

Ing. Lenka PROKŠOVÁ ZUSKÁ¹⁾,²⁾
doc. Ing. Michal KABRHEL, Ph.D.¹⁾

¹⁾ ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Katedra technických zařízení
budov

²⁾ Státní zdravotní ústav, Praha

Měření a hodnocení tepelně-vlhkostního mikroklimatu v budově s velkoprostorovými kanceláři a klimatizačním systémem indukčních jednotek

Measurement and Evaluation of Thermal-Humidity Microclimate in Building with Open-Space Offices and Air Conditioning System with Induction Units

Recenzent
prof. Ing. František Drkal, CSc.

Studie se zabývá měřením mikroklimatických (vnitřních klimatických) parametrů a dotazníkovým šetřením ve velkoprostorových kancelářích. Je popsána budova, klimatizační systém a parametry, které byly v prostoru zjišťovány. Práce ukazuje problémy spojené s hodnocením tepelně-vlhkostního mikroklimatu dle subjektivních pocitů přítomných osob. Je úvodní prací pro analýzu objektivního a subjektivního hodnocení v oblasti nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu.

Klíčová slova: velkoprostorové kanceláře, tepelně-vlhkostní mikroklima, subjektivní hodnocení, měření, klimatizační systém s indukčními jednotkami

The study deals with the measurement of microclimatic (indoor climatic) parameters and questionnaire survey in open-space offices. It describes the building, the air conditioning system and the parameters that have been assessed in the space. The paper shows the problems associated with the assessment of the thermal-humidity microclimate according to the subjective feelings of the occupants. It is an introductory work to the analysis of objective and subjective assessment in the space with uneven thermal-humidity microclimate.

Keywords: open-space offices, thermal-humidity microclimate, subjective assessment, measurement, air-conditioning system with induction units

ÚVOD

Zajištění optimálních podmínek pro pracovníky ve velkém prostoru, s řadou pracovních míst a přístrojovým vybavením, nebývá snadný úkol. Konkrétně mluvíme o administrativních budovách s kanceláři typu open space, tj. velkoprostorovými kanceláři (open-plan offices). Obvykle se s nimi setkáme ve firmách zaměřených na IT technologie, v projekčních kancelářích, účtárnách, bankách či call centrech. Tento typ kanceláří je oblíben pro údajnou ekonomickou úsporu (energie a prostor), kdy je možné na stejnou plochu umístit více zaměstnanců než při využívání klasických menších místností pro jednu až tři osoby. Prostředí velkoprostorových kanceláří je možné flexibilně měnit podle potřeby firmy, lze dosáhnout větší výkonnosti a snazšího předávání informací, je možná větší kontrola pracovníků.

K negativům těchto prostorů patří ztráta soukromí a z toho plynoucí obtížnější koncentrace zaměstnanců na práci. V mnoha případech se objevují další problémy a stížnosti týkající se osvětlení, hluku a nevhodné teploty prostředí nebo nedostatečné funkce větracího či klimatizačního zařízení. Jak vyplývá z předchozích studií o mikroklimatu v open space kancelářích [2], nejčastěji si pracovníci stěžují právě na špatnou tepelnou pohodu a hluk.

LEGISLATIVA VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU V OPEN SPACE KANCELÁŘÍCH

O velkoprostorových kancelářích můžeme hovořit v případě, že se jedná o 11 a více pracovišť na jednom místě, chodby jsou nahrazeny komunikačními koridory, které jsou součástí prostoru kanceláře. Další doporučení a kritéria jsou k nalezení v normě Administrativní budovy a prostory [8].

Na vnitřní prostředí má vliv orientace a konstrukce budovy, velikost prosklených ploch, ale i způsob užívání. Důležitá je spolupráce všech dotčených stran v projekční fázi budovy. V mnoha případech se problémem do budoucna může stát změna užívání objektu, který původně nebyl zamýšlen jako administrativní prostor. Pokud dochází ke změně majitele nebo uživatele prostoru, která je doprovázena změnou interiéru, může to s sebou nést komplikace. Málokdy se bohužel stává, že na tyto změny navazují změny vzduchotechnického systému [4].

V hodnocení vnitřního prostředí se rozlišuje legislativa pro prostředí pracovní a pobytové místnosti nebytových a bytových druhů staveb. Pro pracovní prostředí v ČR platí nařízení vlády č. 93/2012 Sb. [6] obsahující jejich zařazení do kategorií práce dle energetického výdeje. Pro administrativní práci platí třída I (výjimečně IIa). Jedná se o práci s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, ale s vysokou duševní činností. V příloze uvedeného nařízení jsou uvedeny tabulky pro pracoviště uvnitř budov na přirozeně větraném pracovišti a na pracovišti, kde je použito kombinované nebo nucené větrání. Požadavky na optimální tepelně-vlhkostní podmínky (výsledná teplota t_g či operativní teplota t_o , rychlost proudění vzduchu v_a) pro pracoviště uvedeny v tabulkách nejsou (zrušeno předcházejícím zněním vyhlášky), ale jsou zde podmínky celoročně přípustné. Pro třídu I (energetický výdej $\leq 80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) je minimální požadavek na operativní teplotu $t_{o,\min} = 20^\circ\text{C}$ (tj. i na výslednou teplotu $t_{g,\min}$) a maximální hodnota je $t_{o,\max} = 27^\circ\text{C}$. Samostatně jsou řešena pracoviště klimatizovaná z důvodu zajištění optimální pohody v prostředí. Další tabulky uvedené v nařízení vlády se týkají nerovnoměrné složky tepelného mikroklimatu, kde je zaveden parametr stereoteplota t_{st} . Veličina stereoteplota t_{st} je měřena pomocí přístroje stereoteploměr [3].

Dalším důležitým faktorem, dle předpisů [6], [7] a [9], je požadavek na provětrání celého prostoru požadovaným množstvím vzduchu bez obtěžujícího průvanu. Avšak toto lze v projekční fázi, tj. bez znalosti budoucí

ho rozmístění nábytku a pracovních míst, jen velmi těžko zajistit. Právě nadměrné, nebo naopak nedostatečné proudění vzduchu je jedním z rozhodujících faktorů pro pocit tepelného komfortu či diskomfortu pracovníků, a to i v případě, že do prostoru je přiváděno dostatečné množství větracího vzduchu o optimální teplotě.

PŘÍPADOVÁ STUDIE BUDOVY S VELKOPROSTOROVÝMI KANCELÁŘEMI

Měření probíhalo ve čtyřpodlažní administrativní budově v Mladé Boleslavi. V roce 2005 prošel objekt rekonstrukcí, která zahrnovala změnu hlavních vstupů, výměnu výtahů, rozšíření kapacity jídelny a přístavbu 4. nadzemního podlaží (NP) na stávající konstrukci budovy (dříve se jednalo o třípodlažní objekt). Dále byla navržena a zrealizována nová vzduchotechnika, včetně chlazení. Vnitřní uspořádání prostoru 3. NP a 4. NP je formou velkoprostorových kanceláří (obr. 1). Budova má zdvojená vysoká okna a na vyšetřovaných patrech lze otevřít cca každé 4. okno, ostatní jsou blokována. Ve 4. NP se uprostřed půdorysu nachází velký světlík. Žaluzie na oknech i světlíku umožňují pracoviště zastínit. 3. NP a 4. NP je propojeno ve středové části shora prosvětleným atriem (navazujícím na světlík), okolo kterého jsou soustředěny kancelářské vedení a sekretariátu. Kancelářské plochy jsou doplněny o hygienická zařízení dimenzovaná a umístěná dle platných hygienických předpisů, kuchyňky a místnosti s TZB.

Dodávku požadovaného minimálního množství větracího vzduchu do prostoru zajišťují dvě vzduchotechnické jednotky ve venkovním provedení umístěné na střeše objektu. Odvod vzduchu je proveden v podhledu odsávacími výústkami, které jsou koncentrovány do jižního a severního rohu uvedených podlaží.

Pro odvod tepelné zátěže jsou v rovině podhledu instalovány chladicí indukční trávce (dále jen CHIT; lze se setkat i s označením „chladicí trámy“ z anglického doslovného překladu „chilled beams“, CHB). CHIT mají půdorysné rozměry 600 × 3000 mm a 600 × 2400 mm. Pro chlazení je užitá kompaktní chladicí jednotka se vzduchem chlazenými kondenzátory pro venkovní provedení s celoročním provozem. Chladicí výkony jsou 350 kW pro jihozápadní část objektu a 284 kW pro jeho severovýchodní část. Ve výměnících je chladicí voda o parametrech 16/20 °C. Měření probíhalo ve 3. NP a 4. NP, kde je chlazení spínáno na základě teplotních čidel umístěných cca 1,6 až 1,7 m nad podlahou. Celkem je v každém z uvedených pater regulováno 9 sekcí s CHIT a spínání chlazení je nastaveno pro každou z nich při záznamu teploty vzduchu, prostřednictvím teplotních čidel, o hodnotě $t_a = 24$ °C. Výkony jsou regulovány dvoucestnými regulačními ventily, které regulují jednotlivé sekce, viz obr. 2.



Obr. 1 Velkoprostorové kanceláře ve 4. NP a pohled na strop s chladicími trávci
Fig. 1 Open-plan office in 4th floor and a view of the ceiling with cooling beams



Obr. 2 Půdorys 3. NP s vyznačenými sekcemi CHIT (v sekci „7“ je vyznačeno schéma jedné z regulovaných větví systému)

Fig. 2 Floor plan of 3rd floor with highlighted chilled beams (CHB) sections (in section “7” is indicated a diagram of one of the controlled branches of the system)

V zimním období jsou k vytápění užitá desková otopná tělesa umístěná pod okny. V blízkém okolí budovy se nachází kotelna s výměníkovou stanicí napojenou na dálkový rozvod vytápění.

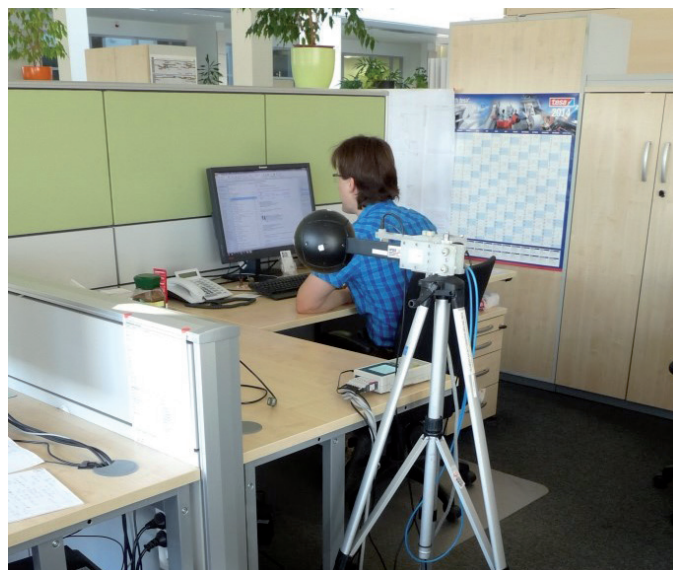
MĚŘENÍ VE ZKOUMANÉM OBJEKTU

Fyzikální parametry prostředí – objektivní měření

Objektivní hodnocení spočívalo v měření fyzikálních veličin uvnitř objektu ve 3. a 4. NP. Veličiny, které byly zaznamenávány na 8 měřicích místech: teplota vzduchu t_a [°C], rychlost proudění vzduchu v_a [m.s⁻¹], relativní vlhkost vzduchu RH [%]; na 2 měřicích místech: stereoteplota t_{st} [°C], výsledná teplota (teplota kulového teploměru) t_g [°C]. Poslední dvě jmenované veličiny byly měřeny na obou měřicích místech kulovými stereoteploměry (k dispozici byly dva stereoteploměry).

Poznámka: Kulovým stereoteploměrem lze zaznamenat stereoteplotu i výslednou teplotu (teplotu kulového teploměru) t_g . Pro tuto přednost byl stereoteploměr použit k měření obou teplot. Objektivním měřením stereoteploty v daném prostoru se ověřuje použití tohoto přístroje v praxi, viz obr. 3 (podrobné vyhodnocení není součástí této práce).

Další veličiny, které jsou k dispozici pro pozdější vyhodnocení: teplota venkovního vzduchu t_e [°C] (teplota měřena provozovatelem v areálu, kde se objekt nachází) a teplota čidel pro regulaci vzduchotechniky a chlazení v objektu (každé čidlo ovládá různě velkou sekci zapojených chladicích trávců, viz obr. 2).



Obr. 3 Sestava se stereoteploměrem na jednom z měřicích míst

Fig. 3 Setup with stereothermometer at one of the measuring places

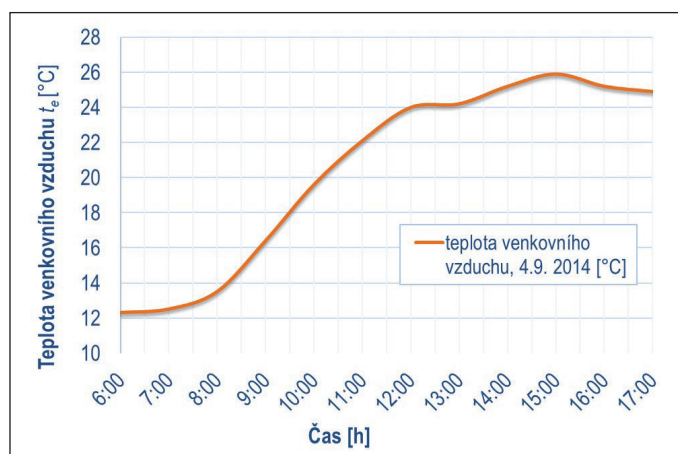
Dotazníky – subjektivní hodnocení

Pro hodnocení subjektivního pocitu zaměstnanců byly vytvořeny anonymní dotazníky. Dotazníkové šetření bylo zaměřeno především na otázky ohledně tepelně-vlhkostního mikroklimatu v pracovním prostředí. Průzkum byl uskutečněn během běžného provozu v budově, v letním období r. 2014 ve 3. NP a v zimním období r. 2015 ve 3. NP a 4. NP. V každém patře pracuje cca 200 zaměstnanců, kteří vykonávají především kancelářskou práci vsedě u počítače, dále se jedná o management nebo administrativní práce (třída práce I, výjimečně IIa, viz [6]). Dotazníky byly vyplněny zaměstnanci v průběhu objektivních měření přístroji. Dotazník obsahuje celkem 26 dotazů. Oblasti dotazů byly: hlavní informace (věk, pohlaví, druh práce, čas strávený na pracovním místě atd.), zdravotní charakteristika, tepelný komfort pracovníků – jejich celkový a místní diskomfort, oblečení, prostor pro další vyjádření atd.

Jak již bylo výše zmíněno, měření proběhlo v zimním a letním období. Pro každé období pro účely toho průzkumu byl zvolen referenční den, ve kterém probíhala jak objektivní měření, tak subjektivní hodnocení. Výsledky z těchto referenčních dnů jsou k náhledu v následujícím textu.

Dotazníky pro letní období

Pro letní období byl vybrán referenční den 4. 9. 2014 (čtvrtek). Teplota venkovního vzduchu v průběhu měření dosahovala k hodnotě $t_e = 26^\circ\text{C}$ (viz obr. 4). Toho dne byly dotazníky rozdány zaměstnancům v okolí měřících bodů ve 3. NP. V každém měřícím bodě byly umístěny datalogger a ve dvou bodech byly navíc umístěny sestavy se stereoteploměrem. Znamená to, že v půdorysu byly vždy umístěny dvě sestavy ve složení: 1× stereoteploměr společně s dalšími měřícími čidly (proudění vzduchu,



Obr. 4 Teplota venkovního vzduchu: referenční den 4. 9. 2014 v letním období
Fig. 4 Outdoor air temperature: reference day 4th September 2014 in summer season



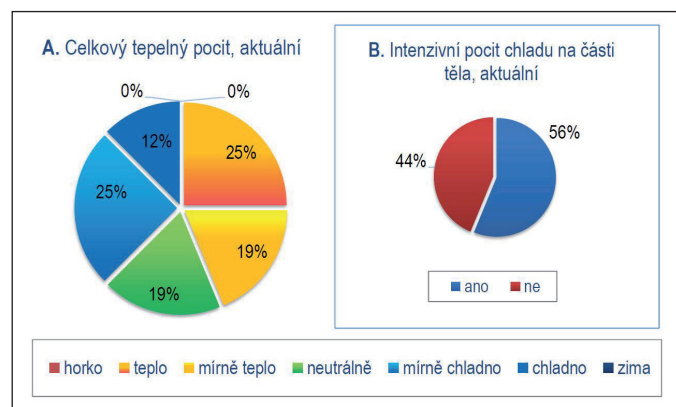
Obr. 5 Subjektivní hodnocení pocitové teploty uvnitř budovy za poslední měsíc na pracovišti: referenční den v letním období

Fig. 5 Subjective assessment of the indoor sensation temperature inside the building during the latest month at the workplace: reference day in summer season

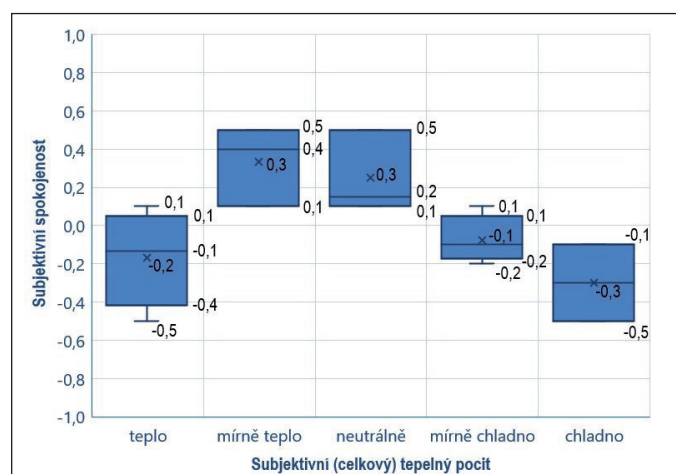
teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu). Z rozdaného počtu 22 dotazníků okolo měřících míst jich 16 bylo zpět vráceno vyplněných (vyplnilo je 6 žen a 10 mužů, pro toto hodnocení se tedy jedná o zpětnou návratnost 72 % vyplněných dotazníků). Průměrný věk je 41 let a dotazovaní pracují v objektu průměrně 5 let. Na pracovním místě tráví cca 8 hodin denně a jedná se o práci třídy I.

Graf na obr. 5 shrnuje odpovědi na otázku: „Byl/a jste v posledním měsíci obtěžován/a následujícími jevy na Vašem pracovišti?“ Hodnocena byla pocitová teplota dotazovaných – dále jen „teplota“. Horní škála ukazuje výsledky obtěžujícího jevu v podobě „teplota v místnosti příliš vysoká“ a dolní škála ukazuje subjektivní jev „teplota v místnosti příliš nízká“. Možnosti odpovědi byly následující: „Ne, nikdy“; „Ano, občas“; „Ano často (každý týden)“; „Ano, denně“. Výsledky ukazují, že lidé pociťovali za poslední měsíc na pracovišti chlad – zastoupený vysokým procentem odpovědí ano, s dovětkem, jak je vidno v dolní škále (až 94 % kladných odpovědí). Z toho 19 % zaměstnanců uvedlo, že cítí příliš nízkou teplotu každý den. Příliš vysokou teplotu vůbec nezaznamenalo během posledního letního měsíce celkem 38 % dotazovaných.

Dotazníky byl dále zjišťován aktuální tepelný pocit, a to použitím stupnice sedmi tepelných pocitů [10]. Odpovědi jsou zázorněny v grafech na obr. 6. Část A zobrazuje výsledky pro aktuální celkový tepelný pocit. Nejvyšší podíl zaujímá s 25 % mírně chladný pocit a 25 % pocit tepla, 19 %

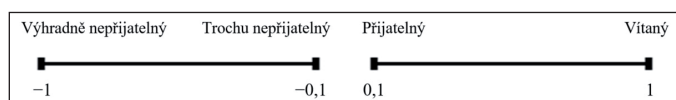


Obr. 6 Referenční den v letním období: část A – aktuální subjektivní (celkový) tepelný pocit; část B – aktuální tepelný diskomfort na části těla dotazovaného
Fig. 6 Reference day in summer season: part A – current subjective (overall) thermal sensation; Part B – current thermal discomfort on a body part of the respondent



Obr. 7 Referenční den v letním období: přijatelnost subjektivního (celkového) tepelného pocitu

Fig. 7 Reference day in summer season: acceptability of subjective (overall) thermal sensation



Obr. 8 Stupnice přijatelnosti pocitu (subjektivní spokojenosti) určená k vyznačení odpovědi

Fig. 8 Satisfaction scale (subjective satisfaction) designed to indicate the response

zaměstnanců odpovědělo, že se cítí neutrálně, 19 % uvedlo pocit mírného tepla a 12 % dotazovaným je chladno. Na grafu lze vidět, že zde není zastoupen extrém v podobě velmi vysoké či velmi nízké teploty. Část B na obr. 6 shrnuje odpovědi na otázku: „Cítíte nyní intenzivní pocit chladu na některé z částí Vašeho těla?“ Tento pocit chladu na některé z částí těla zaznamenalo 56 % dotazovaných. Zaměstnanci měli také možnost vyplnit, o jaké části těla se jedná. Mezi odpověďmi zaznívala nejčastěji oblast hlavy, ramen, zátylku a chodidel.

Graf na obr. 7 (a dále i na obr. 13) se nazývá krabicový graf a používá se v popisné statistice pro grafické rozložení dat pomocí kvartilů. Střední „krabicová“ část je shora ohraničena horním kvantilem (Q_{75}), zdola dolním kvantilem (Q_{25}) a mezi nimi se nachází linie vymezující medián (Q_{50}). Kvartily jsou hodnoty, které dělí soubor na čtyři části, z nichž každá obsahuje 25 % jednotek. Křížkem uprostřed boxů je značena hodnota aritmetického průměru hodnot. Tento graf také obsahuje linie, které vycházejí ze střední části diagramu kolmo nahoru a dolů, tzv. vousy, vyjadřující variabilitu dat nad horním a pod spodním kvantilem.

V tomto případě (obr. 7) byla zjišťována subjektivní spokojenost zaměstnanců s aktuálními tepelnými pocity (teplo; mírně teplo; neutrálně; mírně chladno; chladno). Položená otázka o spokojenosti pracovníků zněla: „Jak přijatelný je pro Vás výše uvedený celkový (tepelný) pocit v tuto chvíli?“ Dotazovaní měli svou odpověď vyznačit číselnými hodnotami na stupnici, která je zobrazena na obr. 8.

Na základě výsledku rozložení výsledných hodnot přijatelnosti lze z grafu na obr. 7 vyčíst, že nejméně přijatelné byly pro dotazované pocity „teplo“ a „chladno“. Např. pro hodnoty krabicového grafu „teplo“ jsou hodnoty horního kvantilu $Q_{75} = 0,1$, dolního kvantilu $Q_{25} = -0,4$. Medián $Q_{50} = -0,1$ (odpovídá hodnotě „trochu nepříjemný“) a aritmetický průměr je roven hodnotě $-0,2$.

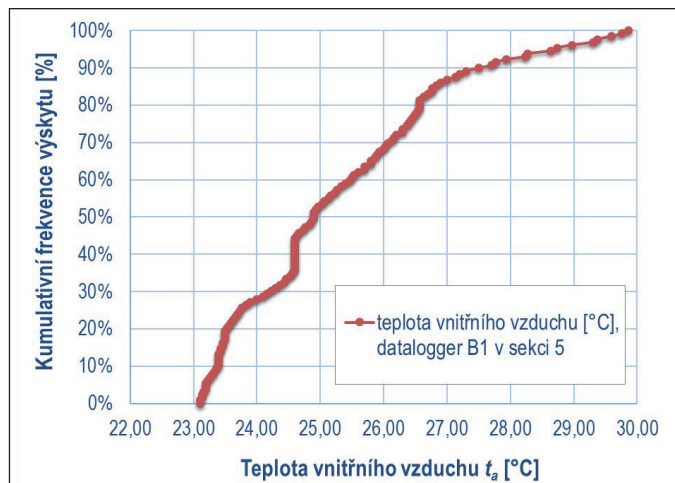
Objektivní měření přístroji ve 3. NP je popsáno v následujícím textu. Jak již bylo zmíněno, dotazovaní seděli v okolí měřicích míst. Tab. 1 ukazuje

Tab. 1 Naměřené rozsahy veličin v okolí měřicích míst během letního referenčního dne
Tab. 1 Measured ranges of quantities at the places of measurement during the summer reference day

Označení sestavy	Umístění sestavy	Teplota vzduchu t_a [°C]	Výsledná teplota t_g [°C]	Relativní vlhkost RH [%]	Rychlost proudění vzduchu v_a [m.s ⁻¹]
stereo C	sekce 1	22,5 – 26,2	22,2 – 25,7	42 – 52	0,01 – 0,27
stereo S	sekce 3	21,6 – 25,5	21,6 – 25,7	52 – 54	0,01 – 0,19

naměřené rozsahy hodnot během vybraného referenčního dne. Dvě sestavy stereotermometrů, které byly umístěny na pracovišti, jsou označeny jako „stereo C“ a „stereo S“.

Ve 3. NP bylo dále umístěno 8 dataloggerů (záznam teploty t_a a vlhkosti RH). Statistiku měření teploty vnitřního vzduchu t_a lze nalézt v tab. 2, kde jsou dataloggery značeny následovně: A1 až A4 a B1 až B4. Tato statistika ukazuje, že ve všech případech došlo k podkročení teploty vnitřního vzduchu $t_a = 23,5$ °C (požadované v [6]). U měřicího místa A4 (sekce 9) k tomu došlo ve 100 % případech. Jedná se o uzavřenou kancelář managementu, kde byl termostát nastaven podle teplotních preferencí jednotlivce. Místo měření A3 (taktéž v sekci 9) je sekretariát, kde



Obr. 9 Kumulativní frekvence (percentil) výskytu teploty vnitřního vzduchu v sekci 5 dne 4. 9. 2014 v pracovní době (6–17 h)

Fig. 9 Cumulative frequency (percentile) of indoor air temperature in section 5 on 4th September 2014 during the working hours (6–17 h)

Tab. 2 Statistika teploty vnitřního vzduchu – měřeno dataloggery v letní referenční den

Tab. 2 Indoor air temperature statistics – measured by dataloggers in summer reference day

Statistické údaje	Místa měření (8 × N = 132)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	7	3	9	9	5	1	5	4
Průměr t_a [°C]	23,3	24,3	23,7	22	25,3	24,9	25	23,7
Min / Max [°C]	21,6 / 24,3	21,5 / 26,0	21,7 / 25,4	21,3 / 22,7	23,1 / 30,1	22,8 / 25,4	23,1 / 26,1	21,6 / 25,5
Medián [°C]	23,6	24,6	23,8	22	24,9	25,2	25,3	23,6
Směrodatná odchylka [°C]	0,87	1,37	1,26	0,45	1,68	0,69	0,89	1,2
Střední chyba průměru [°C]	0,07	0,12	0,109	0,04	0,14	0,06	0,08	0,1
95% interval spolehlivosti [°C]	23,1 – 23,4	24,1 – 24,6	23,4 – 23,9	21,9 – 22,07	25,0 – 25,5	24,7 – 25,0	24,9 – 25,2	23,5 – 24,0
Frekvence překročení $t_a = 26$ °C, uvedeno v [%]	0	0	0	0	34	0	9	0
Frekvence podkročení $t_a = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	44	23	42	100	16	6	9	44

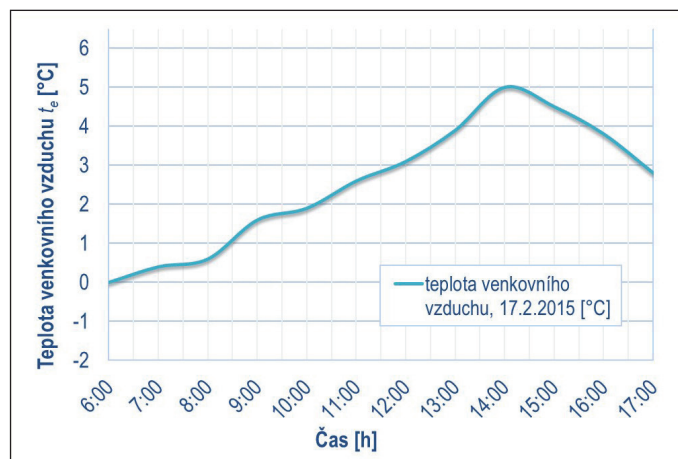
sedí pouze jedna osoba. Tento sekretariát se nachází v prostoru před výše zmíněnou kancelář (místo měření A4, sekce 9). V dalších případech se vždy jednalo o měření ve velkých sekcích CHIT, kde sedí cca 30 až 40 osob (viz obr. 2). Pro místo měření B1 (sekce 5) je na obr. 9 k náhledu graf, ze kterého byly odečteny hodnoty percentilů (poměrného počtu hodnot nižších, než je daná hodnota). Na tomto místě byla v 34 % případů naměřena vyšší teplota vnitřního vzduchu než $t_a = 26^\circ\text{C}$. Dále je třeba zmínit, že hodnoty v tab. 1 a tab. 2 jsou hodnoceny v pracovní době zaměstnanců – časové rozmezí pobytu lidí v kancelářích bylo určeno od 6.00 do 17.00 hod.

Dotazníky pro zimní období

Pro zimní období byl zvolen referenční den 17. 2. 2015. Měření proběhlo ve 3. NP a částečně i ve 4. NP, ale pro porovnání s letním obdobím zde uvádíme jen měření ze 3. NP. Dotazníky byly rozeslány pověřeným pracovníkem na jednotlivá oddělení a odtud distribuovány zaměstnancům ve 3. NP. Pro tento zimní referenční den se zpět vrátilo 40 vyplněných dotazníků (návratnost byla přibližně 20 % v případě, že dotazníky byly rozdány všem zaměstnancům na podlaží).

Teplota venkovního vzduchu se pohybovala v rozmezí $t_e = 0$ až 5°C (viz obr. 10). Jak již bylo zmíněno, dotazníky v tento den vyplnilo 40 zaměstnanců, z toho 37 mužů a 3 ženy. Průměrný věk dotazovaných byl 36 let, v objektu pracují průměrně 8 let.

Pro srovnání s letním obdobím jsou pro zimní referenční den vybrány a hodnoceny stejné otázky (uvedené výše). Graf na obr. 11 ukazuje „Subjektivní hodnocení pocitové teploty uvnitř budovy za poslední měsíc na pracovišti: referenční den v zimním období“.



Obr. 10 Teplota venkovního vzduchu: referenční den 17. 2. 2015 v zimním období
Fig. 10 Outdoor air temperature: reference day 17th February 2015 in winter season



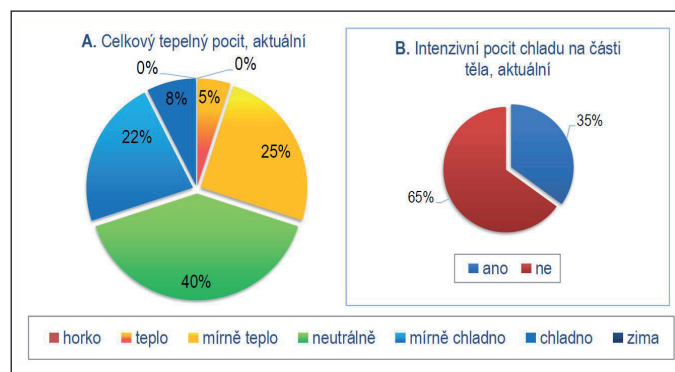
Obr. 11 Subjektivní hodnocení pocitové teploty uvnitř budovy za poslední měsíc na pracovišti: referenční den v zimním období

Fig. 11 Subjective assessment of the indoor sensation temperature inside the building during the latest month at the workplace: reference day in winter season

pracovišti“, kde 75 % lidí odpovědělo, že bylo obtěžováno příliš nízkou pocitovou teplotou za poslední měsíc (odpovědi „ano, občas“, „ano, často“ a „ano, denně“). Oproti letnímu období se zvýšila procenta u odpovědi „ano, často (každý týden)“ a dále 23 % osob uvedlo, že cítí příliš nízkou teplotu každý týden. Příliš vysokou teplotu vůbec nezaznamenalo 50 % dotazovaných, a naopak 40 % uvedlo, že občas bylo tímto jevem během posledního měsíce obtěžováno.

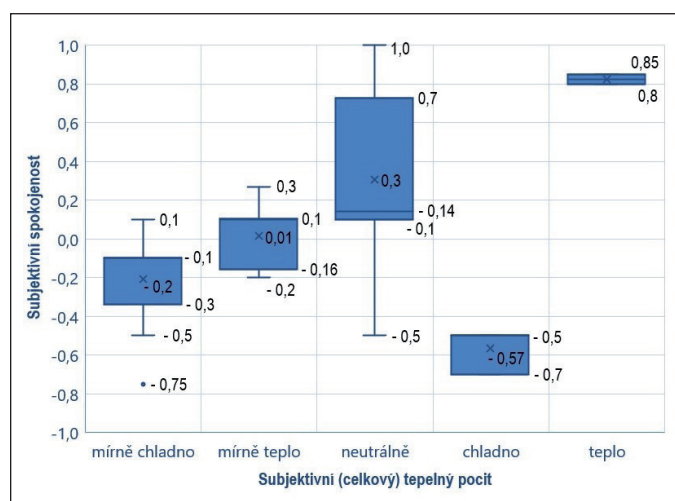
Na obr. 12 v části A jsou nejvyšším procentem zastoupeny odpovědi s neutrálním celkovým tepelným pocitem. Nejsou zde pozorovány extrémy v podobě subjektivně vnímaných velmi vysokých nebo velmi nízkých pocitových teplot. Mírně teplo a teplo uvedlo dohromady 30 % dotazovaných, stejnou hodnotu po součtu dává i výsledek vztážený k chladným pocitům. Aktuální intenzivní pocit chladu na části těla zaznamenalo 35 % dotazovaných (viz obr. 12, část B). Tento pocit chladu nejčastěji vnímali v oblasti hlavy, ramen, krku a občas i chodidel.

Přijatelnost celkového tepelného pocitu byla hodnocena i pro zimní období. Výsledky jsou znázorněny na obr. 13, kde dotazovaní vyplňovali škálu přijatelnosti jimi uvedeného celkového aktuálního tepelného pocitu. Nejméně byli spokojeni s pocitem vyznačeným na stupnici jako „chladno“. Nejvíce přijatelné (až vítané) pro ně byly pocity „teplo“ a také „neutrální“ tepelný pocit.



Obr. 12 Referenční den v zimním období: část A – aktuální subjektivní (celkový) tepelný pocit; část B – aktuální tepelný diskomfort na části těla dotazovaného

Fig. 12 Reference day in winter season: part A – current subjective (overall) thermal sensation; Part B – current thermal discomfort on a body part of the respondent



Obr. 13 Referenční den v zimním období: přijatelnost subjektivního (celkového) tepelného pocitu

Fig. 13 Reference day in winter season: acceptability of subjective (overall) thermal sensation

Tab. 3 Naměřené rozsahy veličin v okolí měřicích míst v zimní referenční den

Tab. 3 Measured ranges of quantities at the places of measurement during the winter reference day

Sestava označení	Umístění sestavy	Teplota vzduchu t_a [°C]	Výsledná teplota t_g [°C]	Relativní vlhkost rh [%]	Rychlost proudění vzduchu v_a [m.s ⁻¹]
stereo C	sekce 6	22,8 – 24,8	22,6 – 24,6	21 – 24	0,01 – 0,15
stereo S	sekce 3	21,9 – 23,5	21,9 – 23,4	28 – 31	0,01 – 0,17

Dále opět uvádíme objektivní měření veličin ze zimního referenčního dne ve 3. NP objektu (viz tab. 3 a tab. 4).

Tab. 3 ukazuje umístění sestav se stereoteplooměry, naměřené rozsahy hodnoty čidel v zimní referenční den.

Měření v zimním období probíhalo částečně i ve 4. NP, a proto jsou uváděna jen 4 měřicí místa ze 3. NP (dataloggery značeny B1, B2, B3 a B4), aby bylo porovnatelné s hodnotami z letního období ve stejném patře (tab. 4). V pracovní době došlo na třech měřených místech k překročení teploty vnitřního vzduchu $t_a = 23,5$ °C. K podkročení teploty $t_a = 20,5$ °C nedošlo na měřených místech vůbec (referenční den v zimě). K náhledu byl vybrán graf s nejvyšší průměrnou teplotou vnitřního vzduchu, mediánem a 80% frekvencí výskytu nad 23,5 °C (viz obr. 14).

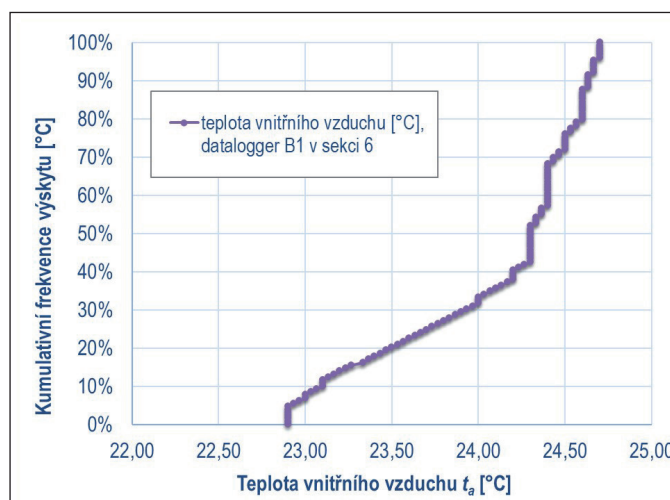
DISKUZE

Prvotní výsledky subjektivního hodnocení ukázaly problémy s tepelnou pohodou osob. V letním období významné procento zaměstnanců cítí v prostoru chlad. Nejčastější stížnosti v oblasti tepelné pohody se týkaly: a) obtěžování studeným vzduchem na částech těla – hlava, krk, ramena, ruce, někdy i kotníky (viz obr. 6 a 12, část B); b) obtěžování „padajícím“ studeným vzduchem ze stropu (od klimatizačního systému); c) horší situace s pocitovou teplotou v prostoru jsou dle odpovědí v dopoledních hodinách – během dne pak více stabilizováno. Připomínky zaměstnanců rovněž indikují, že chlad je nepříjemný zejména v létě, kdy se zaměstnanci musí tepleji oblékat během svého pobytu v kanceláři (ačkoli venku panuje letní počasí). Přesto lze konstatovat, že chladicí systém CHIT v budově reaguje dobře. Systém se aktivuje v případě, že je dosaženo teploty vzduchu $t_a = 24$ °C (letní období) měřené prostřednictvím teplotních čidel umístěných v prostoru pro každou sekci. Problém se ukazuje v regulaci dodávky chladu na základě teplotního čidla pro celou regu-

Tab. 4 Statistika teploty vnitřního vzduchu – měřeno dataloggery v zimní referenční den

Tab. 4 Indoor air temperature statistics – measured by dataloggers in winter reference day

Statistické údaje	Místa měření (4 × N=132)			
	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	6	6	3	2
Průměr t_a [°C]	24,1	24	23,3	22,5
Min / Max [°C]	22,9 / 24,7	22,0 / 24,7	22,0 / 23,9	21,2 / 23,1
Medián [°C]	24,3	24,2	23,4	22,6
Směrodatná odchylka [°C]	0,57	0,74	0,47	0,48
Střední chyba průměru [°C]	0,05	0,06	0,04	0,04
95% interval spolehlivosti [°C]	24,0 – 24,2	23,8 – 24,1	23,2 – 23,4	22,4 – 22,6
Frekvence překročení $t_a = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	80	79	50	0
Frekvence podkročení $t_a = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0	0	0



Obr. 14 Kumulativní frekvence (percentil) výskytu teploty vnitřního vzduchu v sekci 6 dne 17. 2. 2015 v pracovní dobu (6–17 h)

Fig. 14 Cumulative frequency (percentile) of indoor air temperature in section 6 on 17th February 2015 during the working hours (6–17 h)

lační sekci. Jedna taková sekce dodává chlad pro cca 40 lidí (viz obr. 2). Uvedeme příklad, kdy v tomto případě může nastat problém: Teplotní čidlo zaznamená v určité chvíli teplotu $t_a = 24$ °C a výše, a na základě této veličiny je spuštěno chlazení pro celou sekci. Ve stejné chvíli, avšak o několik metrů dále od teplotního čidla, se teplota může lišit a pohybovat se např. až o 2 °C níže. Z tohoto důvodu může sepnuté chlazení způsobit tepelný diskomfort, a to přítomným osobám v jiné části stejné sekce.

Správně navržená a regulovaná aplikace chlazení by měla zajistit komfortní prostředí osob v prostoru a minimalizovat procento nespokojených osob pod 20 % [11]. Dosažení vysokého procenta tepelné pohody osob v daném prostoru vybaveném CHIT není snadný úkol. Proudění vzduchu i teplotní zóny jsou v prostorech kanceláře při použití CHIT konstantní a nelze je měnit (s ohledem na pevně nastavené šterbiny vyfukovaného vzduchu z chladicích trámčů). V případě významné tepelné nepohody v prostředí tak výše popsané nelze měnit a je lepší osobu přemístit na jiné pracovní místo, než se to snažit vyřešit jiným způsobem [5].

Dalším problémem se ukázalo nevhodné umístění teplotních senzorů v prostoru, např. v koridoru namísto v blízkosti pracovních míst, kde sedí zaměstnanci, anebo jsou čidla dokonce částečně zakryta kancelářským nábytkem, viz obr. 15.



Obr. 15 Některá čidla pro regulaci sekcí CHIT jsou částečně zakryta nábytkem (vlevo) a umístěna v komunikačním koridoru (vpravo)

Fig. 15 Some CHB controllers are partly covered with furniture (left) and placed in the connecting corridor (right)

V zimním období v případě stížností na chladovou zátěž byly zjištěny další nedostatky v uspořádání pracovního prostoru – otopná tělesa byla zakryta nábytkem a dalšími věcmi, a bylo proto doporučeno tyto předměty odstranit, aby vytápění mohlo plnit svou funkci.

Je potřeba zmínit, že velké procento stížností „na klimatizaci“ bývá zástupným problémem jiných problémů pracovníků. Může se např. jednat o psychosociální problematiku, rušení se navzájem, ztrátu soukromí pracovníků, špatné osobní vztahy a v neposlední řadě i symptomy SBS syndromu u plně klimatizovaných budov [1]. Lze říci, že žádným technickým opatřením (systémem větrání, klimatizace – vytápění) nelze zajistit spokojenost všech lidí (v tomto případě zaměstnanců) v oblasti parametrů vnitřního prostředí [4]. A ve velkoprostorových kancelářích to platí dvojnásob.

ZÁVĚR

Studie se zabývá hodnocením a měřením mikroklimatu ve velkoprostorových kancelářích s klimatizačním systémem chladicích indukčních trámčů. Popisuje problémy s administrativními prostory tohoto typu a dále i hodnocení vnitřního prostředí v rámci legislativy, konkrétně jeho tepelně-vlhkostní složky. V práci je představena administrativní budova s velkoprostorovými kancelářemi, ve které proběhlo objektivní a subjektivní hodnocení vnitřního mikroklimatu během letního a zimního období. Vyšetřovaný prostor v předběžném vyhodnocení dotazníkového šetření ukazuje na problémy v oblasti tepelného komfortu zaměstnanců se stížnostmi na nízkou teplotu vnitřního prostředí. Výsledky objektivních měření pro vybrané referenční dny ukázaly, že v létě často dochází k podchlazení prostoru během dne v porovnání s platnou legislativou. I přesto, že se jednalo o měření v letním období, tyto výsledky ukazují, že značná část dotazovaných cítila celkový nebo lokální diskomfort. V zimě byl tento stav mírnější, ale problém s pocitovou teplotou a tepelným diskomfortem se objevoval také.

Kontakt na autora: lenka.zuska@fsv.cvut.cz

Poděkování: Tento příspěvek vznikl za podpory grantu Studentské grantové soutěže SGS16/017/OHK1/1T/11.

Použité zdroje:

- [1] BRIGHTMAN, H. S., MOSS, N., Sick building syndrome studies and the compilation of normative and comparative values. *Indoor air quality handbook*. The United States of America: McGraw-Hill, 2001.

- [2] JENSEN, K. L., ARENS, E. and ZAGREUS, L. Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupants surveys. *Indoor Air 2005*. Beijing, 2005, 4–9 September, s. 2401–2405.
- [3] JOKL, M. The stereothermometer: A new instrument for hygrothermal constituent non-uniformity evaluation. *ASHRAE Transactions*. 1990, roč. 96, č. 3435, s. 13–18.
- [4] MATHAUSEROVÁ, Z., LAJČÍKOVÁ, A. Vliv změny využití vnitřního prostoru na parametry vnitřního prostředí. In: 17. *Konference Vnútorná klima budov*. Tatranská Lomnica, 2006. ISBN 80-89216-12-9.
- [5] PETLACH, J. Indukční jednotky – spasitel klimatizace moderních administrativních budov? In: VI. *Symposium Integrované navrhování a hodnocení budov*. Prezentace. Praha: Společnost pro techniku prostředí. 2015.
- [6] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 93/2012 Sb.
- [7] Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí bytových prostředí některých staveb.
- [8] ČSN 735305. Administrativní budovy a prostory. 2005.
- [9] ČSN EN 15 251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. 2011.
- [10] ČSN EN ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. 2006.
- [11] ASHRAE standard 62.1-2010. Ventilation for acceptable indoor air quality. 2010. ASHRAE.

Decentrální větrání getAir s protihlukovou ochranou

SmartFan L Plus je novým přírůstkem série decenterálního větrání od německé firmy getAir GmbH&Co., Mönchengladbach. Ploché zařízení tloušťky 60 mm pro instalaci do tepelných izolací fasád se (oproti staršímu SmartFan L) vyznačuje optimalizací protihlukové ochrany dodatečným vyložení skříňové izolační vrstvou třídy 6, tlumící zvuk na práh slyšitelnosti do hladiny 60 dB. Zařízení dopravuje 18 až 46 m³/h vzduchu s účinností ZZT až 91 %. Další decenterální větrací zařízení SmartFan S je vybaveno senzory pro měření vnější a vnitřní teploty vzduchu a jeho vlhkosti. Využitím naměřených hodnot je schopno samostatně ovládat průtok vzduchu a výkon zpětného získávání energie. Podobně jako předchozí typ disponuje průtokem v mezích 18 až 46 m³/h.

Pramen: CCI 06/2017, s. 6

(AB)

Helios s řešením pro vícepodlažní stavby

Ventilátory KWL MultiZoneBox od firmy Helios Ventilatoren GmbH+Co. KG, Villingen-Schwenningen spojují funkce regulace proudění vzduchu, tlumení hluku a rozdělení čerstvého vzduchu v jednom kompaktním zařízení pro přívod a odvod vzduchu. Centrální větrací zařízení se umísťuje do sklepa či podzemního patra budovy. Hlavní vedení čerstvého vzduchu obstarává MultiZoneBox podobně jako odvětrávání pro každé podlaží zvlášť. Celkem 4 typy zařízení se hodí zejména pro podvěšené stropy s vodorovnou montáží nebo svislou montáží na stěny. Na přání se dodávají vybavené senzory těkavých organických látek (VOC).

Pramen: CCI 6/2017, s. 7

(AB)

Lepší klima v newyorských školách

Starosta New Yorku Bill de Blasio uvedl, že nákladem 28,75 mil. USD budou do roku 2022 klimatizovány školní třídy všech newyorských škol. Podle sdělení radnice se v této chvíli jedná o 10 985 školních tříd na 1 178 veřejných školách města, kde dosud není instalována klimatizace, v nichž se v horkých a vlhkých měsících roku nejen „smaží“ učitelé a žáci při teplotách až 40 °C, ale pracují a „vypadávají“ počítače a technická zařízení. Tento stav byl již dlouho kritizován učiteli, žáky, rodiči, veřejností a zastupiteli městských částí, než se v březnu 2017 metropolitní radnice usnesla o realizaci investice. Přispěje se tak k vytvoření vhodného vnitřního prostředí a větší efektivitě výuky na školách.

Pramen: CCI 06/2017, s. 4

(AB)