byly omítnuty vždy. Dále je možné využít tohoto systému při rekonstrukcích zděných staveb.

Napojení otopného hadu na otopnou soustavu se typicky provádí pod úroveň podlahy. Z tohoto důvodu je možné výhodné zkombinovat podlahové vytápění se stěnovým v prostorách, které je potřeba intenzivně vytápět, ale plocha podlahy je nedostačující, tedy například koupelny a záchody (obr 3.6 a).

System se umísťuje vždy na ochlazovanou stěnu v místnosti, tedy nejčastěji na obvodovou stěnu (obr 3.7). V případě potřeby je možné umístit vytápění i na vnitřní stěny.

Při dnešních podmínkách se již upouští od potřeby instalace izolace pod systém vytápění, díky dobrým tepelným vlastnostem samotné ochlazované stěny (Obr 3.6 b). [2], [4]



Obr. 3.6 a) Realizace stěnové otopné plochy provedené vytažením podlahového otopného hadu [19], b) pokládka stěnového vytápění mokrým způsobem [5]



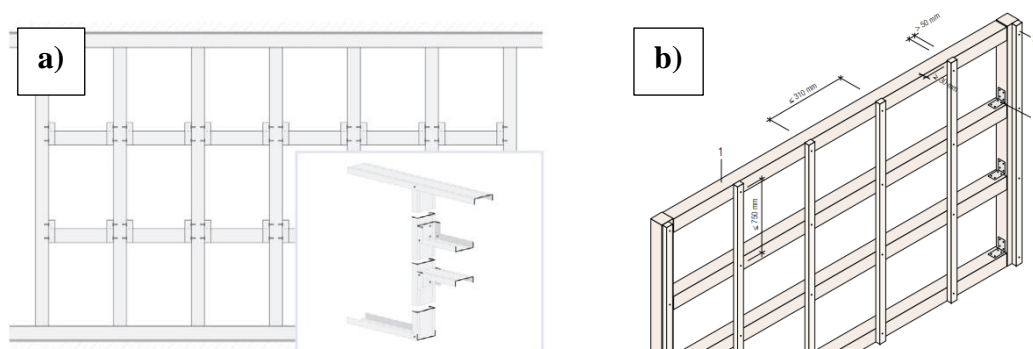
Obr. 3.7 Pokládka stěnového vytápění na obvodové stěně pro střední školu [20]

3.3. Suchý způsob

Suchý způsob má svá specifika, která ho mohou činit lepší alternativou k mokrému způsobu stěnového vytápění. Systém není integrovanou součástí stěny, ale sestavuje se z jednotlivých komponent, které se na sebe postupně upevňují. [2]

3.3.1. Nosná konstrukce

Nosnou konstrukcí u stěnového vytápění jsou klasické hliníkové I nebo U-profilů, možné je i použití dřevěných hranolů čtvercového nebo obdélníkového průřezu.



Obr. 3.8 Nosná konstrukce je zhotovená z a) hliníku, b) ze dřeva [8]

V případě instalace s předepsanou izolací je nutné dbát, aby byl izolací vyplněn i vnitřek hliníkového profilu. Jako izolace slouží polystyren EPS nebo stříkaná pěnová izolace.

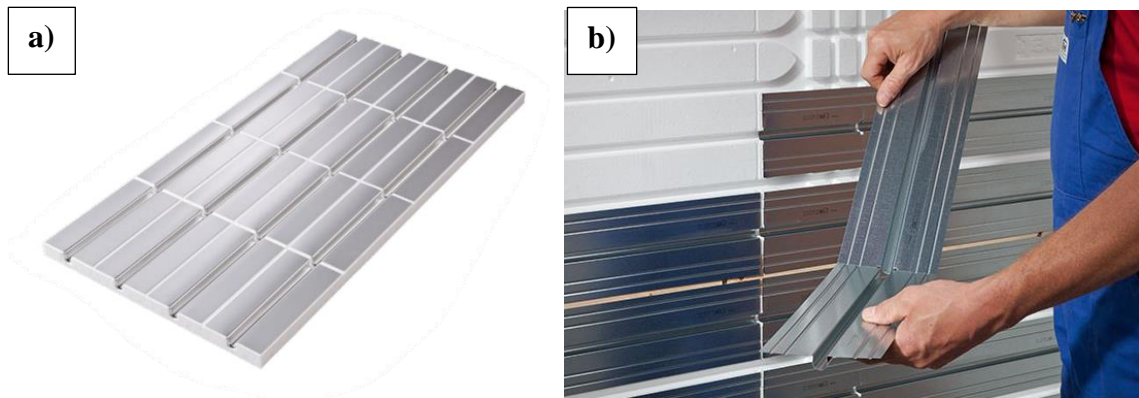
3.3.2. Sádroláknité aktivní desky

Jedním ze způsobů provedení suché stěnové otopné plochy je použití sádroláknitých desek, do kterých je již při výrobě umístěno potrubí o požadované rozteči a velikosti trubky.

Tento způsob je charakteristický svojí jednoduchostí, neboť jsou desky montovány přímo na nosnou konstrukci bez zbytečného kompletování několika funkčních vrstev (obr. 3.12 b).

3.3.3. Rozváděcí hliníková lamela

Dalším a častějším způsobem je použití rozváděcí hliníkové lamely, která zajišťuje rovnoměrné roznesení tepla z trubek do stěny. Lamela má již předpřipravené drážky, do kterých je při instalaci upevněna trubka.



Obr. 3.9 a) komplet lamely a izolace, b) upevňování lamely na izolaci na stěně [5]

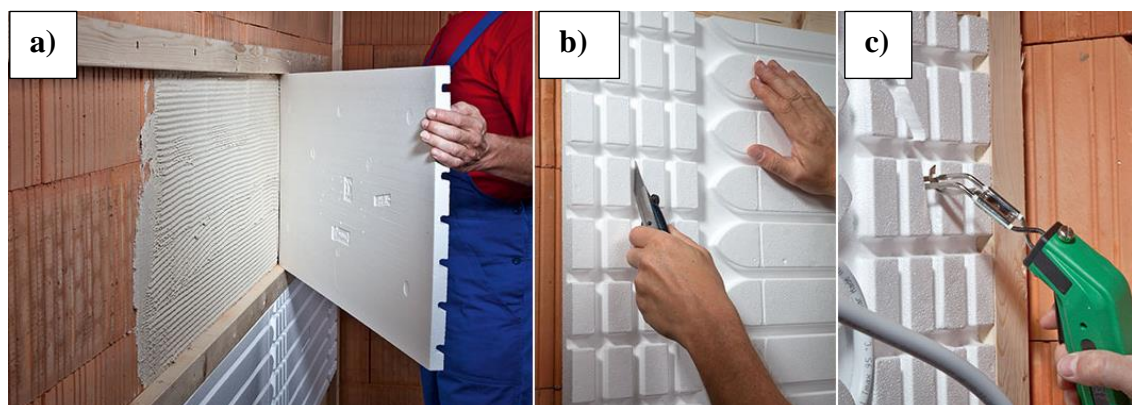
3.3.4. Montážní postup

U systému trubky v sádrovláknité desce je první v pořadí příprava holé stěny, na kterou se upevní kovové nebo dřevěné profily s požadovanou roztečí a samolepící vrstvou nebo otvory pro montáž desek směřujícími ven ze stěny.

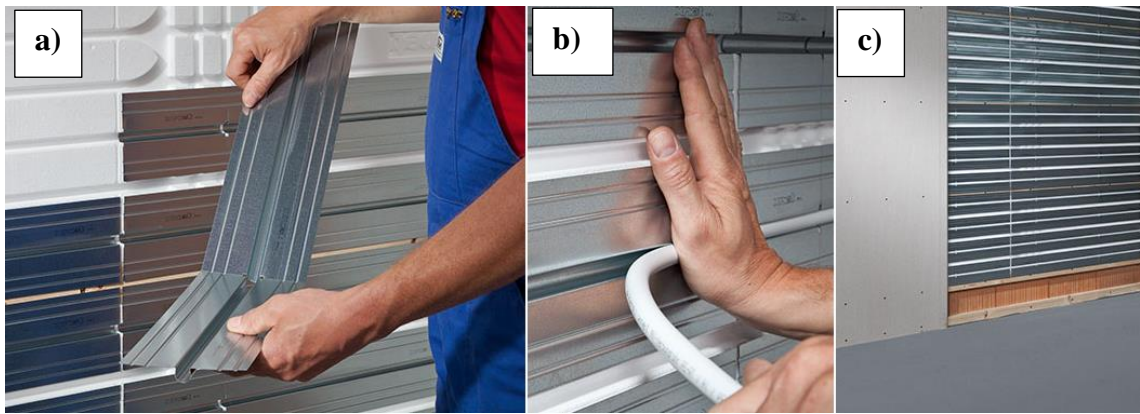
V případě systémů v podobě aktivních sádrovláknitých desek je dalším krokem při sestavování pouze upevnění těchto desek na stěnu.

Suché systémy, které nejsou v podobě prefabrikovaných celých desek se nejčastěji instalují nalepením systémových desek na holou stěnu. V deskách jsou již vyrobeny žlábků, do kterých se nalepí teplonosná kovová deska, která disponuje žlábků tvaru omega. Do žlábků, které jsou vyrobeny v požadované rozteči se upevní nacvaknutím otopná trubka.

Celý systém se poté zakryje sádrovláknitou deskou (Obr 3.11 c).



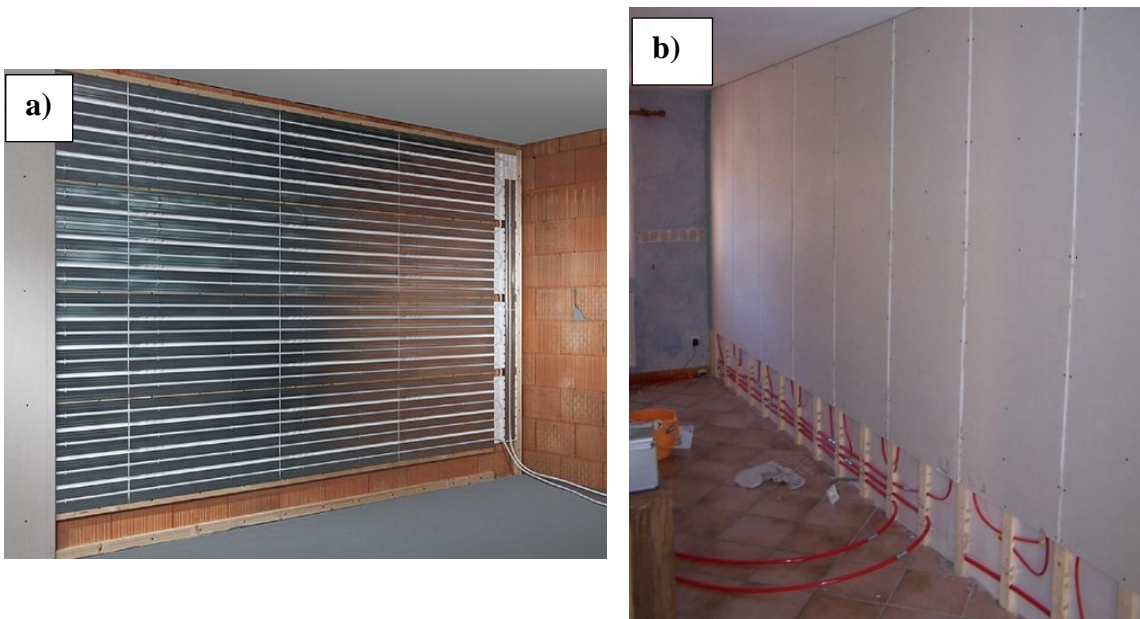
Obr. 3.10 a) uložení izolace na stěnu, b) dořezání izolace na pokrytí celé plochy, c) zhotovení žlábků pro umístění trubky [5]



Obr. 3.11 a) upevňování lamely na izolaci na stěně, b) uchycení otopné trubky do lamely, c) zakrytí systému sádrovláknitou deskou [5]

3.3.5. Typické aplikace

Suchý systém je vhodný zejména pro nízkoenergetické novostavby, domy montované, dřevostavby a také rekonstrukce, kde je potřeba ponechat, co největší volný prostor v místnosti. Svoje využití nacházejí i v podkroví, kde je jednodušší umístit sádrovláknité desky namísto připravování stěny pro jiný způsob vytápění. [2] [4]



Obr. 3.12 a) Provedení suché otopné plochy s rozváděcí hliníkovou lamelou před zakrytím sádrovláknitými deskami [5], b) Systém v podobě sádrovláknité aktivní desky před instalací neaktivních desek do spodní části stěny [8]

4. Regulace teploty otopné vody

Stěnové vytápění stejně jako jiné teplovodní soustavy klade stejně vysoké, ne-li vyšší, nároky na regulaci teploty otopné plochy. Velkým rozdílem od regulace obyčejných soustav pouze s otopnými tělesy je velká schopnost stěny akumulovat teplo, což má zásadní vliv na reakční dobu a vzniká tedy nezanedbatelné dopravní zpoždění. Regulaci otopné vody lze obecně provádět několika způsoby:

- Kvalitativně
- Kvantitativně
- Kvazikvalitativně – kombinace předchozích dvou (pomocí čtyřcestných směšovacích armatur)

Při **kvalitativní regulaci** zůstává průtok otopné vody stejný a mění se pouze teplota otopné vody. Změna teploty otopné je dosažena vhodnou regulací zdroje tepla nebo pomocí směšovacích armatur (trojcestné, čtyřcestné) nebo v pevném směšovacím bodě potrubní sítě.

Kvantitativní regulace využívá konstantní teploty otopné vody, mění se pouze její průtok. Kvantitativní regulace lze dosáhnout pomocí škrcení či rozdělení proudu pomocí trojcestné armatury nebo pevného rozdělovacího bodu potrubní sítě. [7]

5. Praktická část

Tato část bakalářské práce se zabývá průzkumem možností realizace stěnového vytápění. Jednotlivé firmy či dodavatelé stěnového vytápění zde budou zhodnoceni. Vzhledem k tepelným ztrátám při návrhu rodinného domu či jiného objektu je nejvýhodnější uvádět výkon otopné plochy přímo v měrném tepelném toku q [W/m²], aby bylo hned patrné, jak velká otopná plocha bude zapotřebí k vytápění.

V této části budou zhodnoceni dodavatelé, kteří jsou volně dohledatelní nebo známí na trhu vytápění. Pro vyhledání jednotlivých dodavatelů byla na internetu použita klíčová slova jako:

- Stěnové vytápění
- Stěnové topení
- Stěnové otopné plochy
- Sálavé stěnové vytápění
- Radiant wall heating

Při finálním převádění do grafické podoby byly z vybraných dodavatelů vyřazeni ti, kteří neměli k dispozici technické listy, výkonová data nebo kompletní katalog. Tito dodavatelé měli sice funkční webové stránky, ale výkon svého systému uvedli pouze v brožurě, kde byl k vidění maximální výkon, nikoliv celý průběh. Toto rozhodnutí snížilo počet porovnaných dodavatelů na 8 v mokřích instalacích a na 6 v suchých variantách.

5.1. Grafické zhodnocení mokřích systémů stěnového vytápění

Grafické zpracování je vedeno v jednotné formě v podobě excelových grafů, které byly vytvořeny na základě technických listů dostupných na stránkách dodavatel nebo na základě informací sdělených samotným zástupcem dodavatelem, pokud nebyla potřebná data dostupná na webových stránkách.

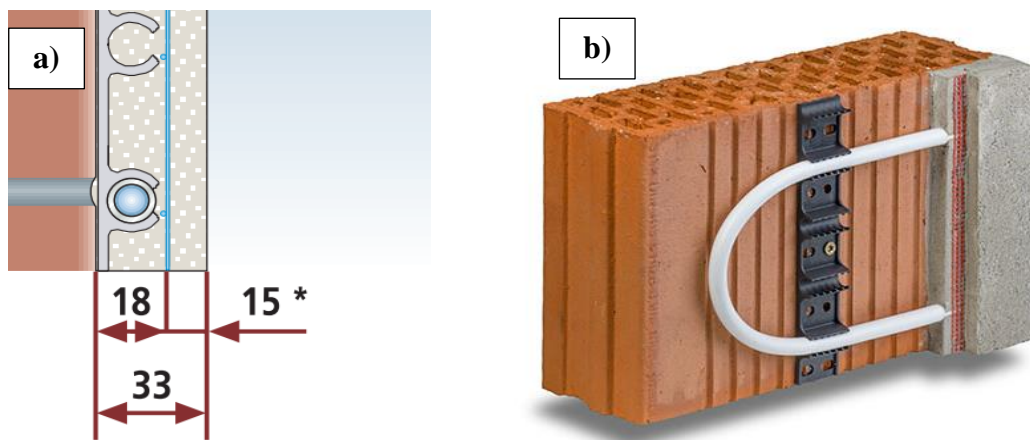
Dodavatelů mokřého způsobu vytápění je na českém trhu výrazně více než těch, kteří nabízejí pouze suchý systém. Ve většině případů dodavatel, který nabízel mokřý způsob, nabízel taktéž i suchý způsob, není to ale pravidlem.

5.1.1. Kermi

Mokrý systém stěnového vytápění od firmy Kermi se nazývá x-net C21.

Tloušťka omítky nad potrubím je 15 mm, s omítkou o tepelné vodivosti 0,7 W/m.K, což odpovídá klasické vápenné nebo vápenocementové omítkce.

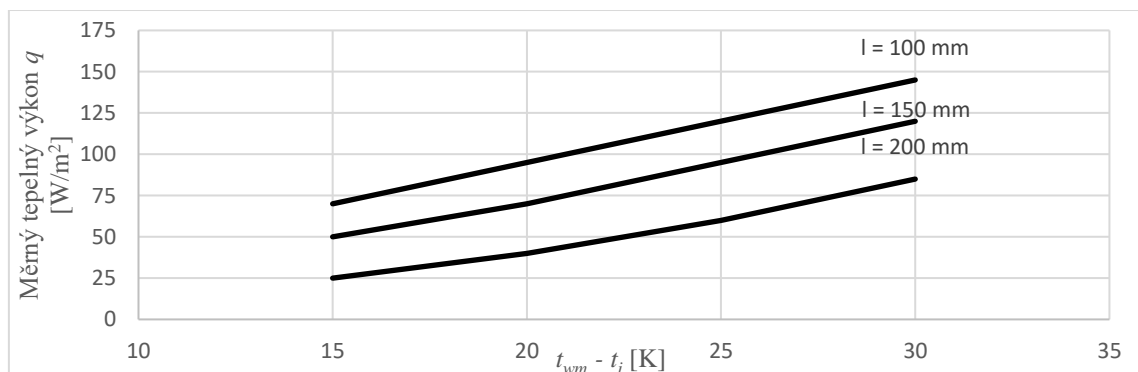
Celková tloušťka systému činí 33 mm společně se svěrnou lištou s 50 mm rastrem pro polyethylenové trubky PE-RT 14 x 2 mm. Trubka je tvořena polyethylenem se zvýšenou tepelnou odolností, díky které není zesíťovaný.



Obr. 5.1 a) Řez mokrým systémem KERMI bez izolace s tloušťkou omítky 15 mm, b) Provedení systému Kermi v podobě vertikálního meandru [5]

Systém pokládky je totožný jako u jiných systémů. Na holou stěnu se upevní vodící svěrné lišty s 50 mm rastrem, který umožňuje trubky upevnit do nacvakávacích úchytů tvaru omega. Doporučené rozteče jsou 100, 150 a 200 mm.

Měrný výkon Kermi se pohybuje od 25 do 145 W/m². Příloha: P1 [5]

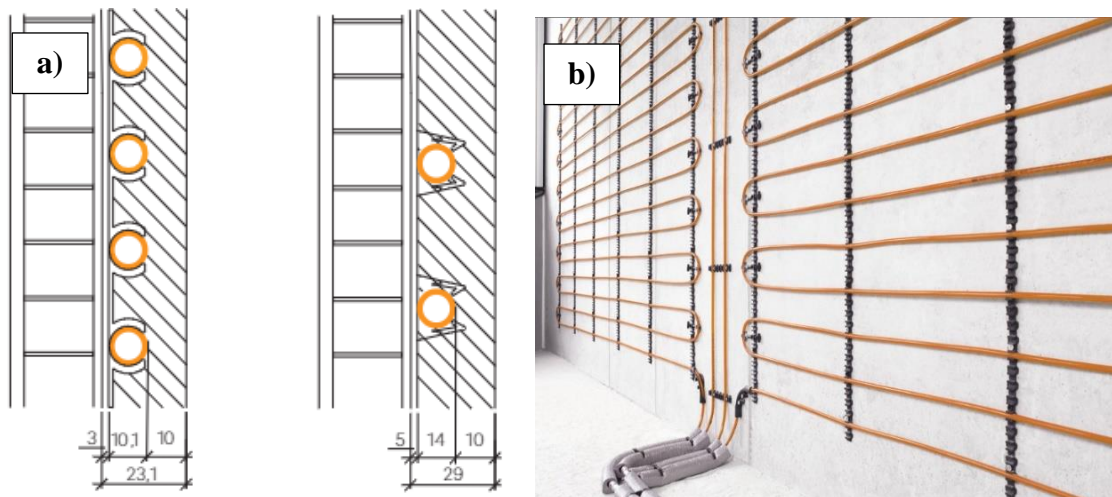


Obr. 5.2 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Kermi v závislosti na rozdílu teplot a rozteči pro tloušťku omítky $s = 15$ mm a $\lambda = 0,7$ W/m.K

5.1.2. Rehau

Mokrý způsob stěnového vytápění Rehau je nabízen ve dvou variantách pro velikosti trubek ze zesíťovaného polyethylenu PEXa 10,1 x 1,1 a 14 x 1,5 mm.

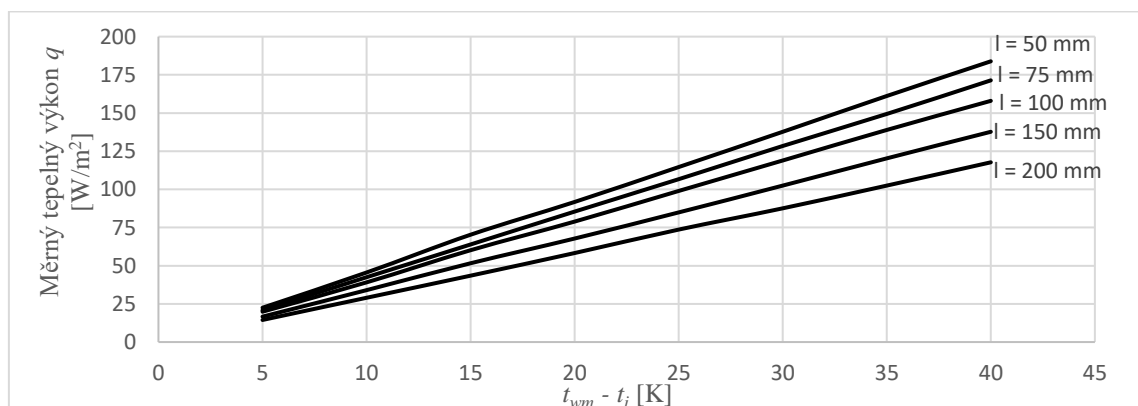
Tloušťka omítky nad otopným hadem je variabilní, nejčastěji se používá vrstva 10 nebo 15 mm. Rehau dokonce disponuje změřenými daty pro tloušťky od 10 do 25 mm. Dle použitého potrubí díky vrstvě 10 mm nad trubkou má celý systém nejmenší tloušťku 23,1 nebo 29 mm.



Obr. 5.3 a) Řez systémy Rehau s potrubím 10,1 x 1,1 a 14 x 1,5 mm bez armovací sítě, b) Provedení systému Rehau vertikálním meandrem s držáky oblouku [8]

Při pokládce na holou zeď se upevní pomocí hmoždinek nebo hřebíků vodící lišty RAUFIX s předpřipravenými komponenty pro nacvaknutí trubky. Do lišt se upevní trubky v požadované rozteči a po provedení tlakové zkoušky se systém zaomítá.

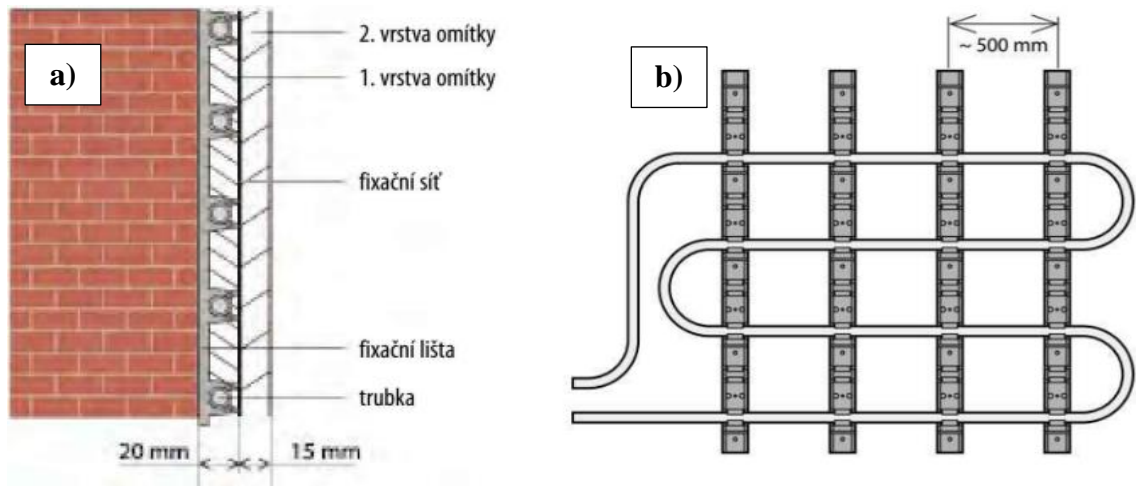
Měrné výkony se pro 15 mm omítky pohybují od 17 do 189 W/m². Příloha: P2 [8]



Obr. 5.4 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Rehau v závislosti na rozdílu teplot a rozteči pro tloušťku omítky $s = 15$ mm a $\lambda = 0,35$ W/m.K

5.1.3. Ivartrio

Mokrý způsob instalace stěnového vytápění od firmy Ivartrio je poskytován s potrubím PEX 12 x 2 mm. Uloženým v rastru IVAR.GL-ST v roztečích 60, 120, 180 a 240 mm.

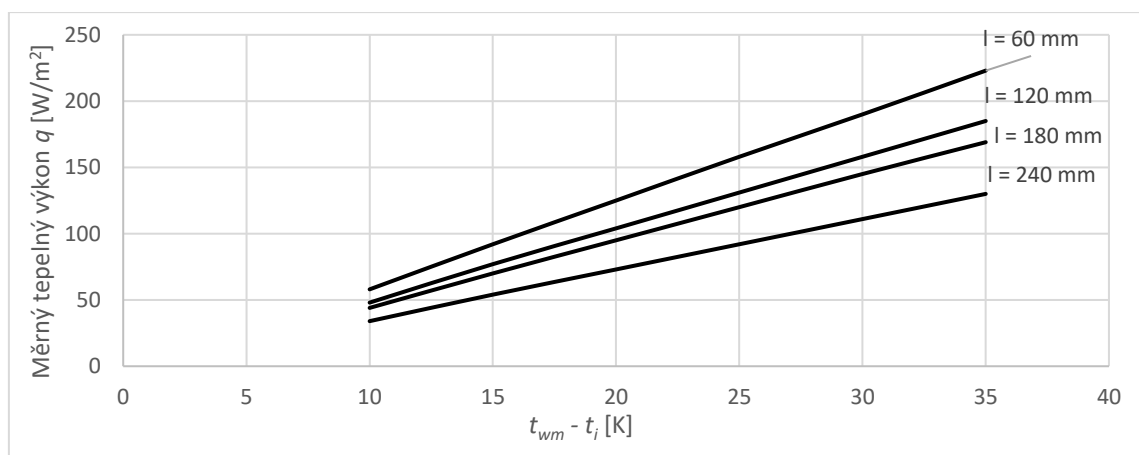


Obr. 5.5 a) Řez systémem Ivartrio bez izolace s potrubím PEX 12 x 2 mm a armovací sítí, b) Příklad pokládky systému provedené pomocí vertikálního meandru [9]

Doporučená hodnota rozteče je dle katalogu 120 mm.

Při projekci je nutné dbát na minimální rezervu 35 mm pro systém stěnového vytápění. Za použití vápenocementové omítky o součiniteli tepelné vodivosti 0,99 W/m.K je vrstva omítky nad trubkami minimálně 15 mm. Při použití vápenosádrové omítky může být vrstva jen 10 mm. Výška systému tedy celkem činí 35 resp. 30 mm.

Ivartrio nabízí napříč všemi poskytovanými roztečemi a tloušťkami omítek měrné výkony od 24 do 223 W/m², ovšem doporučený využitelný teplotní rozdíl je maximálně 30 K, čili rozsah měrných výkonů je pouze od 24 do 190 W/m². Příloha: P3 [9]

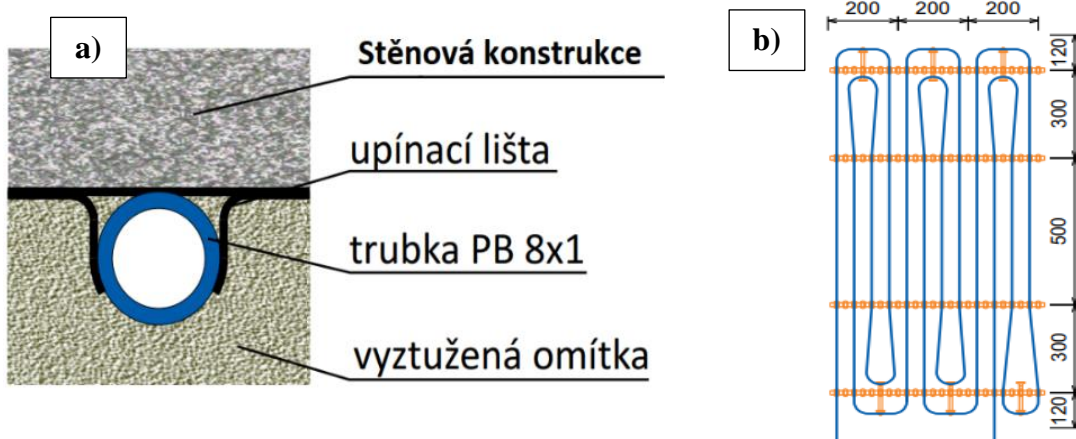


Obr. 5.6 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Ivartrio v závislosti na rozdílu teplot a roztečí pro tloušťku omítky $s = 15$ mm a $\lambda = 0,99$ W/m.K

5.1.4. Univenta

Mokrý instalace od firmy Univenta se skládá z polybuthylenových trubek PB 8 x 1 mm uchycených v plastových lištách na stěnu, které mají rozstup 500 mm.

Nabízené rozteče jsou 500, 400 a 290 mm, které se volí dle požadavků na tepelný výkon.

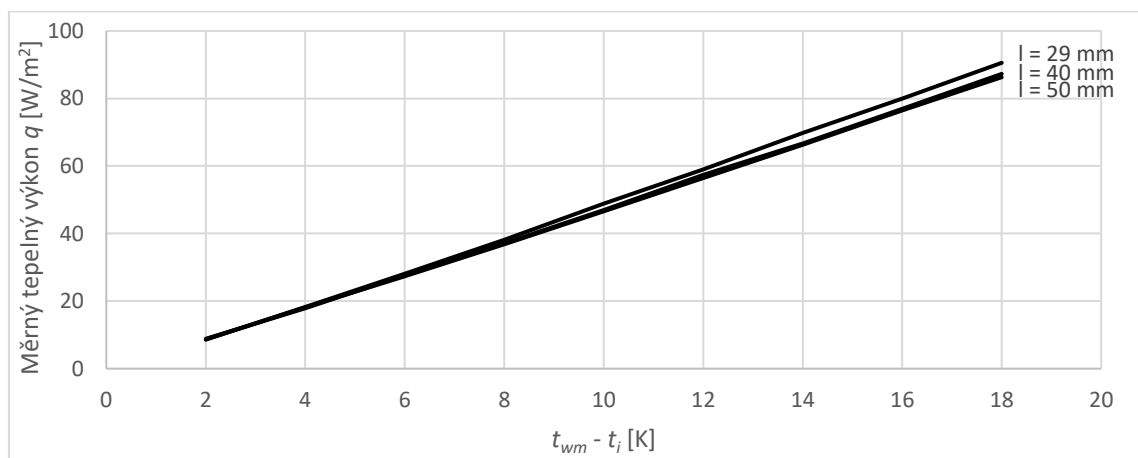


Obr. 5.7 a) Řez systémem Univenta s potrubím PB 8 x 1 mm bez armovací sítě
b) Pokládka systému vertikálního dvojitého meandru s držáky oblouku [10]

Při volbě roztečí 500 a 290 mm se používá fixační lišta s roztečí 25 mm a držáky oblouků. V případě rozteče 400 má fixační lišta rozteč 20 mm bez držáků oblouku.

Tloušťka celého systému Univenta se pohybuje mezi 20 a 30 mm, minimální překrytí trubek je však 10 mm. Omítání se doporučuje provést sádrovou nebo jádrovou omítkovou směsí se zvýšenou nosností, kdy minimální tloušťka omítky musí být alespoň 20 mm.

Univenta nabízí měrné výkony od 8,6 do 120 W/m², v závislosti na rozteči otopných trubek, tloušťce omítky a její tepelné vodivosti. Příloha: P4 [10]

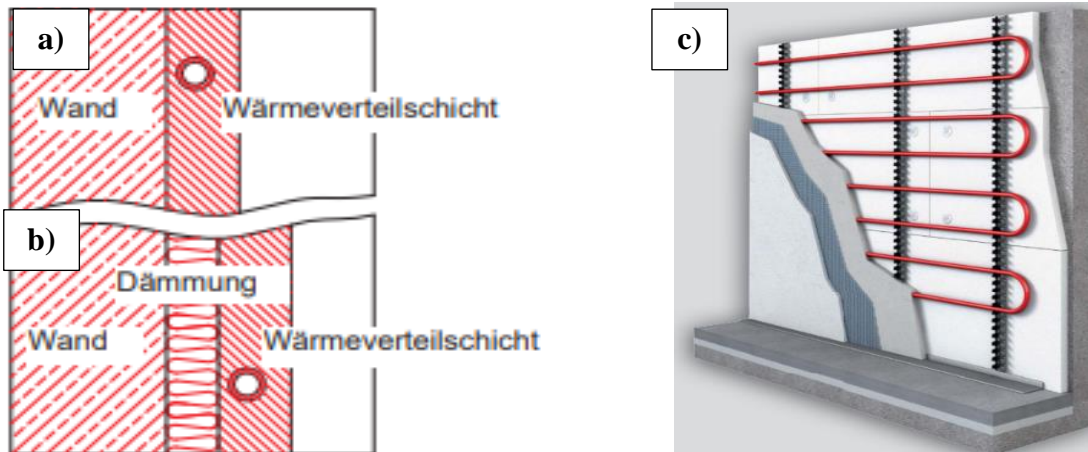


Obr. 5.8 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Univenta v závislosti na rozdílu teploty a rozteči pro tloušťku omítky $s = 10$ mm a $\lambda = 0,4$ W/m.K

5.1.5. Roth Werke

Instalace firmy ROTH WERKE se skládá z vícevrstvé Roth X-PERT trubky upevněné v registrech Roth pipefix pro trubky o průměru 11 x 1,3 a 14 x 2,2 mm do roztečí 75, 150 a 225 mm.

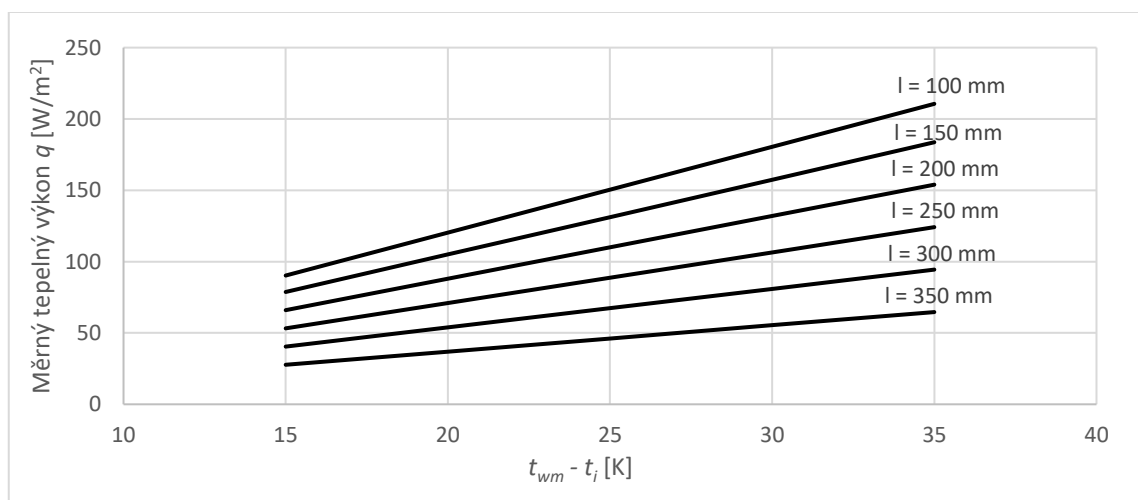
Omítnutí systému je provedeno standartní vápenocementovou nebo sádrovou omítkou do vrstvy minimálně 10 mm, maximálně však 15 mm, v závislosti na potřebném výkonu.



Obr. 5.9 Řez systémem Roth Werke s potrubím PE 14 x 2,2 mm a) bez izolace, b) s izolací, c) Provedení systému Rothe Werke s vertikálním meandrem a armovací sítí [11]

Celková tloušťka systému je 28 nebo 34 mm v závislosti na použitém typu trubky a zvolené tloušťce omítky.

Rothe Werke poskytuje výkony 28 až 211 W/m². Příloha: P5 [11]

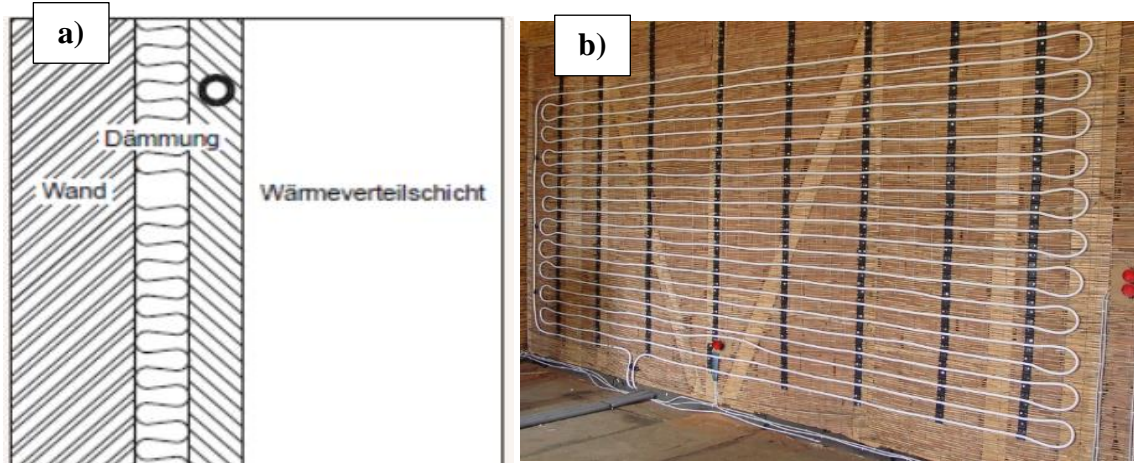


Obr. 5.10 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Roth Werke v závislosti na rozdílu teplot a roztečí pro tloušťku omítky 15 mm a trubku 14 x 2,2 mm

5.1.6. Baudochselbst

Německý dodavatel Baudochselbst nabízí stěnové vytápění celkem ve čtyřech možných roztečích 100, 150, 200 a 250 mm s vícevrstvou trubkou Tempu-al 16 x 2 mm.

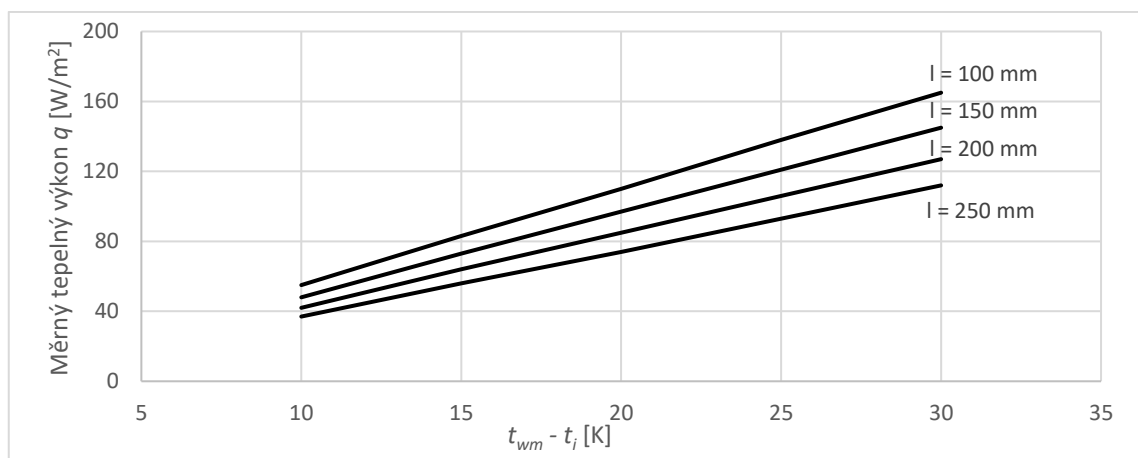
Pro vytápění mokrého provedení se fixační lišty Fördetherm umísťují přímo na holou očištěnou stěnu pomocí vhodného upevňovacího materiálu (hmoždinky, hřebíky) s rozstupem 500 mm. V krajních oblastech otopné stěny by měla být rozteč menší, např. 300 mm.



Obr. 5.11 a) Řez systémem Baudochselbst s izolací pod potrubím Tempu-Al 16 x 2 mm bez armovací sítě, b) Pokládka použitím vertikálního meandru [12]

Po upevnění otopných trubek Tempu-al 16 x 2 mm a tlakové zkoušce se systém omítne klasickou vápenosádrovou nebo vápenocementovou omítkou s překrytím trubek o výšce 15 mm.

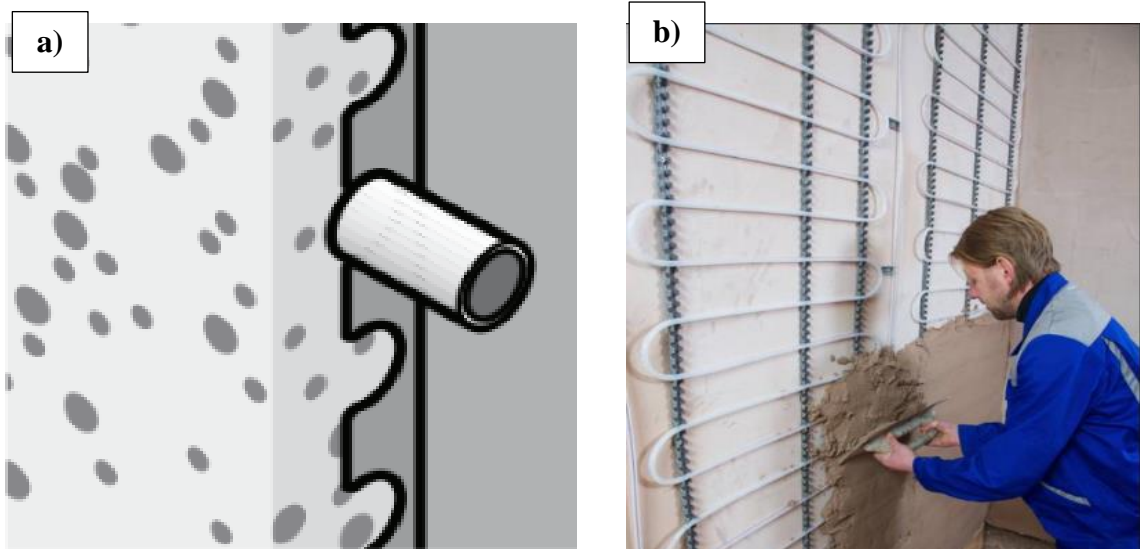
Baudochselbst uvádí měrné tepelné výkony od 37 do 165 W/m². Příloha: P6 [12]



Obr. 5.12 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Baudochselbst v závislosti na rozdílu teplot a roztečích pro tloušťku omítky 15 mm a $\lambda = 0,7$ W/m.K

5.1.7. Uponor

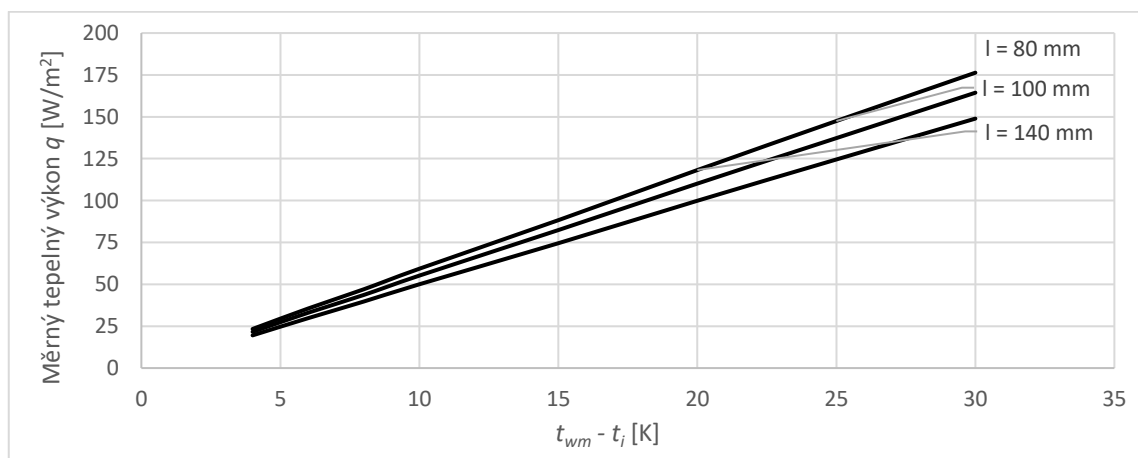
Mokrý systém pokládky od firmy Uponor se nazývá Uponor Plaster nebo také Uponor Fix. Trubky PEXa 9,9 x 1,1 mm jsou upevněny v Uponor 9,9 mm svěrných lištách. Svěrné lišty jsou klasicky upevněny na stěnu pomocí vhodných prostředků (hmoždinek, hřebíků).



Obr. 5.13 a) Řez systémem Uponor s trubicí PEXa 9,9 x 1,1 mm bez izolace, b) Provedení systému pomocí vertikálního meandru bez armovací sítě [13]

Systém Uponor je nabízen v roztečích 80, 100 a 140 mm, tloušťka omítky nad otopným hadem je 10 mm s tepelnou vodivostí $0,7 \text{ W/m}^2$, což odpovídá klasické vápenosádrové nebo vápenocementové omítce.

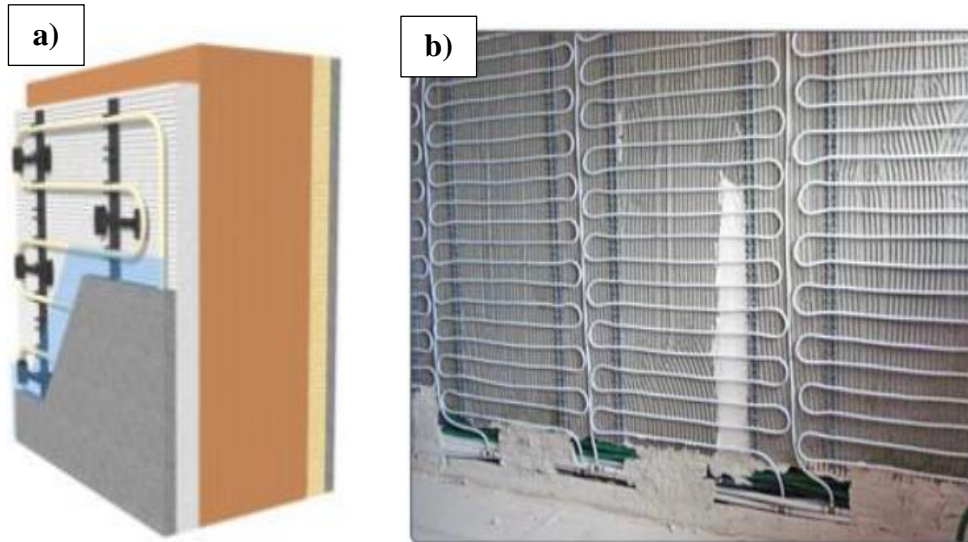
Systém je proveden bez fixační sítě mezi vrstvami omítky a nabízí výkony od 20 do 176 W/m^2 . Příloha: P7 [13]



Obr. 5.14 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Uponor v závislosti na rozdílu teplot a rozteči pro tloušťku omítky $s = 15 \text{ mm}$ a $\lambda = 0,7 \text{ W/m.K}$

5.1.8. Rossato

Stěnový systém Rossato představuje jediný systém, který je z Itálie. Systém je označován jako ECOwall FIT a nabízí tloušťku omítky pouze 15 mm nad otopným hadem.

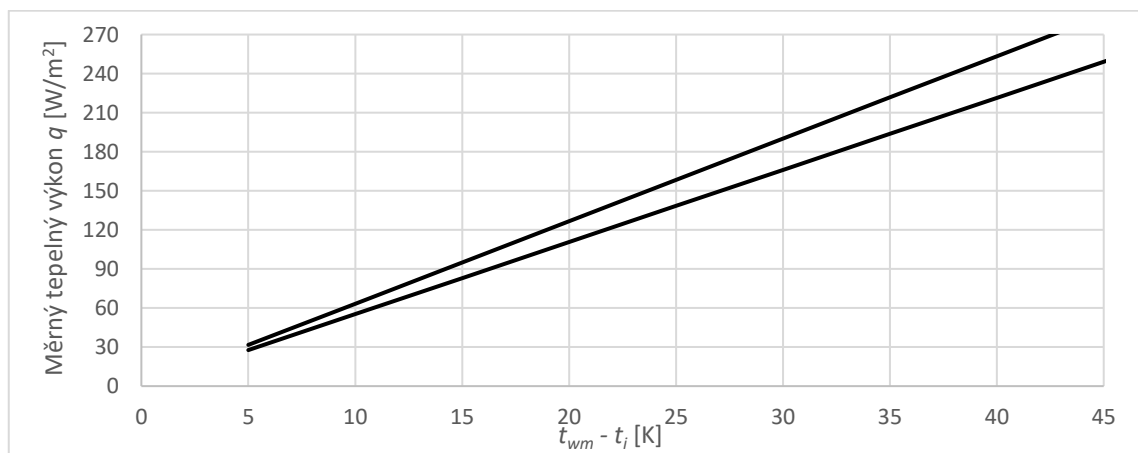


Obr. 5.15 a) Řez systémem Rossato s trubicí PEXc 8 x 1 mm s izolací a armovací sítí, b) Příklad pokládky otopného hadu [14]

Na holou stěnu, která byla zbavena prachu se upevní izolace. V případě instalace bez izolace jsou upínací registry trubek připevněny pomocí hmoždinek přímo do stěny.

Po instalaci lišt následuje upevnění otopných trubek PEXc 8 x 1 mm v požadované rozteči, které byla dříve určena, či vypočtena. Rossato doporučuje rozteče 75 a 100 mm.

Napříč všemi konfiguracemi systému nabízí Rossato měrné výkony od 27 do 412 W/m². Pro dodržení maximální teploty povrchu je výkon omezen na 253 W/m². Příloha: P8 [14]

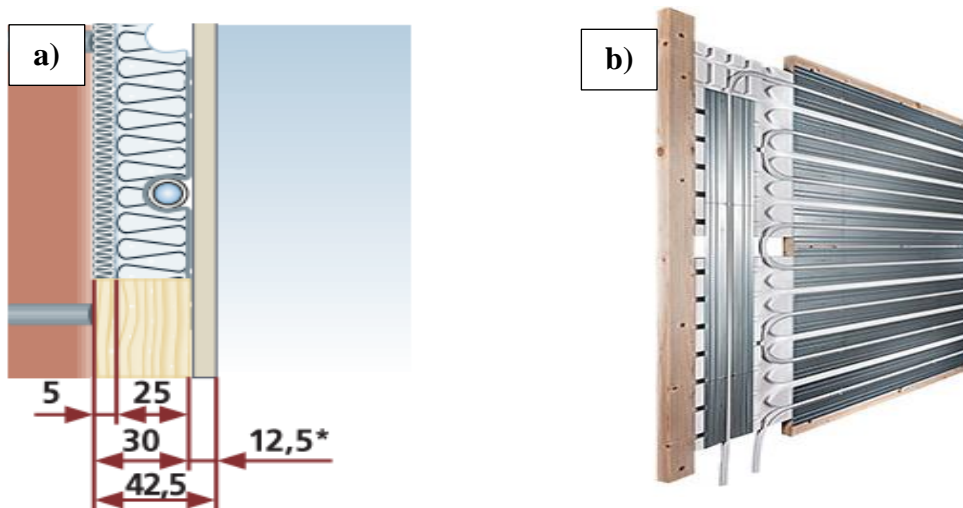


Obr. 5.16 Diagram měrných tepelných výkonů mokrého systému Rossato v závislosti na rozdílu teplot a rozteči pro tloušťku omítky $s = 18$ mm a $\lambda = 0,99$ W/m.K

5.2. Grafické zhodnocení suchých systémů stěnového vytápění

5.2.1. Kermi

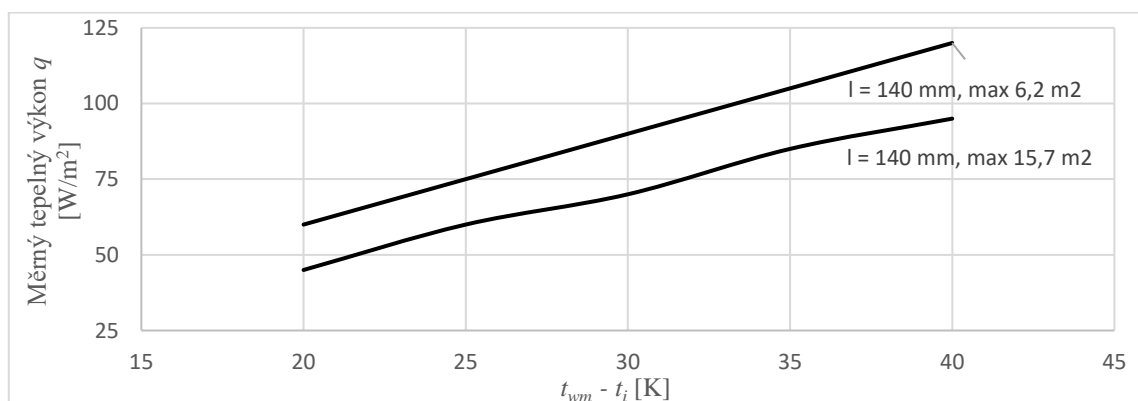
Suchý systém od firmy Kermi se nazývá x-net C22 a disponuje vícevrstvou kompozitní trubicou PE-RT 14 x 2 mm.



Obr. 5.17 a) Řez systémem Kermi s použitím izolace pod potrubím PE-RT 14 x 2 mm
b) Pokládka suchého systému s dřevěnými hranoly, izolací a lamelou [5]

Potrubí je upevněno v hliníkových lamelách pro zajištění ideálního roznášení tepla. Lamela se žlábkou pro upevnění potrubí je upevněna na vrstvě izolace, rovněž s drážkami pro upevnění lamely. Celý systém je zakryt sádrovláknitou deskou o tloušťce 12,5 mm, výška tak činí 42,5 mm.

Suché instalace v podobě x-net C22 od Kermi nabízí měrné výkony od 45 do 120 W/m², v závislosti na teplotě přírodní vody a velikosti otopné plochy. Příloha: P9 [5]

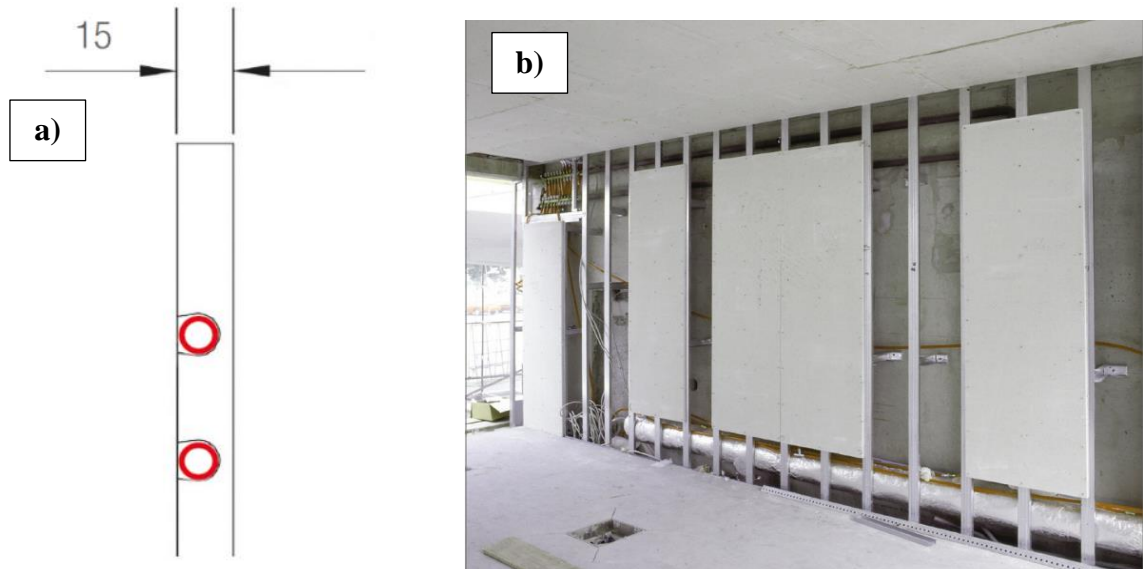


Obr. 5.18 Diagram měrných tepelných výkonů suchého systému Kermi v závislosti na rozdílu teplot a ploše pokládky pro tloušťku desky 12,5 mm a $\lambda = 0,28$ W/m.K

5.2.2. Rehau

Stěnové vytápění Rehau v suchém provedení disponuje pouze jednou roztečí, 45 mm.

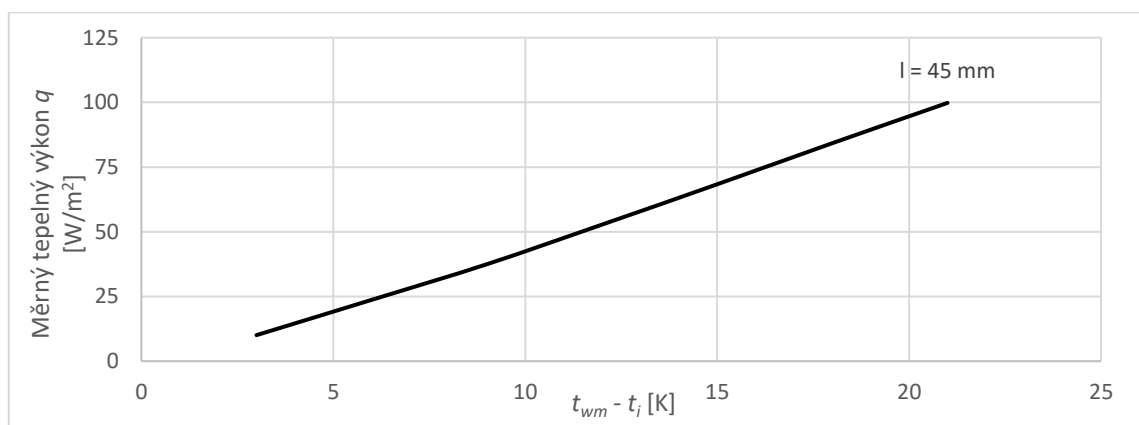
System je v podobě sádrovláknitých desek, ve kterých jsou prefabrikovány trubky Rautherms speed PEXa 10,1 x 1,1 mm.



Obr. 5.19 a) Řez systémovou deskou Reahu s tloušťkou 15 mm a trubkou 10,1 x 1,1 mm, b) Pokládka systému na hliníkovou konstrukci bez izolace [8]

Montáž systému je provedena bez přídavné izolace pod otopnou deskou. Deska se upevní na nosnou spodní konstrukci, která může být jak dřevěná, tak hliníková. Následuje tlaková zkouška a zatmelení vzniklých spár mezi deskami společně s doplněním neaktivních otopných desek do zbylé plochy stěny pro jednolitost.

Suchý systém od Reahu nabízí výkony od 10 do 100 W/m². Příloha: P10 [8]

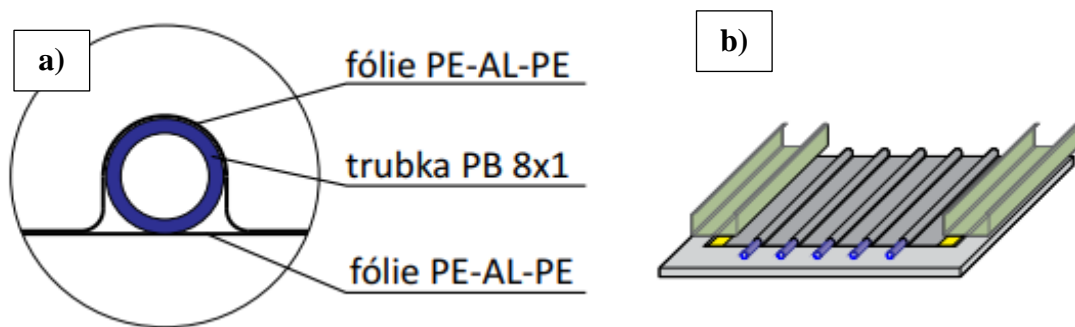


Obr. 5.20 Diagram měrných tepelných výkonů suchého systému Reahu v závislosti na rozdílu teplot pro rozteč 45 mm, tloušťku desky 15 mm

5.2.3. Univenta

Suchý systém stěnového vytápění nabízený firmou Univenta má několik variant.

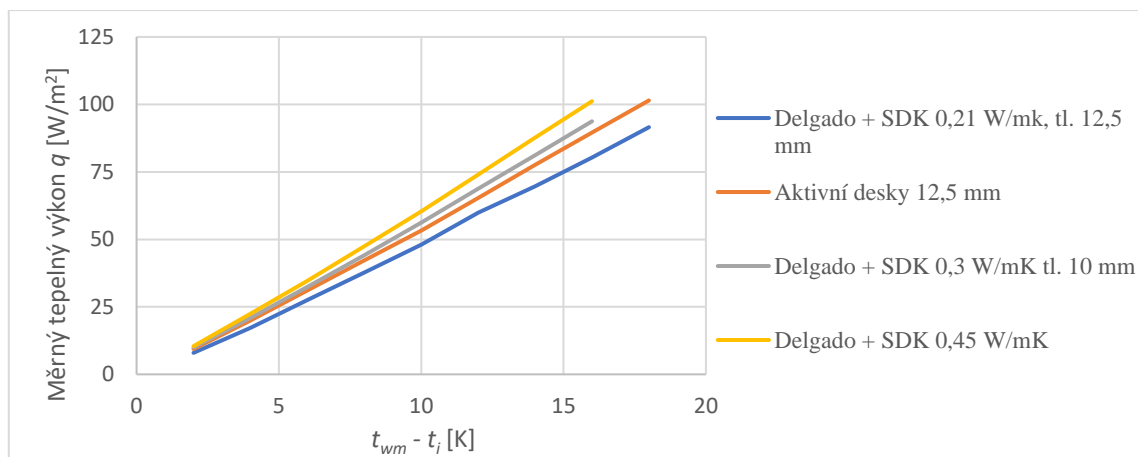
První, a doporučenou variantou je použití systému otopných registrů DELGADO. Jedná se o trubku PB 8x1 mm nalisovanou mezi hliníkové fólie. Registr je upevněn na nosnou kovovou konstrukci a zakryt sádkartonovou deskou o tloušťce 10, nebo 12,5 mm.



Obr. 5.21 a) Řez systémem Univenta s trubkou PB 8 x 1 mm mezi fóliemi, b) Pokládka systému s zeleně zvýrazněnou nosnou konstrukcí a krycí sádrovláknitou deskou nad deskou Delgado šedivě [10]

Druhý způsob je použití takzvaných aktivních sádkartonových desek, kde je tradičně trubka PB 8 x 1 mm již umístěna uvnitř desky. Tento systém však nabízí nižší výkony.

Napříč všemi čtyřmi způsoby a naměřenými teplotami otopné vody nabízí systém Univenta nabízení výkony od 8 do 102 W/m². Příloha: P11 [10]

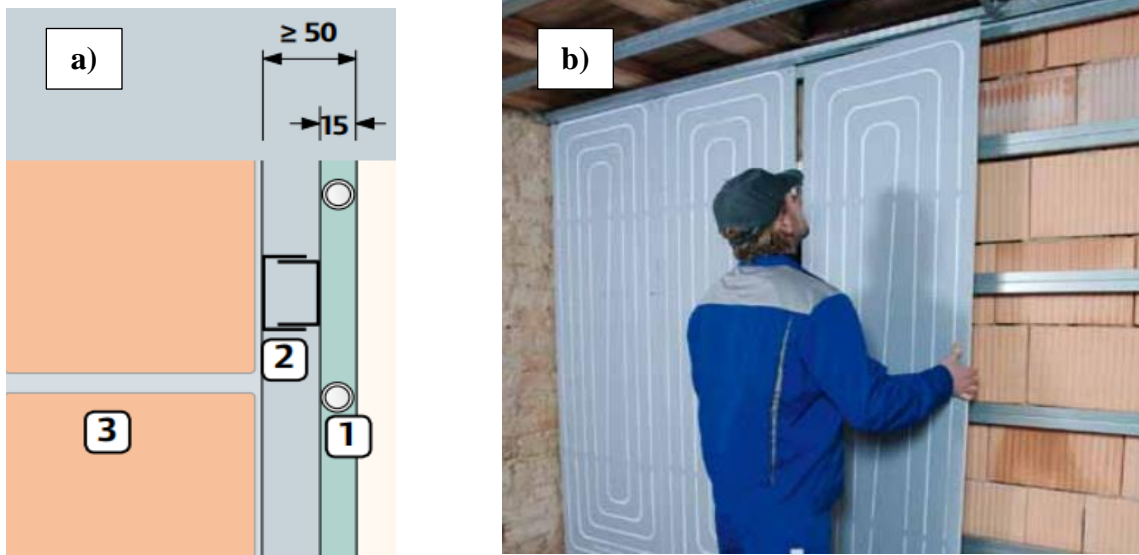


Obr. 5.22 Diagram měrných tepelných výkonů suchého systému Univenta v závislosti na rozdílu teplot a provedení systému

5.2.4. Uponor

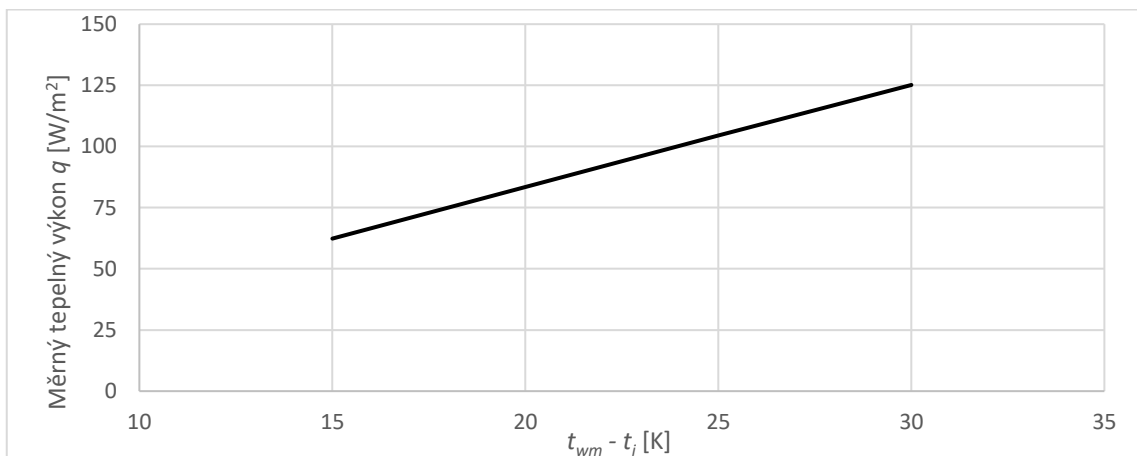
Suchý systém firmy Uponor se nazývá Uponor Renovis. Skládá se ze systémových sádrovláknitých desek se zabudovanou plošnou spirálou z trubky PEXa 9,9 x 1,1 mm.

Pro instalaci je doporučeno izolovat vnitřní stěnu pouze, pokud není izolovaná stěna zvenku.



Obr. 5.23 a) Řez systémem Renovis: 1 – Topná deska, 2 – Nosná konstrukce, 3 – Stěna
b) Příklad montáže systému Renovis na nosnou kovou konstrukci bez izolace na vnitřní stěně [13]

Uponor nabízí výkony od 62 do 125 W/m², ovšem se začínajícím rozdílem teplot na 15 K, což je nezvykle vysoko pro tuto instalaci. Příloha: P12 [13]



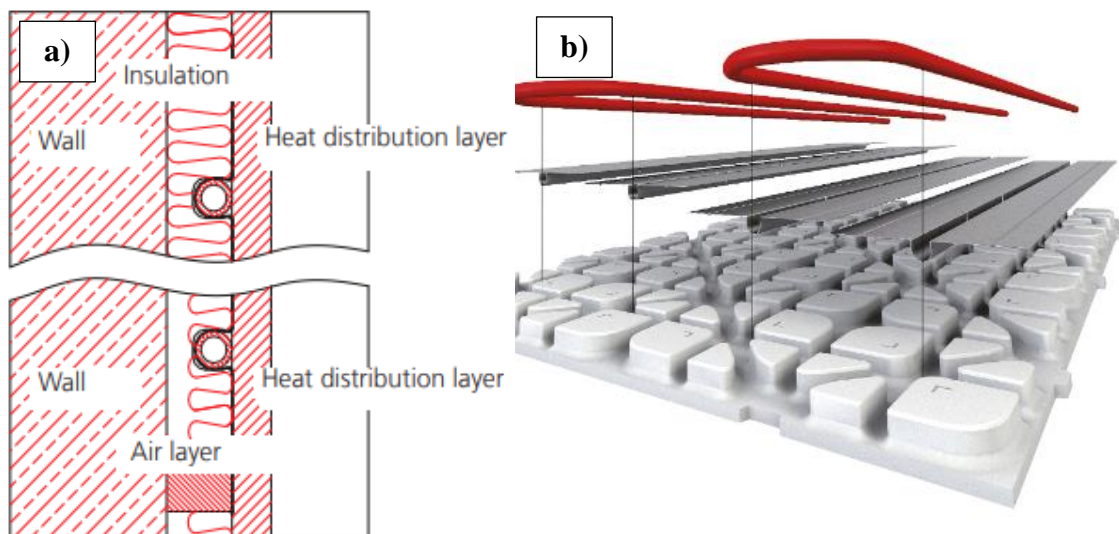
Obr. 5.24 Diagram měrných tepelných výkonů suchého systému Uponor v závislosti na rozdílu teplot pro tloušťku desky 15 mm

5.2.5. Roth Werke

Suchý systém Roth Werke nese jméno Roth ClimaComfort Panel a disponuje roztečemi o velikosti 100 a 200 mm.

Systém lze montovat jak na izolaci, tak bez izolace na nosnou kovovou konstrukci.

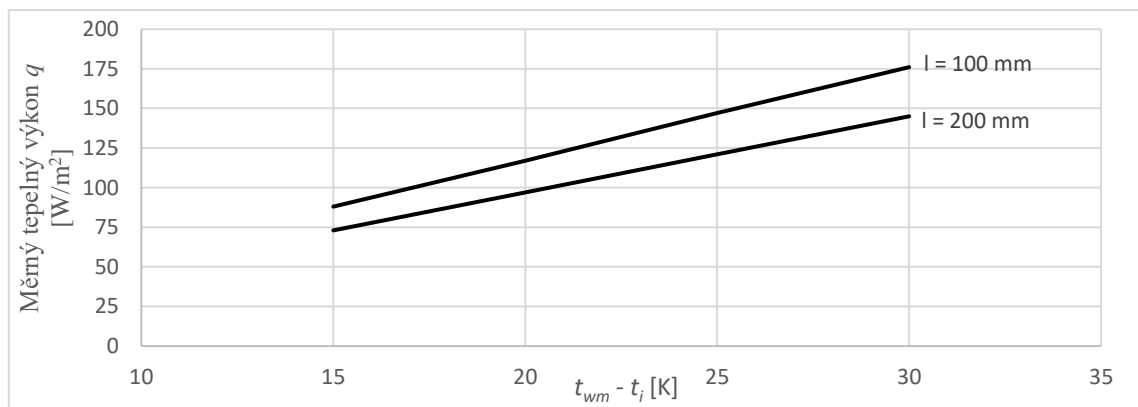
Skladby systému je velmi typická pro aplikace s hliníkovou lamelou. Lamela je upevněna do izolace, následně je do úchyťů lamely nacvaknuta vícevrstvá trubka Roth X-PERT S5 14 x 2,2 mm.



Obr. 5.25 a) Řez systémem Roth Werke s montáží na izolaci a na nosnou konstrukci, b) Složení systému s trubkami vloženými do kovové lamely a izolace [11]

Instalace je následně dokončena překrytím trubek s využitím sádrovláknité desky, Roth Werke konkrétně nabízí 4 typy desek o různé tloušťce a tepelné vodivosti.

V závislosti na volbě krycí desky je tepelný výkon 53 až 176 W/m². Příloha: P13 [11]

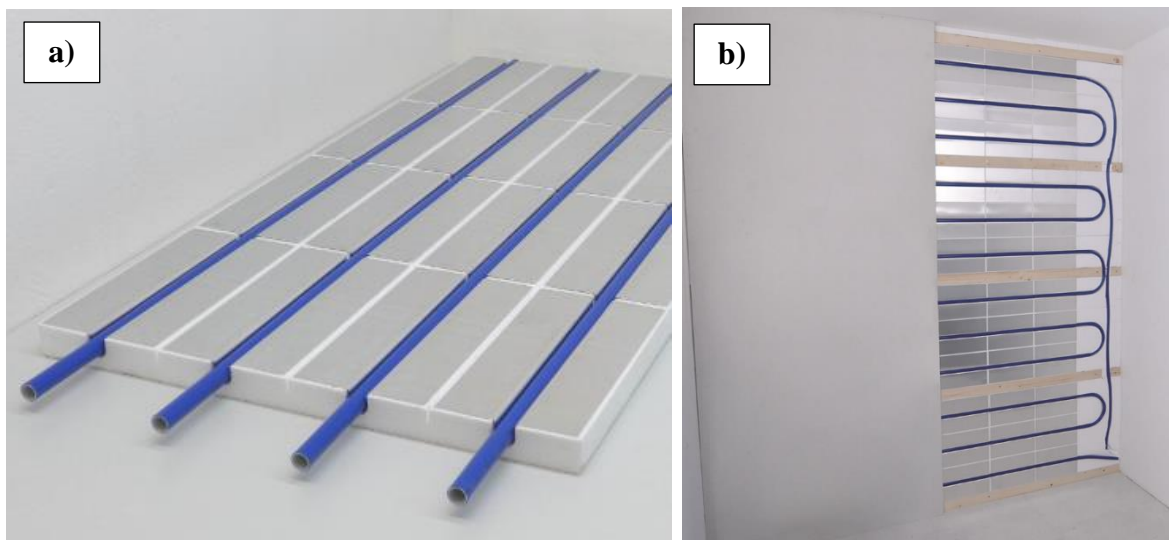


Obr. 5.26 Diagram měrných tepelných výkonů suchého systému Roth Werke v závislosti na rozdílu teplot a roztečí pro tloušťku desky 10 mm

5.2.6. QuickTherm

Suchý systém od dodavatele QuickTherm se nazývá JUPITER IDEAL, který disponuje potrubím z vícevrstvé trubky PE-RT/AL/PE-RT 16 x 2 mm.

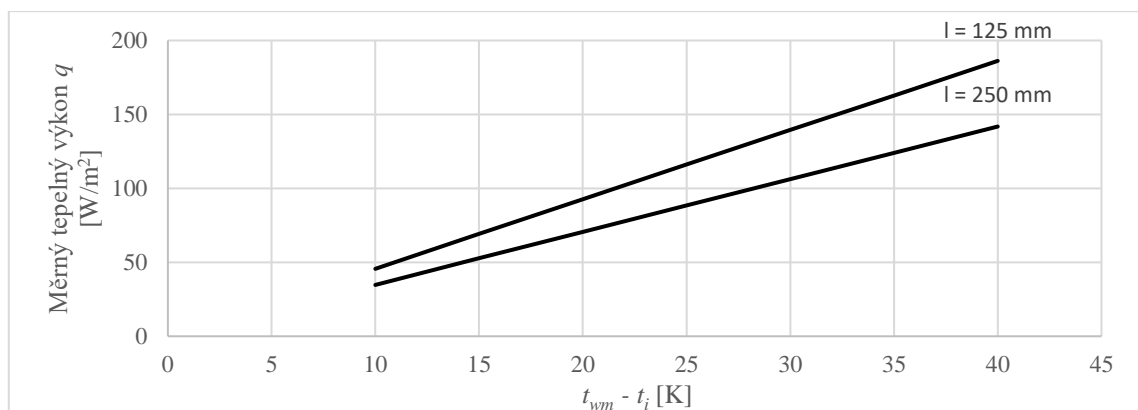
Systémová rozteč otopných trubek je 150, 166 a 200 mm, nicméně dodavatel neuvádí měrné tepelné výkony pro rozteč 166 mm, z tohoto důvodu nebude dále uvedena.



Obr. 5.26 a) Složení systému QuickTherm obsahující izolační vrstvu s hliníkovou lamelou a vícevrstvou trubkou PE-RT/AL/PE-RT v rozteči 125 mm, b) provedení systému QuickTherm s již zakrytou polovinou pokládky

Instalace systému je totožná s typickou instalací suchých systémů vytápění s rozváděcí hliníkovou lamelou. Na nosnou konstrukci na stěně je umístěna izolace se žlábkem, do kterých je upevněna rozváděcí lamela. Do rozváděcího plechu je vložena vícevrstvá trubka 16 x 2 mm. Celý systém je zakryt sádrovláknitou deskou o tloušťce 12,5 mm.

QuickTherm dosahuje výkonů od 35 do 186 W/m². Příloha: P14 [15], [16]



Obr. 5.26 Diagram měrných tepelných výkonů suchého systému QuickTherm v závislosti na rozdílu teplot a rozteči pro tloušťku desky 12,5 mm

5.3. Porovnání jednotlivých mokrých systémů pro pevně stanovené parametry

Pro konečné porovnání a vyhodnocení výsledků byly výkonové křivky jednotlivých systémů upraveny do čitelné grafické podoby. Pro přehlednost byly zohledněny pouze spodní a vrchní výkonové křivky, které představují rozteč systému s nejnižším a s nejvyšším měrným tepelným výkonem.

Jelikož jednotliví dodavatelé mají zároveň uvedeny měrné výkony pouze pro určité teploty vody, byly krajní hodnoty pro nejnižší a nejvyšší výkon uzavřeny. Výsledný zobrazený měrný výkon má tak podobu rozevírajícího se čtyřúhelníku.

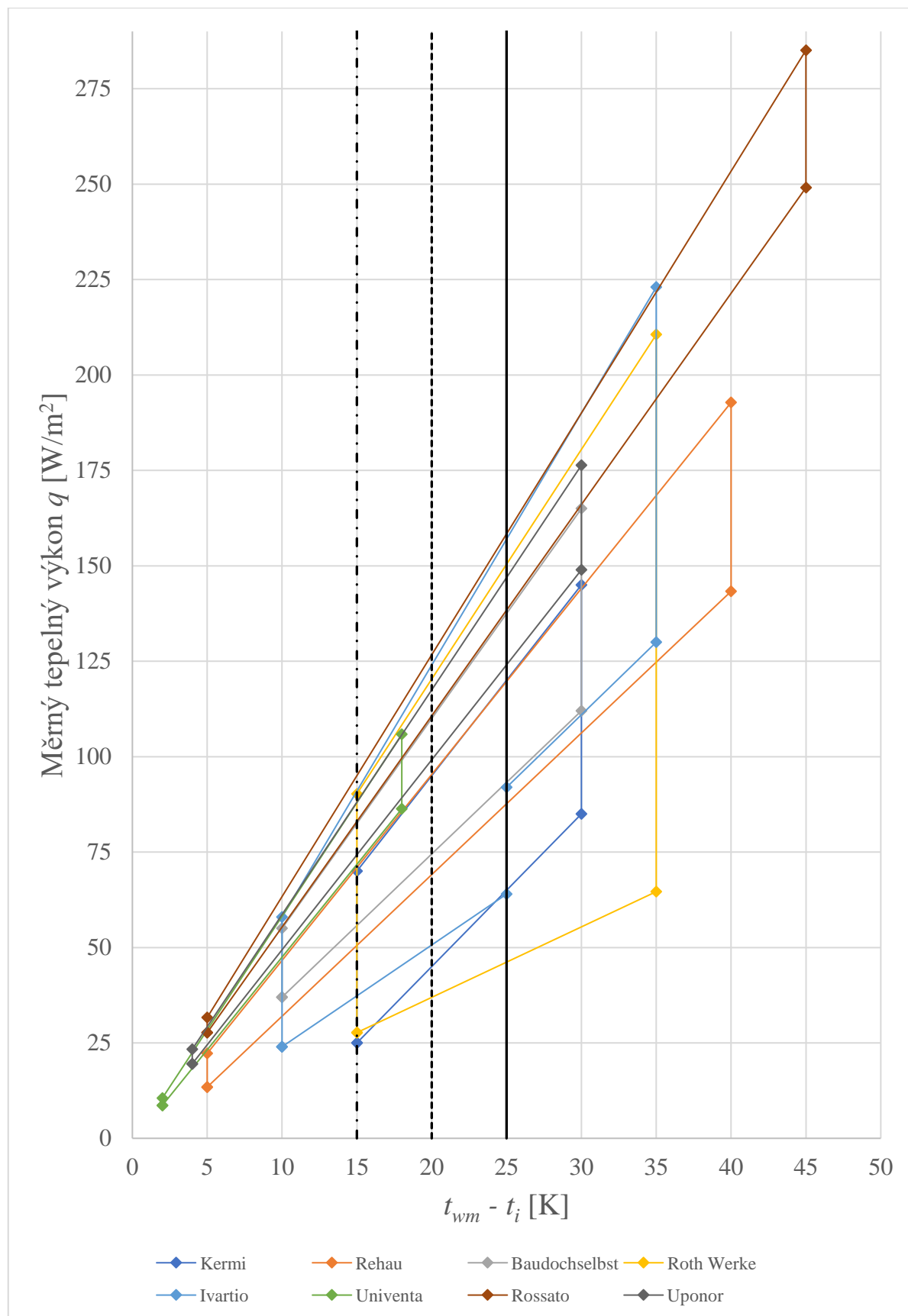
Výsledný srovnávací graf je přehledný pro hledání případných průniků, a bude jednoznačně zřejmé, který systém je výkonnější.

Pro reálné využití závěrů této bakalářské práce jsou výkonové grafy vybaveny třemi svislými čarami, které představují různé scénáře vytápění, resp. nastavení tepelného čerpadla nebo kondenzačního kotle na teplotní spád:

- 1) 40/30/20 °C – tečkovaná čára, $t_{wm} - t_i = 35 - 20 = 15 \text{ K}$
- 2) 50/30/20 °C – čárkovaná čára, $t_{wm} - t_i = 40 - 20 = 20 \text{ K}$
- 3) 55/35/20 °C – plná čára, $t_{wm} - t_i = 45 - 20 = 25 \text{ K}$

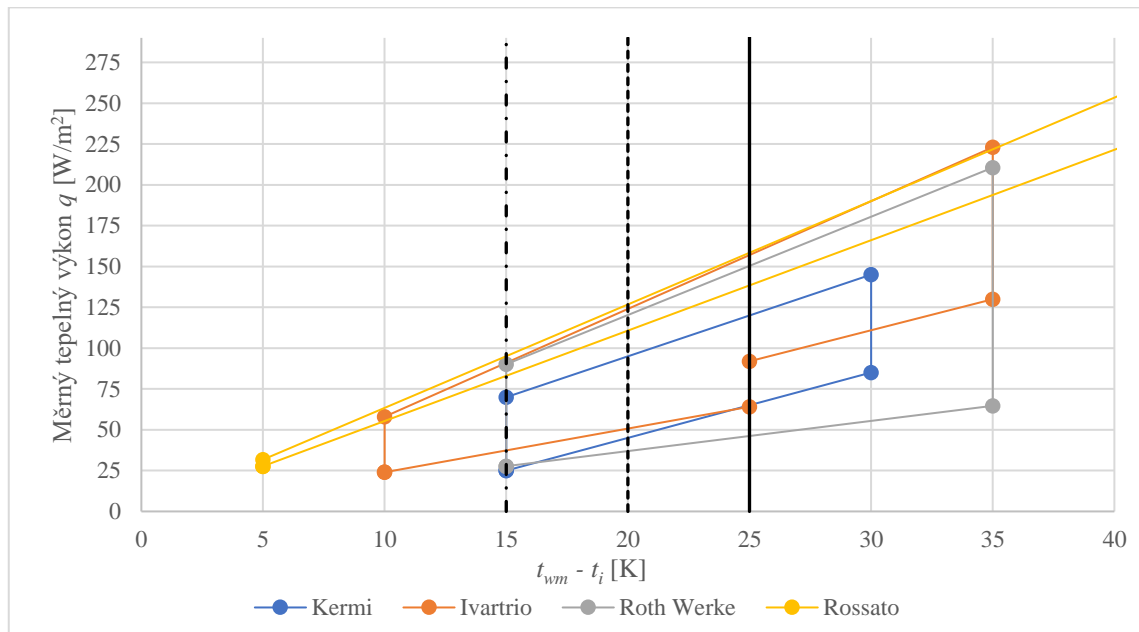
Každý z těchto scénářů byl zvolen na základě typických provozních parametrů TČ a kondenzačních kotlů.

Na následující stránce se nachází grafické srovnání všech osmi porovnávaných mokrých systémů (obr. 5.27).



Obr. 5.27 Průřezový diagram měrných tepelných výkonů všech hodnocených mokrých systémů stěnového vytápění

5.3.1. Mokrý systémy s fixační sítí



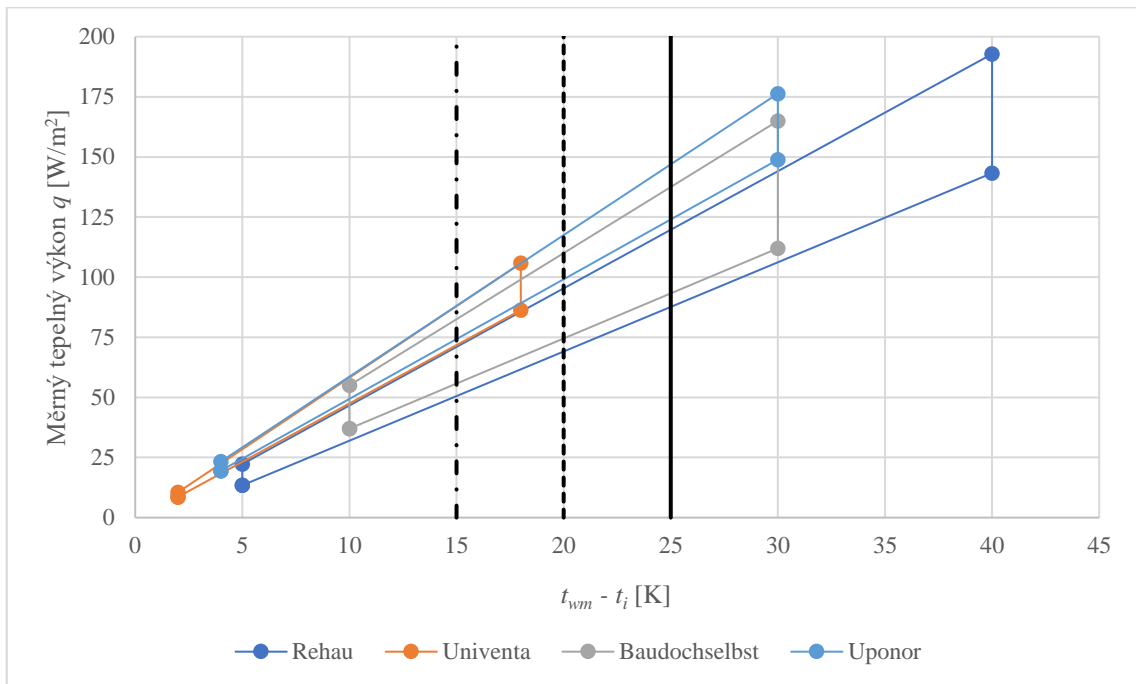
Obr. 5.28 Diagram měrných tepelných výkonů systémů s armovací sítí

Instalace Rossato a Ivartrio dosahují téměř shodných měrných tepelných výkonů. Při rozdílu teplo 15 K je za nimi umístěna ještě instalace Roth Werke. Ivartrio výkonová křivka vykazuje strmější stoupání, proto dosahuje na stejný výkon, jako Rossato při rozdílu 25 K.

Tab. 5.1 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů s fixační sítí

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	95	Rossato
	2.	92	Ivartrio
	3.	90	Roth Werke
20 K	1.	127	Rossato
	2.	125	Ivartrio
	3.	120	Roth Werke
25 K	1.	158	Rossato, Ivartrio
	2.	150	Roth Werke
	3.	120	Kermi

5.3.2. Mokrý systémy bez fixační sítě



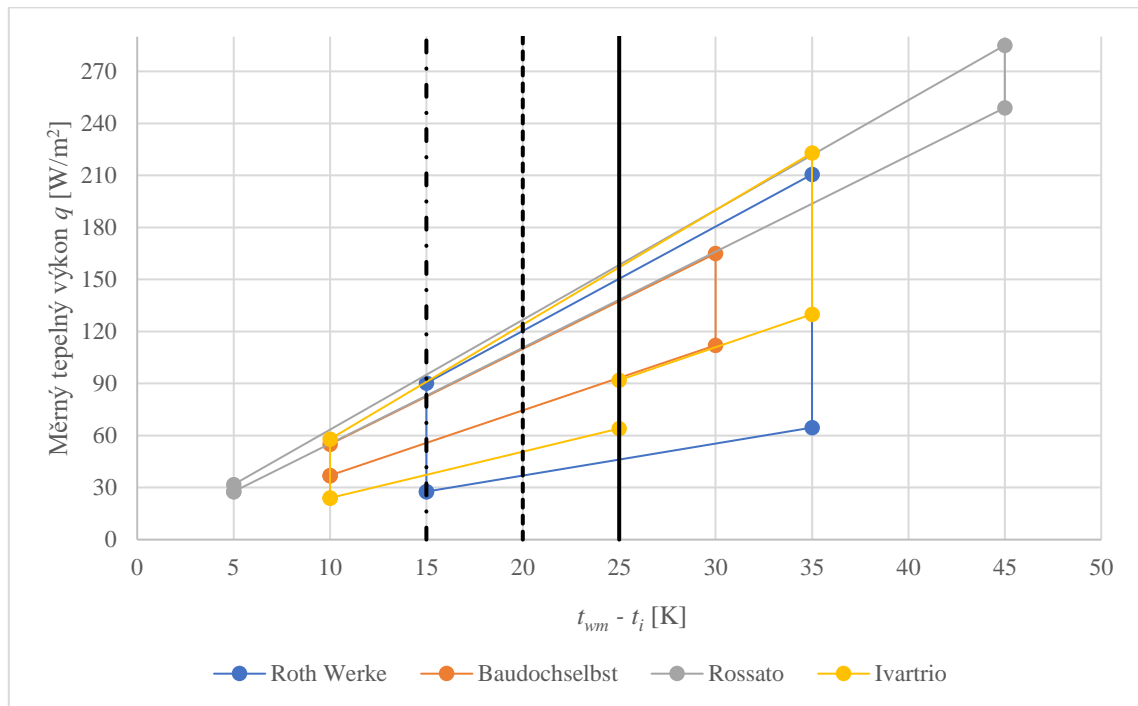
Obr. 5.29 Diagram měrných tepelných výkonů systémů bez armovací sítě

Pro instalace bez fixační sítě je pro nejnižší teplotní rozdíl 15 K na prvním místě systém Univenta, který je ovšem poskytován pouze do malých rozdílů teplot, a tak ve vyšších hodnotách dominuje Uponor a Baudochselbst.

Tab. 5.2 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů bez fixační sítě

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	92	Univenta
	2.	88	Uponor
	3.	83	Baudochselbst
20 K	1.	118	Uponor
	2.	110	Baudochselbst
	3.	109	Rehau
25 K	1.	148	Uponor
	2.	138	Baudochselbst
	3.	135	Rehau

5.3.3. Mokrý systémy s izolací



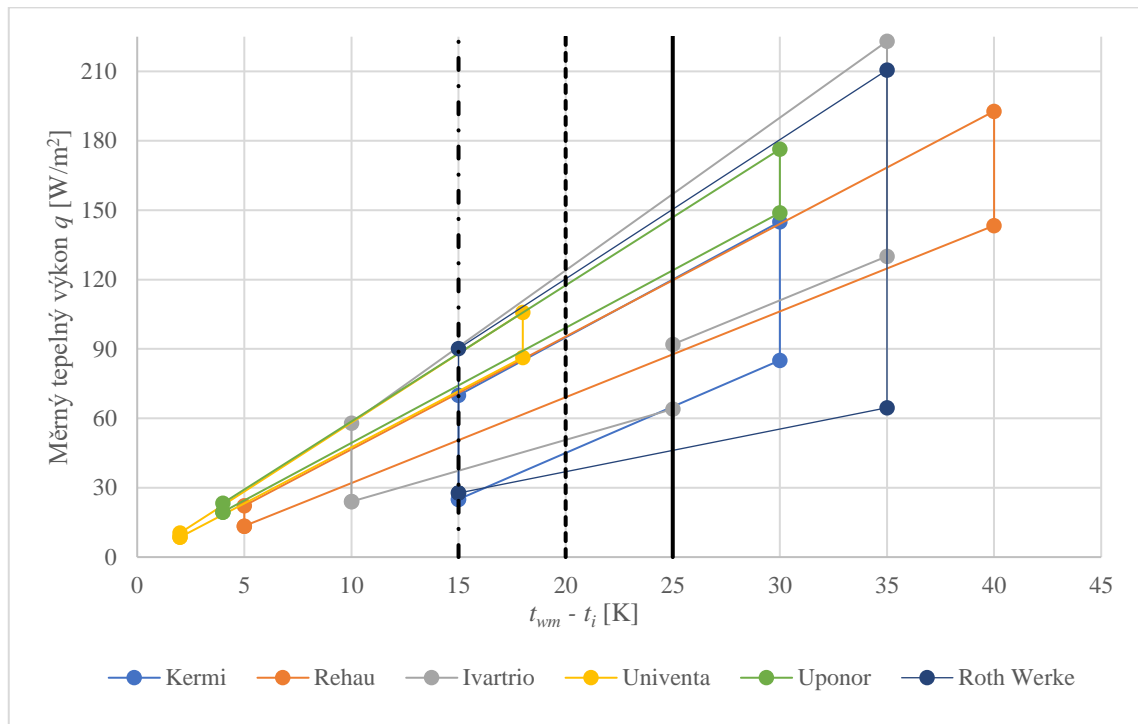
Obr. 5.30 Diagram měrných tepelných výkonů systémů s izolací

Instalace Rossato a Ivartrio dosahují téměř shodných měrných tepelných výkonů. Při rozdílu teplo 15 K je za nimi umístěna ještě instalace Roth Werke. Ivartrio výkonová křivka vykazuje strmější stoupání, proto dosahuje na stejný měrný výkon, jako Rossato při rozdílu 25 K.

Tab. 5.3 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů s izolací

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	95	Rossato
	2.	92	Ivartrio
	3.	90	Roth Werke
20 K	1.	127	Rossato
	2.	125	Ivartrio
	3.	120	Roth Werke
25 K	1.	158	Rossato, Ivartrio
	2.	150	Roth Werke
	3.	138	Baudochselbst

5.3.4. Mokrý systémy bez izolace



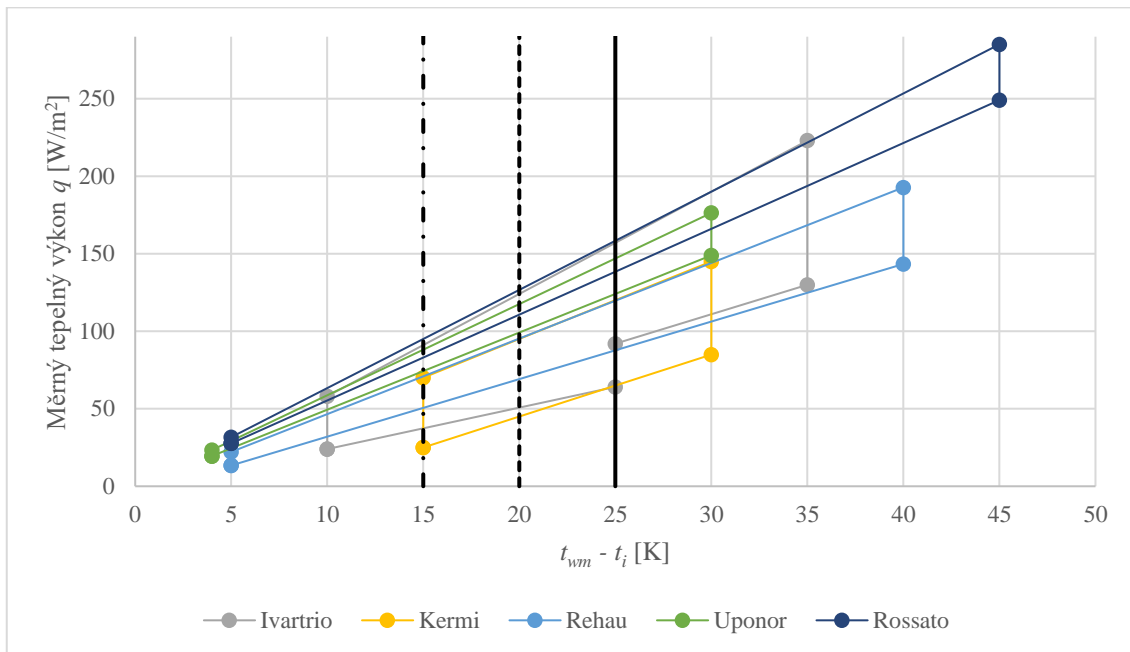
Obr. 5.31 Diagram měrných tepelných výkonů systémů bez izolace

V systémech bez izolační vrstvy pod otopným hadem dominuje instalace od Ivartrio, která nabízí jak vysoký výkon, tak široké spektrum hodnot měrných výkonů díky rozličným roztečím potrubí. Při rozdílu teplot 15 K je znovu vidět instalace Univenta, která se vyznačuje vysokými výkony pouze pro nízký spád.

Tab. 5.4 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů bez izolace

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	92	Ivartrio, Univenta
	2.	90	Roth Werke
	3.	88	Uponor
20 K	1.	125	Ivartrio
	2.	120	Roth Werke
	3.	118	Uponor
25 K	1.	158	Ivartrio
	2.	150	Roth Werke
	3.	148	Uponor

5.3.5. Mokrý systémy dle použitého potrubí

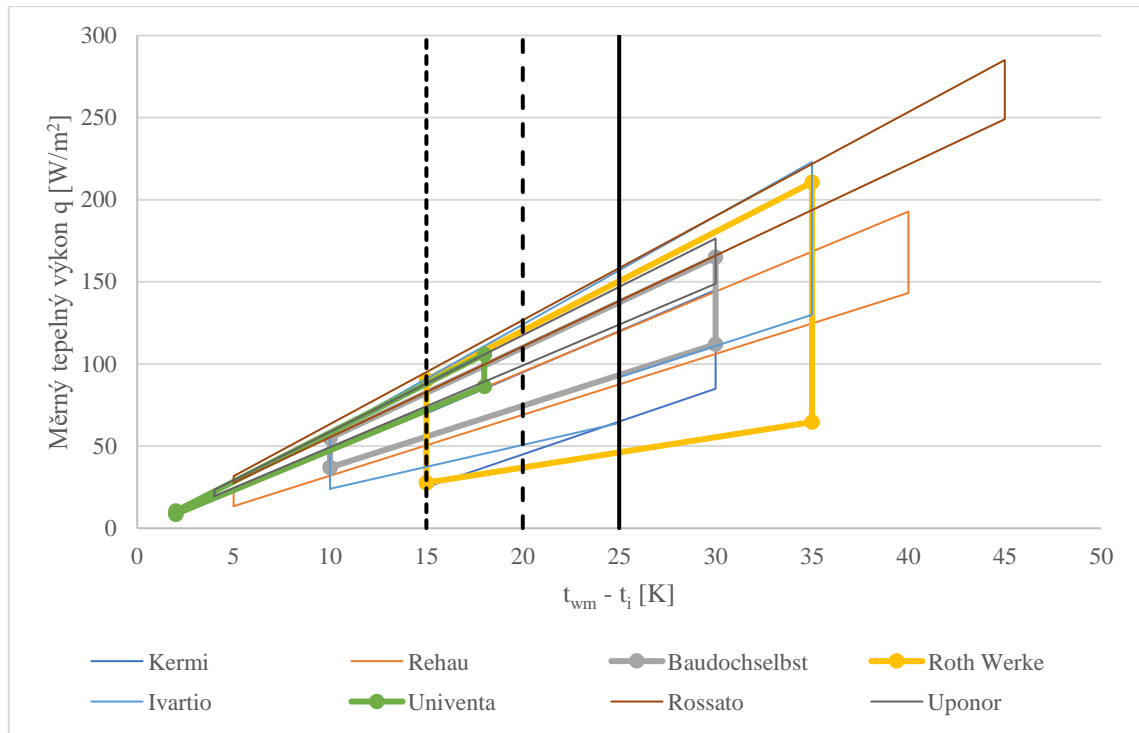


Obr. 5.32 Diagram měrných tepelných výkonů systémů s polyethylenovým potrubím

Při srovnání systému používajících PEX trubek vyplývá, že nejvyššího měrného výkonu dosahuje systém Rossato. Téměř shodných výkonů dosahuje ovšem i systém Ivartrio, na třetím místě je Uponor. Při rozdílu 25 K je třetí v pořadí systém Rehau.

Tab. 5.5 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů s PEX trubkou

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m²]	Dodavatel
15 K	1.	95	Rossato
	2.	92	Ivartrio
	3.	88	Uponor
20 K	1.	127	Rossato
	2.	125	Ivartrio
	3.	118	Uponor
25 K	1.	158	Rossato, Ivartrio
	2.	148	Uponor
	3.	135	Rehau



Obr. 5.33 Diagram měrných tepelných výkonů systémů s různým potrubím

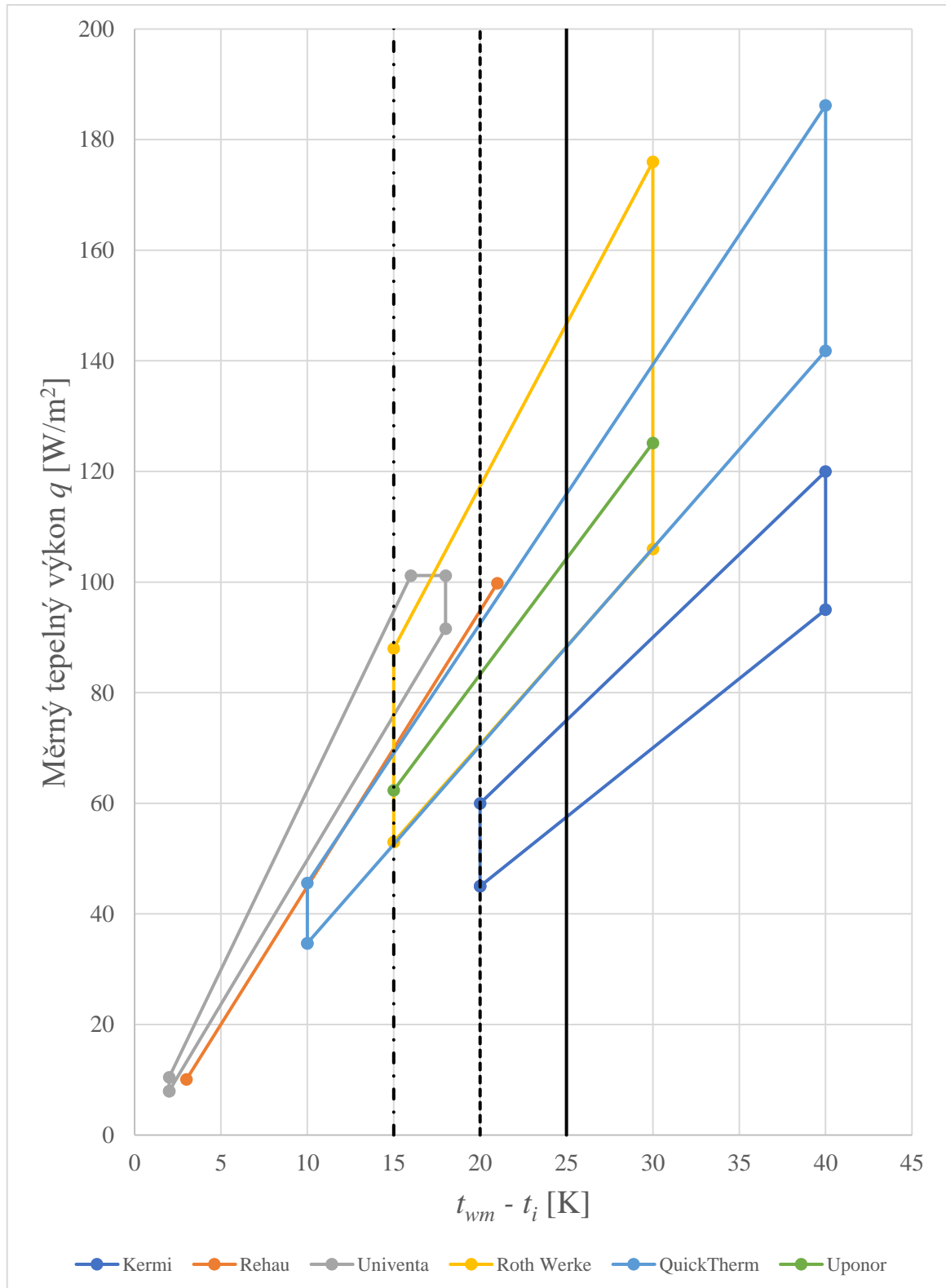
Ve srovnání dle typu potrubí napříč materiály dosahují vícevrstvé trubky a trubky ze zesíťovaného polyethylenu srovnatelných výkonů při rozdílu teplot 20 a 25 K. Při rozdílu 15 K je možné si všimnout, že jediný zástupce polybutenové trubky dosahuje rovněž srovnatelného výkonu.

Rozdíly ve výkonu nelze připisovat různým materiálům potrubí, nýbrž konstrukčním řešením a vnějším průměrům otopného potrubí.

Tab. 5.6 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů s různým potrubím

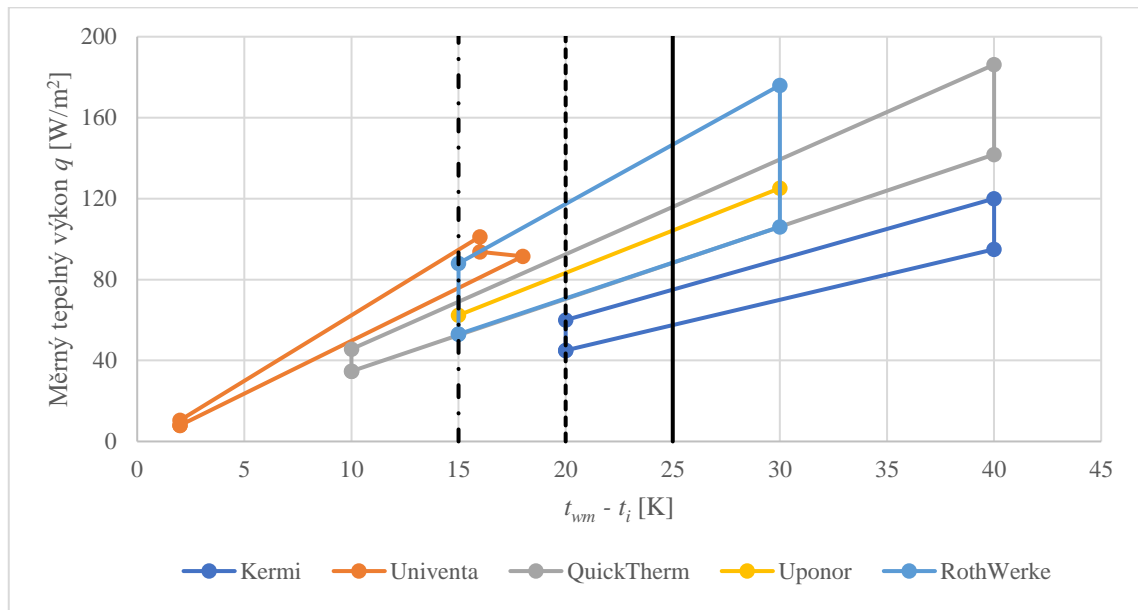
$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	95	PEX - Rossato
	2.	92	PEX – Ivartio, PB - Univenta
	3.	90	Vícevrstvá - Roth Werke
20 K	1.	127	PEX - Rossato
	2.	125	PEX - Ivartio
	3.	120	Vícevrstvá - Roth Werke
25 K	1.	158	PEX - Rossato, Ivartio
	2.	150	Vícevrstvá - Roth Werke
	3.	148	PEX - Uponor

5.4. Porovnání jednotlivých suchých systémů pro pevně stanovené parametry



Obr. 5.34 Průřezový diagram měrných tepelných výkonů všech hodnocených suchých systémů stěnového vytápění

5.4.1. Suché systémy s rozváděcí hliníkovou lamelou



Obr. 5.35 Diagram měrných tepelných výkonů systémů s rozváděcí hliníkovou lamelou

Podobně jako v mokrých systém, i tady je při nízkém rozdílu teplot 15 K dominantní instalace Univenta, na druhém místě se pohybuje Roth Werke, a s odstupem skoro 20 W/m² se na třetí místě umístil Quicktherm.

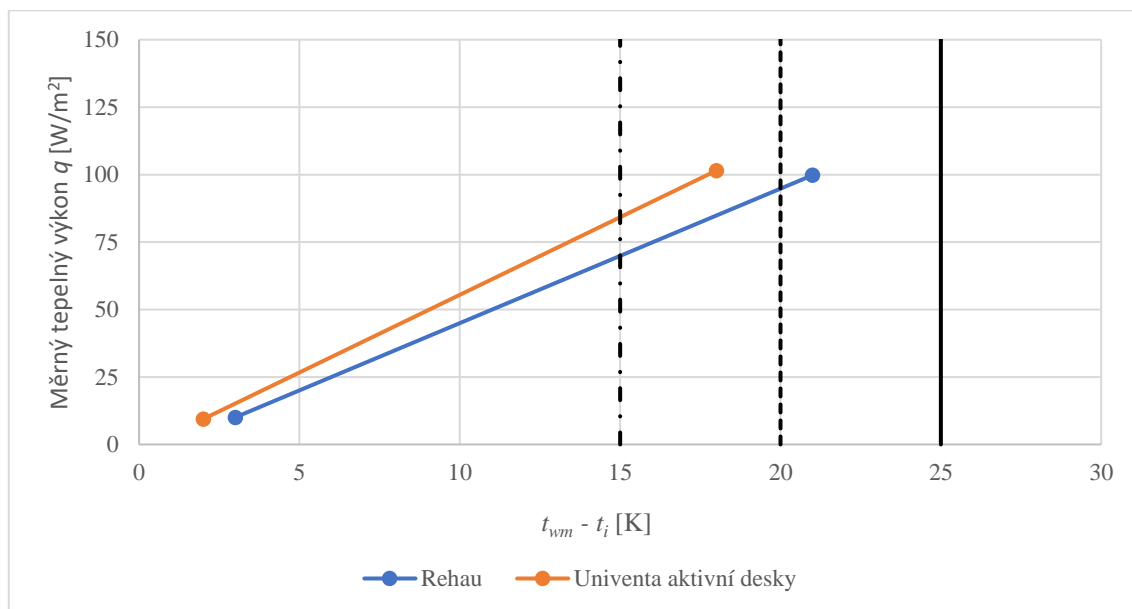
Při rozdílu 25 K se na třetí místo dostane systém Uponor, který nabízí pouze jednu variantu instalace.

Tab. 5.7 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších suchých systémů s hliníkovou lamelou

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	94	Univenta
	2.	88	Roth Werke
	3.	69	QuickTherm
20 K	1.	117	Roth Werke
	2.	93	QuickTherm
	3.	83	Uponor
25 K	1.	147	Roth Werke
	2.	116	QuickTherm
	3.	104	Uponor

5.4.2. Suché systémy bez rozváděcí hliníkové lamely

Systémy bez rozváděcí hliníkové lamely jsou řídce zastoupeny. Rehau a Univenta zastupují zároveň systémy z prefabrikovaných sádrovláknitých desek s potrubím již vloženým, tato konstrukce je poskytována pouze bez zmíněné rozváděcí lamely.



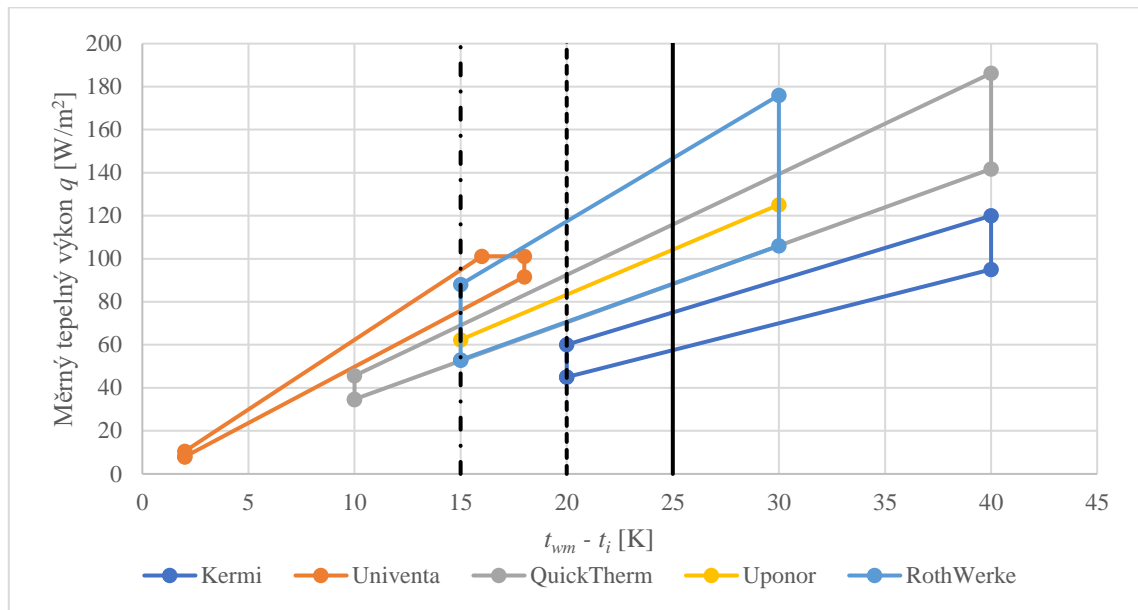
Obr. 5.36 Diagram měrných tepelných výkonů systémů bez hliníkové lamely

Systém Univenta nabízí nejvyšší výkon v kategorii bez hliníkové lamely, konkrétně 84 W/m². Stejně jako v předešlých srovnáních, i zde je Univenta pouze pro nízké rozdíly teplot. Výkonu 93 W/m² dosahuje Rehau při rozdílu teplot 20 K.

Tab. 5.8 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších suchých systémů bez rozváděcí hliníkové lamely

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	84	Univenta
	2.	68	Rehau
	3.	/	/
20 K	1.	93	Rehau
	2.	/	/
	3.	/	/

5.4.3. Suché systémy s izolací



Obr. 5.37 Diagram měrných tepelných výkonů systémů s izolací na stěně

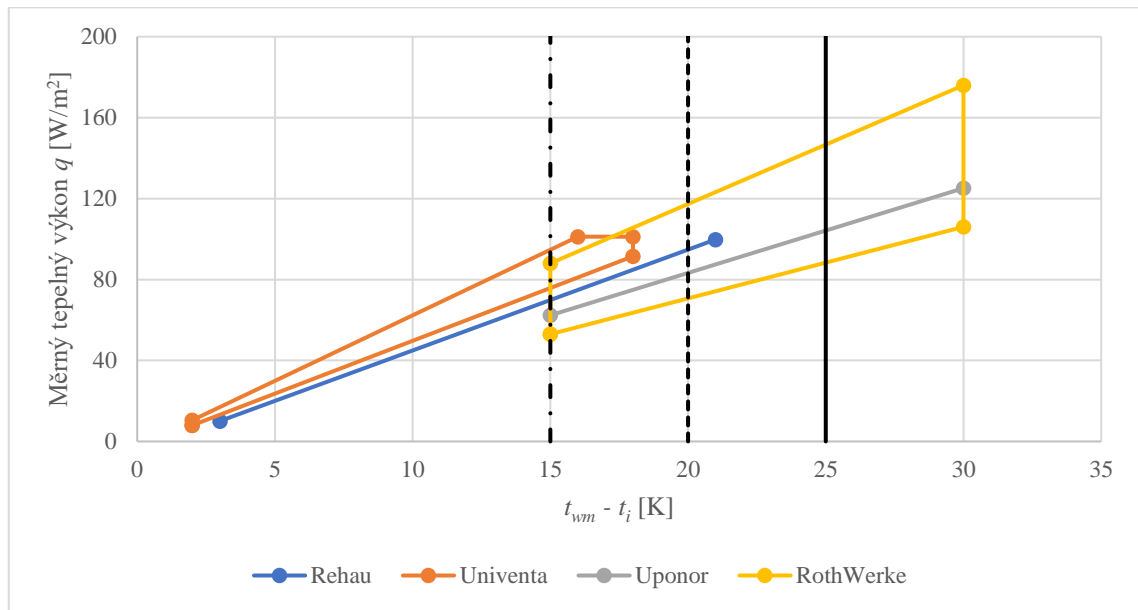
Podobně jako v mokrých systémech, i tady je při nízkém rozdílu teplot 15 K dominantní instalace Univenta, na druhém místě se pohybuje Roth Werke a s velkým odstupem skoro 20 W/m² se na třetí místě umístil Quicktherm.

Při rozdílu 25 K se na třetí místo dostane systém Uponor, který nabízí pouze jednu variantu instalace.

Tab. 5.9 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších suchých systémů s izolací

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	94	Univenta
	2.	88	Roth Werke
	3.	69	QuickTherm
20 K	1.	117	Roth Werke
	2.	93	QuickTherm
	3.	83	Uponor
25 K	1.	147	Roth Werke
	2.	116	QuickTherm
	3.	104	Uponor

5.4.4. Suché systémy bez izolace



Obr. 5.38 Diagram měrných tepelných výkonů systémů bez izolace na stěně

Nejvyšších výkonů dosahuje instalace Univenta pro nízký teplotní rozdíl 15 K, na druhém místě se pohybuje Roth Werke a až o 20 W/m² se na třetí místo dostane Rehau.

Při nejvyšším uvažovaném teplotním rozdílu 25 K jsou v této kategorii pouze dva systémy: Roth Werke a Uponor.

Tab. 5.10 Měrné tepelné výkony tří nejvýkonnějších mokrých systémů bez izolace

$t_{wm} - t_i$ [K]	Pořadí	Měrný výkon q [W/m ²]	Dodavatel
15 K	1.	94	Univenta
	2.	88	Roth Werke
	3.	68	Rehau
20 K	1.	117	Roth Werke
	2.	93	Rehau
	3.	83	Uponor
25 K	1.	147	Roth Werke
	2.	104	Uponor
	3.	/	/

6. Diskuse dosažených výsledků

Na základě porovnávaných a porovnatelných dat od dodavatelů se dá konstatovat, že mokré systémy s armovací sítí jsou výkonnější než systémy bez armovací sítě. Nejvýkonnější systém se sítí při rozdílu teplot 15 K je Rossato s 95 W/m^2 , systém bez armování je naproti tomu Univenta, 92 W/m^2 . Při rozdílu teplot 25 K je dominance armovaných systémů větší, Rossato - 158 W/m^2 oproti Uponoru s 148 W/m^2 .

V kategorii mokrých systémů se dá dále konstatovat, že výkonnějšími systémy jsou systémy disponující izolací pod otopným hadem. Nejvýkonnější instalací při rozdílu teplot 15 K je Rossato, 95 W/m^2 , jeho protějšky bez izolace jsou shodně Ivartrio a Univenta, 92 W/m^2 . Pro rozdíl 25 K je výkon shodný pro izolované i neizolované kompozice – Ivartrio a Roth Werke, 158 W/m^2 .

V porovnání systému napříč těmi, které disponují trubkami polyethylenu (PE-RT, PEXa, b, c), dosahuje nejvyššího výkonu při rozdílu 15 K Rossato, 95 W/m^2 . Rossato používá trubku PEXc 8 x 1 mm. Při rozdílu 25 K jsou shodné systémy Rossato a Ivartrio, které dosáhnou až na 158 W/m^2 . Ivartrio používá trubku PEXa 12 x 2 mm.

Při porovnání vícevrstvých trubek a polybutenové trubky s polyethylenovými trubkami jsou při všech třech teplotních spádech na prvním místě PEX trubky, konkrétně Rossato, a při nejvyšším rozdílu 25 K ještě Ivartrio. PB trubka od Univenty je na druhém místě při rozdílu 15 K se 92 W/m^2 . Vícevrstvá trubka použitá u Roth Werke je na druhém místě při rozdílu 25 K se 150 W/m^2 . Rozdíly v potrubí, resp. v jednotlivých systémech s různými trubkami však nelze primárně přiřadit různým materiálům potrubí, ale různým vnějším průměrům potrubí a různým konstrukčním řešením jednotlivých systémů.

Při porovnávání suchých systémů z hlediska užití rozváděcí hliníkové lamely je jasně patrná jak výkonová, tak početní dominance systémů disponujících lamelou. Systémy bez lamely vykazovaly velmi nízké hodnoty měrného tepelného výkonu a byly navrženy pouze pro relativně nízké střední teploty otopné vody. Nejvyššího měrného tepelného výkonu při rozdílu teplot 15 K dosahuje v obou případech instalace Univenta 94 W/m^2 , resp. 84 W/m^2 . Při vyšším rozdílu teplot, 20 K, jasně dominuje Roth Werke s hliníkovou lamelou, 117 W/m^2 a Rehau bez hliníkové lamely s výkonem 93 W/m^2 . Pro rozdíl teplot 25 K existují pouze systémy s rozváděcí hliníkovou lamelou, kde dominuje Roth Werke se 147 W/m^2 .

Pro srovnané systémy z hlediska umístění izolace pod systémem platí, že jejich výkonové charakteristiky jsou srovnatelné. Nicméně systémů, které nedisponují izolací, je výrazně méně než těch, které izolaci mají. Je nutné podotknout, že mnoho dodavatelů umožňuje jejich systém instalovat jak s izolací, tak bez. V obou případech má při rozdílu teplot 15 K nejvyšší výkon Univenta, 94 W/m^2 . Při rozdílu 25 K pak v obou případech Roth Werke, 147 W/m^2 .

Nejvýkonnější mokrý systém v celkovém srovnání je Rossato s 95 W/m^2 , pro rozdíl teplot 15 K. Nejvýkonnější suchý systém pro tento teplotní rozdíl je Univenta, 94 W/m^2 .

Pro rozdíl teplot 20 K je v mokrých instalacích opět nejvýkonnější Rossato, 127 W/m^2 , oproti tomu v suchých instalacích pro tentýž teplotní rozdíl je to Roth Werke se 117 W/m^2 .

Pro nejvyšší rozdíl teplot 25 K je na prvním místě v mokrých systémech opět Rossato spolu s Ivartrio instalací, oba 158 W/m^2 . V suchých instalacích pro tento spád dominuje na prvním místě Roth Werke, 147 W/m^2 .

Ze zpracovaných dat od dodavatelů je možné konstatovat, že nejvyšší nabízené výkony mokrých systémů jsou vyšší než maximální výkony systémů suchých pro tři zvolené teplotní rozdíly.

7. Závěr

V teoretické části bakalářské práce bylo popsáno převážně sálavé vytápění se zmínkami o konvekčním vytápění a tepelné pohodě. Dále se práce zabývala provedením sálavé otopné plochy v podobě stěnového vytápění. Stěnové vytápění bylo rozděleno na mokrý a suchý způsob. Oba systémy byly postupně popsány z hlediska jejich složení, montážního postupu a jejich typických aplikací s ilustračními obrázky. Okrajová zmínka o regulaci teploty otopné vody byla zařazena na konec teoretické části.

Praktická část bakalářské práce obsahuje několik systémů stěnového vytápění v mokrému a suchém provedení. Dle poskytnutých technických podkladů od dodavatelů a volně dohledatelných katalogů a datových listů byly všechny systémy převedeny do jednotné grafické podoby v excelových grafech. Bylo provedeno sjednocení značení, jelikož každý dodavatel značil používané veličiny jinými písmeny, popřípadě je zmínil pouze slovně.

V poslední části bakalářské práce byly tyto systémy umístěny do společných grafů a byly porovnávány pro pevně stanovené požadované parametry. V každé kategorii parametrů byly systémy seřazeny dle nabízeného měrného výkonu pro tři rozdíly teploty mezi střední teplotou otopné vody a teplotou vzduchu v místnosti.

Seznam použitých zdrojů

- [1] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy - otopná tělesa*. 2. přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [2] BAŠTA, Jiří a Ondřej HOJER. *Sálavé a průmyslové vytápění*. 1. vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2021. ISBN 978-80-01-06814-4.
- [3] *Flexiro: Radiant wall heating* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://flexiro.de>
- [4] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [5] *Kermi: Vnitřní klima: Plošné vytápění a chlazení* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.kermi.cz/vnitri-klima/produkty/plosne-vytapeni-chlazení/>
- [6] *Topeni-topenari.eu: Topení: Systémy vytápění: Stěnové* [online]. [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/>
- [7] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.
- [8] *Rehau: Plošné vytápění/chlazení* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/cz-cs>
- [9] *IVAR CS: Plošné vytápění a chlazení* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/>
- [10] *Univentia: Stěnové topení/chlazení* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.univentia.cz/stenove-topeni-chlazení>
- [11] *Roth Werke: Roth Flächen-Heiz- und Kühlsysteme* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.roth-werke.de/roth-flaechen-heiz-und-kuehlsysteme>
- [12] *Baudochselbst: WANDHEIZUNG ALS FLÄCHENHEIZUNG* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.baudochselbst.de/>

- [13] *Uponor: Stěnové vytápění a chlazení* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.uponor.com>
- [14] *Rossatogroup: Riscaldamento e raffrescamento a parete* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.rossatogroup.com/>
- [15] *QuickTherm: Wandheizungen* [online]. [cit. 2023-06-08]. Dostupné z: <https://quicktherm.de/wandhz.htm>
- [16] *BodenHeizer: QuickTherm Wandheizung im Trockenbau* [online]. [cit. 2023-06-08]. Dostupné z: <https://bodenheizer.de/>
- [17] *Globe-Thermometer ~ 150 mm, TE Typ K, zum Messen der Strahlung*. In: *Testo: Kulová sonda o 150 mm* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/kulova-sonda-o-150-mm/p/0602-0743>
- [18] *PRO-TOPENI: PEX-AL-PEX trubka 26x3 GIACOMINI R999Y174* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.pro-topeni.cz/>
- [19] *Cuprotermos Zlín: Podlahové vytápění* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.cuprotermos.cz>
- [20] *ASB-portal: Stěnové topení pro střední školu* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz>

Přílohy

Všechny přílohy jsou dostupné pouze na přiloženém CD.