

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta

Ing. Barbora Junasová

Autoreferát dizertačnej práce

**Možnosti využitia sálavého vykurovania a chladenia
pri obnove budov**

na získanie akademického titulu
doktor („*philosophiae doctor - PhD.*“)

v doktorandskom študijnom programe
3631 Teória a technika prostredia budov

v študijnom odbore
Stavebníctvo

Forma štúdia
Denná prezenčná

Bratislava 2024



Dizertačná práca bola vypracovaná na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave, Stavebnej fakulte, Katedre technických zariadení budov.

Predkladateľ: **Ing. Barbora Junasová**
Katedra technických zariadení budov
Stavebná fakulta, STU, Bratislava:

Školiteľ: **doc. Ing. Michal Krajčík, PhD.**
Katedra technických zariadení budov
Stavebná fakulta, STU, Bratislava

Autoreferát k dizertačnej práci rozoslaný:

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňao..... h *dopoludnia/popoludní* na
Katedre technických zariadení budov, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava.

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.

Dekan Stavebnej fakulty

Abstrakt

Vykurovanie a chladenie budov je v súčasnosti dôležitou témou v odborných kruhoch, ako aj pre širokú verejnosť. Dôraz je najmä na energetickú náročnosť, inštalačné náklady a v neposlednom rade na tepelnú pohodu. Táto práca sa zaoberá plošnými vykurovacími a chladiacimi systémami, využívajúcimi podlahové, stropné, či stenové odovzdávacie prvky. Ich hlavnou výhodou je skutočnosť, že na prevádzku postačuje relatívne nízka teplota vykurovacej vody v zimnom období, resp. vysoká teplota chladiacej vody v lete. Preto sú vhodné predovšetkým na aplikáciu vo vykurovacích a chladiacich systémoch využívajúcich obnoviteľné zdroje energie. Konkrétne, práca sa zameriava na systémy, ktoré sú vhodné na inštaláciu v existujúcich budovách a na prispôsobenie ich konštrukcie pre obnovu budov.

Kedže existuje viac druhov plošných vykurovacích a chladiacich systémov, cieľom tejto práce bolo ich porovnanie s dôrazom na tepelnú pohodu užívateľov. Posudzovala som tri druhy plošných vykurovacích systémov, stropné, stenové a podlahové. Uvedené systémy sú nainštalované v samostatných experimentálnych miestnostiach identických rozmerov a svojou konštrukciou sú vhodné na použitie v existujúcich budovách ako súčasť obnovy. Laboratórne podmienky mi umožnili sledovať rozdiely v teplote a prúde vzduchu. Väčšina meraní sa vykonala v zimnom období s využitím tepelného čerpadla ako zdroja tepla. V letnom období pracovalo tepelné čerpadlo v prevádzke chladenia nad teplotou rosného bodu. Meraniam predchádzali počítačové simulácie zamerané na optimalizáciu konštrukcie odovzdávacích prvkov v existujúcich budovách.

Kľúčové slová: stropné vykurovanie, stenové vykurovanie, podlahové vykurovanie, stropné chladenie, stenové chladenie, podlahové chladenie, sálavý systém, experimentálne merania, obnova budov

Abstract

Heating and cooling of buildings is currently an important topic in professional circles as well as for the general public. The focus is mainly on energy consumption, installation costs, and last but not least, thermal comfort. This thesis deals with radiant heating and cooling systems using floor, ceiling, or wall-mounted emission elements. Their main advantage is the fact that a relatively low heating water temperature in winter and a high cooling water temperature in summer are sufficient for operation. They are therefore particularly suitable for application in heating and cooling systems using renewable energy sources. In particular, the work focusses on systems that are suitable for installation in existing buildings and for adapting their design for building retrofit.

As there are several types of radiant heating and cooling systems, the aim of this work was to compare them with an emphasis on the thermal comfort of the users. I considered three types of radiant heating systems, ceiling, wall, and floor. These systems are installed in separate experimental rooms of identical dimensions and, by their design, are suitable for use in existing buildings as part of retrofit. The laboratory conditions allowed me to observe differences in temperature and airflow. Most of the measurements were taken in winter using a heat pump as the heat source. In the summer period, the heat pump was operated in cooling operation above the dew point temperature. The measurements were preceded by computer simulations aimed at optimising the design of the emission elements in existing buildings.

Key words: ceiling heating, wall heating, floor heating, ceiling cooling, wall cooling, floor cooling, radiant system, experimental measurements, building retrofit

1. ÚVOD

Vzhľadom na to, že spotreba energie budov neustále rastie vplyvom rozvíjajúcej sa spoločnosti a požiadaviek na komfort, je dôležité používať systémy, ktoré spotrebujú čo najmenej energie a zároveň zabezpečia komfortné vnútorné prostredie. V súčasnosti je inštalovanie sálavých systémov na vykurovanie aj chladenie priestorov v nových budovách veľmi rozšírené. Výhodou veľkoplošných sálavých systémov je, okrem iného, skutočnosť, že sú veľmi flexibilné vo vzťahu k priestorovej a časovej regulácii tepelného výkonu a umožňujú individuálnu dodávku tepla či chladu do vybraného priestoru.

Rozdiel medzi sálavým a konvekčným vykurovaním je v spôsobe ohrievania okolitého vzduchu. Pri konvekčnom vykurovaní je z hľadiska pomeru odovzdaného tepla sálavá zložka menšia ako konvekčná zložka. V prípade veľkoplošného sálavého vykurovania je pomer obrátený. Sálavý tok sa po dopade na predmety (steny, podlaha, nábytok) čiastočne odráža, ale väčšinu absorbujú predmety, na ktoré dopadá. Sálavé teplo tak priamo ohrieva predmety, steny a osoby v miestnosti.

Aj keď je úspora energie kľúčovým ukazovateľom pri novostavbách aj rekonštrukciách, netreba zabúdať na vplyv spôsobu vykurovania a chladenia na komfort užívateľov. Z tohto pohľadu môžu byť plošné systémy lepšou voľbou než tradičné vykurovacie telesá či fancoily. Aký má vplyv podlahové, stenové a stropné vykurovanie a chladenie na komfort človeka? Túto otázku sa pokúsim zodpovedať v mojej dizertačnej práci. Porovnávam komfort pri vykurovaní a chladení v miestnosti pre tri odovzdávacie prvky, a to podlahový, stenový a stropný. Nadvižem na prácu Humphreysa, Nicola, deDeara, Bragera a iných, ktorí skúmali pohodu človeka v rôznych tepelných podmienkach. Cieľom výskumu bude aj odporúčanie najvhodnejšieho sálavého vykurovacieho a chladiaceho systému pre pohodlie človeka.

2. CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Ciele dizertačnej práce sú tieto:

- **Cieľ 1 – Adaptovať konštrukciu sálavých systémov pre uplatnenie v existujúcich budovách pomocou numerického modelu**

V tejto časti práce sa vykonal výpočet v počítačovom softvéri CalA pomocou matematického modelu, ktorý riešil šírenie tepla v konštrukcii. Pomocou modelu boli simulované reprezentatívne fragmenty konštrukcií, kde sa skúmal vplyv umiestnenia tepelnej izolácie na vnútorný/vonkajší povrch tepelného jadra, osovej vzdialenosti rúrok, hrúbky steny a tepelnej vodivosti jadra na tepelný výkon a straty a na homogenitu povrchovej teploty. Boli uvažované sálavé stenové a stropné systémy s potrubím pripevneným k vnútornému povrchu konštrukcie. Takéto systémy sú efektívne z hľadiska prenosu tepla medzi potrubím a miestnosťou a poskytujú veľkú variabilitu konštrukčných riešení. Vybrali sa tri typy konštrukcií, ktoré poskytovali veľkú variabilitu skladby a inštalácie v existujúcich miestnostiach, konkrétne strop s potrubím pripevneným k existujúcej nosnej konštrukcii, stena s rúrkami pripojenými k existujúcemu betónovému jadru, stena s rúrkami uloženými v drážkach v novovytvorenom murive.

- **Cieľ 2 – Overiť prevádzku sálavých systémov (podlaha / stena / strop) vo vykurovacom období**

V tejto časti sa vykonali experimentálne merania parametrov tepelnej pohody v pobytovej zóne pri troch typoch sálavých systémov. Meranie vybraných parametrov vnútorného prostredia prebiehalo v

bývalých kancelárskych priestoroch dvojpodlažnej budovy na Technickej ulici 4309/3 v Bratislave. Priestory sa nachádzajú na 2. nadzemnom podlaží a orientované sú na severovýchod. Na posúdenie boli zvolené krátkodobé merania pomocou snímačov a ústredne vo vybraných referenčných bodoch počas vykurovacej sezóny, pri rovnakých okrajových podmienkach vo vybraných dňoch. Za účelom sledovania okrajových podmienok sa vykonali dlhodobé merania pomocou prenosných záznamníkov.

- **Cieľ 3 – Overiť prevádzku sálavých systémov (podlaha / stena / strop) v chladiacom období**

Rovnako ako v predchádzajúcej časti, aj v tejto sa uskutočnili experimentálne merania parametrov tepelnej pohody v pobytovej zóne pri troch typoch sálavých systémov. Merania vybraných parametrov vnútorného prostredia prebiehali v bývalých kancelárskych priestoroch dvojpodlažnej budovy na Technickej ulici 4309/3 v Bratislave. Na posúdenie boli zvolené krátkodobé merania pomocou snímačov a ústredne vo vybraných referenčných bodoch počas chladiacej sezóny, pri rovnakých okrajových podmienkach a vo vybraných dňoch. Taktiež sa vykonali dlhodobé merania pomocou prenosných záznamníkov.

3. ADAPTOVANIE KONŠTRUKCIE SÁLAVÝCH SYSTÉMOV PRE UPLATNENIE V EXISTUJÚCICH BUDOVÁCH

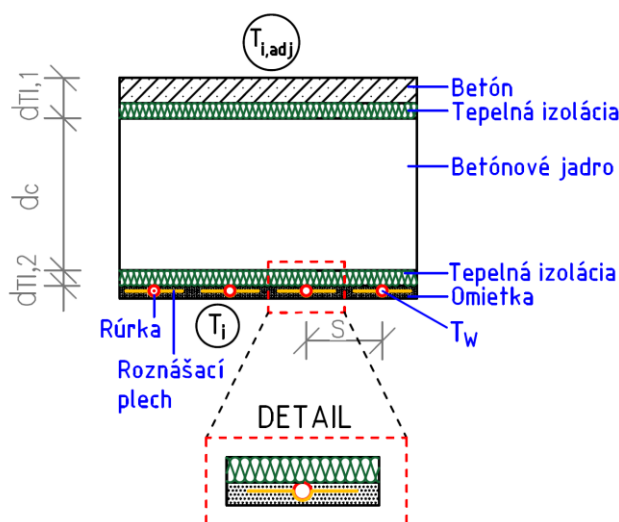
Cieľom tohto výskumu je prispôbiť konštrukciu sálavých systémov tak, aby sa uľahčilo ich jednoduché a široké použitie v existujúcich budovách. Táto časť je zameraná na prípadovú štúdiu s uplatnením technických konceptov, ktoré boli predtým overené a dajú sa ľahko aplikovať, ale v kontexte modernizácie budov sa o nich osobitne neuvažovalo. Výsledkom je koncepcia integrovania sálavých systémov do modernizovaných miestností a konkrétne odporúčania na ich konštrukciu. Na tento účel sa uvažovalo s tromi sálavými systémami vhodnými na inštaláciu v existujúcich miestnostiach: rúrka pripevnená k existujúcemu stropu (Obr. 1), rúrka pripevnená k existujúcej stene (Obr. 5) a rúrka vložená do drážok v murive pripevnenom k existujúcej stene (Obr. 7).

Pomocou overeného výpočtového modelu boli vytvorené numerické modely reprezentatívnych fragmentov sálavých stien a stropov. Medzi uvažované konštrukčné parametre patrili prítomnosť, hrúbka a umiestnenie tepelnej izolácie, rozstupy a umiestnenie potrubí, tepelná vodivosť a hrúbka betónového jadra, stredná teplota vody, prítomnosť vodivej lamely na zlepšenie prenosu tepla a umiestnenie systému na jednej alebo oboch stranách steny. Výsledné pravidlá a vzťahy uľahčia proces navrhovania a možno ich použiť na rôzne situácie, ktoré môžu počas modernizácie nastať. Štúdia sa zameriava predovšetkým na existujúce miestnosti, ale poznatky možno aplikovať aj na nové budovy.

Všetky prípady vykurovania sa vzťahujú na teplotu vody 35°C, čo predstavovalo pomerne náročné klimatické podmienky typické napríklad pre strednú Európu. Rozdiel teploty medzi klimatizovanou miestnosťou a susednou miestnosťou ($T_i - T_{i,adj}$) bol 5°C okrem troch prípadov, kedy to bolo 15°C na skúmanie vplyvu nevykurovanej miestnosti na tepelné straty s izolačným betónovým jadrom. Rozdiel 5°C predstavoval susediacu miestnosť s nižšou teplotou. Tepelná strata vo W/m² na 1°C teplotného rozdielu medzi miestnosťami sa uvádzala pre každý prípad, pretože sa považovala za najrelevantnejší ukazovateľ úrovne izolácie.

3.1 Sálavý strop

Stropný systém možno jednoducho zrealizovať pridaním tepelne aktívnej vrstvy k existujúcej nosnej konštrukcii (Obr. 1). Predvolená hrúbka betónového jadra bola 30 cm a osová vzdialenosť rúrok 10 cm. Prípady v Tab. 1 slúžili na štúdium vplyvu stavebných faktorov, ktoré môžu ovplyvniť tepelný výkon systému, ako je prítomnosť, hrúbka a umiestnenie tepelnej izolácie, tepelná vodivosť betónového jadra, osová vzdialenosť rúrok, prítomnosť tepelne roznášacieho plechu na homogenizáciu povrchovej teploty a uloženie rúrok do tepelnej izolácie. Skúmané parametre sú napísané červenou farbou.



Obr. 1 Konštrukcia sálavého stropného systému

Tab. 1 Skúmané prípady pre stropný systém

Prípad	$d_{Ti,1}$ (cm)	$d_{Ti,2}$ (cm)	s (cm)	d_c (cm)	Materiál jadra	Hliníkový tepelné vodivý plech	T_i (°C)	$T_i - T_{i,adj}$ (°C)	T_w (°C)	Porovná- vané prípady	Skúmaný parameter
C-1	0	0	10	30	Vodivý	nie	20	5	35		
C-2	1	0	10	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 1-2	Hrúbka izolácie
C-3	3	0	10	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 1-3	Hrúbka izolácie
C-4	0	1	10	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 1-4	Hrúbka izolácie
C-5	0	3	10	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 1-5	Hrúbka izolácie
C-6	0	0	10	30	Izolačný	nie	20	5	35	C 1-6	Vodivosť jadra
C-7	0	0	10	30	Vodivý	nie	26	-5	18	C 1-7	Teplota vody
C-8	0	0	10	30	Izolačný	nie	20	15	35	C 6-8	Teplota susednej miestnosti
C-9	3	0	5	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 3-9	Vzdialenosť rúrok
C-10	3	0	15	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 3-10	Vzdialenosť rúrok
C-11a*	0	3	10	30	Vodivý	áno	20	5	35	C 5-11	Distribúcia teploty
C-11b*	0	3	10	30	Vodivý	áno	20	5	35	C 5-11	Distribúcia teploty
C-11c*	0	3	10	30	Vodivý	áno	20	5	35	C 5-11	Distribúcia teploty
C-12**	0	3	10	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 5-12	Distribúcia teploty
C-13**	0	3	5	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 12-13	Vzdialenosť rúrok
C-14**	0	3	10	30	Vodivý	áno	20	5	35	C 12-14	Distribúcia teploty
C-15***	0	3	10	30	Vodivý	nie	20	5	35	C 1-15	Izolácia vzduch. medzerou

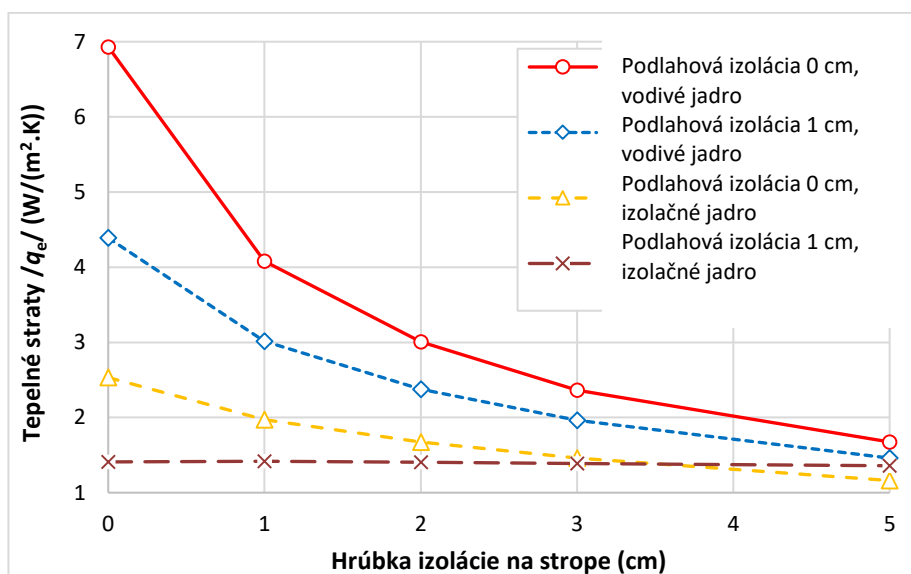
* Prípady sa líšia konfiguráciou mriežky a rúrok

** Rúrky uložené v tepelnej izolácii

*** Použitá 3-cm vzduchová medzera namiesto tepelnej izolácie

Umiestnenie tepelnej izolácie na vnútornú stranu vodivého jadra znížilo výkon o takmer 10 % v dôsledku menej rovnomernej povrchovej teploty a zároveň znížilo straty o 5 % (C-2 vs. C-4). Zväčšenie hrúbky izolácie z 1 na 3 cm ďalej znížilo straty o 24 %. Obr. 2 znázorňuje podrobný vzťah medzi hrúbkou izolácie a tepelnými stratami pre rôzne hrúbky izolácie v podlahe. Nad 3 cm hrúbky izolácie pri strope sú rozdiely v stratách malé bez ohľadu na izoláciu podlahy. Zníženie tepelných strát je vždy malé pri hrúbke izolácie nad 3 cm. Preto sa hrúbka izolácie do 3 cm sa javí ako najviac ekonomická. Pri hrúbke stropnej izolácie 5 cm má izolácia v konštrukcii podlahy malý vplyv na straty. Presná hrúbka závisí od teplotného rozdielu medzi miestnosťami, inštalačných obmedzení (napr. výška miestnosti) a nákladov.

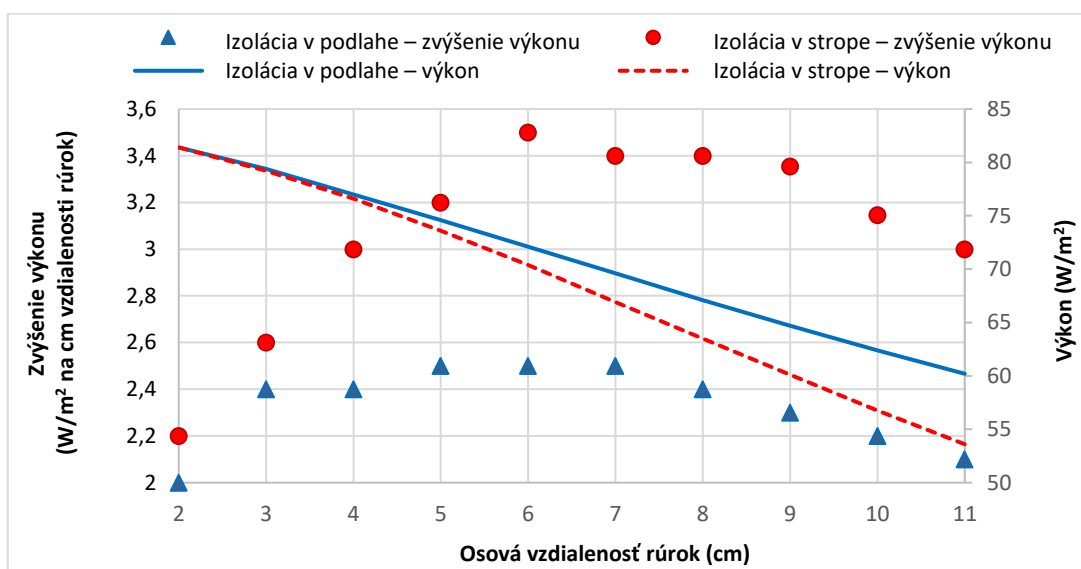
Rozdiel medzi výkonmi pre osovú vzdialenosť rúrok 5 a 15 cm bol 22 W/m^2 . Výkon závisel aj od umiestnenia tepelnej izolácie (Obr. 3). Pri izolácii stropu bol výkon nižší ako pri izolácii podlahy, ale tento rozdiel sa zmenšoval s hustejším uložením rúrok. Pri zateplení stropu bol nárast výkonu (W/m^2) na 1 cm osovej vzdialenosti najvyšší v rozmedzí 5 až 7 cm. Zmenšenie vzdialenosti rúrok malo zmysel až na približne 3 cm, kedy sa výkon zvýšil o 34 % oproti vzdialenosti 15 cm. Ďalšie zmenšenie vzdialenosti zvýšilo výkon, ale nebolo také efektívne. Pri izolácii v podlahe bolo zvýšenie výkonu (W/m^2) na 1 cm osovej vzdialenosti maximálne pre 6 cm. Celkovo je rozumné zmenšiť vzdialenosť rúrok aspoň na 5-6 cm, ak to konštrukcia systému umožňuje.



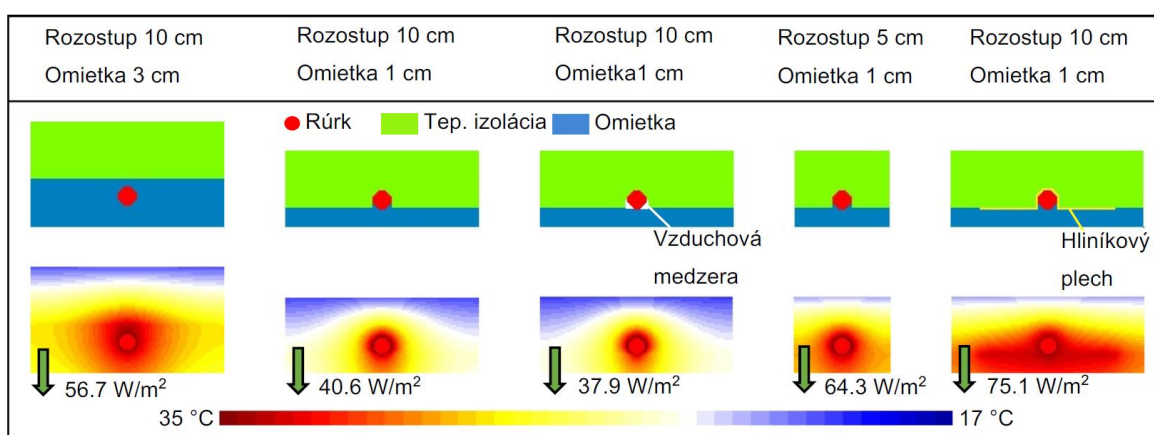
Poznámka: Tepelné straty sú W/m^2 na 1°C rozdielu teploty medzi miestnosťou a susednou miestnosťou ($T_i - T_{i,adj}$)

Obr. 2 Vzťah medzi hrúbkou izolácie a tepelnými stratami pre sálavý stropný systém

Stropný systém je možné skonštruovať kompaktnejšie uložením potrubia do tepelnej izolácie. To by umožnilo dostatočnú izoláciu pri znížení hrúbky omietky. Obr. 4 ukazuje, že zabudovanie potrubia do tepelnej izolácie bráni prenosu tepla medzi rúrkou a vrstvou omietky (C-5 vs. C-12). Potenciálnou nevýhodou izolácie potrubia je aj to, že medzi omietkou a potrubím sa môže vytvoriť vzduchová medzera, čím sa zníži výkon; v tomto prípade bolo zníženie 7 %. To možno vyriešiť pomocou tepelne vodivých roznášacích plechov (C-14). Pridanie roznášacieho plechu na zlepšenie prenosu tepla zlepšilo výkon o 25 % (18 W/m^2) v porovnaní s prípadom bez roznášacieho plechu (C-5 vs. C-14), pričom konštrukcia umožnila zníženie hrúbky omietky na nevyhnutné minimum. Tento dizajn bol ešte účinnejší ako rúrka umiestnená v omietke s roznášacím plechom (C-11c). Bol tiež účinnejší ako zmenšovanie osovej vzdialenosti rúrok (C-13 vs. C-14).



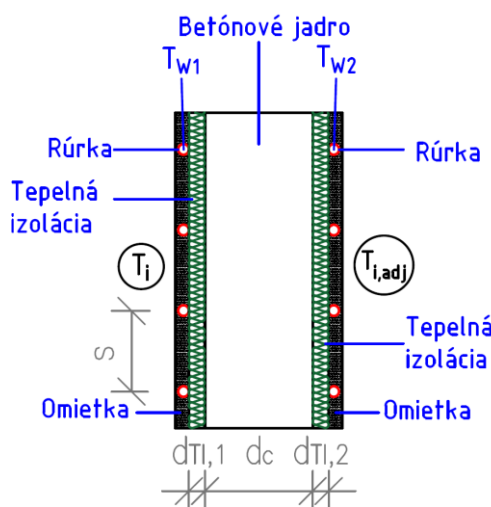
Obr. 3 Výkon a zvýšenie výkonu na cm osovej vzdialenosti pre 3 cm izoláciu v podlahe alebo na strepe



Obr. 4 Detail rozloženia teploty a tepelného toku s potrubím v izolácii a roznášačím plechom

3.2 Sálavá stena – rúrky zabudované v omietke (WP)

Výsledky pre sálavé stropy sú aplikovateľné aj na steny. Sálavé steny však majú oproti sálavým stropom niekoľko špecifik. Napríklad, pri stropoch by hrúbka nosnej konštrukcie (betónového jadra) nemala byť z dôvodu statiky menšia ako cca 25-30 cm. Hrúbka steny je variabilná v širšom rozsahu od 10 cm pre deliace steny až po 40 cm pre nosné steny. Ďalším špecifikom je, že potrubia je možné prevádzkovať súčasne na oboch stranách steny. Ďalej, normovaný súčiniteľ prestupu tepla medzi miestnosťou a stenou je $8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pre vykurovanie a chladenie na rozdiel od stropov, kedy je súčiniteľ podstatne vyšší pre chladenie. Prípady v Tab. 2 boli navrhnuté s ohľadom na špecifiká stenových systémov. Stenový systém bol skonštruovaný zapustením rúrok do novovytvorenej omietky pripevnenej k existujúcej stene (Obr. 5). Predvolená hrúbka betónového jadra, rozstup rúrok a hrúbka omietky boli 20, 10 a 3 cm. Uvažované konštrukčné parametre zahŕňajú tepelnú vodivosť jadra, prítomnosť a hrúbku izolácie na oboch stranách, kolísanie teploty vody a prevádzku systému na oboch stranách steny.



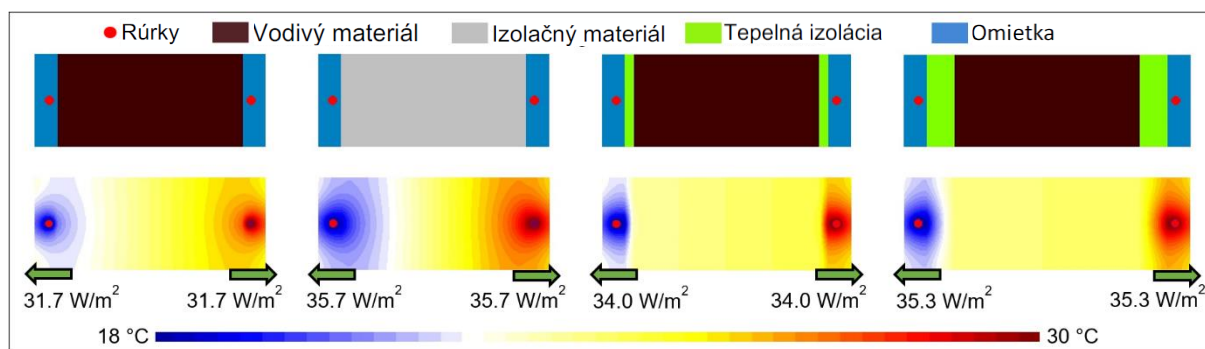
Obr. 5 Konštrukcia sálavého stenového systému s potrubím pripevneným k existujúcej stene

Tab. 2 Skúmané prípady pre stenový systém s potrubím uloženým v omietke

Prípád	$d_{Ti,1}$ (cm)	$d_{Ti,2}$ (cm)	s (cm)	d_c (cm)	Materiál jadra	T_i (°C)	$T_i - T_{i,adj}$ (°C)	$T_{w,1}$ (°C)	$T_{w,2}$ (°C)	Porovnávané prípady	Skúmaný parameter
WP-1	0	0	10	20	Vodivý	20	5	35	OFF		
WP-2	1	1	10	20	Vodivý	20	5	35	OFF	WP 1-2	Hrúbka izolácie
WP-3	3	3	10	20	Vodivý	20	5	35	OFF	WP 1-3	Hrúbka izolácie
WP-4	0	0	10	20	Izolačný	20	5	35	OFF	WP 1-4	Vodivosť jadra
WP-5	0	0	10	20	Vodivý	26	4	18	30	WP 1-5	Teplota vody
WP-6	1	1	10	20	Vodivý	26	4	18	30	WP 1-6	Teplota vody
WP-7	0	0	10	20	Izolačný	20	15	35	OFF	WP 4-7	Teplota v susednej miestnosti
WP-8	0	0	10	15	Izolačný	20	5	35	OFF	WP 4-8	Hrúbka jadra
WP-9	0	0	10	25	Izolačný	20	5	35	OFF	WP 4-9	Hrúbka jadra

Použitie materiálu jadra s izolačnými vlastnosťami (napr. pórobetón) namiesto vodivého betónu (napr. železobetón) bez akejkoľvek tepelno-izolačnej vrstvy znížilo straty o 77 % (WP-1 vs. WP-4), teda takmer toľko, ako v prípade vodivého betónu s tepelnou izoláciou s hrúbkou 6 cm. Nie je teda potrebná žiadna, resp. postačuje len tenká vrstva izolácie aj pre relatívne tenkú deliacu stenu z izolačného materiálu. Dôkazom toho je zmena hrúbky steny s izolačným betónovým jadrom o ± 5 cm (WP-8, WP-9). Stena s hrúbkou jadra 25 cm viedla k takmer rovnakým stratám ako stena s vodivým jadrom a 3 cm izolácie na každej strane (WP-3). Pri stene s hrúbkou 15 cm boli straty stále nižšie ako pri stene s vodivým jadrom a tepelnou izoláciou hrúbky 1 cm na každej strane (WP-2).

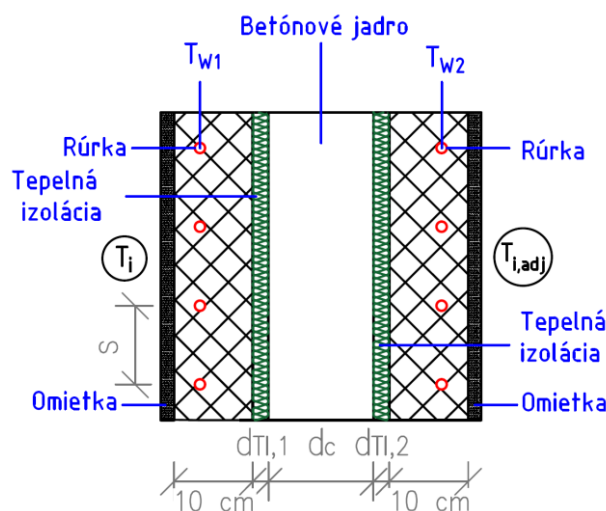
V prípade susediacich obývaných miestností je reálne, že na každej strane steny môže byť prevádzkovaný sálavý systém. V extrémnych prípadoch môže nastať situácia, že systém sa prevádzkuje na jednej strane v režime vykurovania a na druhej strane v režime chladenia, ako je to znázornené na Obr. 6. Teplota vody bola nastavená 18°C pre chladenie a 30°C pre vykurovanie. Teplota miestnosti bola 26 °C pre chladenie a 22 °C pre vykurovanie. Je vidieť, že rozdiely v úrovni izolácie sa prejavili v tepelnom výkone. Čím lepšia je úroveň izolácie, tým menej sa tepelné toky z potrubí navzájom ovplyvňujú a tým vyšší je výkon. Dokonca aj 1 cm vrstva tepelnej izolácie na každej strane steny (WP-6) zlepšuje výkon v porovnaní so základným prípadom (WP-5). Pridanie ďalšej izolácie malo malý vplyv; teda pridanie väčšej hrúbky izolácie nemusí byť ekonomické. V prípade WP-5, ale s izolačným jadrom, bol výkon vyšší ako u vodivého jadra s tepelnou izoláciou (WP-6), preto v tomto prípade nebola potrebná žiadna izolácia.



Obr. 6 Rozloženie teploty a tepelného toku so systémom prevádzkovaným na oboch stranách steny

3.3 Sálavá stena – rúrky zabudované v dodatočnom murive (WB)

Konštrukcia sálavej steny s rúrkami zapustenými do drážok v prídavnom murive (Obr. 7) by mohla byť vhodná vtedy, keď je potrebná vyššia akumulčná kapacita sálavého systému na zabezpečenie potenciálu akumulácie tepla a posunu špičkového zaťaženia. Alternatívne by sa namiesto muriva mohol použiť materiál s fázovou zmenou (PCM) na zvýšenie tepelnej hmoty, čím sa systém stane kompaktným. Výpočty s PCM materiálmi sú nad rámec tejto štúdie. Predvolená hrúbka jadra, hrúbka omietky a osová vzdialenosť rúrok boli rovnaké ako pri systéme WP. Kľúčovými konštrukčnými faktormi, ktoré ovplyvňovali tepelné správanie systému WB, bola vodivosť jadra a prítomnosť izolácie medzi murivom a jadrom. Skúmané prípady sú v Tab. 3.



Obr. 7 Konštrukcia sálavého stenového systému s potrubím uloženým v murive

Tab. 3 Skúmané prípady pre stenový systém s potrubím uloženým v murive

Prípado	$d_{Ti,1}$ (cm)	$d_{Ti,2}$ (cm)	s (cm)	d_c (cm)	Materiál jadra	T_i (°C)	$T_i - T_{i,adj}$ (°C)	$T_{w,1}$ (°C)	$T_{w,2}$ (°C)	Porovnávané prípady	Skúmaný parameter
WB-1	0	0	10	20	Vodivý	20	5	35	OFF		
WB-2	1	1	10	20	Vodivý	20	5	35	OFF	WB 1-2	Hrúbka izolácie
WB-3	3	3	10	20	Vodivý	20	5	35	OFF	WB 1-3	Hrúbka izolácie
WB-4	0	0	10	20	Izolačný	20	5	35	OFF	WB 1-4	Vodivosť jadra
WB-5	0	0	10	20	Izolačný	20	15	35	OFF	WB 4-5	Teplota v susednej miestnosti
WB-6	3	3	5	20	Vodivý	20	5	35	OFF	WB 3-6	Vzdialenosť rúrok
WB-7	3	3	15	20	Vodivý	20	5	35	OFF	WB 3-7	Vzdialenosť rúrok

Použitie izolačného materiálu jadra (WB-4) viedlo k vynikajúcim izolačným vlastnostiam. Treba si uvedomiť, že v prípade nevykurovanej susednej miestnosti by na druhej strane nebolo prídavné murivo. To by znamenalo o 19 % vyššie straty v porovnaní s prípadom WB-5. Pridaním 1 cm izolácie na druhú stranu takejto steny by sa straty znížili o 20 %. Zvýšením hrúbky izolácie na 3 cm by sa straty znížili o ďalších 10 %. Pridanie izolácie na vonkajšiu stranu steny WB môže byť vhodné, ak je teplota susednej miestnosti nízka, aj keď nie je také efektívne kvôli už aj tak vysokej úrovni izolácie.

Vplyv osovej vzdialenosti potrubí (WB-6, WB-7) na výkon bol podobný ako pri stropných systémoch v absolútnych hodnotách (W/m^2), ale relatívny vplyv (%) bol menší v dôsledku podstatne nižšieho výkonu. V porovnaní s prípadom WP mal prípad WB veľmi rovnomernú povrchovú teplotu, ale podstatne nižší výkon kvôli rúrkam umiestneným oveľa hlbšie v termoaktívnej vrstve. Jedinou potenciálnou výhodou steny WB oproti stene WP by mohla byť zvýšená akumulčná kapacita.

3.4 Čiastkový záver

V tejto časti sa skúmali možnosti prispôsobenia konštrukcie stropného systému a dvoch stenových systémov vhodných na použitie pri obnove budov. Výsledky možno aplikovať aj na novostavby. Strop a jeden zo stenových systémov boli skonštruované pripojením potrubia k existujúcemu betónovému jadru. Pri treťom systéme sa uvažovalo s možnosťou zvýšenia akumulácie schopnosti steny zapustením potrubia do prídavného muriva pripevneného k betónovému jadru. Skúmané parametre zahŕňali prítomnosť, umiestnenie a hrúbku tepelnej izolácie, rozstup a umiestnenie rúrok, vodivosť a hrúbku betónového jadra a prítomnosť a umiestnenie vodivého roznášacieho plechu na zlepšenie prenosu tepla. Použitím správneho prístupu bolo možné pre už existujúcu konštrukciu získať želané charakteristiky, ako sú vysoká tepelná akumulácia, výkon alebo pomer výkonu a strát, pričom sa minimalizovalo zníženie svetlej výšky alebo zmenšenie plochy miestnosti. Zistenia možno zhrnúť takto:

- Pri vodivom jadre bolo kľúčové pridať aspoň 1 cm izolácie. Pridanie tepelnej izolácie do izolačného pórobetónového jadra malo zanedbateľný vplyv na straty. Pri izolačnom pórobetónovom jadre boli straty nízke aj pri hrúbke jadra len 15 cm.
- Nezávisle od umiestnenia tepelnej izolácie bolo zvýšenie výkonu na 1 cm rozstupu potrubia maximálne pri 6 cm. Nárast výkonu prudko klesol nad hrúbkou 3 cm tepelnej izolácie.
- Rovnomernosť povrchovej teploty a tepelného výkonu sa výrazne zlepšili pripevnením vodivého roznášacieho plechu na potrubie umiestnené v omietke. Zvýšenie výkonu dosiahnuté zmenšením vzdialenosti z 10 na 6 cm sa rovnalo zvýšeniu spôsobenému roznášacím plechom (C-11c), približne $14 W/m^2$ (20 %). Malá osová vzdialenosť potrubí a vodivý plech tiež zlepšili tepelnú akumuláciu a čas odozvy.
- Vloženie potrubia do izolácie pre kompaktný dizajn znížilo výkon. Výkon sa zvýšil až o $35 W/m^2$ (46 %) po pripevnení vodivého roznášacieho plechu na potrubie. Tento dizajn viedol k najvyššiemu výkonu zo všetkých skúmaných prípadov. V tomto prípade bolo použitie roznášacieho plechu efektívnejšie ako zmenšenie osovej vzdialenosti potrubí.
- Pre stenový systém prevádzkovaný na oboch stranách vodivého betónového jadra (železobetón) sa odporúča pridať 1 cm izolácie medzi rúrkou a jadrom na každej strane, aby sa zvýšil výkon. Najvyšší výkon bol dosiahnutý s izolačným jadrom (pórobetón) aj bez tepelnej izolácie.
- Uloženie potrubia do tehál pripevnených k vodivému jadru výrazne znížilo tepelnú akumuláciu schopnosť v dôsledku nižšej vodivosti tehál. Tento dizajn by mohol byť výhodný, len ak má pridaný materiál vyššiu tepelnú vodivosť a kapacitu než existujúca stena.

- Najlepšie fungujúce návrhy boli C-6 s rúrkami pripevnenými k izolačnému betónovému jadru, C-9 s rúrkami pripevnenými k betónovému jadru a malou osovou vzdialenosťou 5 cm a C-14 s rúrkou v tepelnej izolácii s roznášacím plechom na zlepšenie prenosu tepla.

4. OVERENIE PREVÁDZKY SÁLAVÝCH SYSTÉMOV (PODLAHA / STENA / STROP) VO VYKUROVACOM OBDOBÍ

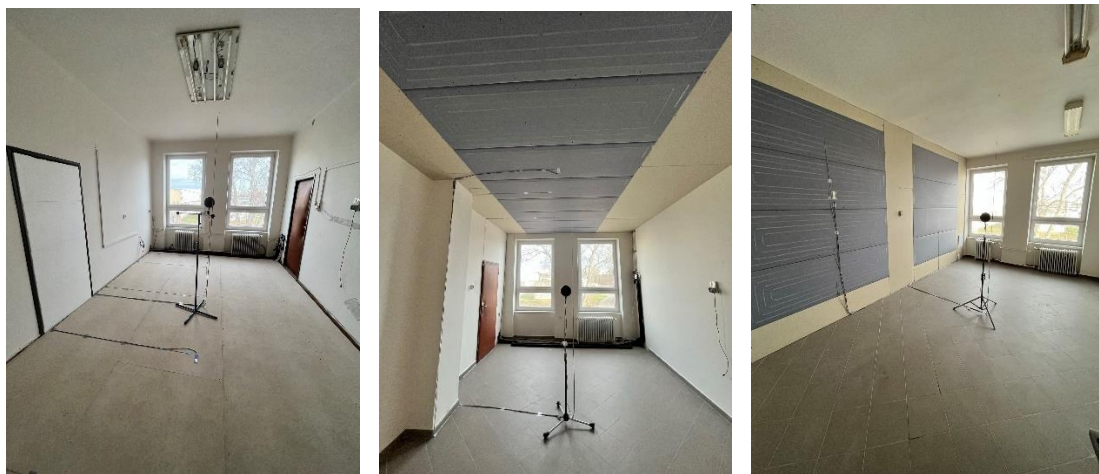
Merania vybraných parametrov vnútorného prostredia boli vykonané v bývalých kancelárskych priestoroch dvojpodlažnej budovy v Bratislave. Priestory, v ktorých sa meranie vykonalo, sa nachádzajú na 2. nadzemnom podlaží a orientované sú na severovýchod. Uskutočnilo sa krátkodobé meranie operatívnej teploty/teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti v pobytovej zóne na vybraných stanoviškách a povrchovej teploty konštrukcií počas vykurovacieho obdobia. Meranie zahŕňalo porovnanie sálavých systémov (podlahové, stenové, stropné) v experimentálnych podmienkach. Vo viacerých svetových štúdiách boli porovnávané sálavé systémy prevažne s konvekčnými systémami alebo fancoilmi pomocou simulácií.

4.1 Opis experimentálnych priestorov

Experimentálne priestory sa nachádzajú v bývalých kanceláriách budovy situovanej v mestskej časti Trnávka na Technickej ulici v Bratislave. Z konštrukčného hľadiska je budova dvojpodlažná, riešená ako murovaná, bez kontaktného zatepľovacieho systému s fasádnou omietkou (Obr. 8). Otvorové konštrukcie sú z plastových viackomorových profilov zasklené izolačným dvojsklom. Dispozícia objektu pozostáva z kancelárskych priestorov umiestnených v pozdĺžnom smere budovy a oddelených chodbou. Riešené priestory sú situované na severovýchod a nachádzajú sa na 2. NP. Dispozične majú priestory približne rovnakú pôdorysnú plochu (Obr. 9). V každej z troch miestností sú inštalované sálavé systémy vykurovania – podlahové, stenové a stropné. Cieľom meraní bolo posúdiť tepelnú pohodu vo vykurovacom období s dôrazom na porovnanie sálavých systémov.



Obr. 8 Objekt s riešenými priestormi (vľavo), pohľad na fasádu objektu (vpravo)



Obr. 9 Hodnotené miestnosti so sálavým systémom

V miestnosti 202.1 (Obr. 10a) s podlahovým sálavým systémom bol inštalovaný suchý systém Uponor Siccus dry v dvoch okruhoch, kde sú zabudované rúrky Comfort Pipe Plus 14 x 2,0 mm zapustené v paneli s drážkami s osovou vzdialenosťou 150 mm. Vrchná vrstva je tvorená ochrannými sadrokartónovými doskami so sálavou plochou približne 15 m². Maximálny vykurovací výkon udávaný výrobcom je 90 W/m².

V miestnosti číslo 202.2 a 203 (Obr. 10b a 10c) so stropným a stenovým sálavým systémom boli nainštalované systémy Uponor Renovis s rúrkami Uponor PE-Xa 9,9 x 1,1 mm. V každej z dvoch miestností bolo inštalovaných 8 panelov Uponor Renovis s rozmermi 2000 x 625 mm bez povrchovej úpravy s celkovou sálavou plochou 10 m².

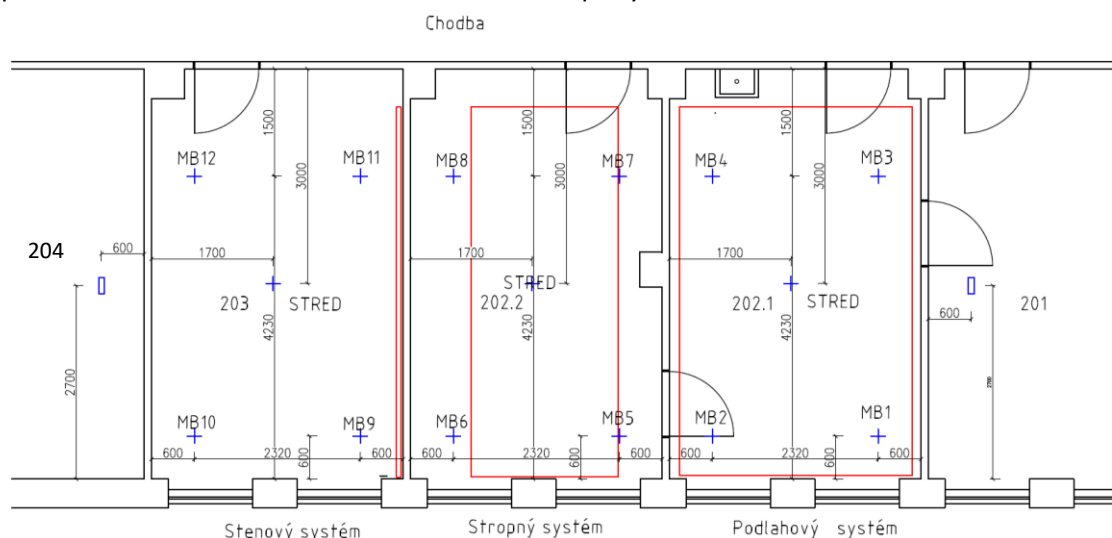


Obr. 10 Znáznornenie jednotlivých inštalovaných systémov

4.2 Umiestnenie snímačov

Merania s prenosnou meracou zostavou od spoločnosti Testo boli realizované v každej miestnosti s inštalovaným sálavým vykurovacím systémom - podlahový, stenový, stropný. Na charakterizáciu tepelných podmienok v miestnosti sa použili vertikálne profily teploty vzduchu v miestnosti. Meracie polohy MB1 až MB12 na Obr. 11 boli vybrané za účelom charakterizácie pobytovej zóny. Polohy MB1, MB 2, MB5, MB6, MB9 a MB10 boli zvolené na opis podmienok v blízkosti okna, jeden merací bod sa nachádzal aj v strede miestnosti. Všetky merania prebiehali v rovnakom časovom intervale, na meracích miestach MB v štyroch výškach, podľa odporúčania ASHRAE 55 a EN ISO 7726 (približne 0,1 m – výška členkov, 0,6 m – ťažisko hmoty sediaceho človeka, 1,1 m – výška hlavy sediacej osoby, 1,7 m – výška hlavy stojacej osoby).

Teplota sálavých povrchov a tepelný tok sa monitoroval pomocou snímačov Pt100 pripojených k meracej ústredni Keysight. Na povrchu sálavých systémov boli umiestnené snímače teploty spolu so snímačmi tepelného toku. Povrchová teplota sálavých systémov bola monitorovaná na vybraných miestach pozdĺž steny, stropu a podlahy spolu s teplotou prívodnej a vratnej vody. Na konštrukcii steny sa povrchová teplota zaznamenávala v 5 bodoch, na stropnom systéme boli umiestnené 4 snímače a na podlahovom systéme bolo umiestnených 5 snímačov. Snímače pripojené k ústredni Keysight slúžiace na dlhodobé zaznamenávanie teplotných profilov boli umiestnené v každej miestnosti vo vertikálnej rovine vo výškach 0,03 m, 0,1 m, 0,6 m, 1,1 m, 1,7 m a 2,5 m nad sebou. Na stenách boli umiestnené snímače od spoločnosti Comet na dlhodobé monitorovanie teploty vzduchu.

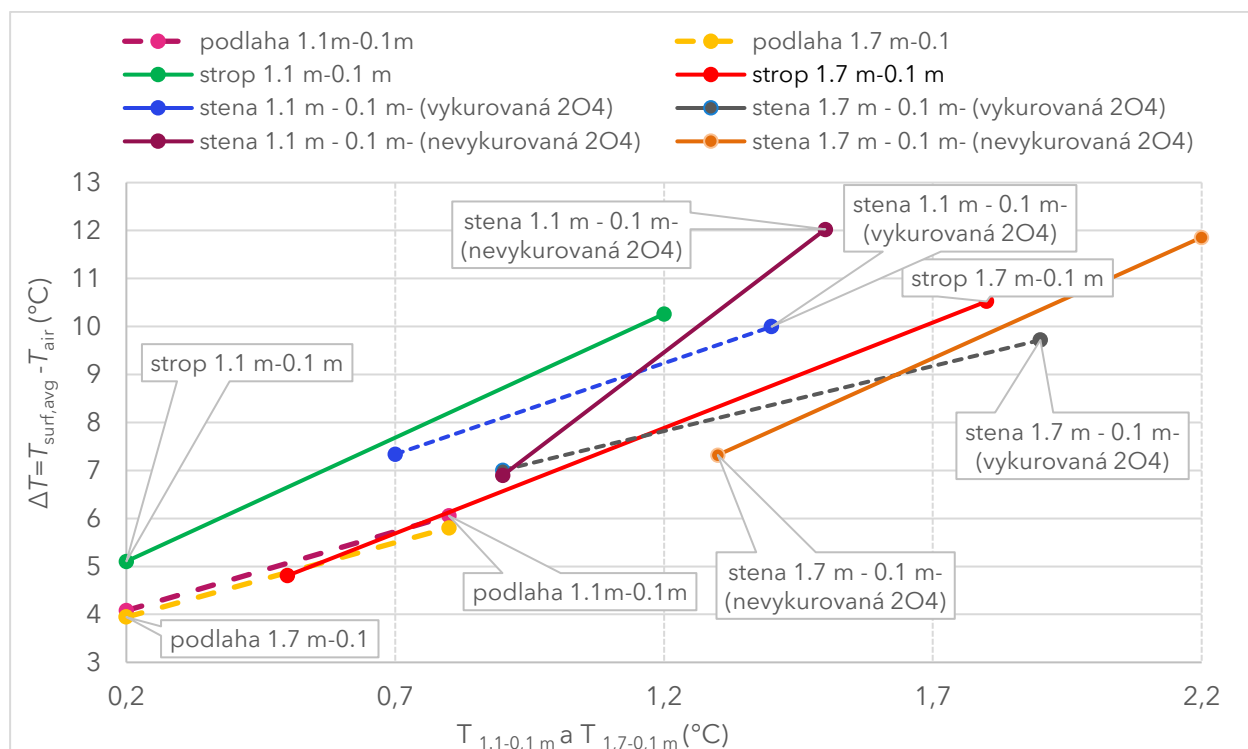


Obr. 11 Pôdorys priestorov so sálavým vykurovaním a meracie body (MB)

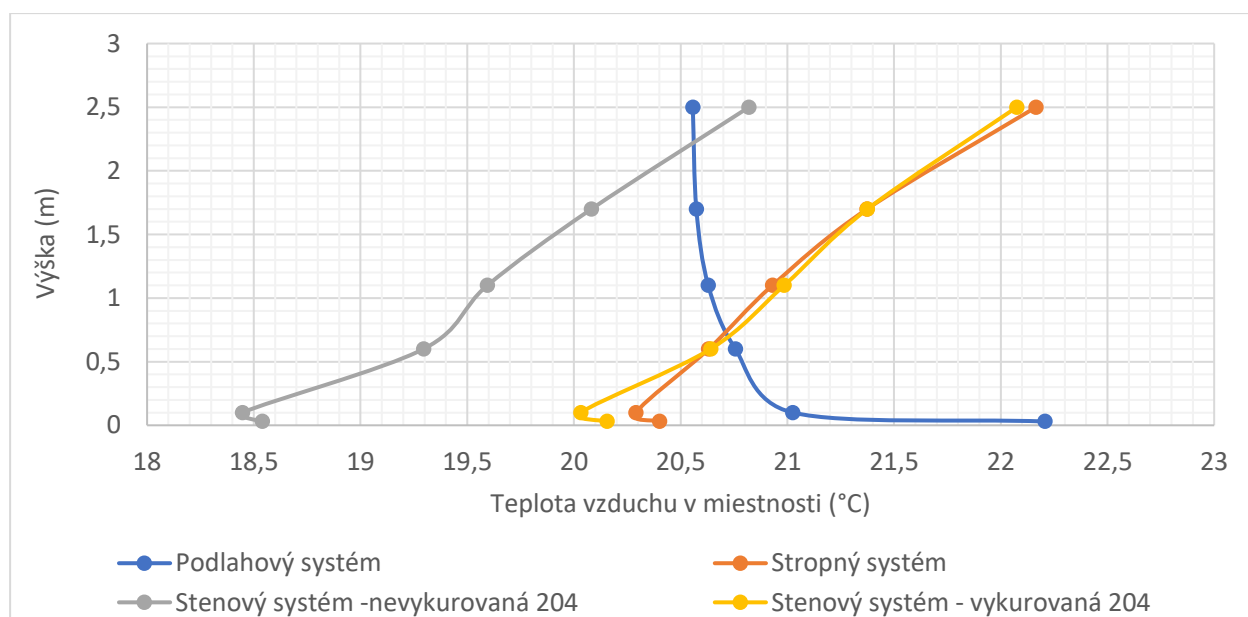
4.3 Výsledky merania a diskusia – zimné obdobie

V rámci tejto dizertačnej práce sa merala rýchlosť prúdenia vzduchu počas krátkodobých meraní pomocou prenosnej meracej zostavy Testo so snímačmi vo výške 0,1 m – výška členkov a 1,1 m – úroveň temena hlavy sediaceho človeka. Hodnoty boli zaznamenávané počas 3 minút v 2-sekundových intervaloch. Najvyššia rýchlosť vzduchu bola nameraná pri podlahovom systéme, a to 0,01 m/s, čo možno považovať za zanedbateľnú rýchlosť z hľadiska rizika prievanu. Je to nižšia hodnota ako neistota merania pre snímač rýchlosti prúdenia vzduchu, ktorá je v rámci 0,03 m/s + 4% z nameraných hodnôt. Rovnako aj pri stenovom a stropnom systéme bolo zaznamenané malé prúdenie vzduchu (<0,01 m/s).

Na Obr. 12 sú porovnané jednotlivé sálavé systémy v režime vykurovania z pohľadu vertikálneho rozdielu teploty vzduchu ako funkcie rozdielu povrchovej teploty a teploty vzduchu (ΔT) vo výške 0,6 m. Najmenší vplyv ΔT na vertikálny rozdiel teploty je pri podlahovom sálavom vykurovaní. Pri stropnom sálavom vykurovaní sa so zvyšujúcou teplotou zvyšuje aj vertikálny rozdiel teploty vzduchu, čo môže zapríčiniť lokálnu tepelnú nepohodu. Dôležité je porovnanie pri stenovom systéme, kde je vidieť značný vplyv nevykurovanej miestnosti č. 204.



Obr. 12 Závislosť vertikálnych teplotných rozdielov od ΔT vo vykurovacom období – sumarizácia



Obr. 13 Vertikálny teplotný profil v miestnostiach so sálavým vykurovaním zo snímačov teploty Pt100 umiestnených v strede miestností

Na Obr. 13 sú znázornené vertikálne profily teploty namerané snímačmi teploty Pt100 po výške miestnosti s podlahovým, stropným a stenovým sálavým systémom v režime vykurovania. Snímače boli umiestnené v strede miestnosti. Pre miestnosť so sálavým stenovým vykurovaním sú porovnávané dva priebehy vertikálnej teploty – počas obdobia, keď susedná miestnosť č. 204 bola nevykurovaná a jej priemerná teplota bola okolo 13 °C a počas obdobia, keď miestnosť č. 204 bola vykurovaná. Na Obr. 13 je vidieť, že pri podlahovom sálavom vykurovaní je vertikálny priebeh teploty rovnomernejší, pri stropnom a stenovom systéme je priebeh menej rovnomerný, hoci stále akceptovateľný.

4.4 Čiastkový záver – zimné obdobie

Merania parametrov tepelnej pohody v pobytovej zóne v miestnostiach s tromi typmi sálavých systémov boli vykonané počas zimného obdobia. Vybrané parametre vnútorného prostredia boli zaznamenávané dlhodobými aj krátkodobými meraniami. Namerané hodnoty boli porovnávané v časoch, kedy sa vykonali krátkodobé merania uvedené v prílohách 1, 2 a 3. Vonkajšie teploty nedosahovali vonkajšiu výpočtovú teplotu pre Bratislavu (-11°C), avšak budova, v ktorej sa hodnotené miestnosti nachádzajú, nie je riadne zaizolovaná, čím sa vyššie vonkajšie teploty vykompenzovali. Požiadavka na vykurovanie bola nastavená zhodne pre všetky merané miestnosti, a to 21°C. Miestnosť s podlahovým vykurovacím systémom susedila s miestnosťou č. 201.1, ktorá nebola do 14.2.2023 vykurovaná a jej priemerná teplota bola približne 16°C. Tepelné straty do tejto miestnosti mali zanedbateľný vplyv na rozloženie teploty vzduchu v miestnosti s podlahovým vykurovacím systémom. Miestnosť so stenovým vykurovacím systémom susedila s miestnosťou č. 204, ktorá bola nevykurovaná do 14.2.2023. Priemerná teplota v tejto miestnosti bola pred začatím vykurovania približne 12-13°C a mala vplyv na rozloženie teploty vzduchu v miestnosti so stenovým vykurovacím systémom. Z uskutočnených meraní vyplýva nasledovné:

- Rýchlosť prúdenia vzduchu je pri sálavých systémoch v režime vykurovania nízka, neprekračuje stanovené limity a v miestnostiach nebolo riziko lokálnej tepelnej nepohody spôsobené prievanom.
- Najmenšie vertikálne rozdiely teploty vzduchu boli zaznamenané pri podlahovom vykurovaní.
- Stenový vykurovací systém musíme posudzovať v dvoch stavoch, pre nevykurovanú susediacu miestnosť č. 204 a pre vykurovanú miestnosť č. 204.
- Pri stropnom vykurovaní bolo z nameraných hodnôt zistené, že so zvyšujúcou sa teplotou stropu sa zvyšuje aj vertikálny rozdiel teploty vzduchu, čo by mohlo v hraničných prípadoch spôsobovať lokálnu tepelnú nepohodu.

5. OVERENIE PREVÁDZKY SÁLAVÝCH SYSTÉMOV (PODLAHA / STENA / STROP) V CHLADIACOM OBDOBÍ

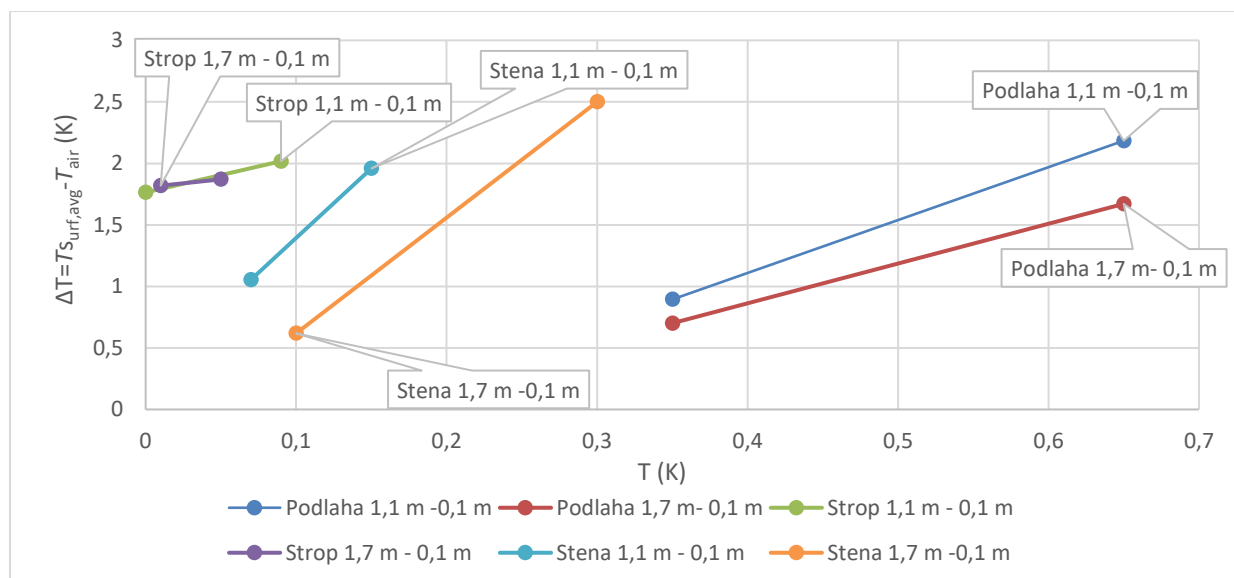
Rovnako ako kapitola 4, aj táto časť sa zaoberá porovnaním tepelného komfortu v miestnostiach so sálavými systémami, no v tomto prípade počas letného obdobia v režime chladenia. Meranie prebiehalo v rovnakých priestoroch dvojpodlažnej budovy na Technickej ulici v Bratislave. Priestory sa nachádzajú na 2. nadzemnom podlaží a orientované sú na severovýchod. Vykonávalo sa krátkodobé meranie strednej sálavej teploty/teploty vzduchu, relatívnej vlhkosti v pobytovej zóne na vybraných stanoviskách a povrchovej teploty stavebných konštrukcií počas letného obdobia. Meranie zahŕňa porovnanie

sálavých systémov (podlahové, stenové, stropné) v experimentálnych podmienkach. Merania sa vykonali bez prítomnosti vnútorných ziskov od vybavenia miestností alebo užívateľov. Teplota v susedných miestnosti nebola nijakým spôsobom ovplyvňovaná.

5.1 Výsledky merania a diskusia – letné obdobie

V letnom období počas chladiaceho režimu bola zaznamenávaná rýchlosť prúdenia vzduchu vo výške 0,1 (úroveň členkov) a 1,1 m (úroveň temena hlavy sediaceho človeka) nad podlahou, a to v rovnakých meracích bodoch ako v režime vykurovania v pobytovej oblasti. Použité snímače na meranie rýchlosti prúdenia vzduchu boli rovnaké ako pri meraniach v režime vykurovania. Merania prebiehali od 28.6. do 30.6. a od 3.7. do 5.6. 2023. Bol vybratý jeden referenčný čas, kedy sa počas dňa merania uskutočnili. Najvyššia rýchlosť prúdenia vzduchu bola pri stropnom systéme vo výške 1,1 m, a to 0,1 m/s. Rýchlosť prúdenia vzduchu na úrovni členkov bola pri stropnom systéme najviac 0,08 m/s. V miestnosti so stenovým systémom bola zaznamenaná rýchlosť prúdenia vzduchu 0,07 m/s na úrovni 1,1 m. Tieto rýchlosti prúdenia vzduchu sú nižšie ako hraničná hodnota 0,2 m/s a nepredstavujú zvýšené riziko lokálneho tepelného diskomfortu.

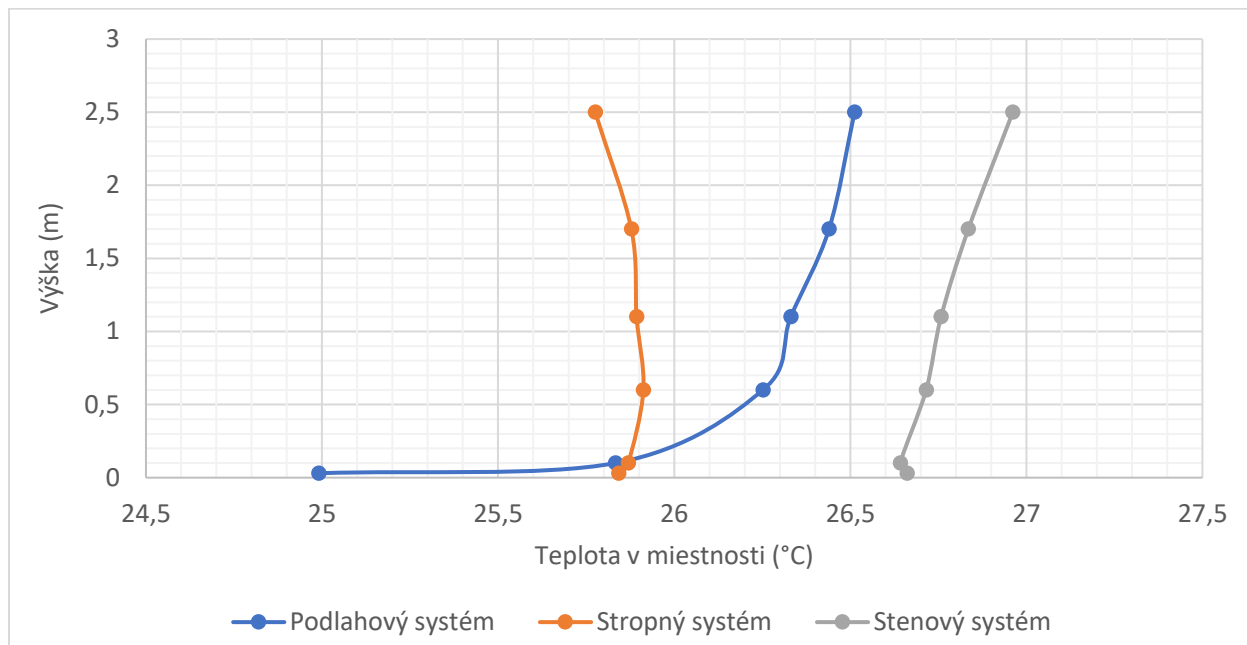
Z Obr. 14 vidieť, že najmenší vertikálny rozdiel teploty vzduchu, a tým aj primeraný tepelný komfort, zabezpečuje stropné chladenie. Podlahové chladenie a stenové chladenie poskytujú porovnateľný vertikálny rozdiel teploty vzduchu, ktorý je však vyšší a predstavuje vyššie riziko tepelného nepohodlia.



Obr. 14 Závislosť vertikálnych teplotných rozdielov od ΔT v chladiacom období – sumarizácia

Na Obr. 15 sú znázornené vertikálne profily teploty vzduchu namerané snímačmi teploty Pt100 po výške miestnosti s podlahovým, stropným a stenovým sálavým systémom v režime chladenia. Snímače boli umiestnené v strede miestnosti. Vertikálne teplotné profily pre jednotlivé experimentálne miestnosti ukazujú priemerné hodnoty počas celého obdobia krátkodobých meraní. Z grafu na Obr. 15 je zrejmé, že najrovnomernejšie rozloženie teploty vo vertikálnom smere je pri stropnom sálavom chladení. Rozloženie teploty je relatívne rovnomerné aj pri stenovom chladení. Naopak, pri podlahovom chladení je na dosiahnutie žiadanej teploty v miestnosti potrebná pomerne nízka teplota podlahy. Tento negatívny efekt by sa pravdepodobne prejavil vo vyššej miere pri vyššej tepelnej záťaži (vyššia vonkajšia

teplota, solárne zisky, vnútorné tepelné zisky). To môže zvyšovať riziko nepohody užívateľov vplyvom príliš chladnej podlahy a vysokého vertikálneho rozdielu teploty vzduchu. Na druhej strane, výhoda podlahového chladenia sa môže prejavíť zvýšenou chladiacou kapacitou v prípade slnečného žiarenia cez okná priamo na podlahu. Efekt priameho slnečného žiarenia na podlahu však nebol predmetom tohto merania.



Obr. 15 Vertikálny teplotný profil v miestnostiach so sálavým chladením zo snímačov teploty Pt100 umiestnených v strede miestností

5.2 Čiastkový záver – letné obdobie

Merania parametrov tepelnej pohody v pobytovej zóne v miestnostiach s tromi typmi sálavých systémov boli vykonané aj počas letného obdobia. Vybrané parametre vnútorného prostredia boli zaznamenávané dlhodobými aj krátkodobými meraniami. Požiadavka na chladenie bola nastavená zhodne pre všetky merané miestnosti, a to 24°C, hoci túto hodnotu sa nepodarilo dosiahnuť z dôvodu nedostatočného výkonu zdroja. Z uskutočnených meraní vyplýva, že:

- Rýchlosť prúdenia vzduchu je pri sálavých systémoch nízka, neprekračuje stanovené limity a v miestnostiach nebolo riziko lokálnej tepelnej nepohody spôsobené prievanom.
- Stropné chladenie zabezpečilo rozdiel vertikálnej teploty vzduchu blízky nule, čo naznačuje homogénne tepelné prostredie a nízke riziko tepelného nepohodlia.
- Najvyšší vertikálny rozdiel teploty vzduchu bol zaznamenaný pri podlahovom chladení, čo môže viesť k riziku tepelnej nepohody, a to najmä pri vysokej tepelnej záťaži.
- Z hľadiska rozloženia teploty v miestnosti sa stenové chladenie sa v tomto prípade javí ako vhodnejšie v porovnaní s podlahovým chladením, no menej vhodné ako stropné chladenie.

6. ODPORÚČANIA, PRÍNOSY A ZÁVER

6.1 Odporúčania a prínosy pre vedu

Prínosom tejto práce pre vedu je priame porovnanie rôznych konštrukčných riešení sálavých systémov, ktoré doposiaľ nebolo na vedeckej úrovni publikované. Porovnávali sa konštrukčné parametre pomocou počítačového programu a matematického modelu. Výsledky zahŕňajú praktické odporúčania pre konštrukcie sálavých systémov hlavne v oblasti obnovovaných budov, vhodné sú však aj pre novostavby. Preukázalo sa, že sálavé systémy možno integrovať do interiérov existujúcich budov tak, aby sa dosiahli požadované vlastnosti a zároveň aby bol zásah do existujúcich konštrukcií minimálny. Výsledky sú založené na počítačových simuláciách a výskum sa nezaoberal podrobnosťami ohľadom technologického postupu inštalovania systémov. Napriek tomu možno predmetné riešenia považovať za realizovateľné v praxi, s možnosťou vykonania určitých praktických konštrukčných úprav pre jednoduchšiu inštaláciu.

Okrem toho je podstatným prínosom tejto práce pre vedu priame porovnanie rôznych typov sálavých systémov vhodných na obnovu budov pri realistických prevádzkových podmienkach, ktoré doteraz nebolo publikované. Pri overení tepelnej pohody boli porovnávané sálavé systémy – podlahový, stenový a stropný v režime vykurovania aj chladenia. Okrajové podmienky, ktoré boli v priestoroch počas merania zaznamenané, nemožno považovať za ideálne, no boli dostatočne homogénne na to, aby výsledky pre jednotlivé systémy boli porovnateľné. Zaujímavým bolo zistenie, že vertikálny rozdiel teploty vzduchu významne koreluje s rozdielom medzi teplotou steny a teplotou miestnosti. Táto závislosť sa prejavila najmä pri stenovom vykurovaní v prípade, keď stenový systém bol situovaný oproti chladnej stene a pri podlahovom chladení. To znamená, že pri zvýšených tepelných stratách (zima) či ziskoch (leto) do/z exteriéru a okolitých miestností môže vysoký výkon systému viesť k menej homogénnemu rozloženiu teploty v miestnosti.

6.2 Odporúčania a prínosy pre prax

Odporúčania a prínosy pre spoločenskú prax na základe výsledkov počítačových simulácií prenosu tepla v stavebných konštrukciách a experimentálnych meraní systémov sálavého vykurovania a chladenia možno zosumarizovať takto:

- Výsledky počítačových simulácií ukazujú, že integrovanie sálavých systémov do existujúcich konštrukcií možno uskutočniť jednoducho a efektívne použitím vhodnej konštrukcie systému pre konkrétnu situáciu. Použitím správneho prístupu možno pre už existujúcu konštrukciu získať preferované charakteristiky.
- Pri vodivom jadre (napr. železobetón) sa pre vnútornú stenu odporúča hrúbka izolácie na obmedzenie tepelných strát do nevykurovaného priestoru do 3 cm. Pri izolačnom jadre (napr. pórobetón) nie je dodatočná izolácia potrebná, alebo postačuje aj malá hrúbka (1 cm).
- Maximálny nárast výkonu na 1 cm osovej vzdialenosti medzi rúrkami sa dosiahol pri osovej vzdialenosti 6 cm. Dostatočne husté uloženie rúrok maximalizuje mernú hustotu tepelného toku vytvorením rovnomernej povrchovej teploty a zároveň skráti čas tepelnej odozvy. Z ekonomického hľadiska môže byť vhodné vyhnúť sa osovej vzdialenosti menej ako 3 cm.
- Pripevnenie roznášacieho tepelne vodivého plechu k rúrke v omietke zvýšilo výkon v rovnakej miere, ako zmenšenie osovej vzdialenosti rúrok z 10 na 6 cm (14 W/m^2 , t. j. 20 %). Pripevnenie

roznášacieho tepelne vodivého plechu k rúrke uloženej v izolácii pre kompaktnú konštrukciu viedlo k najvyššiemu výkonu zo všetkých skúmaných prípadov.

- Experimentálne porovnanie troch systémov sálavého vykurovania a chladenia (podlahový, stenový a stropný) ukázalo, že napriek tomu, že pri žiadnom zo systémov sa nepredpokladá výrazný diskomfort vplyvom rozloženia teploty v miestnosti, existujú rozdiely v rozložení teploty medzi skúmanými systémami.
- Ani v jednom z prípadov nedochádzalo k nadmernej rýchlosti prúdenia vzduchu v pobytovej zóne. Vyskytli sa rozdiely v teplote vzduchu vo vertikálnom aj horizontálnom smere, pričom vertikálne rozdiely boli najnižšie pre podlahové vykurovanie. V prípade stenového a stropného systému sa vyskytol vertikálny rozdiel teploty vzduchu maximálne okolo 2 K.
- Najväčšie vertikálne teplotné rozdiely v režime vykurovania boli zaznamenané pre stenový systém v prípade, keď stena oproti vykurovacej ploche bola ochladzovaná v dôsledku nevykurovanej vedľajšej miestnosti.
- V režime vykurovania sa vo všetkých prípadoch našla určitá závislosť medzi rozdielom teploty povrchu a miestnosti (ΔT) a vertikálnym rozdielom teploty vzduchu. Táto závislosť bola najvýraznejšia pre stenové vykurovanie v prípade, keď náprotivná stena bola ochladzovaná.
- Pri meraniach v letnom období sa zaznamenali malé vertikálne teplotné rozdiely, čo bolo čiastočne spôsobené aj skutočnosťou, že systémy v analyzovanom období pracovali pri pomerne nízkom výkone. Najmenší teplotný gradient bol zaznamenaný pre stropné chladenie.
- Napriek tomu, že vertikálny teplotný rozdiel bol pre podlahové chladenie relatívne nízky, zaznamenala sa významná závislosť medzi rozdielom teploty steny a teploty miestnosti (ΔT) a vertikálnym rozdielom teploty vzduchu. Táto závislosť naznačuje, že na dosiahnutie požadovanej teploty v ťažisku človeka treba neúmerne znižovať teplotu podlahy.

6.3 Záver

Na záver možno konštatovať, že počítačové simulácie v kapitole 3 a experimentálne merania v kapitolách 4 a 5 umožnili preskúmať možnosti uplatnenia sálavého vykurovania a chladenia pri obnove budov z dvoch hľadísk. Prvé bolo hľadisko konštrukčné, kde sa pri zvolených, pevne definovaných okrajových podmienkach, skúmali vhodné kombinácie konštrukčných parametrov sálavých systémov. Druhé bolo hľadisko kvality vnútorného prostredia, ktorá sa môže líšiť v závislosti od konštrukcie systému a jeho umiestnenia. Štúdie uvedené v tejto práci preukázali, že konštrukcia, umiestnenie a prevádzkové podmienky majú významný vplyv na výkonnostné charakteristiky sálavých systémov a pri návrhu systému v rámci obnovy treba tieto faktory vziať do úvahy. Na tento účel dizertačná práca overila vybrané výkonnostné ukazovatele jednotlivých konštrukčných variantov a poskytla konkrétne odporúčania, ktoré možno pri výbere a použití systémov uplatniť.

V budúcnosti je možné zamerať sa napríklad na podrobné rozpracovanie vplyvu konštrukčných parametrov na výkonnostné parametre systému (viac parametrov, väčší rozsah, rôzne typy systémov a pod.) a na experimentálne overenie výkonnostných ukazovateľov vybraných konštrukčných riešení. Odporúča sa merania rozšíriť na dlhšie časové obdobie a preskúmať väčší rozsah okrajových podmienok. Okrem toho sa odporúča preskúmať vplyv rozloženia vnútorných zdrojov tepla a nábytku, merať súčasne vo viacerých bodoch a vizualizovať distribúciu teploty a vzduchu pomocou CFD simulácií.

Zoznam publikovaných prác

V2 Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka

- V2_01 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Thermal comfort and indoor air quality in the Library of the Faculty of Civil Engineering STU. In *Indoor Climate of Buildings 2019 [elektronický zdroj] : Energy Management for better Indoor Environment. Nový Smokovec, Slovakia, 8. - 11. December 2019*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, CD-ROM, s. 37-42. ISBN 978-80-89878-55-0. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_02 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Zabezpečenie kvality vnútorného prostredia ako hlavná úloha energetického manažmentu. In *Vykurovanie 2020 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 28. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Klimatické zmeny a inovácie pri zásobovaní budov teplom. Podbanské, Vysoké Tatry, 10. - 14. február 2020*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2020, CD-ROM, s. 353-358. ISBN 978-80-89878-58-1. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_03 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Kvalita tepelného prostredia pri prevádzke budov. In *Facility management 2020. Covid-19 a bezpečné prostredie budov [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 18. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. 28. - 29. 9. 2020, Štrbské Pleso, SR*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2020, USB kľúč, s. 73-76. ISBN 978-80-89878-63-5. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_04 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIMKO, Martin - ŠIKULA, Ondřej. Designing a radiant wall cooling system with pipes located in inner plaster - first results. In *E-nova 2020 [elektronický zdroj] : Internationale Konferenz. Technologie- und Klimawandel. Energie-Gebäude-Umwelt. 26. und 27. November 2020*. 1. vyd. Graz : Leykam Buchverlagsgesellschaft, 2020, USB kľúč, s. 493-499. ISBN 978-3-7011-0460-4. Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_05 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Vplyv komfortnej teploty v budovách na spotrebu energie. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 30th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 14th 2020, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 278-282. ISBN 978-80-227-5052-3. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_06 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia klimatizovaných budov. In *Vzduchotechnika 2020 : zborník prednášok z 20. ročníka medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Dobrý vzduch si uvedomíme až vtedy, keď ho nemáme... 26. - 27. október 2020, Nový Smokovec - Vysoké Tatry*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2020, S. 10-13. ISBN 978-80-89878-64-2. Kategória publikácie do 2021: AFD

- V2_07 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Výpočet dávky vzduchu pre nebytové priestory, alebo koľko vzduchu treba na vetranie kancelárií? In *Vzduchotechnika 2020 : zborník prednášok z 20. ročníka medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Dobrý vzduch si uvedomíme až vtedy, keď ho nemáme... 26. - 27. október 2020, Nový Smokovec - Vysoké Tatry*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2020, S. 34-39. ISBN 978-80-89878-64-2.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_08 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Zabezpečenie vnútornej tepelnej pohody a jej vplyv na energetickú náročnosť budovy. In *Zborník abstraktov z 31. ročníka vedeckej konferencie Vnútorná klíma budov 2020 : vnútorné prostredie budov, 1.-2. december 2020, online*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2020, S. 25-26. ISBN 978-80-89878-68-0.
Kategória publikácie do 2021: AFH
- V2_09 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Parametre vnútorného prostredia na zabezpečenie tepelnej pohody pri prevádzke budov. In *Vykurovanie 2021 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 29. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Alternatívne zdroje energie pre budovy s takmer nulovou potrebou energie. Horný Smokovec, Vysoké Tatry, 21. - 25. jún 2021*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2021, CD-ROM, s. 375-378. ISBN 978-80-89878-72-7.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_10 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Ako vplýva tepelný komfort na energetickú náročnosť budovy? In *Facility management 2021. Energetické úspory verzus zdravie a bezpečnosť [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 19. vedecko-odbornej konferencie so zahraničnou účasťou. 27. - 28. 9. 2021, Štrbské Pleso, SR*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2021, USB kľúč, s. 93-98. ISBN 978-80-89878-78-9.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_11 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Komfortná teplota v budovách a jej vplyv na energetickú náročnosť. In *Meranie a rozpočítanie tepla 2021 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 20. konferencie s medzinárodnou účasťou. Senec, SR, 4. - 5. november 2021*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2021, USB kľúč, s. 87-92. ISBN 978-80-89878-84-0.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_12 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Optimalizácia sálavých systémov. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 31st Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 13th 2021, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2021, CD-ROM, s. 233-241. ISBN 978-80-227-5150-6.
Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_13 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Vplyv optimalizácie sálavých systémov na vnútorné prostredie budov. In *Vnútorná klíma budov 2021 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 32. ročníka vedeckej konferencie na tému COVID-19 je stále tu. On-line konferencia, 6. - 7.*

december 2021. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2021, USB kľúč, s. 171-176. ISBN 978-80-89878-86-4.

Kategória publikácie do 2021: AFD

- V2_14 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Úprava návrhu systému sálavého vykurovania pre rekonštrukciu kancelárií. In *Vykurovanie 2022 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 30. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Čistá energia pre modrý vzduch a zelenú prírodu. Horný Smokovec, 14. - 18. február 2022*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2022, USB kľúč, s. 475-481. ISBN 978-80-89878-88-8. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_15 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIKULA, Ondřej - ARICI, Müslüm - ŠIMKO, Martin. Návrh a optimalizácia konštrukcie sálavých systémov pri rekonštrukciách budov. In *Obnoviteľné zdroje energie 2022 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 20. vedecko-odbornej konferencie na tému "Znižovanie emisií skleníkových plynov". 16. - 17. máj 2022, Nový Smokovec*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2022, USB kľúč, s. 167-174. ISBN 978-80-89878-92-5. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_16 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Metodika výpočtu dávky vzduchu pre nebytové priestory podľa rôznych predpisov. In *Zborník prednášok z 21. ročníka vedecko-odbornej konferencie Vzduchotechnika 2022 [elektronický zdroj] : hybridné zdroje energie pre vetranie. 9. - 10. jún 2022, Podbanské*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2022, USB kľúč, s. 25-30. ISBN 978-80-89878-94-9. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_17 JUNASOVÁ, Barbora - ŠIKULA, Ondřej - KRAJČÍK, Michal - ARICI, Müslüm - ŠIMKO, Martin. Adjusting the design of a radiant heating system for office retrofit. In *CLIMA 2022 [elektronický zdroj] : proceedings of the 14th REHVA HVAC World Congress, 22-25 May 2022, Rotterdam*. 1. vyd. Delft : TU Delft OPEN Publishing, 2022, online, s. 1400-1406. ISBN 978-94-6366-564-3. V databáze: DOI: 10.34641/mg.33. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_18 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIKULA, Ondřej - ARICI, Müslüm - ŠIMKO, Martin. Úprava návrhu systému sálavých systémov ako úloha energetického manažmentu. In *Facility management 2022. Podpora BIM pre správu budov [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 20. vedecko-odbornej medzinárodnej konferencie. 29. - 30. 9. 2022, Nový Smokovec*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2022, USB kľúč, s. 103-110. ISBN 978-80-89878-98-7. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_19 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIKULA, Ondřej - ARICI, Müslüm - ŠIMKO, Martin. Adapting the construction of radiant systems for building reconstructions. In *Indoor Climate of Buildings 2022 [elektronický zdroj] : Healthy Built Environment and Energy Security. Nový Smokovec, Slovakia, 4. - 6. December 2022*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2022, USB kľúč, s. 145-155. ISBN 978-80-8284-004-2. Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_20 JUNASOVÁ, Barbora. Optimalizácia systémov sálavého vykurovania a chladenia v obnovovaných budovách. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*

[elektronický zdroj] : 32nd Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 26th 2022, Bratislava, Slovakia. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2022, CD-ROM, s. 210-217. ISBN 978-80-227-5251-0.

Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD

- V2_21 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Posúdenie parametrov tepelnej pohody v miestnostiach so sálavým vykurovaním: potenciál pre výskum. In *Vykurovanie 2023 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 31. medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Energetické koncepcie a bezpečnosť zásobovania teplom. 20. - 24. marec 2023, Horný Smokovec*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2023, USB kľúč, s. 449-456. ISBN 978-80-8284-006-6.

Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD

- V2_22 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIMKO, Martin - PETRÁŠ, Dušan. Parametre vnútorného prostredia v priestoroch so sálavými systémami vykurovania a chladenia. In *Zborník prednášok z 22. ročníka vedecko-odbornej konferencie Vzduchotechnika 2023 [elektronický zdroj] : budúcnosť vetrania, klimatizácie a chladenia. 8. - 9. jún 2023, Vysoké Tatry, Nový Smokovec*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2023, USB kľúč, s. 127-132. ISBN 978-80-8284-014-1.

Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: AFD

V3 Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu

- V3_01 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Porovnanie spôsobov výpočtu dávky vzduchu pre nebytové priestory. In *TZB Haustechnik*. Roč. 28, č. 2 (2020), s. 46-48. ISSN 1210-356X. Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_02 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Porovnaní způsobů výpočtu dávky vzduchu: Kolik vzduchu je třeba na větrání kanceláři? In *TZB Haustechnik*. Roč. 14, č. 2 (2020), s. 14-16. ISSN 1803-4802. Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_03 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Požadavky na tepelnú pohodu a kvalitu vzduchu v učebných priestoroch. In *TZB Haustechnik*. Roč. 28, č. 4 (2020), s. 36-39. ISSN 1210-356X. Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_04 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí z hlediska energetického managementu. In *TZB Haustechnik*. Roč. 15, č. 1 (2021), s. 14-15. ISSN 1803-4802. Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_05 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIMKO, Martin. Akú vnútornú teplotu treba zabezpečiť pri energetickom manažmente budov? In *TZB-info.cz [elektronický zdroj]*. Roč. 23, č. 43 (2021), online, [8] s. ISSN 1801-4399. Kategória publikácie do 2021: ADE

- V3_06 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIKULA, Ondřej - ARICI, Müslüm - ŠIMKO, Martin. Adapting the construction of radiant heating and cooling systems for building retrofit. In *Energy and buildings*. No. 268 (2022), [15] s., art. no. 112228. ISSN 0378-7788 (2022: 6.700 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.608 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85131787267 ; CC: 000833423300006 ; DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112228.
Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADC
- V3_07 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIKULA, Ondřej - ARICI, Müslüm - ŠIMKO, Martin. Prispôsobenie konštrukcie systémov sálavého vykurovania a chladenia pri rekonštrukciách budov. In *TZB Haustechnik*. Roč. 30, č. 4 (2022), s. 42-45. ISSN 1210-356X.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_08 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Vliv materiálů obvodové konstrukce na výkon stěnového systému s trubkami ve vnitřní omítce. In *TZB Haustechnik*. Roč. 15, č. 1 (2021), s. 52-56. ISSN 1803-4802.
Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_09 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Vplyv materiálu tepelnej izolácie na výkon stenového systému s tepelne aktivovaným betónovým jadrom. In *Eurostav*. Roč. 27, č. 4 (2021), s. 16-21. ISSN 1335-1249.
Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_10 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Suché nebo mokré? Jaké stěnové sálavé systémy pro vytápění a chlazení budov vybrat? In *TZB Haustechnik*. Roč. 15, č. 2 (2021), s. 18-21. ISSN 1803-4802.
Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_11 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Výkon stěnového systému s tepelně aktivovaným betonovým jádrem s rozličnou tepelnou izolací. In *TZB Haustechnik*. Roč. 15, č. 3 (2021), s. 24-27. ISSN 1803-4802.
Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_12 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Alternativy stenových sálavých systémov pre budovy. In *Plynár - vodár - kúrenár + klimatizácia*. Roč. 19, č. 6 (2021), s. 17-21. ISSN 1335-9614.
Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_13 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Výkon stenového systému vzhľadom na rôznu materiálovú skladbu obvodovej konštrukcie. In *Eurostav*. Roč. 27, č. 12 (2021), s. 10-15. ISSN 1335-1249.
Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_14 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Výkony sálavých systémov v režime vykurovania i chladenia. In *Eurostav*. Roč. 28, č. 3 (2022), s. 25-29. ISSN 1335-1249.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_15 ŠIMKO, Martin - JUNASOVÁ, Barbora. Porovnání výkonů stěnového, stropního a podlahového sálavého systému. In *TZB Haustechnik*. Roč. 16, č. 1 (2022), s. 10-13. ISSN 1803-4802.
Typ výstupu: článok; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: ADE

O2 Odborný výstup publikačnej činnosti ako časť knižnej publikácie alebo zborníka

- O2_01 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal. Optimálna teplota v obytných budovách a jej vplyv na potrebu tepla. In *Komplexná obnova bytových domov 2020. Bezpečnosť a zdravie v domácnostiach : zborník zo XIV. medzinárodnej odbornej konferencie. Bratislava, SR, 19. - 20. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2020, S. 40-43. ISBN 978-80-973813-1-8.
Kategória publikácie do 2021: BEF
- O2_02 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIMKO, Martin - ŠIKULA, Ondřej. Designing radiant systems for building retrofit. In *E-nova 2021/22 [elektronický zdroj] : Internationale Konferenz. Green Deal. Energie-Gebäude-Umwelt. Pinkafeld, 01./02. Juni 2022*. 1. vyd. Wien : Verlag Holzhausen, 2021, USB kľúč, s. 275-282. ISBN 978-3-903207-64-6.
Typ výstupu: príspevok z podujatia; Výstup: zahraničný; Kategória publikácie do 2021: BEE

O3 Odborný výstup publikačnej činnosti z časopisu

- O3_01 JUNASOVÁ, Barbora - KRAJČÍK, Michal - ŠIMKO, Martin. Kompromis medzi tepelnou pohodou a potrebou energie pre budovy. In *Správa budov*. Roč. 16, č. 2 (2022), s. 38-39. ISSN 1337-6233.
Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: BDF