



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov

Hodnocení vnitřního prostředí kulovým stereotermoměrem

**The indoor environment evaluation by the Globe
stereothermometer**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Lenka Prokšová Zuská

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Pozemní stavby

Školitel: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Praha, 2018



PROHLÁŠENÍ

Jméno doktoranda: Ing. Lenka Prokšová Zuská

Název disertační práce: Hodnocení vnitřního prostředí kulovým stereoteploměrem

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval/a samostatně pod vedením školitele doc. Ing. Michalem Kabrhelem, Ph.D.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....
podpis

Věnování

Tatínkovi, který mi byl velkou inspirací studovat na ČVUT, stejně jako ji vystudoval před lety on, a poté pracoval v technickém oboru celý život. Mrzí mne, že se společně s námi nemohl dožít odevzdání této práce. Díky, Tati, za vše...

Tuto práci věnuji také mému muži Martinovi, který mi byl poslední roky oporou, bez které bych tuto práci s velkou pravděpodobností nedokončila.

Poděkování

Mé velké poděkování směřuje předně školiteli doc. Michalu Kabrhelovi, který mi byl spolehlivým a odborným průvodcem během mého doktorandského studia. Vždy byl ochoten diskutovat o mé práci, konzultovat a revidovat mé publikace. Podporoval mne s plným nasazením i během mého studijního zahraničního pobytu mimo ČR. Lidsky mi byl také oporou, i v ne zrovna snadných okamžicích mého osobního života. Vždy si mne vyslechnul a podpořil mne v hledání řešení, abych mohla pokračovat dále a tuto práci dokončit.

Doktorandské studium jsem začala pod vedením prof. Miloslava Jokla, který mi byl inspirací již během magisterského studia. Byla pro mne čest pod jeho vedením začít studovat doktorát a navázat na jeho dosavadní celoživotní práci. Byl to jeden z největších odborníků na vnitřní mikroklima v budovách a jeho práce byla známá v nejedné cizí zemi po světě, kde publikoval. Nikdy nezapomenu na jeho rady, které obohatily nejen můj odborný, ale i osobní život.

Na tomto místě chci dále poděkovat katedře TZB, především vedoucímu katedry prof. Karlu Kabelemu, dále odborným asistentům a dalším členům katedry. Katedra TZB je na fakultě stavební ČVUT mou „alma mater“ a jsem moc ráda, že jsem zde mohla studovat. Jmenovitě bych z katedry ještě vyjádřila vděk za odbornou i kamarádskou podporu během mého studia Lucii Dobiášové, Romanu Musilovi, Pavle Pechové, Martinu Kny, Kristýně Valouškové, Haně Kabrhelové, Iloně Koubkové, Standovi Frolíkovi, Danielovi Adamovskému, Filipu Jordánovi, a v neposlední řadě i Renatě Kellnerové. Katedře moc děkuji i za poskytnutí přístupu do laboratoře TZB a zapůjčení přístrojového vybavení k experimentální části mé práce. Za pomoc se stavbou stěny v laboratoři děkuji za spolupráci kolegům z jiné katedry, a to Richardu Hlaváčovi a Janu Šlechtovi. Druhému jmenovanému navíc děkuji za počáteční konzultace mých publikací v angličtině na začátku mého Ph.D. studia.

Mé díky také směřuje ke studijnímu oddělení fakulty stavební, kde jsem vždy našla vstřícný přístup a dobrou komunikaci. Stejně tak nesmím opomenout financování mého výzkumu, takže děkuji za poskytnuté prostředky prostřednictvím grantového řízení (především SGS ČVUT), bez nichž by tato práce rovněž nevznikla.

Během svého studia jsem absolvovala čtyřměsíční pracovní stáž na Technické univerzitě v Lyngby v International Centre for Indoor Environment and Energy. Zde byl mým vedoucím světově uznávaný odborník na vnitřní prostředí prof. Arsen Melikov jemuž děkuji za vřelé přijetí, mého zapojení do chodu Centra a podílení se na výzkumu, který v tu chvíli probíhal. Pod jeho vedením na stáži v Centru jsem získala mnoho důležitých odborných zkušeností a přehled o tom, jak se pracuje ve výzkumných skupinách v zahraničí. Beru to jako neocenitelnou zkušenost, která mi taktéž velmi pomohla v tvorbě mé disertační práce. Během

svého pobytu v Dánsku jsem navázala mnohá mezinárodní přátelství, kterých si moc vážím, jak v profesním, tak především v osobním životě. Tímto bych chtěla zvláště poděkovat Veronice Földváry, Mariya Petrova Bivolarovové, Nabinovi Aryal, Barboře Krejčířikové, Ongunovi Berk Kazaci, Snjezaně Skocajic a dalším – a to odborným asistentům, výzkumníkům, studentům Ph.D. a MSc. studia se kterými jsem se na univerzitě setkala a pomohli mi. Speciálně chci ještě poděkovat Jette Jacobsen a Dorte Jensen, které byly mojí oporou a náhradní rodinou během pobytu v zahraničí a také prostředníkem k seznámení s dánskou komunitou.

Ve svém profesním životě jsem začala pracovat na Státním zdravotním ústavu, kde jsem jako odborný pracovník hygieny práce získala další cenné zkušenosti z praxe, které mi dopomohly k vypracování této práce. Chtěla bych tímto poděkovat především Ing. Zuzaně Mathauserové za její odborné vedení v oblasti vnitřního prostředí budov, a která je pro mne inspirativní osobou i po charakterové stránce. V rámci SZÚ bych chtěla jmenovitě ještě poděkovat kolegyním a kolegům Ing. Jitce Hollerové, MUDr. Arianě Lajčíkové, Janě Kořízkové, Jitce Schreibrové, Janě Jínové, Kateřině Bártlové, RNDr. Jaroslavu Mrázovi, MUDr. Michaelu Vítovi, Michalu Martínkovi a dalším, kteří mne během studia podpořili. Poděkování patří oddělení hygieny práce i v případě zapůjčení měřicích přístrojů pro praktickou část mé disertační práce. Moc děkuji na tomto místě i bývalé kolegyni Jitce Štolcpartové, která mi několikrát pomohla konzultovat jak odborně, tak i jazykově, články a další odbornou práci týkající se oboru. V rámci SZÚ mé velké poděkování patří ještě RNDr. Marku Malému, se kterým jsem konzultovala statistické vyhodnocení experimentů mé práce v programu STATA.

Chtěla bych dále poděkovat vedení Škoda Auto a.s. a oddělení TE - plánování a koordinace, že mi bylo umožněno měřit v jejich objektu pro experimentální část mé disertační práce. Za spolupráci jmenovitě děkuji Rudolfovi Jägerovi, Karlu Matějkovi, Csaba Sirgely, Pavolu Lanczovi, Františkovi Pavlíčkovi a dalším. Děkuji také Jiřímu Brůžkovi za vypůjčení auta pro přepravu přístrojů a dopravu na místo měření.

Můj velký vděk patří také mým přátelům a blízkým, kteří mne během let práce na disertaci podporovali a věřili, že práci úspěšně dokončím. Moc si vážím mých dlouholetých přítelkyň, které mne podporovaly během celého studia na ČVUT a děkuji jim za všechnu podporu především v osobním životě, a to Katce Reiglové a Nele Pokorové. Na tomto místě bych ještě ráda poděkovala Peteru Matiskovi, který mi několikrát odborně (i jazykově) pomohl s konzultacemi mých publikací. Dále bych se neobešla bez hlídání mého malého syna, které jsem potřebovala především v závěrečné fázi dokončení disertační práce. Velký dík tedy patří zejména chůvám Martině, Máje, Emě, Aničce, Anetce, Radce a Markétě. Děkuji moc i Ireně a Jiřímu Burgstallerovým za úžasné přijetí, podporu a rodinné zázemí.

A nakonec to nejdůležitější poděkování směřuje mé milované rodině. Především chci na tomto místě vyjádřit poklonu za trpělivost a lásku mému drahému muži Martinovi a synovi Marečkovi. Jsem velmi vděčná, že jste to se mnou zvládli dotáhnout do konečné fáze, i když to nebylo vůbec snadné. Děkuji ještě jednou mnohokrát za vaši lásku a pomoc. Stejně tak si moc vážím podpory a lásky od mé rodiny: maminky, tatínka, sestry Pavly, babiček, dědů a další širší rodiny, a to i z manželovo strany, která pro mne měla v nejtěžších chvílích slova povzbuzení, laskavosti, těšili se se mnou z každého úspěchu a věřili, že práci úspěšně dokončím.

Anotace

Úvodní část disertační práce se zabývá tepelnou pohodou člověka a popisuje tepelně-vlhkostní mikroklima v budovách. V oblasti vnitřního prostředí se zaměřuje především na nerovnoměrnou tepelně-vlhkostní složku prostředí a na platnou legislativu. V teoretické části disertační práce je dále představen a popsán přístroj kulový stereoteplořer. Tento přístroj umožňuje zachytit všesměrové působení sálání a proudění v prostoru. Používá se pro vyhodnocení nerovnoměrné tepelné složky v prostředí. Součástí práce je popsání hodnocení zejména pomocí nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které je používáno v hygienické praxi pro pracoviště, a v němž je zavedena veličina stereoteplota. Tento předpis je v disertační práci revidován a jsou předložena doporučení na změnu.

Experimentální část práce zahrnuje měření s přístrojem ve zkušební laboratoři a v reálném objektu. Rozsáhlá studie se zabývá měřením mikroklimatických parametrů a dotazníkovým šetřením ve velkoprostorové kanceláři. Je popsána budova, klimatizační systém a parametry, které byly v prostoru zjišťovány. Výsledky z těchto měření jsou hodnoceny a diskutovány. Byla navržena zlepšení v oblasti vnitřního mikroklimatu kanceláři.

Hlavním cílem disertační práce bylo zjistit jaká je využitelnost přístroje kulového stereoteplořeru pro měření v praxi (především hygienickou praxi). V závěru jsou taktéž vydána doporučení pro legislativní úpravy v oblasti nerovnoměrné tepelné zátěže uvnitř budov.

Klíčová slova: vnitřní prostředí v budově; nerovnoměrná tepelná zátěž; tepelně-vlhkostní podmínky na pracovišti; velkoprostorové kanceláře; objektivní měření; subjektivní hodnocení; stereoteplota; stereoteplořer

Abstract

The introductory part of the thesis deals with thermal comfort and it describes thermal-humidity microclimate in the buildings. In the field of the indoor environment, it focuses mainly on the non-uniformity thermal-humidity component of the environment and on the current legislation. Next, the globe stereothermometer is introduced and described in the theoretical part of the thesis. The device allows us to evaluate the all-directional effect of radiation and convection and their non-uniformity in space. A part of thesis describes that the evaluation is provided by Government Regulation no. 361/2007 Coll. and it is used in hygienic practice for the workplaces. This regulation also introduces a value named stereotemperature. The regulation is reviewed and a recommendation for changes are presented in the thesis.

The experimental part of the work includes measuring with the device in a testing laboratory and in a real building. An extensive study deals with the measurement of microclimatic parameters and questionnaire survey in open-plan offices. It describes the building, the air conditioning system and the parameters which have been assessed in the space. The results of these measurements are evaluated and discussed. Improvements have been proposed in the part of indoor environment at offices.

The main objective of thesis was to determinate the applicability of the globe stereothermometer for measurements in practice (mainly in hygienic practice). Finally, the recommendations are issued for legislative adjustments in the part of non-uniform thermal load indoors as well.

Keywords: indoor environment; non-uniformity thermal load; thermal-humidity conditions at workplaces; open-plan offices; objective measurements; subjective assessment; stereotemperature; stereothermometer

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratky

A	anemometrická sonda
ANOVA	Analysis of variance – Analýza rozptylu
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CI	Confidence interval – interval spolehlivosti
CO ₂	oxid uhličitý
CTP	celkový tepelný pocit
ČVUT	České vysoké učení technické
EPA	Agentura ochrany životního prostředí (v USA)
EPS	expandovaný pěnový polystyren
EU	Evropská unie
FSV	Fakulta stavební
HSE	Health Service Executive
HVAC	Heating, ventilation and air-conditioning
CHIT	chladící indukční trámce
IAQ	Indoor air quality
IEQ	Indoor environmental quality
ISO	International Organisation of Standardization
JZ	jihozápad
KT	kulový teploměr
MAX	maximum
MIN	minimum
MKL	mikroklima(tický)
MRT	Mean radiant temperature – střední radiační teplota
N	počet (údajů či pozorování)
NP	nadzemní podlaží
NV	nařízení vlády
ODD	Odd ratio – tzv. poměr šancí
P-hodnota	hodnota určující významnost ve statistice
PMV	Predicted mean vote – předpověď středního tepelného pocitu
PPD	Predicted percentage of dissatisfied – předpověď procenta nespokojených osob
R	korelační koeficient ve statistice
R ²	determinační koeficient ve statistice
RTA	Radiant temperature asymmetry – radiační teplotní asymetrie
SBS	Sick building syndrome – syndrom nezdravých budov
SV	severovýchod
STEREO C	kulový stereoteploměr zapůjčený od ČVUT
STEREO S	kulový stereoteploměr zapůjčený od SZÚ
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TZB	technická zařízení budov
VP	vnitřní prostředí

VZT	vzduchotechnika
W-F	Weber-Fechnerův (zákon)

Symbols, veličiny

C	výměna citelného tepla prouděním, [W/m ²]
C_{res}	výměna citelného tepla dýcháním, [W/m ²]
E_{res}	výměna vázaného tepla dýcháním, [W/m ²]
ε	emisivita (poměrná sálavost), [-]
I_{cl}	tepelný odpor oděvu, [clo]
K	výměna citelného tepla vedením, [W/m ²]
k	součinitel úměrnosti,
L_{th}	termální hladina, [dTh = jednotka <i>decitherm</i>]
$L_{th,st}$	termální hladina stereo, [dThst = jednotka <i>decithermstereo</i>]
M	energetický výdej, [W/m ²]
Q_{25}	dolní kvartil u krabicového grafu,
Q_{50}	medián (u krabicového grafu),
Q_{75}	horní kvartil u krabicového grafu,
R	výměna citelného tepla sáláním, [W/m ²]
R	odezva lidského organismu
rh	relativní vlhkost vzduchu, [%]
rh'	relativní vlhkost vzduchu (čidlo v sestavě se stereoteplooměrem), [%]
S	akumulace tepla v těle, [W/m ²]
S	stimul prostředí, který vyvolává odezvu,
<i>sensations</i>	tepelné pocity, [-]
T	teplota čidla, [°C]
ΔT	změna teploty, [°C]
T_m	teplota měřeného prostředí, [°C]
T_o	počáteční teplota čidla, [°C]
t	čas, odečtený pomocí tečny z grafu, [s]
τ	časová konstanta čidla, [s]
t_a	vnitřní teplota vzduchu, [°C]
t_a'	vnitřní teplota vzduchu (čidlo v sestavě se stereoteplooměrem), [°C]
$t_{a, vzt}$	vnitřní teplota vzduchu pro regulaci VZT a chlazení v prostoru, [°C]
t_e	teplota venkovního vzduchu, [°C]
t_g	výsledná teplota kulového teploměru - globetepnota, [°C]

t_g'	průměrná výsledná teplota KT, vypočtená z šesti stereoteplot, [°C]
$t_{g, \text{hlava}}$	nebo $t_{g, \text{head}}$ – výsledná teplota KT měřená ve výšce hlavy, [°C]
$t_{g, \text{kotník}}$	nebo $t_{g, \text{ankle}}$ – výsledná teplota KT měřená ve výšce kotníků, [°C]
$t_{g, \text{max}}$	maximální výsledná teplota KT, [°C]
$t_{g, \text{min}}$	minimální výsledná teplota KT, [°C]
$t_{g, \text{opt}}$	optimální výsledná teplota KT, [°C]
t_o	operativní teplota, [°C]
$t_{o, \text{min}}$	minimální operativní teplota, [°C]
$t_{o, \text{max}}$	maximální operativní teplota, [°C]
$t_{o, \text{opt}}$	optimální operativní teplota, [°C]
Δt_{pr}	radiační teplotní asymetrie, [K]
$t_{pr (1, 2)}$	rovinná radiační teplota (ze směru 1 nebo 2), [°C]
t_{rA}	radiační teplota (měřená ve směru sálání ze strany A), [°C]
t_{rB}	radiační teplota (měřená ve směru sálání ze strany B), [°C]
t_s	doba ustálení, [s]
$t_{s, 81}$	označení pro měření povrchové teploty stěny v laboratoři, [°C]
$t_{sk, \text{average}}$	střední teplota pokožky, [°C]
t_{stereo} (či t_{st})	stereoteplota, [°C]
$t_{\text{stereo, 1-6}}$ (či $t_{st, 1-6}$)	stereoteplota s vyznačením jednotlivých segmentů KT, [°C]
$t_{st, \text{max}}$	vybraná maximální hodnota ze šesti změřených stereoteplot, [°C]
$t_{st, \text{min}}$	vybraná minimální hodnota ze šesti změřených stereoteplot, [°C]
$t_{st, \text{opt}}$	optimální hodnota (hladina) stereoteploty, [°C]
$t_{s, w60}$	označení pro měření povrchové teploty okna v laboratoři, [°C]
t_{reshold}	prahová operativní teplota, [°C]
v_a	rychlost proudění vzduchu, [m/s]
$V_{\check{c}}$	množství čerstvého vzduchu, [m ³ /h]
V_o	množství odváděného vzduchu, [m ³ /h]
V_p	množství přiváděného vzduchu, [m ³ /h]
W	mechanická práce, [W/m ²]

Obsah

Věnování	i
Poděkování.....	iii
Anotace	vii
Abstract.....	ix
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	xi
1 Úvod.....	1
2 Cíle disertační práce	2
3 Tepelná pohoda	4
3.1 Tepelně-vlhkostní mikroklima v budovách	5
3.2 Nerovnoměrné tepelně-vlhkostní mikroklima.....	7
3.3 Radiační teplotní asymetrie.....	8
4 Kulový stereoteploměr.....	11
4.1 Stereoteplota	12
4.2 Ustálení kulového stereoteploměru.....	13
5 Hodnocení tepelně-vlhkostního mikroklimatu	19
5.1 Nařízení vlády č. 93/2012 Sb.	21
5.1.1 Metodický návod MZ ČR.....	25
5.1.2 Revize předpisu NV č. 93/2012 Sb.	27
5.2 Měření v klimatické komoře v Ostravě.....	33
5.2.1 Vztah mezi RTA a stereoteplotou	37
5.2.2 Hodnocení pomocí termálních hladin L_{th}	39
5.3 Příklady hodnocení prostřednictvím stereoteplot.....	44
6 Experimenty se stereoteploměrem v laboratoři	48
6.1 Kolokační metoda.....	49
6.2 Přehled podmínek měření v kabině.....	52
6.3 Výsledky měření	54
6.3.1 Závěr k měření ve zkušební kabině.....	57
7 Měření tepelně-vlhkostního mikroklimatu v budově s velkoprostorovými kancelářemi	58
7.1 Popis vybraného objektu – konstrukční řešení	58
7.2 Popis systémů větrání a chlazení.....	59
7.3 Fyzikální parametry prostředí – objektivní měření.....	63
7.4 Dotazníky – subjektivní hodnocení.....	66
7.4.2 Dotazníky pro letní období	69

7.4.3	Dotazníky pro zimní období.....	70
7.5	Problémy a stížnosti osob v šetřeném objektu.....	71
8	Výsledky subjektivních a objektivních měření.....	73
8.1	Charakteristika respondentů v kancelářském prostoru.....	73
8.2	SBS symptomy.....	76
8.2.1	SBS syndrom – referenční den v létě.....	76
8.2.2	SBS syndrom – referenční den v zimě.....	78
8.3	Hodnocení – tepelný komfort.....	80
8.3.1	Venkovní teplota vzduchu.....	80
8.3.2	Vnitřní teplota vzduchu.....	81
8.3.3	Relativní vlhkost vzduchu.....	90
8.3.4	Koncentrace CO ₂ (měřený faktor „IAQ“)... ..	95
8.3.5	Subjektivní hodnocení tepelného komfortu (pocitu).....	95
8.4	Hodnocení měření se stereoteploměrem.....	108
8.4.1	Objektivní měření – sestava se stereoteploměrem.....	108
8.4.2	Použití stereoteploty k vyhodnocení nerovnoměrného tepelného mikroklimatu v posuzované budově.....	123
8.4.3	Stereoteplota – objektivní měření.....	123
8.4.4	Stereoteplota – subjektivní hodnocení.....	138
9	Diskuze výsledků.....	144
9.1	Doporučení pro šetřený objekt.....	152
9.2	Limity disertační práce.....	157
10	Závěr.....	159
	Literatura.....	163
	Vlastní publikační činnost.....	167
	Seznam obrázků.....	169
	Seznam tabulek.....	173
	PŘÍLOHY.....	176
	Příloha A.....	176
	Příloha B.....	178
	Příloha C.....	184
	Příloha D.....	190
	Příloha E.....	197

1 Úvod

Kvalita vnitřního prostředí (Indoor environmental quality – IEQ) hraje významnou roli pro komfort, zdraví a produktivitu lidí v budovách. Pro zaměstnance a zaměstnavatele je zlepšování podmínek vnitřního prostředí klíčem k organizačnímu úspěchu a maximalizaci podnikatelského zisku. [1] Problematika spokojenosti uživatelů s uměle vytvořeným prostředím v budovách je proto stále více chápána z ekonomického hlediska. Vedle investičních a následně provozních nákladů na systémy techniky prostředí se stále větší význam klade na spojitost spokojenosti uživatelů s vnitřním prostředím v budovách a jejich produktivitou práce. Jestliže lidé nejsou spokojeni s daným prostředím, klesá jejich produktivita práce, a tím narůstají mzdové náklady, které mohou hrát významnější roli než zvýšené provozní náklady na zlepšení parametrů mikroklimatu a naopak. [2]

Hlavním faktorem pro dosažení pohody v interiéru je obecný pocit tepla. Existuje množství dalších faktorů, které ovlivňují pocit pohody člověka a mohou vytvářet celkovou nebo lokální nepohodu, např. průvan, vysoký vertikální rozdíl teplot mezi oblastí hlavy a kotníků člověka, příliš vysoká asymetrie sálání, ale také nadměrný hluk, ionizující zařízení, nepříjemné oděry apod. [2], [3]

Je také důležité zmínit, že vnitřní klima je zajišťováno stavebními konstrukcemi budov, jejich vytápěcími, větracími a klimatizačními systémy. Pro jejich návrh je nutné stanovit fyzikální parametry vnitřního prostředí. Tyto faktory ovlivňující intenzitu předávání tepla mezi tělem člověka a jeho okolím, mají vliv na stupeň dosažení tepelné pohody.

V této práci je primárně popsána jedna složka tepelné pohody, a to nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu. Dále se zabývá hodnocením lokálního diskomfortu pomocí subjektivních, ale především objektivních metod hodnocení mikroklimatických podmínek. Před několika lety byla v hygienickém předpise vládního nařízení v ČR zavedena veličina *stereoteplota*, a to pro horizontální, či vertikální nerovnoměrnost ve vnitřním prostředí na pracovištích. V práci je proto ověřováno, jak může využití této veličiny pomoci s vyhodnocováním kvality vnitřního prostředí, a to prezentováním a diskutováním dosažených výsledků.

2 Cíle disertační práce

Komplexním cílem disertační práce bylo měření pomocí přístroje nazvaného kulový stereoteplořer a porovnání objektivního a subjektivního měření vnitřního prostředí v budově. Následně vyhodnocení měření s přístrojem a popis jeho využitelnosti pro měření v praxi.

Dílčí cíle v teoretické části práce:

- Krátké shrnutí současných teoretických poznatků vztahujících se k tepelné pohodě člověka. Úvod do nerovnoměrného tepelně – vlhkostního mikroklimatu jako složky vnitřního prostředí.
- Popis přístroje kulového stereoteplořeru, jeho dosavadní použití a popis základního výzkumu s ním.
- Shrnutí legislativy v oblasti nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu. Rozbor předpisů, které se přímo dotýkají měření s kulovým stereoteplořerem a vřled do úvodního výzkumu, který předcházal zavedené legislativě.
- Uvedení příkladů hodnocení pomocí veličiny stereoteplořy prostřednictvím současných předpisů.

Dílčí cíle v experimentální části práce:

- *Měření s přístrojem v experimentální komoře (laboratoři):*
 - Hodnocení reakce kulového stereoteplořeru na teplotní změny v prostředí a porovnání výsledků měření s běžným kulovým stereoteplořerem.
 - Analýza a hodnocení, zda simulované laboratorní podmínky vytvářejí významný lokální tepelný diskomfort, který by byl zachycen přístrojem.
- *Podrobné cíle pro měření s přístrojem v praxi, tj. ve vybraném administrativním objektu:*
 - Výběr a popis vybraného objektu pro uskutečnění praktických měření s přístrojem.
 - Samotné provedení měření v administrativním objektu v letním a zimním období. Porovnání výsledků z naměřených období.

- Vypracování dotazníků pro subjektivní měření v budově. Cílem dotazníkového šetření bylo hodnocení subjektivních pocitů respondentů uvnitř budovy během jejich pracovní doby.
- Analýza a hodnocení tepelného komfortu v budově prostřednictvím objektivního měření (fyzikálních veličin vnitřního prostředí) a subjektivního měření (dotazníků).
- Analýza a hodnocení výsledků měření s kulovým stereoteploměrem (objektivních a subjektivních měření). Podrobné vyhodnocení prostřednictvím veličiny stereoteploty a diskuze tohoto postupu.

Hlavní cíle práce:

- Určení výskytu četnosti nadlimitních rozdílů stereoteplot při měření kulovým stereoteploměrem v reálném prostoru a analýza, zda jsou i jednou z hlavních příčin lokálního tepelného diskomfortu.
- Vyhodnocení použitelnosti přístroje pro měření v (hygienické) praxi.

3 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je podmíněna tepelnou rovnováhou. Ta je dosažena tehdy, když okolí odebírá lidskému tělu právě tolik tepla, kolik člověk vyprodukuje. [2]

Fyzikální veličiny tepelně-vlhkostního mikroklimatu vymezují subjektivní pocit pohody či nepohody, v extrémních případech je lze posuzovat jako škodliviny s negativním vlivem na zdraví člověka. Rozhodující pro tepelný stav člověka je jeho tepelná bilance, tj. vztah mezi množstvím tepla jím produkovaného a množstvím tepla odváděného z organismu do okolního prostředí. [4]

Rovnice tepelné rovnováhy má tvar [5]:

$$M - W = C + R + E_{res} + C_{res} + K + E + S \quad (1)$$

kde: M – energetický výdej,

W – mechanická práce,

C_{res} – výměna citelného tepla dýcháním,

E_{res} – výměna vázaného tepla dýcháním,

K – výměna citelného tepla vedením,

C – výměna citelného tepla prouděním,

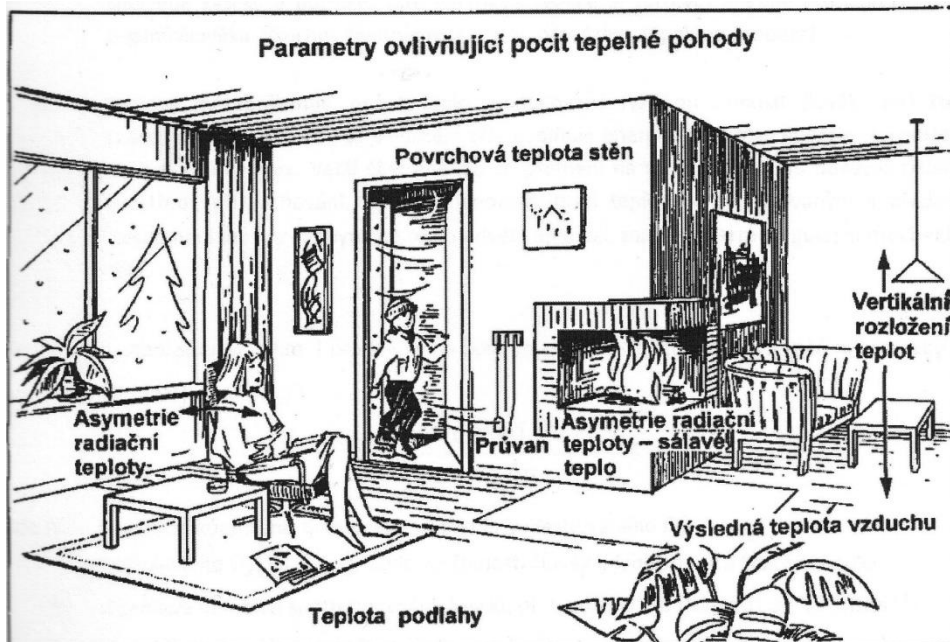
R – výměna citelného tepla sáláním,

E – výměna vázaného tepla sáláním,

S – akumulace tepla v těle.

Na levé straně rovnice (1) je teplo člověkem produkované, na pravé straně teplo vydávané do prostředí. Pokud je rovnice splněna, je člověk ve stavu tepelné rovnováhy.

Při pocitu tepelné pohody je zachována rovnováha metabolického tepelného toku (celková tepelná produkce člověka) a toku tepla odváděného z těla při optimálních hodnotách fyzikálních parametrů prostředí (viz **Obr. 1**). Mechanická úprava toku tepla z povrchu těla spočívá ve změně tepelného odporu oděvu a změně činnosti člověka. [4]



Obr. 1: Parametry ovlivňující pocit tepelné pohody, [6]

Tepelná pohoda je tradičním faktorem hodnocení stavu vnitřního prostředí a činitelé, které rozhodují o tepelně-vlhkostní pohodě jsou:

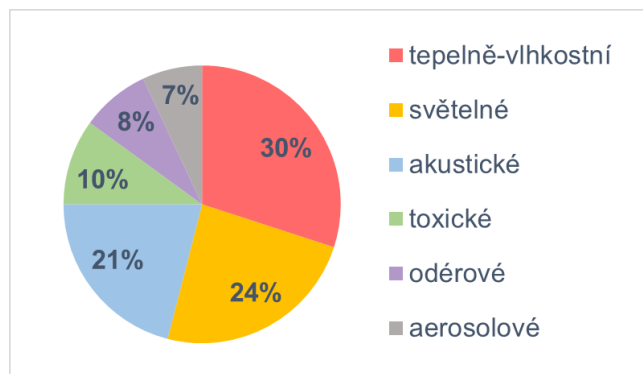
- (výsledná) teplota vzduchu,
- teplota okolních ploch event. střední radiální teplota,
- rychlost proudění vzduchu,
- tepelně izolační vlastnosti oděvu,
- tělesná aktivita člověka.

Ve výše uvedeném textu, se dozvídáme, že tepelná pohoda je dána společným působením radiace a konvekce, ale nezanedbatelný je i jejich směrový charakter. Dosud byla z asymetrie vnitřního prostředí měřena pouze její radiální složka a tato radiální asymetrie aplikována do hodnocení tepelné pohody. Podrobněji rozvedené téma o fyziologických reakcích člověka vzhledem k okolnímu prostředí je uvedeno v diplomové práci autorky [7].

3.1 Tepelně-vlhkostní mikroklima v budovách

Tepelně-vlhkostní mikroklima je dáno především třemi navzájem souvisejícími faktory – teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu, změna jedné veličiny má za následek i změnu dalších dvou. Jakým podílem je tepelně-vlhkostní složka zastoupena v celkovém interním mikroklimatu je vidět na Obr. 2. Znamená

to tedy, že má i nejnvýznamnější vliv na subjektivní pocity člověka a ovlivňuje tak zdraví a výkon osob uvnitř budov. [8]



Obr. 2: Složky interního mikroklimatu, [9]

K zajištění optimálního vnitřního prostředí je zapotřebí zachovávat hodnoty poměrně početné množiny veličin vnitřního prostředí pro pobyt a činnost člověka. V tepelně-vlhkostní oblasti jsou nejnámějšími takovými parametry předpověď středního tepelného pocitu, tzv. index PMV („Predicted Mean Vote“) a předpověď procenta nespokojených, tzv. index PPD („Predicted Percentage of Dissatisfied“). Uvedené indexy jsou používány v mnoha doporučeních i technických normativních týkajících se vnitřního prostředí (zvláště pak v [10]) a vychází z práce Fanger [5].

Optimální teplota vzduchu pro dosažení tepelné pohody je funkcí činnosti člověka a tepelné izolace jeho oblečení. Podle účelu interiéru je možné s dostatečnou přesností předpokládat úroveň fyzické aktivity člověka. Tepelnou izolaci oblečení je možné stanovit podle roční doby, protože lidé mají tendenci přizpůsobovat své oblečení více venkovním klimatickým podmínkám než interiérovým. V praxi ženy často přizpůsobují své oblečení venkovnímu počasí mnohem více než muži, takže (hlavně v letním období) může být značný rozdíl mezi tepelnou izolací oblečení žen a mužů. Navíc se lidé liší nejen výběrem svého oblečení, ale i přizpůsobením se a reakcí na konkrétní parametry interiéru. Je proto velmi obtížné, docílit parametry vnitřního vzduchu tak, aby se všichni lidé v daném prostředí cítili příjemně. [11]

Nevhodná teplota (např. příliš horko, příliš zima, teplotní rozdíly – chladná podlaha, teplý strop, chladný nebo horký vzduch atd.) je velmi nepříjemná pro činnost uvnitř budovy. Příliš teplé či chladné prostředí vyvolává nepříjemné reakce

lidského těla (např. pocení, studené ruce a kotníky) a také lokální diskomfort. Termální rovnováha lidského těla je zajišťována skrz pokožku člověka. [12]

Optimální tepelně-vlhkostní stav vnitřního prostředí je důležitý nejen pro zdraví člověka, ale i pro správné fungování vlastní stavby. Vzhledem k individuálním odchylkám fyziologických funkcí lidí nelze zajistit pocit pohody v místnosti všem lidem. Vždy se vyskytuje přibližně 5 % nespokojených, kteří pociťují tepelnou nepohodu [9].

3.2 Nerovnoměrné tepelně-vlhkostní mikroklima

V literatuře [4] je popsáno, že jedním z možných nepříznivých vlivů objektů s umělým ovzduším – klimatizovaných objektů (v případě, že dojde ke špatnému návrhu, dimenzování, používání nebo provozu klimatizačních zařízení) je i místní diskomfort. Ten vzniká z nevhodných mikroklimatických podmínek (technologické podmínky mohou být značně odlišné od hygienického optima).

Člověk je náchylný na působení tepla či chladu v prostoru. V horizontální rovině je nerovnoměrná expozice ovlivněna místy pobytu člověka, ve vertikální rovině jsou důležité ty části těla, které jsou citlivé na nadměrné ochlazování nebo ohřev:

- spodní část nohou – u kotníků (průvan, sálavé podlahové vytápění a chlazení) s odpovídající výškou pro stojícího i sedícího člověka 10 cm nad podlahou.
- u trupu těla:
 - a) z jedné strany břicho (práce u pece), z druhé záda (průvan) s odpovídající výškou pro stojícího člověka 110 cm a pro sedícího 60 cm,
 - b) levé rameno (pracoviště „praváků“ u okna, řidič auta, jezdí-li se vpravo) s odpovídající výškou 170 cm pro stojícího a 100 cm pro sedícího člověka, popřípadě pravé rameno (pracoviště „leváků“ u okna, řidič auta, jezdí-li se vlevo), někdy i místa nazývaná „za krkem“.
- u hlavy:
 - a) obličej (zvláště čelo – práce u pece) s odpovídající výškou 170 cm pro stojícího a 110 cm pro sedícího člověka,
 - b) temeno (sálavé stropní vytápění),
 - c) levá strana hlavy (sálavé stěnové vytápění, práce u okna)
 - d) pravá strana hlavy (sálavé stěnové vytápění, práce u okna)

e) zadní strana hlavy (sálavé stěnové vytápění). [13]

Z hlediska fyziologie existují místa na povrchu těla citlivá na podchlazení, která by měla být zvláště chráněna. Jedním z nich je krk, kde se nachází štítná žláza (podílí se i na termoregulaci organismu), dále místa nad lopatkami, ledviny, nepřilíš prokrvená místa v „kříži“, jejichž podchlazení je nejčastější příčinou pohybových potíží. Dále je to i oblast kolen a kotníků, kde byla zajištěna přímá vazba na horní dýchací cesty (vzhledem k nachlazení). [13]

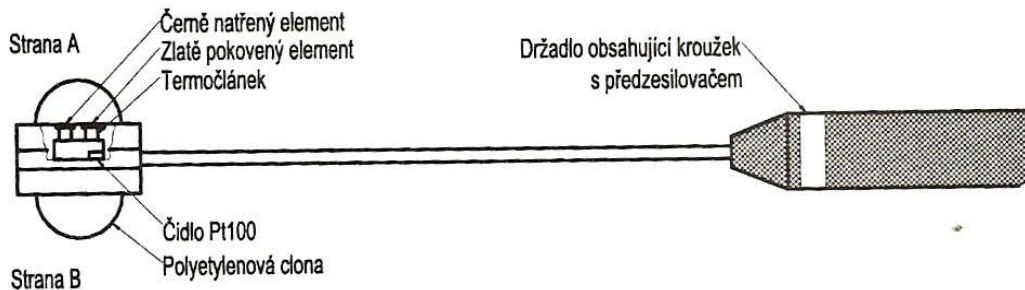
Nerovnoměrnost tepelně-vlhkostního mikroklimatu nastává v horkých provozech, průmyslové výrobě (např. v hutích či sklárnách), kdy je člověk vystaven z jedné strany nadměrné tepelné radiaci. Toto můžeme pozorovat i v budovách s lehkým obvodovým pláštěm (kancelářské budovy apod.). Velká okna tu jsou zdrojem tepelné radiace v létě (ale i na jaře a na podzim) a naopak v zimě může vzniknout od oken vyšší chladová zátěž. Zdrojem nerovnoměrnosti v prostoru bývají i špatně nastavené klimatizační jednotky, přívody vytápěného či chladícího vzduchu, otopné plochy a umístění otopných těles.

3.3 Radiační teplotní asymetrie

Pravděpodobně první pokus o hodnocení nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu, použitelný v praxi, učinil Chrenko [14]. Dokazuje, na základě pokusů s krátkodobými expozicemi, že nepříjemně působí na hlavu tepelná radiace, která způsobuje vzrůst střední radiační teploty ve výši hlavy nad teplotu vzduchu o více jak 2 °C. Tehdy to byl opěrný bod pro odborníky na vytápění v budovách. Nicméně kdyby měl být tento limit respektován, prakticky jakákoliv solární radiace by byla nepříjemná, neboť způsobuje vysoký vzrůst střední radiační teploty nad teplotu vzduchu. [15]

Pojem „radiační teplotní asymetrie“ (Radiant Temperature Asymmetry tj. RTA) navrhl Olesen et al. [16]. Je to rozdíl mezi rovinnou radiační teplotou („Plane Radiant Temperature“) dvou protilehlých stran malé destičky. Rovinná radiační teplota navržená Mc Intyrem [17] je definována jako teplota myšlené izotermální plochy, jež osálává z jedné strany malý plošný element jako skutečné neizotermální plochy vyšetřovaného prostoru. Rovinná radiační teplota charakterizuje tepelnou radiaci dopadající na člověka pouze z jednoho směru, zatímco střední radiační teplota („Mean Radiant Temperature“ tj. MRT) a efektivní

radiační teplota („Effective Radiant Temperature“) určují tepelnou radiaci ze všech stran. Rovinná radiační teplota nebere v úvahu jednak současně působící sdílení tepla konvekcí (např. v chladném vzduchu je nám příjemné podstatně větší tepelné sálání než v teplém vzduchu), jednak fyziologii (termoregulaci) lidského organismu. [16]



Obr. 3: Příklad Indoor Climate Analyzer type 1213, [16]

Ke stanovení radiační teplotní asymetrie se dosud používá přístroj firmy Brüel and Kjaer – Indoor Climate Analyzer type 1213 (Obr. 3). Čidlo pro měření radiační teploty je opatřeno černým a zlatě pokoveným elementem. Vlivem rozdílné absorpce těchto dvou elementů se získá teplotní rozdíl, který je závislý na přenosu radiačního tepla s okolními povrchy. Přesněji se toto teplo stanoví ze změřené povrchové teploty destičky t_{rA} a t_{rB} , exponované radiačním teplem ze dvou stran označených A a B. Rozdíl těchto teplot ($t_{rA} - t_{rB}$) je současně radiační teplotní asymetrií (RTA). Přístroj obsahuje speciální měřicí sondu (Radiant Temperature Asymmetry transducer MM 0036), jež na bázi senzoru Pt100 měří dopadající radiační teplo z těchto dvou protilehlých stran. [18]

V normě ČSN EN ISO 7726 [19] je uvedeno, že radiační teplotní asymetrie se značí Δt_{pr} a je definována jako rozdíl mezi rovinnými radiačními teplotami t_{pr1} , t_{pr2} (odpovídá výše uvedeným t_{rA} , t_{rB}) dvou protilehlých ploch malého rovinného prvku:

$$\Delta t_{pr} = t_{pr1} - t_{pr2} \quad [K] \quad (2)$$

Protože je asymetrie radiační teploty vztažena k malému rovinnému prvku, její hodnota závisí na jeho orientaci. Orientací může být v některých situacích určena

např. asymetrie stropu a podlahy. Pokud však směr není specifikován, sálavá asymetrie by měla být vztažena k orientaci, která dává maximální hodnoty. [19]

4 Kulový stereoteploměr

Pro měření radiační teplotní asymetrie (RTA) lze alternativně použít český patentovaný přístroj **kulový stereoteploměr Joki-Jirák** (viz **Obr. 4**). Je založen na principu společného účinku radiace a konvekce, umožňuje vyhodnotit všesměrové působení sálání a zaznamenáváme jím stereoteplotu.



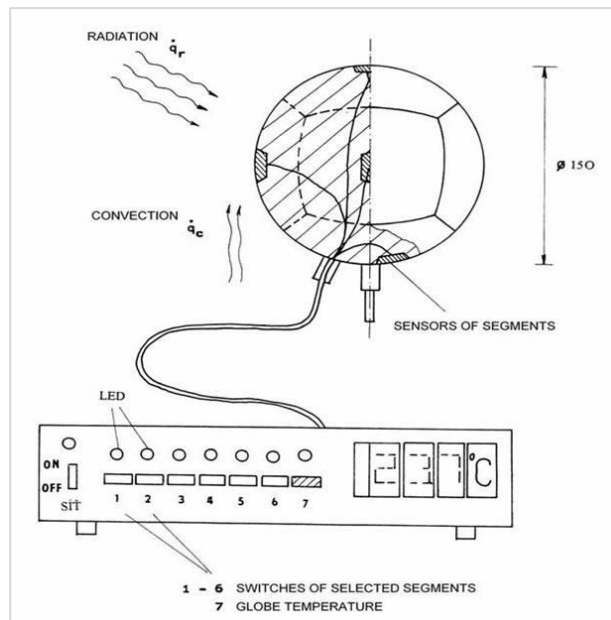
Obr. 4: Kulový stereoteploměr v sestavě se sondami pro měření suché teploty a rychlosti proudění vzduchu

Jedná se o kouli o \varnothing 15 cm rozdělenou do 6 totožných segmentů. Toto rozdělení se ukázalo jako dostatečné pro praxi. K vyšetření nejcitlivější části těla – hlavy, je třeba jen pěti segmentů odpovídajících obličejí, temeni, levé, pravé a zadní části hlavy. Více segmentů, jak šest se ukázalo být zbytečné. Teplota každého segmentu se nazývá **stereoteplota** t_{stereo} . [15]

Přístroj je obdobou kulového teploměru, který je v nepřetržitém používání již od roku 1923 a jež se stal součástí většiny státních norem či hygienických předpisů. Kulový teploměr nepředstavuje model lidského těla, ale je částí rovnice jeho tepelné bilance, tzn. lze jej dosadit místo operativní teploty. Výsledná teplota kulového teploměru t_g (dále v textu uváděna jako „výsledná teplota KT“ nebo „globeteplota“) zahrnuje ovšem pouze vliv teploty vzduchu a efektivní radiační teploty, takže jako kritérium tepelného komfortu musí být vyjádřeno v závislosti na ostatních faktorech, obsažených v rovnici tepelné bilance člověka: rychlosti a vlhkosti vzduchu, oděvu, činnosti člověka, adaptaci a době expozice [16].

Joklova patentově chráněná úprava [20] spočívá v rozdělení povrchu kulového teploměru na šest stejných ploch – segmentů. Osy těchto segmentů

jsou na sebe kolmé. Segmenty jsou vzájemně tepelně izolovány a jsou umístěny na speciální vnitřní konstrukci z tepelně-izolačního materiálu. Vnitřní nosná konstrukce zajišťuje oddělení jak pro konvekční vedení tepla, tak i jejich vzájemné radiční ovlivňování (**Obr. 5**). Na základě schopnosti rozlišit vliv radiace a konvekce směrově, byl proto použit název kulový stereoteploměr.



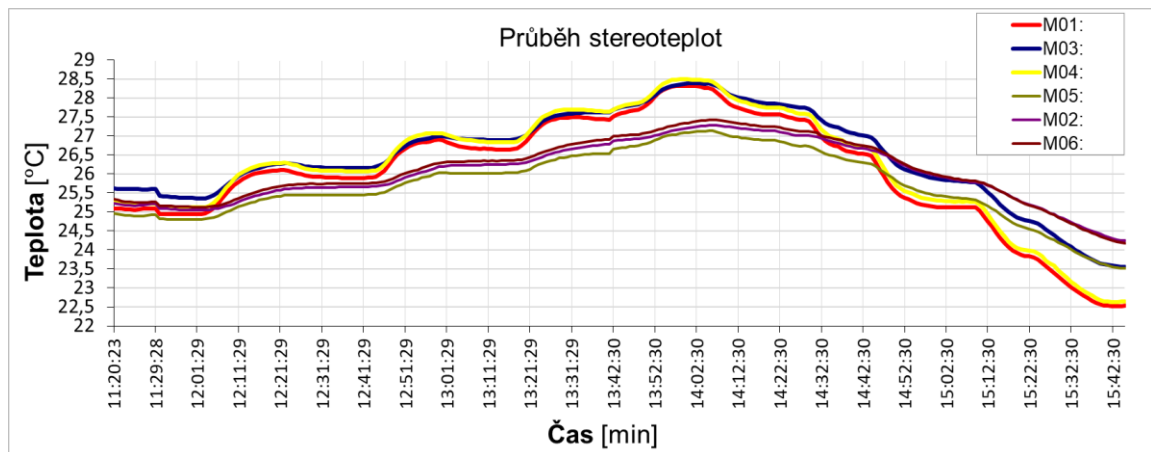
Obr. 5: Schéma kulového stereoteploměru, [21]

Pro měření směrové teploty jsou uvnitř koule zvolena čidla Pt100 se záznamem dat do dataloggeru (lze napojit na ústřednu ALMEMO od firmy AHLBORN). Zaznamenává se teplota jednotlivých segmentů. Výsledná průměrná teplota všech segmentů se shoduje s globeteploťou t_g obyčejného kulového teploměru.

4.1 Stereoteplota

Stereoteplota (značíme t_{stereo} nebo t_{st}) je teplota kulového teploměru pouze pro poloprostor (nebo i menší části prostoru). Dodržení maximálního rozdílu pro poloprostor je zvláště závažné, neboť jeho splnění vyžaduje například umístění otopného tělesa, jakožto zdroje tepla, ke zdroji chladu a klimatizační jednotky, jakožto zdroje chladu, do prostoru okna – ke zdroji tepla.

Stereoteplota t_{st} je tedy teplota segmentu kulového stereoteploměru korespondujícímu sálajícímu povrchu, tj. orientovaného směrem k radiční ploše. Její zaznamenané průběhy z měření jsou k náhledu viz **Obr. 6**.



Obr. 6: Příklad průběhu jednotlivých stereoteplot vynesných v grafu, [7]

Předností stereoteploty, na rozdíl od radiační teplotní asymetrie, je v respektování fyziologické odezvy lidského organismu, neboť:

- zachycuje sálání pouze z jedné, exponované strany,
- zachycuje nejen vliv tepelné radiace, ale i konvekce. [22]

Veličina slouží k hodnocení nerovnoměrného tepelného stressu člověka a v její hodnotě je tedy započtena nejen radiační teplota (tepelná energie), ale i teplota proudícího vzduchu v okolí stereoteploměru tj. přenos tepla konvekcí. Vychází se z teorie, že v chladném vzduchu člověk snese větší sálavé teplo a naopak.

V případě, že spočítáme **průměr ze všech šesti stereoteplot**, tak bude roven výsledné teplotě kulového teploměru - **globeteplotě t_g** . Rozdílem stereoteplot a globeteploty lze určit v případě potřeby i asymetrii radiační teploty.

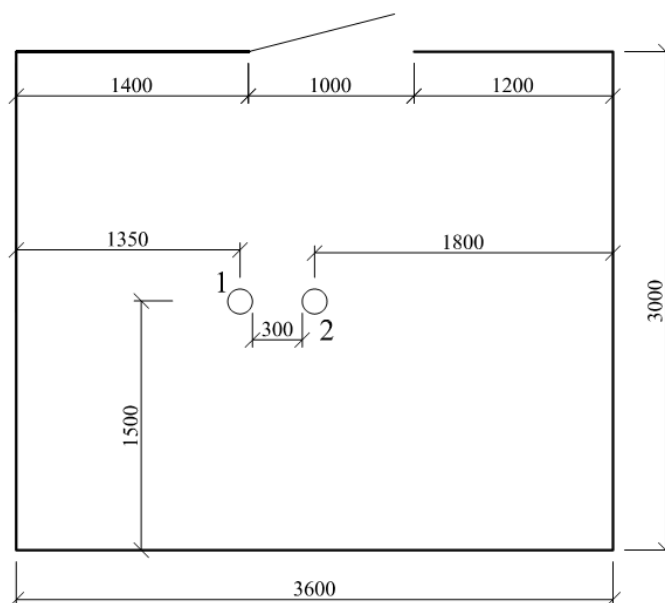
Oproti tomu použití přístroje Indoor Climate Analyzer, který musí být umístěn v několika rozdílných orientacích za účelem nalezení maximální asymetrie, má stereoteploměr při měření ve třech ortogonálních směrech výhodu, jelikož ho lze umístit jen v jedné orientaci. V případě, že je potřeba změřit tři ortogonální směry je potřeba tří dánských přístrojů typu 1213 pro účely sledování. Další výhodou stereoteploměru je lepší finanční dostupnost. Pořizovací cena je zlomkem ceny dánského přístroje.

4.2 Ustálení kulového stereoteploměru

V odstavci 4 bylo uvedeno, že stereoteploměr má tvar koule (rozdělená do 6 segmentů), která je potřená černou barvou a je vyplněna izolací: malými kousky

polystyrénové nebo polyuretanové pěny, jež vytváří radiační ochranu proti tepelné vazbě mezi jednotlivými segmenty. Provedení této izolace má vliv na časovou konstantu přístroje. V článku [15] se uvádí, že časová konstanta τ kulového stereoteplooměru má hodnotu 4,2 minuty. Časová konstanta přístroje byla ověřována v práci [7] a dále je stručné shrnutí výstupu tohoto výzkumu.

Experimenty byly provedeny v demonstrační a výukové laboratoři technických zařízení budov na fakultě stavební ČVUT. Součástí laboratoře TZB je měřicí kabina s regulovatelnými teplotami jednotlivých povrchů a řízeným přívodem a odvodem vzduchu. Rozměry kabiny jsou: hloubka 3 m x šířka 3,6 m a výška 2,9 m (**Obr. 7**). Konstrukce kabiny je tepelně izolovaná lehká stavba, provedená ze sádkartonových příček. Na vnitřních stranách stěn kabiny jsou přilepeny okruhy kapilárních rohoží G-term kryté tenkou sěrkovou omítkou a olejovým nátěrem odolným proti vlhkosti a zkondenzované vodní páře. Spodní vrstva konstrukce podlahy je izolovaný betonový základ, na němž spočívá nášlapná vrstva z dlažby. Každý z povrchů kabiny je vybaven samostatným okruhem kapilárních rohoží. Okruhy kapilárních rohoží jsou napojeny na okruh vytápění a chlazení. Maximální tepelné a chladicí výkony všech povrchů v kabině se pohybují v rozmezí 6 až 8 kW. Zdrojem tepla pro vytápění v laboratoři je elektrokotel Protherm Rejnok o výkonu 16 kW, který je napojený na vstup do hlavního rozdělovače tepla. Měřicí kabina je napojena na jeden ze čtyř okruhů dodávky tepla. Zdrojem chladu je tepelné čerpadlo Viessman Vitocal 300. Chladicí výkon je přibližně 11 kW [23].



Obr. 7: Schéma kabiny s umístěním přístrojů, 1- kulový teploměr (v sestavě s anemometrem a čidlem teploty/vlhkosti), 2 – kulový stereoteploměr, [7]

V následujícím textu bude uveden jeden z experimentů, který byl podkladem pro výpočet časové konstanty přístroje:

- *Použité přístroje:* kulový stereoteploměr Jokl-Jirák (měření veličin: stereoteploty ze šesti směrů $t_{\text{stereo},1-6}$, a z nich průměrná teplota t_g'); kulový teploměr \varnothing 15 cm (pro měření výsledné teploty KT - globeteploty t_g); anemometrická sonda všesměrová, typ: FVA605TA10, měřicí rozsah 0,01-1 m/s; kombinované čidlo: teplota/vlhkost vzduchu Ahlborn FHA646-E1; ústředna pro sběr dat ALMEMO 5690-2M; digitální pyrometr GIM 1840-ST6 Greisinger (nastavená emisivita $\varepsilon = 0,95$).
- *Podmínky měření:* Sestava s „obyčejným“ kulovým teploměrem byla nainstalována dle schématu na **Obr. 7**. Instalace kulového teploměru: 110 cm nad podlahou (měřeno ke středu koule). Po vnesení kulového stereoteploměru byla zachována stejná výška jako u kulového teploměru. Segment č. 3 stereoteploměru byl vodorovně směrem nahoru.

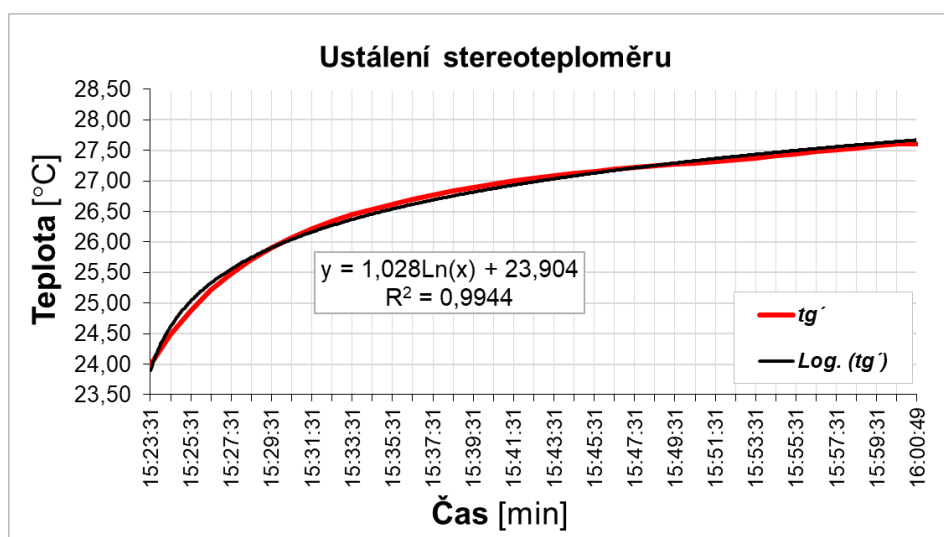
Po celou dobu tohoto pokusu nedocházelo k proudění vzduchu nad hodnotu $v_a = 0,09$ m/s. Vycházelo se z ustáleného stavu okolního prostředí v kabině. Během měření byla zvyšována teplota stěn, podlahy a stropu na zvolenou teplotu a nechala se vždy místnost ustálit. Při měření nebyla měněna vzdálenost přístrojů ke stěnám.

Pozn.: U měření teploty vzduchu t_a při zapnutých sálajících stěnách se musí zabránit vlivu sálání z okolních tepelných zdrojů, protože teplota měřená v takovém případě pak není skutečnou teplotou vzduchu, ale určitou teplotou mezi teplotou vzduchu a střední teplotou sálání. Snížení rozdílu teploty mezi čidlem a sousedními plochami bylo docíleno pomocí stínítka z hliníkové fólie.

- *Postup měření:* Prvním krokem byla instalace sestavy s kulovým teploměrem (společně s anemometrem a čidlem vlhkost/suchá teplota) do měřicí kabiny, kde zůstala na stejném místě po celou dobu měření. Kulový stereoteploměr byl umístěn v jiné místnosti v laboratoři TZB, kde byly rozdílné výchozí teplotní podmínky oproti měřicí kabině. Po ustálení přístrojů a teplot v měřicí kabině byl stereoteploměr do zkušební kabiny přenesen a zapojen na sběrnou datovou ústřednu - instalace stereoteploměru ve stejné výšce a ve vzdálenosti 30 cm od přístroje sestavy s kulovým teploměrem. Ostatní přístroje již byly

připojeny na sběrnou datovou stanici. Poté bylo spuštěno a zaznamenáno měření.

V jednom z pokusů byla v měřící kabině nastavena teplota stěn, podlahy a stropu na teplotu 28 °C. Stereoteploměr byl do měřící kabiny přenesen z teplotních podmínek $t_a = 22,4$ °C do měřící kabiny po jejím ustálení. Po zapojení kulového stereoteploměru na ústřednu započalo měření ustálení. Střední hodnota z šesti stereoteplot $t_{\text{stereo},1-6}$ byla zanesena do grafu v podobě křivky t_g' (Obr. 8).



Obr. 8: Průběh křivky ustalování čidel stereoteploměru (zprůměrovaná hodnota t_g'), [7]

Regresivní analýzou byla získána křivka, která má rovnici $y = 1,028 \ln(x) + 23,904$ a $R^2 = 0,9944$. S křivkou, která je popsána výše uvedenou rovnicí, bylo dále pracováno pro výpočet časové konstanty s pomocí rovnice (3).

Dynamické vlastnosti čidel teploty se liší dle diferenciální rovnice. Zde je uvažováno čidlo popsané diferenciální rovnicí prvního řádu. Při skokové změně teploty prostředí s kladným přírůstkem rovnici napíšeme takto [24]:

$$T = \Delta T \cdot (1 - e^{-t/\tau}) \quad (3)$$

kde:

- T teplota čidla [°C];
- ΔT změna teploty $\Delta T = T_m - T_o$ [°C];
- T_m teplota měřeného prostředí [°C];
- T_o počáteční teplota čidla [°C];
- t čas, odečtený pomocí tečny z grafu [s];
- τ časová konstanta čidla [s].

Bylo vycházeno z naměřených dat experimentu, kde počáteční teplota vzduchu $t_a = T_o = 22,4 \text{ }^\circ\text{C}$ (místnost, kde byl umístěn stereoteplořer původně) byla odečtena od teploty vzduchu v kabině při zapojení stereoteplořeru $t_a = T_m = 28,11 \text{ }^\circ\text{C}$. Křivka se v průběhu měření dostává do ustáleného stavu. Z grafu byly odečteny hodnoty: teplota čidla $T = 25,7 \text{ }^\circ\text{C}$ za čas $t = 270 \text{ s}$. Časová konstanta se v tomto případě rovná hodnotě $\tau = 3,59 \text{ min}$ [7].

Výsledky experimentů ustálení přístroje kulového stereoteplořeru jsou shrnuty v **Tab. 1**.

Tab. 1 Shrnutí výsledků experimentu – ustálení kulového stereoteplořeru, [7]

Měření	Teploty			Hodnoty odečtené z grafů		Vypočtené hodnoty	
	Teplota měřeného prostředí	Počáteční Teplota čidla	Rozdíl teplot	Teplota čidla	Čas	Časová konstanta	Časová konstanta
	$T_m \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_o \text{ [}^\circ\text{C]}$	$\Delta T \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T \text{ [}^\circ\text{C]}$	$t \text{ [s]}$	$\tau \text{ [s]}$	$\tau \text{ [min]}$
3.A	28,11	22,4	5,71	25,7	270	215	3,59
3.B	31,94	22,59	9,35	28,25	290	412	6,87
3.C	24	21,49	2,51	23	300	135	2,25
3.D	24,1	15,78	8,32	20,3	170	466	7,7
3.E	17,33	22,27	4,94	18,75	255	248	4,13
3.F	18,79	22,6	3,81	20,1	300	206	3,44

Vypočtené časové konstanty τ a rozdíly teplot ΔT byly vyneseny do grafu a byla zjištěna závislost v této podobě:

$$\tau = 0,7684 \cdot \Delta T + 0,2206 \quad (4)$$

- **Závěr:** Experiment ukázal, že při vyšším rozdílu mezi počáteční teplotou přístroje z předchozího prostředí vykazuje vyšší odchylku od stanovené závislosti. Časová konstanta se zvětřuje při vyšším rozdílu teplot ΔT a naopak. Příklad výpočtu doby ustálení t_s , pro hodnoty: časová konstanta $\tau = 2,25 \text{ min}$. Při rozdílu $\Delta T = 2,51 \text{ }^\circ\text{C}$.

- časová konstanta v době rovné 1 má hodnotu 0,632 odpovídá \rightarrow
 $\rightarrow \tau = 2,25 \text{ min}$
- 90 % doby ustálení v době rovné 2,302 odpovídá $\rightarrow t_s = 5,18 \text{ min}$

V době rovné 4,606 je hodnota doby ustálení (99%) rovna $t_s = 10,36 \text{ min}$.

Časová konstanta τ , počítaná pomocí rovnice (4) pro zkoušený přístroj, vycházela v průměru 4,6 min, což je potvrzením předpokladu rychlého ustálení koule vyplněné izolací – přístroje kulového stereoteploměru.

5 Hodnocení tepelně-vlhkostního mikroklimatu

Kvalita vnitřního prostředí v budovách se hodnotí pomocí několika metod, a to:

- *Objektivní* - měření fyzikálních veličin určujících mikroklima, tepelná rovnováha člověka;
- *Subjektivní* - hodnocení tepelného pocitu člověka, vnímání prostředí. Tato hodnocení umožňují rozhodnout, zda je nutné provádět další (objektivní) šetření a která místa pobytu lidí jsou z hlediska diskomfortu a dalších faktorů nejzávažnější;
- *Legislativní* - hygienické předpisy (zákony a prováděcí předpisy – závazné, normy).

V kapitole 3 a 3.1 byla popsána problematika tepelně-vlhkostního mikroklimatu. Tepelně-vlhkostní vlastnosti mikroklimatu interiéru lze **objektivně** vyjádřit faktory, které popisují prostředí [4]:

- Teplotu vnitřního vzduchu,
- Radiační teplotu,
- Výslednou teplotu,
- Účinnou teplotu okolních ploch,
- Vlhkostí vnitřního vzduchu danou parciálním tlakem vodní páry nebo relativní vlhkostí,
- Rychlostí proudění vzduchu.

Tepelnou pohodu člověka navíc ovlivňují faktory **subjektivní** (tj. dané subjektem), a to:

- Produkce tepla, která je dána stupněm fyzické námahy, je ovlivněna věkem, konstitucí, pohlavím a zdravotním stavem,
- Tepelně izolační schopnost oděvu, dána tepelnou propustností – tepelným odporem oděvu.

Na základě výše uvedených zkoumaných faktorů a závislostmi mezi nimi, byla vypracována evropská norma EN ISO 7730 [10], která umožňuje např. stanovit tepelný pocit člověka při konkrétní kombinaci všech výše vyjmenovaných veličin, nebo určit vhodné teplotní podmínky pro člověka při určité činnosti a zadaném oděvu. Tato norma slouží k hodnocení tepelné pohody a taktéž popisuje podmínky tepelně-vlhkostního mikroklimatu přijatelného pro tepelnou pohodu

člověka. Představuje metody předvídání celkového tepelného pocitu a stupně diskomfortu (nespokojenost s tepelným prostředím) osob vystavených mírnému tepelnému prostředí. Norma je zpracována zvláště pro pracovní prostředí, je ale vhodná i pro jiné druhy prostředí. V této normě je uváděna asymetrická radiace jako jedna složka lokálního diskomfortu, která je popsána v **3.3** této práce.

Předpisové požadavky pro hodnocení kvality vnitřního prostředí (pro obytné a pracovní prostředí) jsou dále uvedeny v těchto zákonech, vyhláškách a normách:

- Norma ASHRAE 55-2017 a její předchůdci (2013, 2010, ...) [25], definují řadu vnitřních tepelných podmínek přijatelných pro většinu osob v budovách. Společně s podmínkami vnitřního prostředí v budovách dává do souvislosti i možná konstrukční řešení a udržitelnost budov. Obsahují návody hodnocení vnitřních tepelných podmínek, jak objektivními metodami, tak i pomocí subjektivního hodnocení – např. dotazníků. Norma je v legislativním výčtu této práce uvedena, jelikož je často užívána i v evropském prostředí;
- ČSN EN 15 251 [26], která určuje, jak stanovit a definovat hlavní parametry, které se používají jako vstupní informace pro výpočet energetické náročnosti budovy a dlouhodobé hodnocení vnitřního prostředí. Norma klasifikuje prostředí do čtyř kategorií. Čím vyšší nároky na prostředí, tím více energie je nutné k jeho vytvoření;
- ČSN EN ISO 7730 [10] Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu;
- Zákon č. 20/1966 Sb., o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů – především zákona: č. 258/2000 Sb. [27], a novelizace ve znění zákona č. 267/2015 Sb. [28], o ochraně veřejného zdraví a změně některých souvisejících zákonů ve znění pozdějších předpisů, ve vyhláškách a nařízeních vlády k zákonu;

- Vyhláška č. 6/2003 Sb. [29], zahrnuje hygienické limity pro mikroklima, chemické látky prašnost, výskyt mikroorganismů a roztočů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb;
- Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. [30] (nejnovější novelizace č. 246/2018 Sb.), kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb. Jedná se o prostředek pro hodnocení tepelně-vlhkostního mikroklimatu v pracovním prostředí v budovách (dále jen „nařízení vlády č. 93/2012 Sb.“).

5.1 Nařízení vlády č. 93/2012 Sb.

Stěžejní předpis, který je jedním z hlavních podkladů pro tuto práci, v oblasti problematiky nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu, je nařízení vlády č. 93/2012 Sb. (předchozí změna předpisu č. 361/2007 Sb. měla číslo 68/2010 Sb. [31]). V předpisu došlo k úpravě části řešící tepelnou zátěž zaměstnanců, došlo ke změně limitů i sledovaných veličin, zavedena byla i veličina nová – *stereoteplota* (t_{st} nebo t_{stereo}). Podkladem pro změnu tepelně-vlhkostních podmínek v pracovním prostředí byla dlouholetá vědecká práce profesora M. V. Jokla a profesora Z. Jiráka [32], [33], [34], [35] a následné experimenty v klimatické komoře v Ostravě (více viz odstavec 5.2).

Vládní nařízení č. 361/2007 Sb. [36] (se změnou č. 68/2010 Sb.) bylo problematické, na základě následujících skutečností, v oblasti tepelně-vlhkostního mikroklimatu:

- Nepředepisovaly se teploty pro návrh topných a chladících (klimatizačních) zařízení,
- nebylo kompatibilní s evropskými normami, tj. jednak se nezavádělo hodnocení kvality vnitřního prostředí dle kategorií, jednak neodpovídaly některé teploty, například maximální teplota na pracovišti v letním období. [32]

Problém tepelně-vlhkostního mikroklimatu s nerovnoměrnou tepelnou zátěží nebyl v NV č. 361/2007 Sb. (ani v předcházejícím NV č. 101/2005 Sb.) zahrnut vůbec. Proto bylo navrženo, že na pracovištích třídy I a IIa, musí být dodrženy požadavky [32]:

- přípustný rozdíl stereoteplot, korespondující osálaným částem povrchu těla *minus* globeteplota v úrovni hlavy ($t_{st} - t_g$) musí vyhovovat hodnotám v **Tab. 2**,
- Přípustný pokles globeteploty v úrovni hlavy na globeteplotu v úrovni kotníků nesmí překročit hodnoty, uvedené v **Tab. 3**,
- Průvan na pracovišti, vyjádřený rozdílem stereoteploty korespondující exponovanému povrchu těla *minus* globeteplota v úrovni hlavy, nesmí překročit hodnoty uvedené v **Tab. 2**.

Měření stereoteploty se týká pouze klimatizovaného pracoviště a pro pracoviště, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání, na nichž je vykonávána práce třídy I a IIa, pro posouzení horizontální nerovnoměrnosti.

Do nařízení vlády [30] bylo navrženo zahrnout tyto skutečnosti, navíc s ohledem na fyziologii lidského organismu respektovat jeho vyšší citlivost vůči chladu než vůči teplu, ale také zachování 100 % pracovní schopnosti v oblasti přirozeně větraných budov. Tento předpis nadále zachovává hodnocení podle operativní (vypočtené teploty) t_o a výsledné teploty kulového teploměru t_g . Jak již bylo výše zmíněno, zavádí měření veličiny stereoteploty t_{st} . Stereoteplota je měřena pomocí přístroje kulového stereoteploměru (směrová radiační teplota, která charakterizuje radiační účinek okolních ploch ve sledovaném úhlu).

Stereoteplota spolu s výslednou teplotou KT (globeteplotou t_g) slouží podle „nařízení vlády č. 93/2012 Sb.“, Příloha č. 1, Část A, tabulka 4 (v tomto dokumentu **Tab. 2**) pro stanovení nerovnoměrnosti tepelné zátěže pro pracoviště s třídou práce I a IIa, jde o vymezení podmínek komfortu, ne o stanovení rizik. Obdobné údaje by byly potřebné právě pro stanovení rizik pro práce třídy IIb a vyšší, kvůli vyhodnocování dalších pracovišť, kde k nerovnoměrné teplotní zátěži často dochází (např. sklárny). [37]

Tab. 2 Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru na $\Delta(t_{st} - t_g)$ na úrovni hlavy pro práci třídy I a IIa vykonávanou na klimatizovaném pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání, [30]

(t_g) hlava [°C]	Přípustný horizontální rozdíl $\Delta(t_{st} - t_g)$ na úrovni hlavy [°C]			
	Vůči chladnému povrchu		Vůči teplému povrchu	
	Kategorie A, B	Kategorie C	Kategorie A, B	Kategorie C
	$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]	$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]	$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]	$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]
19	0,4	-0,9	6,8	8,1
20	0,1	-1,2	6,6	7,9
21	-0,3	-1,6	6,2	7,5
22	-0,9	-2,2	5,6	6,9
23	-1,6	-2,9	4,9	6,2
24	-2,5	-3,8	3,9	5,3
25	-3,6	-4,9	2,9	4,2
26	-4,6	-6,2	1,9	3,2
27	-6,1	-7,4	0,6	1,9

Tab. 2 je určena pouze pro horizontální rozdíly teplot, nelze podle ní hodnotit vertikální nerovnoměrnost (teplý/chladný strop nebo podlaha), v tomto případě se dá postupovat pouze podle tabulky 5, Příloha č. 1, Část A v nařízení vlády č. 93/2012 Sb. (v této práci viz **Tab. 3**) stanovující přípustný vertikální rozdíl výsledných teplot mezi hlavou a kotníky stojící nebo sedící osoby.

Tab. 3 Přípustný rozdíl mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy t_g a na úrovni kotníků pro klimatizované a přirozeně větraná nevenkovní pracoviště a pro pracoviště, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání, na nichž je vykonávaná práce třídy I a IIa, [23]

t_g na úrovni hlavy [°C]	$t_{g, \text{ hlava}} - t_{g, \text{ kotník}}^*$ [°C]	
	Kategorie A, B	Kategorie C
19	0,0	0,5
20	0,0	1,0
21	0,0	1,5
22	0,5	2,0
23	1,5	3,0

24	2,5	3,5
25	3,5	4,5
26	4,5	5,5
27	5,5	6,5

Vysvětlivka k Tab. 2 a Tab. 3 (převzato z [30]):

Kategorie A platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou vysokou kvalitou prostředí, na nichž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění.

Kategorie B platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou střední kvalitou prostředí při práci vyžadující průběžnou pozornost a soustředění.

Kategorie C platí pro ostatní klimatizovaná a nuceně a přirozeně větraná pracoviště.

** Úroveň hlavy = 1100 mm nad podlahou, úroveň kotníků = 150 mm nad podlahou*

Řešena jsou v tomto předpise klimatizovaná pracoviště, kde klimatizace je použita nikoli z důvodů technologických požadavků na prostředí, ale k zajištění optimální pohody prostředí.

Bohužel ani tento předpis se nevyhnul některým nepřesnostem, ať už v terminologii, v popisu tabulek, samotných veličin, či již požadovaná přesnost měření teplot měřených kulovým teploměrem (více je popsáno v odstavci **5.1.2**).

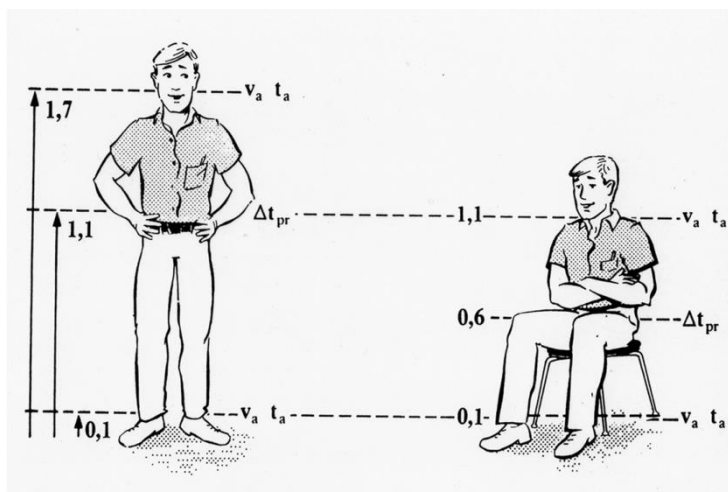
Veličina pro hodnocení nerovnoměrné radiačně-konvektivní tepelné zátěže, stereoteplota, je zanesena i ve slovenské vyhlášce Ministerstva zdravotníctví Slovenské republiky č. 544/2007 Sb. [31] v § 4 Únosné mikroklimatické podmienky, odst. 6: *„Tepelná záťaž zo sálania silných zdrojov sa má vyhodnotiť pre každé exponované pracovné miesto s využitím primeranej metódy hodnotenia pomocou stereoteploty, asymetrie teploty sálania alebo podľa ukazovateľa WBGT; pri zdrojoch sálavého tepla, pri ktorých stereoteplota na pracovnom mieste prekračuje 43 °C, alebo ak ožiarenosť prekračuje 700 W.m⁻², použije sa ochrana proti sálavému teplu.“*

Slovenská vyhláška dále uvádí v přílohové části rozsah optimálních a přípustných hodnot mikroklimatických podmínek pro teplé a chladné období roku. V nařízení vlády č. 93/2012 Sb. bylo od terminologie a rozsahů nazvaných „optimální“ upuštěno (a to i přesto, že v předchozích novelizovaných vládních nařízeních byly „optimální“ hodnoty uváděny). Nyní jsou zde uvedené minimální a maximální hodnoty (operativní teploty) se zdůvodněním, že se jedná o vymezení rizik.

5.1.1 Metodický návod MZ ČR

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a jeho novelizace, doprovází vždy metodika Ministerstva zdravotnictví ČR, která zajišťuje odbornou pomoc orgánům ochrany veřejného zdraví a jednotný postup při měření mikroklimatických parametrů vnitřního prostředí. Jsou zde uvedeny podmínky a způsoby měření jednotlivých veličin v pobytové zóně lidí a charakteristiky vhodných měřících přístrojů.

Ve věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR z roku 2009, částka 2 [39] a taktéž věstníku MZ ČR z roku 2013, částka 8 [37] je v metodice *Měření mikroklimatických parametrů pracovního prostředí a vnitřního prostředí staveb* předepsáno, že počet měřících míst z hlediska vertikálního rozložení mikroklimatických parametrů je závislé na tom, zda je možné prostředí v blízkosti osoby považovat za homogenní, nebo heterogenní. Jako homogenní prostředí lze označit takové prostředí, kde jsou v daném okamžiku odchylky jednotlivých mikroklimatických veličin měřených v doporučených výškách hlava-břicho-kotníky od jejich střední hodnoty menší než $\pm 5\%$.



Obr. 9: Doporučené výšky měření stojící a sedící osoby, [18]

V homogenním prostředí stačí jedno místo měření v prostoru ve výšce břicha stojící nebo sedící osoby. V prostředí heterogenním (např. tam, kde jsou zdroje sálavého tepla nebo chladu, proměnlivé rychlosti proudění vzduchu apod.), nebo v případech, kdy sledovaná osoba pracuje na různých místech, se musí měřit na několika místech v prostoru a ve všech třech výškách, tj. v úrovni hlavy, břicha a kotníků (Obr. 9). Z takto naměřených veličin pro všechny tři výšky se stanoví střední hodnota – vzorec (5). V heterogenním prostředí se výsledná teplota t_g měří vždy ve všech třech výškách. Teplotu vzduchu t_a stačí ve většině případů

měřit pouze ve výšce břicha (sálavé složky prostředí, které ovlivňují výslednou teplotu, ovlivňují teplotu vzduchu minimálně), stejně tak vlhkost vzduchu [37].

Stanovení středních hodnot teplot:

Střední hodnota pro výslednou teplotu, nebo teplotu sálání v daném okamžiku se určí ze vztahu:

$$\varnothing t = \frac{t_{hlava} + 2t_{břicho} + t_{kotníky}}{4} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (5)$$

V úvodní části se metodiky zabývají měřenými veličinami a jejich stanovením, dále názvoslovím, podmínkami a metodami měření pomocí měřících přístrojů a uzavřena je popisem, co má obsahovat protokol o měření.

V metodice z roku 2013 [37] je vysvětlující popis k NV č. 93/2012 Sb., převážně k části „Hodnocení nerovnoměrné tepelné zátěže“. Stereoteplota spolu s výslednou teplotou KT slouží pro stanovení nerovnoměrnosti tepelné zátěže pro pracoviště s třídou práce I a IIa. Jak již bylo výše zmíněno, jde o vymezení podmínek komfortu, ne o stanovení rizik (je doporučeno ji měřit pouze tam, kde je měření požadováno dle podnětů a tam, kde se zřetelně jedná o jednostrannou tepelnou zátěž).

Tab. 4: Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru na $\Delta(t_{st} - t_g)$ atd.; zaokrouhlená verze z metodiky [37]

t_g na úrovni hlavy [$^\circ\text{C}$]	Kategorie A, B		Kategorie C	
	Povrch			
	chladný	teplý	chladný	teplý
	$\Delta(t_{st} - t_g)$ min [$^\circ\text{C}$]	$\Delta(t_{st} - t_g)$ max [$^\circ\text{C}$]	$\Delta(t_{st} - t_g)$ min [$^\circ\text{C}$]	$\Delta(t_{st} - t_g)$ max [$^\circ\text{C}$]
19	0,5	7,0	-0,5	8,5
20	$\pm 0,5$	6,5	-1,0	8,0
21	-0,5	6,0	-1,5	7,5
22	-1,0	5,5	-2,0	7,0
23	-1,5	5,0	-3,0	6,0
24	-2,5	4,0	-4,0	5,5
25	-3,5	3,0	-5,0	4,0
26	-5,0	2,0	-6,0	3,0
27	-6,0	0,5	-7,5	1,9

Problematická je v předpise požadovaná přesnost měření v příloze č. 1, části A, tabulce 4 (v této práci viz **Tab. 2**), kde je např. rozdíl mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT pro výslednou teplotu KT $t_g = 20\text{ °C}$ stanoven na $(t_{st} - t_g) = 0,1\text{ °C}$. Požadovaná přesnost měření radiačních teplot je však dle ČSN EN ISO 7726 $\pm 0,2\text{ °C}$ pro komfort a $\pm 1\text{ °C}$ pro prostor s tepelnou zátěží. Proto je možno k hodnocení používat zaokrouhlených hodnot dle následující **Tab. 4**.

5.1.2 Revize předpisu NV č. 93/2012 Sb.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci – se změnami v NV č. 93/2012 Sb. [30] bylo aktualizováno a doplněno především v části hodnocení nerovnoměrné radiačně-konvektivní zátěže (např. veličina stereoteplota, tabulky pro horizontální a vertikální rozdíly teplot). Bohužel se předpis nevyhnul některým nepřesnostem, které ztěžují práci při měření a následném vyhodnocení příslušnými orgány. Dále chybí i některé náležitosti, které by naopak např. projektantům ve fázi projekce pomohly při návrhu klimatizovaných pracovišť.

Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa

Tabulka č. 3

Třída práce	M [W.m-2]	Kat	Klimatizované pracoviště				v_a [m.s ⁻¹]	Rh [%]
			nastavení vytápění		nastavení chlazení			
			tepelný odpor oděvu 1,0 clo		tepelný odpor oděvu 0,5 clo			
			$t_{o,opt}$	$t_{o,min}$ (t_{gmin}) [°C]	$t_{o,min}$ (t_{gmin}) [°C]	$t_{o,opt}$		
I	≤ 80	A	±1,0		±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70	
		B	±1,5		±1,5			
		C	+2,5 -2,0		+2,5 -2,0			
IIa	81-105	A	±1,0		±1,0			
		B	±1,5		+1,5 1,0			

Obr. 10: Přípustné hodnoty nastavení MKL podmínek v tabulce 3 - NV č. 93/2012 Sb.

Tabulka Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro klimatizované pracoviště třídy I a IIa

Třída práce	M [W · m ⁻²]	Kategorie	Klimatizované pracoviště				v _a [m · s ⁻¹]	RH [%]
			nastavení vytápění		nastavení chlazení			
			tepelný odpor oděvu 1,0 clo	tepelný odpor oděvu 0,5 clo	tepelný odpor oděvu 1,0 clo	tepelný odpor oděvu 0,5 clo		
to,přípustné [°C]		to,přípustné [°C]						
I	≤ 80	A	22	11,0	24,5	11,0	0,05 až 0,2	30 až 70
		B		11,5		-1,0 až +1,5		
		C		-2,0 až +2,5		-2,0 až +2,5		
IIa	81-105	A	20	11,0	23	11,0		
		B		11,5		-1,0 až +1,5		
		C		-2,0 až +2,5		-2,0 až +2,5		

Kategorie A platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou vysokou kvalitou prostředí, kategorie B platí pro klimatizovaná pracoviště s požadovanou střední kvalitou prostředí, kategorie C platí pro ostatní klimatizovaná pracoviště. Hodnoty nastavení $t_{o,přípustné}$ pro chlazená pracoviště třídy I a IIa vyžadují oblek o tepelném odporu 0,5 clo. Hodnoty nastavení $t_{o,přípustné}$ pro vytápěná pracoviště třídy I a IIa vyžadují oblek o tepelném odporu 1,0 clo.

Obr. 11: Přípustné hodnoty nastavení MKL podmínek – tabulka z odborného článku v časopise Pracovní lékařství [35]

Na Obr. 10 je k náhledu tabulka z NV č. 93/2012 Sb., která je nyní v předpise. Přípustné hodnoty operativních teplot t_o jsou zároveň optimálními teplotami pro návrh mikroklimatických podmínek (min. a max. hodnoty, které vymezují rizika, doplněny o popis $t_{g, min}$ a $t_{g, max}$). Je zde chyba v zápisu, kdy chybí zmínit, že se jedná i o $t_{g, max}$. V prázdném sloupečku byly dříve uvedeny hodnoty operativních teplot t_o s jednotkou dTh, které po připomínkovém řízení byly z předpisu vypuštěny. Pro doplnění uvádím, že Jiráček Z., Jokl M.V. a kol. navrhovali v práci [29], která předcházela vydání NV, aby se hodnoty operativních teplot nazývaly „přípustné“ (viz Obr. 11).

Třída práce	M [W.m ⁻²] (brutto)	$t_{o min}$ nebo $t_{g min}$	$t_{o max}$ nebo $t_{g max}$	v _a [m.s ⁻¹]	Rh [%]
		[°C]	[°C]		
I	≤ 80	20	27	0,01 až 0,2	30 až 70
IIa	81 až 105	18	26		
IIb ³⁾	106 až 130	14	32	0,05 až 0,3	
IIIa	131 až 160	10	30		
IIIb	161 až 200	10	26	0,1 až 0,5	
IVa	201 až 250	10	24		
IVb ¹⁾	251 až 300	10	20		

Obr. 12: Tabulka č. 2 v NV 93/2012 Sb. – Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou přirozeně větraném, na pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání

Třída práce	M [W · m ⁻²]	Operativní teplota t_o [°C]		v [m · s ⁻¹]	Rh [%]
		Výsledná teplota kulového teploměru t_g [°C]			
		$t_{o, \min}$ nebo $t_{g, \min}$	$t_{o, \max}$ nebo $t_{g, \max}$		
I	≤ 80	20	28	0,1 až 0,2	30 až 70
IIa	81 až 105	18	27	0,1 až 0,2	
IIb	106 až 130	14	26	0,2 až 0,3	
IIIa	131 až 160	10	26	0,2 až 0,3	
IIIb	161 až 200	10	26	0,2 až 0,3	
IVa	201 až 250	10	26	0,2 až 0,3	
IVb	251 až 300	10	26	0,2 až 0,3	
V	≥ 301	10	26	0,2 až 0,3	

Obr. 13: Tabulka č. 3 v NV 68/2010 Sb. - Požadavky na MKL podmínky na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou po celý kalendářní rok [25]

Obr. 12 a Obr. 13 ukazuje srovnání novelizací ohledně mikroklimatických podmínek na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou. Tabulka (Obr. 12) užívaná v NV č. 93/2012 Sb. je problematická v části pro práce třídy IIb, kde teplota $t_{o, \max}$ ($t_{g, \max}$) je rovna hodnotě 32 °C. Vycházelo se z fyziologických předpokladů, kdy do výpočtu zahrnuje pocení a osoba bude přirozeně fyziologicky ochlazována. Bohužel v praxi, při takovémto metabolickém výkonu, je výše uvedená maximální teplota pracovníkům nepříjemná, pocení je obtěžující a pracovní výkon těchto osob klesá. Nyní se jedná o nápravě (snížení) hodnoty této teploty v následující novelizaci.

Dále se v tabulce (Obr. 12) vyskytuje nepřesnost v grafické podobě sloupce pro rychlost proudění vzduchu v_a . Červeně vyznačené oblasti naznačují sloučení pro příslušnou hodnotu rychlosti proudění vzduchu. Ohledně minimální hodnoty proudění vzduchu $v_a = 0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pro třídy práce I a IIa je vše uvedené v pořádku (bylo totiž změněno z původní hodnoty $v_a = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ v [36] a [31]). Touto změnou je jen řečeno, že v daném prostředí je přípustěna i tato min. změřená hodnota proudění vzduchu blíží se nule.

- Horizontální nerovnoměrnost

Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru $[\Delta(t_{st} - t_g)]$ na úrovni hlavy pro práci třídy I a IIa vykonávanou na klimatizovaném pracovišti, přirozeně větraném pracovišti a na pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání pro práci třídy ~~I a IIa~~

Tabulka č. 4

(t_g) hlava	Přípustný horizontální rozdíl $\Delta(t_{st} - t_g)$ na úrovni hlavy [°C]							
	Vůči chladnému povrchu				Vůči teplému povrchu			
	Kategorie A, B		Kategorie C		Kategorie A, B		Kategorie C	
	$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]		$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]		$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]		$\Delta(t_{st} - t_g)$ [°C]	
19	0,4		- 0,9		6,8		8,1	
20	0,1		- 1,2		6,6		7,9	
21	- 0,3		- 1,6		6,2		7,5	
22	- 0,9		- 2,2		5,6		6,9	
23	- 1,6		- 2,9		4,9		6,2	
24	- 2,5		- 3,8		3,9		5,3	
25	- 3,6		- 4,9		2,9		4,2	
26	- 4,6		- 6,2		1,9		3,2	
27	- 6,1		- 7,4		0,6		1,9	

Obr. 14: Tabulka č. 4 v NV 93/2012 Sb. – Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru $[\Delta(t_{st} - t_g)]$.

T_o , hlava [°C]	T_{st} [°C]		$T_{st} - T_g$, hlava [°C]		$L_{th, st}$ [dThst]							
	Vůči chladnému povrchu				Vůči teplému povrchu							
	Kategorie A,B (Pocit - 0,5)		Kategorie C (Pocit - 0,7)		Kategorie A, B (Pocit + 0,5)		Kategorie C (Pocit + 0,7)					
19	19,4	0,4	-21,0	18,1	-0,9	-18,4	25,8	6,8	-26,8	27,1	8,1	-24,3
20	20,1	0,1	-13,4	18,8	-1,2	-11,0	26,6	6,6	-17,2	27,9	7,9	-14,3
21	20,7	-0,3	-7,6	19,4	-1,6	-5,4	27,2	6,2	-9,9	28,5	7,5	-6,7
22	21,1	-0,9	-3,5	19,8	-2,2	-1,5	27,6	5,6	-4,7	28,9	6,9	-1,3
23	21,4	-1,6	-1,0	20,1	-2,9	0,9	27,9	4,9	-1,6	29,2	6,2	2,0
24	21,5	-2,5	-0,1	20,2	-3,8	1,7	27,9	3,9	-0,5	29,3	5,3	3,1
25	21,4	-3,6	-0,8	20,1	-4,9	1,1	27,9	2,9	-1,4	29,2	4,2	2,3
Všechny	$-0,0824 \cdot T_o^2 + 2,967 \cdot T_o - 26,259$ $464,219 \cdot \log(T_{st}/21,5)$ $T_{st, opt} = 21,5 \text{ °C}$		$-0,0824 \cdot T_o^2 + 2,967 \cdot T_o - 27,553$ $418,969 \cdot \log(T_{st}/20)$ $T_{st, opt} = 20 \text{ °C}$		$-0,0824 \cdot T_o^2 + 2,967 \cdot T_o - 19,789$ $766,648 \cdot \log(T_{st}/28)$ $T_{st, opt} = 28 \text{ °C}$		$-0,0824 \cdot T_o^2 + 2,967 \cdot T_o - 18,495$ $839,284 \cdot \log(T_{st}/29)$ $T_{st, opt} = 29 \text{ °C}$					

Obr. 15: Přípustné rozdíly stereoteplot a globeteplot pro kategorie A, B, C a výsledné teploty kulového teploměru: 19 – 25 °C, [40]

Obr. 14 ukazuje tabulku užívanou v NV č. 93/2012 Sb. pro horizontální rozdíly teplot. Z navrhované novelizace byly vypuštěny hodnoty decithermů (v tomto případě jednotek decithermstereo), které měly být zaneseny v červeně

označených sloupcích. Původní návrh podoby tabulky od Jokla a kol. [40] lze vidět na **Obr. 15**, kde jsou mimo červeně vyznačených hladin d_{Thst} , zobrazeny i optimální hladiny stereoteplot $t_{st, opt}$, a také minimální a maximální hodnoty pro stereoteplotu – vyznačené zelenou barvou. Vysvětlení problematiky decithermů je k nastudování v odstavci **5.2.2**.

Již dříve zmiňovaný problém s rozdíly ($t_{st} - t_g$) je řešen zaokrouhlením viz metodika [37] a **Tab. 4**.

- Vertikální nerovnoměrnost

V předpise NV 93/2012 Sb. dále najdeme tabulku č. 5 pro přípustný vertikální rozdíl mezi teplotou kulového teploměru (t_g) na úrovni hlavy a na úrovni kotníků (viz **Obr. 16**). Chyba se objevuje v nadpise tabulky, kde namísto slova „horizontální“ má být uvedeno „vertikální“ rozdíl. Další otázku vyvolává poznámka u hvězdičky, kdy je zmíněna hodnota „úroveň hlavy = 1100 mm“, což značí pouze úroveň hlavy ve výšce sedícího člověka. Chybí tedy posouzení v případě, kdy by se jednalo o práci ve stoje.

Další problém při měření v praxi vyvolávají hodnoty rozdílů odpovídající $t_g = 19, 20$ a 21 °C. Zde se nepřipouští vůbec žádný teplotní rozdíl ($t_{g, kotník} - t_{g, hlava} = 0$ °C). I samotné přístroje mají určitou odchylku/nejistotu měření, a dochází tak vždy k nějakému malému rozdílu. V tomto případě je namíste doporučit přípustný alespoň minimální rozdíl $0,5 - 1,0$ °C.

Přípustný ~~horizontální~~ rozdíl mezi teplotou kulového teploměru (t_g) na úrovni hlavy a na úrovni kotníků pro klimatizovaná a přirozeně větraná nevenkovní pracoviště a pro pracoviště, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání, na nichž je vykonávána práce třídy práce I a IIa

t_g na úrovni hlavy [°C]	$(t_g \text{ hlava} - t_g \text{ kotník})^*$ [°C]	
	Kategorie A, B	Kategorie C
19	0,0	0,5
20	0,0	1,0
21	0,0	1,5
22	0,5	2,0
23	1,5	3,0
24	2,5	3,5
25	3,5	4,5
26	4,5	5,5
27	5,5	6,5

*Úroveň hlavy = 1100 mm nad podlahou, úroveň kotníků = 150 mm nad podlahou.

Obr. 16: Tabulka č. 5 v NV 93/2012 Sb. - Přípustné vertikální rozdíly mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy (t_g) a na úrovni kotníků

$T_{g,head}$ [°C]	$T_{g,ankle} - T_{g,head}$ [°C]	
	Kategorie A, B (Senspoint - 0.5)	Kategorie C (Senspoint -0.7)
19	0,0	-0,5
20	0,0	-1,0
21	0,0	-1,5
22	-0,5	-2,0
23	-1,5	-3,0
24	-2,5	-3,5
25	-3,5	-4,5
Všechny	$0,003 \cdot T_o^3 - 0,116 \cdot T_o^2 + 1,036 \cdot T_o$ Hodnoty zaokrouhlit dolů na 0,5.	$0,003 \cdot T_o^3 - 0,093 \cdot T_o^2 - 0,851 \cdot T_o$ Hodnoty zaokrouhlit dolů na 0,5.

Obr. 17: Přípustný pokles mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy ($t_{g, hlava}$) a na úrovni kotníků ($t_{g, kotník}$) pro výslednou teplotu kulového teploměru na úrovni hlavy 19–25 °C, [34]

Na Obr. 17 lze vidět tabulku s návrhem přípustných vertikálních rozdílů teplot [40]. Je však třeba zmínit, že jsou zde uvedené záporné hodnoty, protože se vychází z rozdílu $\Delta (t_{g, kotník} - t_{g, hlava})$, na rozdíl od tabulky v nařízení vlády, kde se uvádí rozdíl $\Delta (t_{g, hlava} - t_{g, kotník})$. Na Obr. 17 jsou uvedeny vztahy, ze kterých by se měly dát vypočítat odpovídající hodnoty rozdílů $\Delta (t_{g, kotník} - t_{g, hlava})$. Tyto rovnice

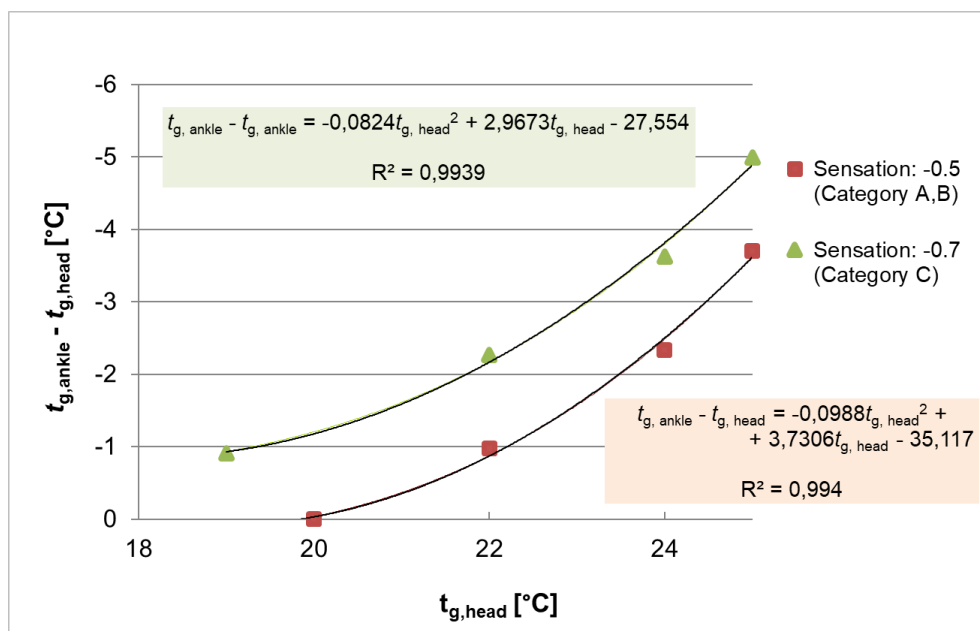
se objevují i v práci [35], ale zřejmě došlo k chybnému uvedení vztahů do tabulky. Pro nápravu je v této práci dále uveden graf na **Obr. 18**, ze kterého se pro výpočet vztahů vychází (výzkum v [35]). Samotné rovnice by tak měly správně být uváděny v následujícím znění:

Kategorie A, B („pocit: -0,5“):

$$t_{g, \text{ kotník}} - t_{g, \text{ hlava}} = -0,099 \cdot t_{g, \text{ hlava}}^2 + 3,731 \cdot t_{g, \text{ hlava}} - 35,117 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (6)$$

Kategorie C („pocit: -0,7“):

$$t_{g, \text{ kotník}} - t_{g, \text{ hlava}} = -0,082 \cdot t_{g, \text{ hlava}}^2 + 2,967 \cdot t_{g, \text{ hlava}} - 27,554 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (7)$$



Obr. 18: Grafy rovnic přípustných teplot vertikálních rozdílů mezi kotníky a hlavou pro kategorii A, B a kategorii C

Je na místě také zmínit, že minimální hodnoty pro klimatizovaná pracoviště připouštějí minimální hodnotu $t_{0, \text{ min}} (t_{g, \text{ min}}) = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ (viz tabulka na **Obr. 10**), ale i přesto jsou v tabulkách pro horizontální a pro vertikální nerovnoměrnost uvedeny i hodnoty odpovídající $t_{g, \text{ head}} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ (**Tab. 2.**, **Tab. 3**) Pro sladění tabulek do budoucna by bylo vhodné tyto řádky (s hodnotou $19 \text{ }^\circ\text{C}$) vypustit.

5.2 Měření v klimatické komoře v Ostravě

Předchozí odstavce a novelizace předpisu NV č. 361/2007 Sb. v oblasti mikroklimatických podmínek na pracovištích vychází z následujícího dlouholetého výzkumu.

Návrh optimálních pracovních tepelných podmínek a dolní hranice přípustných tepelně-vlhkostních podmínek vychází z prací Jokla [41], [33] přičemž dolní hranice tepelně-vlhkostních podmínek je dána nástupem třesové termoregulace, horní hranice nástupem „viditelné“ produkce potu. Přípustné hodnoty dlouhodobé (celosměnové) a krátkodobé pracovních tepelných hodnot vycházející z prací Jiráka et al. [34] Optimální operativní teploty jsou determinovány neutrálním fyziologickým stavem člověka při určité jeho aktivitě a oblečení. [33]

Limitní hodnoty pro nerovnoměrnou tepelnou zátěž byly stanoveny na základě výsledků rozsáhlých pokusů prováděných na souboru 24 pokusných osob. Experimenty byly prováděny v klimatické komoře Národní referenční laboratoře pro měření a hodnocení tepelných podmínek při Zdravotním ústavu v Ostravě. Zahrnovaly měření fyzikálních faktorů tepelně-vlhkostního prostředí, fyziologických veličin odezvy organismu, subjektivních pocitů a mentální výkonnosti.

V práci Jiráka a Jokla [35] byla zpracována problematika nerovnoměrné tepelně-vlhkostní zátěže a na základě pokusů v klimatické komoře vyhodnocena, jak z fyziologické stránky, tak i z psychologického hlediska. Vyhodnocení:

a) z fyziologického hlediska

Teplota pokožky je fyziologickým reprezentantem tepelné zátěže lidského organismu na hranici těla a okolního prostředí. Proto byl hledán vztah mezi těmito faktory. Vysoká korelace ($|R| = 0,986$) byla nalezena mezi střední teplotou pokožky $t_{sk, average}$, vztahem $(t_{stereo} - t_g)$ a některými dalšími parametry (8):

$$t_{sk, average} = 23,452 + 1,294 \cdot I_{cl} + 0,361 \cdot t_g - 0,049 \cdot (t_{stereo} - t_g) [^{\circ}\text{C}] \quad (8)$$

kde:

I_{cl}	je tepelný odpor oděvu [clo];
$t_{sk, average}$	střední teplota pokožky [$^{\circ}\text{C}$];
t_g	výsledná teplota kulového teploměru (globeteplota) [$^{\circ}\text{C}$].

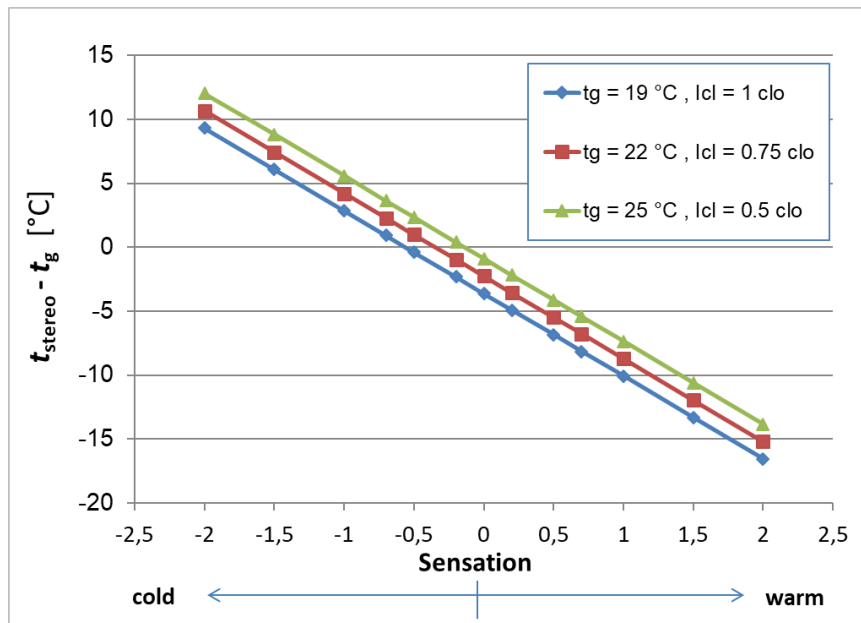
b) z psychologického hlediska

Podkladem byla evropská norma ISO 7730 [10] z níž byla použita i sedmibodová stupnice tepelných pocitů (běžně akceptována jako psychologický reprezentant tepelné zátěže člověka). Byla zjištěna závislost (9), (korelace ($|R| =$

0,998) mezi ($t_{\text{stereo}} - t_g$) a tepelnými pocity („sensations“) pokusných osob (**Obr. 19**):

$$(t_{\text{stereo}} - t_g) = 6,47 \cdot \text{sensations} - 0,0824 \cdot t_0^2 + 2,967 \cdot t_0 - 23,024 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (9)$$

Kde: t_0 je operativní teplota v podmínkách, kdy $v_a \leq 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ platí, že $t_0 = t_g$;
sensations – pocit tepla, tj. subjektivní údaj vyjádřený v sedmibodové stupnici -3 až $+3$ z [10].



Obr. 19: Korelace mezi rozdílem teplot ($t_{\text{stereo}} - t_g$) a pocitem tepla pokusných osob vyjádřeným sedmibodovou stupnicí (-3 až $+3$) v závislosti na globeteplotě (t_g) a tepelném odporu oděvu (l_{cl}), [35]

Z výsledků výzkumu v [35] vyplývá, že pro výsledný pocit tepla hraje významnou roli kromě ($t_{\text{stereo}} - t_g$) i výsledná teplota KT t_g a rychlost proudění vzduchu. Dále také, že při horizontální tepelné nerovnoměrnosti nebude ve všech podmínkách vyhovovat vůči chladnému povrchu normou EN ISO 7730 doporučené rozpětí ($t_{rA} - t_{rB}$) pro kategorii A až C: $2,1$ až $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$, respektive vůči teplému povrchu v rozsahu $4,9$ až $7,5 \text{ }^\circ\text{C}$, ale přípustné hodnoty ($t_{rA} - t_{rB}$), respektive ($t_{\text{stereo}} - t_g$) se budou měnit v poměrně širokém rozmezí v závislosti na t_g v úrovni hlavy. Výsledky těchto experimentů byly využity k návrhu tabulek přípustných hodnot nerovnoměrné radiačně-konvekční zátěže pro energeticky málo náročnou práci třídy práce I a IIa v [30] (viz **Obr. 20**, a také **Tab. 2**).

a) vůči chladnému povrchu

t_g on the level of head [°C]	To cold surface						
	category A, B			category C			
	t_{stereo} [°C]	$\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g)$ [°C]	ISO $t_{rA} - t_{rB}$ [°C]	t_{stereo} [°C]	$\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g)$ [°C]	ISO $t_{rA} - t_{rB}$ [°C]	
20	20.0	0		18.8	-1.2		
21	20.7	-0.3		19.4	-1.6		
22	21.1	-0.9		19.8	-2.2		
23	21.4	-1.6	2.1	20.1	-2.9		
24	21.5	-2.5		20.2	-3.8	2.7	
25	21.4	-3.6		20.1	-4.9		
26	21.2	-4.8		19.9	-6.1		
27	20.8	-6.2		19.5	-7.5		

b) vůči teplému povrchu

t_g on the level of head [°C]	To warm surface						
	category A, B			category C			
	t_{stereo} [°C]	$\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g)$ [°C]	ISO $t_{rA} - t_{rB}$ [°C]	t_{stereo} [°C]	$\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g)$ [°C]	ISO $t_{rA} - t_{rB}$ [°C]	
20	26.6	6.6		27.9	7.9		
21	27.2	6.2		28.5	7.5		
22	27.6	5.6		28.9	6.9		
23	27.9	4.9	4.9	29.2	6.2	7.5	
24	28.0	4.0		29.3	5.3		
25	27.9	2.9		29.2	4.2		
26	27.7	1.7		28.9	2.9		
27	27.3	0.7		28.5	1.5		

Obr. 20: Přípustné horizontální rozdíly [$\Delta(t_{st} - t_g)$] mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru ve výšce hlavy na uvnitř budovy na pracovištích třídy práce I a IIa. (a. vůči chladnému povrchu, b. vůči teplému povrchu), [36]

Obdobně se tak děje i u vertikální rozdílu teplot. Stanovené hodnoty podle kritéria:

$$(t_{\text{stereo}} - t_g) = t_{g, \text{ankle}} (= t_{\text{stereo}}) \text{ minus } t_{g, \text{head}} \text{ [°C]} \quad (10)$$

však do určité míry nesouhlasí s vertikálními rozdíly vzduchu dle EN ISO 7730 (viz tabulka A2 v tomto standardu [10]). Dřívější rozdíly 2 °C (kategorie A), 3 °C (kategorie B) a 4 °C (kategorie C) platí pouze pro globeteploty $t_g = 22,2$ °C (kategorie A), $t_g = 23,5$ °C (kategorie B) a $t_g = 24,2$ °C (kategorie C). Je zřejmé, že čím nižší globeteplota, tím nižší je i přípustný pokles teploty. Což je v souladu s fyziologií lidského organismu [40], [43]. V **Tab. 5** je pak k náhledu toto popsání srovnání a hodnoty z EN ISO 7730 jsou červeně vyznačeny.

Tab. 5: Přípustný pokles mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy ($t_{g, \text{hlava}}$) a na úrovni kotníků ($t_{g, \text{kotník}}$) pro výslednou teplotu kulového teploměru na úrovni hlavy 19-25 °C a srovnání s hodnotami v EN ISO 7730, [35]

t_g na úrovni hlavy [°C]	Kategorie A, B (-0,5)		Kategorie C (-0,7)	
	$t_{g, \text{kotník}} - t_{g, \text{hlava}}$ [°C]	ISO Δt_a	$t_{g, \text{kotník}} - t_{g, \text{hlava}}$ [°C]	ISO Δt_a
19	0,0	$< 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	-0,5	$< 4 \text{ } ^\circ\text{C}$
20	0,0		-1,0	
21	0,0		-1,5	
22	-0,5		-2,0	
23	-1,5		-3,0	
24	-2,5		-3,5	
25	-3,5		-4,5	
26	-4,5		-5,5	
27	-5,5		-6,5	

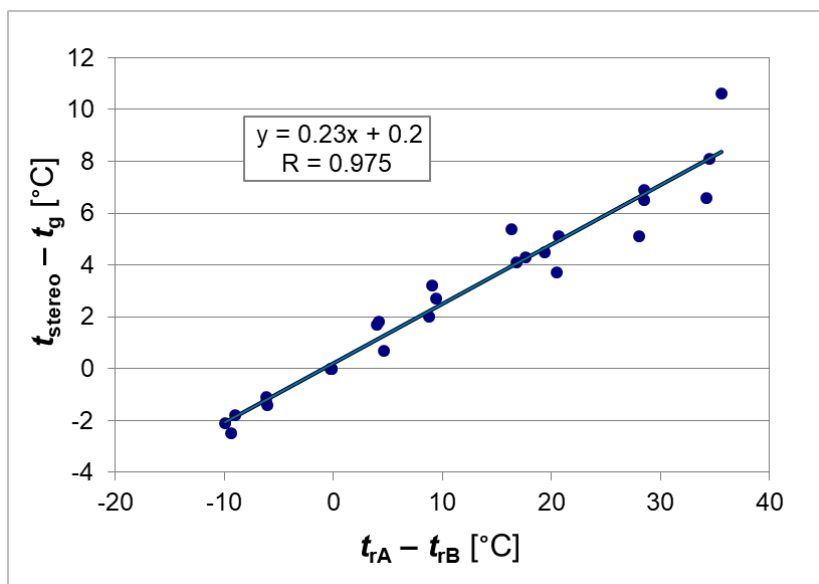
5.2.1 Vztah mezi RTA a stereoteplotou

Než došlo k novelizaci nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [36], které se zabývá ochranou zdraví při práci, tak se hodnocení nerovnoměrně tepelně-vlhkostní složky opíralo o tzv. asymetrii radiační teploty (RTA). Jak již bylo uvedeno v odstavci 3.3.

Alternativou k použití rozdílu radiační teploty bylo při experimentech Jokla a Jiráka použito rozdílu stereoteploty a výsledné teploty kulového teploměru (tj. $t_{\text{stereo}} - t_g$). Toto kritérium má na rozdíl od RTA výhodu takovou, že zahrnuje i vliv konvekce. Narozdíl od t_{rA} je t_{stereo} totiž závislá i na proudění vzduchu. Vztah mezi rozdíly ($t_{rA} - t_{rB}$) a ($t_{\text{stereo}} - t_g$) lze vyjádřit rovnicí (11), ($|R| = 0,987$), graficky uvedený vztah znázorňuje **Obr. 21**. [35]

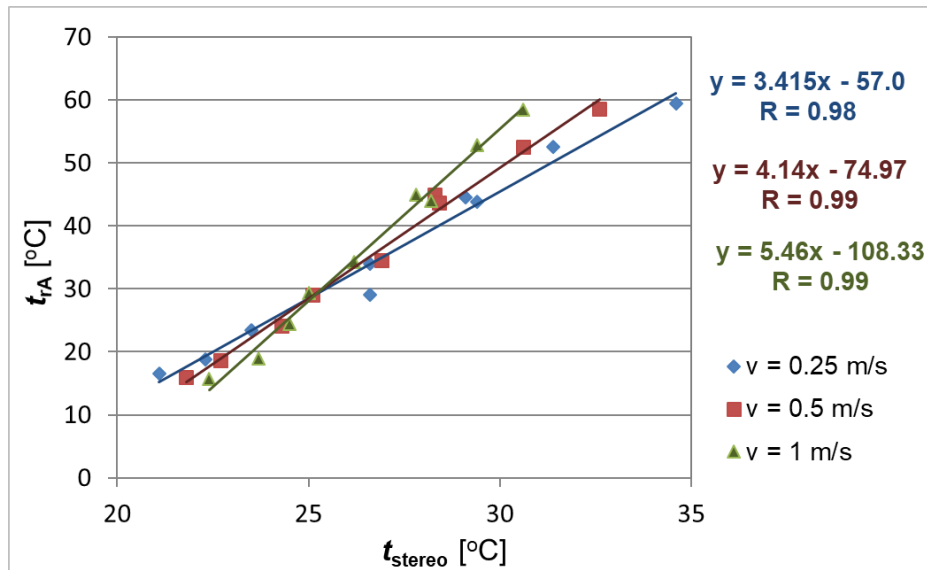
$$(t_{\text{stereo}} - t_g) = 0,23 \cdot (t_{rA} - t_{rB}) + 0,2 \text{ } [^\circ\text{C}] \quad (11)$$

Z výše uvedeného vyplývá, že k měření RTA lze použít i kulového stereoteploměřu a přepočítat hodnoty na rozdíl rovinných radiačních teplot.



Obr. 21: Vztah mezi rozdílem teplot ($t_{stereo} - t_g$) a ($t_{rA} - t_{rB}$) vypočítaný ve všech směrech měření ($v_a=0,25$ až $1,00$ $m \cdot s^{-1}$), [35]

Stereoteplota velmi dobře koreluje se samotnou radiční teplotou t_{rA} ($|R| = 0,989-0,994$). Na rozdíl od t_{rA} je však t_{stereo} závislá navíc i na proudění vzduchu. Vztah mezi t_{rA} a t_{stereo} v závislosti na proudění vzduchu v_a v rozsahu $0,25-1$ ms^{-1} znázorňuje Obr. 22. [42]



Obr. 22: Vztah mezi radiční teplotou (t_{rA}) a stereoteplotou (t_{stereo}) v závislosti na rychlosti proudění vzduchu (v_a) $0,25 - 1$ ms^{-1} , [35]

5.2.2 Hodnocení pomocí termálních hladin L_{th}

„Termální hladiny L_{th} “ byly uvedeny prof. Joklem [43] jako další alternativa hodnocení tepelně-vlhkostních podmínek v návrhu novelizace č. 68/2010 Sb. [32]. Jednotka termální hladiny se nazývá *decitherm* (dTh) a stanoví míru odezvy organismu na tepelný stimul prostředí, vyjádřenou procentem vnímavých osob. Jedná se o způsob přepočtu do jiné jednotky, než je operativní teplota, která se užívá v rámci EU. Tento způsob hodnocení pak lépe vyjadřuje, kdy jsou *optimální* podmínky práce z hlediska tepelně-vlhkostních podmínek, kdy jsou *únosné* a kdy jsou *neúnosné* a je zapotřebí zvolit režimová opatření. Bylo navrhováno, aby se hodnocení hladin L_{th} v dTh použilo, pokud z hodnocení vyplyne, že s mikroklimatickými podmínkami je nespokojeno 25 % zaměstnanců na daném pracovišti.

Hodnocení prostřednictvím těchto nově uvedených jednotek vychází z Weber-Fechnerova zákona, kdy stupeň intenzity vnímání prostřednictvím smyslů je logaritmickou funkcí. Fyzikální interakce psychologie člověka a tepelně-vlhkostní konstituenty umožňuje stanovit W-F zákon [43]:

$$R = k \cdot \log S \quad (12)$$

Kde: R je odezva lidského organismu,

S je stimul prostředí, který odezvu vyvolává,

k je součinitel úměrnosti.

W-F zákon říká, že při vyšších intenzitách podnětů se tedy rozlišovací schopnost lidských smyslových orgánů snižuje. Intenzita počátku je přímo úměrná logaritmu intenzity podnětu.

Tab. 6: Přehled kritérií fyzikálně-fyziologických a fyzikálně-psychických, [43]

Konstituenta	Kritérium	
	Fyzikálně-fyziologické	Fyzikálně-psychické
Akustická	akustický tlak	decibel (dB)*
Tepelně-vlhkostní	entalpie x spec. hmotnost	decitherm (dTh)**

* jednotka běžně užívaná,

**jednotka navrhovaná [33].

Pro tepelný vztah prostředí lze tedy W-F zákon aplikovat následovně:

$$L_{th} = k_{th} \cdot \log(t / t_{threshold}) \text{ [dTh]} \quad (13)$$

Kde: L_{th} – tepelná (termální) hladina operativní teploty [decitherm = dTh],

t je operativní teplota [°C],

$t_{threshold}$ je prahová operativní teplota.

5.2.2.1 Termální hladiny operativní teploty

Rozdělení termálních hladin *optimálních* operativních teplot, *dlouhodobě* a *krátkodobě únosných* je k nahlédnutí v **Tab. 7**.

1. **Optimální** operativní teploty jsou determinovány neutrálním fyziologickým stavem člověka při určité jeho aktivitě a oblečení [33].
Optimálním teplotám, obdobně jako u hluku, odpovídá dTh = 0, neboť $\log 1 = 0$. Termoregulace lidského organismu spolu s jeho inter-individuálními rozdíly pak vytváří optimální rozmezí dTh = 0 až 22,5, korespondující optimálnímu rozmezí operativních teplot [44].
2. Termální hladiny **dlouhodobě únosných** operativních teplot, jejichž začátek je totožný s maximálními hodnotami optima a konec je omezen operativní teplotou na úrovni průměrné teploty pokožky, neboť při vyšší operativní teplotě je již v nebezpečí hypertermie lidského organismu v důsledku transferu tepla ze vzduchu do povrchu těla. Rozsah v dTh je v rozmezí: 23 až 90. Dlouhodobě únosné operativní teploty lze připustit pouze v oblasti tepla – jimi porušenou rovnováhu člověka vyrovnává jeho organismus pocením. Na opačné straně, tedy v oblasti chladu, odpovídá výše zmíněnému pouze třes, který se však u většiny lidí nevyskytuje a není jej tudíž možno brát v úvahu jako ochranný mechanismus lidského organismu. V oblasti chladu je tedy nutno respektovat pouze hodnoty krátkodobě únosné.
3. Termální hladiny **krátkodobě únosných** operativních teplot, jejichž začátek je v oblasti tepla totožný s maximálními hodnotami dlouhodobě únosnými, v oblasti chladu s minimálními hodnotami optima. Konec je v oblasti tepla operativní teplotou před prahem bolestivosti (cca 42 °C). Rozsah v dTh = 91 až 134.

4. **Neúnosné** operativní teploty jsou charakterizovány jen svým začátkem, zvoleným prahem bolestivosti (cca 42 °C), stejně jako je zvolen práh bolestivosti u hluku. Analogicky jako u hluku lze této hodnotě přiřadit dTh = 135.

Tab. 7: Maximální hodnoty termálních hladin operativní teploty pro teplo a chlad, [43]

		Teplo	Chlad
Optimální	Velmi příjemné	10 dTh	-10 dTh
	Příjemné	15 dTh	-15 dTh
	Přijatelné (přípustné)	22,5 dTh	-22,5 dTh
Únosné	Dlouhodobě únosné	90 dTh	nepřípustné*
	Krátkodobě únosné	134 dTh	-134 dTh
Neúnosné		135 dTh a více	-135 dTh a více

*Mimo třes (u všech lidí k němu již nedochází) neexistuje fyziologický mechanismus odpovídající pocení v teplém prostředí

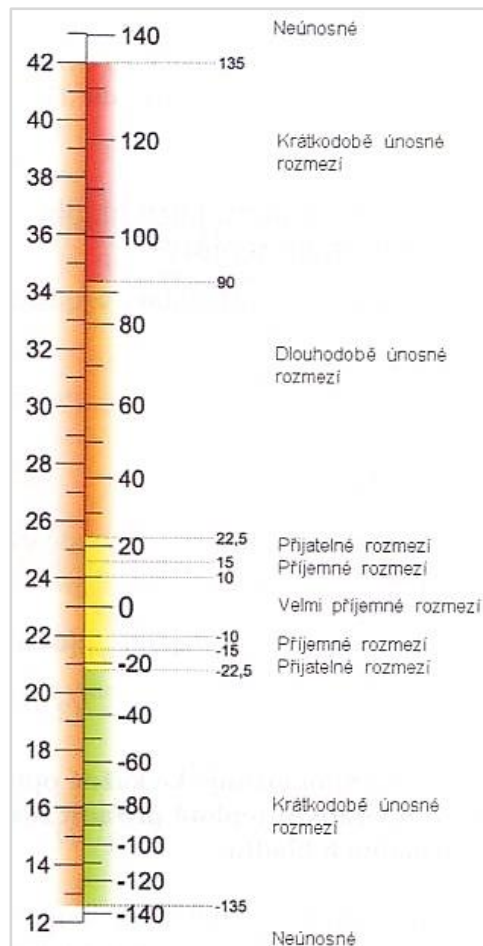
Stupnice termálních hladin operativní teploty jsou určovány základním vztahem:

$$k_{th} = 135 / \log(42 / t_{opt}) \quad (14)$$

Po dosazení do rovnice bude **výsledný vztah stupnice termálních hladin**:

$$L_{th} = [135 / \log(42 / t_{opt})] \cdot \log(t / t_{opt}) \quad [dTh] \quad (15)$$

Rovnice (15) umožňuje ke každé optimální operativní teplotě přiřadit škálu termálních hladin (více v [44]).



Obr. 23: Stupnice termálních hladin pro kabinu dopravního letadla, optimální operativní teplota 23 °C ($dTh = 0$), [43]

Optimální operativní teploty jsou trojí: *velmi příjemné, příjemné a přijatelné* (z předpisového hlediska též optimálně přípustné). *Únosné* se dělí na *dlouhodobě únosné* a *krátkodobě únosné* (viz **Tab. 7**). Stupnice termálních hladin je graficky znázorněna na **Obr. 23**. Na tomto obrázku je zvolena aplikace termálních hladin pro optimální operativní teplotu v kabině dopravního letadla, jež se stala součástí návrhu standardu EU – pr EN 4666:2009 [45]. Stupnice vlevo je ve stupních Celsia a stupnice vpravo v jednotkách dTh.

Decithermy lze změřit každým teploměrem, lze je pak doplnit o stupnici dTh. Oproti PPD lze dTh přesně stanovit jak výpočtem, tak i měřením. Decithermy reagují citlivěji na změnu prostředí a umožňují posoudit stupeň vhodnosti tepelného stavu prostředí, tj. do jaké míry je příjemný či nikoliv. Hodnocení v decithermech respektuje skutečnost, že pokles operativních teplot je pociťován tím nepříjemněji, čím jsou teploty nižší [43].

Další pomocné grafické vyjádření termálních hladin operativních teplot pro teplo a chlad je k náhledu na **Obr. 24**.

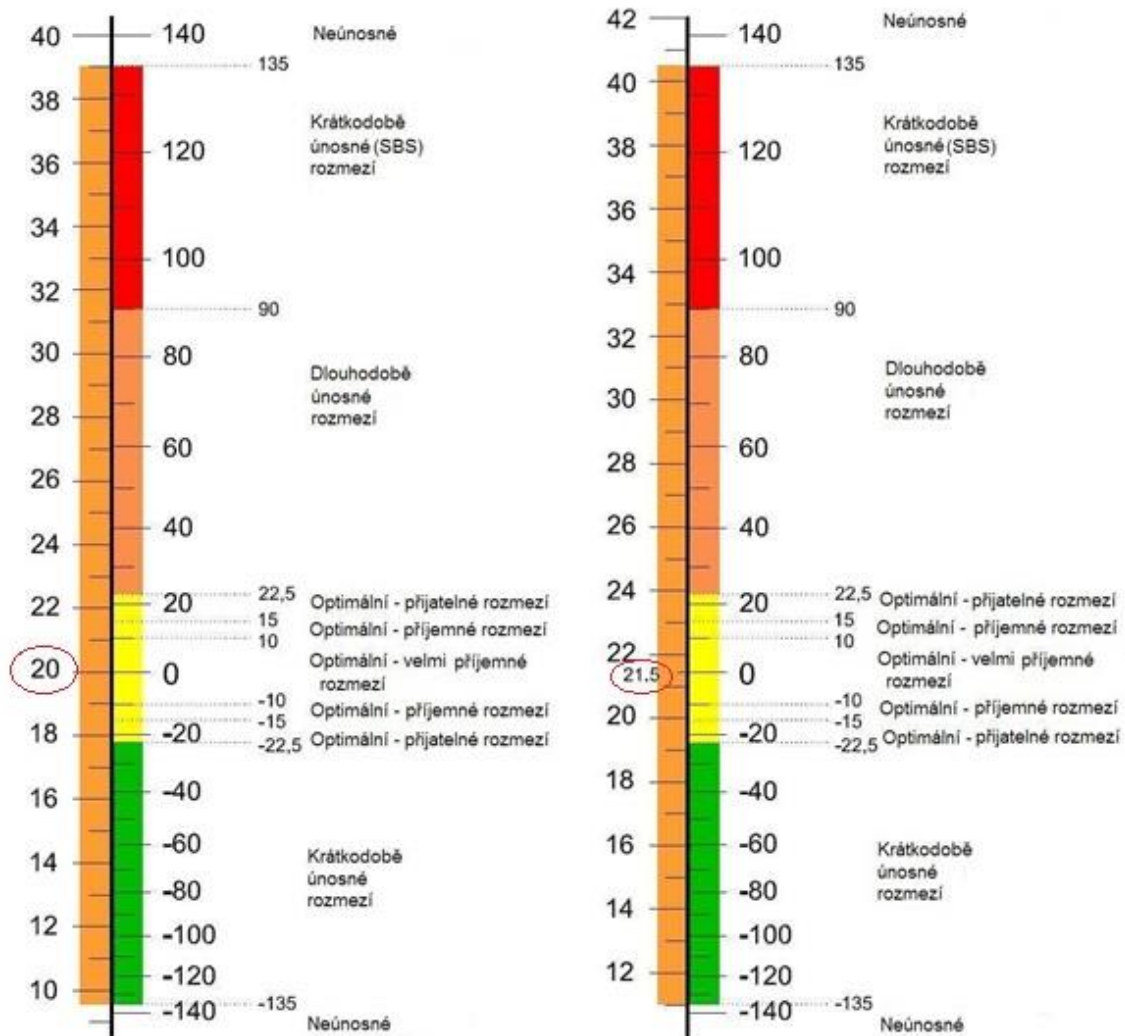
	TEPLO	dTh		CHLAD	dTh
	Neúnosná úroveň	135 a více		Neúnosná úroveň	-135 a méně
	Krátkodobě únosná úroveň	91 až 134		Krátkodobě únosná úroveň	-23 až -134
	Dlouhodobě únosná úroveň	23 až 90		Dlouhodobě únosná úroveň	není přípustná*
	Příjemná úroveň	16 až 22,5		Příjemná úroveň	-16 až -22,5
	Příjemná úroveň	11 až 15		Příjemná úroveň	-11 až -15
	Velmi příjemná úroveň	0 až 10		Velmi příjemná úroveň	0 až -10

Obr. 24: Termální hladiny operativní teploty pro teplo a chlad

Podrobněji lze pocity člověka v kategorii nerovnoměrné tepelné zátěže vyjádřit v jednotce *decithermstereo* - $L_{th,st}$ [dThst]. Přesné stanovení hodnot a rovnic je podrobně uvedeno v práci Jokla, Jiráka a kolektivu, část 2.5 [40]. Dále jsou zde uvedeny limity pro dThst pro teplo a chlad v **Tab. 8** a příklad stupnic pro chladovou část uvádím na **Obr. 25**.

Tab. 8: Hodnoty termálních hladin operativních teplot a stereoteplot pro teplo a chlad

období	teplo/chlad	$t_{g, opt}$ [°C]	pocit	$t_{st, opt}$ [°C]	$L_{th, st}$ [dThst]
léto	chladící plocha	24,5	-0,5	21,5	$464,219 \log(t_{st}/21,5)$
		24,5	-0,7	20	$418,968 \log(t_{st}/20)$
	teplá (hřející) plocha	24,5	0,5	28	$766,648 \log(t_{st}/28)$
		24,5	0,7	29	$839,284 \log(t_{st}/29)$
zima	chladící plocha	22	-0,5	21,5	$464,219 \log(t_{st}/21,5)$
		22	-0,7	20	$418,968 \log(t_{st}/20)$
	teplá (hřející) plocha	22	0,5	28	$766,648 \log(t_{st}/28)$
		22	0,7	29	$839,284 \log(t_{st}/29)$



Obr. 25: Vztah mezi t_{st} a $L_{th, st}$ v jednotkách dTh_{st} pro osobu exponovanou chladnou plochou

Jednotky decithermů (i decithermstereo) byly navrženy za účelem vyhodnocování tabulkových hodnot v předpise [30]. Tento návrh, ale schvalovacím řízením neprošel, v tabulkách jednotky decitherm dTh pro vyhodnocení nejsou v nařízení vlády uvedeny.

5.3 Příklady hodnocení prostřednictvím stereoteplot

V následujícím textu jsou uvedeny dva příklady hodnocení nerovnoměrné tepelné zátěže při měření kulovým stereoteploměrem.

Příklad 1: Stanovte požadavky na mikroklimatické podmínky v kanceláři.

Kancelářské prostory, klimatizované pracoviště, letní období, okna na jih, venkovní teplota $t_e = 32 \text{ °C}$, energetický výdej $M = 71 \text{ W.m}^{-2}$. Třída práce I, Kategorie práce B.

Kritérium: t_g požadovaná pro klimatizované pracoviště kategorie B = **24,5 °C**;

Přípustné rozmezí je tedy $t_g = 23,5 - 26 \text{ °C}$ (viz tab. č. 3 v NV 93/2012 Sb. - **Obr. 10**), $v_a \leq 0,2 \text{ m/s}$, $rh = 30 - 70 \%$

Výsledky:

Přípustná horizontální nerovnoměrnost proti teplému povrchu (okna):

Pro $t_g = 24,5 \text{ °C}$ tj. $\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g) = \mathbf{3,4 \text{ °C}}$,

Pro dolní mezní hodnotu $t_g = 23,5 \text{ °C}$ je rozdíl = 4,4 °C,

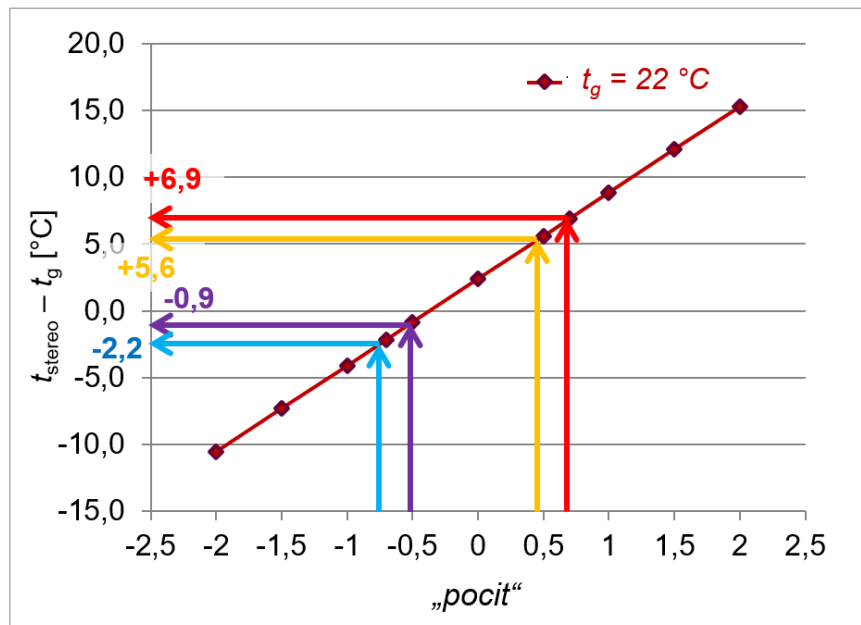
Pro horní mezní hodnotu $t_g = 26 \text{ °C}$ je rozdíl = 1,9 °C.

Přípustná vertikální nerovnoměrnost:

Pro $t_{g, \text{hlava}} = 24,5 \text{ °C}$ je přípustný rozdíl **3,0 °C**,

a tomu odpovídá, že $t_{g, \text{kotník}} \geq 21,5 \text{ °C}$.

Pro názornost následujícího příkladu 2 používáme graf na **Obr. 26** a posléze tabulku na **Obr. 27**. Graf je vyjádřen z rovnice (9), kapitola 5.2 a je podkladem pro výpočet hodnot do tabulek přípustných horizontálních rozdílů mezi stereoteplotou a teplotou KT na úrovni hlavy (viz **Tab. 2**).



Obr. 26: Graf přípustného horizontálního rozdílu mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT odpovídající $t_g = 22\text{ °C}$ (na úrovni hlavy)

	$t_{st} - t_{g, head}$ [°C]	t_{st} [°C]	„pocit“	$t_{g, head}$ 22 °C
min (-0,7)	-2,2	19,8	-0,7	
min (-0,5)	-0,9	21,1	-0,5	
Optimum	2,4	24,4	0	
max (+0,5)	5,6	27,6	0,5	
max (+0,7)	6,9	28,9	0,7	

Obr. 27: Hodnoty rozdílů horizontální nerovnoměrnosti pro $t_{g, head} = 22\text{ °C}$

Příklad 2: Měření s kulovým stereoteploměrem v kancelářském prostoru ve výšce hlavy sedící osoby, letní období, venkovní teplota $t_e = 32\text{ °C}$, energetický výdej $M = 71\text{ W.m}^{-2}$. Rychlost proudění vzduchu $v_a \leq 0,2\text{ m/s}$.

Na základě energetického výdeje pracující osoby určena *třída práce I*.

Jedná se o klimatizované pracoviště se střední kvalitou prostředí – tj. kategorie B a tedy „pocit“ = -0,5.

Změřeno pomocí kulového stereoteploměru:

$t_{g, head} = 22\text{ °C}$ (aritmetický průměr šesti stereoteplot),

$t_{st, min} = 18,5\text{ °C}$ (min. hodnota ze šesti segmentů (stereoteplot) $t_{st, 1-6}$).

Kritérium:

Přípustná horizontální nerovnoměrnost: pro $t_{g, \text{head}} = 22 \text{ °C}$ a pro „pocit“: $-0,5$
→ odpovídá kritérium tabulkové minimální hodnotě $t_{\text{st}, \text{min}} = 21,1 \text{ °C}$ (vycházíme z tabulky na **Obr. 27** a **Tab. 2**)

V tabulkách lze nalézt, že pro hodnotu $t_g = 22 \text{ °C}$ (na úrovni hlavy), je přípustný rozdíl pro kat. B roven $(t_{\text{st}} - t_g) = -0,9 \text{ °C}$
(neboli $t_{\text{st}, \text{min}} = 22 - 0,9 = 21,1 \text{ °C}$)

Výsledek:

Výpočet ze změřených hodnot: $\Delta (t_{\text{st}} - t_g) = 18,5 - 22 = -3,5 \text{ °C}$

Přípustný rozdíl stereoteploty a výsledné teploty pro tento případ může být maximálně $-0,9 \text{ °C}$, což není v tomto případě splněno, protože vyšel vyšší rozdíl, a to hodnota: $-3,5 \text{ °C} \rightarrow$ **nevyhoví**

Alternativně lze také posuzovat samotné min. přípustné stereoteploty:

$t_{\text{st}, \text{min}}$ (změřená) vs. $t_{\text{st}, \text{min}}$ (tabulková)

$18,5 \text{ °C} < 21,1 \text{ °C} \rightarrow$ **nevyhoví**

Pro tento příklad jsme si ukázali praktické použití naměřené stereoteploty a vypočtené výsledné teploty KT pro stejný okamžik. Vždy je k dispozici změřené určité množství kontinuálních dat a jejich záznam např. po pětiminutovém kroku (celkově hodiny, dny, měsíce). V souborech dat je žádoucí hledat maximální a minimální hodnoty naměřených stereoteplot a posléze vypočtené maximální a minimální rozdíly $(t_{\text{st}} - t_g)$. Z toho lze pak určit, kdy během např. pracovní doby docházelo k podkročení tabulkových hodnot (nebo naopak nedocházelo).

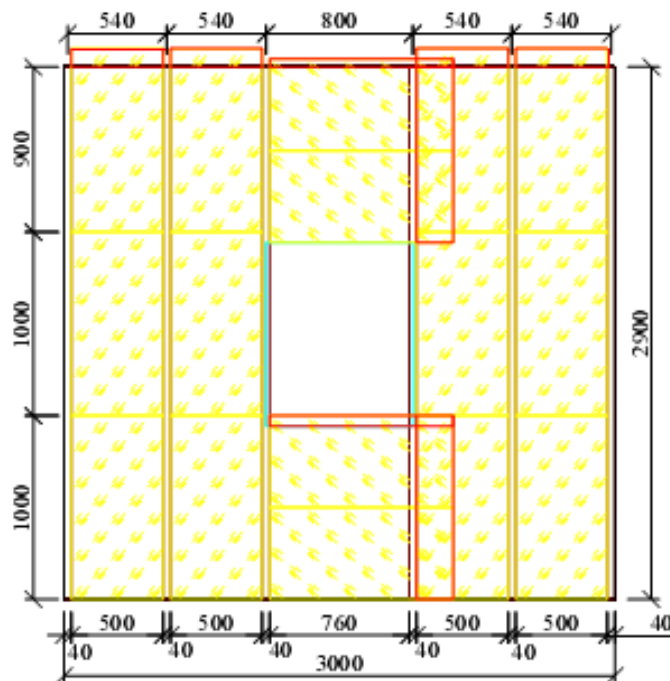
Upozornění: V uvedených příkladech nebylo použito zaokrouhlení dané metodikou viz **Tab. 4**, odstavec **5.1.1**. V příkladu 2 by v případě zaokrouhlení byla použita hodnota přípustného rozdílu $(t_{\text{st}} - t_g) = -1,0$ pro $t_{g, \text{head}} = 22 \text{ °C}$.

6 Experimenty se stereoteplooměrem v laboratoři

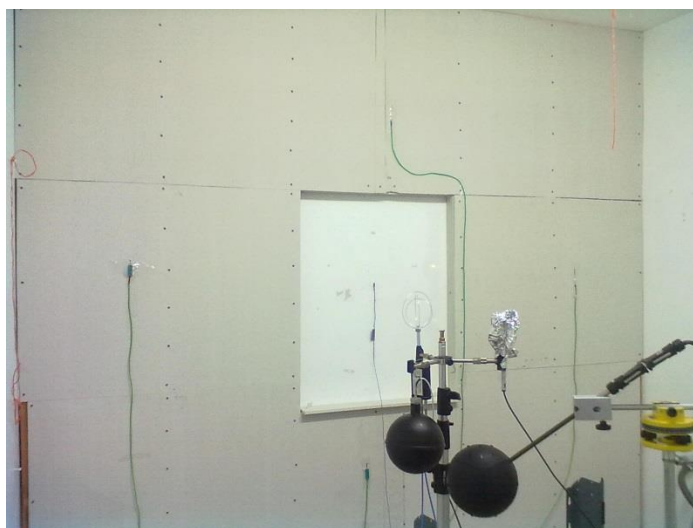
Jedním z hlavních cílů bylo zjistit, jaké je kolísání směrové teploty – stereoteploty t_{st} (i výsledné teploty kulového teploměru t_g , tj. rozdílů $\Delta (t_{st} - t_g)$). Proto bylo provedeno měření se stereoteplooměry v prostředí demonstrační výukové laboratoře Katedry technických zařízení budov na FSV ČVUT. Pro simulaci běžné místnosti s venkovním oknem, bylo zvoleno řešení nainstalovat do kabiny laboratoře navíc „externí“ stěnu. Stěna (označována jako stěna X) byla sestavena v kabině laboratoře TZB, a to napravo od vchodu do kabiny.

Stávající povrchy stěn kabiny jsou vybaveny samostatným okruhem kapilárních rohoží. Tyto kapilární rohože jsou napojeny na okruh vytápění a chlazení. Zdrojem tepla pro vytápění je elektrokotel a zdroj chladu je tepelné čerpadlo vzduch-voda (podrobněji je laboratoř včetně vybavení popsána v odstavci 4.2).

Stěna X přiléhá ke stávající stěně kabiny a její konstrukce je zobrazena na **Obr. 28**. Z rovnic tepelných odporů materiálů u vícevrstvé stěny byla vypočtena tloušťka izolace EPS. Výchozí teplotou byla „vnější“ teplota $t_e = 14 \text{ °C}$. Vycházelo se z předchozích měření v [7], kdy bylo zjištěno, že nejnižší povrchová teplota stěny kabiny byla cca $13,9 \text{ °C}$. Pro vnitřní výpočtovou teplotu byla zvolena teplota 20 °C . Na základě těchto vstupních parametrů byla výsledkem 60 mm tloušťka polystyrenové vrstvy. Použité desky EPS 70 F mají rozměry $60 \times 1000 \times 500 \text{ mm}$. Dalším použitým materiálem pro stavbu stěny byly desky Fermacell $12,5 \times 1500 \times 1000 \text{ mm}$, dřevěné latě $40 \times 60 \times 3000 \text{ mm}$, plexisklo tl. 4 mm a spojovací materiál. Rozměr okna byl navržen $800 \times 1000 \text{ mm}$ (**Obr. 29**).



Obr. 28: Schéma instalované stěny v měřící kabině laboratoře TZB



Obr. 29: V pozadí – nainstalovaná stěna X, v popředí – stereoteploměr, kulový teploměr a čidlo suché teploty/vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu

6.1 Kolokační metoda

Před samotným měřením bylo potřeba „zkalibrovat“ kulový stereoteploměr pro vyhodnocování výsledků naměřených hodnot vzhledem k rozdílům posuzovaných teplot. Byla zvolena *kolokační metoda* srovnání čidel mezi sebou. Metoda spočívá ve výběru řešení pro dané polynomy či počty bodů (tzv. kolokační body) a zvolení takového řešení, které splňuje danou rovnici kolokačních bodů. Postup je užíván pro časové řady, např. v případě měření ze dvou nebo více

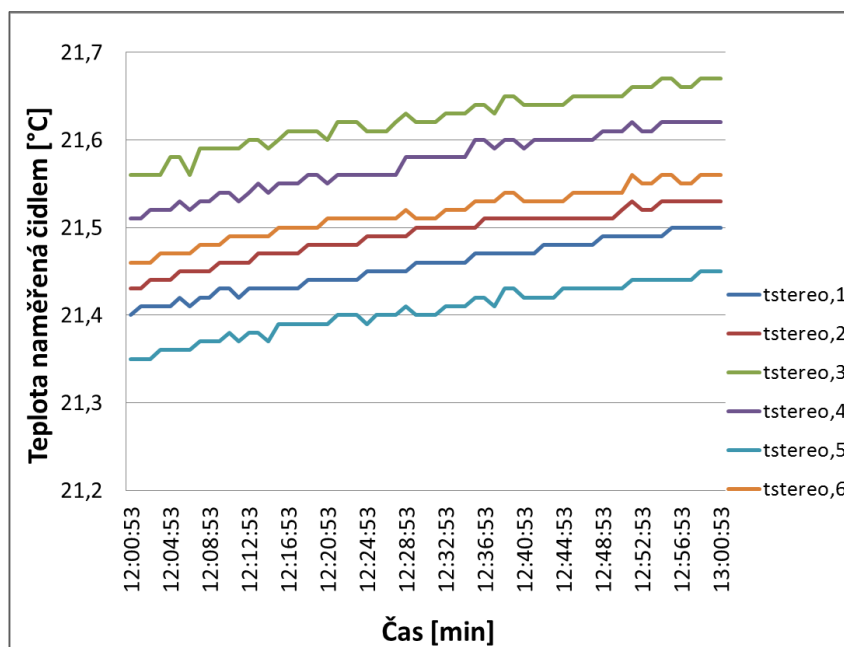
různých přístrojů (senzorů) [46]. Cílem kolokační metody bylo získání korekčních rovnic pro šest čidel přístroje kulového stereoteploměru.

Stereoteploměr byl umístěn do středu měřicí kabiny a opatřen zákrytem (kulová část přístroje) z izolace extrudovaného polystyrenu (XPS), **Obr. 30**, kvůli možnému radiačnímu ovlivnění přístroje. Tloušťka izolace XPS byla 60 mm.

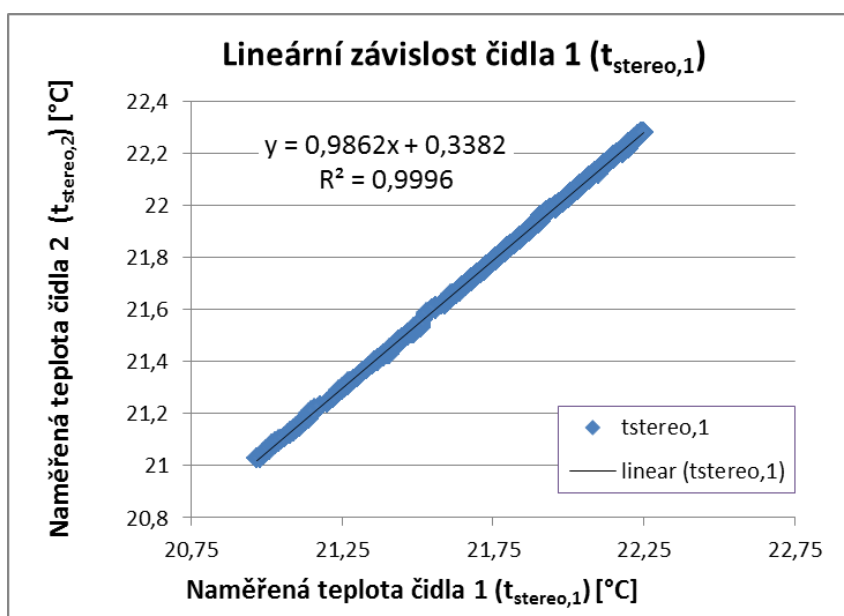


Obr. 30: Kulový stereoteploměr s XPS izolací při zjišťování kolokačních hodnot

Kabina nebyla vytápěna ani chlazená a nebyl zde zdroj konvekce. Během 24hodinového měření se teplota kulového teploměru, který byl v místnosti také umístěn, pohybovala v průměru $t_g = 22,1$ °C. Jako referenční čas pro vyhodnocení kolokace byla vybrána hodina 12:00 – 13:00, (viz **Obr. 31**). Na obrázku je zobrazeno šest stereoteplot $t_{\text{stereo},1-6}$, které byly ve výše uvedené dobu naměřeny a jejich stabilizační průběhy.



Obr. 31: Stabilizační průběhy čidel $t_{stereo,1-6}$



Obr. 32: Získaná korekční rovnice z lineární závislosti čidla č. 1

Na Obr. 31 lze vidět, že nejstabilnější průběh má čidlo č. 2 (kontinuální trend a bez významných odchylek). Čidlo č. 2 ($t_{stereo,2}$) tedy bylo použito jako referenční pro vytvoření lineárních závislostí. Jedna z těchto závislostí, korekční rovnice čidla č. 1, je zobrazena na Obr. 32. Celkem bylo vytvořeno šest lineárních závislostí čidel – korekčních rovnic, které jsou pro přehled k nahlédnutí v **Tab. 9**.

Tab. 9 Přehled korekčních rovnic získaných kolokační metodou

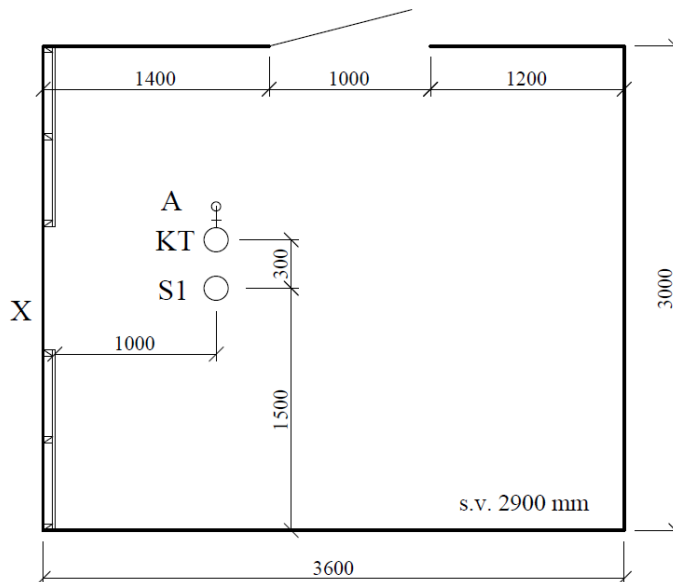
Čidlo č.	Získané rovnice z lineární závislosti	Korelační koeficient
1 ($t_{\text{stereo},1}$)	$y = 0,9862x + 0,3382$	$R^2 = 0,9996$
2 ($t_{\text{stereo},2}$)	x	$R^2 = 1$
3 ($t_{\text{stereo},3}$)	$y = 0,9938x + 0,0081$	$R^2 = 0,9991$
4 ($t_{\text{stereo},4}$)	$y = 0,9844x + 0,2566$	$R^2 = 0,9992$
5 ($t_{\text{stereo},5}$)	$y = 0,9854x + 0,4085$	$R^2 = 0,9995$
6 ($t_{\text{stereo},6}$)	$y = 0,9944x + 0,0943$	$R^2 = 0,9997$

Korekční rovnice, ve výše uvedené tabulce, byly použity pro přepočítání jednotlivých hodnot čidel (záznamů stereoteploty) než z nich byly vyhotoveny výsledné grafy atd. Příklad: Naměřená původní hodnota $t_{\text{stereo},3} = 22,76$ °C po dosazení do příslušné 3. rovnice (**Tab. 9**) odpovídá dále pro hodnocení používané hodnotě $t_{\text{stereo},3} = 22,63$ °C.

6.2 Přehled podmínek měření v kabině

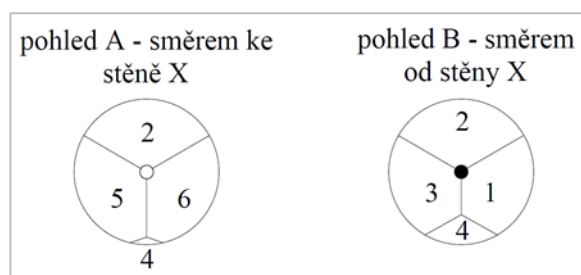
V následujících odstavcích jsou popsány podmínky experimentů v kabině laboratoře TZB, které proběhly na podzim a v zimě 2012.

- *Použité přístroje:* kulový stereotermometr Joki-Jiráček, ČVUT – **S1** (měření veličin: stereoteploty ze šesti směrů $t_{\text{stereo},1 - 6}$, a z nich průměrná teplota t_g'); kulový termometr $\varnothing 15$ cm (pro měření výsledné teploty - globeteploty t_g) **KT**; anemometrická sonda všesměrová **A**, typ: FVA605TA10, měřicí rozsah 0,01-1 m/s; kombinované čidlo: teplota/vlhkost vzduchu Ahlborn FHA646-E1; ústředna pro sběr dat ALMEMO 5690-2M; čidla povrchových teplot, digitální pyrometr GIM 1840-ST6 Greisinger (nastavená emisivita $\varepsilon = 0,95$).



Obr. 33: Schéma instalované stěny X a instalovaných přístrojů v měřící kabině laboratoře TZB

- **Podmínky měření:** Do neregulované kabiny byl nejprve nainstalován kulový stereotermometer S1 (1 metr od okna). Sestava s kulovým termoměrem KT, čidlem teplota/vlhkost a anemometrem byla nainstalována dle schématu na Obr. 33, a to o 30 cm dále (v ose stereotermometru). Instalace kulových termometrů byla 110 cm nad podlahou (měřeno ke středu koule). Schéma natočení stereotermometru vůči stěně je k nahlédnutí na Obr. 34. Čísla označují příslušné segmenty stereotermometru (např. číslo 5 odpovídá plošce $t_{\text{stereo},5}$).



Obr. 34: Natočení kulového stereotermometru vůči stěně X

- Po celou dobu tohoto pokusu nedocházelo k proudění vzduchu nad hodnotu $v_a = 0,05$ m/s. Vycházelo se z ustáleného stavu okolního prostředí v kabině. Nebyla měněna vzdálenost přístrojů ke stěnám. Během měření byla zvyšována teplota stěn, podlahy a stropu na zvolenou teplotu. Přesné podmínky experimentů jsou uvedeny v Tab. 10. U měření teploty vzduchu t_a bylo užito stínítka z hliníkové fólie, kvůli vlivu sálání z okolních povrchů.

- *Postup měření:* Prvním krokem byla instalace sestavy, která zde (**Obr. 33**) zůstala instalována po celou dobu měření. Bylo uskutečněno sedm pokusů a byly pro ně nastaveny různé podmínky, viz **Tab. 10**. Záznam hodnot do ústředny byl po 1 minutě.

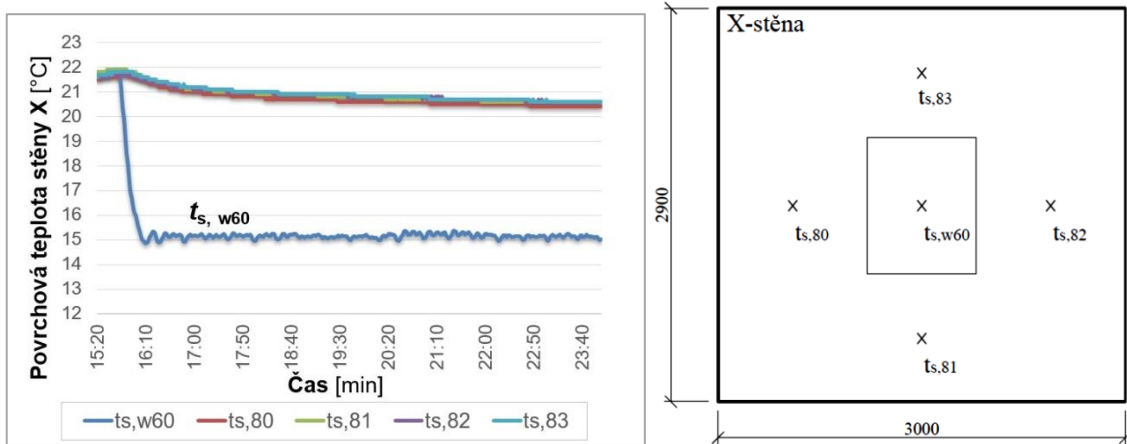
Tab. 10 Přehled experimentů ve zkušební komoře laboratoře TZB

Číslo experimentu	Čas průběhu měření (hlavní interval)	ZAP/VYP stěna X	Pokud je stěna X zapnutá, tak teplota přívodní vody je nastavena na:	Další změny během průběhu experimentu	Časový interval dalších změn
1	16:00 - 24:00	zapnutá	12,5 °C	-	-
2 ^A	15:20 - 24:00	zapnutá	12,5 °C	-	-
3 ^A	00:00 - 18:48	zapnutá	(12,5 °C do 15:18), poté 19,5 °C	podlaha 20,5 °C, strop 30 °C	15:18 - 16:45
		zapnutá	19,5 °C	podlaha 19 °C, strop 38 °C	16:45 - 18:50
4 ^B	12:00 - 24:00	zapnutá	12,5 °C		12:00 - 16:15
		zapnutá	19,5 °C	podlaha 19 °C, strop 30,5 °C	16:15 - 24:00
5 ^B	00:00 - 18:50	zapnutá	19,5 °C	-	-

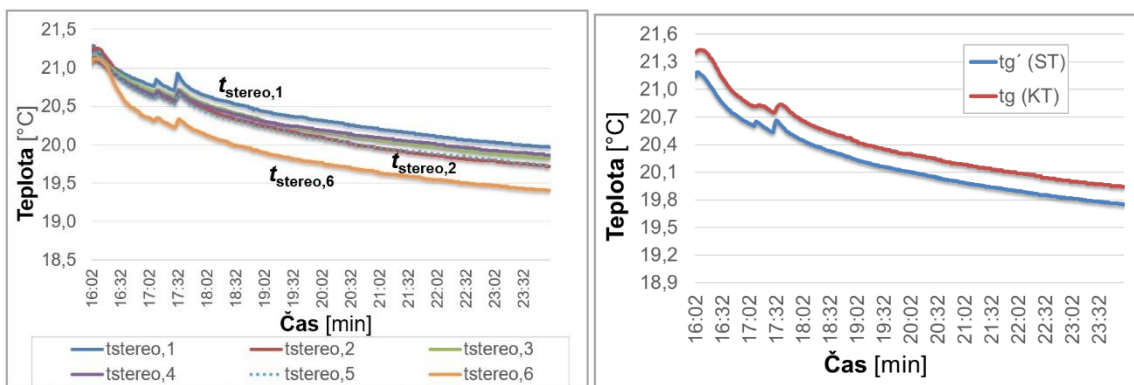
*Poznámka: index ^A – nepřerušované měření pro experiment 2 a 3,
index ^B – nepřerušované měření pro experiment 4 a 5,*

6.3 Výsledky měření

Základním experimentem byl pokus č. 1, kdy byla v místnosti zapnuta pouze „externí stěna“ (X-stěna). Schéma X-stěny, s umístěním povrchových čidel teplot, je zobrazeno na **Obr. 35**. Čidla zaznamenávala povrchovou teplotu stěny a okna. Ze záznamu povrchové teploty okna $t_{s,w60}$ lze vidět předpokládaný výrazný pokles teploty až k hodnotám 14,3 °C (**Obr. 35**, vlevo). Ostatní povrchové teploty stěny X ($t_{s,80} - t_{s,83}$) se pohybovaly v hodnotách nad 20 °C, což bylo zajištěno díky izolaci stěny. Na **Obr. 36** vlevo vidíme průběh šesti stereoteplot během tohoto pokusu. Jak lze dobře vidět, tak segmenty $t_{stereo,2}$, $t_{stereo,5}$ a $t_{stereo,6}$ byly nejvíce exponovány chladným sáláním z okna ve stěně X. Jedná se o dobrou reakci čidel stereoteploměru, což bylo předpokládáno na základě natočení stereoteploměru (viz **Obr. 34**). Všechny vynesené hodnoty v grafech a výsledky jsou již po úpravě hodnot korekčními rovnicemi (kolokací čidel).

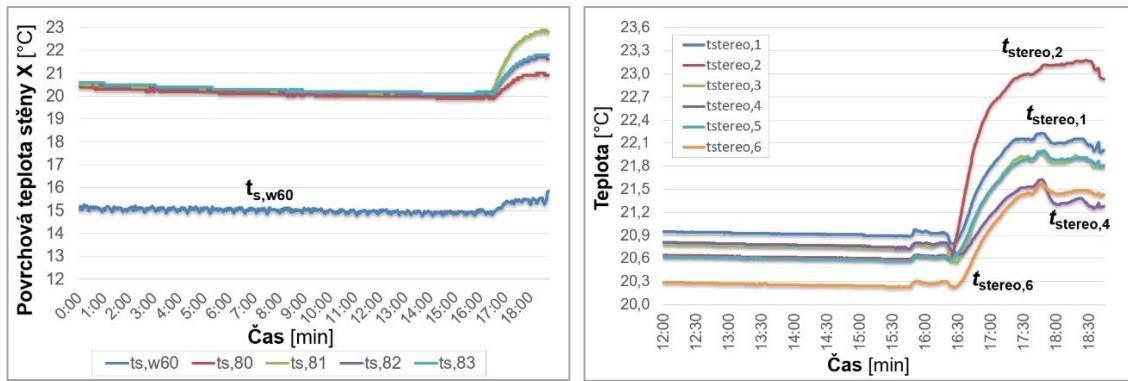


Obr. 35: Graf naměřených hodnot povrchových teplot na stěně X v experimentu 1 (vlevo); Schéma stěny-X s vyznačeným rozmištěním čidel pro měření povrchové teploty (vpravo)



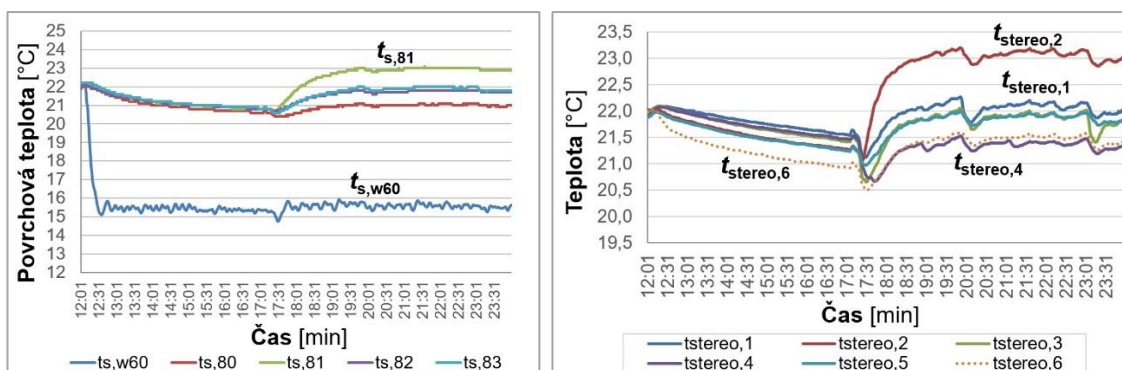
Obr. 36: Průběhy naměřených hodnot stereoteplot v experimentu 1 (vlevo); Průběh průměru šesti stereoteplot tj. t_g' měřený prostřednictvím S1 a výsledná teplota kulového teploměru měřená KT u experimentu 1 (vpravo)

Na Obr. 36 vpravo je vidět, že byl také porovnán průměr ze šesti stereoteplot t_g' měřený stereoteploměrem (S1) a výsledná teplota kulového teploměru t_g (přístroj KT). Graf ukazuje průběh obou teplot s rozdílem do 0,2 °C, což je bráno v rámci nejistot obou přístrojů jako přípustné a můžeme tak říci, že průběh obou křivek je totožný $t_g' = t_g$.



Obr. 37: Průběh naměřených hodnot povrchových teplot na stěně X v experimentu 3^A (vlevo); Průběhy naměřených stereoteplot v experimentu 3^A (vpravo)

V experimentu 3^A byly nastaveny stejné podmínky jako v případě experimentů 1 a 2^A do času 15:18. V tuto dobu byla stěna X nastavena na hodnotu teploty přírodní vody 19,5 °C, pro podlahu na 20,5 °C a strop na 30 °C. Po jedné a půl hodině (v čase 16:45) byla teplota stropu navýšena na hodnotu 38 °C. Reakce kulového stereoteploměru je znázorněna na Obr. 37 vpravo. Nejvíce tepelně exponována je $t_{\text{stereo},2}$ protože segment je směrově natočen ke stropu. „Nejchladnější“ segment je $t_{\text{stereo},4}$ po čase 17:45, který je natočen směrem k podlaze. Do té doby byla nejvíce chladně exponována ploška $t_{\text{stereo},6}$, která posléze zareagovala a zvýšila hodnotu (směrem ke stěně X). Segment $t_{\text{stereo},4}$ se stal nejchladněji exponovaný (směrem k podlaze, která byla nastavena na hodnotu 20,5 °C). Mezi $t_{\text{stereo},2}$ (vůči stropu) a $t_{\text{stereo},4}$ byl zaznamenán nejvyšší rozdíl 1,8 °C v čase 18:25.



Obr. 38: Průběh naměřených hodnot povrchových teplot na stěně X v experimentu 4^B (vlevo); Průběhy naměřených stereoteplot v experimentu 4^B (vpravo)

Nastavené podmínky pro experiment 4^B jsou k nahlédnutí v Tab. 10. V čase 16:15 došlo ke změně nastavených podmínek – stěna X na 19,5 °C, podlaha 19,5 °C a strop 30 °C. Jako v předchozím případě byl po změně nejvíce a nejméně

exponovaným segmentem $t_{\text{stereo},2}$ a $t_{\text{stereo},4}$. Rozdíl mezi těmito dvěma průběhy byl cca 1,5 °C v extrémech (Obr. 38).

6.3.1 Závěr k měření ve zkušební kabině

Z měření, která byla provedena, vyplynulo, že vliv okenního otvoru (rozměry 800 x 1000 mm) nezpůsobuje významný diskomfort, který by byl detekován pomocí přístroje kulového stereoteploměru.

Porovnání průměru ze stereoteplot a teploty kulového teploměru můžeme pokládat za totožné $t_g' = t_g$ (v rámci měřených nejistot přístrojů).

Významnější rozdíly $\Delta(t_{\text{st}} - t_g)$ se ukázaly např. při měření 3^A, kdy rozdíl mezi maximální stereoteplotou a výslednou teplotou KT ($t_{\text{stereo},2} - t_g$) byl okolo 1,2 °C a v případě rozdílu s minimální stereoteplotou ($t_{\text{stereo},4} - t_g$) se jednalo o hodnotu -0,7 °C. Toto měření a měření 4^B ukázalo, že stereoteploměr dobře reaguje na teplotní změny v prostředí, zvláště v případě nastavení povrchů jako významného zdroje sálavého tepla (či chladu). Z tohoto pozorování lze vycházet do praktických měření v terénu a mohlo by platit pro provozy, v nichž jsou lidé vystaveni velkým sálavým plochám v podobě celoprosklených fasád, nebo v případě špatně nastaveného klimatizačního systému (zahrnut i vliv konvekce, který stereoteploměr dokáže zachytit).

Cílem dalšího měření tedy bylo zjistit, jak často se v reálném prostoru tyto rozdíly vyskytují a jestli jsou i jednou z významných příčin tepelného diskomfortu osob ve vnitřním prostředí v budovách.

7 Měření tepelně-vlhkostního mikroklimatu v budově s velkoprostorovými kanceláři

Následující studie je praktickou částí disertační práce autorky. Ve studii se autorka zabývá měřením mikroklimatických (vnitřních klimatických) parametrů a dotazníkovým šetřením ve velkoprostorové kanceláři. Je popsána budova, klimatizační systém, vstupní, měřené i hodnocené parametry. Jsou vymezeny vstupní podmínky pro tvorbu vnitřního mikroklimatu a jedná se o rozsáhlou analýzu objektivního a subjektivního měření v oblasti tepelně vlhkostního mikroklimatu, zvláště nerovnoměrného.

7.1 Popis vybraného objektu – konstrukční řešení

Zkoumaný objekt je čtyřpodlažní administrativní budova v Mladé Boleslavi. Objekt prošel v roce 2005/2006 rekonstrukcí. Historie budovy sahá až ke konci 19. století – bývalá textilní továrna. Před rekonstrukcí se jednalo o halový objekt, který měl nevyužívané podzemní podlaží, tři nadzemní podlaží a dodatečnou půdní nástavbu. V přízemí se nacházela pracoviště převážně dílenského charakteru. Ve 2. NP v severní části jídelna pro zaměstnance (která je zde doteď), v jižní části pak kancelářské plochy převážně velkoprostorového uspořádání. Ve 3. NP opět velkoprostorové kanceláře a v části i archiv a kopárna.

Svislou nosnou konstrukci všech stropů tvoří průvlaky z dvojic válcovaných I-profilů příčně uložených ze sloupu na sloup, resp. obvodovou stěnu, na průvlaky kolmo umístěné I-profilů „vyplněny“ betonovou deskou. Obvodovou konstrukci tvoří i zděné pilíře. Obvodové stěny a meziokenní výplně jsou převážně z cihelného zdiva na vápennou maltu. Nosnou konstrukci uvnitř budovy tvoří sloupy sestavené z válcovaných kvadrantových želez. Rekonstrukce v roce 2005 zahrnovala změnu hlavních vstupů, výtahů, rozšíření kapacity jídelny, přístavbu 4. NP velkoprostorových kanceláří. Třetí NP a čtvrté NP je propojeno ve středové části shora prosvětleným atriem, okolo kterého jsou soustředěny kanceláře vedení a sekretariátu (**Obr. 39**). Ve střeše se v tomto místě nachází velký světlík, který prosvětluje středový prostor těchto dvou pater (viz **Obrázek A-1, Příloha A**). Ve světlíku jsou dále instalovány 2 axiální ventilátory, které lze dle potřeby spustit. Budova má zdvojená vysoká okna a na vyšetřovaných patrech lze otevřít cca každé 4. okno, ostatní jsou blokována. Světlík i okna jsou vybavena žaluziemi,

s možností zastínit pracoviště. Ve 4. NP jsou instalovány venkovní žaluzie a ve 3. NP se jedná o žaluzie vnitřní (viz **Obrázek A-3, Příloha A**). Kancelářské plochy jsou doplněny o hygienická zařízení dimenzovaná a umístěná dle platných hygienických předpisů, kuchyňky a místnosti s TZB.



Obr. 39: Půdorysné schéma velkoprostorových kanceláří

Nástavba navazuje v místech původních sloupů obsahující nové ocelové sloupky v pokračování modulových os, na kterých je uložena soustava průvlaků a stropnic. Střešní plášť nástavby je tvořen trapézovým plechem s nadbetonováním, potřebnou tepelnou izolací a foliovou střešní krytinou. Nenosná část obvodového pláště nástavby je lehká (sendvičová konstrukce s vnitřním povrchem ze sádkokartonu, z vnější strany metalické panely doplněné tepelnou izolací). Okna a vstupní dveře jsou hliníkové. V půdorysné ploše jsou instalovány zavěšené kazetové podhledy se zapuštěnými svítidly a prvky systému větrání a chlazení.

Celá obrazová příloha s fotografiemi interiéru a exteriéru objektu je k nahlédnutí v **Příloze A**.

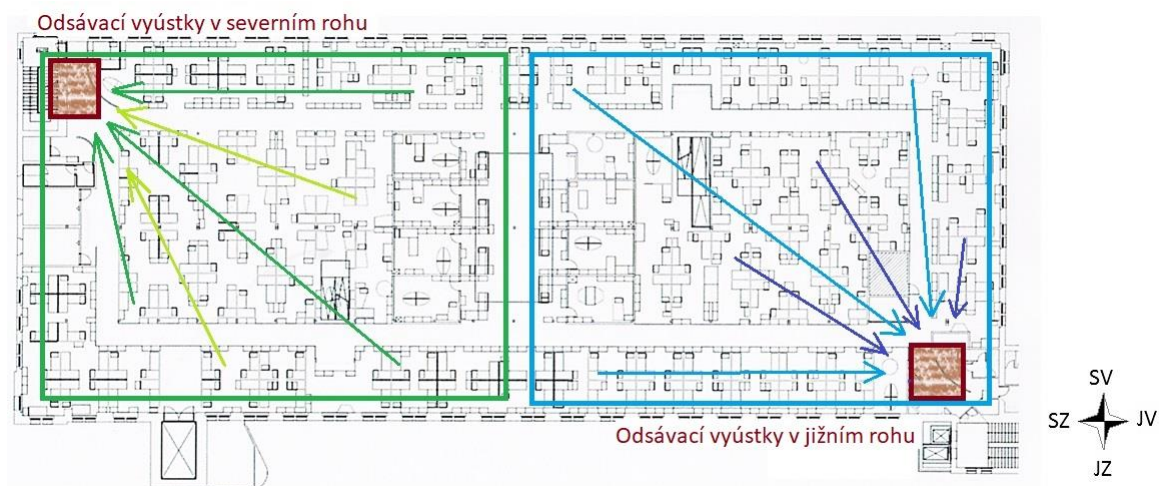
7.2 Popis systémů větrání a chlazení

Dodávku požadovaného minimálního množství větracího vzduchu do prostoru zajišťují dvě vzduchotechnické (dále jen VZT) jednotky ve venkovním provedení umístěné na střeše objektu. Rozlišujeme je jako SV a JZ dle orientace umístění na střeše. Tyto jednotky zajišťují jak přívod, tak i odvod větracího vzduchu.

Ventilátory jednotek VZT jsou opatřeny frekvenčními měniči pro snížení množství přiváděného vzduchu v zimním období, protože vzduchová potřeba

chladících trámců pro dosažení maximálního chladícího výkonu je větší než hygienické množství požadované pro větrané prostory. V letním období tedy dopravované množství odpovídá potřebě chladících trámců pro odvod tepelné zátěže z vnitřních prostor. Toto je zajištěno tak, že do vnitřních prostor je celoročně dodávána hygienická dávka venkovního vzduchu. Pro provoz v letním období je ve VZT jednotce instalována směšovací komora, která zajistí částečnou cirkulaci, a tím i požadované množství primárního vzduchu pro chladící trámce. Provoz se směšováním šetří v letním období výkon chladiče ve VZT jednotce. Aby bylo dosaženo požadavku na hodnotu relativní vlhkosti v prostoru velkoprostorových kancelářích v zimním období v souladu s vyhláškou č. 6/2003 Sb. (min. $rh > 30 \%$) [29], je v zimním období přiváděný větrací vzduch vlhčen. Výroba páry pro vlhčení vzduchu je zajištěna elektrickými parními vyvíječi.

Zařízení VZT jednotky na SV a VZT jednotky na JZ pracuje s množstvím vzduchu $V_p = 23100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $V_o = 23100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $V_\varepsilon = 18200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. VZT jednotky jsou osazeny běžnými uzavíracími armaturami a trojcestnými regulačními ventily pro regulaci chladícího výkonu. Odvody odpadního vzduchu ve 3. a 4. NP jsou provedeny v podhledu pomocí odsávacích vyústek, které jsou koncentrovány do jižního a severního rohu uvedených podlaží. **Obr. 40** znázorňuje zmiňované odvody odpadního vzduchu z prostoru půdorysu a šipky jsou příkladem z jakých vzdáleností je třeba odvést vzduch pro výměnu pomocí VZT.



Obr. 40: Odvod odpadního vzduchu do vyústek umístěných v rozích objektu – platí jak pro 3. NP, tak i 4. NP (pro každou polovinu půdorysu vyznačeno odlišnou barvou)

Pro odvod tepelné zátěže jsou v prostoru kanceláří v rovině podhledu instalovány chladící indukční trámce, dále jen CHIT (často se lze setkat i

označením „chladicí trámy“ z anglického doslovného překladu „chilled beams“). CHIT mají půdorysné rozměry 600 × 3000 mm a 600 × 2400 mm.

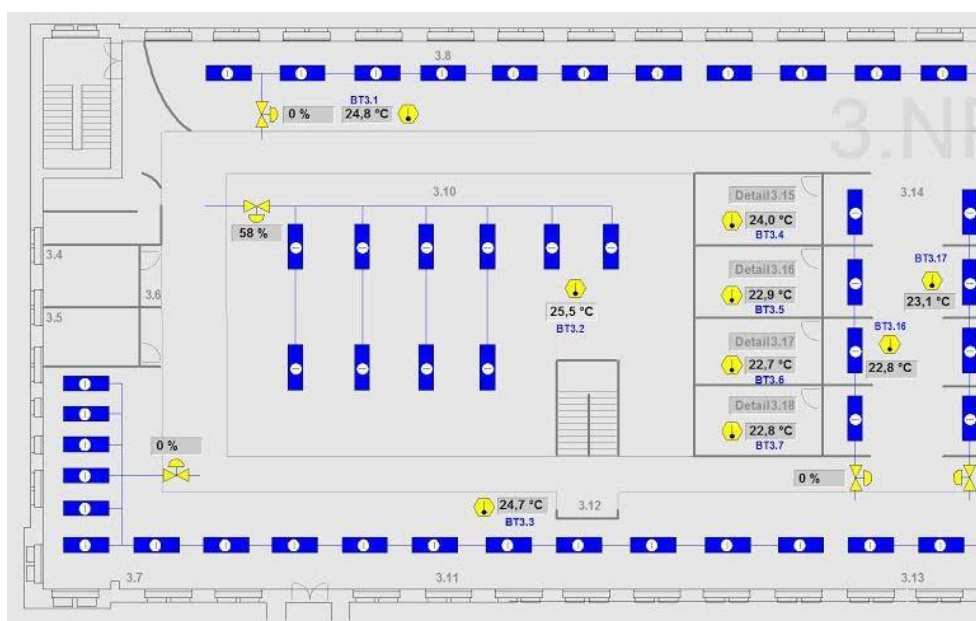


Obr. 41: Náhled do kancelářských prostor ve 3. NP (vlevo) a ve 4. NP (vpravo) – okenní otvory, dále CHIT a osvětlení v pohledu

Pro chlazení jsou užity dvě kompaktní chladicí jednotky se vzduchem chlazenými kondenzátory pro venkovní provedení s celoročním provozem. Jsou vybaveny šroubovými kompresory a použito je chladivo R407C. Blokovaná chladicí jednotka pro JZ stranu se vzduchem chlazeným kondenzátorem má chladicí výkon 350 kW pro chlazenou vodu 7/13 °C a venkovní teplotu +32 °C. Pro SV stranu objektu je navržena VZT jednotka o výkonu 284 kW. V primárním okruhu je tedy pracováno s vodou s teplotním spádem 7/13 °C. Sekundární okruhy jsou rozděleny na dvě větve. Jedna pro VZT jednotky pracující s vodou 7/13 °C a druhá větev pro CHIT pracující také s vodou 7/13 °C v primárním okruhu. V sekundárním okruhu pro CHIT je vřazen deskový výměník, který upravuje teplotu vody na parametry 16/20 °C. Klimatizační jednotky CHIT (chladicí indukční trámy) jsou osazeny běžnými uzavíracími armaturami.



Obr. 42: Půdorys 3. NP s vyznačenými sekcemi CHIT (v sekci „7“ je vyznačeno schéma z jedné z regulovaných větví systému)



Obr. 43: Detail – schéma severozápadní části objektu s vyznačenými regulačními zónami CHIT

Měření probíhalo ve 3. NP a 4. NP, kde je chlazení spínáno na základě teplotních čidel umístěných cca 1,6 – 1,7 m nad podlahou v prostoru velkoprostorových kanceláří. Celkem je v každém z uvedených pater regulováno 9 sekcí s CHIT (Obr. 42) a spínání chlazení je nastaveno pro každou z nich při záznamu teploty prostřednictvím teplotních čidel o hodnotě $t_a = 24 \text{ °C}$. Regulace výkonů je dvoucestnými regulačními ventily, které regulují jednotlivé zóny (viz Obr. 43).

V zimním období jsou k vytápění užitá desková tělesa umístěna pod okny. V blízkém okolí budovy se nachází kotelna, ve které je umístěna výměňková stanice napojená na dálkový rozvod vytápění.

7.3 Fyzikální parametry prostředí – objektivní měření

Objektivní hodnocení spočívalo v měření fyzikálních veličin uvnitř objektu ve 3. NP a 4. NP.

- Použité přístroje: 2 × sestava kulový stereoteploměr Joki-Jirák (měření veličin: stereoteploty ze šesti směrů $t_{\text{stereo},1-6}$, a z nich průměrná teplota t_g);
 - 2 × anemometrická sonda všesměrová, typ: FVA605TA10, měřicí rozsah 0,01-1 m/s;
 - kombinované čidlo: 2 × teplota/vlhkost vzduchu Ahlborn FHA646-E1;
 - ústředna pro sběr dat ALMEMO 5690-2M a ALMEMO 2890-9.
 - 1 × sonda pro měření CO₂ s ústřednou TESTO 435 (použito během zimního měření).
 - 8 × datalogger Comet – snímače vnitřní teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu, dále označené jako **A1, A2, A3, A4** a **B1, B2, B3, B4**.

Sestavy se stereoteploměrem byly zapůjčeny každá z odlišné instituce, a to: Fakulty stavební ČVUT a ze Státního zdravotního ústavu v Praze. V této práci jsou proto sestavy označovány následovně: „**stereo C**¹“ a „**stereo S**²“.

- Veličiny, které byly zaznamenávány: Teplota vzduchu t_a [°C] a relativní vlhkost vzduchu rh [%] → až 8 měřících míst, snímače teploty Comet – datalogger.
Rychlost proudění vzduchu v_a [m.s⁻¹], teplota vzduchu t_a' [°C], relativní vlhkost vzduchu rh' [%], stereoteplota t_{stereo} (neboli $t_{\text{stereo},1-6}$) a výsledná

¹ stereoteploměr ČVUT – v sestavě s kombinovaným čidlem pro měření teploty/vlhkosti a anemometru pro měření proudění vzduchu

² stereoteploměr SZÚ – v sestavě s kombinovaným čidlem pro měření teploty/vlhkosti a anemometru pro měření proudění vzduchu

teplota kulového teploměru t_g [°C] → 2× sestava se stereoteploměrem³, tj. 2 měřící místa (viz **Obr. 44**).

Další veličiny, které jsou k dispozici pro vyhodnocení:

- teplota venkovního vzduchu t_e [°C] (teplota měřena provozovatelem přímo v areálu)
 - záznamy vnitřní teploty čidly pro následnou regulaci vzduchotechniky a chlazení v objektu – pokud byly tyto hodnoty od provozovatele k dispozici (každé čidlo ovládá různě velkou sekci zapojených chladících trámů, viz **Obr. 42**). Pro rozlišení budeme tuto vnitřní teplotu značit $t_{a, vzt}$ [°C].
- **Podmínky měření:** Dataloggery byly umístěny na nábytek (většinou stůl) zaměstnance, kde jej neovlivňovala významně přístrojová technika. Sestava čidel se stereoteploměrem byla nainstalována 110 cm nad podlahou (měřeno ke středu koule) v blízkosti zaměstnance. Čidlo pro měření koncentrace CO₂ bylo instalováno na nábytek v dosahu pracovní desky. Všechna tato čidla zaznamenávala měřené veličiny do ústředny v 5 min intervalu.

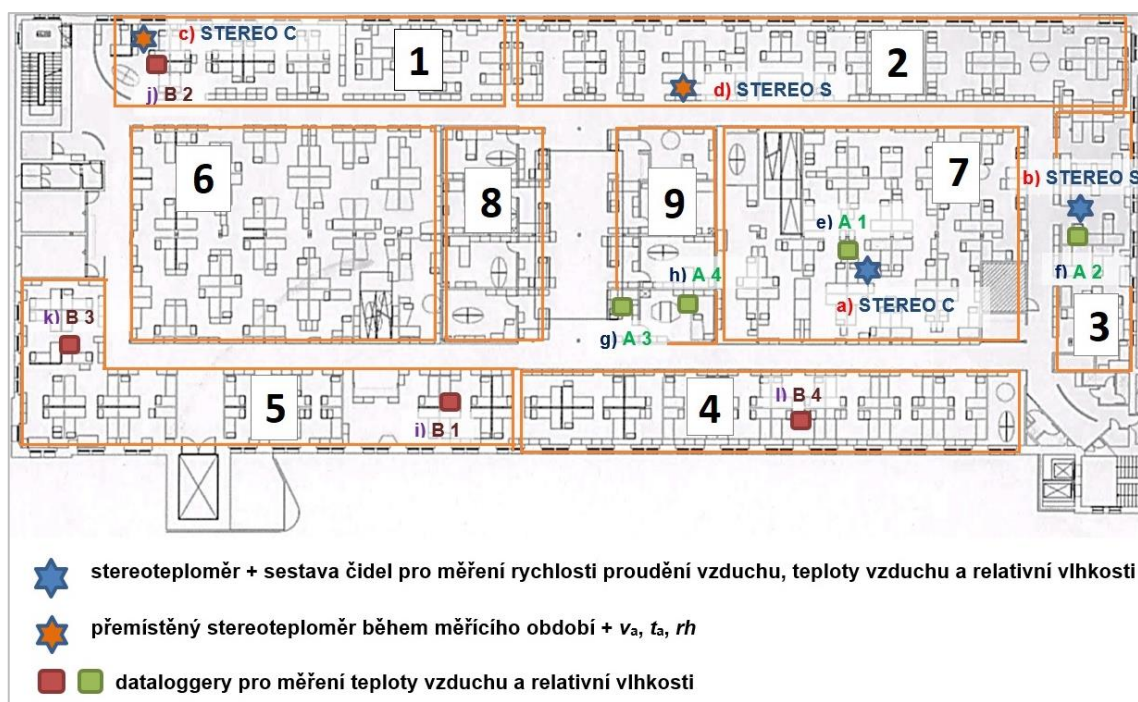


Obr. 44: Měření v blízkosti zaměstnanců a umístění sestavy čidel se stereoteploměrem

Měření bylo uskutečněno 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 období byly přístroje instalovány cca 1 měsíc.

³ Kulovým stereoteploměrem lze zaznamenat stereoteplotu i výslednou teplotu t_g (teplotu kulového teploměru). Pro tuto přednost byl stereoteploměr použit k měření obou teplot zároveň.

- **Letní období:** Oba stereoteplooměry byly za celé období přesunuty pouze jednou do jiné části ve 3. NP (**Obr. 45**). To znamená, že celkem jsou zaznamenány čtyři měřicí periody obou přístrojů. Dataloggery byly na stejném místě po celé období měření (nebyly přemístovány).



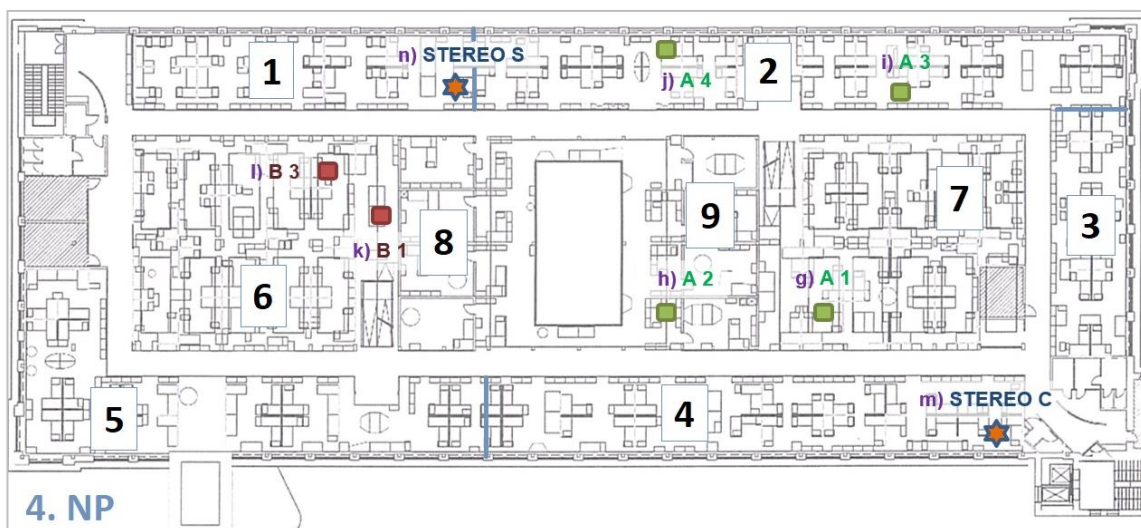
Obr. 45: Rozmístění měřicích přístrojů v letním období ve 3. NP

V půdorysech (viz **Obr. 45**, **Obr. 46** a **Obr. 47**) je vidět rozdělení do jednotlivých sekcí a v nich rozmístění měřicích přístrojů. V zimním období bylo s facility managementem budovy domluveno navíc měření ve 4. NP, kde byly v minulosti také zaznamenány stížnosti na vnitřní klima.

- **Zimní období:** Během zimního období byly sestavy se stereoteploměrem rozmístěny ve 3. NP, po cca 2 týdnech byly přemístěny do 4. NP. Dataloggery A1 – A4 byly zpočátku umístěny ve 3. NP a po týdnu vyměněny za B1 – B4. Po dvou týdnech od začátku měření byly dataloggery A1 – A4 a B1, B3 umístěny do 4. NP (viz **Obr. 46** a **Obr. 47**).



Obr. 46: Rozmístění měřicích přístrojů v zimním období ve 3. NP



Obr. 47: Rozmístění měřicích přístrojů během zimního období ve 4. NP

Pro budoucí podrobné vyhodnocování byly použity normy a vyhlášky uvedené v kapitole 5 v souladu s metodikou [37] na hodnocení mikroklimatických podmínek na pracovišti a vnitřního prostředí staveb.

7.4 Dotazníky – subjektivní hodnocení

Cílem dotazníkového šetření bylo hodnocení subjektivních pocitů zaměstnanců uvnitř budovy během jejich pracovní doby. Byly proto vytvořeny anonymní dotazníky, které byly distribuovány mezi zaměstnance. Průzkum byl uskutečněn 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 (převážně třída práce I, viz [30]). Dotazníkové šetření se týkalo především tepelně-vlhkostního mikroklimatu ve vnitřním (pracovním) prostředí. Celkem dotazník obsahoval 26 dotazů a je k náhledu v **Příloze B**.

Dotazníky byly rozdány v letním (3. NP) a zimním období (3. NP a 4. NP) mezi pracovníky a současně běželo měření fyzikálních parametrů v prostoru.

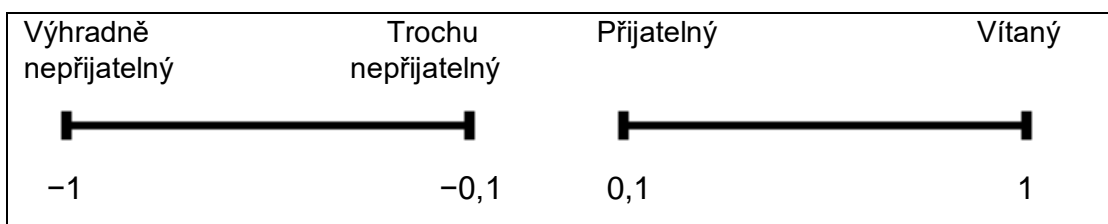
Subjektivní průzkum v dotaznících byl rozdělen do čtyř hlavních částí:

- Hlavní informace (věk, pohlaví, druh práce, čas strávený na pracovním místě, okolní prostor pracoviště),
- Zdravotní charakteristika (obtíže – únava, koncentrace, bolest hlavy; produkce potu; alergie a astma; ekzém; chřipka a nachlazení atd.),
- Osobní tepelný komfort (subjektivní pocit vnímané teploty, proudění vzduchu, suchý vzduch, tepelný komfort – celkový a místní diskomfort),
- Doplňující informace (okolní zařízení v místnosti, oblečení, prostor pro další vyjádření).

Některé z otázek v dotazníku byly hodnoceny na základě stupnic:

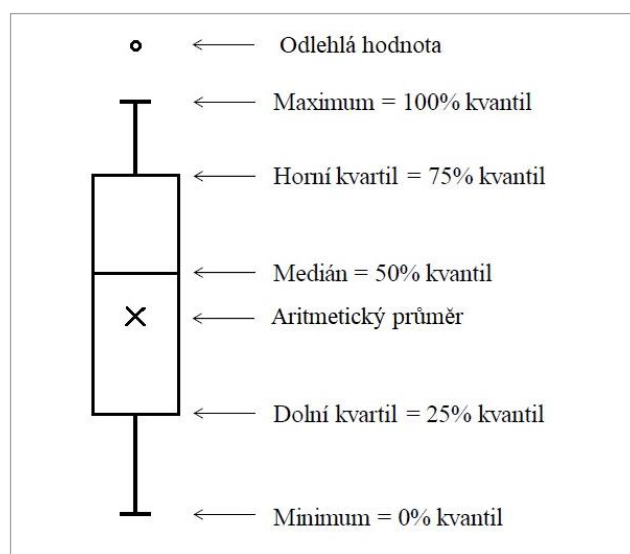
Sedmibodová stupnice tepelných pocitů – tepelné pocity byly zjišťovány pomocí ASHRAE sedmibodové stupnice, kde lze hodnotit tepelnou pohodu následovně: +3 (Horko), +2 (teplo), +1 (mírně teplo), 0 (neutrálně), -1 (mírně chladno), -2 (chladno), -3 (zima) [25].

Stupnice spokojenosti / přijatelnosti – Spokojenost a přijatelnost pocitu v souvislosti s vnitřním prostředím v budově bylo hodnoceno dle stupnic vycházejících z podkladů [47] [26] (viz **Obr. 48**). Hodnoty byly odečítány ze stupnice po vyplnění respondentem a byly značeny od -1 do +1. Stupnice s otázkami jsou v náhledu v **příloze B** pod otázkou č. 18 a č. 20.



Obr. 48: Stupnice přijatelnosti pocitu (subjektivní spokojenosti) určená k vyznačení odpovědi

Krabicový graf – jedním z použitých nástrojů pro vizualizaci kvantitativních dat je tzv. *krabicový graf* (*box plot*), což je graf ve tvaru obdélníku doplněný tzv. *fousy* (**Obr. 49**). Jednotlivé prvky grafu odpovídají významným kvantilům vypočtených na základě pozorovaných dat. Střední „krabicová“ část je shora ohraničena horním kvantilem (Q_{75}), zdola dolním kvantilem (Q_{25}) a mezi nimi se nachází linie vyznačující medián (Q_{50}). Křížkem uvnitř boxů je značena hodnota aritmetického průměru hodnot. Fousy dosahující za hranice obdélníkového tvaru signalizují polohu hodnot více vzdálených od mediánu, nejčastěji odpovídají 5 % kvantilu (spodní fous) a 95 % kvantilu (horní fous) nebo minimu a maximu pozorovaných hodnot. V některých případech se nad nebo pod grafem objevují *odlehlé hodnoty* tzv. *outliery*, které jsou vykreslené jako jednotlivé body [48].



Obr. 49: Příklad krabicového grafu s vyznačením významných kvantilů pozorovaných dat [36]

7.4.1.1 Použité statistiky, testy a analýzy

Analýzy byly provedeny prostřednictvím statistického programu STATA, Statistical software, verze 14.1 (licence: Státní zdravotní ústav v Praze). V následujícím textu jsou vyjmenovány použité druhy analýz a testů [48], [49]:

- a. Obecná statistika byla použita pro popis základních naměřených veličin: Pro tyto statistiky byl vypočten průměr, medián, (geometrický průměr), minimum, maximum, směrodatná odchylka, střední chyba průměru, 95% interval spolehlivosti a významné percentily (kvantily) – především hodnoty

25 % a 75 %. Pro zobrazení distribuce dat byly použity grafy kumulativních frekvencí, koláčové, pruhové grafy a další.

- b. Logistická regrese umožňuje analýzu dat, kdy odezva je binární veličina vyjádřená hodnotami 0 a 1. Tato analýza byla použita pro hodnocení otázek osobního tepelného komfortu a jeho vztahu k veličinám, který jej mohly ovlivňovat. Binární závislá veličina u odpovědí v dotaznících byla použita následovně: u hodnot 0 – nebyl pocíťován obtěžující jev a při hodnotě 1 – byl pocíťován obtěžující jev. Je důležité zmínit, že při odpovědi „ano, s *dovětkem*“ (často; denně) byla hodnota považována za kladnou, tedy značenou jako 1 pro účely této analýzy. Výsledkem bude získané Odds ratio⁴ (dále jen OR) a p-hodnota (v případě, že p-hodnota <0,05 bude považována za signifikantní, tj. statisticky významnou).
- c. T – test (Studentův t-test) v tomto případě dvouvýběrový t-test, byl použit pro porovnání průměrů stejné proměnné mezi dvěma skupinami (např. mezi letním a zimním obdobím), a to v případě, kdy se jednalo o statisticky normální rozložení. P-hodnota pod 0,1 byla považována za hraniční a p-hodnota pod 0,05 byla považována za významnou.
- d. Wilcoxonův rank-sum test byl použit u ne-parametrického rozložení dvou skupin dat. Na rozdíl od t-testu porovnává mediány.
- e. Analýza rozptylu (ANOVA) je základní parametrická statistická metoda, která je vhodná pro testování hypotéz o středních hodnotách pro více jak dvě skupiny (oproti t-testu, který srovnává mezi sebou pouze dvě skupiny dat).
- f. Kruskal-Wallisův test (tzv. ne-parametrická ANOVA) je použit při výrazném porušení normality dat namísto testu analýzy rozptylu (ANOVA).

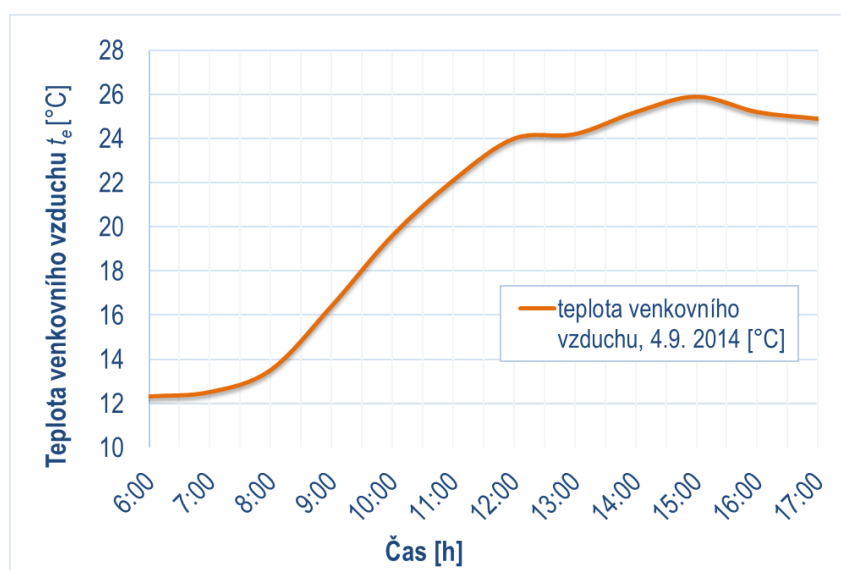
7.4.2 Dotazníky pro letní období

Jak již bylo výše zmíněno, měření proběhlo v zimním a letním období. Pro každé období, tedy pro účely tohoto výzkumu, byl zvolen referenční den, ve

⁴ OR (jinak i *podíl šancí*, *podíl rizik*) udává podíl šancí výskytu pro dvě různé hodnoty nezávisle proměnných.

kterém probíhala současně jak objektivní, tak i subjektivní hodnocení (dotazníková). Jednalo se tedy o reprezentativní vzorek za dané období.

V létě byly dotazníky rozdány v období objektivních měření, které probíhalo ve dnech 19. 8. – 11. 9. 2014. Pro vybrané analýzy byl zvolen referenční den 4.9. 2014 (čtvrtek). Teplota venkovního vzduchu v tento den dosahovala k hodnotě $t_e = 26\text{ °C}$ (viz **Obr. 50**). Během letního referenčního dne byly dotazníky rozdány v okolí měřicích bodů ve 3. NP (**Obr. 45**). Z rozdaného počtu 22 dotazníků okolo měřicích míst jich bylo 16 zpět vráceno vyplněných (vyplnilo je 6 žen a 10 mužů, pro toto hodnocení se tedy jedná o zpětnou návratnost 72 % vyplněných dotazníků). Průměrný věk tohoto vzorku dotazovaných je 41 let, pracují v objektu průměrně 5 let a na pracovním místě tráví cca 8 hodin denně.

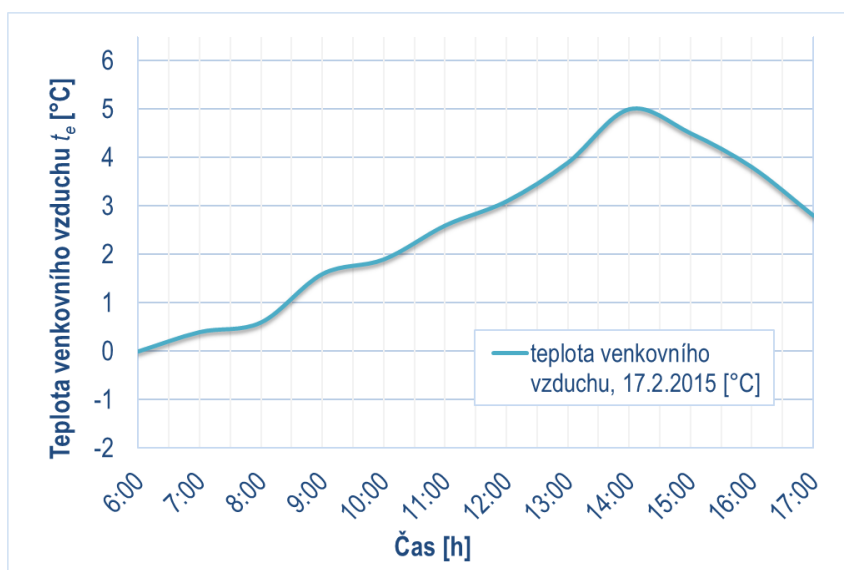


Obr. 50: Teplota venkovního vzduchu. Referenční den 4.9. 2014 v letním období

7.4.3 Dotazníky pro zimní období

Měření a dotazníkový průzkum v zimě proběhl od 28. 1. do 3. 3. 2015. Jako referenční den byl vybrán datum 17. 2. 2015 (úterý). Měření proběhlo ve 3. NP a částečně i ve 4. NP (avšak ve srovnání s letním stavem byly použity pouze výsledky ze 3. NP). Dotazníky byly rozeslány pověřeným pracovníkem na jednotlivá oddělení a odtud distribuovány zaměstnancům. Pro tento zimní referenční den se zpět vrátilo 40 vyplněných dotazníků (návratnost byla přibližně 20 % v případě, že dotazníky byly rozdány všem zaměstnancům na 3. podlaží).

Teplota venkovního vzduchu se pohybovala v rozmezí $t_e = 0$ až 5 °C (**Obr. 51**). Dotazníky vyplnilo 37 mužů a 3 ženy. Průměrný věk dotazovaných byl 36 let, v objektu pracují průměrně 8 let.



Obr. 51: Teplota venkovního vzduchu. Referenční den 17.2. 2015 v zimním období

7.5 Problémy a stížnosti osob v šetřeném objektu

Je třeba dodat, že tento objekt byl zvolen pro výzkum i na základě opakujících se stížností ze strany zaměstnanců. V dotazníkovém průzkumu byl nabídnut prostor k vyjádření se ohledně vnitřního prostředí v budovách. Shrnutí odpovědí od respondentů je k nahlédnutí v **Příloze D**.

Nejpalčivější opakující se problémy, dle vyplněných odpovědí v dotaznících ve velkoprostorových kancelářích ve 3. NP a 4. NP, byly následující:

- obtěžující proudění vzduchu/průvan,
- nadměrný chlad (chlad - zejména padající seshora na hlavu, ramena),
- pocit vydýchaného vzduchu – vliv nedostatečného provětrání,
- někdy přehřívání prostoru nebo naopak nedostatečné vytápění,
- teplotní podmínky neodpovídající ročnímu období,
- odkap kondenzátu z trámů.

Další obtěžující složky mikroklimatu:

- - nadměrný hluk z klimatizace/VZT, dále hluk od kolegů při hovorech a průchodech okolo pracoviště,
- - nedostatečné přirozené osvětlení a stížnosti i v oblasti umělého osvětlení,

- zvýšená nemocnost,
- někdy stížnosti na prašnost, pachy, atd.

8 Výsledky subjektivních a objektivních měření

Následující výsledky jsou vyhodnocená subjektivní a objektivní měření, která zahrnují charakteristiku respondentů, SBS symptomy, hodnocení celkového i lokálního tepelného komfortu a na závěr vyhodnocení nerovnoměrného tepelně-vlhkostní složky mikroklimatu.

8.1 Charakteristika respondentů v kancelářském prostoru

Měření v letním období

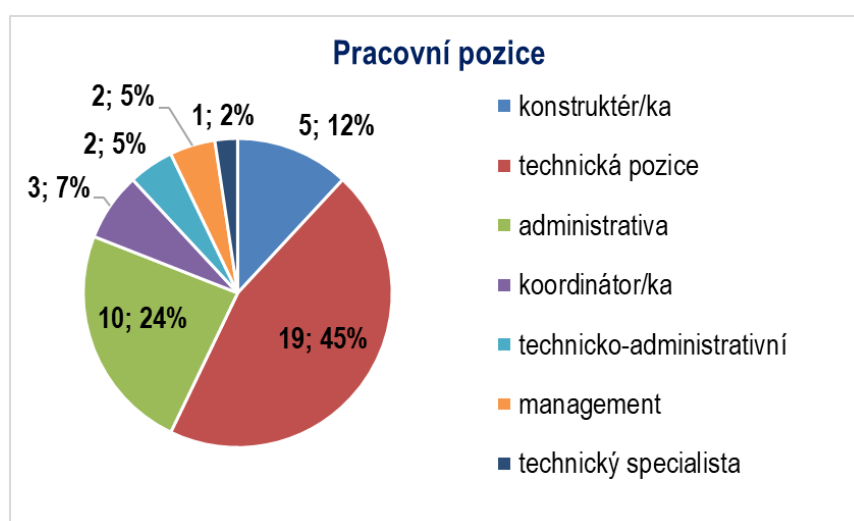
V odstavci 7.4.2 je uvedeno období, ve kterém bylo v létě měřeno. Během tohoto období vyplnilo dotazníky celkem 42 respondentů ve 3. NP. Výsledky tohoto šetření jsou k nahlédnutí v **Tab. 11**.

Tab. 11: Základní charakteristika respondentů v letním období

Popis (N = 42)		Počet	Procento odpovědí
<i>Pohlaví</i>	Muž	28	67 %
	Žena	14	33 %
<i>Patro</i>	3. NP	42	100 %
<i>Věk</i>	do 30 let	4	9,52 %
	30 - 45 let	24	64,29 %
	nad 45 let	11	26,19 %
	průměr	ø 41,1 let	
<i>Počet pracovních let strávených v budově</i>	méně jak 5 let	10	23,81 %
	≥ 5 let	62	76,19 %
	průměr	ø 7,5 let	
<i>Dny v týdnu strávené na pracovním místě</i>	průměr	ø 5 dní	
<i>Hodiny strávené u svého pracovního stolu</i>	průměr	ø 7,21 h	
<i>Počet osob v okolí do 5 m (tj. pracovního místa respondenta)</i>	méně jak 4 osoby	9	21,43 %
	4 - 8 osob	23	54,76 %
	více jak 8 osob	10	23,81 %
	průměr	ø 6 lidí	
<i>Kouření</i>	Nekuřáci	40	95,24 %
	Kuřáci	2	4,76 %

	průměr - počet ks cigaret/denně	ø 6 cigaret	
--	---------------------------------	-------------	--

Ze základního průzkumu vyplývá, že dotazníky vyplnilo 28 mužů a 14 žen. Průměrný věk je 41,1 let a nejvíce zastoupena je věková skupina 30 - 45 let tj. 64,3 % respondentů. Zaměstnanci v budově pracují v průměru 7,5 let. V okolí jejich pracoviště sedí v průměru 6 osob, což odpovídá typu pracoviště (velkoprostorové kanceláře). Mezi respondenty je pouze necelých 5 % kuřáků, většina jsou nekuřáci. Druh práce a její procentní zastoupení, kterou zaměstnanci vykonávají, ukazuje **Obr. 52**.



Obr. 52: Druh vykonávané práce respondenty v letním období

Měření v zimním období

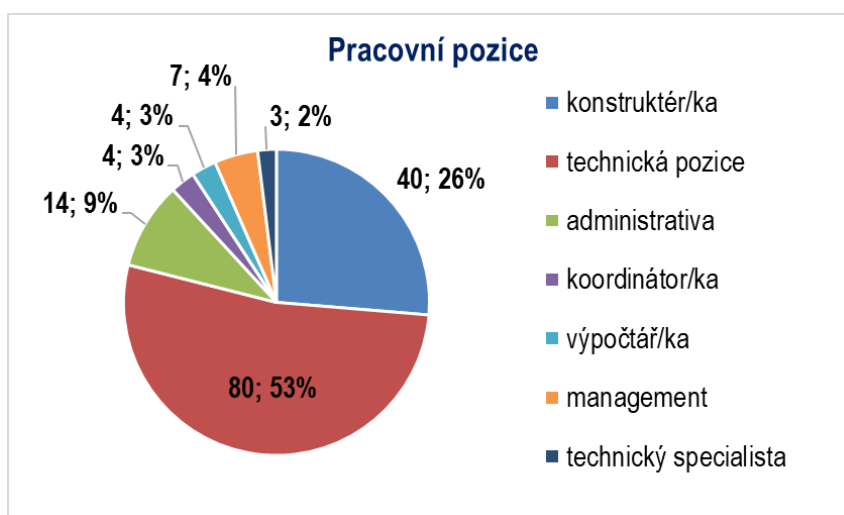
Během zimního období (popis viz odstavec 7.4.3) bylo na rozdíl od letního období měřeno nejen ve 3. NP, ale i ve 4. NP. Celkem na dotazníky odpovědělo 152 respondentů (pro každé patro se jednalo o podobný počet lidí - **Tab. 12**).

Tab. 12: Základní charakteristika respondentů v letním období

Popis (N = 152)		Počet	Procento odpovědí
Pohlaví	Muž	119	78 %
	Žena	33	22 %
Patro	3. NP	82	54 %
	4. NP	70	46 %
Věk	do 30 let	22	14,47 %
	30 - 45 let	101	67,11 %
	nad 45 let	29	19,08 %
	průměr	ø 38,1 let	

Počet pracovních let strávených v budově	méně jak 5 let	63	41,72 %
	≥ 5 let	89	58,28 %
	průměr	ø 5,9 let	
Dny v týdnu strávené na pracovním místě	průměr	ø 4,9 dní	
Hodiny strávené u svého pracovního stolu	průměr	ø 7,26 h	
Počet osob v okolí do 5 m (tj. pracovního místa respondenta)	méně jak 4 osoby	20	13,16 %
	4 - 8 osob	81	62,5 %
	více jak 8 osob	51	24,34 %
	průměr	ø 7 lidí	
Kouření	Nekuřáci	143	94,08 %
	Kuřáci	9	5,92 %
	průměr - počet ks cigaret/denně	ø 6 cigaret	

Ve druhém období měření vyplnilo dotazníky 119 mužů a 33 žen. Procento dotazníků vyplněných ženami je o 11 % nižší než v létě. Věková skupina a její zastoupení v kategorii 30 - 45 let je procentuálně téměř shodná s letním obdobím. Průměrný věk respondentů je 38,1 let. Dotazníky dále vyplnili zaměstnanci, kteří se v budově pracovně zdržují kratší dobu než v předchozím období (průměrně 5,9 let). Opět vyšlo vysoké procento nekuřáků 95 % vs. 5 % kuřáků. Druh práce a její procentní zastoupení, kterou zaměstnanci vykonávají, ukazuje **Obr. 53**.



Obr. 53: Druh vykonávané práce respondenty v zimním období

8.2 SBS symptomy

„Sick building syndrome“ (dále jen SBS), česky syndrom nezdravých budov, je spojen zejména s novými budovami (převážně administrativními), které jsou vybaveny centrálně řízeným systémem vytápění, větrání či klimatizace a umělým osvětlením [50]. Obyvatelé těchto budov si stěžují na symptomy, jako jsou podrážděné oči, nos, či krk; neurotoxické nebo celkové zdravotní problémy, bolesti hlavy, slabá koncentrace, nespecifické reakce z přecitlivělosti, suchá nebo svědivá kůže a vyrážka či zvýšená nemocnost horních cest dýchacích atp.

Dle americké agentury ochrany životního prostředí (U.S. EPA [51]) jsou možné příčiny a přispěvatelé k SBS tyto faktory:

- Nedostatečná a neefektivní ventilace;
- Chemické nečistoty/látky z vnitřních a venkovních zdrojů;
- Biologické nečistoty.

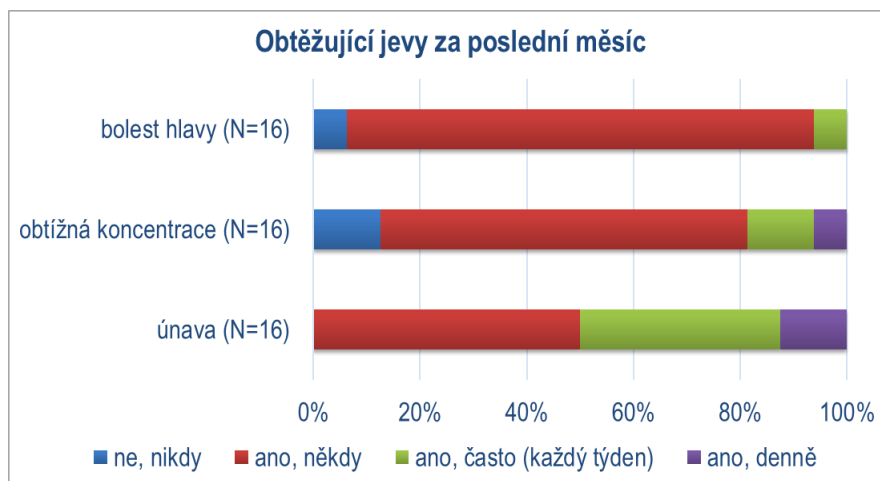
Obtěžující SBS symptomy nezpůsobují pouze diskomfort při práci, ale mohou způsobovat také značné vícenáklady pro zaměstnavatele. Dle HSE [52] se může jednat o:

- Snížení produktivity zaměstnanců;
- Zvýšení jejich nemocnosti a absence v práci;
- Prodlužování přestávek;
- Dlouhodobé řešení stížností pracovníků.

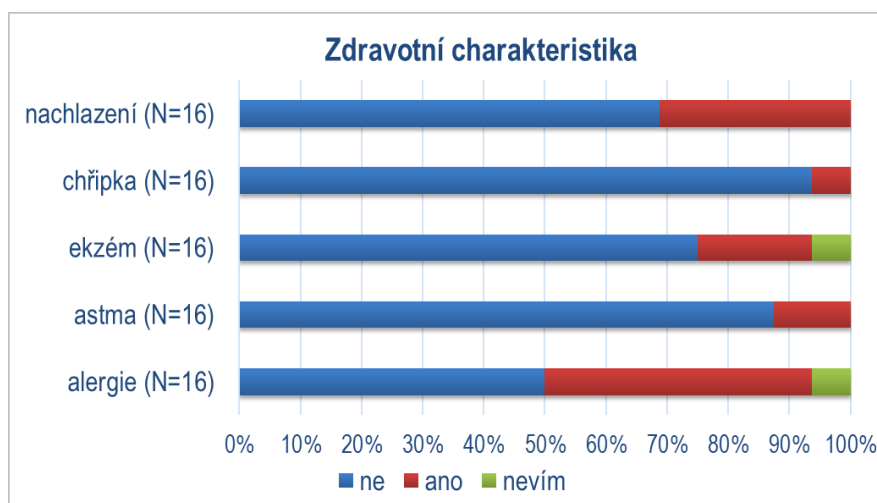
Hlavní zaměření dotazníků v tomto objektu se sice týkalo tepelně-vlhkostního mikroklimatu, ale dále také hodnocení obtíží, které jsou s faktorem SBS spojovány. Proto je těmto obtěžujícím jevům v následujících podkapitolách věnována pozornost.

8.2.1 SBS syndrom – referenční den v létě

Z dotazníkového průzkumu byl vybrán referenční den (4.9. 2014), kdy teplota odpovídala letnímu stavu a zároveň byl v tento den jeden z nejvyšších počtů vyplněných dotazníků (viz odstavec 7.4.2). Dotazníky vyplnilo 16 respondentů (6 žen a 10 mužů) z 3. NP.



Obr. 54: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně obtěžujících vlivů za poslední měsíc (referenční den v létě: 4.9. 2014)

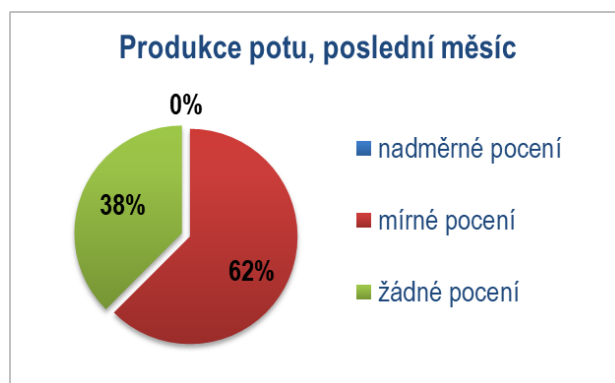


Obr. 55: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně zdravotní charakteristiky (referenční den v létě: 4.9. 2014). Odpovědi „nachlazení“ a „chřipka“ – za poslední období v měsíci

Obr. 54 shrnuje odpovědi na otázku: „Během posledního měsíce, měl/a jste (jednu i více) z následujících obtíží v práci?“ Graf zobrazuje na svislé ose obtěžující jevy, a to: a) bolest hlavy, b) obtížná koncentrace a c) únava. Možnosti odpovědí byly následující: „Ne, nikdy; Ano, občas; Ano často (každý týden); Ano, denně“. Výsledky ukazují, že lidé z převážné většiny pociťovali za poslední měsíc všechny zmíněné jevy – zastoupeny u všech vysokým procentem odpovědí „ano, s dovětkem“. Únavu za poslední měsíc zaznamenalo všech 16 dotazovaných osob (100 %) a 38 % z nich odpovědělo, že ji pociťovalo často, tj. každý týden.

Obr. 55 ukazuje zdravotní charakteristiku dotazovaných, zda trpí ekzémem, astmatem nebo alergií. Alergiemi (typ alergenu nebyl specifikován) trpí cca 44 % dotazovaných. Ve stejném grafu jsou k nahlédnutí i odpovědi na otázku „Byl/a jste

poslední 4 týdny obtěžován/a: a) chřipkou, b) nachlazením?“ Nachlazeno bylo dle odpovědí 31 % osob.



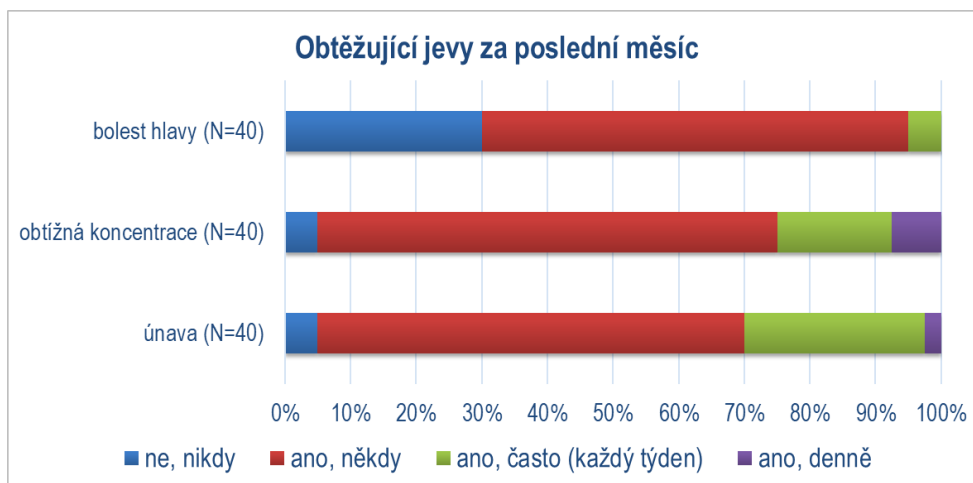
Obr. 56: Produkce potu za poslední měsíc, referenční den v létě

V sekci zdravotní charakteristiky byl ještě podán dotaz na produkci potu za poslední měsíc. Výsledky ukazují odpovědi: mírné pocení 62 % a žádné pocení pociťovalo 38 % osob. V daném prostoru nikdo z dotazovaných nepociťoval nadměrnou produkci potu.

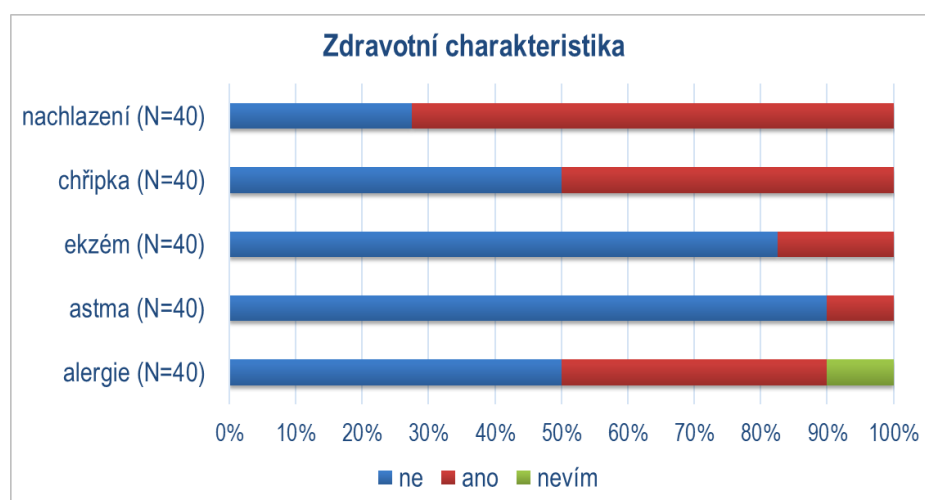
Dále měli lidé v dotazníku možnost vypsát další připomínky a zdravotní obtíže, které si myslí, že souvisejí s vykonávanou prací a vnitřním prostředím na pracovišti. Tuto možnost vyplnilo 5 dotázaných z 16. Nejčastěji se objevovaly odpovědi ohledně: suchých a podrážděných očí; pocit vydýchaného vzduchu; bolesti zad a krční páteře.

8.2.2 SBS syndrom – referenční den v zimě

Referenční den pro zimní období byl zvolen 17.2. 2015, kdy teplota odpovídala požadovaným podmínkám pro měření v zimě a zároveň byl v tento den jeden z nejvyšších počtů vyplněných dotazníků ve 3. NP (viz odstavec 7.4.3). Dotazníky vyplnilo celkem 40 respondentů (z toho 3 ženy a 37 mužů).



Obr. 57: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně obtěžujících vlivů za poslední měsíc (referenční den v zimě: 17.2.2015)

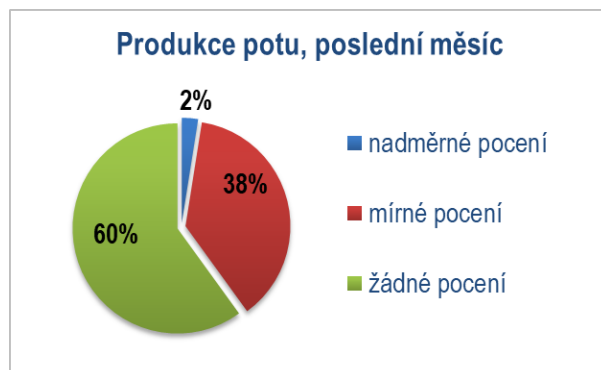


Obr. 58: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně zdravotní charakteristiky (referenční den v zimě: 17.2.2015). Odpovědi „nachlazení“ a „chřipka“ – za období v posledním měsíci.

Stejně otázky jako v letním období byly hodnoceny i pro zimní období (ve výše uvedený referenční den). **Obr. 57** tedy ukazuje, že v zimě byla nejvýznamnějším obtěžujícím jevem opět únava společně s obtížnou koncentrací na práci. 95 % dotazovaných osob odpovědělo, že je tyto obtíže postihly při práci za poslední měsíc. Bolesti hlavy se vyskytovaly o 25 % méně než v létě.

Zdravotní charakteristika odpovědí je k náhledu na **Obr. 58**. Za poslední měsíc (zpět od data 17.2.2015) trpělo nachlazením 73 % a chřipkou 50 % dotazovaných. Ekzémem a astmatem trpí podobné procento lidí jako v předchozím průzkumu. Stejně tak i alergie (nespecifikované), kde na otázku kladně odpovědělo 40 % osob.

Další zdravotní obtíže, které v dotazníku vyplnilo 11 zaměstnanců, byly následující – nejčastější stížnosti na: ztuhlé krční svalstvo (častý důvod byl uváděn i proudící chladný vzduch); suché a podrážděné oči; pocit vydýchaného vzduchu.



Obr. 59: Produkce potu za poslední měsíc, referenční den v zimě

Dále byla opět zjišťována produkce potu. Pro referenční den v zimě byly tyto hodnoty následující: žádné pocení 60 %, mírné pocení 38 % a 2 % respondentů pociťovalo nadměrné pocení (viz Obr. 59).

8.3 Hodnocení – tepelný komfort

8.3.1 Venkovní teplota vzduchu

Za celé letní období (kdy bylo měřeno) odpovídala průměrná venkovní teplota v okolí zkoumaného objektu hodnotě necelých $t_e = 17 \text{ °C}$ (počítáno včetně víkendů, nocí, a tedy i období mimo pracovní dobu). Průměrná venkovní teplota měřená za období v zimě se pohybovala okolo $t_e = 2 \text{ °C}$.

Pro přesnější přehled jsou v následující **Tab. 13** uvedeny hodnoty teploty t_e (MIN, MAX, průměr) ve dnech, kdy bylo současně objektivně měřeno v budově a lidé v uvedené datumy odpovídali na dotazníkové šetření. V tomto případě byla posuzována **venkovní teplota v pracovní době od 6-17 hod.**

Tab. 13: Venkovní teplota během dní dotazníkového průzkumu pro letní a zimní období
a. Letní období

Datumy	Pracovní den (6–17 h)		
	$\bar{t}_e \text{ [°C]}$	MIN $t_e \text{ [°C]}$	MAX $t_e \text{ [°C]}$
26.08.2014	13,31	12,3	14,2
28.08.2014	14,83	7,28	21,45
29.08.2014	17,07	10,68	23,53

01.09.2014	14,95	13,55	16,08
04.09.2014	19,88	13,45	26,33

b. Zimní období

Datумы	Pracovní den (6–17 h)		
	\bar{t}_e [°C]	MIN t_e [°C]	MAX t_e [°C]
17.02.2015	2,52	0,0	5,0
19.02.2015	0,22	-0,2	1,0
20.02.2015	1,41	-2,1	6,0
23.02.2015	3,23	-2,1	7,6
24.02.2015	4,81	1,8	7,3
25.02.2015	3,4	-1,4	7,2
26.02.2015	4,47	-2,0	9,4
27.02.2015	3,16	-2,8	7,1
02.03.2015	7,24	3,8	10,0

Barevně vyznačené datумы v tabulkách (**Tab. 13**) jsou tzv. referenčními dny, jež byly popsány v odstavci **7.4.2** a **7.4.3**. V těchto odstavcích jsou k nahlédnutí i grafy s průběhy venkovních teplot pro vybrané dny (**Obr. 50** a **Obr. 51**).

8.3.2 Vnitřní teplota vzduchu

- Měření vnitřní teploty vzduchu t_a v letním období

Objektivní měření vnitřní teploty vzduchu t_a bylo zaznamenáno prostřednictvím dataloggerů. Ve všech následujících tabulkách (**Tab. 14**, **Tab. 15**, **Tab. 16**, **Tab. 17** a **Tab. 18**) jsou uvedeny statistiky teploty t_a pro pracovní dny bez víkendů. Časy pracovní doby jsou hodnoceny od 6-17 hod. Liší se mezi sebou tím, že se jedná buď o statistiku celého měřeného období, nebo přímo o konkrétní referenční den (dále i rozdělení na měření v letním a zimním období).

V letním období bylo v prostoru 3. NP umístěno 8 dataloggerů (záznam teploty t_a a vlhkosti rh). Statistiku měřené teploty vnitřního vzduchu t_a za celé měřené letní období lze nalézt v **Tab. 14**, kde jsou dataloggerů značeny následovně: A1, A2, A3, A4 a B1 – B4 (rozmístění viz **Obr. 45** v kapitole **7.2**). Tato statistika ukazuje, že ve všech případech došlo k podkročení $t_a = 23,5$ °C (požadované v [30]). U měřicího místa A4 (sekce 9) k tomu došlo v 90 % případů. Jedná se o uzavřenou kancelář managementu, kde byl termostat nastaven podle teplotních referencí jednotlivce. Místo měření A3 (taktéž v sekci 9) je sekretariát, kde sedí jedna

osoba. Sekretariát se nachází v prostoru před výše zmíněnou kanceláří (místo měření A4, sekce 9). V dalších případech se vždy jednalo o měření ve velkých sekcích CHIT, kde sedí cca 30 až 40 osob.

Tab. 14: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v letním období

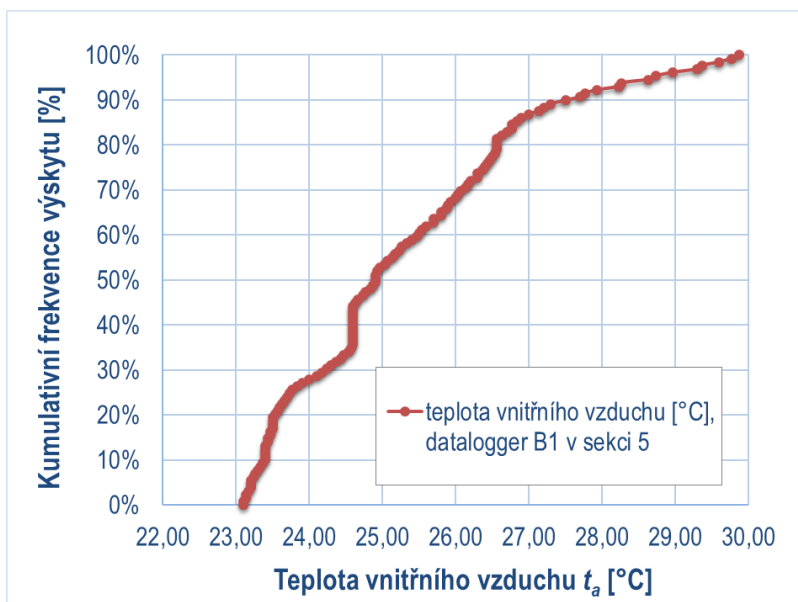
Statistické údaje t_a	Místa měření ve 3. NP (8 × N = 2223)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	7	3	9	9	5	1	5	4
Průměr t_a [°C]	23,3	24,93	23,44	22,26	24,63	24,4	24,9	23,57
MIN / MAX t_a [°C]	20,6 / 25	19,2 / 26,7	20,9 / 25,7	21 / 24,8	21,8 / 30,3	20,2 / 26,1	20,6 / 26,4	19,2 / 31,1
Medián t_a [°C]	23,3	24,0	23,5	22,1	24,5	24,5	25,1	23,3
Směrodatná odchylka [°C]	0,88	1,295	1,182	0,794	1,29	0,804	0,969	1,519
Střední chyba průměru [°C]	0,02	0,027	0,025	0,017	0,027	0,017	0,02	0,032
95% interval spolehlivosti [°C]	23,2 - 23,3	23,9 - 24,0	23,4 - 23,5	22,2 - 22,3	24,57 - 24,68	24,37 - 24,44	24,85 - 24,93	23,51 - 23,64
25% percentil [°C]	22,7	23,1	22,5	21,7	23,7	24	24,2	22,6
75% percentil [°C]	23,9	24,9	24,4	22,6	25,3	25	25,6	24,3
Frekvence překročení $t_a = 26$ °C, uvedeno v [%]	0	4	0	0	12	0	5	5
Frekvence podkročení $t_a = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	57	34	49	90	18	12	11	54

V **Tab. 15** je k náhledu statistika teploty vnitřního vzduchu t_a pro dataloggeru A1-A4, B1-B4 ve vybraný referenční den v létě. V tento den byla během pracovní doby hodnota $t_a = 23,5$ °C podkročena na všech místech měření a na místě A4 se dokonce rovnala hodnotě 100 % (opět se jednalo o osobní preferované nastavení chlazení v kanceláři pro jednu osobu). Pro místo měření B1 (sekce 5) je na **Obr. 60** k náhledu graf, ze kterého byly odečteny hodnoty percentilů (poměrného počtu hodnot nižších, než je daná hodnota). Na tomto místě byla

v 16 % případech naměřena nižší teplota vnitřního vzduchu $t_a = 23,5 \text{ °C}$ a v 34 % případech naměřena vyšší teplota než $t_a = 26 \text{ °C}$. Zmíněné měření B1 je navíc vyznačeno v **Tab. 15** červeným písmem.

Tab. 15: Statistika teploty vnitřního vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014)

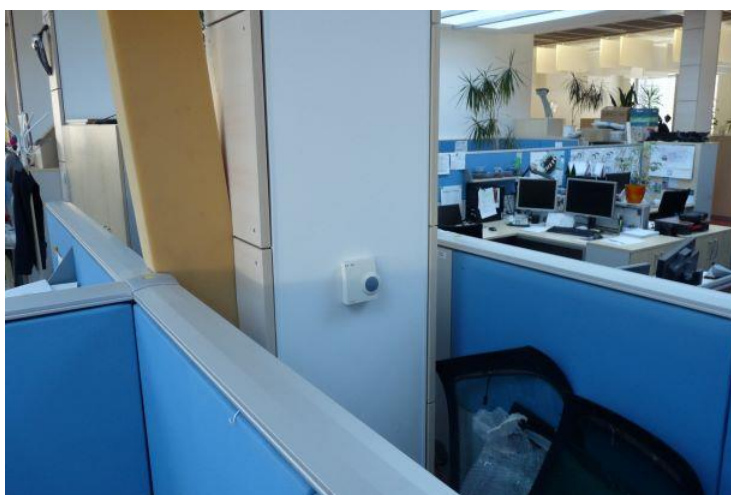
Statistické údaje t_a	Místa měření ve 3. NP (8 × N = 132)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	7	3	9	9	5	1	5	4
Průměr t_a [°C]	23,3	24,3	23,7	22,0	25,3	24,9	25,0	23,7
MIN / MAX t_a [°C]	21,6 / 24,3	21,5 / 26,0	21,7 / 25,4	21,3 / 22,7	23,1 / 30,1	22,8 / 25,4	23,1 / 26,1	21,6 / 25,5
Medián t_a [°C]	23,6	24,6	23,8	22,0	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 - 22,1	25,0 - 25,5	24,7 - 25,0	24,9 - 24,2	23,5 - 24,0
Frekvence překročení $t_a = 26 \text{ °C}$, uvedeno v [%]	0	0	0	0	34	0	9	0
Frekvence podkročení $t_a = 23,5 \text{ °C}$, uvedeno v [%]	44	23	42	100	16	6	9	44



Obr. 60: Kumulativní frekvence (percentil) výskytu teploty vnitřního vzduchu v sekci 5 dne 4.9. 2014 v pracovní dobu (6–17 hod)

8.3.2.1 Vnitřní teplota vzduchu – pro regulaci VZT a chlazení

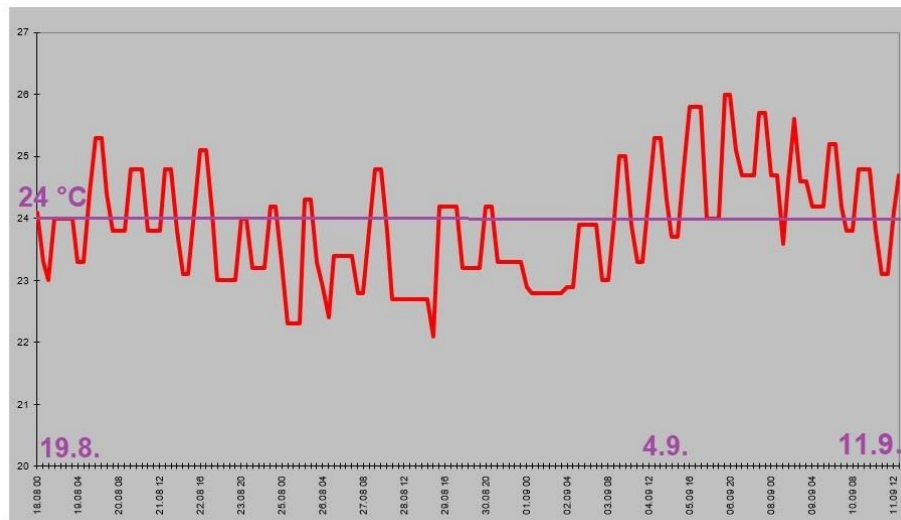
Jak již bylo zmíněno v kapitole 7.2 *Popis systémů větrání a chlazení*, regulace vzduchotechniky a chlazení se provádí na základě záznamu vnitřní teploty vzduchu $t_{a, \text{vzt}}$ prostřednictvím čidel umístěných ve velkoprostorových kancelářích CHIT (viz Obr. 61). Každé čidlo zaznamenává teplotu pro jednotlivou regulovanou sekci.



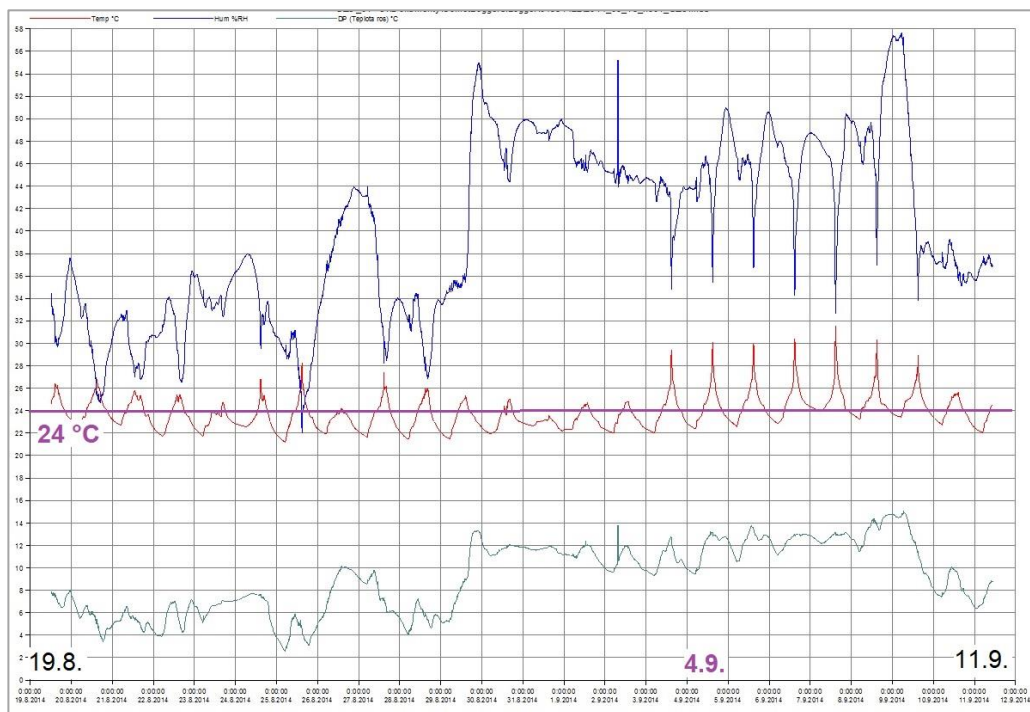
Obr. 61: Jedno z čidel pro měření vnitřní teploty vzduchu – pro regulaci VZT a chlazení prostoru

Pro letní období byla k dispozici naměřená data z těchto čidel formou grafů průběhu vnitřní teploty $t_{a, \text{vzt}}$. Pro porovnání byl vybrán graf záznamu čidla ze

sekce 5 na jihozápadní fasádě objektu (**Obr. 62**) a záznam teploty t_a dataloggerem B1 (**Obr. 63**) ve stejné sekci.



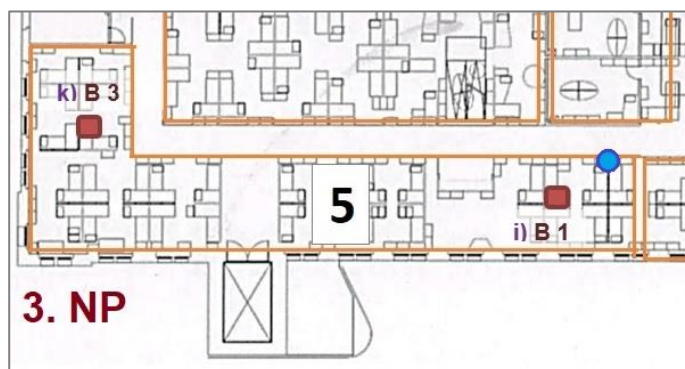
Obr. 62: Záznam teploty t_a , vzt čidlem pro regulaci VZT a chlazení umístěného v sekci 5



Obr. 63: Záznam teploty t_a dataloggerem B1 v sekci 5

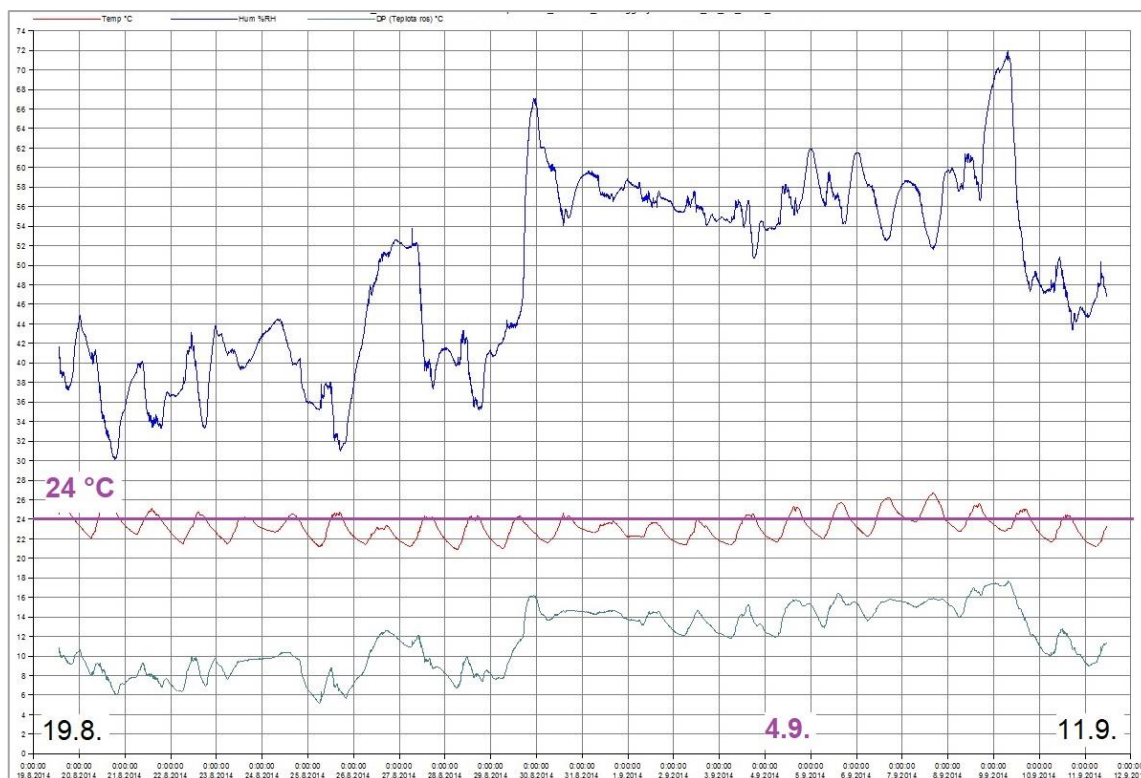
Průběh teploty vnitřního vzduchu je v obou grafech vyznačen červenou barvou. Je vidět, že v období od 3.9. do 9.9. byly teploty v této sekci vyšší (v závislosti na orientaci budovy a vyšší venkovní teplotě) avšak, vždy se jednalo o krátkodobý časový úsek, jelikož v tu dobu bylo aktivováno chlazení pomocí chladících trámčů. Tato aktivace byla spuštěna na základě dosažení vnitřní

teploty vzduchu $t_{a, \text{vzt}} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$, která je na obou grafech je vyznačena fialovou linkou (záznam čidlem pro příslušnou sekci).



Obr. 64: Výřez z půdorysu sekce č. 5 (měření v letním období)

Pro zajímavost porovnání je zde dále vyobrazeno měření s jiným dataloggerem označeným B3, avšak umístěným ve stejné regulované sekci. Čidlo, které sekci 5 regulovalo, je vyznačeno modrým kolečkem na **Obr. 64**. Na obrázku lze vidět, že je situováno v blízkosti měření s dataloggerem B1, jehož průběhy byly prezentovány na předchozím obrázku. Záznam teploty t_a z dataloggeru B3 (**Obr. 65**) ukazuje, že zde nebylo dosaženo obdobných teplotních „píků“ (hlavně v teplých dnech), jako v předchozím případě, ale i přesto zde bylo chlazení spínáno při záznamu teploty $t_{a, \text{vzt}} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$. V důsledku toho však mohlo docházet častěji i k podchlazování levé části sekce 5 více než bylo potřeba. Jak se ukazuje na tomto příkladu, bylo by optimální na jednu sekci použít více čidel pro její regulaci a pro spuštění chlazení použít např. průměrování teplot z těchto čidel.



Obr. 65: Záznam teploty t_a dataloggerem B3 v sekci 5

Pozn. Podobné porovnání nebylo během zimního měření provedeno, protože nebyly z technických důvodů k dispozici data od provozovatele (záznamy teplot čidel pro regulaci VZT a chlazení).

- Měření teploty vnitřního vzduchu t_a v zimním období

Měření t_a v zimním období probíhalo ve 3. NP částečně i ve 4. NP. Tabulky pro celé měřené období jsou pro větší přehlednost rozděleny do dvou částí: měření dataloggerů A1 – A4 v Tab. 16 a pro dataloggerů B1 – B4 se jedná o Tab. 17 (rozmístění dataloggerů viz Obr. 46, Obr. 47 v kapitole 7.2).

Tab. 16: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v zimním období pro dataloggerů A1 – A4 ve 3. a 4. NP

Statistické údaje	Místa měření ve 3. a 4. NP							
	28.1.	28.1.	28.1.	28.1.	17.2.	17.2.	17.2.	17.2.
	-	-	-	-	-	-	-	-
t_a	3.2.	3.2.	3.2.	3.2.	3.3.	3.3.	3.3.	3.3.
	A1 3.NP	A2 3.NP	A3 3.NP	A4 3.NP	A1 4.NP	A2 4.NP	A3 4.NP	A4 4.NP

Umístění dataloggeru (č. sekce)	6	6	7	2	7	9	2	2
Průměr t_a [°C]	23,98	24,02	23,1	22,32	22,86	23,27	23,19	23,69
MIN / MAX t_a [°C]	21,8 / 25,2	21,1 / 25,6	21,3 / 24,7	20,8 / 24,2	19 / 24,4	21,2 / 24,9	14,7 / 25	19 / 24,9
Medián t_a [°C]	24,1	24,2	23	22,1	23	23,5	23,6	24
Směrodatná odchylka [°C]	0,858	1,012	0,784	0,882	0,853	0,83	1,143	0,897
Střední chyba průměru [°C]	0,037	0,044	0,06	0,067	0,023	0,023	0,031	0,024
95% interval spolehlivosti [°C]	23,91 - 24,05	23,93 - 24,11	22,98 - 23,22	22,19 - 22,45	22,82 - 22,91	23,33 - 23,32	23,13 - 23,25	23,64 - 23,74
25% percentil [°C]	23,3	23,3	22,6	21,7	22,3	22,6	22,8	23,2
75% percentil [°C]	24,8	24,9	23,6	23,1	23,5	23,8	23,9	24,3
Frekvence překročení $t_a = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	66	66	28	12	34	50	53	68
Frekvence podkročení $t_a = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0	0	0	0	0	3	0,1

Tab. 17: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery B1 – B4 ve 3. NP a 4. NP

Statistické údaje t_a	Místa měření ve 3. a 4. NP					
	3.2. -19.2.	3.2. -3.3.	3.2. -19.2.	3.2. -3.3.	19.2. -3.3.	19.2. -3.3.
	B1 3.NP	B2 3.NP	B3 3.NP	B4 3.NP	B1 4.NP	B3 4.NP
Umístění dataloggeru (č. sekce)	6	6	3	2	6	6
Průměr t_a [°C]	24,1	24,13	23,35	22,68	23,3	23,5
MIN / MAX t_a [°C]	21,8 / 25,1	21,1 / 25,6	20,8 / 24,7	20,7 / 24,9	21,0 / 24,9	20,9 / 25,3
Medián t_a [°C]	24,3	24,3	23,4	22,8	23,5	23,7

Směrodatná odchylka [°C]	0,668	0,842	0,712	0,641	0,791	0,9
Střední chyba průměru [°C]	0,0165	0,016	0,02	0,012	0,025	0,03
95% interval spolehlivosti [°C]	24,07 -	24,1 -	23,38 -	23,32 -	23,26 -	23,44 -
	24,14	24,16	23,44	23,39	23,36	23,55
25% percentil [°C]	23,7	23,6	22,9	22,3	22,8	22,7
75% percentil [°C]	24,6	24,8	23,8	23,1	23,9	24,2
Frekvence překročení $t_a = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	78	77	39	6	49	57
Frekvence podkročení $t_a = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0	0	0	0	0

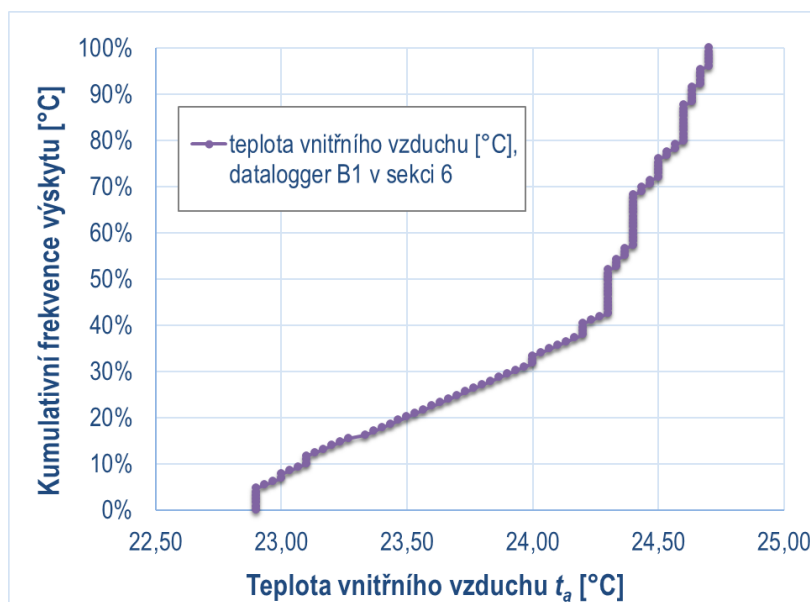
Za celé měřené zimní období nedošlo k podkročení teploty $t_a = 20,5$ °C, naopak došlo k překročení teploty $t_a = 23,5$ °C ve všech naměřených případech. Nejstabilnější se ukázalo měření teploty na místě A4 (po 3.2. 2015 místě B4) v sekci 2, kde docházelo překročení limitu $t_a = 23,5$ °C nejméně. Jak již bylo zmíněno, měřeno bylo oproti letnímu období navíc i ve 4. NP – tyto hodnoty jsou vyznačeny v tabulkách šedivými poli.

Tab. 18: Statistika teploty vnitřního vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015)

Statistické údaje t_a	Místa měření ve 3. NP (4 x 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 t_a [°C]	22,9 / 24,7	22,0 / 24,7	22,0 / 23,9	21,2 / 23,1
Medián t_a [°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

Pro referenční den v zimě byla opět provedena samostatná statistika (viz **Tab. 18**). V té době, byly umístěny v 3. NP čtyři datalogery (pro porovnání s létem je uvedeno měření t_a pouze v 3. NP). V sekci 6 byl umístěn dataloger B1 a B2 a byly zde ve vysokém procentu překračovány hodnoty teploty $t_a = 23,5$ °C. K náhledu byl vybrán graf s nejvyšší průměrnou teplotou vnitřního vzduchu, mediánem a 80% frekvencí výskytu teploty $t_a = 23,5$ °C ve 3. NP (**Obr. 66**). Zmíněné měření B1 je v **Tab. 18** vyznačeno fialovým písmem.



Obr. 66: Kumulativní frekvence (percentil) výskytu teploty vnitřního vzduchu v sekci 6 dne 17.2. 2015 v pracovní dobu (6–17 hod)

8.3.3 Relativní vlhkost vzduchu

- Měření relativní vlhkosti vzduchu rh v letním období

Pomocí dataloggerů byla uvnitř objektu současně s teplotou t_a zaznamenána i relativní vlhkost vzduchu rh . Ve všech následujících tabulkách (**Tab. 19**, **Tab. 20**,

Tab. 21, Tab. 22 a Tab. 23) jsou uvedeny statistiky relativní vlhkosti rh pro pracovní dny bez víkendů a časy pracovní doby od 6-17 hod. V tabulkách se jedná o statistiku celého měřeného období, či konkrétní referenční den (a období v létě nebo v zimě).

V letním období bylo v prostoru 3. NP umístěno 8 dataloggerů (záznam teploty t_a a vlhkosti rh). Podle EN ISO 7730 [10] se má relativní vlhkost vzduchu pohybovat v rozmezí 30–60 %. V českém nařízení vlády č. 93/2012 Sb. [30] je toto rozmezí určeno $rh = 30–70$ % jak pro zimní, tak i pro letní období. V následujících statistikách bylo použito přísnějšího kritéria z [10]. Statistiku měřené relativní vlhkosti vzduchu rh za celé měřené letní období lze nalézt v **Tab. 19**, kde jsou dataloggerů značeny následovně: A1, A2, A3, A4 a B1 – B4 (rozmístění viz **Obr. 45** v kapitole **7.2**). V tomto případě byla spodní hranice limitu rh ve všech případech mírně podkročena.

Tab. 19: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v letním období

Statistické údaje rh	Místa měření ve 3. NP (8 × N = 2223)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	7	3	9	9	5	1	5	4
Průměr rh [%]	43	40	48	45	38	39	41	44
MIN / MAX rh [%]	28 / 62	27 / 68	31 / 72	28 / 68	22 / 57	27 / 58	26 / 58	22 / 67
Medián rh [%]	42	40	49	45	38	41	41	44
Směrodatná odchylka [%]	7,8	7,6	9,2	9,9	7,1	7,3	7,3	8,5
Střední chyba průměru [%]	0,17	0,16	0,19	0,21	0,15	0,16	0,16	0,18
Frekvence překročení $rh = 60$ %, uvedeno v [%]	1	1	6	8	0	0	0	2
Frekvence podkročení $rh = 30$ %, uvedeno v [%]	2	10	0	2	16	10	7	7

Ve vybraný referenční den pro léto je v **Tab. 20** k náhledu statistika relativní vlhkosti vzduchu rh pro dataloggerů A1-A4 a B1-B4 ve 3. NP. Během tohoto dne

během pracovní doby se relativní vlhkost pohybovala v doporučeném rozmezí uváděném normou i nařízením vlády ([5], [23]).

Tab. 20: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014)

Statistické údaje <i>rh</i>	Místa měření ve 3. NP (8 × N = 132)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	7	3	9	9	5	1	5	4
Průměr <i>rh</i> [%]	50	47	56	55	44	48	48	51
MIN / MAX <i>rh</i> [°C]	48 / 52	45 / 49	54 / 58	49 / 60	35 / 47	45 / 51	46 / 50	49 / 53
Medián <i>rh</i> [%]	51	46	57	54	45	48	48	52
Směrodatná odchylka [%]	1,3	0,9	1,3	4,2	2,5	1,1	1,0	1,4
Střední chyba průměru [%]	0,11	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,09	0,12
Frekvence překročení <i>rh</i> = 60 %, uvedeno v [%]	0	0	0	0	0	0	0	0
Frekvence podkročení <i>rh</i> = 30 %, uvedeno v [%]	0	0	0	0	0	0	0	0

- Měření relativní vlhkosti vzduchu *rh* v zimním období

Měření v zimním období probíhalo ve 3. NP a částečně i ve 4. NP. Hodnoty pro 4. NP jsou vyznačeny v tabulkách šedivými poli. Tabulky jsou pro zimní měřené období (z důvodu větší přehlednosti) rozděleny do dvou částí: měření dataloggerů A1 – A4 v **Tab. 21** a pro dataloggerů B1 – B4 se jedná o **Tab. 22**. Rozmístění dataloggerů je k náhledu na **Obr. 46**, **Obr. 47** v kapitole **7.2**. Za celé měřené zimní období se hodnoty relativní vlhkosti významně (až 100 % času) pohybovaly pod min. hodnotou *rh* = 30 %. Nejméně se tak dělo v měřeném místě A3, v sekci 2 ve 4. NP, kde se hodnota pohybovala pod touto hranicí v 50 % měřených případech.

Tab. 21: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery A1 – A4 ve 3. a 4. NP

Statistické údaje <i>rh</i>	Místa měření ve 3. a 4. NP							
	28.1. -3.2.	28.1. -3.2.	28.1. -3.2.	28.1. -3.2.	17.2. -3.3.	17.2. -3.3.	17.2. -3.3.	17.2. -3.3.
	A1 3.NP	A2 3.NP	A3 3.NP	A4 3.NP	A1 4.NP	A2 4.NP	A3 4.NP	A4 4.NP
Umístění dataloggeru (č. sekce)	6	6	7	2	7	9	2	2
Průměr <i>rh</i> [%]	22	21	29	26	27	25	30	26
MIN / MAX <i>rh</i> [%]	19 / 29	18 / 26	26 / 31	24 / 28	21 / 37	20 / 42	25 / 40	21 / 36
Medián <i>rh</i> [%]	22	24	29	26	27	25	30	25
Směrodatná odchylka [%]	0,9	1,0	0,9	0,7	1,5	1,5	1,8	1,4
Střední chyba průměru [%]	0,04	0,04	0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04
Frekvence překročení <i>rh</i> = 60 %, uvedeno v [%]	0	0	0	0	0	0	0	0
Frekvence podkročení <i>rh</i> = 30 %, uvedeno v [%]	100	96	90	100	96	99	50	98

Tab. 22: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery B1 – B4 ve 3. NP a 4. NP

Statistické údaje <i>rh</i>	Místa měření ve 3. a 4. NP					
	3.2. -19.2.	3.2. -3.3.	3.2. -19.2.	3.2. -3.3.	19.2. -3.3.	19.2. -3.3.
	B1 3.NP	B2 3.NP	B3 3.NP	B4 3.NP	B1 4.NP	B3 4.NP
Umístění dataloggeru (č. sekce)	6	6	3	2	6	6
Průměr <i>rh</i> [%]	20	21	26	28	26	28
MIN / MAX <i>rh</i> [%]	13 / 30	15 / 29	22 / 45	23 / 39	22 / 31	23 / 31

Medián rh [%]	20	21	26	27	26	28
Směrodatná odchylka [%]	1,8	2,0	1,0	1,0	1,6	1,7
Střední chyba průměru [%]	0,04	0,04	0,02	0,02	0,05	0,05
Frekvence překročení $rh = 60$ %, uvedeno v [%]	0	0	0	0	0	0
Frekvence podkročení $rh = 30$ %, uvedeno v [%]	100	100	99	98	99	89

Samostatná statistika byla provedena pro referenční den v zimě (viz **Tab. 23**). V té době byly umístěny v 3. NP čtyři datalogery (pro porovnání s létem je proto uvedeno měření rh pouze v 3. NP). Na všech čtyřech měřených místech byla relativní vlhkost velmi nízká, hodnoty ani v jednom případě nedosáhly spodní hranice limitu $rh = 30$ %.

Tab. 23: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015)

Statistické údaje rh	Místa měření ve 3. NP (4 x N = 132)			
	B1	B2	B3	B4
Umístění dataloggeru (č. sekce)	6	6	3	2
Průměr rh [%]	20	20	25	27
MIN / MAX rh [%]	17 / 21	18 / 21	24 / 27	26 / 29
Medián rh [%]	20	21	26	27
Směrodatná odchylka [%]	0,7	0,5	0,5	0,7
Střední chyba průměru [%]	0,06	0,05	0,05	0,05
Frekvence překročení $rh = 60$ %, uvedeno v [%]	0	0	0	0

Frekvence podkročení $rh = 30 \%$, uvedeno v [%]	100	100	100	100
---	-----	-----	-----	-----

8.3.4 Koncentrace CO₂ (měřený faktor „IAQ“)

Koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) byla měřena na vyžádání v jednom místě ve 4. NP, kde měli zaměstnanci často pocit vydýchaného vzduchu. Čidlo CO₂ bylo nainstalováno od data 19. 2. a ponecháno do 3.3. 2015 v sekci 4 společně se sestavou stereo C (v blízkosti odtahu pro JV část budovy). Výsledná statistika pro 9 měřících dní (tj. pracovní doba bez víkendů) je k náhledu v **Tab. 24**.

Tab. 24: Statistika naměřených koncentrací CO₂

Statistické údaje pro CO ₂	Místo měření 4. NP (N=991)
Umístění čidla (č. sekce)	4
Průměr CO ₂ [ppm]	521
MIN / MAX CO ₂ [ppm]	318 / 768
Medián CO ₂ [ppm]	512
Směrodatná odchylka [ppm]	86
Střední chyba průměru [ppm]	2,7
95% interval spolehlivosti [ppm]	515–526

Z tabulky lze vidět, že v tomto místě nedocházelo k překračování maximálních limitních hodnot koncentrací CO₂ daných vyhláškou 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby [53] („...koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm“). Avšak pro podrobnější vyhodnocení, zda se tak nedělo například v jiné části prostoru, by bylo třeba dalšího měření (časově i přístrojově).

8.3.5 Subjektivní hodnocení tepelného komfortu (pocitu)

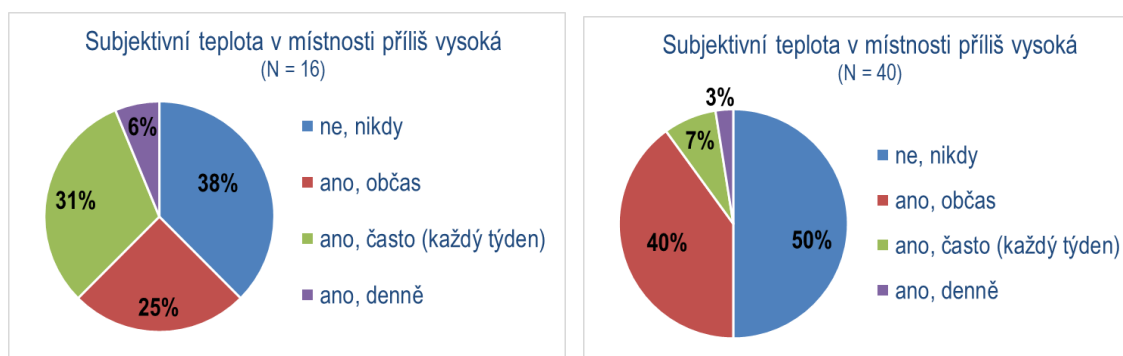
Subjektivní hodnocení tepelného komfortu a pocitu ve vztahu k mikroklimatickým podmínkám uvnitř budovy je řešeno v následujících odstavcích. Graficky a tabulkově jsou v textu uvedeny referenční dny pro léto a

zimu. Grafy pro všechny vyplněné dotazníky (celé letní a zimní období) jsou k dispozici v **Příloze C**.

8.3.5.1 Teplota v místnosti příliš vysoká/nízká

Obr. 67 prezentuje odpověď na otázku „Byl/a jste v posledním měsíci obtěžován/a „příliš vysokou“ teplotou na pracovišti?“ Hodnocena byla subjektivní pocitová teplota dotazovaného (dále jen *teplota*) během referenčních dní v létě a v zimě. Celkem 38 % dotazovaných nezaznamenalo během posledního měsíce „příliš vysokou teplotu“ (letní referenční den). U zimního referenčního dne ji nepocitovalo 50 % lidí (**Obr. 67**, vpravo). Pomocí logistické regrese byl hodnocen vztah mezi obtěžující „příliš vysokou teplotou“ v závislosti na: pohlaví, počtu osob sedících v bezprostředním okolí, aktuální teplotě vzduchu t_a^5 a aktuální výsledné teplotě kulového teploměru t_g . Výskyt pocitu „příliš vysoké teploty“ závisí tedy na počtu okolo sedících osob (OR=1,26; p=0,33), aktuální teplotě vzduchu t_a (OR=1,81; p=0,2) v létě (**Tab. 25**).

a. Subjektivní teplota příliš vysoká



Obr. 67: Subjektivní hodnocení teploty na pracovišti za poslední měsíc – „příliš vysoká teplota“. Letní ref. den – 4.9.2014 (vlevo) a zimní ref. den – 17.2.2015 (vpravo).

Tab. 25: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš vysoká teplota“ v letní referenční den

Obtěžující jev: „příliš vysoká teplota“ (závisle proměnná)			
Nezávisle proměnná	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Pohlaví (ženy N=6; muži N=10)	0,43	0,43	0,46
Počet osob sedících v okolí (N=16)	<u>1,26</u>	0,33	0,31

⁵ „Aktuální vnitřní teplota vzduchu t_a “ měřená dataloggerem v blízkosti respondenta v okamžiku vyplňování dotazníku.

Aktuální teplota vnitřního vzduchu t_a (N=15)	<u>1,81</u>	0,20	0,85
Aktuální výsledná teplota KT t_g (N=9)	1,02	0,98	0,86

Pro zimní referenční den byla pozitivní OR zjištěna v případě pohlaví (OR=2,1; $p=0,5$) a aktuální teplotě vzduchu t_a (OR=2,1; $p=0,18$) v **Tab. 26**. Zároveň ale žádný z výše posuzovaných jevů nebyl statisticky významný, i když nejbližší se tomu přiblížila aktuální teplota vzduchu t_a .

Součástí otázky na pociťovanou „příliš vysokou“ teplotu (**Obr. 67**, vlevo) bylo i zjišťování přímo od zaměstnanců, za jakých podmínek k tomuto jevu docházelo (letní referenční den). Bylo na výběr několik pravděpodobných variant, které mohli respondenti zaškrtnout nebo vyplnit svou úvahu. Nejčastěji se objevovala odpověď, že k příliš vysoké teplotě docházelo „během horkých a slunných dní“ (celkem 5x v letní referenční den), následovalo „mnoho osob sdílí Vaše pracoviště“ a to ve 4 případech a dále dva lidé napsali do poznámky, že příčinou je dle jejich názoru vypnutý ventilační systém.

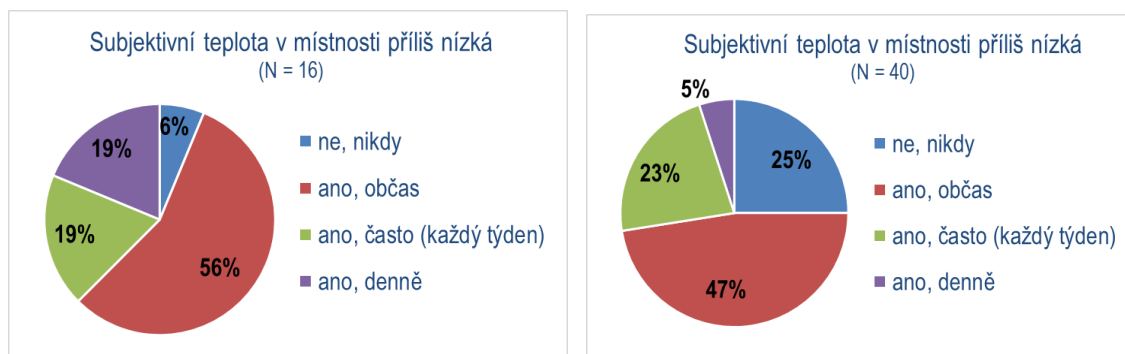
Tab. 26: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš vysoká teplota“ v zimní referenční den

Obtěžující jev: „příliš vysoká teplota“ (závisle proměnná)			
Nezávisle proměnná	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Pohlaví (ženy N=3; muži N=37)	<u>2,1</u>	0,5	2,6
Počet osob sedících v okolí (N=40)	1,02	0,7	0,08
Aktuální teplota vnitřního vzduchu t_a (N=40)	<u>2,1</u>	0,18	1,17
Aktuální výsledná teplota KT t_g (N=32)	0,7	0,52	0,4

V zimní referenční den byl podán obdobný dotaz – za jakých podmínek byla pociťována „příliš vysoká teplota“ (**Obr. 67**, vpravo). Z dotazníků opět vyšel jev s nejvyšším počtem zaškrtnutých odpovědí: „během horkých a slunných dní“. Tento názor sdílelo během referenčního dne v zimě 14 respondentů. Následovalo 6 odpovědí ohledně „zapnutého ventilačního zařízení (popř. vytápění)“. Tři lidé zaškrtnuli políčko, že jsou „sensitivní především na chladnou teplotu“. Vypsané

připomínky k tomuto bodu doplnila odpověď, že zaměstnanci pociťovali vysokou teplotu z důvodu PC stanic/serverů, které jsou v jejich bezprostředním okolí (odpověď se objevila ve 3 případech).

b. Subjektivní teplota příliš nízká



Obr. 68: Subjektivní hodnocení teploty na pracovišti za poslední měsíc – „příliš nízká teplota“. Letní ref. den – 4.9.2014 (vlevo) a zimní ref. den – 17.2.2015 (vpravo).

Obr. 68 ukazuje odpovědi na otázku „Byl/a jste v posledním měsíci obtěžován/a „příliš nízkou“ teplotou na pracovišti?“ V letní referenční den (Obr. 68, vlevo) lze vidět, že chlad pociťovalo vysoké procento lidí – zastoupeno vysokým procentem odpovědí ano, s dovětkem (až 94 % kladných odpovědí). Z toho 19 % zaměstnanců uvedlo, že cítí „příliš nízkou“ teplotu každý den. U zimního referenčního dne (Obr. 68, vpravo) ji zaznamenalo 75 % dotazovaných (vč. odpovědí ano, s dovětkem).

V dotazníku pro zimní období byla navíc otázka, za jakých podmínek pociťovali přítomní „příliš nízkou teplotu“ (Obr. 68, vpravo). Během zimního referenčního dne odpovědělo 15 respondentů, že tuto teplotu zaznamenali „během chladných až mrazivých dní“. Nejvíce odpovědí bylo zaškrtnuto v případě políčka „zapnutý ventilační systém (popř. nedostatečné vytápění)“, a to celkem v 21 případech. Ve vypsáných připomínkách si lidé stěžovali na chladný padající vzduch, dále že nejchladněji bývá v prostoru po víkendu a každý den ráno (5 odpovědí).

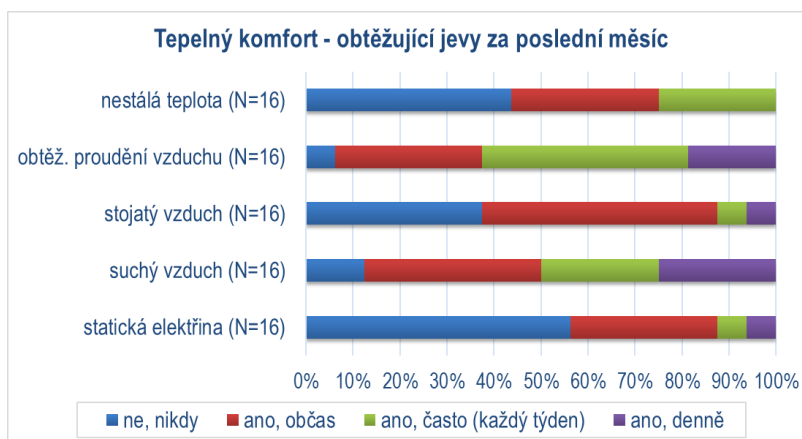
Pro jev „příliš nízké“ teploty byl taktéž zjišťovány vztahy pomocí logistické regrese. Ani v jednom případě se však (pro referenční den v létě ani zimě) vztah, mezi obtěžujícími jevy, neprokázal. Tabulky logistické regrese v tomto odstavci tedy nejsou uvedeny. Tabulky pro celé měřené období jsou naopak uvedeny v Příloze C, kde logistická regrese byla taktéž hodnocena. Tam se vztah prokázal vysokou pozitivní hodnotou OR mezi „příliš nízkou“ teplotou a pohlavím během celého

měřeného zimního období společně s hraniční signifikací (OR=4,1; p=0,06). Statisticky významná závislost se ukázala mezi „příliš nízkou“ teplotou a aktuální vnitřní teplotou t_a (OR=0,41; p=0,03) na **obrázku C-2** a v **tabulce C-4** (viz **Příloha C**).

8.3.5.2 Tepelný komfort – další obtěžující jevy

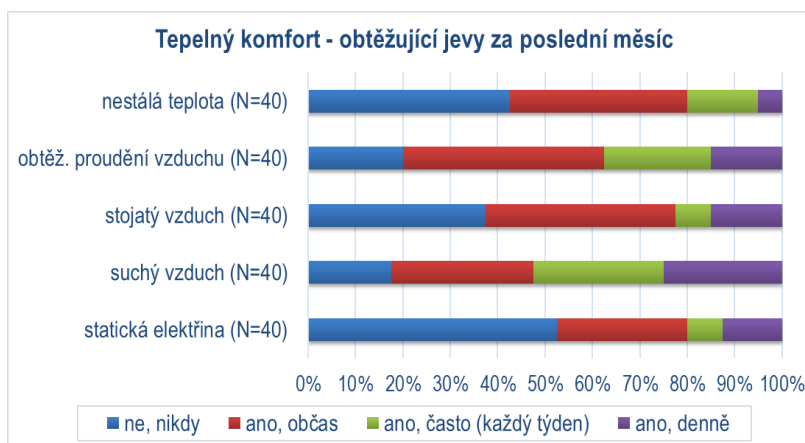
Obr. 69 a **Obr. 70** shrnuje odpovědi na otázku „Byl/a jste v posledním měsíci obtěžován/a následujícími jevy na Vašem na pracovišti?“ Hodnocena byla „nestálá teplota“ (subjektivní pocitová teplota dotazovaného – dále jen „teplota“), obtěžující proudění vzduchu, pocit „stojatého vzduchu“, suchý vzduch a statická elektřina. V letní referenční den (**Obr. 69**) zaznamenalo obtěžující proudění vzduchu alespoň jednou během měsíce 88 % respondentů (z toho denně 26 % lidí). Na suchý vzduch si stěžovalo 79 % respondentů (z toho denně 24 % lidí).

a. Letní referenční den



Obr. 69: Tepelný komfort – obtěžující jevy v posledním měsíci. Letní referenční den (4.9. 2014).

b. Zimní referenční den

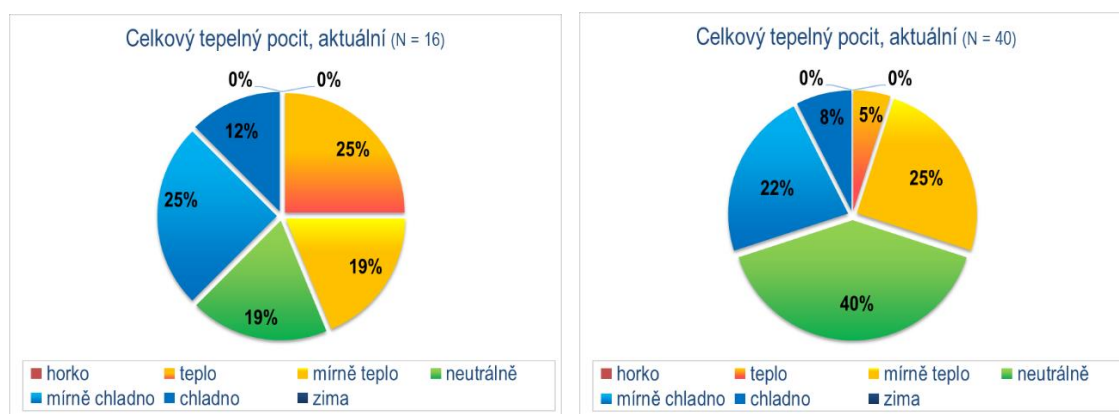


Obr. 70: Tepelný komfort – obtěžující jevy v posledním měsíci. Zimní ref. den.

Během zimního referenčního dne (**Obr. 70**) si opět nejvíce zaměstnanci stěžovali na obtěžující proudění vzduchu v 80 % případů (z toho denně v 15 %) a na suchý vzduch v 83 % případů (z toho denně v 25 % případů).

8.3.5.3 Celkový tepelný pocit

Dotazníky byl dále zjišťován „aktuální celkový tepelný pocit“, a to s použitím stupnice sedmi tepelných pocitů (viz odstavec 7.4). Odpovědi na otázku: „*Prosím, zhodnoťte Váš celkový tepelný pocit (Vašeho těla). Jak se cítíte v tento moment?*“ Odpovědi jsou znázorněny v grafech na **Obr. 71** pro referenční den v létě (vlevo) a v zimě (vpravo).



Obr. 71: Celkový tepelný pocit. Letní referenční den – 4.9.2014 (vlevo) a zimní referenční den – 17.2.2015 (vpravo).

V letní referenční den (**Obr. 71**, vlevo) zaujímal nejvyšší podíl odpovědí mírně chladný pocit s 25 % a pocit tepla taktéž s 25 %. 19 % zaměstnanců uvedlo, že se cítí neutrálně a stejný procentní podíl zaujímá pocit mírného tepla. 12 % dotazovaných bylo chladno. Na grafu lze také vidět, že zde není zastoupen extrém v podobě velmi vysoké či velmi nízké teploty.

Pro srovnání s letním stavem je uveden i graf pro aktuální celkový tepelný pocit v zimní referenční den (**Obr. 71**, vpravo). Nejvyšším podílem jsou zde zastoupeny odpovědi s neutrálním tepelným pocitem (40 %). Nejsou zde pozorovány extrémy v podobě subjektivně vnímaných velmi vysokých nebo velmi nízkých pocitových teplot. Odpovědi – mírně teplo a teplo uvedlo dohromady 30 % respondentů, stejný výsledek po součtu dává i vztahení k chladným pocitům.

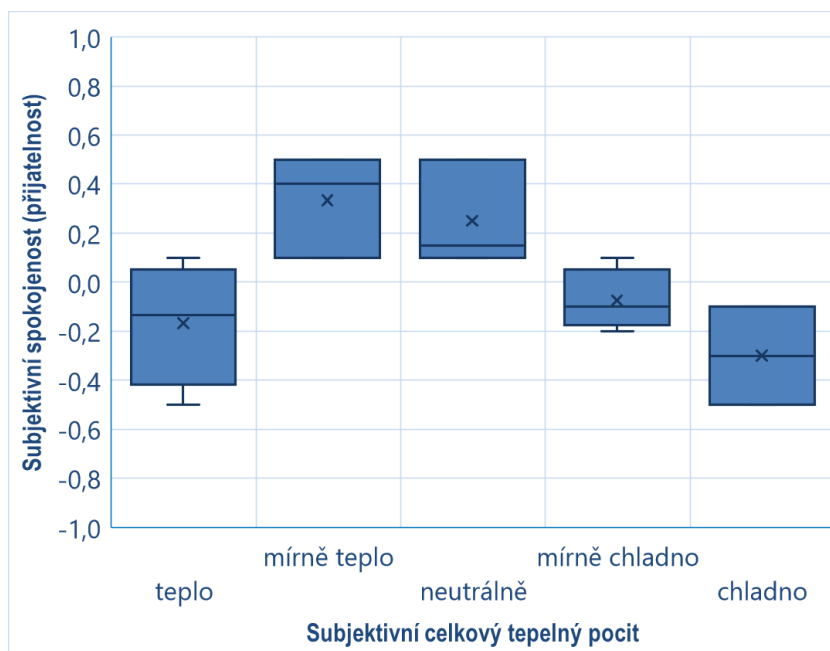
Pro letní a zimní stav byl t-testem zjišťován rozdíl průměrů celkových tepelných pocitů (CTP). V letní referenční den se tento průměr pohyboval těsně pod hranicí neutrálního pocitu (CTP = 3,8) a v zimní referenční den byl průměr

odpovědí neutrální (CTP = 4). Tento posuzovaný rozdíl nebyl statisticky významný ($p > 0,05$), k náhledu na **obrázku C-4, Příloha C**.

- **Přijatelnost subjektivního celkového tepelného pocitu**

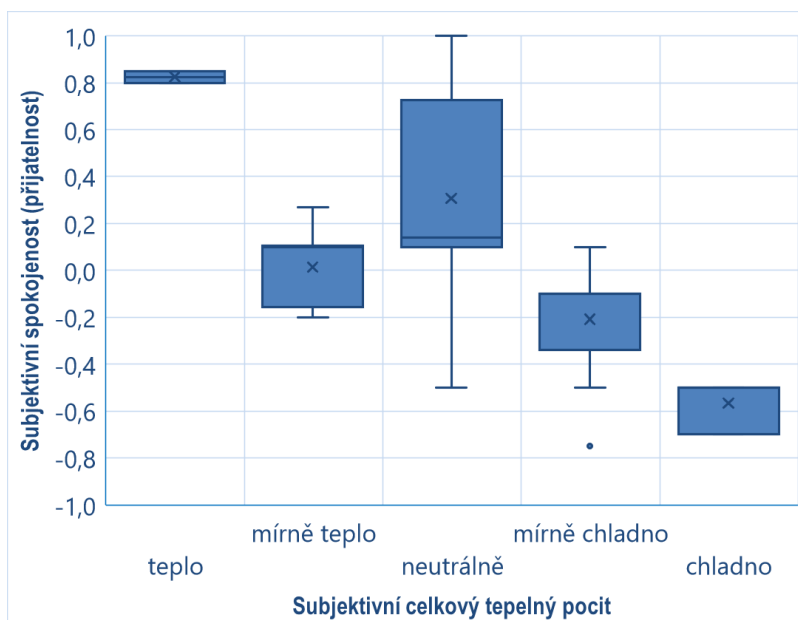
Obr. 72 a **Obr. 73** ukazují odpověď na otázku „*Jak přijatelný je pro Vás výše uvedený celkový tepelný pocit v tuto chvíli?*“ Byla tedy zjišťována subjektivní spokojenost respondentů s aktuálními tepelnými pocity (horko; teplo; mírně teplo; neutrálně; mírně chladno; chladno; zima). Dotazovaní měli svou odpověď vyznačit na stupnici, která je zobrazena na **Obr. 48**. Výsledek odpovědí je zobrazen pomocí krabicového grafu (vysvětlení viz odstavec 7.4, **Obr. 49**).

a. *Letní referenční den*



Obr. 72: Přijatelnost celkového tepelného pocitu v letní referenční den

b. Zimní referenční den



Obr. 73: Přijatelnost celkového tepelného pocitu v zimní referenční den

Na základě rozložení výsledných hodnot přijatelnosti lze z grafu (Obr. 72) vyčíst, že nejméně přijatelné byly pocity „teplo“ a „chladno“. Např.: pro hodnoty krabicového grafu „teplo“ jsou (zaokrouhlené) hodnoty horního kvartilu $Q_{25} = 0,1$ a dolního kvartilu $Q_{75} = -0,4$. Medián $Q_{50} = -0,1$ (odpovídá hodnotě „trochu nepřijatelný“) a aritmetický průměr je roven přibližně hodnotě $-0,2$. Statistický rozdíl na hranici významnosti byl v tomto případě nalezen mezi skupinami pocitů „mírně teplo“ a „chladno“ (test ANOVA, $p=0,072$). Dále zamítáme nulovou hypotézu, že pozorované hodnoty pocházejí z rozdělení se stejnou střední hodnotou, neboť v tomto případě platí, že $p < 0,05$ (tj. $0,0196 < 0,05$).

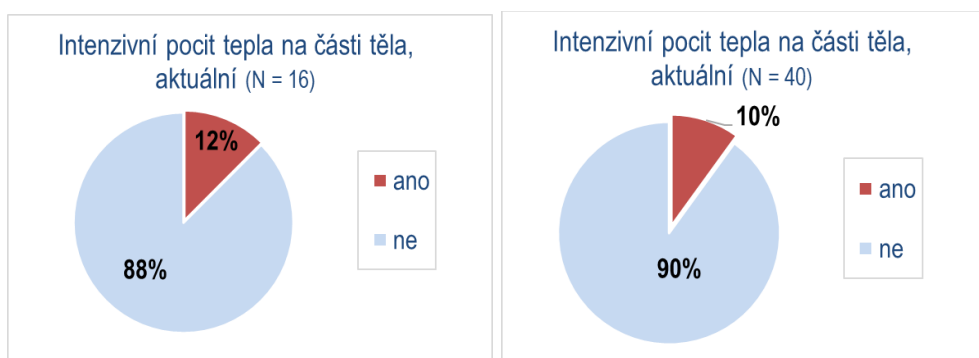
Přijatelnost celkového tepelného pocitu byla hodnocena i pro zimní referenční den. Výsledky jsou k náhledu na Obr. 73. Nejméně byli respondenti spokojeni s pocitem „chladno“ (vyznačeným na stupnici). Nejvíce přijatelné (až vítané) pro ně byly pocity „teplo“ a taktéž „neutrální“ tepelný pocit.

Celkově se toto srovnání středních hodnot ukázalo jako statisticky významné neboť vyšla hodnota $p < 0,05$ (tj. $0,000 < 0,05$). Významné statistické rozdíly byly nalezeny u srovnávaných pocitů „teplo“ a „mírně chladno“ ($p=0,021$), „teplo“ ku „chladno“ ($p=0,000$), „neutrálně“ ku „mírně chladno“ ($p=0,004$), „neutrálně“ ku „chladno“ ($p=0,001$), a hraniční významnost u pocitů „mírně teplo“ a „chladno“ ($p=0,08$).

8.3.5.4 Lokální tepelný pocit

Pro další účely výzkumu byl zjišťován lokální tepelný pocit respondentů. Obr. 74 shrnuje odpovědi na otázku „Cítíte nyní intenzivní pocit tepla na některé z částí Vašeho těla?“ Otázka byla opět vyhodnocena v tomto odstavci pro referenční dny. V danou chvíli na svém těle pociťovalo intenzivní pocit tepla 12 % (viz Obr. 74, vlevo) a v zimní referenční den byly výsledky pro tuto otázku obdobné – intenzivní pocit tepla zaznamenalo 10 % respondentů (Obr. 74, vpravo).

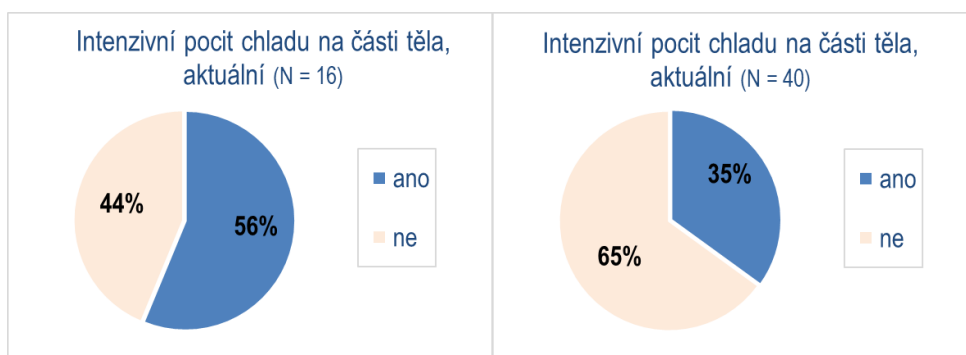
a. Intenzivní pocit tepla na části těla



Obr. 74: Aktuální tepelný diskomfort (teplo) na části těla respondenta. Letní referenční den (vlevo) a zimní referenční den (vpravo).

Prostřednictvím předešlé otázky bylo taktéž zjišťováno (v případě kladné odpovědi), na jakých částech těla konkrétně respondenti intenzivní teplo pociťovali. Nejčastější odpověď byla: v oblasti hlavy či trupu.

b. Intenzivní pocit chladu na části těla



Obr. 75: Aktuální tepelný diskomfort (chlad) na části těla respondenta. Letní referenční den (vlevo) a zimní referenční den (vpravo).

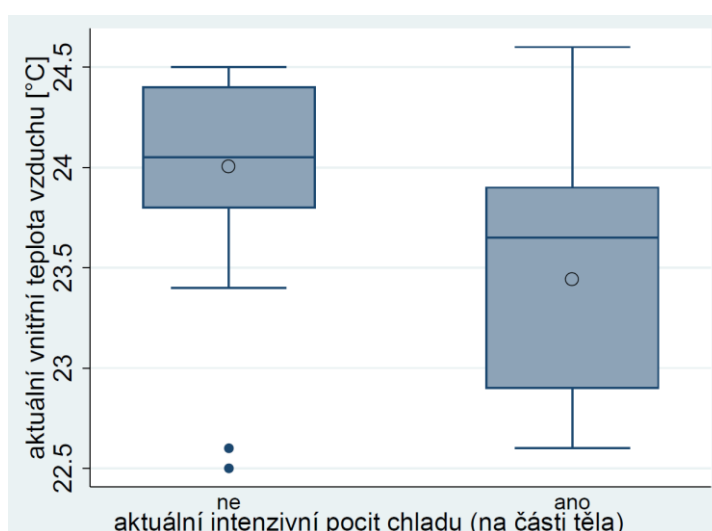
Další položená otázka ohledně lokálního tepelného pocitu zněla: „Cítíte nyní intenzivní pocit chladu na některé z částí Vašeho těla?“ Intenzivní pocit chladu na některé z částí těla zaznamenalo 56 % dotazovaných (Obr. 75, vlevo). Což je vzhledem k tomu, že se jedná o letní období, poměrně vysoké číslo kladných

odpovědí. Zaměstnanci dále vyplňovali, o jaké části těla se jedná. Mezi odpověďmi zaznívala nejčastěji oblast hlavy, ramen, zátylku a chodidel. Aktuální intenzivní pocit chladu na části těla v zimní referenční den zaznamenalo 35 % dotazovaných (viz **Obr. 75**, vpravo). Tento pocit chladu vnímali nejčastěji v oblasti hlavy, ramen, krku a občas i chodidel.

Vzhledem k výsledkům v grafech na **Obr. 75** byl zjišťován rozdíl průměrů (v tomto případě mediánů) aktuálních teplot vnitřního vzduchu t_a v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu chladu (na části těla).



Obr. 76: Porovnání aktuální vnitřní teploty vzduchu v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu na části těla. Letní ref. den. (N=16)



Obr. 77: Porovnání aktuální vnitřní teploty vzduchu v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu na části těla. Zimní ref. den. (N=40)

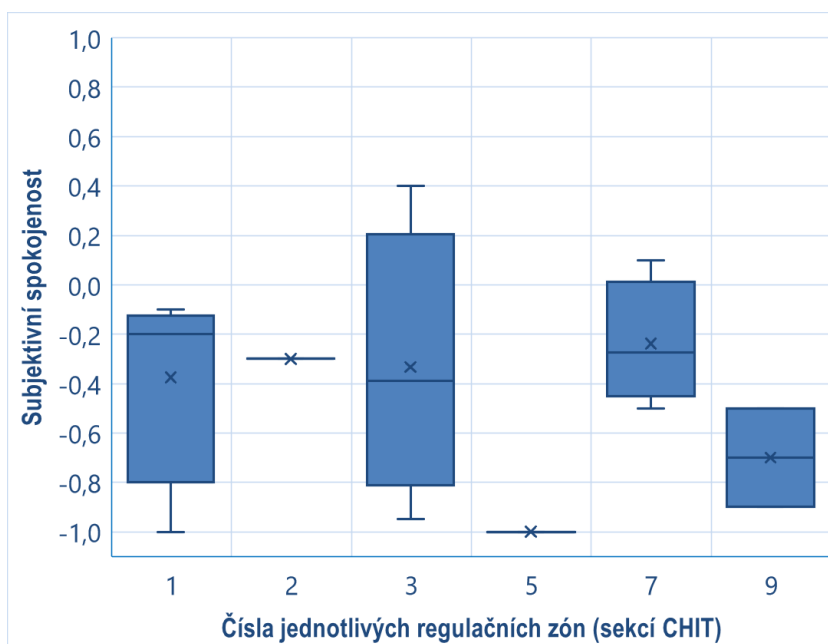
I přesto že **Obr. 76** pro letní referenční den ukazuje patrný rozdíl při odpovědích respondentů (nižší vnitřní teplota vzduchu evokovala odpovídat respondenty

kladně), tak rozdíl nebyl v tomto případě signifikantní ($p=0,244$; Wilcoxon rank-sum test). Pro zimní referenční den (**Obr. 77**) byl rozdíl odpovědí v závislosti na vnitřní teplotě vzduchu signifikantní – tzn. statisticky významný ($p=0,031$; Wilcoxon rank-sum test). Kolečko v boxových grafech značí aritmetický průměr hodnot.

8.3.5.5 Spokojenost s podmínkami vnitřního prostředí

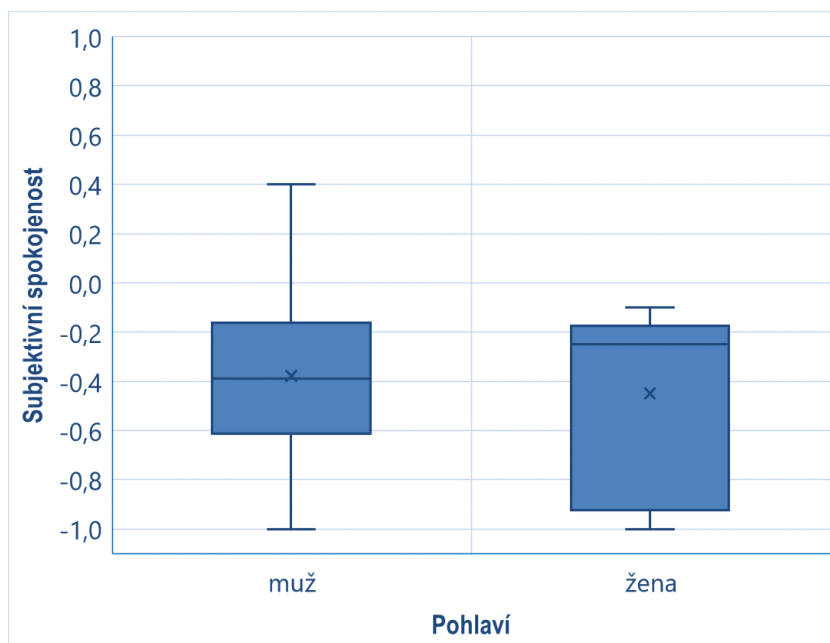
Dále byla v subjektivním hodnocení zjišťována spokojenost dotazovaných osob ve vnitřním prostředí kanceláře (dále jen VP) v jednotlivých regulačních zónách CHIT (v sekcích). Číselné rozdělení sekcí je k náhledu v odstavci 7.3. V letní referenční den odpovídali respondenti na otázku ze sekcí č. 1, 2, 3, 5 a 7. Z toho v sekci 2 a 5 byla od respondentů vyplněna pouze jedna odpověď. Položená otázka o spokojenosti pracovníků zněla: „*Jak jste spokojeni s podmínkami vnitřního prostředí během práce na vašem pracovišti/v kanceláři?*“ Odpověď měli dotazovaní vyznačit na stupnici „spokojenosti“ (viz **Obr. 48**), kde hodnota „-1“ odpovídá pocitu „výhradně nespokojen“ a hodnota „+1“ odpovídá „výhradně spokojen“.

a. Letní referenční den



Obr. 78: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v jednotlivých sekcích CHIT. Letní referenční den (N=16).

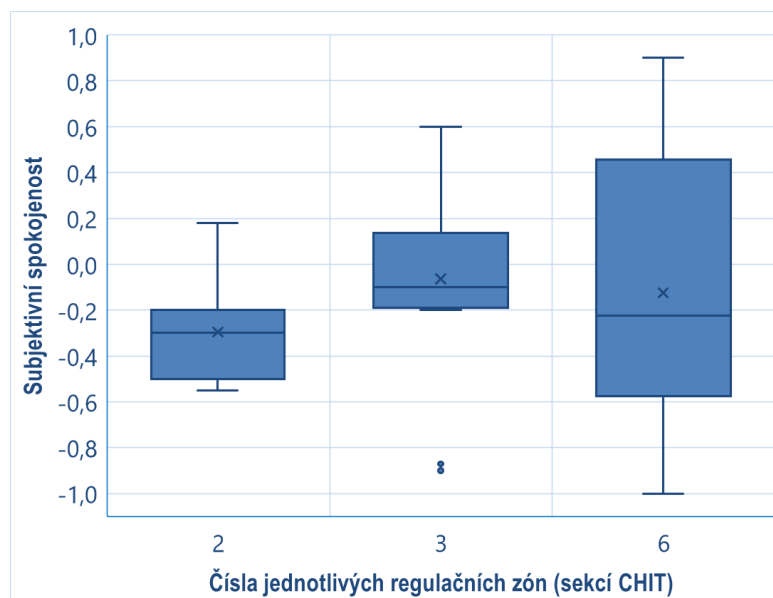
Nejméně spokojeni byli respondenti dle náhledu na **Obr. 78** v sekci 9. Obecně byli dotazováni spíše mírně až výhradně nespokojeni s vnitřním prostředím (odpovědi v letní referenční den). Nebyl zde nalezen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými sekcemi CHIT ohledně subjektivní spokojenosti (test ANOVA, $p=0,582$). Sekce 2 a 5 nebyla statisticky hodnocena společně s ostatními daty kvůli nedostatečnému vzorku odpovědí.



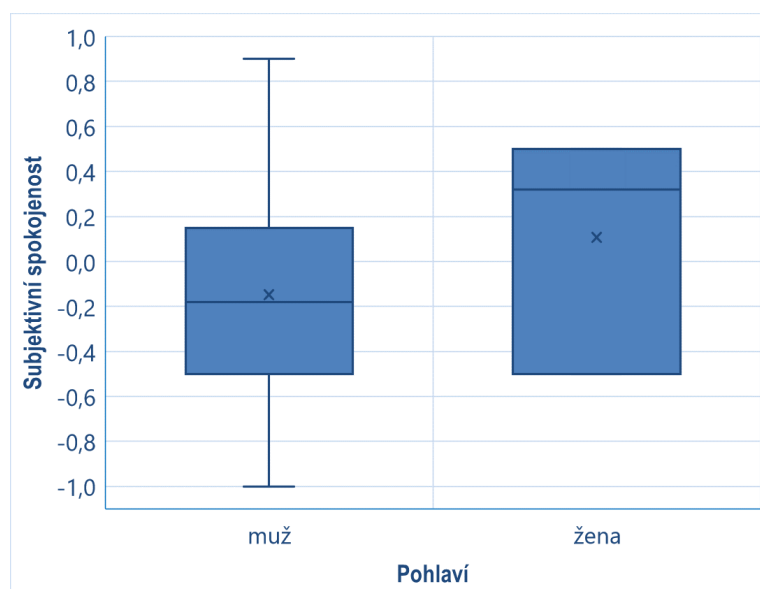
Obr. 79: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v závislosti na pohlaví. Letní referenční den (N=16).

Subjektivní spokojenost byla dále porovnána v závislosti na pohlaví (**Obr. 79**). Dle grafu byly s vnitřním prostředím na pracovišti se zdají více nespokojené ženy. Statisticky významný rozdíl mezi muži a ženami v letní referenční den však nebyl nalezen ($p > 0,05$; t-test). V závislosti na tom můžeme říci, že ženy a muži byli v letní referenční den podobně nespokojeni s podmínkami VP na pracovišti.

b. Zimní referenční den



Obr. 80: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v jednotlivých sekcích CHIT. Zimní referenční den (N=40).



Obr. 81: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v závislosti na pohlaví. Zimní referenční den (N=40).

Pro zimní referenční den byly dotazníky vyplněny v sekcích č. 2, 3 a 6. Spokojenost osob s podmínkami VP na pracovišti se v těchto sekcích pohybovala v odpovědích víceméně jako neutrální (největší oblast hodnot v okolí odpovědí „trochu nespokojen“ a „trochu spokojen“) viz **Obr. 80**. Mezi výše jmenovanými sekcemi CHIT nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v odpovědích subjektivní spokojenosti (test ANOVA, $p=0,54$).

Na **Obr. 81** byla opět zjišťován vztah subjektivního hodnocení podmínek VP v závislosti na pohlaví. Statisticky významný rozdíl mezi pohlavími nebyl nalezen ($p > 0,05$; t-test). Avšak u tohoto grafu může výsledek zkreslovat počet odpovědí – u žen: 3 odpovědi a mužů: 37 odpovědí. Tudíž nelze jednoznačně říci, že ženy byly při pohledu na graf „spokojenější s podmínkami VP“ než muži nebo byly podobně (ne)spokojené jako muži dle statistického výsledku.

8.4 Hodnocení měření se stereotploměrem

8.4.1 Objektivní měření – sestava se stereotploměrem

Jak již bylo dříve zmíněno, společně se stereotploměrem (měření teplot t_{stereo} a t_g), bylo v sestavě přidruženo čidlo pro měření teploty vnitřního vzduchu t_a' , relativní vlhkosti rh' a rychlosti proudění vzduchu v_a (pro odlišení od předchozích hodnot měřených dataloggerem jsou teplota vnitřního vzduchu a relativní vlhkost vzduchu značeny veličinou s apostrofem – t_a' a rh'). V následujících odstavcích budou tyto veličiny popsány základní statistikou.

8.4.1.1 Vnitřní teplota vzduchu

- Měření vnitřní teploty vzduchu t_a' v letním období

Objektivní měření vnitřní teploty vzduchu t_a' bylo zaznamenáno prostřednictvím čidla, které bylo součástí obou sestav stereotploměrů. Ve všech následujících tabulkách (**Tab. 27**, **Tab. 28**, **Tab. 29** a **Tab. 30**), jsou uvedeny statistiky teploty t_a' pro pracovní dny bez víkendů. Časy pracovní doby jsou hodnoceny v rozmezí 6-17 hod. Liší se mezi sebou tím, že se jedná buď o statistiku celého měřeného období, nebo o konkrétní referenční den (dále samozřejmě i rozdělení na měření v letním a zimním období).

V letním období byly v prostoru 3. NP dvě sestavy se stereotploměrem (STEREO C a STEREO S), které byly během letního období jednou přeneseny do jiné sekce (rozmístění sestav viz **Obr. 45** v kapitole **7.2**). Statistiku naměřené teploty vnitřního vzduchu t_a' za celé měřené letní období lze nalézt v **Tab. 27**, kde sestava STEREO C byla umístěna nejprve v sekci 7 a dne 26.8. 2014 přenesena do sekce 1. Sestava STEREO S byla v toto období nejprve v sekci 3 a na konci pracovního dne 4.9. 2014 přenesena do sekce 2, kde byla umístěna do 11.9.

2014. Statistika v této tabulce ukazuje, že ve všech případech došlo k podkročení $t_a' = 23,5 \text{ °C}$. U měření se STEREO S v sekci 3 tak došlo v 50 % případů.

Tab. 27: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v letním období – „stereo sestava“

Statistické údaje t_a'	Místa měření ve 3. NP			
	19.8. - 26.8.	26.8. - 11.9.	19.8. - 4.9.	4.9. - 11.9.
	STEREO C (N=423)	STEREO C (N=1572)	STEREO S (N=1606)	STEREO S (N=604)
Umístění sestavy (č. sekce)	7	1	3	2
Průměr t_a' [°C]	23,87	24,50	23,46	23,95
MIN / MAX t_a' [°C]	22,1 / 25,1	21,8 / 26,4	20,7 / 25,5	21,9 / 25,2
Medián t_a' [°C]	23,9	24,6	23,5	24,0
Směrodatná odchylka [°C]	0,732	0,862	1,0	0,672
Střední chyba průměru [°C]	0,035	0,021	0,025	0,027
95% interval spolehlivosti [°C]	23,80 - 23,94	24,46 - 24,55	23,41 - 23,50	23,9 - 24,0
25% percentil [°C]	23,4	24,1	22,8	23,7
75% percentil [°C]	24,5	25,1	24,2	24,4
Frekvence překročení $t_a' = 26 \text{ °C}$, uvedeno v [%]	0	3	0	0
Frekvence podkročení $t_a' = 23,5 \text{ °C}$, uvedeno v [%]	30	14	50	22

V **Tab. 28** je k náhledu statistika teploty vnitřního vzduchu t_a' sestavy STEREO C a S ve vybraný referenční den v létě. Hodnoty podkročení teploty $t_a' = 23,5 \text{ °C}$ byly v sekci 1 zaznamenány v 12 % případů a v sekci 3 v 27 % případů. Teplota $t_a' = 26 \text{ °C}$ nebyla prakticky překročena.

Tab. 28: Statistika teploty vnitřního vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“

Statistické údaje t_a'	Místa měření ve 3. NP (4.9. 2014)	
	STEREO C (N=132)	STEREO S (N=115)
Umístění sestavy (č. sekce)	1	3
Průměr t_a' [°C]	25,1	24,16
MIN / MAX t_a' [°C]	22,5 / 26,2	21,6 / 25,5
Medián t_a' [°C]	25,4	24,7
Směrodatná odchylka [°C]	0,938	1,186
Střední chyba průměru [°C]	0,081	0,11
25% percentil [°C]	24,7	23,3
75% percentil [°C]	25,8	25,1
Frekvence překročení $t_a' = 26$ °C, uvedeno v [%]	1	0
Frekvence podkročení $t_a' = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	12	27

- Měření vnitřní teploty vzduchu t_a' v zimním období

Měření vnitřní teploty vzduchu t_a' v zimním období probíhalo ve 3. NP a částečně i ve 4. NP (rozmístění sestav viz **Obr. 46**, **Obr. 47** v kapitole **7.2**). Tabulka **Tab. 29** je pro větší přehlednost barevně rozlišena – po přenesení sestav do 4. NP jsou sloupce vyznačené šedou barvou. Během celého měřeného zimního období došlo opět, ve všech měřených případech, k překračování hodnoty $t_a' = 23,5$ °C. Nejvíce se tak dělo v sekci 6 ve 3. NP, a to v 86 % případů. Ve 4. NP docházelo také k překračování této hranice a MAX teplota v některých případech dosahovala až k 27,8 °C (4. NP, sekce 4).

Tab. 29: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v zimním období ve 3. a 4. NP – „stereo sestava“

Statistické údaje t_a'	Místa měření ve 3. a 4. NP			
	28.1. - 19.2.	19.2. - 3.3.	28.1. - 19.2.	19.2. - 3.3.
	STEREO C 3.NP (N=2154)	STEREO C 4. NP (N=991)	STEREO S 3. NP (N=2108)	STEREO S 4. NP (N=990)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	4	3	1
Průměr t_a' [°C]	24,28	23,64	23,01	23,70
MIN / MAX t_a' [°C]	21,7 / 25,4	21,4 / 27,8	21,3 / 24,8	21,3 / 24,8
Medián t_a' [°C]	24,5	23,8	23,0	24,0
Směrodatná odchylka [°C]	0,650	0,908	0,649	0,807
Střední chyba průměru [°C]	0,014	0,029	0,014	0,025
95% interval spolehlivosti [°C]	24,25 - 24,31	23,59 - 23,70	22,99 - 23,04	23,65 - 23,7
25% percentil [°C]	23,9	23,0	22,5	23,2
75% percentil [°C]	24,7	24,2	23,4	24,3
Frekvence překročení $t_a' = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	86	63	22	68
Frekvence podkročení $t_a' = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0	0	0

Samostatná statistika byla provedena taktéž pro referenční den v zimě, kdy obě sestavy se stereoteploměry byly ve 3. NP. V **Tab. 30** je vidět rozdíl v měření během tohoto dne v sekci 6 (sestava STEREO C), kde se průměrná teplota t_a' pohybovala kolem 24,3 °C a limitní hodnota $t_a' = 23,5$ °C byla překročena v 86 % případech. Oproti sekci 3, kde na měřicím místě (STEREO S) nedošlo k překročení ani podkročení požadované teploty vůbec.

Tab. 30: Statistika teploty vnitřního vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015) – „stereo sestava“

Statistické údaje	Místa měření ve 3. NP (17.2. 2015)	
	STEREO C (N=133)	STEREO S (N=130)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	3
Průměr t_a' [°C]	24,25	22,95
MIN / MAX t_a' [°C]	22,8 / 24,8	21,9 / 23,5
Medián t_a' [°C]	24,4	23,1
Směrodatná odchylka [°C]	0,543	0,373
Střední chyba průměru [°C]	0,047	0,033
25% percentil [°C]	24,4	22,7
75% percentil [°C]	24,0	23,2
Frekvence překročení $t_a' = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	86	0
Frekvence podkročení $t_a' = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0

8.4.1.2 Relativní vlhkost vzduchu

- Měření relativní vlhkosti vzduchu rh' v letním období

Společně s teplotou t_a' byla čidlem zaznamenána i relativní vlhkost vzduchu rh' . Ve všech následujících tabulkách (**Tab. 31**, **Tab. 32**, **Tab. 33** a **Tab. 34**) jsou uvedeny statistiky relativní vlhkosti rh' pro pracovní dny bez víkendů. Časy pracovní doby jsou hodnoceny v časovém rozmezí 6-17 hod. Tabulky jsou pro celé měřené období nebo konkrétní referenční den (dále samozřejmě i rozdělení na měření v letním i zimním období).

V letním období bylo měřeno ve 3. NP se dvěma sestavami STEREO, jejichž součástí bylo i čidlo pro měření rh' . Z tabulky (**Tab. 31**) vyplývá, že během celé

měřené pracovní doby nevznikaly problémy s překračováním nebo podkročením limitů relativní vlhkosti v rozmezí uváděném normou či nařízením vlády ([10], [30]). Stejně tak to platí o letním referenčním dni, kde se hodnoty rh' plně pohybovaly v požadovaném rozmezí (**Tab. 32**).

Tab. 31: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v letním období – „stereo sestava“

Statistické údaje rh'	Místa měření ve 3. NP			
	19.8. - 26.8.	26.8. - 11.9.	19.8. - 4.9.	4.9. - 11.9.
	STEREO C (N=423)	STEREO C (N=1572)	STEREO S (N=1606)	STEREO S (N=604)
Umístění sestavy (č. sekce)	7	1	3	2
Průměr rh' [%]	35	46	45	53
MIN / MAX rh' [%]	30 / 43	33 / 62	33 / 60	44 / 67
Medián rh' [%]	36	46	43	55
Směrodatná odchylka [%]	2,5	6,3	7,6	6,0
Střední chyba průměru [%]	0,12	0,16	0,19	0,24
Frekvence překročení $rh' = 60$ %, uvedeno v [%]	0	3	0	0
Frekvence podkročení $rh' = 30$ %, uvedeno v [%]	0	0	0	8

Tab. 32: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“

Statistické údaje rh'	Místa měření ve 3. NP (4.9. 2014)	
	STEREO C (N=132)	STEREO S (N=115)
Umístění sestavy (č. sekce)	1	3
Průměr rh' [°C]	48	53

MIN / MAX rh' [°C]	42 / 52	52 / 54
Medián rh' [°C]	48	53
Směrodatná odchylka [°C]	2,7	0,6
Střední chyba průměru [°C]	0,23	0,05
Frekvence překročení $rh' = 60$ %, uvedeno v [%]	0	0
Frekvence podkročení $rh' = 30$ %, uvedeno v [%]	0	0

- Měření relativní vlhkosti vzduchu rh' v zimním období

Během zimního měření bylo oběma sestavami měřeno ve 3. NP a posléze byly přeneseny do 4. NP. Označení šedivými poli v **Tab. 33** byl vyznačen rozdíl mezi jednotlivými patry. V této tabulce můžeme vidět, že v prostoru byly problémy s velmi nízkou relativní vlhkostí během zimního období. Nejvýrazněji se to projevilo v sekci 6, 3. NP, kde byla min. hodnota $rh = 30$ % podkročena ve 100 % měřených případech (a dále v sekci 4 ve 4. NP v 94 % případů). Obdobné hodnoty v těchto sekcích byly zaznamenány také pomocí dataloggerů, jak již bylo dříve uvedeno (viz odstavec **8.3.3**).

Tab. 33: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v zimním období – „stereo sestava“

Statistické údaje rh'	Místa měření ve 3. a 4. NP			
	28.1. - 19.2.	19.2. - 3.3.	28.1. - 19.2.	19.2. - 3.3.
	STEREO C 3.NP (N=2154)	STEREO C 4. NP (N=991)	STEREO S 3. NP (N=2108)	STEREO S 4. NP (N=990)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	4	3	1
Průměr rh' [%]	23	28	30	30
MIN / MAX rh' [%]	18 / 26	22 / 33	27 / 32	26 / 35
Medián rh' [%]	24	28	30	30

Směrodatná odchylka [%]	1,564	1,606	0,813	1,428
Střední chyba průměru [%]	0,033	0,051	0,017	0,045
Frekvence překročení $rh' = 60 \%$, uvedeno v [%]	0	0	0	0
Frekvence podkročení $rh' = 30 \%$, uvedeno v [%]	100	94	41	64

Samostatná statistika byla provedena taktéž pro referenční den v zimě (**Tab. 34**). V té době byly obě sestavy STEREO umístěny ve 3. NP a relativní vlhkost rh' v sekci 6 nedosáhla vůbec spodní hranice limitu $rh' = 30 \%$ (maximální naměřená relativní vlhkost vzduchu v tento den a této sekci byla $rh' = 24 \%$). V sekci 3 byly hodnoty relativní vlhkosti příznivější a spodní limit byl podkročen jen v 27 % případů.

Tab. 34: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015) – „stereo sestava“

Statistické údaje rh'	Místa měření ve 3. NP (17.2. 2015)	
	STEREO C (N=133)	STEREO S (N=130)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	3
Průměr rh' [°C]	23	30
MIN / MAX rh' [°C]	21 / 24	28 / 31
Medián rh' [°C]	23	30
Směrodatná odchylka [°C]	0,5	0,5
Střední chyba průměru [°C]	0,05	0,04
Frekvence překročení $rh' = 60 \%$, uvedeno v [%]	0	0

Frekvence podkročení $rh' = 30\%$, uvedeno v [%]	100	27
---	-----	----

8.4.1.3 Rychlost proudění vzduchu

- Měření rychlosti proudění vzduchu v_a v letním období

Společně se stereoteploměrem se v sestavách nacházela i anemometrická všesměrová sonda pro měření rychlosti proudění vzduchu v_a . Jelikož byla k dispozici na celé měření pouze dvě čidla, bylo jimi měřeno jen ve výšce hlavy sedící osoby cca 1,1 m nad podlahou, kde se očekávalo i největší obtěžování proudícím vzduchem.

Rozmezí, ve kterém je nutno rychlost proudění vzduchu udržovat, je udáván nařízením vlády č. 93/2012 Sb. [30], a jeho hodnota je $v_a = 0,05 - 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Jak ukazuje následující statistika měření v letním období ve všech měřených sekcích (viz **Tab. 35**), prakticky nedocházelo k překračování max. limitu $v_a = 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Oproti tomu došlo v cca 30 % všech měřených případech k podkročení minimální hodnoty proudění vzduchu $v_a = 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tato hodnota má při řízeném větrání zaručovat alespoň minimální proudění vzduchu, aby se předcházelo pocitu „vydýchaného a stojatého vzduchu“ v prostoru [54].

Tab. 35: Statistika rychlosti proudění vzduchu během celého měření v letním období – „stereo sestava“

Statistické údaje v_a	Místa měření ve 3. NP			
	19.8. - 26.8.	26.8. - 11.9.	19.8. - 4.9.	4.9. - 11.9.
	STEREO C (N=413)	STEREO C (N=1561)	STEREO S (N=1606)	STEREO S (N=604)
Umístění sestavy (č. sekce)	7	1	3	2
Průměr v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,07	0,09	0,08	0,08
MIN / MAX v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0 / 0,54	0 / 0,37	0 / 0,27	0 / 0,43
Medián v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,06	0,09	0,07	0,08
Směrodatná odchylka [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,05	0,05	0,04	0,04

Střední chyba průměru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,002	0,001	0,001	0,002
Frekvence překročení $v_a = 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, uvedeno v [%]	1	3	1	1
Frekvence podkročení $v_a = 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, uvedeno v [%]	34	24	29	23

Měření v letní referenční den ukázalo, že nebyla překračována max. hodnota rozmezí pro proudění rychlosti vzduchu v sekci 1 a 3 (**Tab. 36**). Podkročení min. hodnoty $v_a = 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ došlo v sekci 1 v 22 % případů a v sekci 3 v 18 % případů.

Tab. 36: Statistika rychlosti proudění vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“

Statistické údaje v_a	Místa měření ve 3. NP (4.9. 2014)	
	STEREO C (N=132)	STEREO S (N=115)
Umístění sestavy (č. sekce)	1	3
Průměr v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,09	0,09
MIN / MAX v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0 / 0,27	0 / 0,19
Medián v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,09	0,09
Směrodatná odchylka [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,046	0,039
Střední chyba průměru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	0,004	0,004
Frekvence překročení $v_a = 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, uvedeno v [%]	1	0
Frekvence podkročení $v_a = 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, uvedeno v [%]	22	18

- Měření rychlosti proudění vzduchu v_a v zimním období

Během zimního měření byly hodnoty pro proudění vzduchu zaznamenány nejdříve ve 3. NP a poté byly STEREO sestavy přemístěny do 4. NP (šedivá pole

v tabulce). Jak lze vidět v **Tab. 37**, tak opět nebyly překračovány max. hodnoty v_a dané nařízením vlády [30]. Avšak došlo opět k podkročení min. hodnoty v_a ve všech měřených sekcích (průměrně v 40 % případů). Samostatná statistika byla provedena taktéž pro referenční den v zimě ve 3. NP viz **Tab. 38.**, kde došlo k podkročení min. hodnoty $v_a = 0,05 \text{ m.s}^{-1}$, a to sekci 6 v 32 % případů a v sekci 3 v 42 % případů.

Tab. 37: Statistika rychlosti proudění vzduchu během celého měření v zimním období - „stereo sestava“

Statistické údaje v_a	Místa měření ve 3. a 4. NP			
	28.1. - 19.2.	19.2. - 2.3.	28.1. - 19.2.	19.2. - 3.3.
	STEREO C 3.NP (N=2154)	STEREO C 4. NP (N=773)	STEREO S 3. NP (N=2108)	STEREO S 4. NP (N=990)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	4	3	1
Průměr v_a [m.s^{-1}]	0,06	0,07	0,06	0,07
MIN / MAX v_a [m.s^{-1}]	0 / 0,23	0,01 / 0,5	0 / 0,38	0 / 0,35
Medián v_a [m.s^{-1}]	0,06	0,07	0,05	0,07
Směrodatná odchylka [m.s^{-1}]	0,04	0,04	0,03	0,04
Střední chyba průměru [m.s^{-1}]	0,001	0,002	0,001	0,1
Frekvence překročení $v_a = 0,2 \text{ m.s}^{-1}$, uvedeno v [%]	0,5	0,5	0,4	0,5
Frekvence podkročení $v_a = 0,05 \text{ m.s}^{-1}$, uvedeno v [%]	43	36	47	32

Tab. 38: Statistika rychlosti proudění vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015) – „stereo sestava“

Statistické údaje v_a	Místa měření ve 3. NP (17.2. 2015)	
	STEREO C (N=133)	STEREO S (N=130)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	3

Průměr v_a [m.s ⁻¹]	0,07	0,06
MIN / MAX v_a [m.s ⁻¹]	0 / 0,15	0 / 0,4
Medián v_a [m.s ⁻¹]	0,07	0,06
Směrodatná odchylka [m.s ⁻¹]	0,04	0,04
Střední chyba průměru [m.s ⁻¹]	0,003	0,004
Frekvence překročení $v_a = 0,2$ m.s ⁻¹ , uvedeno v [%]	0	0,7
Frekvence podkročení $v_a = 0,05$ m.s ⁻¹ , uvedeno v [%]	32	42

Je třeba ještě k měření v_a dodat, že jelikož nebyla prakticky během celého měření významně překračována max. hodnota rychlosti proudění vzduchu $v_a = 0,2$ m.s⁻¹, tak lze pro hodnocení v této práci, jinak obvykle používanou operativní teplotu t_o , nahradit výslednou teplotou kulového teploměru t_g [39].

8.4.1.4 Výsledná teplota kulového teploměru

- Měření výsledné teploty KT t_g v letním období

Objektivní měření výsledné teploty kulového teploměru t_g bylo zaznamenáno prostřednictvím kulového stereoteploměru ve výšce hlavy sedící osoby. Hodnoty t_g byly vypočteny z průměrů naměřených stereoteplot $t_{\text{stereo},1-6}$. Ve všech následujících tabulkách (**Tab. 39**, **Tab. 40**, **Tab. 41** a **Tab. 42**), jsou uvedeny statistiky výsledné teploty KT t_g pro pracovní dny bez víkendů. Časy pracovní doby jsou hodnoceny v rozmezí 6-17 hod. Liší se mezi sebou tím, že se jedná buď o statistiku celého měřeného období, nebo o konkrétní referenční den (dále samozřejmě i rozdělení na měření v letním a zimním období).

V letním období byly v prostoru 3. NP dvě sestavy se stereoteploměrem (STEREO C a STEREO S), které byly během letního období jednou přeneseny do jiné sekce ve stejném podlaží (umístění sestav viz **Obr. 45** v kapitole **7.2**). Statistika naměřené výsledné teploty KT t_g za celé měřené letní období je k nahlédnutí v **Tab. 39**, kde sestava STEREO C byla umístěna nejprve v sekci 7

a dne 26.8. 2014 přenesena do sekce 1. Sestava STEREO S byla v toto období nejprve v sekci 3 a na konci pracovního dne 4.9. 2014 přenesena do sekce 2, kde zůstala do 11.9. 2014. Statistika v této tabulce ukazuje, že ve všech případech došlo k podkročení $t_g = 23,5$ °C. U měření se STEREO C v sekci 7 tak došlo v 34 % případů.

Tab. 39: Statistika výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo sestava“

Statistické údaje t_g	Místa měření ve 3. NP			
	19.8. - 26.8.	26.8. - 11.9.	19.8. - 4.9.	4.9. - 11.9.
	STEREO C (N=423)	STEREO C (N=1572)	STEREO S (N=1606)	STEREO S (N=604)
Umístění sestavy (č. sekce)	7	1	3	2
Průměr t_g [°C]	23,73	24,39	23,52	24,00
MIN / MAX t_g [°C]	21,3 / 25,1	21,5 / 26,8	21,0 / 25,7	22,0 / 25,2
Medián t_g [°C]	23,8	24,6	23,5	24,1
Směrodatná odchylka [°C]	0,762	0,853	1,04	0,68
Střední chyba průměru [°C]	0,037	0,021	0,026	0,028
95% interval spolehlivosti [°C]	23,66 - 23,80	24,35 - 24,44	23,47 - 23,57	23,9 - 24,0
25% percentil [°C]	23,2	24,0	22,9	23,7
75% percentil [°C]	24,3	25,0	24,3	24,5
Frekvence překročení $t_g = 26$ °C, uvedeno v [%]	0	1	0	0
Frekvence podkročení $t_g = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	34	15	27	22

V **Tab. 40** je k náhledu statistika výsledné teploty t_g měřená STEREO C a STEREO S ve vybraný referenční den v létě. Hodnoty podkročení teploty $t_g =$

23,5 °C byly v sekci 1 zaznamenány v 11 % případů a v sekci 3 v 27 % případů. Limitní teplota $t_g = 26$ °C nebyla překročena vůbec.

Tab. 40: Statistika výsledné teploty KT v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“

Statistické údaje t_g	Místa měření ve 3. NP (4.9. 2014)	
	STEREO C (N=132)	STEREO S (N=115)
Umístění sestavy (č. sekce)	1	3
Průměr t_g [°C]	24,85	24,26
MIN / MAX t_g [°C]	22,2 / 25,7	21,6 / 25,7
Medián t_g [°C]	25,2	24,8
Směrodatná odchylka [°C]	0,885	1,261
Střední chyba průměru [°C]	0,077	0,12
25% percentil [°C]	24,6	23,3
75% percentil [°C]	25,4	25,3
Frekvence překročení $t_g = 26$ °C, uvedeno v [%]	0	0
Frekvence podkročení $t_g = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	11	27

- Měření výsledné teploty KT t_g v zimním období

Měření výsledné teploty KT t_g v zimním období probíhalo ve 3. NP a dále i ve 4. NP - vyznačená šedivá pole v **Tab. 41** (rozmístění sestav viz **Obr. 46**, **Obr. 47** v kapitole **7.2**). Během celého měřeného zimního období došlo opět ve všech případech k překračování hodnoty $t_g = 23,5$ °C. Nejvíce se tak dělo v sekci 6 ve 3. NP, a to v 80 % případů. Ve 4. NP docházelo také k překračování této hranice a MAX naměřená výsledná teplota t_g v některých případech dosahovala až k 28 °C (4. NP, sekce 4, měřeno stereoteploměrem v sestavě STEREO C).

Tab. 41: Statistika výsledné teploty KT t_g během celého měření ve 3. a 4. NP

Statistické údaje t_g	Místa měření ve 3. a 4. NP			
	28.1. - 19.2.	19.2. - 2.3.	28.1. - 19.2.	19.2. - 3.3.
	STEREO C 3.NP (N=2154)	STEREO C 4. NP (N=991)	STEREO S 3. NP (N=2108)	STEREO S 4. NP (N=990)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	4	3	1
Průměr t_g [°C]	24,10	23,59	23,0	23,81
MIN / MAX t_g [°C]	21,6 / 25,2	21,1 / 28,2	21,2 / 25,0	21,3 / 26,0
Medián t_g [°C]	24,3	23,7	23,0	24,0
Směrodatná odchylka [°C]	0,67	0,99	0,69	0,89
Střední chyba průměru [°C]	0,014	0,036	0,015	0,028
95% interval spolehlivosti [°C]	24,07 - 24,13	23,52 - 23,67	22,97 - 23,03	23,76 - 23,9
25% percentil [°C]	23,7	22,9	22,5	23,3
75% percentil [°C]	24,6	24,1	23,3	24,4
Frekvence překročení $t_g = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	80	60	20	70
Frekvence podkročení $t_g = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0	0	0

Samostatná statistika byla provedena taktéž pro referenční den v zimě, kdy obě sestavy se stereoteploměry byly ve 3. NP. V **Tab. 42** je vidět rozdíl v měření během tohoto dne v sekci 6 (sestava STEREO C), kde se průměrná teplota t_g pohybovala kolem $t_g = 24,1$ °C a limitní hodnota $t_g = 23,5$ °C byla v této sekci překročena v 82 % případů. Oproti sekci 3, kde na měřicím místě (STEREO S) nedošlo k překročení ani podkročení požadované teploty t_g vůbec.

Tab. 42: Statistika výsledné teploty KT v zimní referenční den (17.2. 2015)

Statistické údaje t_g	Místa měření ve 3. NP (17.2. 2015)	
	STEREO C (N=133)	STEREO S (N=130)
Umístění sestavy (č. sekce)	6	3
Průměr t_g [°C]	24,07	22,92
MIN / MAX t_g [°C]	22,6 / 24,6	21,9 / 23,4
Medián t_g [°C]	24,3	23,0
Směrodatná odchylka [°C]	0,57	0,367
Střední chyba průměru [°C]	0,049	0,032
25% percentil [°C]	23,8	22,7
75% percentil [°C]	24,5	23,2
Frekvence překročení $t_g = 23,5$ °C, uvedeno v [%]	82	0
Frekvence podkročení $t_g = 20,5$ °C, uvedeno v [%]	0	0

8.4.2 Použití stereoteploty k vyhodnocení nerovnoměrného tepelného mikroklimatu v posuzované budově

Vyhodnocení veličiny stereoteploty t_{stereo} (či t_{st}) pro posuzovaný objekt je popsáno v následujících odstavcích.

8.4.3 Stereoteplota – objektivní měření

Stereoteplota t_{stereo} byla měřena stereoteploměrem ve výšce hlavy sedící osoby (cca 1,1 m nad podlahou). Jak již bylo zmíněno, k měření byly k dispozici 2 stereoteploměry (značíme STEREO C a STEREO S). Objektivním měřením bylo zaznamenáno vždy současně šest stereoteplot $t_{\text{stereo}, 1-6}$ v měřícím kroku 5 minut. Pro účely vyhodnocení je potřeba znát i naměřenou výslednou teplotu

kulového teploměru t_g . V tomto případě jsou použity stereoteploměrem naměřené hodnoty t_g (aritmetický průměr stereoteplot v daný okamžik). V naměřených hodnotách se hledají maxima a minima rozdílů stereoteplot a výsledných teplot ($\Delta t_{\text{stereo}} - t_g$) za určité časové období.

V **Tab. 43** je k náhledu měření se STEREO C a odpovídající data v okamžik změření maximálního rozdílu mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT během celého letního období (sestava byla umístěna v sekci 1 během zachycení maximálního rozdílu).

a. Letní období

Tab. 43: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo C“

STEREO C					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MAXimální rozdíl
28.8.2014	9:35	$t_g (= t_{g, \text{head}}) [^{\circ}\text{C}]$	$t_{st,3} [^{\circ}\text{C}]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, \text{head}} [^{\circ}\text{C}]$
		26,8	30,08	3	3,28
Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:					
Sekce, ve které se nacházel stereo C		Podlaží	$t_a' [^{\circ}\text{C}]$	$rh' [\%]$	$v_a [\text{m.s}^{-1}]$
1		3. NP	26,27	33	0,04

Pro tuto tabulku (**Tab. 43**) bylo pro názornost zvoleno podrobné posouzení jako v příkladech v odstavci 5.3. Pro další výsledné tabulky bude doplněna informace, zda MAX / MIN rozdíly vyhověly hodnotám v nařízení vlády [30]:

Vycházíme z: Měření s kulovým stereoteploměrem v kancelářském prostoru ve výšce hlavy sedící osoby, letní období, pracoviště u okna, průměrná venkovní teplota v ten den $t_e = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, energetický výdej $M = 71 \text{ W.m}^{-2}$. Rychlost proudění vzduchu $v_a \leq 0,2 \text{ m/s}$.

Na základě energetického výdeje pracující osoby určena *třída práce I*.

Jedná se o klimatizované pracoviště se střední kvalitou prostředí – tj. kategorie B a tedy „*pocit'*“ = -0,5.

Změřeno pomocí kulového stereoteplotoměru (viz **Tab. 43**):

$t_{g, \text{head}} = 26,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ (aritmetický průměr šesti stereoteplot),

$t_{\text{st, max}} = t_{\text{st,3}} = \mathbf{30,08} \text{ } ^\circ\text{C}$ (max. hodnota ze šesti segmentů (stereoteplot) $t_{\text{st, 1-6}}$).

Pozn. Ve všech hodnoceních budou používány zaokrouhlené naměřené teploty.

Pro tento případ tedy: $t_{g, \text{head}} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $t_{\text{st, max}} = t_{\text{st,3}} = \mathbf{30} \text{ } ^\circ\text{C}$

Pokračování v hodnocení: V tomto bodě však narážíme na rozpor v hodnocení - zda hodnotit, že nejvíce exponovaný segment ($t_{\text{st, max}}$) byl vystaven „chladnému povrchu“ nebo „teplému povrchu“. STEREO C byl v tomto případě umístěn v sekci 1, (pracovní místo kousek od okna) a segment $t_{\text{st,3}}$ byl natočen směrem k oknu. Z části však mohl být částečně ovlivněn i prouděním seshora od chladicích trámčů (v obou případech by to tedy spíše odpovídalo expozici od „chladného povrchu“). Avšak hodnoty v **Tab. 2** uvádějí pro chladnou plochu pouze rozdíly se zápornými hodnotami, tj. hodnoty minimálních stereoteplot. Ale zde vyšel maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT, tj. kladný výsledek a naměřená maximální stereoteplota. Otázkou je tedy, zda bylo s podobným případem počítáno, a jestli je následné posouzení správné. Dále jsou tedy navrženy varianty řešení:

- **Řešení 1 (vůči teplému povrchu** – neřídíme se tedy reálnou expozicí):

Kritérium:

Přípustná horizontální nerovnoměrnost: pro $t_{g, \text{head}} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$ a pro „pocit“: +0,5 = kategorie B

→ odpovídá kritérium tabulkové maximální hodnotě $t_{\text{st, max}} = \mathbf{27,5} \text{ } ^\circ\text{C}$ vůči **teplému povrchu** (vycházíme ze zaokrouhlené tabulky **Tab. 4** v metodice [37])

Z tabulky tedy → pro $t_{g, \text{head}} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$, je přípustný rozdíl ($t_{\text{st}} - t_g$) = **0,5**

(neboli $t_{\text{st, max}} = 27 + \mathbf{0,5} = \mathbf{27,5} \text{ } ^\circ\text{C}$)

Výsledek:

Výpočet ze změřených hodnot: $\Delta (t_{\text{st}} - t_g) = \mathbf{30} - 27 = \mathbf{3,0} \text{ } ^\circ\text{C}$

Přípustný rozdíl stereoteploty a výsledné teploty pro tento případ může být maximálně **0,5 °C**, což není v tomto případě splněno, protože vyšel vyšší rozdíl, a to hodnota: **3,0 °C** → **nevyhoví**

Pro kontrolu posouzení změřená max. stereoteplota vs. max. přípustná stereoteplota:

$$t_{st, \max} \text{ (změřená) vs. } t_{st, \max} \text{ (tabulková)}$$

$$30 \text{ °C} > 27,5 \text{ °C} \rightarrow \text{nevyhoví}$$

Závěr: Byl překročen maximální přípustný rozdíl ($t_{st} - t_g$) = 0,5 a tudíž byla na tomto místě zachycena, prostřednictvím stereoteploty, nevyhovující horizontální nerovnoměrnost.

- **Řešení 2 (vůči chladnému povrchu):**

Pokud bychom vycházeli z reálného stavu – měl by být segment exponován chladným povrchem. V čase 9:30 se venkovní teplota pohybovala okolo 8 °C a okenní plocha by dle předpokladu měla mít vliv na expozici přístroje. Z neznámého důvodu však exponovaný segment č. 3 měl hodnotu opačnou – maximální, tj. $t_{st, \max} = 30,08 \text{ °C}$.

Jelikož min. přípustná stereoteplota je v tomto případě $t_{st, \min} = 21 \text{ °C}$, tak toto kritérium by absolutně nevyhovělo.

Budeme tedy pracovat s řešením č. 1, které uvádí maximální přípustnou stereoteplotu, a to i přesto, že dle reálné situace byl segment č. 3 vystaven chladné okenní ploše.

Následující **Tab. 44** ukazuje minimální rozdíl mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT v během celého letního období pro STEREO C (sestava v sekci 1).

Tab. 44: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo C“

STEREO C				
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota	Vypočtený MIN imální rozdíl

28.8.2014	9:30	$t_g (= t_{g, \text{head}}) [^{\circ}\text{C}]$	$t_{st,5} [^{\circ}\text{C}]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, \text{head}} [^{\circ}\text{C}]$
		26,7	24,96	5	-1,74
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo C	Podlaží	$t_a' [^{\circ}\text{C}]$	$rh' [\%]$	$v_a [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	
1	3. NP	25,2	34	0,04	

Změřeno pomocí kulového stereoteploměru (viz **Tab. 44**) a rovnou zakrouhleno:

$t_{g, \text{head}} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (aritmetický průměr šesti stereoteplot),

$t_{st, \text{min}} = t_{st,5} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (min. hodnota ze šesti segmentů (stereoteplot) $t_{st, 1-6}$).

Kritérium:

Přípustná horizontální nerovnoměrnost: pro $t_{g, \text{head}} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a pro „pocit“: $-0,5 =$ kategorie B

→ odpovídá kritérium tabulkové maximální hodnotě $t_{st, \text{min}} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ vůči **chladnému povrchu** (vycházíme ze zaokrouhlené tabulky **Tab. 4** v metodice [37])

Z tabulky tedy → pro $t_{g, \text{head}} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$, je přípustný rozdíl $(t_{st} - t_g) = -6,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (neboli $t_{st, \text{min}} = 27 - 6 = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Výsledek:

Výpočet ze změřených hodnot: $\Delta (t_{st} - t_g) = 25 - 27 = -2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Posouzení změřený/vypočtený min. rozdíl vs. min. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g) \text{ min}$ (vypočtený) vs. $(t_{st} - t_g) \text{ min}$ (tabulkový)

$-2,0 \text{ }^{\circ}\text{C} > -6,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{vyhoví}$

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, \text{min}}$ (změřená) vs. $t_{st, \text{min}}$ (tabulková)

$25 \text{ }^{\circ}\text{C} > 21 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{vyhoví}$

Závěr: Nebyl podkročen minimální přípustný rozdíl $(t_{st} - t_g) = -6,0$ a tudíž nebyla na tomto místě zachycena nevyhovující horizontální nerovnoměrnost.

Dále je pro názornost uvedeno, jak v časovém průběhu byly získány maximální a minimální hodnoty rozdílů $(t_{st} - t_g)$ z měřených dat prostřednictvím stereoteploměru. Pro STEREO C (tj. tabulky **Tab. 43** a **Tab. 44**) je vycházeno z hodnot na obrázku **Obr. 82**.

stereoteploměr C (měření: letní období)						
čas	$t_{st,1} - t_g$	$t_{st,2} - t_g$	$t_{st,3} - t_g$	$t_{st,4} - t_g$	$t_{st,5} - t_g$	$t_{st,6} - t_g$
9:00:37	-0,27	0,02	0,74	-0,12	-0,48	0,10
9:05:37	-0,26	0,04	0,74	-0,13	-0,47	0,10
9:10:37	-0,27	0,04	0,72	-0,12	-0,46	0,11
9:15:37	-0,27	0,05	0,69	-0,14	-0,45	0,11
9:20:37	-0,48	-0,03	0,54	-0,33	-0,65	0,96
9:25:37	-0,99	-0,31	0,95	-0,56	-1,11	2,04
9:30:37	-1,65	-0,81	2,21	-0,20	-1,74	2,19
9:35:37	-1,60	-0,90	3,28	0,20	-1,73	0,74
9:40:37	-0,90	-0,43	2,12	0,09	-1,08	0,20
9:45:37	-0,53	-0,11	1,09	-0,05	-0,66	0,23
9:50:37	-0,39	-0,01	0,80	-0,09	-0,51	0,21
9:55:37	-0,33	0,00	0,70	-0,08	-0,46	0,17
10:00:37	-0,43	0,14	0,44	-0,09	-0,35	0,28
10:05:37	-0,43	0,14	0,32	-0,09	-0,28	0,35
10:10:37	-0,43	0,15	0,36	-0,10	-0,27	0,29
10:15:37	-0,36	0,17	0,33	-0,14	-0,26	0,23
10:20:37	-0,29	0,13	0,45	-0,12	-0,33	0,16
10:25:37	-0,27	0,11	0,46	-0,09	-0,33	0,14
10:30:37	-0,28	0,11	0,45	-0,10	-0,33	0,14

Obr. 82: Vypočtené maximální a minimální rozdíly stereoteplot a výsledných teplot – změřené pomocí stereoteploměru

Zajímavostí v tomto ohledu je, že jak maximální hodnoty, tak minimální hodnoty rozdílů byly nalezeny většinou ve stejnou dobu měření s přístrojem. Lze tak vidět i např. v dalších tabulkách, že čas je shodný pro každou dvojici z nich (viz **Tab. 47** až **Tab. 50**).

- **Pokračování vyhodnocení pro letní období:**

V **Tab. 45** je k náhledu měření se STEREO S a odpovídající data v okamžik změřením maximálního rozdílu mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT během letního období (sestava umístěna v sekci 3).

Tab. 45: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo S“

STEREO S					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MAX imální rozdíl
28.8.2014	9:02	$t_g (= t_{g, head}) [^{\circ}C]$	$t_{st,1} [^{\circ}C]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, head} [^{\circ}C]$
		23,3	23,84	1	0,54
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo S		Podlaží	$t_a [^{\circ}C]$	$rh' [%]$	$v_a [m.s^{-1}]$
3		3. NP	23,2	40	0,07

Posouzení: změřený/vypočtený max. rozdíl vs. max. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g)$ max (vypočtený) vs. $(t_{st} - t_g)$ max (tabulkový)

1,0 °C < 5,0 °C → **vyhoví**

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, max}$ (změřená) vs. $t_{st, max}$ (tabulková)

24 °C < 28 °C → **vyhoví**

Závěr: Nebyl překročen maximální přípustný rozdíl $(t_{st} - t_g) = 5,0$ a tudíž nebyla na tomto místě zachycena nevyhovující horizontální nerovnoměrnost.

Následující **Tab. 46** ukazuje minimální rozdíl mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT v během celého letního období pro STEREO S (sestava v sekci 3).

Tab. 46: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo S“

STEREO S					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MINimální rozdíl
20.8.2014	11:18	$t_g (= t_{g, head}) [^{\circ}C]$	$t_{st,6} [^{\circ}C]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, head} [^{\circ}C]$
		25,0	24,6	6	-0,39
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo S	Podlaží	$t_a' [^{\circ}C]$	$rh' [%]$	$v_a [m.s^{-1}]$	
3	3. NP	24,8	35	0,1	

Posouzení: změřený/vypočtený min. rozdíl vs. min. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g) \min$ (vypočtený) vs. $(t_{st} - t_g) \min$ (tabulkový)

$0 \text{ } ^{\circ}C > -3,5 \text{ } ^{\circ}C \rightarrow \text{vyhoví}$

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, \min}$ (změřená) vs. $t_{st, \min}$ (tabulková)

$25 \text{ } ^{\circ}C > 21,5 \text{ } ^{\circ}C \rightarrow \text{vyhoví}$

Závěr: Nebyl podkročen minimální přípustný rozdíl $(t_{st} - t_g) = -3,5$ a tudíž nebyla na tomto místě zachycena nevyhovující horizontální nerovnoměrnost.

- **Zimní období**

V **Tab. 47** je k náhledu měření se STEREO C a odpovídající data v okamžik změřený maximálního rozdílu mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT během celého zimního období (sestava byla umístěna v sekci 4 během zachycení maximálního rozdílu).

Tab. 47: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo C“

STEREO C					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MAX imální rozdíl
26.2.2015	15:38	$t_g (= t_{g, head}) [^{\circ}C]$	$t_{st,3} [^{\circ}C]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, head} [^{\circ}C]$
		28,15	31,91	3	3,76
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo C		Podlaží	$t_a' [^{\circ}C]$	$rh' [%]$	$v_a [m.s^{-1}]$
4		4. NP	26,2	24	0,11

Posouzení: změřený/vypočtený max. rozdíl vs. max. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g) \max$ (vypočtený) vs. $(t_{st} - t_g) \max$ (tabulkový)

4,0 °C < ? °C → nelze hodnotit

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, max}$ (změřená) vs. $t_{st, max}$ (tabulková)

32 °C < ? °C → nelze hodnotit

Závěr: Výše uvedené výsledky nelze vyhodnotit z důvodu naměřené vysoké hodnoty stereoteploty a stejně tak výsledné teploty KT. Obě hodnoty se pohybují mimo přípustné hodnoty dané nařízením vlády [30]. Výsledná teplota KT pro tento prostor v zimě by měla být maximálně $t_{g, max} = 23,5$ °C. Naměřená hodnota t_g přes 28 °C navíc nemá oporu ani v tabulce pro hodnocené horizontální nerovnoměrnou zátěž (ta totiž končí v hodnotě $t_g = 27$ °C).

Následující **Tab. 48** ukazuje minimální rozdíl mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT v během celého zimního období pro STEREO C (sestava v sekci 4).

Tab. 48: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo C“

STEREO C					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MINimální rozdíl
26.2.2015	15:38	$t_g (= t_{g, head}) [^{\circ}C]$	$t_{st,4} [^{\circ}C]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, head} [^{\circ}C]$
		28,15	25,15	4	-2,47
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo C		Podlaží	$t_a' [^{\circ}C]$	$rh' [%]$	$v_a [m.s^{-1}]$
4		4. NP	26,2	24	0,11

Posouzení: změřený/vypočtený min. rozdíl vs. min. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g) \text{ min (vypočtený) vs. } (t_{st} - t_g) \text{ min (tabulkový)}$

$-3 \text{ } ^{\circ}C > ? \text{ } ^{\circ}C \rightarrow \text{nelze hodnotit}$

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, min} \text{ (změřená) vs. } t_{st, min} \text{ (tabulková)}$

$25 \text{ } ^{\circ}C > ? \text{ } ^{\circ}C \rightarrow \text{nelze hodnotit}$

Závěr: Výše uvedené výsledky nelze vyhodnotit z důvodu naměřené vysoké hodnoty výsledné teploty KT. Hodnota se pohybuje mimo přípustné limity dané nařízením vlády [30]. Výsledná teplota KT pro tento prostor v zimě by měla být maximálně $t_{g, max} = 23,5 \text{ } ^{\circ}C$. Naměřená hodnota t_g přes $28 \text{ } ^{\circ}C$ navíc nemá oporu ani v tabulce pro hodnocené horizontální nerovnoměrnou zátěž (končí v hodnotě $t_g = 27 \text{ } ^{\circ}C$).

V **Tab. 49** je k náhledu měření se STEREO S a odpovídající data v okamžik změřením maximálního rozdílu mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT během celého zimního období (sestava byla umístěna v sekci 3 během zachycení maximálního rozdílu).

Tab. 49: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo S“

STEREO S					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MAX imální rozdíl
23.2.2015	8:17	$t_g (= t_{g, head}) [^{\circ}C]$	$t_{st,5} [^{\circ}C]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, head} [^{\circ}C]$
		23,18	23,81	5	0,63
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo S		Podlaží	$t_a' [^{\circ}C]$	$rh' [%]$	$v_a [m.s^{-1}]$
1		4. NP	22,9	32	0,1

Posouzení: změřený/vypočtený max. rozdíl vs. max. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g)$ max (vypočtený) vs. $(t_{st} - t_g)$ max (tabulkový)

$1,0 \text{ } ^{\circ}C < 5,0 \text{ } ^{\circ}C \rightarrow$ vyhoví

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, max}$ (změřená) vs. $t_{st, max}$ (tabulková)

$24 \text{ } ^{\circ}C < 28 \text{ } ^{\circ}C \rightarrow$ vyhoví

Závěr: Nebyl překročen maximální přípustný rozdíl $(t_{st} - t_g) = 5,0$ a tudíž nebyla na tomto místě zachycena nevyhovující horizontální nerovnoměrnost.

Následující **Tab. 50** ukazuje minimální rozdíl mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT v během celého zimního období pro STEREO S (sestava v sekci 3).

Tab. 50: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo S“

STEREO S					
Datum	Čas	Aritmetický průměr šesti stereoteplot	Naměřená stereoteplota		Vypočtený MINimální rozdíl
23.2.2015	8:17	$t_g (= t_{g, head}) [^{\circ}C]$	$t_{st,6} [^{\circ}C]$	č. segmentu	$t_{st} - t_{g, head} [^{\circ}C]$
		23,18	22,71	6	-0,47
<i>Další hodnoty, získané ve stejný měřený okamžik:</i>					
Sekce , ve které se nacházel stereo S		Podlaží	$t_a' [^{\circ}C]$	$rh' [%]$	$v_a [m.s^{-1}]$
1		4. NP	22,9	32	0,1

Posouzení: změřený/vypočtený min. rozdíl vs. min. tabulkový přípustný rozdíl:

$(t_{st} - t_g) \min$ (vypočtený) vs. $(t_{st} - t_g) \min$ (tabulkový)

$-1,0 \text{ } ^{\circ}C > -1,5 \text{ } ^{\circ}C \rightarrow \text{vyhoví}$

Pro kontrolu posouzení změřená min. stereoteplota vs. min. přípustná stereoteplota:

$t_{st, \min}$ (změřená) vs. $t_{st, \min}$ (tabulková)

$23 \text{ } ^{\circ}C > 21,5 \text{ } ^{\circ}C \rightarrow \text{vyhoví}$

Závěr: Nebyl podkročen minimální přípustný rozdíl $(t_{st} - t_g) = -1,5$ a tudíž nebyla na tomto místě zachycena nevyhovující horizontální nerovnoměrnost.

8.4.3.1 Statistika naměřených hodnot stereoteplot

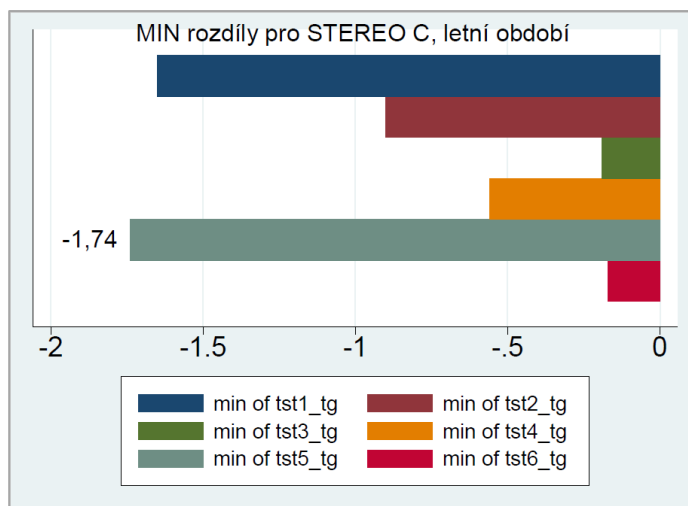
Jelikož byly v předchozí kapitole **8.4.3** uvedeny maximální a minimální hodnoty rozdílů a podle nich bylo hodnoceno, zda došlo k podkročení nebo překročení limitů daných NV [30], je zapotřebí pro představu dodat i podrobnější přehled o těchto rozdílech. Autorku zajímalo, jaký trend v průměru naměřené (vypočtené) hodnoty rozdílů, v daném prostoru, udávají.

Tab. 51: Statistika naměřených hodnot rozdílů stereoteploty a teploty KT během celého letního období pomocí stereotploměrů STEREO C a STEREO S

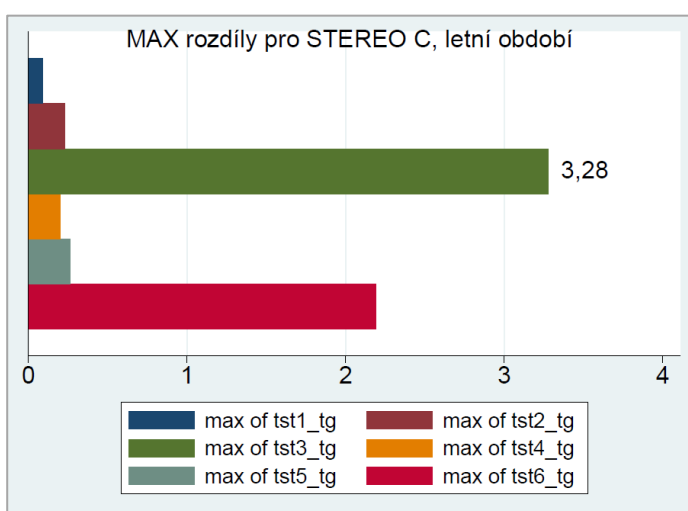
Letní období (N = 1974)						
STEREO C	Rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$)	Aritmetický průměr	Medián	Geometrický průměr	MIN	MAX
	$t_{st,1} - t_g$	-0,17	-0,18	0,04	-1,65	0,09
	$t_{st,2} - t_g$	0,06	0,08	0,08	-0,90	0,23
	$t_{st,3} - t_g$	0,25	0,2	0,21	-0,19	3,28
	$t_{st,4} - t_g$	-0,08	-0,06	0,04	-0,56	0,20
	$t_{st,5} - t_g$	-0,17	-0,16	0,06	-1,74	0,26
	$t_{st,6} - t_g$	0,10	0,11	0,10	-0,17	2,19
	Letní období (N = 2210)					
STEREO S	$t_{st,1} - t_g$	0,14	0,14	0,15	-0,38	0,54
	$t_{st,2} - t_g$	0,03	0,03	0,05	-0,29	0,37
	$t_{st,3} - t_g$	-0,02	-0,02	0,07	-0,36	0,49
	$t_{st,4} - t_g$	-0,05	-0,05	0,04	-0,28	0,26
	$t_{st,5} - t_g$	-0,01	-0,04	0,09	-0,36	0,31
	$t_{st,6} - t_g$	-0,09	-0,06	0,03	-0,39	0,31

Jak již bylo výše zmíněno, tak maximální a minimální rozdíly stereoteplot a výsledných teplot pro letní období (použité již výše v tabulkách **Tab. 43 - Tab. 46**) jsou uvedeny pro přehlednost i v **Tab. 51** a **Tab. 52**, a to pro všechny rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) za celé měřené období (nebere se v úvahu změna sekce).

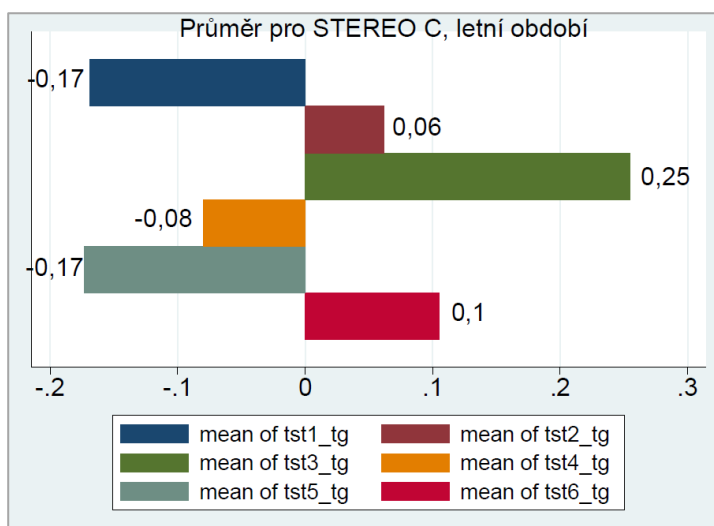
Avšak je třeba přihlídnout v hodnocení k tomu, zda se jedná o ojedinělé extrémy (MIN, MAX) za celou dobu měření, či naopak často opakující se problém. Řešením by mohlo být – zjišťovat, jak často dané rozdíly překračují v prostoru limity dané vyhláškou, a jestli se jedná o ojedinělý jev (jako v našem případě), nebo zda se opravdu jedná o další ze stěžejních obtěžujících faktorů. Pro přehlednější náhled situace jsou dále uvedeny grafy pro STEREO C v letním období a jejich minimální, maximální a průměrné hodnoty (aritmetický průměr, medián).



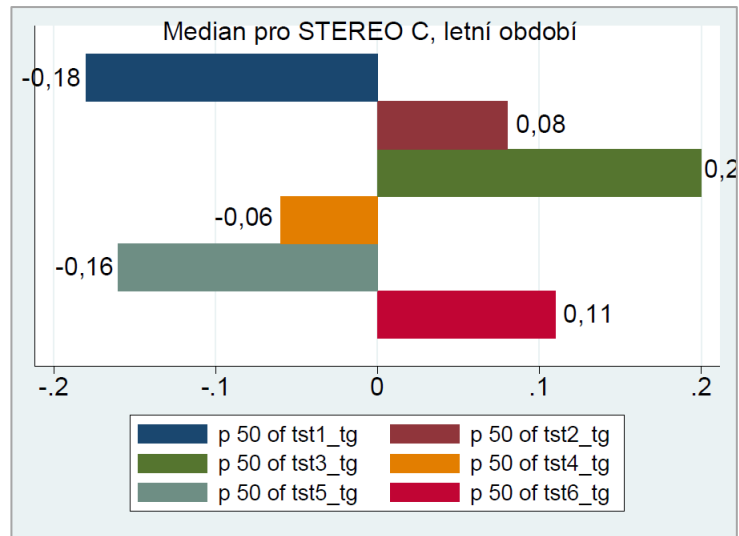
Obr. 83: Minimální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]



Obr. 84: Maximální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]



Obr. 85: Aritmetické průměry rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]



Obr. 86: Mediány rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]

Jak je vidět z obrázků **Obr. 85** (a **Tab. 51**), tak průměry rozdílů se pohybovaly v rozmezí od $-0,17$ °C do $0,25$ °C. Mediány těchto rozdílů se pohybovaly v rozmezí od $-0,18$ °C do $0,2$ °C (viz **Obr. 86**).

Obdobné grafické zpracování pro STEREO S v letním období je k nahlédnutí v **Příloze E**. Průměry rozdílů pro STEREO S v letní období se v tomto případě pohybovaly od $-0,09$ °C do $0,14$ °C a mediány od $-0,09$ °C do $0,14$ °C.

Tab. 52: Statistika naměřených hodnot rozdílů stereoteploty a teploty KT během celého zimního období pomocí steroteploměrů STEREO C a STEREO S

Zimní období (N = 2927)						
STEREO C	Rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$)	Aritmetický průměr	Medián	Geometrický průměr	MIN	MAX
	$t_{st,1} - t_g$	-0,06	-0,04	0,02	-2,15	0,08
	$t_{st,2} - t_g$	0,07	0,08	0,08	-0,32	2,15
	$t_{st,3} - t_g$	0,08	0,06	0,06	-0,31	3,76
	$t_{st,4} - t_g$	-0,04	-0,02	0,03	-2,47	0,41
	$t_{st,5} - t_g$	-0,05	-0,06	0,07	-2,11	1,12
	$t_{st,6} - t_g$	0,01	-0,02	0,05	-0,30	2,62

Zimní období (N = 3080)						
STEREO S	$t_{st,1} - t_g$	-0,02	-0,01	0,02	-0,25	0,15
	$t_{st,2} - t_g$	0,07	0,05	0,07	-0,31	0,56
	$t_{st,3} - t_g$	0,02	0,03	0,04	-0,23	0,46
	$t_{st,4} - t_g$	-0,03	-0,03	0,07	-0,44	0,43
	$t_{st,5} - t_g$	-0,04	-0,08	0,07	-0,29	0,63
	$t_{st,6} - t_g$	-0,01	0,02	0,05	-0,47	0,22

Grafy pro STEREO C a STEREO S v zimním období jsou taktéž k náhledu v **Příloze E**. Průměry rozdílů se u STEREO C pohybovaly v rozmezí od $-0,06$ °C do $0,08$ °C a mediány od $-0,06$ °C do $0,08$ °C. Pro STEREO S jsou průměry rozdílů v rozmezí od $-0,04$ °C do $0,07$ °C a mediány rozdílů od $-0,08$ °C do $0,05$ °C (viz **Tab. 52**).

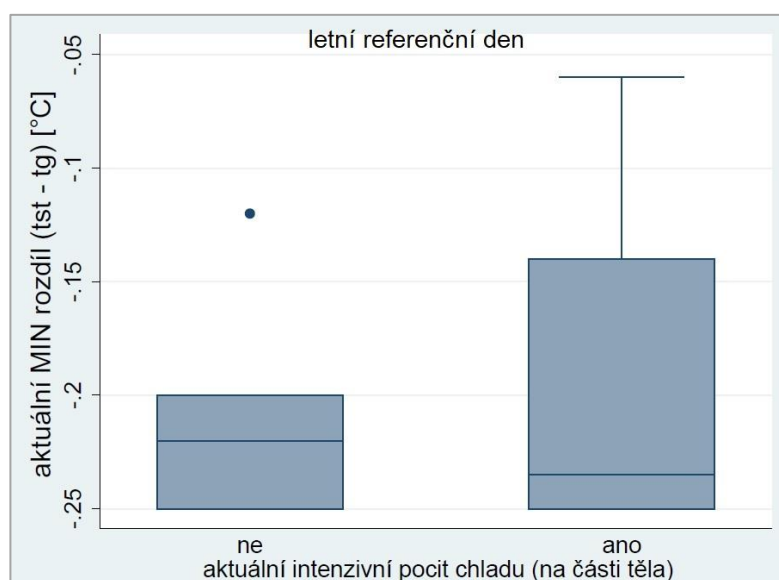
Z uvedené statistiky lze vyčíst, že nejvyšší hodnoty průměrů se pohybovaly u STEREO S v letním období (od $-0,17$ °C do $0,25$ °C). Celkově však z tohoto hodnocení průměrných hodnot vyplývá, že se rozdíly nepohybovaly v hodnotách, které by obtěžovaly nadlimitními hodnotami lokálního tepelného diskomfortu (dle objektivního měření s pomocí stereoteplooměru). Hodnoty rozdílů teplot od $\pm 0,5$ °C až ± 1 °C se dají považovat za relevantní, kdy je člověk schopen tento obtěžující diskomfort pociťovat [55]. Avšak v našem hodnocení, došlo k těmto hodnotám nad $\pm 0,5$ °C (či ± 1 °C) výjimečně. Pro tyto hodnoty (MIN, MAX) bylo zpracováno posouzení viz odstavec **8.4.3**.

8.4.4 Stereoteplota – subjektivní hodnocení

Subjektivní hodnocení stereoteploty v šetřeném prostoru se vztahuje k lokálnímu tepelnému pocitu respondentů a bude proto dále použito k vzájemnému porovnání. V kapitole **8.3.5.4 Lokální tepelný pocit** jsou vyhodnoceny odpovědi na otázku z dotazníku: „Cítíte nyní intenzivní pocit tepla na některé z částí Vašeho těla?“ Hodnocení je ve zmiňované kapitole i v následujícím textu pro letní a zimní referenční den.

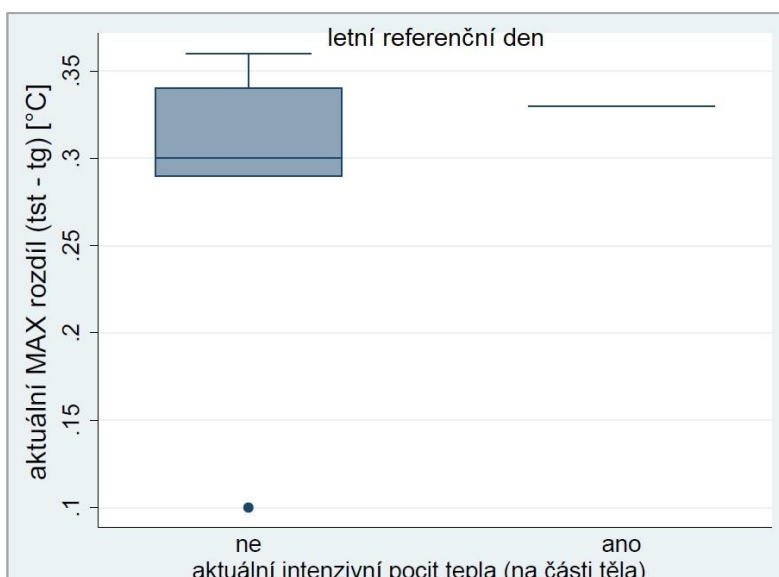
- **Letní referenční den**

Na **Obr. 87** je vidět porovnání mezi aktuálním MIN rozdílem ($t_{st, 1-6} - t_g$), měřeným v letní referenční den, a aktuálním intenzivním pocitem chladu na části těla (vyplněno v dotazníku - *ano; ne*). V 9 případech z 16 byl respondent vyplňován dotazník a zároveň byla přístrojem v blízkém okolí měřena stereoteplota. Aktuální intenzivní pocit chladu pociťovalo 5 respondentů a naměřené MIN hodnoty rozdílů ve stejný moment se pohybovaly od $-0,25\text{ °C}$ do $-0,06\text{ °C}$.



Obr. 87: Porovnání aktuálního MIN rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu CHLAD na části těla. Letní ref. den. (N=9)

Aktuální intenzivní pocit tepla na části těla zaznamenal 1 respondent z 9 (ve stejný okamžik, kdy v blízkosti probíhalo měření se stereoteploměrem). Aktuální naměřený maximální rozdíl ($t_{st, 1-6} - t_g$) byl v tomto případě o hodnotě $0,33\text{ °C}$ (viz **Obr. 88**).



Obr. 88: Porovnání aktuálního MAX rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu TEPLO na části těla. Letní ref. den. (N=9)

Pro další hodnocení byl „aktuální intenzivní pocit chladu na části těla“ posuzován jako obtěžující jev, a proto bylo k statistickému hodnocení použito logistické regrese. Stejně tak bylo postupováno i v případě „aktuálního intenzivního pocitu tepla na části těla.“ Výsledek tohoto hodnocení pro letní referenční den lze vidět v **Tab. 53**.

Tab. 53: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „intenzivní pocit na části těla“ vůči lokálnímu tepelnému diskomfortu měřeného stereoteploměrem během referenčního dne v létě (4.9. 2014)

Obtěžující jev: „intenzivní pocit chladu na části těla“ (závisle proměnná)			
<i>Nezávisle proměnná</i>	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Aktuální MIN rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$) [°C] (N=9)	23,9	0,76	251
Obtěžující jev: „intenzivní pocit tepla na části těla“ (závisle proměnná)			
<i>Nezávisle proměnná</i>	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Aktuální MAX rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$) [°C] (N=9)	0	0,52	0

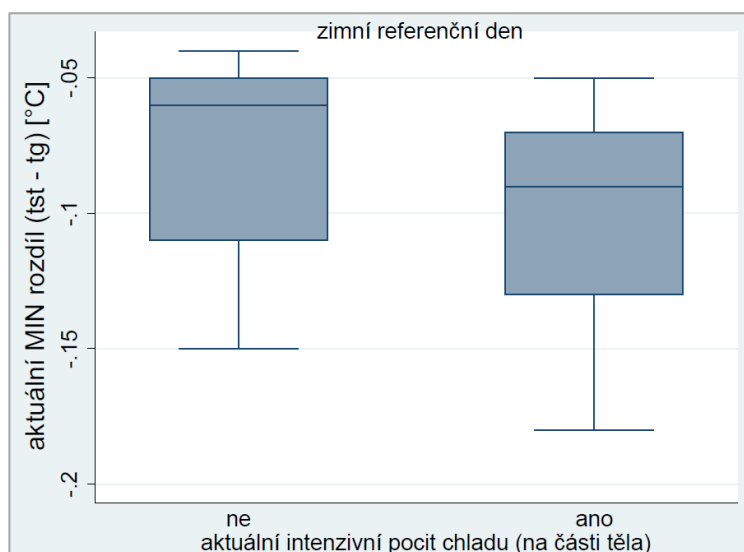
Pomocí logistické regrese byl hodnocen vztah mezi obtěžujícím „intenzivním pocitem chladu na části těla“ v závislosti na aktuálním MIN rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$). V tomto případě byla zjištěna pozitivní OR=23,9, avšak tento výsledek vzhledem k výsledku p-hodnoty není statisticky významný. U vztahu mezi obtěžujícím „intenzivním pocitem tepla na části těla“ v závislosti na aktuálním MAX rozdílu

($t_{st,1-6} - t_g$) nebyla zjištěna statistická významnost. Důvodem je z velké pravděpodobnosti i pouze jedna kladná odpověď z devíti, tudíž nelze tento stav objektivně posoudit (viz **Tab. 53**).

Dále byl ještě v této kapitole zjišťován rozdíl mediánů pro rozdíly ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu. Byl použit ne-parametrický statický test – Wilcoxon rank-sum test. Pro hodnoty (MIN rozdíl a CHLADné pocity na části těla) na **Obr. 87** v letní referenční den vyšla p-hodnota = 0,897. Rozdíl v tomto případě nebyl signifikantní. Pro aktuální MAX rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na aktuálních intenzivních pocitech TEPLLO na části těla v letní ref. den (**Obr. 88**) nebyl rozdíl odpovědí taktéž statisticky významný ($p=0,55$; Wilcoxon rank-sum test).

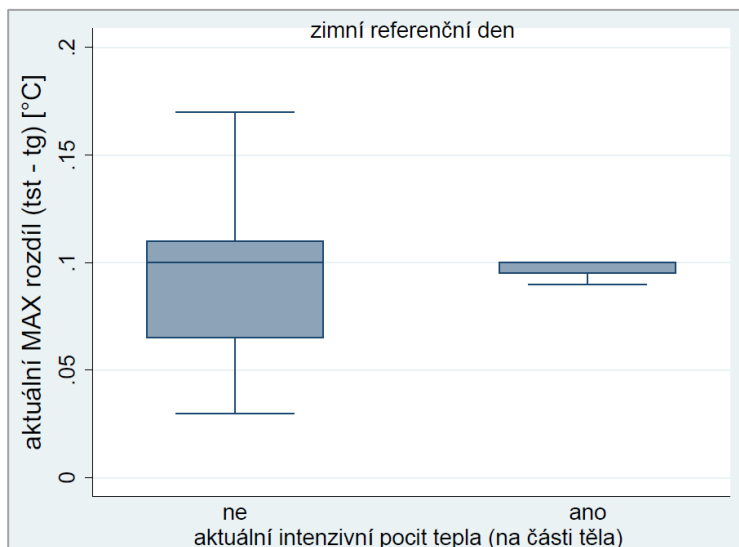
- **Zimní referenční den**

Dále se porovnával aktuální MIN rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$), měřený v zimní referenční den, a aktuálním intenzivní pocit chladu na části těla (vyplněno v dotazníku - *ano*; *ne*). V 32 případech z 40 byl respondenty vyplňován dotazník a zároveň byla přístrojem v blízkém okolí měřena stereoteplota. Aktuální intenzivní pocit chladu pociťovalo 9 respondentů a naměřené MIN hodnoty rozdílů ve stejný moment se pohybovaly od $-0,18\text{ °C}$ do $-0,05\text{ °C}$ (viz **Obr. 89**).



Obr. 89: Porovnání aktuálního MIN rozdílu ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu CHLAD na části těla. Zimní ref. den. (N=32)

Aktuální intenzivní pocit tepla na části těla zaznamenali 4 respondenti z 32 (ve stejný okamžik, kdy v blízkosti probíhalo měření se stereoteploměrem). Aktuální naměřené MAX rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro odpověď „ano“ se pohybovaly v rozmezí od 0,09 °C až 0,1 °C (viz **Obr. 89**).



Obr. 90: Porovnání aktuálního MAX rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu TEPLO na části těla. Zimní ref. den. (N=32)

Výsledek hodnocení logistické regrese pro zimní referenční den je k náhledu v **Tab. 54**. U obtěžujícího jevu „intenzivního pocitu chladu na části těla“ ve vztahu k aktuálnímu MIN rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) nebylo nalezeno pozitivní OR a porovnání není statisticky signifikantní. Poslední subjektivně hodnocený obtěžující jev „intenzivní pocit tepla na části těla“ ve vztahu k MAX rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) ukazuje vysoké pozitivní číslo OR. Výsledné hodnoty však značí (především u vysokého čísla směrodatné odchylky), že byly seskupeny nestejnorodé množiny dat. V tomto případě nelze používat hodnocení kvůli silné nesourodosti statistického souboru dat (**Obr. 90**).

Tab. 54: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „intenzivní pocit na části těla“ vůči lokálnímu tepelnému diskomfortu měřeného stereoteploměrem během referenčního dne v zimě (17.2. 2015)

Obtěžující jev: „intenzivní pocit chladu na části těla“ (závisle proměnná)			
Nezávisle proměnná	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Aktuální MIN rozdíl ($t_{st, 1-6} - t_g$) [°C] (N=32)	0	0,15	0

Obtěžující jev: „intenzivní pocit tepla na části těla“ (závisle proměnná)			
<i>Nezávisle proměnná</i>	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Aktuální MAX rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$) [°C] (N=32)	1908	0,68	34645

Opět byl zjišťován rozdíl mediánů pro rozdíly ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu. Pro aktuální MIN rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na aktuálních pocitech CHLAD na části těla v zimní referenční den (**Obr. 89**) vyšel výsledek s hraniční signifikací ($p=0,11$; Wilcoxon rank-sum test). Pro aktuální MAX rozdíl ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na aktuálních intenzivních pocitech TEPLO na části těla v zimní ref. den (**Obr. 90**) nebyl rozdíl odpovědí statisticky významný ($p=0,91$; Wilcoxon rank-sum test).

Závěr hodnocení lokálního tepelného pocitu ve vztahu k rozdílům ($t_{st} - t_g$) neprokázal statistickou významnost u obou statistických posouzení. Nelze tedy v tomto případě tvrdit, že existuje vztah mezi naměřenými rozdíly pomocí stereoteplooměru a subjektivním pocitem osob v oblasti lokálního diskomfortu. Problém však může tvořit nedostatečný vzorek dat pro vyhodnocení tohoto problému (nízký počet vyplněných dotazníků a naměřených dat rozdílů ve stejnou chvíli).

9 Diskuze výsledků

V práci je vycházeno z předpokladu, že měření a regulace tepelně vlhkostních podmínek jsou základem pro zajištění hospodárného vytápění a současně i tepelné pohody obytných a pracovních prostor [56]. Pro splnění jednoho z cílů disertační práce byl vybrán objekt (administrativní), ve kterém bylo umožněno měřit tepelně-vlhkostní parametry vnitřního prostředí v budově, a stejně tak provést dotazníkové šetření mezi pracovníky.

Avšak zajištění optimálních podmínek pro pracovníky v podobně velkém prostoru, s řadou pracovních míst a přístrojovým vybavením, nebývá snadný úkol. Konkrétně mluvíme-li o administrativních budovách s kanceláři typu open space, nebo-li s velkoprostorovými kanceláři (open-plan offices) [54]. Kladem, pro který je tento typ kanceláří stále udržován v oblibě, je údajná ekonomická úspora (energie a prostor), kdy je možné na stejnou plochu umístit více zaměstnanců než při využívání klasických menších kanceláří pro jednu až tři osoby. K negativům těchto prostorů se často řadí ztráta soukromí a z toho plynoucí obtížnější koncentrace zaměstnanců na práci (i přesto, že se udává, že open space prostor pomůže např. ke snazšímu předávání informací mezi sebou) [56]. V mnoha případech se objevují další problémy a stížnosti týkající se osvětlení, hluku a nevhodné teploty prostředí nebo na nedostatečné funkce větracího či klimatizačního zařízení. Jak vyplývá ze studií [57], [58] o mikroklimatu v open space kancelářích, tak nejčastější stížnosti pracovníků jsou právě na tepelnou pohodu a hluk v prostoru. K tomuto by se mělo při hodnocení mikroklimatu a reakcím respondentů přihlížet, a zohledňovat v diskutovaných výsledcích.

V rámci této studie byly sledovány především tepelně vlhkostní podmínky uvnitř objektu. Objektivní měření v budově v letním období ukázalo, že je v různých sekcích podkročena min. limitní hodnota $t_a = 23,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (třída práce I, kategorie B, viz tabulka 3 v NV č. 93/2012 Sb. [30] a metodika [37]). U měření s datalogery se tak dělo na všech místech měření a frekvence podkročení se pohybovala od 11 do 90 %. V letní referenční den byla tato frekvence překračována od 6 do 100 %. Je třeba k tomu dodat, že maximální hodnoty 90 a 100 % se týkaly místa měření v sekci 9, 3. NP a jednalo se o preferované nastavení teploty (chlazení) v kanceláři pro jednotlivce. Když tuto kancelář

nebudeme uvažovat, tak podkročení se pohybovalo v rozmezí od 11 do 57 % pro celé letní období a 6 až 44 % pro letní referenční den. K překračování limitní hodnoty $t_a = 26 \text{ °C}$ dle měření prakticky nedocházelo, zachyceno bylo např. v sekci 5 v letní referenční den, kdy frekvence překročení byla 34 %. Při měření výsledné teploty byl limit $t_g = 23,5 \text{ °C}$ u celého měřeného období podkročen v rozmezí 15–27 % a v letní referenční den 11–27 %.

Stejně tak výsledky subjektivního hodnocení ukázaly na problémy s tepelnou pohodou osob především v létě. V letní referenční den chlad pociťovalo vysoké procento lidí – zastoupeno vysokým procentem odpovědí ano, s dovětkem (až 94 % kladných odpovědí). Z toho 19 % zaměstnanců uvedlo, že cítí „příliš nízkou“ teplotu každý den. Pro jev „příliš nízké teploty“ (viz kapitola 8.3.5.1) nebyly prokázány vztahy mezi obtěžujícími jevy (nebyly statisticky významné).

Taktéž při objektivním měření v zimním období docházelo k překračování limitních hodnot daných nařízením vlády. Téměř ve všech měřených sekcích byla překračována max. limitní hodnota $t_a = 23,5 \text{ °C}$ (třída práce I, kategorie B, viz tabulka 3 v NV č. 93/2012 Sb. [30] a metodika [37]). Nejvíce se tak dělo při měření v zimní referenční den v sekci 6, 3. NP, kdy frekvence překročení limitu byla naměřena v 86 % případů (čidlo teploty vnitřního vzduchu v sestavě STEREO C). Problémy v to samé období naopak nebyly v sekci 3, 3. NP, kde nedošlo k podkročení ani překročení limitních hodnot vůbec. Při měření výsledné teploty byl max. limit $t_g = 23,5 \text{ °C}$ u celého měřeného období v zimě překročen v rozmezí 20–80 % (3. NP) a 60–70 % (4. NP). Za celé měřené období nedocházelo k podkročení min. limitní hodnoty $t_a (t_g) = 20,5 \text{ °C}$.

Pokud budeme vycházet z naměřených hodnot, tak v zimě by měla být pro pracovníky obtěžující vyšší teplota vzduchu. Toto se však prokázalo jen částečně. U zimního referenčního dne totiž nepociťovalo „příliš vysokou teplotu“ 50 % lidí. Byl hodnocen vztah mezi obtěžující „příliš vysokou teplotou“ v závislosti na: pohlaví, počtu osob sedících v bezprostředním okolí, aktuální teplotě vzduchu t_a a aktuální výsledné teplotě kulového teploměru t_g . Pro zimní referenční den byla pozitivní hodnota OR (vztah s „příliš vysokou teplotou“) v případě pohlaví (OR=2,1; p=0,5) a aktuální teplotou vzduchu t_a (OR=2,1; p=0,18). Zároveň ale žádný z posuzovaných jevů nebyl statisticky významný, i když nejbližše se tomu přiblížila aktuální teplota vzduchu t_a .

I přesto, že nebyly (objektivně) naměřeny podlimitní hodnoty nelze podceňovat výsledky subjektivních hodnocení, kdy „příliš nízkou teplotu“ u zimního referenčního dne zaznamenalo až 75 % dotazovaných. Pro celé měřené období se prokázal vztah prostřednictvím vysoké pozitivní hodnoty OR mezi „příliš nízkou“ teplotou a pohlavím během celého měřeného zimního období společně s hraniční signifikací (OR=4,1; p=0,06). Statisticky významná závislost se ukázala mezi „příliš nízkou“ teplotou a aktuální vnitřní teplotou t_a (OR=0,41; p=0,03).

Můžeme tedy říci, že do jisté míry extrémní teploty v prostoru (vysoké nebo nízké) byly pro respondenty obtěžující, a to bez ohledu na období.

V rámci subjektivního hodnocení byl zjišťován celkový tepelný pocit respondentů. V letní referenční den zaujímal nejvyšší podíl odpovědí mírně chladný pocit s 25 % a pocit tepla taktéž s 25 %. 19 % zaměstnanců uvedlo, že se cítí neutrálně a stejný procentní podíl zaujímá pocit mírného tepla. 12 % dotazovaných bylo chladno. Pro aktuální celkový tepelný pocit v zimní referenční den jsou nejvyšším podílem zastoupeny odpovědi s neutrálním tepelným pocitem (40 %). Odpovědi – mírně teplo a teplo uvedlo dohromady 30 % respondentů, stejný výsledek po součtu dává i vztážením k chladným pocitům. Pro letní a zimní stav byl zjišťován rozdíl průměrů celkových tepelných pocitů (CTP) a toto posouzení nebylo statisticky významné. Jinými slovy – nelišilo se od sebe nějak významně v létě a zimě.

Dále byla zjišťována subjektivní spokojenost respondentů s aktuálními tepelnými pocity (horko; teplo; mírně teplo; neutrálně; mírně chladno; chladno; zima) tzn. *přijatelnost* těchto pocitů pro respondenty. V letní referenční den byl nalezen statistický rozdíl na hranici významnosti mezi skupinami pocitů „mírně teplo“ a „chladno“. Dále byla zamítnuta nulová hypotéza, že pozorované hodnoty pocházejí z rozdělení se stejnou střední hodnotou, neboť v tomto případě platí, že $p < 0,05$ (tj. $0,0196 < 0,05$).

Přijatelnost celkového tepelného pocitu byla hodnocena i pro zimní referenční den. Nejméně byli respondenti spokojeni s pocitem „chladno“ (vyznačeným na stupnici v dotazníku). Nejvíce přijatelné (až vítané) pro ně byly pocity „teplo“ a taktéž „neutrální“ tepelný pocit.

Celkově se toto srovnání středních hodnot ukázalo jako statisticky významné neboť vyšla hodnota $p < 0,05$ (tj. $0,000 < 0,05$). Významné statistické rozdíly byly

nalezeny i u jednotlivých srovnávaných pocitů (více viz kapitola **8.3.5.3**). Můžeme tedy říci, že byl v těchto případech nalezen vztah mezi přijatelností (subjektivní spokojeností) a vnímáním celkových pocitů, které respondenti aktuálně cítili.

Jako nejvíce obtěžující jev, respondenti v dotaznících, vyznačili obtěžující proudění vzduchu. V letní referenční den si dle dotazníkového šetření si stěžovalo na obtěžující proudění vzduchu 88 % zaměstnanců, z toho 26 % z nich zaznamenávalo tento jev denně. V zimní referenční den bylo obtěžováno 80 % pracovníků, a z toho denně 15 %. Respondenti obtěžující proudění vzduchu (po teplotě) také nejvíce zmiňovali i v doplňujících připomínkách k vnitřnímu prostředí na konci dotazníku (viz **Příloha D**).

Nicméně je zajímavé, že dle výsledků objektivního měření rychlosti proudění vzduchu nebylo dosahováno nadlimitních (obtěžujících) hodnot $v_a > 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. I když nelze s přesností říci, že tomu tak bylo v celém prostoru kanceláří, protože tato veličina byla měřena jen na omezeném počtu míst. Naopak dle měření bylo dosahováno spíše podlimitních hodnot $v_a < 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (v průměru v 30 - 40 % frekvence podkročení na měřených místech), a to mohlo přispívat k pocitu „stojatého vzduchu“.

Správné provětrání celého prostoru požadovaným množstvím vzduchu je dalším významným faktorem dle předpisů [36], [29] a [26]. Důležitou roli hraje už projekční fáze, kdy by bylo ideální znát rozmístění různých zón, nábytku a samotných pracovních míst. Což se v praxi bohužel děje jen v ojedinělých případech. Právě nadměrné nebo naopak nedostatečné proudění vzduchu je totiž jedním z rozhodujících faktorů pro pocit tepelného komfortu či diskomfortu pracovníků, a to i v případě, že je do prostoru přiváděno dostatečné množství větracího vzduchu o optimální teplotě [59].

Z dalších obtěžujících jevů tepelného komfortu označovali respondenti suchý vzduch. V letní referenční den si na suchý vzduch prostřednictvím dotazníku stěžovalo 79 % respondentů, z toho 24 % lidí je tento jev obtěžoval denně. Což ale neodpovídá naměřeným hodnotám prostřednictvím čidel, kdy v letním období během celé pracovní doby nebyly zaznamenány problémy s překračováním nebo podkročením limitů relativní vlhkosti vzduchu v rozmezí uváděném normou či nařízením vlády ([10], [30]). Frekvence podkročení se jen výjimečně pohybovaly

pod hranicí limitu $rh = 30 \%$ (maximum bylo naměřeno v sekci 5, 3. NP). Stejně tak to platí o letním referenčním dni, kde se hodnoty rh plně pohybovaly v požadovaném rozmezí. Otázkou je, zda v tomto případě nebyl termín *suchý vzduch* zaměňován za termín „vydýchaný vzduch“ (tj. *stojatý vzduch* v dotazníkovém šetření), který se umístil v obou obdobích s hodnotou kolem 60 % na třetím místě (viz odstavec **8.3.5.2** Tepelný komfort – další obtěžující jevy).

Opačný případ však nastal v zimě, kdy byla zachycena na všech měřených místech nízká relativní vlhkost, hodnoty téměř v žádném případě nedosáhly spodní hranice limitu $rh = 30 \%$. Výjimkou bylo například měření v zimní referenční den v sekci 3, 3. NP, kde k podkročení došlo jen v 27 % případů. U ostatních sekcí ale docházelo až k 100 % podkročení limitní hodnoty. Průměrně se v zimě naměřená relativní vlhkost pohybovala v rozmezí $rh = 21\text{--}30 \%$. Suchý vzduch v zimě byl dle dotazníkového šetření zaznamenán pracovníky v 83 % případů, z toho 25 % respondentů odpovědělo, že je tento jev obtěžoval denně.

Problémy s nízkou relativní vlhkostí v zimě jsou v klimatizovaných budovách časté [54]. Avšak rozsáhlá švédská studie ve velkých kancelářích Andersena a kol. [60] ukázala, že subjektivní vnímání suchého vzduchu může být zmírněno efektivněji a ekonomičtěji snížením teplot vzduchu (např. z 23 °C na 21 °C) než zvyšováním relativní vlhkosti např. na 40 %. Při vyšších relativních vlhkostech v zimě uvnitř budovy si totiž lidé stěžují na „těžký a vydýchaný vzduch“, a to zvyšuje jejich nepohodu při práci.

Oproti tomu norma ČSN EN 15251 [26] uvádí, že dlouhodobě velmi nízká relativní vlhkost může způsobovat suchost a podráždění očí a dýchacích cest. Avšak výzkumy zaměřené na vliv velmi nízké relativní vlhkosti na pohodu přítomných osob neprokázaly souvislost mezi nízkou relativní vlhkostí (10 %) a zdravotními aspekty, jako jsou suchost sliznic, podráždění očí, apod. Bylo zjištěno, že důvodem pro výskyt těchto symptomů bylo nedostatečné větrání, nikoliv však vlhkost jako taková [61], [62], [63] .

U SBS symptomů – Lowen a kol. [64] zjistili, že relativní vlhkost ve vnitřním prostředí ovlivňuje přenos viru chřipky. Dle jejich výsledků se virus nejvíce šíří při relativní vlhkosti od 20–35 % při teplotě 20 °C. Což může souhlasit i v našem případě, kdy vzhledem ke zjištěným výsledkům disertační práce, a popisovaných

obtížích respondentů v části o SBS symptomech (a naměřených obdobných hodnot teplot a relativních vlhkostí), byl v zimě zachycen obdobný problém. Dle výsledků z dotazníkového průzkumu totiž v zimním období za poslední měsíc trpělo nachlazením 73 % dotazovaných a chřipku prodělalo 50 % osob. Naproti tomu v létě nachlazení prodělalo za poslední měsíc o mnoho méně osob, a to 31 % respondentů.

Ohledně dalších významnějších SBS symptomů: v letním i v zimním období pociťovali téměř všichni dotazovaní únavu. Významné procento bylo taktéž dosaženo u „bolesti hlavy“ za poslední měsíc v létě (přes 90 % osob odpovědělo, že alespoň občas tuto potíží pociťilo). V zimním období se bolest hlavy, dle odpovědí, vyskytovala o 25 % méně.

V disertační práci je důraz zaměřen na nerovnoměrnou tepelně-vlhkostní složku a její vnímání skrz lokální tepelný pocit. Proto byl ve výzkumu zjišťován lokální tepelný pocit respondentů ve vybrané referenční dny pro léto a zimu. V letním období pociťovalo intenzivní pocit tepla na svém těle 12 % respondentů a v zimní období intenzivní pocit tepla zaznamenalo 10 % respondentů.

Stejná otázka byla položena i ohledně intenzivního pocitu chladu na části těla. V letní referenční den tento obtěžující jev zaznamenalo 56 % dotazovaných. Což je vzhledem k tomu, že se jedná o letní období, poměrně vysoké číslo kladných odpovědí. Mezi odpověďmi, o které konkrétní části na těle se jedná, zaznívala nejčastěji oblast hlavy, ramen, zátylku a chodidel. Aktuální intenzivní pocit chladu na části těla v zimní referenční den zaznamenalo 35 % dotazovaných (nejčastěji v oblasti hlavy, ramen, krku a občas i chodidel).

Pro lokální tepelný pocit byla zjišťována statistická významnost mezi mediány aktuální teploty vnitřního vzduchu t_a v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu chladu (na části těla). I přesto, že pro letní referenční den vykazoval v **Obr. 76** patrný rozdíl při odpovědích respondentů (nižší vnitřní teplota vzduchu evokovala odpovídat respondenty kladně), tak rozdíl nebyl v tomto případě signifikantní ($p=0,244$; Wilcoxon rank-sum test). Pro zimní referenční den byl rozdíl statisticky významný ($p=0,031$; Wilcoxon rank-sum test).

Jak víme z různých studií [65], [66] může v některých případech tepelný lokální diskomfort ovlivnit celkové vnímání tepelné pohody člověka. Fanger a kol. v jeho základní studii o teplotní radiační asymetrii [65] tvrdí, že lokální ochlazování

části těla častěji způsobuje nepohodlí než jeho lokální ohřívání. Např. chladné nohy byly příčinou mnoha stížností. Dále na základě výzkumu tvrdí, že chladný strop působí menší nepohodlí než teplý strop a podporuje tak tradiční doporučení „udržovat chladnou hlavu a teplé nohy“. Avšak výsledky této disertační práce ukazují, že pro velké procento respondentů byl obtěžující zejména „chladný padající vzduch“ z klimatizačního systému (indukční systém – CHIT) a stížnosti na obtěžující pocit chladu v oblasti hlavy, ramen a zátylku. Rozdíly jsou samozřejmě v systému chlazení, kde Fanger pro chlazení používal chladicí velkoplošné systémy (stěny, podlaha, strop) a zároveň udržoval prostředí teplotně neutrální dle potřeby pokusných osob, a to prostřednictvím zvyšování nebo snižování teploty vnitřního vzduchu. Proudění vzduchu bylo v experimentech konstantně nastaveno o hodnotě $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. U našeho příkladu z praxe ovlivňuje proudění, teplotu atd. hodně dalších faktorů [57]. Dále se jedná o velký kancelářský prostor, kam je potřeba distribuovat velké množství vzduchu pro velké množství lidí, kteří mají různé teplotní preference ve stejný okamžik.

Pro zachycení tepelných nerovnoměrností v prostoru byl, v návaznosti na výše uvedené skutečnosti, použit přístroj kulový stereoteploměr, abychom mohli vyhodnotit vliv teplotní asymetrie i na základě objektivního měření. Cílem bylo potvrdit si hypotézu, že lze tyto nerovnoměrnosti zachytit nejen prostřednictvím subjektivního hodnocení. Pro vyhodnocení měření se s stereoteploměrem byly hledány maxima a minima rozdílů stereoteplot a výsledných teplot $\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g)$ za určité časové období, a ty byly následně hodnoceny dle platné legislativy [30], [37] (viz odstavec **8.4.3**). Vyhodnocení ukázalo, že pro nalezené MIN a MAX hodnoty tepelného diskomfortu prostředí pokaždé vyhovělo (nebyla zachycena horizontální nerovnoměrnost), až na jednu výjimku. Tou bylo měření se STEREO C v letním období, kdy MAX rozdíl vyšel $3,28 \text{ }^\circ\text{C}$ a byl zde popsán i problém s posuzováním vůči chladnému/teplému povrchu.

Autorku dále zajímalo, jaký trend průměrné naměřené (vypočtené) hodnoty rozdílů, v daném prostoru, udávají. Ze zpracované statistiky lze vyčíst (**8.4.3.1**), že nejvyšší průměrné hodnoty se pohybovaly u STEREO S v letním období v rozmezí od $-0,17 \text{ }^\circ\text{C}$ do $0,25 \text{ }^\circ\text{C}$. Celkově však z hodnocení vyplývá, že se rozdíly $(t_{\text{stereo}} - t_g)$ nepohybovaly v hodnotách, které by během pracovní doby obtěžovaly nadlimitními hodnotami lokálního tepelného diskomfortu (objektivní

měření se stereoteploměrem). Hodnoty rozdílů teplot od $\pm 0,5$ °C až ± 1 °C se dají považovat za relevantní, kdy je člověk schopen tento obtěžující diskomfort pociťovat [55]. Avšak v závěrečném hodnocení diskomfortu byly naměřené hodnoty nad $\pm 0,5$ °C (či ± 1 °C) spíše výjimečné.

Další, co je třeba v tomto případě nutno bít v potaz, je samotné měření s přístrojem, kdy dle ČSN EN ISO 7726 [19] je požadovaná přesnost radiálních teplot udávána o hodnotě $\pm 0,2$ °C pro komfort, a ± 1 °C pro prostor s tepelnou zátěží. A nesmíme také opomenout nejistotu měření přístroje, která se pro kalibrovaný stereoteploměr pohybuje až k hodnotám $0,35$ °C (tj. dílčí relativní nejistota určená pro výpočet rozšířené nejistoty měření [56]). Oboje výše zmíněné bere v potaz i metodika [39], a z tohoto důvodu bylo také přistoupeno k zaokrouhlení hodnot rozdílů ($t_{\text{stereo}} - t_g$) v **Tab. 4**.

Ohledně subjektivního hodnocení stereoteploty v šetřeném prostoru bylo pracováno s lokálním tepelným pocitem respondentů a bylo použito k vzájemnému porovnání (**8.4.4**). Hodnocení lokálního tepelného pocitu ve vztahu k rozdílům ($t_{\text{stereo}} - t_g$) neprokázalo statistickou významnost u hodnocení prostřednictvím logistické regrese (na základě „tzv. obtěžujícího jevu“) a testu Wilcoxon rank-sum (posouzení středních hodnot mediánů). Pouze u aktuálního pocitu MIN rozdílu ($t_{\text{st},1-6} - t_g$) v závislosti na aktuálních pocitech CHLAD na části těla v zimní referenční den vyšel výsledek s hraniční signifikací ($p=0,11$; Wilcoxon rank-sum test). Nelze tedy v tomto případě tvrdit, že existuje vztah mezi naměřenými rozdíly pomocí stereoteplooměru a subjektivním pocitem osob v oblasti lokálního diskomfortu. Problém však může tvořit nedostatečný vzorek dat pro vyhodnocení tohoto problému (nízký počet vyplněných dotazníků a naměřených dat rozdílů ve stejnou chvíli).

Jako poslední diskutovaná oblast této práce je obecná spokojenost s vnitřním prostředím v budově, kde proběhlo měření (odst. **8.3.5.5**). Obecně byli dotazovaní spíše mírně až výhradně nespokojeni s vnitřním prostředím (odpovědi v letní referenční den). Nebyl zde nalezen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými sekcemi CHIT ohledně subjektivní spokojenosti (test ANOVA, $p=0,582$). Spokojenost osob s podmínkami VP na pracovišti se v zimní referenční den byla v odpovědích uvedena víceméně jako neutrální. Mezi sekcemi CHIT (č.

2, 3 a 6) nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v odpovědích subjektivní spokojenosti (test ANOVA, $p=0,54$).

Dále byl posuzován statistický rozdíl subjektivní spokojenosti v závislosti na pohlaví. Statisticky významný rozdíl mezi muži a ženami v letní referenční den však nebyl nalezen ($p > 0,05$; t-test). Můžeme tak říci, že ženy a muži byli podobně nespokojeni s podmínkami VP na pracovišti. Statisticky významný rozdíl mezi pohlavími nebyl nalezen ani v zimní referenční den ($p > 0,05$; t-test). Avšak u tohoto grafu může výsledek zkreslovat počet odpovědí – u žen: 3 odpovědi a mužů: 37 odpovědí. Tudíž nelze jednoznačně říci, že ženy byly „spokojenější s podmínkami VP“ než muži nebo byly podobně (ne)spokojené jako muži dle statistického výsledku.

Respondenti v doplňujících připomínkách k VP na konci dotazníků si stěžovali nejvíce v oblasti nevyhovující teploty, obtěžujícího proudění vzduchu, pocitu vydýchaného vzduchu, okolního rušivého hluku či na samotný klimatizační systém a jeho provoz (viz **Příloha D**). K tomuto je potřeba zmínit, že velké procento stížností „na klimatizaci“ bývá zástupným problémem jiných potíží osob ve vnitřním prostoru v budově (zde zaměstnanců). 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 [50], [67]. Z toho lze vyvodit, že žádným technickým opatřením (systémem větrání, klimatizace – vytápění) nelze zajistit spokojenost všech lidí v daném vnitřním prostředí [59]. Vždy bude nějaké, alespoň minimální, procento nespokojených osob.

9.1 Doporučení pro šetřený objekt

Doporučení a diskuze nad problémy, které vznikaly, či ještě stále přetrvávají do dnešních dnů, v prostoru s velkoprostorovými kanceláři, kde bylo měřeno pro tuto disertační práci:

- **Nadměrný chlad** (chlad, zejména padající seshora na hlavu a ramena)

Připomínky zaměstnanců indikují, že chlad je nepříjemný zejména v létě, kdy se musejí tepleji oblékat během svého pobytu v kanceláři (ačkoliv venku panuje letní počasí). I přesto lze konstatovat, že chladicí systém CHIT v budově pracuje celkem dobře. Systém se totiž aktivuje v případě, kdy je v dané sekci dosaženo

$t_{a, vzt} = 24 \text{ °C}$ (letní období) měřené prostřednictvím čidel. Problém se ukazuje v regulaci dodávky chladu na základě teplotního čidla pro celou regulovanou sekci. Jedna taková sekce dodává chlad pro cca 40 lidí a může docházet k podchlazení vzdálenější části sekce (prostřednictvím čidla, které celou sekci reguluje) na rozdíl od místa, kde je již chlazení potřeba a je zde dosaženo $t_{a, vzt} = 24 \text{ °C}$ (viz příklad v kapitole **8.3.2.1**).

Optimálním řešením by bylo na jednu sekci použít více čidel pro její regulaci a pro spuštění chlazení např. řízením pomocí průměrné teploty $t_{a, vzt}$.

Co se týká padajícího vzduchu seshora na hlavu a ramena - tento jev je vždy více obtěžující než stejné proudění ze strany na tělo, na které jsme „uzpůsobeni od přírody“ [3]. Takže v tomto ohledu vždy stížnosti pravděpodobně budou a řešením je nejvíce stěžující si osoby posadit tam, kde na ně nefouká přímo z chladícího trámu.

Důležitá je kontrola měřených teplot v prostoru, nemělo by docházet k podchlazování prostoru pod $t_a = 23,5 \text{ °C}$ (v létě).

- ***Někdy přehřívání prostoru nebo naopak nedostatečné vytápění***

Přehřívání prostoru se děje převážně na jihozápadní fasádě – tepelné zisky ze slunce, zejména v létě. Je důležité na toto reagovat zastíněním pomocí žaluzií. V současné době jsou ve 3. NP vnitřní žaluzie a ve 4. NP se nachází venkovní žaluzie (**Obrázek A-3, Příloha A**). Řešením by do budoucna mohlo být instalování automaticky řízených žaluzií (a ve 3. NP zvážit rovněž instalaci venkovních žaluzií, pokud je to možné).

Další doporučení, aby se prostor nepřehříval je, aby nebyla otevírána okna během spuštěné klimatizace. Dochází poté k problémům s klimatizačním systémem, kdy teplý vzduch z venku zvyšuje tepelnou nepohodu pracovníků (i přesto, že okna otevírají převážně z důvodu pocitu „vydýchaného vzduchu“ atp.).

Problémy s přehříváním prostoru byly také zaznamenány ve středových částech půdorysu (např. sekce 6 a 7), kde docházelo k nedostatečnému provětrávání a jsou zde navíc instalovány „servera a výpočetní stanice“ v blízkosti pracovních míst, které produkují další tepelnou zátěž v prostoru.

V neposlední řadě je problémem, že v prostoru pracuje od jeho rekonstrukce čím dál více pracovníků – a to obnáší i další přístrojovou techniku, která opět společně s novou osobou zvyšuje tepelné zisky v prostoru.

- **Teplotní podmínky neodpovídající ročnímu období**

Opět problém týkající se převážně regulace sekcí pomocí čidel (a kombinace předcházejících ovlivňujících faktorů). Problémem se navíc ukázalo nevhodné umístění některých čidel (teplotních senzorů) v prostoru, a to např. v koridoru namísto v blízkosti pracovních míst. Dále byla čidla částečně zakryta kancelářským nábytkem (viz. **Obr. 91**).



Obr. 91: Čidlo pro regulaci sekce CHIT je částečně zakryto nábytkem (vlevo) a jiné je umístěno v komunikačním koridoru (vpravo)

V zimním období v případě stížností na chlad byly zjištěny i nedostatky v uspořádání pracovního prostoru. Otopná tělesa byla v některých případech zakryta nábytkem a dalšími věcmi a je doporučeno tyto předměty odstranit, aby vytápění mohlo plnit svou funkci.

- **Pocit vydýchaného vzduchu – vliv nedostatečného provětrání**

Zaměstnanci byli také často obtěžováni pocitem vydýchaného vzduchu. I prostřednictvím měření rychlosti proudění vzduchu bylo zjištěno, že v cca 30 % případů (v různých sekcích) docházelo k rychlostem proudění vzduchu nižším než $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Příčina může být z mnoha důvodů. Jedním z nich je pravděpodobně i velká vzdálenost odtahových vyústek pro odvod odpadního

vzduchu, které jsou situovány až na odlehlých koncích - protilehlých rohů půdorysu (viz **Obr. 40**).

Dalším prvkem, který může přispívat k tomuto problému jsou instalované „protihlukové zavěšené panely“. Tyto akustické panely byly v minulosti instalovány z důvodu stížností na hluk, ale není jisté, jaký vliv mají na distribuci vzduchu v prostoru. V některých případech mohou být blokačním prvkem pro proudění vzduchu anebo naopak mohou přispívat k usměrnění padajícího vzduchu z chladících trámů, a způsobovat tak nežádoucí chladový diskomfort pracovníků (**Obr. 92**).



Obr. 92: Akustické panely zavěšené pod stropem v blízkosti chladících trámů

Pro zjištění, jaký vliv mají tyto panely pro distribuci vzduchu v prostoru se zapnutou VZT + chlazením, by musela být provedena kouřová zkouška a vyhodnotit, kde v prostoru vznikají problémová místa.

Pracovníci si dále stěžovali na vydýchaný vzduch převážně v dopoledních hodinách, po příchodu do budovy (popisovali jako „zatuchlý vzduch“, atp.). Toto by mohlo vyřešit přirozené provětrání prostoru pomocí aerace – otevřít před pracovní dobou všechna okna a zapnout odtahové ventilátory u světlíku, a tím by byl přiveden čerstvý vzduch z venku do budovy. Je k tomu potřeba i dostatečného venkovního rozdílu venku vs. uvnitř. Efekt to tedy pravděpodobně nebude mít v letní dny, kdy v noci nastanou tzv. tropické noci. Tento postup je doporučen vyzkoušet v přechodových obdobích, kdy teplota nad ránem je do 12-15 °C a přes den vystoupá k vyšším hodnotám (až ke 25-30 °C). A na závěr zhodnotit, zda tento postup má přínos nebo naopak vliv na „pocit vydýchaného vzduchu“ po ránu nemá.

- **Obtěžující proudění vzduchu / průvan**

Obtěžující proudění vzduchu nebylo sice měřením prokázáno, ale zřejmě se jedná o podobná místa jako např. nacházející se v blízkosti odtahových vyústek pro odvod odpadního vzduchu (viz **Obrázek A-5, Příloha A**), kde může vznikat díky odvodu vzduchu z celé půlky půdorysu nepříjemný průvan. Tento problém, ale nejde lehce řešit, protože jde o stávající konstrukční řešení. Musela by se předělat celá koncepce odtahového systému, popř. klimatizačního systému jako takového.

Dále problém může být v zaměňování obtěžujícího průvanu v podobě „padajícího chladného vzduchu“ na hlavu, krk a ramena či proudění v oblasti kotníků, což jsou části těla náchylnější na tento obtěžující faktor. Pro toto tvrzení však není změřeno dostatečné množství dat pro vyhodnocení problému.

- **Odkap kondenzátu z chladících trámů**

Předcházení problému s odkapem z chladících trámů se musí postupovat následujícím způsobem: povrchové teploty musí být nad teplotou rosného bodu (nesmí tedy dojít k podchlazení stěn na tuto teplotu). Musí být dostatečně odvlhčen primární vzduch (měřit a kontrolovat prostřednictvím čidel na vlhkost, nejlépe přímo u trámů). Pokud by byla měřena i vlhkost vzduchu pro trámce (tam i zpět) lze pak systém dle této veličiny regulovat. Při vzniku kondenzace by se měly okamžitě uzavřít ventily. Na místě je jistě i důsledné vyžadování omezení větrání okny během pracovního dne (otevřená okna jinak narušují funkci klimatizačního systému).

- **Systém VZT s indukčními jednotkami**

V budově byl systém instalován v roce 2005 po rekonstrukci 3. a 4. NP. Je to již 13 let od instalace a je třeba pamatovat na to, že každý systém má své limity, na které byl navržen. Projektant dostane zadáno, co v objektu bude umístěno, přibližný navrhovaný počet osob v prostoru, konstrukci budovy, její umístění a další mantinely a na základě těchto vstupů je zhotoven návrh / projekt. Jakýkoliv zásah – např. velké navýšení osob, nebo diametrálně jiné konstrukční řešení

v prostoru, které nerespektuje původní návrh, popř. zásah do systému samotného, může způsobovat problémy klimatizačního a větracího systému do budoucna.

Nejkrajnější (popř. nejnákladnější) řešení celé situace je následovné:

- a) Přesazení osob na jiná místa, při vysokém a opakovaném procentu stížností,
- b) STOP stav umístování nových zaměstnanců do stávajících prostor velkoprostorových kanceláří,
- c) Přesnou distribuci vzduchu na pracovišti zjistit prostřednictvím kouřové zkoušky a vyvodit z toho závěry možných opatření,
- d) Problém s příliš velkou sekci (tj. čidlo regulace řídí příliš velkou sekci pro cca 40–50 osob). Do systému přidat další čidla, co sekci budou regulovat – použití průměru na spuštění chlazení,
- e) Rekonstrukce (předělání) celého VZT / klimatizačního systému na vhodnější pro tento prostor.

9.2 Limity disertační práce

V rámci prezentované disertační práce je třeba uvést i její limity:

- Omezené možnosti měření s přístroji. K dispozici byl limitovaný počet dataloggerů, čidel na měření rychlosti proudění vzduchu a také bylo omezené (dané podmínkami v kancelářích a spoluprací s facility managementem objektu), kam lze přístroje během měření umístit. Pro podrobnější vyhodnocení by bylo vhodné použít větší počet měřících přístrojů pro mikroklimatické podmínky, rozmístěných rovnoměrně v obou nadpodlažích a ve všech sekcích.
- Nebyla měřena vertikální nerovnoměrnost a proudění vzduchu u kotníků, kvůli nedostatku čidel (kulový teploměr pro měření výsledné teploty KT ve výšce kotníků a anemometr pro měření rychlosti proudění vzduchu tamtéž).
- U jednoho stereoteploměru došlo k částečné ztrátě dat, kvůli vadnému čidlu. Bylo vyřešeno během jednoho týdne.

- Nebyla z technických důvodů k dispozici data z měření regulace od provozovatele (jednotlivých sekcí, t_a , vzt) pro zimní období. A nemohla tak být provedena analýza jako v odstavci **8.3.2.1**.
- Nebyly úplně optimální podmínky venkovních teplot při měření v letním období. Teploty odpovídaly spíše počínajícímu přechodnému období do podzimu. I přesto se podařilo za referenční den zvolit jeden z nejteplejších dnů, kdy bylo zároveň vyplněno nejvíce dotazníků.
- Vzhledem k počtu zaměstnanců na jednom patře (cca 200 lidí) byla návratnost dotazníku velmi nízká, a to především v letním období (20 %). V zimním období byl počet vyplněných a zpět vrácených dotazníků vyšší (38 %). Ale i přesto může docházet ke zkreslení výsledků, které mají vliv i na statistickou významnost posuzovaných výstupů. Je třeba opět upozornit na to, že se jednalo o dobrovolný akt jedince, zda dotazník vyplní, či ne.
- Studie je založena na jedné větší analýze v administrativním kancelářském objektu. Ale pro vyšší objektivitu by chtělo kulový stereotepploměr vyzkoušet i v dalších prostorách, kde by mohl být problém s nerovnoměrným tepelným diskomfortem (jiná pracoviště, jiný ventilační systém atd.). A to pro potvrzení, či vyvrácení hypotéz vyplývajících ze závěrů této disertační práce a diskutování o jeho případném rozšíření použití v praxi.

10 Závěr

Disertační práce je ve svém úvodu zaměřena na popis podmínek tepelné pohody člověka ve vnitřním prostředí. Popsána byla zejména oblast nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu. Byl představen přístroj, kulový stereoteploměr, který umožňuje měřit všesměrové působení sálání a je částí rovnice tepelné bilance. Přístroj je založen na principu společného účinku radiace a konvekce. Lze s ním měřit jak výslednou teplotu kulového teploměru, tak i veličinu stereoteploty, která je alternativou k měření radiační teplotní asymetrie (RTA). Což bylo popsáno v této práci prostřednictvím základního výzkumu prof. Jokla a prof. Jiráka (v kapitole 5.2).

Použití stereoteploměru je legislativně podloženo v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. (ve znění NV č. 93/2012 Sb.), a to v části tepelně-vlhkostního mikroklimatu s nerovnoměrnou tepelnou zátěží (pro třídy práce I a IIa). Studie kriticky nahlíží na tuto část nařízení vlády, která se stereoteplotou pracuje, a shrnuje poznatky, upozorňuje na chyby v současné legislativě, popř. nabízí změny k přehlednějšímu použití nařízení vlády, pokud by se uvažovalo o úpravách předpisu.

Pro hodnocení prostřednictvím stereoteploty byly uvedeny příklady, jak s ní prostřednictvím stávajících předpisů pracovat. Tyto příklady hodnocení byly použity na závěrečné vyhodnocení v praktické části disertační práce.

Z měření v experimentální kabině (uvedeno v kapitole 6) vyplynulo, že stereoteploměr dobře reaguje na teplotní změny v prostředí, zvláště v případě nastavení povrchů, kdy je přítomen významný zdroj sálavého tepla (či chladu). Z tohoto pozorování bylo vycházeno do praktických měření v terénu. Avšak již při měření v laboratoři nebylo při mírném tepelném mikroklimatu dosaženo extrémních minimálních či maximálních rozdílů mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru. Cílem dalšího měření bylo zjistit, jak často se reálném prostoru podobné rozdíly objevují.

Následně byl vybrán a představen administrativní objekt, kde bylo autorce umožněno měřit během pracovní doby. Jedná se o dvě patra velkoprostorových kanceláří s klimatizačním systémem chladících indukčních trámčů. V této budově bylo provedeno objektivní a subjektivní měření vnitřního mikroklimatu

během letního a zimního období. Výsledky z těchto období byly analyzovány a mezi sebou porovnávány.

Výsledky subjektivního hodnocení ukázaly na problémy s tepelnou pohodou osob. V letním období cítí významná část pracovníků na pracovišti chlad. Nejčastější připomínky se týkaly obtěžujícího proudění vzduchu, „padajícího“ studeného vzduchu na hlavu, krk a ramena (z klimatizačního systému), vydýchaný vzduch a další problémy spojené tepelně-vlhkostním mikroklimatem. Chlad byl pro zaměstnance nepříjemný zejména v letním období, kdy byla (dle dotazníků) horší situace s pocitovou teplotou v prostoru v dopoledních hodinách – během dne pak postupně stabilizováno. Byla dále zjišťována subjektivní spokojenost respondentů s aktuálními tepelnými pocity (horko; teplo; mírně teplo; neutrálně; mírně chladno; chladno; zima) tzn. *příjemnost* těchto pocitů pro respondenty. Mezi těmito posuzovanými jevy byl nalezen statisticky významný vztah.

Analýza a hodnocení tepelného komfortu prostřednictvím objektivního měření ukázala na podkročení min. limitů teploty vnitřního vzduchu t_a a i výsledné teploty kulového teploměru t_g dané nařízením vlády [36], a to jak v zimním, tak i v letním období. K překračování max. hodnoty dané vyhláškou v létě nedocházelo. Další problémy byly zjištěny změřením nízké relativní vlhkosti v zimě a prakticky nulové rychlosti proudění vzduchu v obou měřených obdobích (pro $v_a = 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byla frekvence podkročení této hodnoty v 30–40 % měřených případech).

Obecná (ne)spokojenost s podmínkami vnitřního prostředí na pracovišti v létě byla mírná až výhradní (nespokojenost) a v zimě byl tento pocit pro respondenty spíše neutrální. Vztah, mezi spokojeností s podmínkami na pracovišti a jednotlivými sekcemi CHIT v obou obdobích, nebyl statisticky významný. Významný statistický rozdíl nebyl nalezen ani v odpovědích u porovnání mezi muži a ženami, ale zde nebylo pro relevantní vyhodnocení k dispozici potřebné množství dat.

V závěrečné experimentální části byl objektivně i subjektivně hodnocen vliv teplotní asymetrie prostřednictvím kulového stereoteploměru. Pro vyhodnocení měření se s stereoteploměrem byla hledána maxima a minima rozdílů stereoteplot a výsledných teplot $\Delta(t_{\text{stereo}} - t_g)$ za určité časové období, a ty byly následně hodnoceny dle platné legislativy [30], [37]. Vyhodnocení ukázalo, že pro

nalezené MIN a MAX hodnoty tepelného diskomfortu prostředí pokaždé vyhovělo (nebyla zachycena horizontální nerovnoměrnost), až na jednu výjimku. Tou bylo měření se STEREO C v letním období, kdy MAX rozdíl vyšel 3,28 °C a je zde popsán i problém s posuzováním vůči chladnému/teplému povrchu.

Trend naměřených (vypočtených) rozdílů celkově udával, že se v mírném tepelném mikroklimatu nevyskytují extrémně vysoké ani nízké hodnoty, jinými slovy, nebyly zde naměřené výrazné horizontální nerovnoměrnosti zachycené pomocí stereoteplooměru. K vzájemnému porovnání se subjektivními pocity respondentů, kdy dle dotazníků k diskomfortu docházelo (lokální tepelný pocit) hodnocení neprokázalo statistickou významnost. Pouze u aktuálního pocitu MIN rozdílu ($t_{st,1-6} - t_g$) v závislosti na aktuálních pocitech CHLAD na části těla v zimní referenční den vyšel výsledek s hraniční signifikací. Na základě tohoto vyhodnocení však nelze tvrdit, že existuje vztah mezi naměřenými rozdíly pomocí stereoteplooměru a subjektivním pocitem osob v oblasti lokálního diskomfortu. Problém však může tvořit nedostatečný vzorek dat pro vyhodnocení tohoto problému (nízký počet vyplněných dotazníků a naměřených dat rozdílů ve stejnou chvíli).

Na základě výsledků zjištěných v experimentální části této disertační práce byla ověřena využitelnost přístroje pro měření praxi. Prostřednictvím objektivního měření se stereoteploměrem nebylo zjištěno, že by v měřeném prostoru vznikaly lokální extrémy způsobující problémy v oblasti nerovnoměrného tepelně-vlhkostního mikroklimatu (i přesto, že nepříjemný lokální tepelný pocit byl často respondenty uváděn v dotazníkovém šetření). Avšak pro ověření tohoto závěru by bylo třeba provést referenční měření i v dalších prostorech.

Je třeba opět zdůraznit, že nařízení vlády [36], [30] v současné době uvádí pouze tabulky pro třídy práce I a IIa v oblasti nerovnoměrné tepelné zátěže. Pro vyšší třídy práce v tuto chvíli neexistují experimenty podložená a vyhodnocená měření s kulovým stereoteploměrem. Což by v případě zaměstnání, kde se prokazatelně pracuje v prostředích s častěji vznikající tepelnou asymetrií (haly, výroby, pekárny atp.) bylo jistě více žádoucí. Nyní jsou k dispozici pouze tabulky pro nízkoenergetické práce (např. administrativní pracoviště), kde je měřeno vnitřní prostředí bez těchto výraznějších lokálních diskomfortních zón (vztaženo k měřitelnosti přístrojem). I na základě těchto poznatků je potřeba revize předpisu

NV č. 361/2007 Sb. (NV č. 93/2012 Sb.) a následné úpravy a změny v něm, které budou přijatelné pro měření v praxi (zejména pro odborníky z hygienické praxe, kteří s tímto předpisem pracují). Doporučením této práce je tedy zvážit, zda stávající úprava v části tepelně-vlhkostního mikroklimatu s nerovnoměrnou tepelnou zátěží je na místě, anebo stereoteploměr užívat spíše v případě nesporně vznikajících nerovnoměrností v prostoru jako dobrovolnou podpůrnou formu (ověření stereoteploměrem, který nerovnoměrnosti dokáže svou citlivostí zachytit). A to do té doby, než by byly prostřednictvím dalšího výzkumu podložené výsledky i pro vyšší třídy práce. Protože myšlenka měření lokálního diskomfortu v budovách není okrajovou záležitostí, ale skutečný problém, kterým je potřeba se zabývat.

Literatura

1. **Choi, J., Aziz, A., Loftness, V.** Decision Support for Improving Occupant Environmental Satisfaction in Office Buildings: The Relationship Between Sub-set of IEQ Satisfaction and Overall Environmental Satisfaction. *Healthy Buildings: Proceedings of the 9th International Healthy Buildings Conference and Exhibition*. New York : Syracuse, 2009. p. 747.
2. **Centnerová, L.** *Tradiční a adaptivní model tepelné pohody*. Praha : Doktorská disertace. ČVUT Fakulta stavební, 2001. 94 s., 2 příl.
3. **Chyský, J., Hemzal, K.** *Větrání a klimatizace*. Praha : 490 s., 1993. ISBN: 80-901574-0-8.
4. **Mathauserová, Z.** Státní zdravotní ústav. *Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť*. [Online] 2007. [Citace: 25. 05 2015.] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>.
5. **Fanger, P.O.** *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. New York : McGraw-Hill, 1970. ISBN: 978-80-01-04318-9.
6. **Vacíková, T.** *Vzduchotechnika v administrativní budově moderní architektury*. Praha : Diplomová práce. ČVUT Fakulta stavební, 2011. 110 s., 1 příl.
7. **Zuská, L.** *Hodnocení vnitřního prostředí pomocí kulového stereoteplooměru*. Praha. Diplomová práce : ČVUT, Fakulta stavební, 2010.
8. **Kosonen, R., Tan, F.** Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index. *Energy Buildings*. 36, 2004, p. 987-993.
9. **Doležilková, H.** TZB-info. <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>. [Online] [Citace: 11. 11 2014.]
10. **EN ISO 7730, Standard.** Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local comfort criteria. 2005.
11. **Olesen, B. W.** Guidelines For Comfort. místo neznámé : ASHRAE Journal, August 2000. s. 41-46.
12. **Bluysenn, P. M.** *The Indoor Environment Handbook: How to Make Buildings Healthy and Comfortable*. Earthscan : London, 2009.
13. **Jokl, M. V.** *Přirozená klimatizace*. Brno : ERA, 2004. 81 s. ISBN 80-86517-84-5.
14. **Chrenko, F.A.** *Bedford's Basic Principles of Ventilation and Heating*. London : HK Lewis and co, 1974.
15. **Jokl, M. V.** The stereothermometer - A New Instrument for Hygrothermal Constituent Non-uniformity Evaluation. *ASHRAE Transactions*. 96, 1990, 3435, p. 13 - 18.
16. **Fanger, P.O., Banhidi, L., Olesen, B. W., Langkilde, G.** Comfort Limits for Heated Ceilings. *ASHRAE Transactions*. 86, 1980, 2. p. 141 - 156.
17. **McIntyre, D. A.** The Thermal Radiation Field. *Building Science*. 9, 1974, p. 247 - 262.
18. **Zmrhal, V.** *Sálavé chladicí systémy*. Praha : ČVUT, 2009. p. 217. ISBN 978-80-01-04318-9.

19. **ČSN EN ISO 7726, Standard.** Ergonomie tepelného prostředí - Přístroje pro měření fyzikálních veličin. ČNI. 2002.
20. **Jokl, M. V.** Hygrothermal Microclimate: New System for Evaluation of Non-uniformity. *Building Services Engineering Research and Technology*. 4, 1992, 13, p. 225 - 230.
21. **Jokl, M.V., Malý, S., Jiráček, Z., Tomášková, H. a Šebesta, D.** BOZPinfo. *Instrument developed in Occupational Safety Research Institute in Prague*. [Online] 25. 09 2008. [Citace: 2. 11 2015.] <https://www.bozpinfo.cz/josra/globe-stereothermometer-new-instrument-developed-occupational-safety-research-institute-prague>.
22. **Bernatíková, Š., Malý, S.** BOZPinfo. *Vliv nerovnoměrné tepelné zátěže na tepelnou pohodu člověka, měření stereoteploměrem*. [Online] 2007. [Citace: 18. 02 2014.] http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/tema_tydne/stereoteplomer07.html.
23. **Katedra, TZB.** TZB Katedra. *tzb.fsv.cvut*. [Online] 19. 04 2013.
24. **Lidáková, J.** Měření fyzikálních složek ŽP. *jana-lidakova.xf*. [Online] 2009. [Citace: 21. 04 2013.] <http://jana-lidakova.xf.cz/files/cidla.pdf>.
25. **ANSI/ASHRAE 55-2017, Standard.** Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2017.
26. **ČS EN 15 251, Standard.** Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. 2011.
27. **Zákon č., 258/2000 Sb.** , o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Sbírka zákonů ČR.
28. **Zákon č., 267/2015 Sb.,** kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.
29. **Vyhláška č., 6/2003 Sb.** , kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Sbírka zákonů ČR.
30. **Nařízení vlády č., 93/2012 Sb. (novelizace č. 246/2018 Sb.)** , kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010. Sbírka zákonů ČR.
31. **Nařízení vlády č., 68/2010 Sb.** , kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb. se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Sbírka zákonů ČR.
32. **Jokl M.V., a kol.** Komplexní způsob hodnocení mikroklimatu budov na základě odezvy lidského organismu. Část 2.6: Návrh novely mikroklimatické části vládního nařízení č. 68/2010. *Vytápění větrání instalace*. Praha : STP, září 2011. Roč. 44, č. 5. p. 38-40.
33. **Jokl, M. V., Kabele, K., Jordán, F.** A Methodology for the Comprehensive Evaluation of the Indoor Climate Based on Human Body Response. Part 2.1: Hygrothermal Microclimate Evaluation Based on Human Physiology. *ASHRAE Transactions*. 2011. Vol 117, Part 1.

34. **Jirák, Z., Jokl, M. V., Jiráková, H., Bajgar, P.** Long-term and short-term tolerable work-time in a hot environment: the limit values verification. *International Journal of Environmental Health Research*. 1997. Vol. 7, p. 33-46.
35. **Jirák, Z., Jokl, M., a kol.** Nový přístup k hodnocení tepelně vlhkostních podmínek na pracovišti. *Pracovní lékařství*. 2012. č. 1, s. 23-31.
36. **Nařízení vlády č., 361/2007 Sb.**, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Sbírka zákonů ČR.
37. **Věstník, MZ ČR 2013.** Metodický návod na měření a hodnocení mikroklimatických podmínek na pracovišti a vnitřního prostředí staveb. *Ministerstvo zdravotnictví*. [Online] prosinec 2013. [Citace: 17. 09 2014.] https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c8/2013_8527_2793_11.html. roč. 2013, částka 8.
38. **Vyhláška MZ SR č., 544/2007 Z.**, o podrobnostiach o ochrane zdravia pred záťažou teplom a chladom pri práci. Sbírka zákonů Slovenské republiky.
39. **Věstník, MZ ČR 2009.** Metodický návod Měření mikroklimatických parametrů pracovního prostředí a vnitřního prostředí staveb. *Ministerstvo zdravotnictví*. [Online] březen 2009. [Citace: 16. 09 2014.] http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c_3624_1779_11.html. roč. 2009, částka 2.
40. **Jokl, M.V., Jirák, Z., Kabele, K., Malý, S., Tomášková, H., Zuská, L.** Komplexní způsob hodnocení mikroklimatu budov na základě odezvy lidského organismu. Část 2.5 Hodnocení neuniformního tepelně-vlhkostního mikroklimatu (tepelně-vlhkostní asymetrie). *Topenářství, instalace*. 2011. č. 7, s. 26-35.
41. **Jokl, M. V.** *Human performance and environment level*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02216-2.
42. **Prokšová Zuská, L., Kabrhel, M.** A method for evaluation of non-uniform radiant-convective load on human body during mental work. *Acta Polytechnica*. 2017, Sv. 57, 5, s. 340-347.
43. **Jokl, M.V.** A Methodology for the Comprehensive Evaluation of the Indoor Climate Based on the Human Body Response, Part 2.2 Hygrothermal Microclimate Evaluation Based on Human Body Psychology. *ASHRAE Transactions*. 2011. Vol. 116, part 2.
44. **Jokl, M. V.** Komplexní způsob hodnocení mikroklimatu na základě odezvy lidského organismu. Část 2.3: Přípustná rozmezí operativních teplot. *Topenářství, instalace*. 2011. Sv. 45, Roč. 45, č. 7, s. 44-46.
45. **prEN 4666:2009, Standard.** Aerospace Series - Aircraft Integrated Air Quality And Pressure Standards, Criteria And Determination Methods. 2009.
46. **Wikipedia.** Wikipedia.org. [Online] 2014. [Citace: 08. 08 2014.] https://en.wikipedia.org/wiki/Collocation_method.
47. **Frontzak, M., Vither Andersen, R., Wargocki, P.** Questionnaire survey on factors influencing comfort with indoor environmental quality in Danish housing. *Building and environment*. 2012, 50, pp. 55-64.
48. **Pavlík, T., Dušek, L.** *Biostatistika*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2012. 978-80-7204-782-6.

49. **Földváry, V.** *Assessment of indoor environmental quality in residential buildings before and after renovation.* Bratislava. Ph.D. thesis : STU, Faculty of Civil Engineering, 2016.
50. **Brightman, H. S. and Moss, N.** Sick building syndrome studies and the compilation of normative and comparative values. *Indoor air quality handbook.* USA : McGraw-Hill, 2001.
51. **EPA, U.S.** epa.gov. *Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome.* [Online] 2010. [Citace: 11. 02 2016.] <http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html>.
52. **Health Service Executive, (HSE).** hse.gov.uk. *Thermal Comfort.* [Online] 2011. [Citace: 12. 02 2016.] <http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/index.htm>.
53. **Vyhláška č., 20/2012 Sb.** , kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Sbírka zákonů ČR.
54. **Mathauserová, Z., Lajčíková, A., Čánská, M.** Problematika tepelného diskomfortu velkoprostorových pracovišť. 16. *Konferencia Vnútorná klima budov.* Štrbské pleso : SSTP, 2005. ISBN 80-89216-05-6.
55. **Mishra A.K., Loomans, M.G.L.C., Hensen, J.L.M.** Thermal comfort of heterogeneous and dynamic indoor conditions - An overview. *Building and Environment.* 109, 2016, p. 82-100.
56. **Kreidl, M.** *Měření teploty. Senzory a měřící obvody.* Praha : BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-154-4.
57. **Pejtersen, J., Allermann, L., Kristensen, T. S., Poulsen, O. M.** Indoor climate, psychosocial work environment and symptoms in open-plan offices. *Indoor Air - International Journal of Indoor Environment and Health.* 16, 2006, Sv. 5, p. 392-401.
58. **Jensen, K. L., Arens, E., Zagreus, L.** Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupants surveys. *Conference: Indoor Air 2005.* Beijing : autor neznámý, 2005, 4-9 September. p. 2401-2405.
59. **Mathauserová, Z., Lajčíková, A.** Vliv změny využití vnitřního prostoru na parametry vnitřního prostředí. 17. *konferencia Vnútorná klima budov.* Tatranská Lomnica : SSTP, 2006. ISBN 80-89216-12-9.
60. **Andersson, L.O., Frisk, Löfstedt, B., et al.** Human responses to dry, humidified and intermittenly humidified air in large office buildings. *Swedish Building Research Document Series.* Stockholm : BFR, 1975. D11/75.
61. **Wyon, D., Fang, L., Lagercrantz, L., Fanger, P.O.** Experimental Determination of the Limiting Criteria for Human Exposure to Low Winter Humidity Indoors. *HVAC & R Research.* 12, 2006, Sv. 2, p. 201-213.
62. **Fang, L., Wyon D.P., Fanger, P.O.** Sick Building Syndrome Symptoms Caused by Low Humidity. *Proceedings of Healthy Buildings.* 3, 2003, p. 1-6. Singapore.
63. **Strom-Tejse P., Wyon, D.P., Lagercrantz, L. Fang, L.** Passenger evaluation of the optimum balance between fresh air supply and humidity from 7-hour exposures in a simulated aircraft cabin. *Indoor Air.* 17, 2007, Sv. 2, p. 92-108.
64. **Lowen, A.C., Mubareka, S., Steel, J., Palese, P.** Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathogens.* 3, 2007, no. 10. e151.

65. Fanger, P.O., Ipsen, B.M., Langkilde, B. W., Olesen, B.W., et al. Comfort Limits for Asymmetric Thermal Radiation. *Energy and Buildings*. 8, 1985, p. 225-236.
66. Zhang, H., Huizenga, C., Arens, E., Wang, D. Thermal sensation and comfort in transient non-uniform thermal environments. *European Journal of Applied Physiology*. 92, 2004, p. 728-733.
67. Lan, L., Wargocki, P., Wyon, D.P., Lian, Z. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air*. 21, 2011, p. 376-390.

Vlastní publikační činnost

- Recenzované články v periodiku (databáze Scopus, či WoS)

Prokšová Zuská, L.; Kabrhel, M. Měření a hodnocení tepelně-vlhkostního mikroklimatu v budově s velkoprostorovými kancelářemi a klimatizačním systémem indukčních jednotek. *Vytápění, Větrání, Instalace*. 2018, 3(27), 154-160. ISSN 1210-1389.

Prokšová Zuská, L.; Kabrhel, M. A Method for Evaluation of Non-Uniform Radiant-Convective Load on Human Body during Mental Work. *Acta Polytechnica*. 2017, 57(5), 340-347. ISSN 1210-2709. DOI: [10.14311/AP.2017.57.0340](https://doi.org/10.14311/AP.2017.57.0340)

- Recenzované články v periodiku

Jokl, M.; Jiráček, Z.; Kabele, K.; Malý, S.; Tomášková, H.; Zuská, L. Komplexní způsob hodnocení mikroklimatu budov na základě odezvy lidského organismu, Část 2.5 Hodnocení neuniformního tepelně-vlhkostního mikroklimatu (tepelně-vlhkostní asymetrie). *Topenářství, instalace*. 2012, 46(1), 26-34. ISSN 1211-0906.

- Sborníky konferencí (zařazené v databázi Scopus)

Zuská, L.; Kabrhel, M. Use of a Stereothermometer for Measuring in Open Plan Offices During Summer Period. In: *Healthy Buildings 2015 Europe Conference proceedings*. Eindhoven: TU Eindhoven, 2015. ISBN 978-90-386-3889-8.

Zuská, L.; Kabrhel, M. New Method for Evaluation of Non-uniform Indoor Environment. In: *Proceedings of Indoor Air 2014*. Hong Kong: Department of Mechanical Engineering, the University of Hong Kong, 2014. ISBN 978-962-85138-6-4.

- Sborníky konferencí

Prokšová Zuská, L. Subjektivní hodnocení osob pracujících ve vnitřním prostředí velkoprostorových kanceláří. In: *Letní škola TZB 2017 - Technická zařízení pro zdravé vnitřní prostředí v energeticky úsporných administrativních budovách*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. pp. 51-60. ISBN 978-80-02-02743-0.

Prokšová Zuská, L.; Kabrhel, M. The Hygrothermal Survey in Reconstructed Office Building with Chilled Beams System. In: *CLIMA 2016 - proceedings of the 12th REHVA World Congress: volume 9*. Aalborg: Aalborg University, 2016. ISBN 87-91606-34-9.

Zuská, L.; Kabrhel, M. Měření a hodnocení mírného tepelného mikroklimatu během letního období v budově s velkoprostorovými kancelářemi. In: *Zborník prednášok z 25. vedeckej konferencie Vnútná klíma budov 2014*. NITRA: SSTP - Slovenská spoločnosť pro techniku prostředí, 2014. pp. 49-54. ISBN 978-80-89216-67-3.

Lipczynska, A.; Bartosz, M.; Kaczmarczyk, J.; Zuská, L.; Melikov, A.K. Impact of Personalized Ventilation Combined with Chilled Ceiling on Eye Irritation Symptoms. In: *New ventilations strategies with base in active and passive technology in building and for comfort in airplanes*. Sao Paulo: Institute for Technology Research - IPT and Jovem Benedicto de Moraes, 2014. pp. 190-197. ISBN 978-85-68864-00-5.

Zuská, L.; Kabrhel, M. Use of Stereothermometer for Measuring in Non-uniform Hygrothermal Conditions. In: *New ventilations strategies with base in active and passive technology in building and for comfort in airplanes*. Sao Paulo: Institute for Technology Research - IPT and Jovem Benedicto de Moraes, 2014. pp. 268-276. ISBN 978-85-68864-00-5.

Jiráček, Z.; Jokl, M.; Tomášková, H.; Zuská, L.; Judasová, Z.; Bernatíková, Š. Hodnocení nerovnomerného tepelně-vlhkostního mikroklimatu. In: *Životné podmienky a zdravie*. Bratislava: Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky, 2013. pp. 310-319. ISBN 978-80-7159-215-0.

Zuská, L.; Kabrhel, M. A Stereotemperature - The Value for Evaluation Non-Uniformity of the Indoor Environment. In: *INDOOR ENVIRONMENT AND ENERGY PERFORMANCE OF HVAC-R SYSTEMS IN BUILDINGS*. NITRA: SSTP - Slovenská spoločnosť pro techniku prostředí, 2013. pp. 115-122. ISBN 978-80-89216-59-8.

Zuská, L. Irregular Radiant-Convective Load Evaluation in Indoor Environment. In: *Clima 2013 - 11th REHVA World Congress & 8th International Conference on IAQVEC - "Energy Efficient, Smart and Healthy Buildings"*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2013. 1 st. Edition, June 2013. ISBN 978-80-260-4001-9.

Zuská, L. Stereoteplota - veličina k hodnocení tepelné nerovnomernosti vnitřního prostředí. In: *9. Mezinárodní konference Zdravé domy 2013*. Brno: Tribun EU s.r.o., 2013. pp. 139-146. ISBN 978-80-214-4737-0.

Zuská, L. Hodnocení nerovnomerného tepelně-vlhkostního mikroklimatu pomocí stereoteploty. In: *Sborník konference Progress 2013*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-2972-2.

Zuská, L. Stereoteplota - veličina pro hodnocení nerovnomernosti tepelné zátěže v budovách. In: *Juniorstav 2013 Sborník anotací*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2013. pp. 96. ISBN 978-80-214-4669-4.

Zuská, L. Vnitřní prostředí v "nulových budovách" a novinky v hodnocení tepelně-vlhkostního mikroklimatu. In: *10. Letní škola TZB 2012*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2012. pp. 85-93. ISBN 978-80-02-02396-8.

Zuská, L. Hodnocení vnitřního prostředí v budovách s téměř nulovou spotřebou energie. In: *Sborník přednášek 9. Letní školy TZB 2011*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2011. pp. 113-120. ISBN 978-80-02-02334-0.

Seznam obrázků

Obr. 1: Parametry ovlivňující pocit tepelné pohody, [6].....	5
Obr. 2: Složky interního mikroklimatu, [9]	6
Obr. 3: Přístroj Indoor Climate Analyzer type 1213, [16]	9
Obr. 4: Kulový stereoteploměr v sestavě se sondami pro měření suché teploty a rychlosti proudění vzduchu	11
Obr. 5: Schéma kulového stereoteploměru, [21].....	12
Obr. 6: Příklad průběhu jednotlivých stereoteplot vynesných v grafu, [7].....	13
Obr. 7: Schéma kabiny s umístěním přístrojů, 1- kulový teploměr (v sestavě s anemometrem a čidlem teploty/vlhkosti), 2 – kulový stereoteploměr, [7]	14
Obr. 8: Průběh křivky ustalování čidel stereoteploměru (zprůměrovaná hodnota t_g'), [7]	16
Obr. 9: Doporučené výšky měření stojící a sedící osoby, [18].....	25
Obr. 10: Přípustné hodnoty nastavení MKL podmínek v tabulce 3 - NV č. 93/2012 Sb.	27
Obr. 11: Přípustné hodnoty nastavení MKL podmínek – tabulka z odborného článku v časopise Pracovní lékařství [35].....	28
Obr. 12: Tabulka č. 2 v NV 93/2012 Sb. – Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou přirozeně větraném, na pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání	28
Obr. 13: Tabulka č. 3 v NV 68/2010 Sb. - Požadavky na MKL podmínky na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou po celý kalendářní rok [25].....	29
Obr. 14: Tabulka č. 4 v NV 93/2012 Sb. – Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru [$\Delta (t_{st} - t_g)$].	30
Obr. 15: Přípustné rozdíly stereoteplot a globoteplot pro kategorie A, B, C a výsledné teploty kulového teploměru: 19 – 25 °C, [40].....	30
Obr. 16: Tabulka č. 5 v NV 93/2012 Sb. - Přípustné vertikální rozdíly mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy (t_g) a na úrovni kotníků	32
Obr. 17: Přípustný pokles mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy ($t_{g, \text{hlava}}$) a na úrovni kotníků ($t_{g, \text{kotník}}$) pro výslednou teplotu kulového teploměru na úrovni hlavy 19–25 °C, [34].....	32
Obr. 18: Grafy rovnic přípustných teplot vertikálních rozdílů mezi kotníky a hlavou pro kategorie A, B a kategorii C	33

Obr. 19: Korelace mezi rozdílem teplot ($t_{\text{stereo}} - t_g$) a pocitem tepla pokusných osob vyjádřeným sedmibodovou stupnicí (-3 až +3) v závislosti na globeteplotě (t_g) a tepelném odporu oděvu (l_{cl}), [35].....	35
Obr. 20: Přípustné horizontální rozdíly [$\Delta (t_{st} - t_g)$] mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru ve výšce hlavy na uvnitř budovy na pracovištích třídy práce I a IIa. (a. vůči chladnému povrchu, b. vůči teplému povrchu), [36].....	36
Obr. 21: Vztah mezi rozdílem teplot ($t_{\text{stereo}} - t_g$) a ($t_{rA} - t_{rB}$) vypočítaný ve všech směrech měření ($v_a=0,25$ až $1,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), [35].....	38
Obr. 22: Vztah mezi radiační teplotou (t_{rA}) a stereoteplotou (t_{stereo}) v závislosti na rychlosti proudění vzduchu (v_a) $0,25 - 1 \text{ ms}^{-1}$, [35].....	38
Obr. 23: Stupnice termálních hladin pro kabinu dopravního letadla, optimální operativní teplota $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ($dTh = 0$), [43].....	42
Obr. 24: Termální hladiny operativní teploty pro teplo a chlad.....	43
Obr. 25: Vztah mezi t_{st} a $L_{th, st}$ v jednotkách dTh_{st} pro osobu exponovanou chladnou plochou	44
Obr. 26: Graf přípustného horizontálního rozdílu mezi stereoteplotou a výslednou teplotou KT odpovídající $t_g = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ (na úrovni hlavy).....	46
Obr. 27: Hodnoty rozdílů horizontální nerovnoměrnosti pro $t_{g, head} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$	46
Obr. 28: Schéma instalované stěny v měřicí kabině laboratoře TZB	49
Obr. 29: V pozadí – nainstalovaná stěna X, v popředí – stereoteploměr, kulový teploměr a čidlo suché teploty/vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu	49
Obr. 30: Kulový stereoteploměr s XPS izolací při zjišťování kolokačních hodnot	50
Obr. 31: Stabilizační průběhy čidel $t_{\text{stereo}, 1-6}$	51
Obr. 32: Získaná korekční rovnice z lineární závislosti čidla č. 1.....	51
Obr. 33: Schéma instalované stěny X a instalovaných přístrojů v měřicí kabině laboratoře TZB	53
Obr. 34: Natočení kulového stereoteploměru vůči stěně X	53
Obr. 35: Graf naměřených hodnot povrchových teplot na stěně X v experimentu 1 (vlevo); Schéma stěny-X s vyznačeným rozmístění čidel pro měření povrchové teploty (vpravo).....	55
Obr. 36: Průběhy naměřených hodnot stereoteplot v experimentu 1 (vlevo); Průběh průměru šesti stereoteplot tj. t_g' měřený prostřednictvím S1 a výsledná teplota kulového teploměru měřená KT u experimentu 1 (vpravo)	55
Obr. 37: Průběh naměřených hodnot povrchových teplot na stěně X v experimentu 3 ^A (vlevo); Průběhy naměřených stereoteplot v experimentu 3 ^A (vpravo).....	56
Obr. 38: Průběh naměřených hodnot povrchových teplot na stěně X v experimentu 4 ^B (vlevo); Průběhy naměřených stereoteplot v experimentu 4 ^B (vpravo)	56
Obr. 39: Půdorysné schéma velkoprostorových kanceláří.....	59
Obr. 40: Odvod odpadního vzduchu do výustek umístěných v rozích objektu – platí jak pro 3. NP, tak i 4. NP (pro každou polovinu půdorysu vyznačeno odlišnou barvou).....	60

Obr. 41: Náhled do kancelářských prostor ve 3. NP (vlevo) a ve 4. NP (vpravo) – okenní otvory, dále CHIT a osvětlení v podhledu	61
Obr. 42: Půdorys 3. NP s vyznačenými sekcemi CHIT (v sekci „7“ je vyznačeno schéma z jedné z regulovaných větví systému).....	62
Obr. 43: Detail – schéma severozápadní části objektu s vyznačenými regulačními zónami CHIT	62
Obr. 44: Měření v blízkosti zaměstnanců a umístění sestavy čidel se stereoteploměrem	64
Obr. 45: Rozmístění měřicích přístrojů v letním období ve 3. NP.....	65
Obr. 46: Rozmístění měřicích přístrojů v zimním období ve 3. NP.....	66
Obr. 47: Rozmístění měřicích přístrojů během zimního období ve 4. NP	66
Obr. 48: Stupnice přijatelnosti pocitu (subjektivní spokojenosti) určená k vyznačení odpovědi	67
Obr. 49: Příklad krabicového grafu s vyznačením významných kvantilů pozorovaných dat [36].....	68
Obr. 50: Teplota venkovního vzduchu. Referenční den 4.9. 2014 v letním období	70
Obr. 51: Teplota venkovního vzduchu. Referenční den 17.2. 2015 v zimním období	71
Obr. 52: Druh vykonávané práce respondenty v letním období.....	74
Obr. 53: Druh vykonávané práce respondenty v zimním období.....	75
Obr. 54: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně obtěžujících vlivů za poslední měsíc (referenční den v létě: 4.9. 2014).....	77
Obr. 55: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně zdravotní charakteristiky (referenční den v létě: 4.9. 2014). Odpovědi „nachlazení“ a „chřipka“ – za poslední období v měsíci.....	77
Obr. 56: Produkce potu za poslední měsíc, referenční den v létě.....	78
Obr. 57: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně obtěžujících vlivů za poslední měsíc (referenční den v zimě: 17.2.2015).....	79
Obr. 58: Procentuální rozložení odpovědí na otázku ohledně zdravotní charakteristiky (referenční den v zimě: 17.2.2015). Odpovědi „nachlazení“ a „chřipka“ – za období v posledním měsíci.	79
Obr. 59: Produkce potu za poslední měsíc, referenční den v zimě.....	80
Obr. 60: Kumulativní frekvence (percentil) výskytu teploty vnitřního vzduchu v sekci 5 dne 4.9. 2014 v pracovní dobu (6–17 hod).....	84
Obr. 61: Jedno z čidel pro měření vnitřní teploty vzduchu – pro regulaci VZT a chlazení prostoru.....	84
Obr. 62: Záznam teploty $t_{a, vzt}$ čidlem pro regulaci VZT a chlazení umístěného v sekci 5	85
Obr. 63: Záznam teploty t_a dataloggerem B1 v sekci 5	85
Obr. 64: Výřez z půdorysu sekce č. 5 (měření v letním období).....	86

Obr. 65: Záznam teploty t_a dataloggerem B3 v sekci 5	87
Obr. 66: Kumulativní frekvence (percentil) výskytu teploty vnitřního vzduchu v sekci 6 dne 17.2. 2015 v pracovní dobu (6–17 hod)	90
Obr. 67: Subjektivní hodnocení teploty na pracovišti za poslední měsíc – „příliš vysoká teplota“. Letní ref. den – 4.9.2014 (vlevo) a zimní ref. den – 17.2.2015 (vpravo).....	96
Obr. 68: Subjektivní hodnocení teploty na pracovišti za poslední měsíc – „příliš nízká teplota“. Letní ref. den – 4.9.2014 (vlevo) a zimní ref. den – 17.2.2015 (vpravo).....	98
Obr. 69: Tepelný komfort – obtěžující jevy v posledním měsíci. Letní referenční den (4.9. 2014).	99
Obr. 70: Tepelný komfort – obtěžující jevy v posledním měsíci. Zimní referenční den (17.2. 2015).	99
Obr. 71: Celkový tepelný pocit. Letní referenční den – 4.9.2014 (vlevo) a zimní referenční den – 17.2.2015 (vpravo).	100
Obr. 72: Přijatelnost celkového tepelného pocitu v letní referenční den.....	101
Obr. 73: Přijatelnost celkového tepelného pocitu v zimní referenční den.....	102
Obr. 74: Aktuální tepelný diskomfort (teplo) na části těla respondenta. Letní referenční den (vlevo) a zimní referenční den (vpravo).	103
Obr. 75: Aktuální tepelný diskomfort (chlad) na části těla respondenta. Letní referenční den (vlevo) a zimní referenční den (vpravo).	103
Obr. 76: Porovnání aktuální vnitřní teploty vzduchu v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu na části těla. Letní ref. den. (N=16).....	104
Obr. 77: Porovnání aktuální vnitřní teploty vzduchu v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu na části těla. Zimní ref. den. (N=40).....	104
Obr. 78: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v jednotlivých sekcích CHIT. Letní referenční den (N=16).	105
Obr. 79: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v závislosti na pohlaví. Letní referenční den (N=16).....	106
Obr. 80: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v jednotlivých sekcích CHIT. Zimní referenční den (N=40).	107
Obr. 81: Subjektivní hodnocení spokojenosti s podmínkami VP v závislosti na pohlaví. Zimní referenční den (N=40).....	107
Obr. 82: Vypočtené maximální a minimální rozdíly stereoteplot a výsledných teplot – změřené pomocí stereoteploměru.....	128
Obr. 83: Minimální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]	136
Obr. 84: Maximální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]	136
Obr. 85: Aritmetické průměry rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C].....	136

Obr. 86: Mediány rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného letního období v [°C]	137
Obr. 87: Porovnání aktuálního MIN rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu CHLAD na části těla. Letní ref. den. (N=9)	139
Obr. 88: Porovnání aktuálního MAX rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu TEPLO na části těla. Letní ref. den. (N=9)	140
Obr. 89: Porovnání aktuálního MIN rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu CHLAD na části těla. Zimní ref. den. (N=32)	141
Obr. 90: Porovnání aktuálního MAX rozdílu ($t_{st, 1-6} - t_g$) v závislosti na odpovědích aktuálního intenzivního pocitu TEPLO na části těla. Zimní ref. den. (N=32)	142
Obr. 91: Čidlo pro regulaci sekce CHIT je částečně zakryto nábytkem (vlevo) a jiné je umístěno v komunikačním koridoru (vpravo)	154
Obr. 92: Akustické panely zavěšené pod stropem v blízkosti chladících trámů	155

Seznam tabulek

Tab. 1 Shrnutí výsledků experimentu – ustálení kulového stereoteploměru, [7]	17
Tab. 2 Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru na $\Delta (t_{st} - t_g)$ na úrovni hlavy pro práci třídy I a IIa vykonávanou na klimatizovaném pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání, [30]	23
Tab. 3 Přípustný rozdíl mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy t_g a na úrovni kotníků pro klimatizované a přirozeně větraná nevenkovní pracoviště a pro pracoviště, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání, na nichž je vykonávaná práce třídy I a IIa, [23]	23
Tab. 4: Přípustné horizontální rozdíly mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru na $\Delta (t_{st} - t_g)$ atd.; zaokrouhlená verze z metodiky [37]	26
Tab. 5: Přípustný pokles mezi teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy ($t_{g, hlava}$) a na úrovni kotníků ($t_{g, kotník}$) pro výslednou teplotu kulového teploměru na úrovni hlavy 19-25 °C a srovnání s hodnotami v ISO 7730, [35]	37
Tab. 6: Přehled kritérií fyzikálně-fyziologických a fyzikálně-psychických, [43]	39
Tab. 7: Maximální hodnoty termálních hladin operativní teploty pro teplo a chlad, [43]	41
Tab. 8: Hodnoty termálních hladin operativních teplot a stereoteplot pro teplo a chlad	43
Tab. 9 Přehled korekčních rovnic získaných kolokační metodou	52
Tab. 10 Přehled experimentů ve zkušební komoře laboratoře TZB	54
Tab. 11: Základní charakteristika respondentů v letním období	73
Tab. 12: Základní charakteristika respondentů v zimním období	74
Tab. 13: Venkovní teplota během dní dotazníkového průzkumu pro letní a zimní období	80

Tab. 14: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v letním období.....	82
Tab. 15: Statistika teploty vnitřního vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014).....	83
Tab. 16: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery A1 – A4 ve 3. a 4. NP.....	87
Tab. 17: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery B1 – B4 ve 3. NP a 4. NP.....	88
Tab. 18: Statistika teploty vnitřního vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015).....	89
Tab. 19: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v letním období.....	91
Tab. 20: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014).....	92
Tab. 21: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery A1 – A4 ve 3. a 4. NP.....	93
Tab. 22: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v zimním období pro datalogery B1 – B4 ve 3. NP a 4. NP.....	93
Tab. 23: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015).....	94
Tab. 24: Statistika naměřených koncentrací CO ₂	95
Tab. 25: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš vysoká teplota“ v letní referenční den.....	96
Tab. 26: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš vysoká teplota“ v zimní referenční den.....	97
Tab. 27: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v letním období – „stereo sestava“.....	109
Tab. 28: Statistika teploty vnitřního vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“.....	110
Tab. 29: Statistika teploty vnitřního vzduchu během celého měření v zimním období ve 3. a 4. NP – „stereo sestava“.....	111
Tab. 30: Statistika teploty vnitřního vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015) – „stereo sestava“.....	112
Tab. 31: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v letním období – „stereo sestava“.....	113
Tab. 32: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“.....	113
Tab. 33: Statistika relativní vlhkosti vzduchu během celého měření v zimním období – „stereo sestava“.....	114
Tab. 34: Statistika relativní vlhkosti vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015) – „stereo sestava“.....	115
Tab. 35: Statistika rychlosti proudění vzduchu během celého měření v letním období – „stereo sestava“.....	116
Tab. 36: Statistika rychlosti proudění vzduchu v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“.....	117

Tab. 37: Statistika rychlosti proudění vzduchu během celého měření v zimním období - „stereo sestava“	118
Tab. 38: Statistika rychlosti proudění vzduchu v zimní referenční den (17.2. 2015) – „stereo sestava“	118
Tab. 39: Statistika výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo sestava“	120
Tab. 40: Statistika výsledné teploty KT v letní referenční den (4.9. 2014) – „stereo sestava“	121
Tab. 41: Statistika výsledné teploty KT t_g během celého měření ve 3. a 4. NP.....	122
Tab. 42: Statistika výsledné teploty KT v zimní referenční den (17.2. 2015).....	123
Tab. 43: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo C“	124
Tab. 44: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo C“	126
Tab. 45: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo S“	129
Tab. 46: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v letním období – „stereo S“	130
Tab. 47: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo C“.....	131
Tab. 48: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo C“.....	132
Tab. 49: Maximální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo S“	133
Tab. 50: Minimální rozdíl stereoteploty a výsledné teploty KT během celého měření v zimním období – „stereo S“.....	134
Tab. 51: Statistika naměřených hodnot rozdílů stereoteploty a teploty KT během celého letního období pomocí stereoteploměrů STEREO C a STEREO S.....	135
Tab. 52: Statistika naměřených hodnot rozdílů stereoteploty a teploty KT během celého zimního období pomocí stereoteploměrů STEREO C a STEREO S.....	137
Tab. 53: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „intenzivní pocit na části těla“ vůči lokálnímu tepelnému diskomfortu měřeného stereoteploměrem během referenčního dne v létě (4.9. 2014).....	140
Tab. 54: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „intenzivní pocit na části těla“ vůči lokálnímu tepelnému diskomfortu měřeného stereoteploměrem během referenčního dne v zimě (17.2. 2015).....	142

PŘÍLOHY

Příloha A

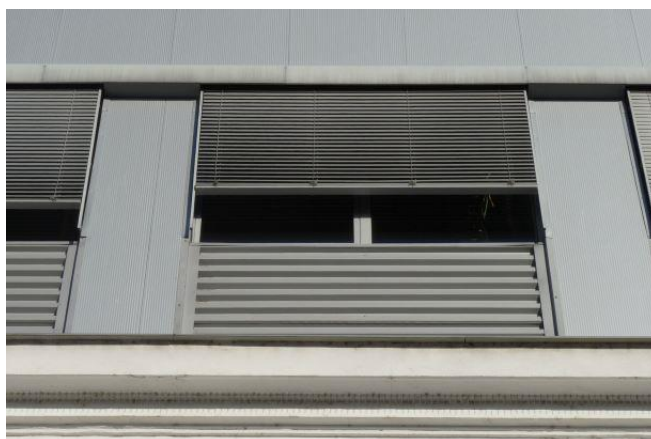
Obrazová příloha



Obrázek A-1: Světlík s atriem (vlevo); Stažená žaluzie světlíku (vpravo)



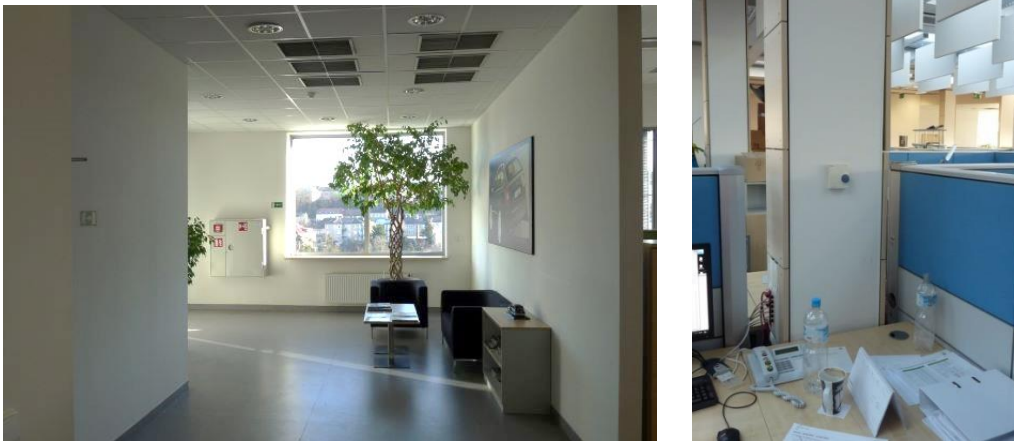
Obrázek A-2: Pohled na venkovní fasádu



Obrázek A-3: Detailní pohled na okna z exteriéru – 3. NP (vlevo) a 4. NP (vpravo)



Obrázek A-4: Náhled do kancelářských prostor (vlevo) a používání žaluzií (vpravo)



Obrázek A-5: Odsávací vyústky VZT ve 4. NP (vlevo) a čidlo pro regulaci sekce (vpravo)

Příloha B

Dotazníkové šetření

Dotazníky byly určeny k hodnocení vnitřního prostředí na pracovišti. Dotazníkový průzkum byl jedním z podkladů pro vypracování praktické části této disertační práce. Dotazníky byly rozdávány s průvodním dopisem, kde bylo vysvětleno, že jedná o anonymní (jméno mohli, ale nemuseli uvádět) a dobrovolný průzkum. Pracovníci byli upozorněni, že otázka č. 11–16 se týká jejich zdraví a pokud mají jakýkoliv důvod neodpovědět na položené dotazy, tak nemusejí odpovídat. Poté bylo zahrnuto ve výzkumu jako „neúvedená odpověď“. Vyplněním a odevzdáním dotazníku zaměstnanci vzali na vědomí, že dávají souhlas se zahrnutím do této studie, a souhlasili s použitím informací uvedených v dotazníku pro výzkumný projekt v rámci Disertační práce na FSV ČVUT.

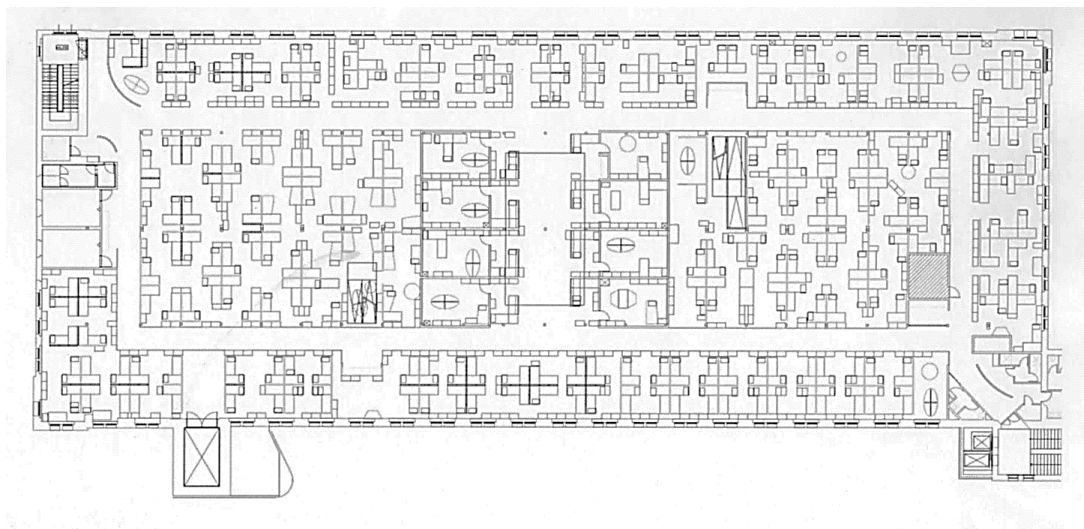
Dotazník č.:

Datum a čas začátku vyplnění: . . . , :

Jméno (nepovinné):

Hlavní informace (Dotaz 1-9)

1. Věk: let
2. Pohlaví: Muž Žena
3. Umístění pracoviště (vyznačte prosím křížkem):



4. Druh práce, pracovní kategorie obecně:
(např. management, administrativní práce, technická pozice, projektant/ka apod.)
5. Kolik osob s Vámi sdílí pracovní prostor (kancelář) cca v okruhu 5 m? osob
6. Jak dlouho pracujete v tomto pracovním prostoru (kanceláři)? roků
měsíců
7. Kolik dní v týdnu obvykle trávíte v této budově? dní
8. Kolik hodin v průměru strávíte u Vašeho stolu? hodin
9. Kouříte?
 ano ne

Pokud ano, kolik cigaret/jiné tabákové výrobky vykouříte během dne? ks za den

Zdravotní charakteristika (Dotaz 10-16)

Prosím, odpovězte na každou otázku, i pokud jste neměl/a žádnou z níže uvedených obtíží.

10. Během posledního měsíce, měl/a jste (jednu i více) z následujících obtíží v práci?

- | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| a. Únava: | <input type="checkbox"/> Ne, nikdy | <input type="checkbox"/> Ano, někdy | <input type="checkbox"/> Ano, často
(každý týden) | <input type="checkbox"/> Ano, denně |
| b. Obtížná
Koncentrace: | <input type="checkbox"/> Ne, nikdy | <input type="checkbox"/> Ano, někdy | <input type="checkbox"/> Ano, často
(každý týden) | <input type="checkbox"/> Ano, denně |
| c. Bolest hlavy: | <input type="checkbox"/> Ne, nikdy | <input type="checkbox"/> Ano, někdy | <input type="checkbox"/> Ano, často
(každý týden) | <input type="checkbox"/> Ano, denně |
| d. Jiné (prosím
vypište) : | <hr/> | | | |

11. Během posledního měsíce, jaká byla Vaše produkce potu?

- nadměrné pocení mírné pocení žádné pocení

12. Trpíte sennou rýmou nebo jinou alergickou reakcí?

- Ne Ano Nevím

13. Máte astma?

- Ne Ano Nevím

14. Trpíte ekzémem?

- Ne Ano Nevím

15. Byl/a jste poslední 4 týdny obtěžován/a:

- | | | | |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Chřipkou | <input type="checkbox"/> Ne | <input type="checkbox"/> Ano | <input type="checkbox"/> Nevím |
| Nachlazením | <input type="checkbox"/> Ne | <input type="checkbox"/> Ano | <input type="checkbox"/> Nevím |

16. Jestliže máte nějaké připomínky týkající se Vašeho zdraví, vypište je prosím níže:

Osobní tepelný komfort (Dotaz 17-22)

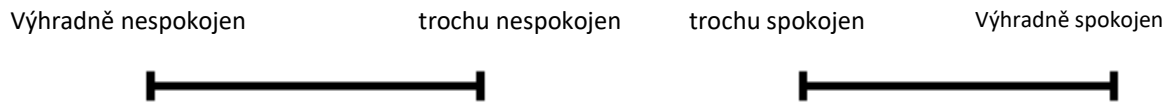
Prosím, odpovězte na každý dotaz a to i v případě, že jste nebyli obtěžováni níže uvedeným jevem. Některé z otázek jsou rozděleny do dvou částí. V první části vyplňte pouze jednu odpověď (např. ano, občas), zatímco v druhé části může být zaškrtnuto více možností/políček.

17. Byla jste v posledním měsíci obtěžována následujícími jevy na Vašem pracovišti?

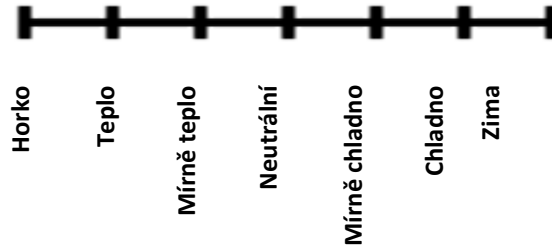
<p>a. Teplota v místnosti příliš vysoká:</p> <p>Vysoká teplota je/byla pociťována za podmínek (lze více odpovědí):</p>	<input type="checkbox"/> Ne, nikdy	<input type="checkbox"/> Ano, občas	<input type="checkbox"/> Ano, často (každý týden)	<input type="checkbox"/> Ano, denně
	<input type="checkbox"/> během horkých a slunných dní	<input type="checkbox"/> zapnutý ventilační systém (popř. vytápění)	<input type="checkbox"/> mnoho osob sdílí Vaše pracoviště	<input type="checkbox"/> Nevím
	<input type="checkbox"/> jiné připomínky, prosím vypište:			
<p>b. Teplota v místnosti příliš nízká:</p> <p>Nízká teplota je/byla pociťována za podmínek (lze více odpovědí):</p>	<input type="checkbox"/> Ne, nikdy	<input type="checkbox"/> Ano, občas	<input type="checkbox"/> Ano, často (každý týden)	<input type="checkbox"/> Ano, denně
	<input type="checkbox"/> během chladných až mrazivých dní	<input type="checkbox"/> zapnutý ventilační systém (popř. nedostatečné vytápění)	<input type="checkbox"/> jsem sensitivní člověk – zejména na chladnou teplotu	<input type="checkbox"/> Nevím
	<input type="checkbox"/> jiné připomínky, prosím vypište:			

- c. Rychle se měnící se teploty v místnosti:** (např. pocit chladu a během chvíle naopak teplo)
- Ne, nikdy
 Ano, občas
 Ano, často (každý týden)
 Ano, denně
- d. Obtěžující proudění vzduchu:**
- Ne, nikdy
 Ano, občas
 Ano, často (každý týden)
 Ano, denně
- e. Stojatý vzduch bez proudění:**
- Ne, nikdy
 Ano, občas
 Ano, často (každý týden)
 Ano, denně
- f. Suchý vzduch:**
- Ne, nikdy
 Ano, občas
 Ano, často (každý týden)
 Ano, denně
- g. Statická elektřina:**
- Ne, nikdy
 Ano, občas
 Ano, často (každý týden)
 Ano, denně

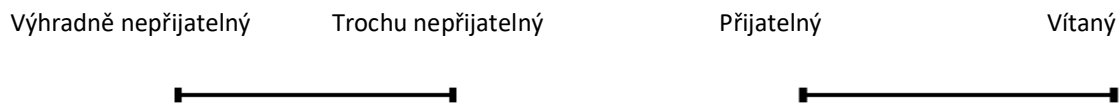
18. Jak jste spokojeni s podmínkami vnitřního prostředí během práce na vašem pracovišti/v kanceláři? (vyznačte jednou čárkou na „stupnici“)



19. Prosím zhodnoťte Váš celkový tepelný pocit (celkový tepelný pocit Vašeho těla). Jak se cítíte v tento moment? **Prosím přiřičte čas vyplnění ve formátu hh:mm.**



20. Jak přijatelný je pro Vás výše uvedený celkový pocit v tuto chvíli (otázka 19.)?



21. Cítíte nyní intenzivní pocit tepla na některé z částí Vašeho těla? Pokud ano, popište prosím přesně, na které části těla:

Ne, nic takové necítím.

Ano, cítím pocit tepla na:

22. Cítíte nyní intenzivní pocit chladu na některé z částí Vašeho těla? Pokud ano, popište prosím přesně, na které části těla:

Ne, nic takové necítím.

Ano, cítím pocit chladu

na:

Další (Dotaz 23-26)

23. Které z následujících zařízení/předmětů se nacházejí ve Vaší místnosti/pracovišti/kanceláři?

Tiskárna

Kopírka

Zvlhčovač vzduchu

Ionizér

Ventilátor

Rostliny

Jiné:

24. Prosím, vyplňte následující políčka tak, aby odpovídala Vašemu aktuálnímu

oděvu:

- | | | | | |
|----------------------|---|--|--|--|
| Spodní prádlo | <input type="checkbox"/> kalhotky | <input type="checkbox"/> podprsenka | <input type="checkbox"/> „košilka“ | <input type="checkbox"/> trenýrky |
| Triko/košile | <input type="checkbox"/> s krátkým rukávem | <input type="checkbox"/> lehké s dlouhým rukávem | <input type="checkbox"/> silnější s dlouhým ruk. | <input type="checkbox"/> lehká blůza |
| Kalhoty | <input type="checkbox"/> šortky | <input type="checkbox"/> lehké „letní“ | <input type="checkbox"/> Normální/jeans | <input type="checkbox"/> k pánskému obleku |
| Šaty, sukně | <input type="checkbox"/> lehká sukně nad kolena | <input type="checkbox"/> lehká sukně pod kolena | <input type="checkbox"/> lehké šaty, krátké rukávy (bez) | <input type="checkbox"/> teplé šaty s dlouhým ruk. |
| Svetr, mikina | <input type="checkbox"/> Vesta bez rukávů | <input type="checkbox"/> tenký svetr | <input type="checkbox"/> dlouhé rukávy, rolák (tenký) | <input type="checkbox"/> dlouhé rukávy, rolák (tlustý) |
| | <input type="checkbox"/> tlustý svetr | <input type="checkbox"/> normální svetr/mikina | | |
| Svrchník | <input type="checkbox"/> Vesta | <input type="checkbox"/> Větrovka | <input type="checkbox"/> Sako (dám./pán.) | <input type="checkbox"/> teplá bunda |
| Ponožky | <input type="checkbox"/> tenké | <input type="checkbox"/> tlusté | <input type="checkbox"/> „silonky“ (punčocháče) | <input type="checkbox"/> podkolenky |
| Boty | <input type="checkbox"/> lodičky | <input type="checkbox"/> s tenkou podrážkou | <input type="checkbox"/> s tlustou podrážkou | <input type="checkbox"/> Botasky |
| | <input type="checkbox"/> Kotníkové boty | <input type="checkbox"/> Boty k obleku (pánské) | <input type="checkbox"/> Sandály/páskové boty | |
| Další: | | | | |

25. Uvedte Vaši dnešní (psychologickou) náladu pomocí číselné hodnoty od 1 do 10;

(10 = nejlepší, 1 = nejhorší): _

26. Pokud máte další připomínky nebo poznámky týkající se vnitřního prostředí na pracovišti, napište je prosím níže (v tištěné verzi lze využít i zadní strany formuláře):

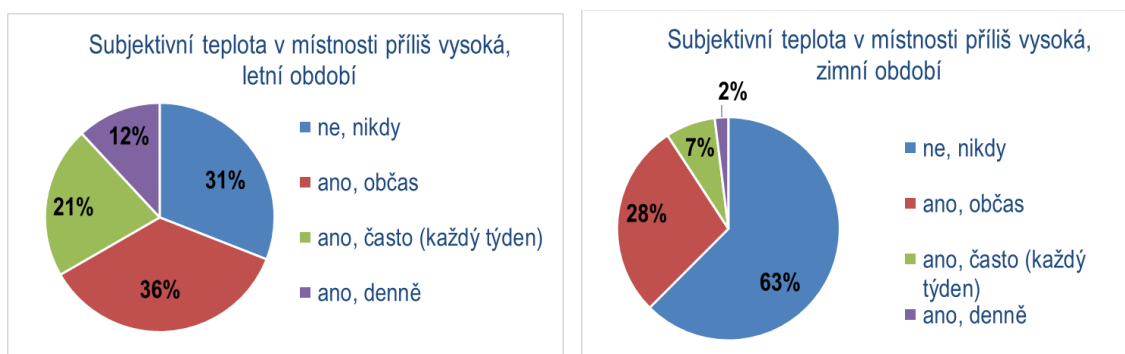
Děkuji mockrát za Vaši spolupráci!

Příloha C

Prezentace dalších výsledků, grafů a obrázků z části hodnocení tepelného komfortu

Prezentované vyhodnocení se vztahuje k celému měřenému období v létě a zimě. Odpověď na otázku „Byl/a jste v posledním měsíci obtěžován/a „příliš vysokou“ teplotou na pracovišti?“:

a. Subjektivní teplota příliš vysoká



Obrázek C-1: Subjektivní hodnocení teploty na pracovišti za poslední měsíc – „příliš vysoká teplota“. Letní období (vlevo) a zimní období (vpravo).

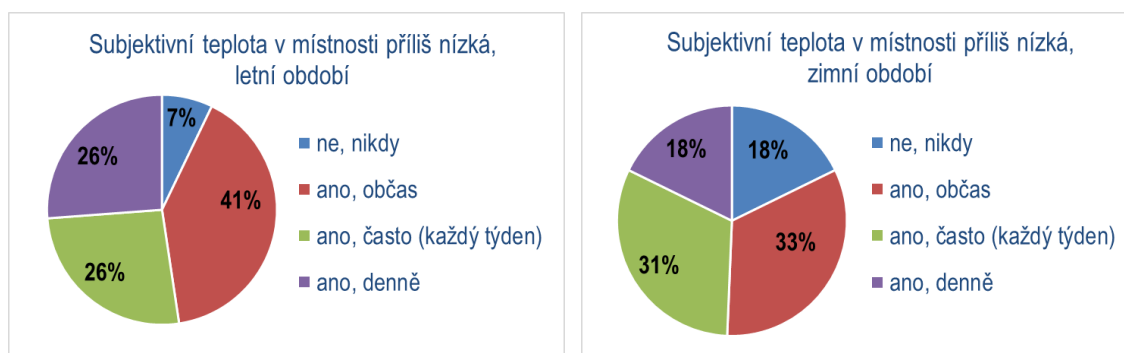
Tab. C-1: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš vysoká teplota“ během celého měřeného letního období

Obtěžující jev: „příliš vysoká teplota“ (závisle proměnná)			
Nezávisle proměnná	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Pohlaví (ženy N=14; muži N=28)	0,4	0,24	0,31
Počet osob sedících v okolí (N=42)	<u>1,26</u>	0,1	0,18
Aktuální teplota vnitřního vzduchu t_i (N=39)	0,83	0,4	0,2
Aktuální teplota vzduchu t_e (N=42)	0,92	0,18	0,06
Maximální teplota vzduchu $t_{e, \max}$ (N=42)	0,97	0,83	0,11

Tab. C-2: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš vysoká teplota“ během celého měřeného zimního období

Obtěžující jev: „příliš vysoká teplota“ (závisle proměnná)			
<i>Nezávisle proměnná</i>	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Pohlaví (ženy N=33; muži N=119)	0,55	0,17	0,24
Počet osob sedících v okolí (N=152)	0,99	0,93	0,04
Aktuální teplota vnitřního vzduchu t_i (N=92)	<u>1,69</u>	0,05	0,45
Aktuální teplota vzduchu t_e (N=152)	<u>1,18</u>	0,014	0,08
Maximální teplota vzduchu $t_{e, \max}$ (N=152)	0,92	0,5	0,11

b. Subjektivní teplota příliš nízká



Obrázek C-2: Subjektivní hodnocení teploty na pracovišti za poslední měsíc – „příliš vysoká teplota“. Letní období (vlevo) a zimní období (vpravo).

Tab. C-3: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš nízká teplota“ během celého měřeného letního období

Obtěžující jev: „příliš vysoká teplota“ (závisle proměnná)			
<i>Nezávisle proměnná</i>	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Pohlaví (ženy N=14; muži N=28)	1	-	-
Počet osob sedících v okolí (N=42)	0,81	0,41	0,2
Aktuální teplota vnitřního vzduchu t_i (N=39)	0,9	0,81	0,37

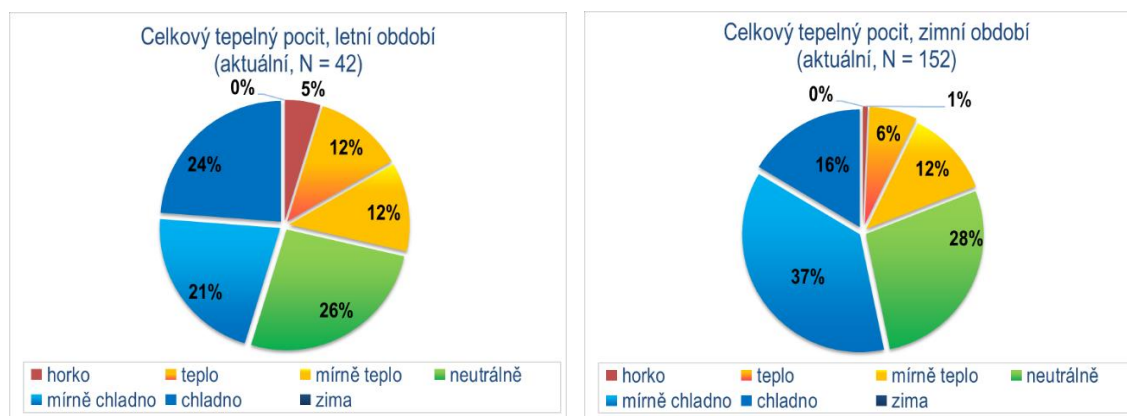
Aktuální teplota vzduchu t_e (N=42)	0,9	0,86	0,1
--	-----	------	-----

Tab. C-4: Výsledky logistické regrese pro obtěžující jev „příliš nízká teplota“ během celého měřeného zimního období

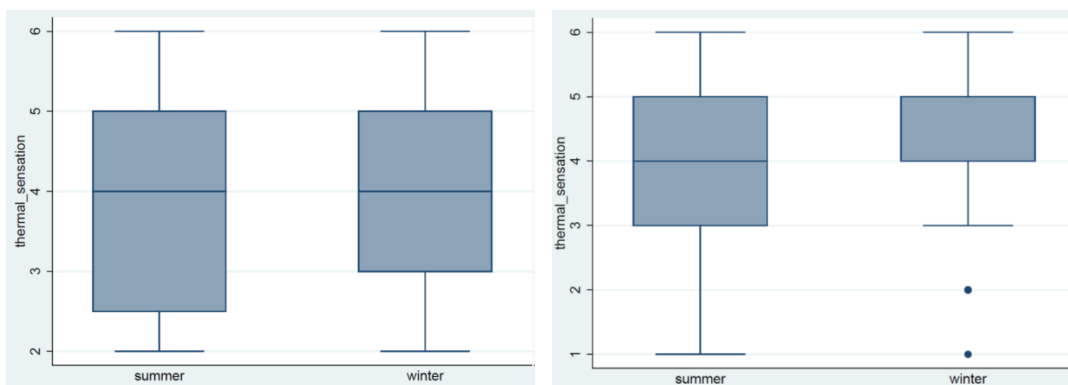
Obtěžující jev: „příliš vysoká teplota“ (závisle proměnná)			
Nezávisle proměnná	OR	p-hodnota	Směrodatná odchylka
Pohlaví (ženy N=33; muži N=119)	4,12	<u>0,06</u>	3,14
Počet osob sedících v okolí (N=152)	0,93	0,17	0,05
Aktuální teplota vnitřního vzduchu t_i (N=92)	0,41	0,03	0,17
Aktuální teplota vzduchu t_e (N=152)	0,92	0,33	0,07

Celkový tepelný pocit

Prezentované vyhodnocení se vztahuje k celému měřenému období v létě a zimě. Odpověď na otázku: „*Prosím, zhodnoťte Váš celkový tepelný pocit (Vašeho těla). Jak se cítíte v tento moment?*“

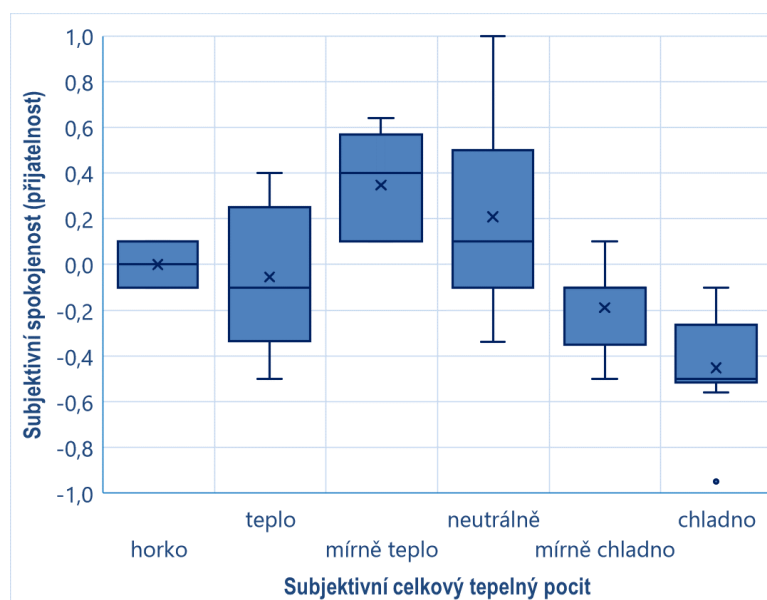


Obrázek C-3: Celkový tepelný pocit. Letní období (vlevo) a zimní období (vpravo).

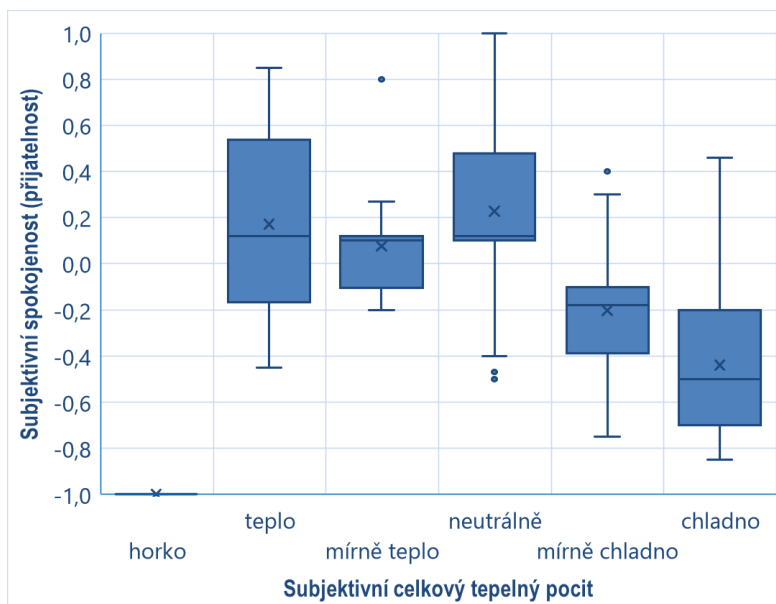


Obrázek C-4: Porovnání naměřených dat pro tepelné pocity během letních referenčních dnů pro zimu a léto (vlevo). Porovnání naměřených dat pro tepelné pocity během celého měřeného letního a zimního období (vpravo).

Další otázka týkající se celkového tepelného pocitu zněla: „*Jak přijatelný je pro Vás výše uvedený celkový tepelný pocit v tuto chvíli?*“



Obrázek C-5: Přijatečnost celkového tepelného pocitu v letním období

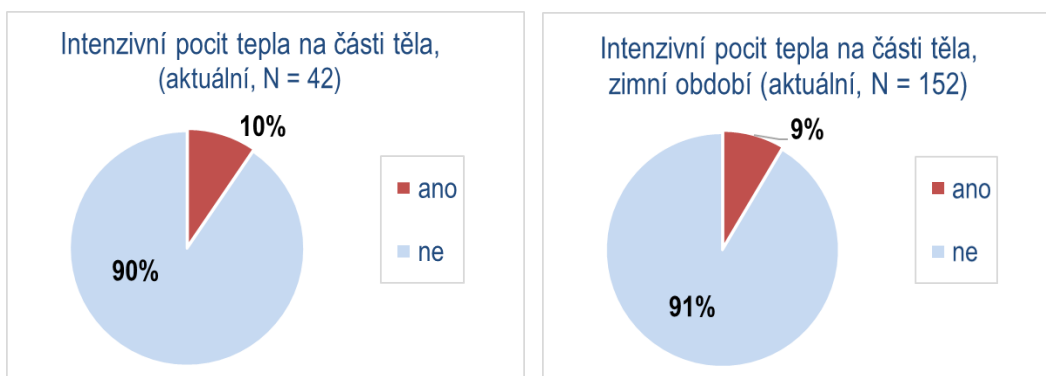


Obrázek C-6: Přijatelnost celkového tepelného pocitu v zimním období

Lokální tepelný pocit

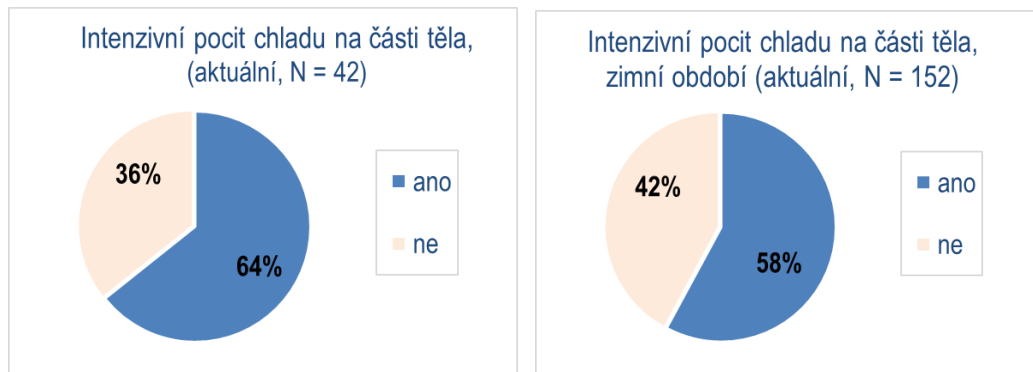
Prezentované vyhodnocení se vztahuje k celému měřenému období v létě a zimě. Grafy jsou odpovědí na otázku: „Cítíte nyní intenzivní pocit tepla na některé z částí Vašeho těla?“

a. Intenzivní pocit tepla na části těla



Obrázek C-7: Aktuální tepelný diskomfort (teplo) na části těla respondenta. Letní období (vlevo) a zimní období (vpravo).

b. Intenzivní pocit chladu na části těla



Obrázek C-8: Aktuální tepelný diskomfort (chlad) na části těla respondenta. Letní období (vlevo) a zimní období (vpravo).

Příloha D

Připomínky, doporučení a poznámky k vyšetřovanému vnitřnímu prostředí od respondentů

Níže prezentované odpovědi respondentů se vztahovaly k poslední otázce v dotazníku (pro léto i pro zimu): „*Pokud máte další připomínky nebo poznámky týkající se vnitřního prostředí na pracovišti, napište je, prosím, níže*“.

Letní období:

Žena, 41 let, sekce 1, 3. NP: „Na pracovišti pociťuji občas chlad, především v důsledku proudění vzduchu. Nejčastěji v oblasti nohou, občas v oblasti ramen. V zimě mám na pracovišti nepřetržitě teplý svetr.“

Žena, 43 let, sekce 1, 3. NP: „Zima v zimním období, i v létě - někdy nepříjemný průvan - krk, ramena, záda, někdy nohy.“

Muž, 51 let, sekce 5, 3. NP: „Zhruba od 7 do 17 h tady běží ventilace, (klimatizaci nemáme) ačkoliv se tu pracuje od 5 hod i do 20 h, takže je tu dopoledne nedýchateľno a večer také přívod čerstvého vzduchu je nedostatečný, stejně tak odvětrávání zápachů a odvod tepla vyprodukovaného lidmi a výpočetní technikou. Většina (přes 80 %) oken nelze otevřít, na mém (nejenom) pracovišti je nedostatečné proudění vzduchu a v důsledku toho kyslíkový deficit.“

Žena, 28 let, sekce 2, 3. NP: „Dopoledne je tu chladno (zejména ráno cca mezi 6-8 hod) po obědě se postupně otepluje. V zimních měsících často sedím v kozačkách a vyteplené vestě. Padá na mne z ventilačního systému chladný vzduch, občas je i cítit, jak proudí.“

Žena, 41 let, sekce 9, 3. NP: „Nevyhovující větrání, sucho, řezaná květina zvadne 2. den.“

Muž, 32 let, sekce 3, 3. NP: „V zimním období je v našem prostoru zvýšené proudění vzduchu – nepříjemné.“

Muž, 45 let, sekce 9, 3. NP: „Trvalý pocit nedostatečného větrání, resp. "čistota" vzduchu - typicky ráno po příchodu na pracoviště je výrazně horší kvalita vzduchu v budově, než venku.“

Muž, 51 let, sekce 4, 3. NP: „Málo čerstvého vzduchu v zasedacích místnostech, příliš chladný vzduch, silné proudění ze stropních výdechů

Žena, 40 let, sekce 5, 3. NP: mnoho lidí na jednom místě, špatná koncentrace

Muž, 37 let, sekce 7, 3.NP: „Zejména v zimních měsících je v pondělí ráno v kanceláři chladno. Obecně po příchodu z venku mám pocit, že je zde vydýchaný vzduch, někdy dokonce zápach. Po 2-3 hod v tomto prostoru musím vyjít na několik minut ven se "nadýchat" abych mohl pokračovat.“

Muž, 35 let, sekce 3, 3. NP: „Hluk, rámus.“

Muž, 38 let, sekce 4, 3. NP: „Málo čerstvého vzduchu.“

Žena, 33 let, sekce 4, 3. NP: „Především mi vadí proudění, které způsobuje pocit chladu, i když je teplota vyhovující.“

Muž, 25 let, sekce 6, 3. NP: „Od nástupu na pracoviště časté respirační potíže (kýchání, nachlazení, v období epidemií onemocnění chřipkou). V případě častějšího pobytu mimo prostředí (střídavý pobyt v jiné části budovy, víkend, dovolená) postupné ustávání potíží. Nyní mám zánět středního ucha, lékařem potvrzený předpoklad potíží způsobených příliš nízkými teplotami klimatizace v horkém letním období (červenec).“

Žena, 55 let, sekce 1, 3. NP: „Studené proudění vzduchu.“

Žena, 41 let, sekce 1, 3.NP: „Od roku 2006, kdy jsme nastěhováni v budově open space office, se nic nezměnilo k lepšímu na mém pracovišti otevřeného sekretariátu v atriu - sdílený prostor je naprosto je z hlediska větrání, vytápění a z hygienického naprosto nevyhovující, zastaralý, nefunkční. Několikrát jsme uváděli stížnost na pracovní lékařství v rámci preventivních prohlídek ve Škoda.“

Muž, 49 let, sekce 4, 3. NP: „Hodně prachu, chybějící čerstvý vzduch.“

Muž, 35 let, sekce 7, 3. NP: „Příšerný hluk z okolního oddělení, suchý vzduch (38 %). Teplota 21,5 °C je v podstatě vyhovující jen kdyby výdechy na stropě tolik nefoukaly a hlavně nehučely. Nové protihlukové panely jsou buď neúčinné, nebo špatně

nainstalované (směr) Zářivková světla jsou nevhodná, bolí z nich oči. Jsme tu jako hrušky v kompotu. Mám neustále pocit, že kolega sedí hned vedle mne. A když se otočím, vidím, že mám pravdu. Naše rozmístění neplní ergonomické předpisy.

Muž, 26 let, sekce 7, 3. NP: „Příliš velký rozdíl vnitřní a vnější teploty (uvnitř příliš zima) způsobil dle lékaře zánět středního ucha.“

Zimní období:

Žena, 39 let, sekce 5, 4. NP: „Prosím o zajištění radiátoru, v místě kde sedím je stále proudění studeného vzduchu u nohou. Radiátor netopí, od výtahu fouká v zimních měsících studený vzduch. Bez roláků nebo celoročního nošení šátků na krku hrozí zablokování krční páteře.“

Žena, 32 let, sekce 1, 4. NP: „Během dne dochází ke změnám teploty - od chladna ráno po vydýchaný teplý vzduch odpoledne, a to mnohdy přes slyšitelnou (zapnutou) klimatizaci.“

Žena, 38 let, sekce 1, 4. NP: „Častý hluk z klimatizace hlavně v letním období, kdy jde klima po celý den intenzivně.“

Žena, 44 let, sekce 6, 4. NP: „Mám zde v práci permanentně tlustý svetr, který si velmi často oblékám a v letních měsících tlusté ponožky. Klimatizace chvílemi fouká velmi intenzivně - výrazný pocit průvanu.“

Muž, 37 let, sekce 6, 4. NP: „Uspořádání pracoviště je vzhledem k počtu zaměstnanců nevyhovující z hlediska individuálních potřeb každého z nich (požadovaná teplota, nároky na osvětlení, pracovní místa, atp.) Zaměstnanci jsou vzájemně obtěžováni a vyrušováni hlukem. Není možná plná koncentrace při práci.“

Muž, 23 let, sekce 6, 4. NP: „Ať je zima nebo léto, stále se tu nedá být pouze v tričku. Často jsou zde cítit proudy studeného vzduchu.“

Muž, 36 let, sekce 7, 3. NP: „Několikrát jsme reklamovali suchý vzduch, bohužel je tu stále nepřijatelných 40 %. Všechny kolegy kolem pálí oči a mají vysušené sliznice. V suchém prostředí se také velice dobře šíří kapénkové infekce, což se potvrdilo nedávno, kdy chybělo 50 % zaměstnanců. Vadí absence biofiltrů a filtrů prachu.“

Muž, 29 let, sekce 3, 3. NP: „Pracoviště blízko kuchyňky - občas pachy a často hluk.“

Muž 48 let, sekce 3, 3. NP: „Obecně nejsem teplomilný, občas je vedle mne "rozpálený" radiátor, občas řeším pocit vedra zapnutím stolního ventilátoru.“

Žena, 44 let, sekce 2, 3. NP: „Táhne mi na nohy, shora eliminuji padání studeného vzduchu slunečником.“

Muž, 39 let, sekce 3, 3. NP: „Panuje zde suché, prašné prostředí za neustálého studeného vzduchu ze VZT že by syndrom nemocné budovy?“

Muž, 38 let, sekce 2, 3. NP: „V 11:30 už to neplatí. Začal padat studený vzduch na hlavu a záda. Takže tepelná pohoda je na bodu mrazu.“

Muž, 40 let, sekce 2, 3. NP: „Neustále je hluk (slyšet mluvení ostatních) - hlukový šum, snadné šíření nemocí.“

Muž, 32 let, sekce 3, 3. NP: „Neúměrný hluk vzhledem k povaze vykonávané práce.“

Muž, 36 let, sekce 3, 3. NP: „Při otevřených dveřích na schodiště začne výrazně proudit vzduch přes mé pracovní místo. Z jednotky dochlazování padá chladný vzduch na ramena a za krk, což způsobuje bolest ramen a krční oblasti.“

Muž, 27 let, sekce 6, 3. NP: „Obecně lze konstatovat, že jsem s podmínkami na pracovišti spokojen, jen vzduch by mohl být pocitově čerstvější. Teplota je dle mne vyhovující, někdo sedí v tričku s krátkým rukávem, jiný v mikině (svetru), moc lépe to asi v open-space prostoru vyregulovat nejde.“

Muž, 57 let, sekce 6, 3. NP: „V místnosti je neustále vydýchaný vzduch.“

Muž, 29 let, sekce 3, 3. NP: „V letních měsících je tady taky horko (více než 28 °C).“

Muž, 40 let, sekce 3, 3. NP: „Špatná koncentrace na problém z důvodu okolních ruchů (open-space), občas nevětráno.“

Žena, 28 let, sekce 6, 3. NP: „Studené proudění vzduchu mne obtěžovalo spíše v letních měsících, pokud jsem si nevezala něco přes krk, cítila jsem jeho tuhnutí.“

Muž, 30 let, sekce 6, 3. NP: „Nemám problém s teplotou na pracovišti, ale s nedostatkem čerstvého vzduchu, jehož přísun nelze řešit hučící digestoří u hlavy, a taky s nedostatkem slunečního svitu, dáno charakteristikou pracoviště.“

Muž, 38 let, sekce 6, 3. NP: „Nejhorší - 1) hluk, okolní hovory, telefonáty - špatná koncentrace, 2) teplo - momentálně ok s tendencí k horku, 3) sucho - nutnost hodně pít.“

Muž, 39 let, sekce 6, 3. NP: „Nedostatečný přísun čerstvého vzduchu, hluk na pracovišti, neustálé obtěžování hovorem, neměnné osvětlení ala operační sál, hluk od ventilace, odstranění dělicích paravánů mezi jednotlivými stoly, hluk od kuchyňky, hluk od procházejících osob. Zcela nevhodné prostředí pro tvůrčí práci.“

Muž, 40 let, sekce 4, 4. NP: V letních měsících občas dochází k poklesu teploty a nepříjemnému proudění studeného vzduchu v odpoledních hodinách. Někdy je na pracovišti nepříjemně nízká teplota hned ráno při příchodu do práce (zrovna dnes).

Žena, 35 let, sekce 2, 4. NP: „Klimatizace - pokud to klimatizace je (spíše větrák) nemění vzduch, pouze ho čistí a vrací zpět. V odpoledních hodinách již schází v místnosti kyslík - lidé jsou unavení, smrdí to tu. Pokud se klimatizace zapne, fouká nám to za krk - v létě potřeba šátku kolem krku, jinak častá blokáce páteře. V open space je velmi těžké se soustředit. Stačí, když jeden kolega v okruhu 5-7 m telefonuje a koncentrace je pryč. Menší kanceláře s možností otvírání oken a větráním by byly určitě lepší.“

Muž, 30 let, sekce 4, 4. NP: „Výrazný celodenní hluk ventilace - raději bych upřednostnil klid (vypnutá ventilace) + větrání oknem každé ráno.“

Muž, 28 let, sekce 2, 4. NP: „Foukání studeného vzduchu na pracovišti (zejména v odpoledních hodinách).“

Muž, 38 let, sekce 2, 4. NP: „Problém vidím v tom, že se vzduch v době pracovního klidu (přes noc) neobnovuje. Člověk ráno přichází do vydýchané (v letních měsících i přehřáté) kanceláře. V průběhu dne se vzduch zhoršuje, po 12. hod je již nedýchatelno. Zejména v letních měsících jde až do extrému (syndrom vydýchané ponorky) proudění vzduchu přes den je nekomfortní. Průvan způsobuje pocit chladu na určitou tělesnou partii s následnými zdravotnickými problémy (nachlazení, bolesti hlavy, zad ...) ale nedokáže zvýšit podíl kyslíku v klimatu kanceláře.“

Muž, 50 let, sekce 2, 4. NP: „V zimě malá intenzita proudění vzduchu, v létě naopak velká. Velmi nepříjemné na krční páteř a ramena.“

Muž, 45 let, sekce 1, 4. NP: „Světla svítí, nebo nesvítí na celém patře. Světla svítí i tam kde nikdo celé hodiny není. Stropní ventilace různě hučí.“

Žena, 51 let, sekce 9, 4. NP: „Prostředí hrozné, táhne od skleněné střechy, nemám topení, sedím tu jak na chodbě.“

Žena, 30 let, sekce 5, 3. NP: „Nevyhovující osvětlení, střídání chladu i tepla, mnoho lidí na pracovišti - nemožnost soustředění, opakující se nemoci.“

Žena, 43 let, sekce 1, 3. NP: „Několikrát týdně používám pléd přes ramena, deku přes nohy, šála nebo šátek na krku denně.“

Muž, 34 let, sekce 4, 3. NP: „Vydýchaný vzduch bez možnosti vyvětrat!“

Muž, 33 let, sekce 5, 3. NP: „Po odchodu z práce (příchodu na čerstvý vzduch) se moje únava výrazně snižuje.“

Muž, 35 let, sekce 2, 3. NP: „Vrchní studené proudění vzduchu pomáhá eliminovat pouze slunečnick umístěný nad mým pracovním stolem.“

Muž, 42 let, sekce 2, 4. NP: „V letním období omezit provoz klimatizace (sníží se proudění vzduchu a zvýší teplota). V zimním období o trochu více topit.“

Muž, 42 let, sekce 3, 4. NP: „Teplota i proudění vzduchu kolísá během dne - ráno většinou chladno, cca kolem 10 h horko a v odpoledních hodinách celkem silné proudění chladného vzduchu.“

Žena, 48 let, sekce 1, 4. NP: „Větší problém je v létě. Venku je vedro a sem si bereme teplé svetry a teplé ponožky. Bohužel pokud jdete na jednání, tak to vypadá dosti komicky, nebo to musíme vydržet a počítat třeba s rýmou.“

Muž, 50 let, sekce 8, 4. NP: „Malá výměna vzduchu na mém pracovišti, málo přirozeného světla.“

Muž, 32 let, sekce 3, 4. NP: „Výzkum prováděn (dle mého názoru) v nevhodném období. Problémy jsou při hodně teplém počasí, tedy v létě. Při venkovních teplotách nad 28 °C je v kanceláři velký chlad umocněný průvanem z chlazení (na stole naměříme 22 °C, ale s průvanem to vnímám jako 17 °C). Osobně musím mít v létě v kanceláři připravenou teplou mikinu.“

Muž, 35 let, sekce 5, 4. NP: „Při příchodu do práce v 6:15 byla teplota vyhovující. Do 9 h se pocitová teplota mírně snížila. Po 9 hod se během krátké chvíle ochladilo a pocítil jsem průvan od oken. Hlavice radiátorů se dají nastavit max. pouze na třetí stupeň z celkových pěti, aktuálně jsou vlažné z horní části.“

Muž, 44 let, sekce 6, 4. NP: „Občas mi mrzne ruka při práci s PC myší (nutné rukavice). Dalším nepříjemným vlivem na pracovišti je hluk vyvozovaný prostým

pohybem i komunikací velkého množství lidí v neodhlučněném otevřeném prostoru a dále nevhodné umělé osvětlení v ranních případně večerních hodinách.

Muž, 30 let, sekce 4, 3. NP: „V podstatě nejvíc mi vadí nevysvětlitelný těžký vzduch a neustálý jemný průvan od stropu, který mi táhne za krk. Zdejší otevřené a nevětrané prostředí výrazně přispívá k šíření bacilů a nemocí.“

Muž, 49 let, sekce 6, 3. NP: „Tepelný komfort je ovlivňován umístěním výkonných pracovních stanic přímo na pracovišti. Proto jsou v našem sektoru vyšší teploty než-li na opačném konci místnosti. Klimatizací nelze sektorově regulovat - hlavní důvod nespokojenosti s klima komfortem.“

Muž, 40 let, sekce 5, 4. NP: „Občas vlivem proudění chladného vzduchu studená deska stolu a nutnost vzít si svetr paradoxně při oteplení venku - snížení teploty uvnitř.“

Žena, 26 let, sekce 5, 3. NP: „Teď v zimě mi přijde, že se tady opravdu moc netopí.“

Muž, 62 let, sekce 7, 4. NP: „Problém je pocit proudění studeného vzduchu, ne teplota měřená teploměrem. Rušně působí hluk kolegů telefonujících, popř. pokud mají návštěvu, nedostatek místností pro jednání.“

Žena, 27 let, sekce 6, 4. NP: „Často vydýchaný vzduch, který způsobuje motání hlavy, únavu, malátnost, výdech klimatizace přímo za zády - studené ruce, nelze chodit bez šátku na krku. Zápach a průvan při otevření nákladního výtahu.“

Muž, 39 let, sekce 8, 3. NP: „Hlavním rušivým faktorem je nedostatek čerstvého vzduchu - např. možnost vyvětrání. Následkem požadavku na zvýšený přívod čerstvého vzduchu byla snížena teplota (že prý pocitově bude pocit čerstvějšího vzduchu). Dále je problémem citelné proudění či padání chladného vzduchu.“

Muž, 49 let, sekce 2, 4. NP: „V letních horkých měsících vyšší teplota prostředí. Nutné větrání okny, čímž vzniká průvan, který může vést k nachlazení.“

Muž, 49 let, sekce 4, 3. NP: „Přivítal bych čerstvý a vlhčí vzduch na pracovišti.

Muž, 29 let, sekce 6, 4. NP: „V létě občas příliš silný proud vzduchu od klimatizace. Bolest kloubů. Suché oči.“

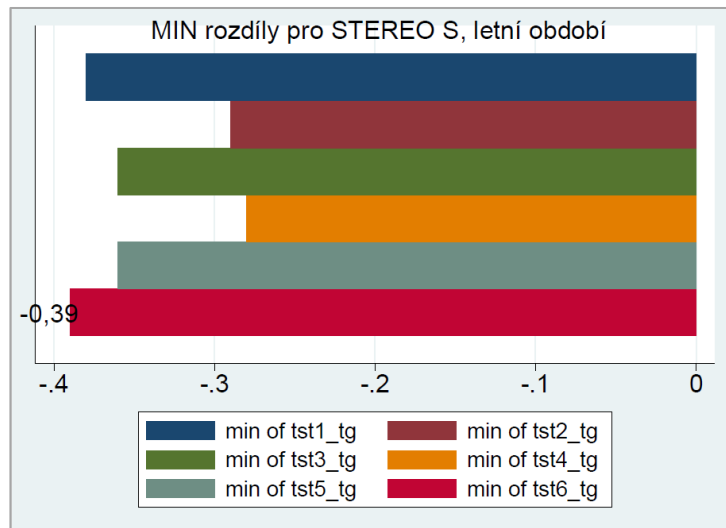
Muž, 32 let, sekce 6, 3. NP: „Celodenní šumění od klimatizace a PC - velmi nepříjemné pro koncentraci.“

Příloha E

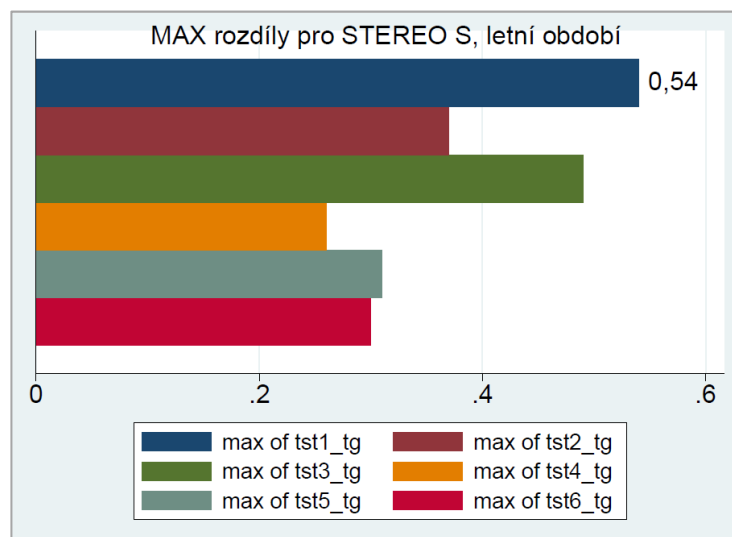
Grafy pro STEREO S v letním období a STEREO S, STEREO C v zimním období - jejich minimální, maximální a průměrné hodnoty (aritmetický průměr, medián).

Letní období (pokračování z kapitoly 8.4.3.1):

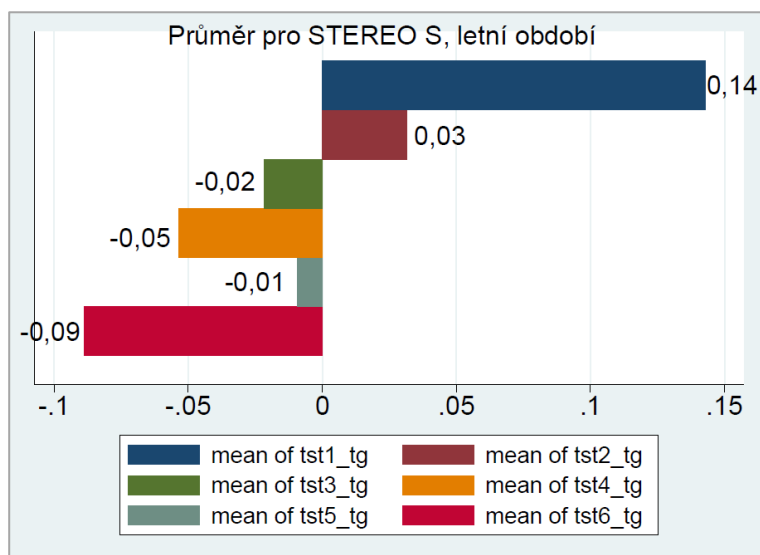
STEREO S



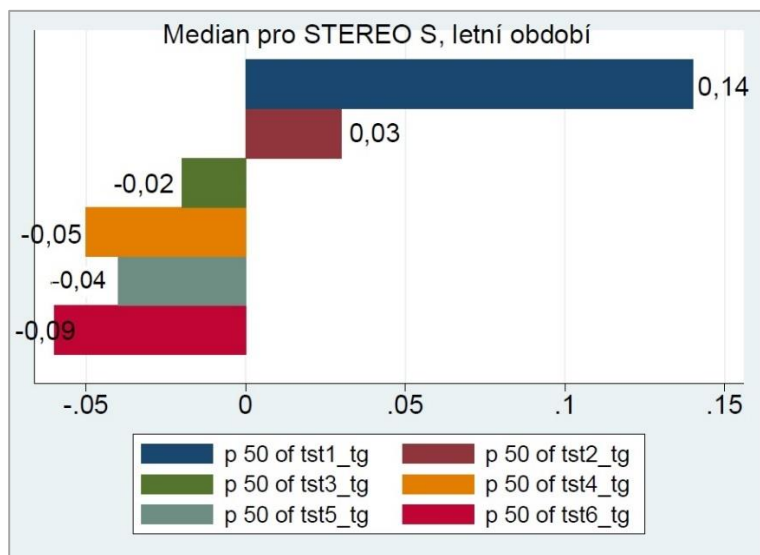
Obrázek E-1: Minimální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného letního období v [°C]



Obrázek E-2: Maximální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného letního období v [°C]



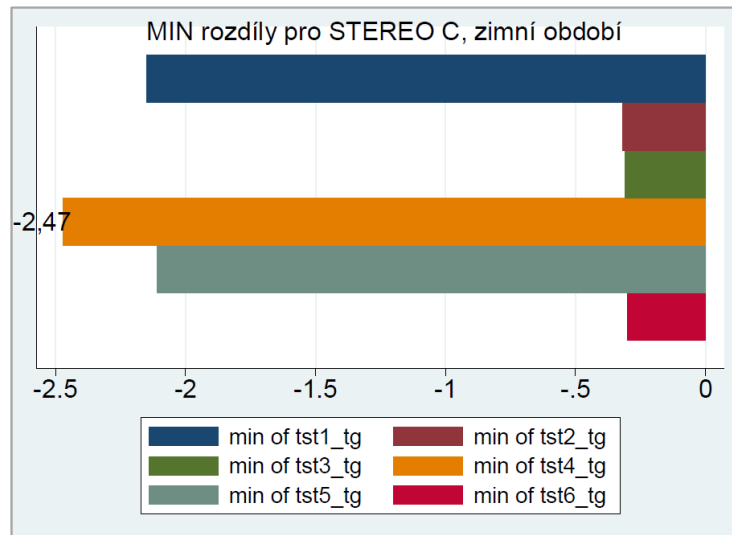
Obrázek E-3: Aritmetické průměry rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného letního období v [°C]



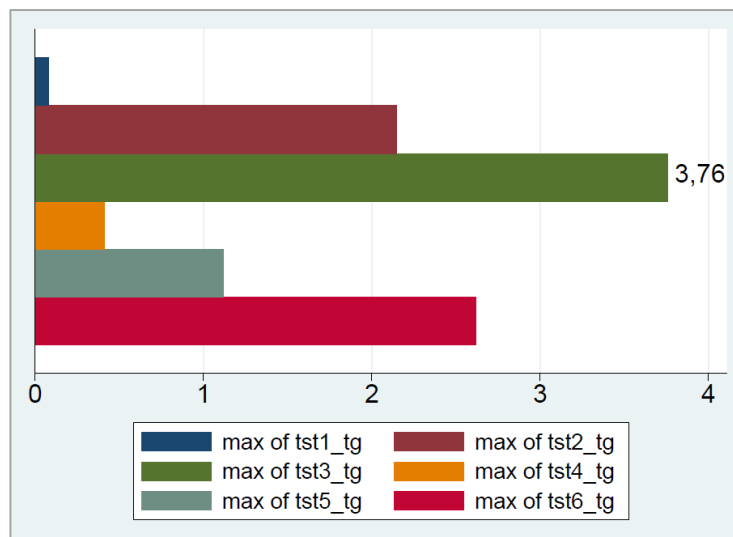
Obrázek E-4: Mediány rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného letního období v [°C]

Zimní období:

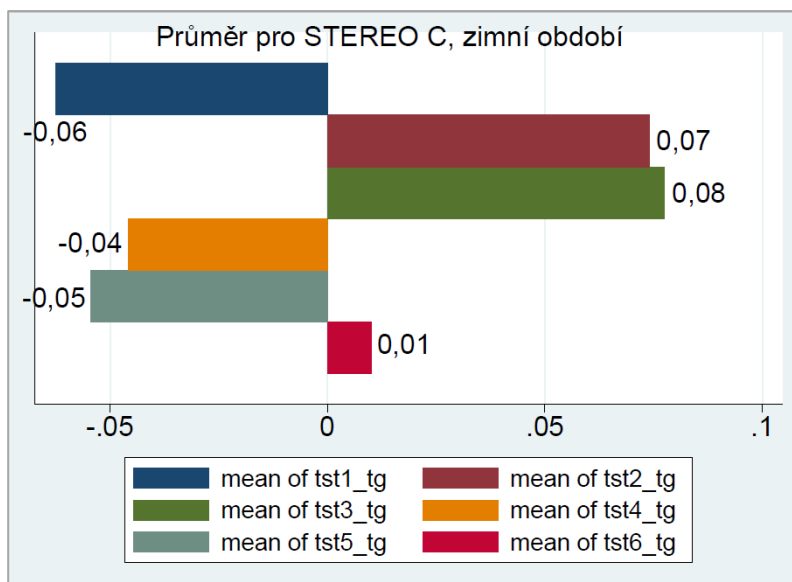
STEREO C



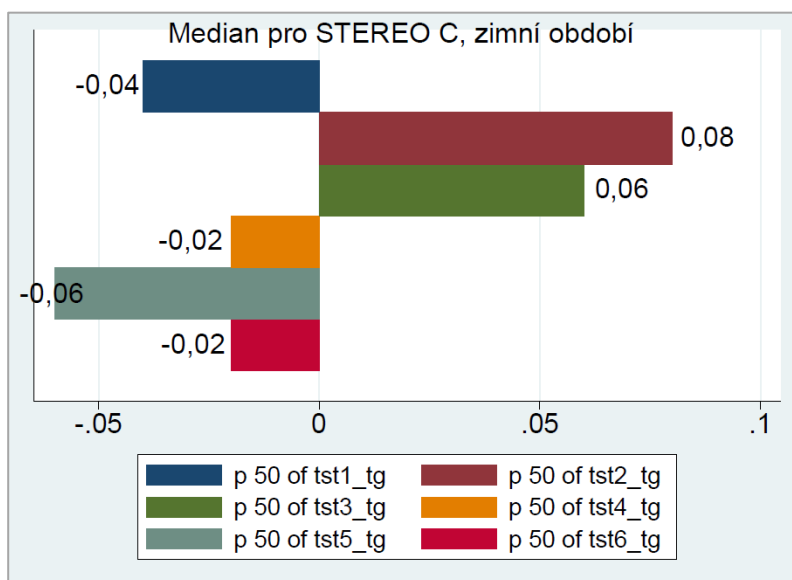
Obrázek E-5: Minimální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného zimního období v [°C]



Obrázek E-6: Maximální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného zimního období v [°C]

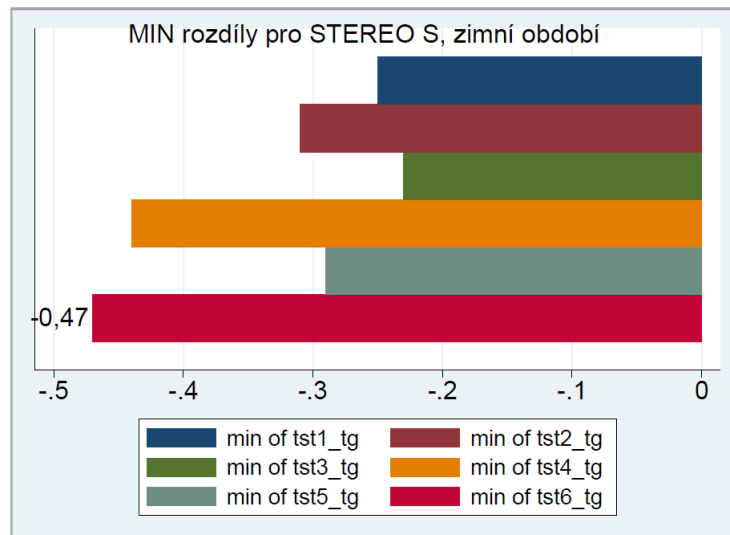


Obrázek E-7: Aritmetické průměry rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného zimního období v [°C]

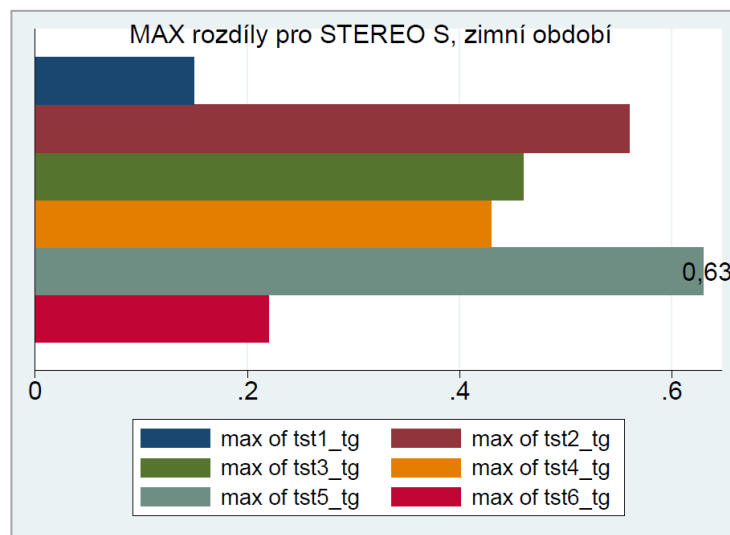


Obrázek E-8: Mediány rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO C během celého měřeného zimního období v [°C]

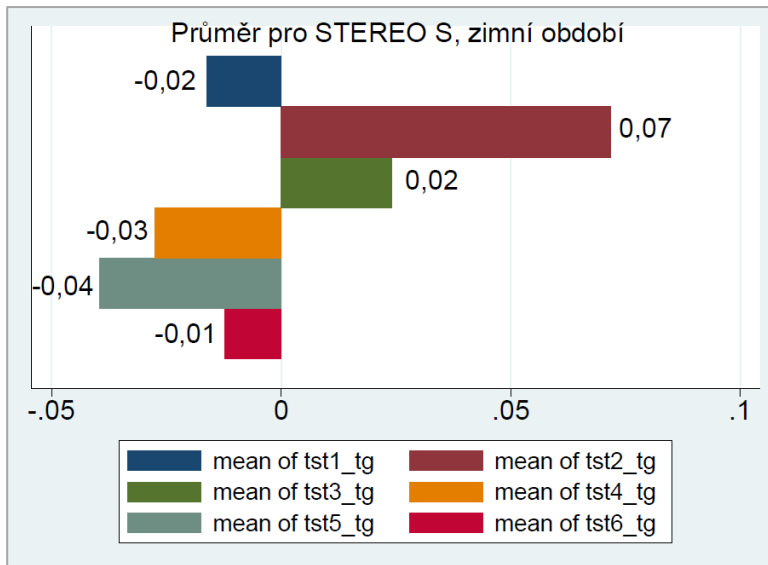
STEREO S



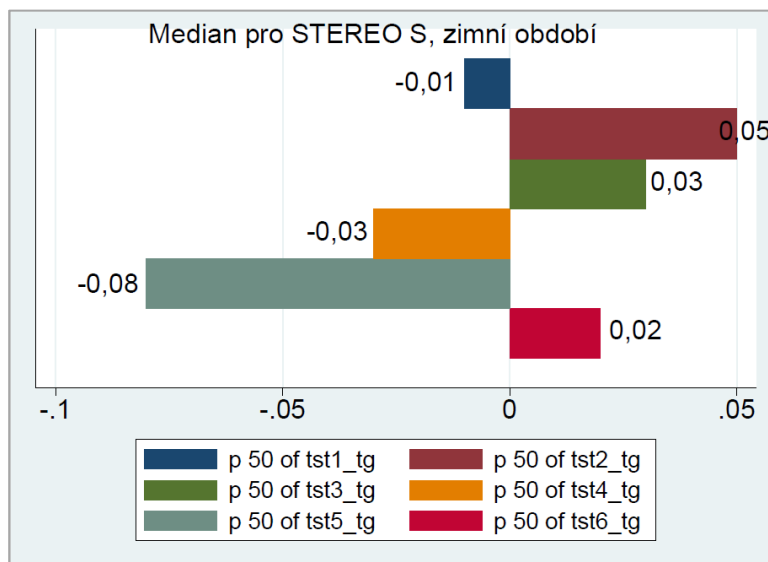
Obrázek E-9: Minimální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného zimního období v [°C]



Obrázek E-10: Maximální rozdíly ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného zimního období v [°C]



Obrázek E-11: Aritmetické průměry rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného zimního období v [°C]



Obrázek E-12: Mediány rozdílů ($t_{st, 1-6} - t_g$) pro STEREO S během celého měřeného zimního období v [°C]