

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE


Ověřování parametrů prostředí interiéru

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- 1. Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ilona Gonová**
Katedra technologií a měření

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stanislav STRNAD**
Osobní číslo: **E10B0115P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Ověřování parametrů prostředí interiéru**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte možnosti ověřování základních parametrů prostředí.
2. Zhodnoťte vlivy působící na tepelnou pohodu.
3. V zadaných prostorech proveďte měření a vyhodnocení parametrů prostředí.

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje parametry prostředí interiéru a způsoby jejich měření. Dále se zabývá souhrnem vlivů působících na tepelnou pohodu a zhodnocením výsledků naměřených parametrů ve školní laboratoři.

Klíčová slova

Parametry prostředí, tepelná pohoda, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, koncentrace CO₂, osvětlení, PMV, PPD

Abstract

This thesis describes the environmental parameters indoors and procedures of their measuring. It also deals with the summary of influences acting on the thermal comfort and with evaluation of results of parameters measured in university laboratory.

Key words

The environmental parameters, thermal comfort, air temperature, air humidity, fraction of carbon dioxide in air, illumination, PMV (predicted mean vote), PPD (predicted percentage of dissatisfied)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Iloně Gonové za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

Seznam symbolů a zkratek.....	8
1 ÚVOD.....	9
1.1 Cíl práce	9
2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PROSTŘEDÍ.....	10
2.1 Tepelná pohoda	10
2.2 Teplota vzduchu	10
2.2.1 Měření teploty vzduchu.....	11
2.3 Střední teplota sálání	12
2.4 Měření Kata – hodnoty	13
2.5 Vlhkost vzduchu.....	14
2.5.1 Měření vlhkosti vzduchu	14
2.6 Koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu.....	15
2.6.1 Měření oxidu uhličitého.....	16
2.7 Osvětlení prostředí interiéru.....	17
2.7.1 Měření osvětlení	18
3 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA TEPELNOU POHODU.....	20
3.1 Subjektivní vlivy	20
3.2 Objektivní vlivy.....	21
3.3 Předpověď středního tepelného pocitu (PMV).....	22
3.4 Předpověď procentuálního podílu nespokojených (PPD)	24
4 NEJISTOTY MĚŘENÍ.....	25
4.1 Standardní nejistota typu A (u_A).....	25
4.2 Standardní nejistota typu B (u_B)	26
5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A ZHODNOCENÍ.....	27
5.1 Zpracování výsledků	27
5.1.1 Výsledky měření PMV, PPD.....	28
5.1.2 Výsledky Kata – hodnoty	29
5.1.3 Výsledky měření osvětlení.....	30
6 ZÁVĚR.....	31
7 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	32
PŘÍLOHY.....	1

Seznam symbolů a zkratek

ČSN.....	Česká technická norma
t_a	Teplota vzduchu
t_g	Výsledná teplota kulového teploměru
$^{\circ}\text{C}$	Jednotka Celsiova stupně
K.....	Termodynamická teplota
$^{\circ}\text{F}$	Jednotka Fahrenheita
W_a	Absolutní vlhkost
CO_2	Chemický vzorec oxidu uhličitého
ppm.....	Parts per million (z angličtiny, česky „díů či částic na jeden milion“)
E.....	Intenzita osvětlení
lx.....	Jednotka Intenzity osvětlení
Φ	Světelný tok
R_{cl}	Tepelný odpor oděvu
t_r	Radiační teplota
φ	Relativní vlhkost vzduchu
w.....	Rychlost proudění vzduchu
PMV.....	Předpověď středního tepelného pocitu
PPD.....	Předpověď procentuálního podílu nespokojených
K.....	Kata – hodnota prostředí
Q.....	Množství tepla
u_A	Standardní nejistota typu A
u_B	Standardní nejistota typu B
u_c	Standardní kombinovaná nejistota
U.....	Rozšířená (celková) nejistota

1 ÚVOD

Fyziologické reakce člověka na tepelné podmínky prostředí a vlivy působící na tepelnou pohodu již zkoumal Sókratés (okolo 400 př. n. l.), když se zabýval myšlenkou konstrukce domů, pro zajištění teplené pohody člověka v daném prostředí [20].

Jelikož v této době nebyla tepelná pohoda zásadním problémem a nebylo tolik vnějších vlivů, které ji mohly ovlivnit, tak se její účinky projeví až s příchodem nových technik vytápění, které mohly mít za následek, že se člověk necítil v obytných prostorech pohodlně [20]. A to byl zásadní podnět pro podrobnější výzkum tepelné pohody, který odstartoval možnosti prověřování jednotlivých parametrů, které dnes dle výzkumů můžeme měřit a tím i přizpůsobit podmínky vnitřních prostorů pro pohodlnější využití.

O parametrech vnitřního prostředí pojednávají v české republice normy a legislativní předpisy. Nicméně se stále můžeme setkat s tím, že se tyto normy a legislativní předpisy na mnoha pracovištích nedodrží. To může vést ke snížení tepelné pohody a to může mít i negativní vliv na organismus pracující osoby v těchto prostorech.

1.1 Cíl práce

Cílem této práce je seznámení se s různými možnostmi ověřování základních parametrů vnitřního prostředí a zhodnocení vlivů působících na tepelnou pohodu člověka. Pro tyto účely budou provedeny měření základních parametrů v zadaných prostorech a na základě zpracovaných výsledků budou vyhodnoceny parametry prostředí.

2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PROSTŘEDÍ

Parametry prostředí jsou stanoveny na základě typu vnitřních prostor, které se odvíjejí od činnosti, kterou člověk v tomto vnitřním prostoru vykonává. Samostatnou kapitolou jsou byty a bytové domy a především tzv. čisté prostory ve zdravotnických pracovištích a ve výrobním prostředí. Požadavky na tyto prostory jsou stanoveny především ve státních normách (ČSN).

2.1 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je pojem, který nám udává, jak člověk pocitově vnímá okolí v prostředí, ve kterém se nachází. Jelikož je produkce tepla u každého jednotlivce různá a je proměnlivá v závislosti na různých činnostech, tak musí být zajištěn odvod produkovaného tepla člověka do prostoru přirozeně, aby nedošlo ke zvýšení teploty těla. Zároveň nesmí být tento odvod tepla příliš silný, protože by mohlo dojít k ochlazení na hranici nepříjemného pocitu. Člověk by se tedy měl cítit v daném prostředí příjemně bez pocitu nepříjemného chladu, ani nepříjemného tepla [1].

Pro dosažení optimální pohody prostředí a zkvalitnění vnitřního ovzduší, ve kterém se budou pohybovat pracující osoby, musí být bezprostředně dodržena správnost parametrů vnitřního prostředí definovaných v předpisech a normách [1].

Dodržování těchto předpisů je důležité především pro člověka, který může být ovlivněn všemi aspekty vnitřního prostředí, jako je například osvětlení na pracovišti, hluk, rychlost proudění vzduchu, teplota, oděry atd. Proto tepelná pohoda je dána teplotními a vlhkostními podmínkami prostředí, ale také ji může ovlivnit zvolený pracovní oděv a to vše se může odrážet na výsledné produktivitě práce jednotlivce.

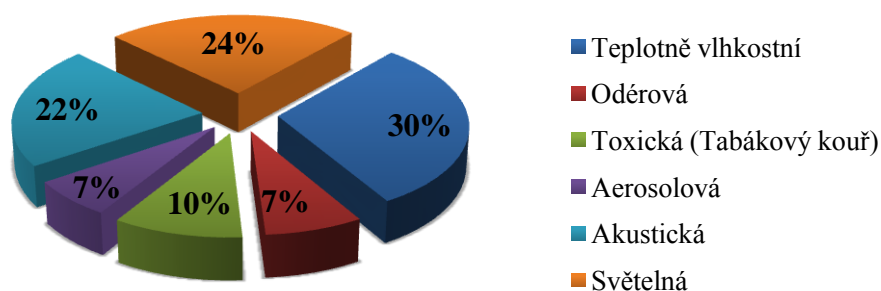
2.2 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu označena t_a s jednotkou stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$) patří k základním údajům sledovaným meteorologickými ústavy po celém světě. Je to jedna z velice klíčových termodynamických veličin, která popisuje tepelné jevy. Termodynamická teplota je základní veličinou z mezinárodní soustavy SI jednotek, která se značí jednotkou Kelvin (K). Nejnížší

možnou teplotou, ke které je možné se přiblížit jenom za určitých podmínek a tudíž ji nelze zcela dosáhnout je teplota absolutní nuly 0 K. Po převedení na stupně dosáhneme teploty odpovídající $-273,15\text{ °C}$ [2].

V naší zemi se teplota vzduchu měří ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$), naopak v zahraničních zemích se používají jednotky odlišné, například stupeň Fahrenheita ($^{\circ}\text{F}$).

Dále má teplota vzduchu značný vliv na pocit člověka, který odpovídá změně tepelné pohody a tím může dojít i k značnému diskomfortu, který může mít mnohem větší následky na subjektivní vnímání nepohody z vnějšího okolí, než jiné škodliviny například hluk nebo nežádoucí obtěžující zápach [3].



Obr. 2.1: Vliv konstituent na celkovou úroveň prostředí ([9, s. 70])

2.2.1 Měření teploty vzduchu

Pro správnou aplikaci přístroje a jeho umístění provedeme v souladu s normou ČSN EN ISO 28802 Ergonomie fyzického prostředí – Hodnocení životního prostředí pomocí environmentálního průzkumu zahrnujícího fyzikální měření a subjektivní odezvy člověka a to tak, že měření budou vystaveny uživatelské prostory (např. na pracovním stole, kde osoba vykonává práci). Je také důležité, aby měření nebylo ovlivněno vnějším zásahem a přístroje by měly co nejméně ovlivňovat subjektivní posudek samotného měření. Další důležitou součástí je i doba prováděného měření, která musí být dostatečně dlouhá, pro správné vyhodnocení výsledků. Pro prostředí diskomfortní a nehomogenní je doporučeno měřit

v různých výškách, zejména pro stanovení tepelné pohody to jsou místa ve výši kotníku, hrudníku a hlavy [4].

Tab. 2.1: Požadavky na výslednou teplotu pobytových místností podle vyhlášky č. 6/2003 (převzato[7])

Typ pobytové místnosti	Výsledná teplota t_g (°C) období roku	
	teplé	chladné
Ubytovací zařízení	24,0 ±2,0	22,0±2,0
Zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5±1,5	22,0±2,0
Haly kulturních a sportovních zařízení	24,5±1,5	22,0±2,0
Učebny v zařízení pro výchovu a vzdělání	24,5±1,5	22,0±2,0
Ústav sociální péče	24,0±2,0	22,0±2,0
Zdravotnická zařízení	24,0±2,0	22,0±2,0
Výstaviště	24,5±2,5	22,0±3,0
Stavby pro obchod	23,0±2,0	19,0±3,0

Teplota ve vnitřních prostorech by si měla v zimě pohybovat v rozmezí 22 ± 2 °C, v létě by neměla přesáhnout 26 °C. Výsledná teplota t_g je hodnota naměřená pomocí kulového teploměru. Pokud se nenachází v měřeném prostředí interiéru žádné výrazné sálavé složky tepla nebo vysoké proudění vzduchu, neliší se od teploty vzduchu měřené běžným teplotním čidlem [7]. Proto můžeme výslednou teplotu t_g porovnat s teplotou okolního vzduchu t_a .

2.3 Střední teplota sálání

Pro posouzení teploty uvnitř pracovního prostředí se používá měření střední teploty sálání za použití černého kulového teploměru. Černý kulový teploměr provádí vyhodnocení okolní teploty s použitím polyuretanové sondy, která obsahuje teplotní čidlo. Teplotní kulová baňka může mít průměr 100 či 150 mm (dle teploměru Vernona-Jokla) [1]. Po ustálení v tepelné rovnováze teplota naměřená uvnitř baňky vyjadřuje výměnu tepla sáláním a výměnu tepla prouděním. Tato teplota koule umožňuje stanovit střední teplotu sáláním [5, s. 19].



Obr. 2.2: Černý kulový teploměr (převzato a upraveno z [6])

2.4 Měření Kata – hodnoty

Kata – hodnotu prostředí měříme, abychom zjistili ochlazovací účinek v daném prostředí. Měřená kata – hodnota obsahuje teplotu prostředí, rychlost proudění okolního vzduchu a vlhkost vzduchu. Měření této hodnoty se provádí pomocí kata – teploměru. Kata – teploměr je tvořen skleněnou baňkou, která je naplněná barevným lihem. Měřicí rozsah teploměru je vyznačen na kapiláře, která obsahuje dvě rysky v rozmezí 35 °C a 38 °C. Střední hodnota teploměru je 36,5 °C, která představuje teplotu lidského těla. Před začátkem měření je potřeba teploměr zahřát ve vodní lázni na teplotu 38 °C a změřit čas, který uplyne od poklesu lihu z teploty 38 °C na spodní hranici 35°C. V době měření se musí dbát na to, aby měření neovlivňovali nežádoucí rušivé jevy. Teploměr je během měření volně zavěšen [22, s. 65].

Výpočtem podle vzorce (2.1) se určí hodnocení prostoru.

$$K = \frac{Q}{\Delta t} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (2.1)$$

Ve vzorci písmeno Q představuje cejchovní hodnotu přístroje [J/m^2]. Tato hodnota je obvykle uvedena přímo na zadní straně kata – teploměru. Dobu poklesu určuje hodnota Δt [s]. Následné vyhodnocení stavu prostředí porovnáváme s tabulkou 2.2 [22, s. 65].

Tab. 2.2: Závislost mezi kata – hodnotou a prostředím (převzato [22, s. 65])

Velikost suché kata-hodnoty	7	6	5	4	3
Pocit v měřeném prostředí	Velmi chladno	Chladno	Příjemně	Teplo	Horko

2.5 Vlhkost vzduchu

Vlhkost je rozdělena do dvou základních parametrů dle ČSN EN ISO 7726 a to na absolutní a relativní vlhkost ovzduší. Absolutní vlhkost vyjadřuje aktuální výskyt vodních par, které jsou obsaženy v okolním vzduchu prostředí na rozdíl od relativní vlhkosti, která udává navíc složení vzduchu s obsahem vodních par vztažených k dané teplotě a k maximálnímu množství, které může vzduch obsahovat [5].

Příliš nízká nebo příliš vysoká vlhkost vzduchu, může nastat se změnou ročního období a to může vést k nepříznivému vlivu na lidský organismus i na okolní prostředí. Proto je velice důležité provádět v bytových prostorech pravidelné obměňování vzduchu.

Pro posouzení vlhkosti vnitřního prostředí se měří relativní vlhkost, a ta by přitom neměla být vyšší než 70% a nižší než 30% [7].

2.5.1 Měření vlhkosti vzduchu

Měření absolutní vlhkosti W_a lze stanovit pomocí přístroje na bázi rosného bodu nebo pomocí elektrolytického přístroje. Takovéto měření, pak stanovuje hodnoty naměřené vlhkosti přímo. Pro nepřímé měření použijeme několik veličin současně a to relativní vlhkost a teplota vzduchu; psychometrická vlhká teplota a teplota vzduchu. Vlhkoměry dělíme dle normy ČSN EN ISO 7726 na několik typů: [5]

- Vlhkoměr na bázi kolísání elektrické vodivosti;
- Lithium – chloridový vlhkoměr;
- Kapacitní vlhkoměr;
- Absorpční vlhkoměr.



Obr. 2.3: Kapacitní vlhkoměr KIMO HD 150 (převzato a upraveno z [8])

2.6 Koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu

Obsah oxidu uhličitého (CO_2) ve venkovním vzduchu se pohybuje okolo 0.04 % [10, s. 11]. Tato látka se svými vlastnostmi je posuzována, jako nejběžnější kontaminant ve vnitřním prostředí budov, která je z největší částí produkována především člověkem. Fyzikální vlastnosti oxidu uhličitého najdeme v tabulce 2.3. Současné moderní budovy, jsou již vybaveny čidly pro měření koncentrace oxidu uhličitého, které měří kvalitu vnitřního ovzduší a tím můžou efektivně regulovat větrání budovy pro navození příjemného ovzduší [10].

Pro udávání množství oxidu uhličitého se nejčastěji používá jednotka ppm (*parts per milion*) a přípustná hodnota v interiéru se pohybuje do 1 500 ppm dle vyhlášky č. 268/2009 Sb [18].

Tab. 2.3: Fyzikální vlastnosti oxidu uhličitého (převzato a upraveno [11, s. 1])

Chemický vzorec	CO_2
Bod tání	-56,6 °C
Bod varu	-78,5 °C
Molekulární váha	44,01 g/mol ⁻¹
Koncentrace ve vzduchu	0,04 %
Rozpustnost ve vodě	1,45 kg/m ³
Hustota	1,6 g/cm ³ (pevný) 1,98 kg/m ³ (plynný)
Barva	Bezbarvý plyn

Oxid uhličitý je za běžných podmínek stabilní plyn rozpustný ve vodě, těžší než vzduch. Při hodnotách přesahující hodnotu 1 000 ppm ve vnitřním prostředí může vyvolat pocity únavy a nesoustředěnosti a pocit vydýchaného vzduchu [10, s. 7]. Pro venkovní prostředí se běžně koncentrace oxidu uhličitého ustaluje na hodnotách kolem 350 až 400 ppm. Samozřejmostí je, že ve městských oblastech je tato hodnota vyšší a může dosáhnout i hodnoty kolem 450 ppm. Přehled mezních hodnot oxidu uhličitého v interiéru je uveden v tabulce 2.4. Tento plyn je také bezbarvý, nehoří a při mnohonásobném překročení přípustné hranice působí na člověka dusivě [9, s. 123-127].

Tab. 2.4: Maximální hodnoty hladin oxidu uhličitého ve vnitřním prostředí (převzato a upraveno [9, s. 124-125])

Velmi příjemné	878 ppm
Příjemné	984 ppm
Příjatelné (z hlediska předpisů)	1 167 ppm
Dlouhodobě únosné	5 400 ppm
Krátkodobě únosné	14 663 ppm
Neúnosné	15 000 ppm

2.6.1 Měření oxidu uhličitého

Dnes jsou již čidla v bytových prostorech nainstalována, především pro kontrolované řízení větrání pomocí vzduchotechniky a ruční přístroje slouží k měření škodlivin uvnitř interiéru a měření koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu.

Výrobci čidel pro měření koncentrace oxidu uhličitého dělí přístroje do několika skupin podle principu funkce, jejich uplatnění vzhledem k umístění a využití. Nejčastěji se můžeme setkat s typem snímače takzvaně infračerveným, který pracuje na principu pohlcování infračerveného záření. Dále jsou snímače schopny vyhodnocení výsledku na základě elektroakustického nebo elektrochemického principu [10].

Dále jsou využívány pro kontrolní měření koncentrace CO₂ ve vzduchu ruční přístroje. Tyto přístroje jsou využívány především pro jejich multifunkčnost. Je možnost na ně připojit jiná čidla, která mohou měřit další specifikace prostředí jako je například teplota, tlak, vlhkost atd. Jednotlivé přístroje, pak rozlišujeme dle parametrů od výrobce, kterými jsou, například firmy TESTO, ALMEMO, PROTRONIX [10, s. 16-17].



Obr. 2.4: Vlevo měřicí přístroj ALMEMO 2690-8 (převzato a upraveno [12]), Vpravo měřicí přístroj TESTO 435- 1 (převzato a upraveno [13])

2.7 Osvětlení prostředí interiéru

Osvětlenost vnitřních prostorů při umělém osvětlení je základním parametrem značící se velkým písmenem (E) a je definovaná jako derivace plošné hustoty světelného toku Φ ku derivaci osvětlené plochy. Jednotkou osvětlenosti je 1 lux (lx). Značné působení má také na to, jaké je pohodlné rozložení vnímatelnosti zrakových úkolů [19].

Osvětleností se zabývá norma ČSN EN 12464 – 1 a stanovuje důležitost správného osvětlení různých pracovních prostorů z hlediska denního osvětlení, umělého osvětlení nebo jejich kombinací. Doporučená kritéria osvětlenosti budov a prostorů jsou uvedena v tabulce 2.5. Hlavní důraz je kladen především na to, aby byly světelné podmínky dle stanovených pracovních a přijatelných prostor nastaveny tak, aby působily příznivě na zrakové vjemy pracovníků [14].

Požadavky na dobré osvětlení dle lidských potřeb [14, s. 8]:

- Zraková pohoda;
- Zrakový výkon;
- Bezpečnost zraku.

Dále je důležité, aby se pro prostory pracovních míst zvolily kritéria a způsoby osvětlení podle činnosti. Mohlo by totiž docházet k rušivým odrazům světla, a proto musí být místnost projektována do vhodné oblasti s takovým rozmístěním svítidel pro pohodlné využití [14].

Tab. 2.5: Doporučená kritéria osvětlenosti budov a prostorů ve výšce 0,8m nad podlahou (převzato a upraveno [15, s. 36])

Typ budovy	Prostor	Udržovaná osvětlenost E_m na pracovním místě [lx]	Index oslnění UGR [-]	Index podání barev R_a [-]
Kancelářské budovy	Kanceláře	500	19	80
Budovy pro vzdělání	Posluchárny	500	19	80
	Učebny	300	19	80
Nemocnice	Jednoduché vyšetřovny	300	19	80
	Vyšetřovny a léčebna	1 000	19	90
Sportovní zařízení	Sportovní haly	300	22	80
Prodejní budovy	Prodejní plochy	300	22	80
	Pokladny	500	19	80
Veřejné prostory	Chodby	100	28	40
	Schodiště	150	25	40

2.7.1 Měření osvětlení

Pokud potřebujeme zkontrolovat množství okolního světla a jasů, za účelem dosažení optimální zrakové pohody, snížení nákladů na osvětlení nebo ověřit zda je v souladu s platnými normami, používáme zpravidla fotoelektrické luxmetry a jasoměry. Přístroje pro měření jsou použity s ohledem na požadavky měřících veličin. V mnoha ohledech se liší zejména svou přesností, chybovostí a dobou, po kterou musí být přístroj opětovně kalibrován pověřeným pracovištěm nebo přímo výrobcem. Měření osvětlení se provádí podle účelu

a charakteru bez přítomnosti osob, to může být u nových prostor nebo za jejich přítomnosti pro dosažení světelné pohody [16].

V místnosti se provádí měření v zadané výšce od podlahy a v několika zvolených bodech, pomocí kterých dojde k vytvoření měřicí sítě pro přesnější vyhodnocení výsledků. Pro porovnání naměřených hodnot se používá norma ČSN EN 12464-1, zda vyhovuje požadavkům na osvětlenost [14].



Obr. 2.5: Luxmetr PLMT 56 (převzato a upraveno [17])

3 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA TEPELNOU POHODU

Pro zefektivnění tepelného komfortu člověka a jeho tepelné pohody, přispívají jednotlivé typy faktorů, které mají velký podíl na rozvoji podmínek vnitřního prostředí tak, abychom se cítili v daném prostředí příjemně. Mnohdy dochází k nevyváženosti jednotlivých vlivů, a to má i za následek rozsáhlý diskomfort. Ten může mít samozřejmě podíl na prováděné činnosti, možnosti rozhodování a nepřiměřené soustředěnosti.

Proto se v odborných literaturách uvádí vlivy, které působí na tepelnou pohodu člověka. Takovéto vlivy může rozdělit do dvou nezávislých oblastí. První oblastí jsou tzv. subjektivní vlivy, které označujeme jako individuální stav člověka a jeho fyzickou kondici. Druhou oblastí jsou vlivy tzv. objektivní, lze je považovat za vlivy, které můžeme měřit a přizpůsobit daným potřebám člověka [20].

3.1 Subjektivní vlivy

Jak již bylo zmíněno, jsou to vlivy, u kterých především závisí na tom, jak se dotyčná osoba cítí, v jaké je fyzické kondici a jakou má schopnost aklimace v daném prostředí (adaptace na vnitřní prostředí). Dále jsou rozhodujícími faktory tělesný stav, věk, psychický stav, ale také druh vykonávané činnosti. Dopad na tepelnou pohodu může mít také oblečení, které můžeme chápat jako jeden z faktorů ovlivňující odvod tepla z lidského těla do okolí. Další ovlivňující faktor je hodnota lidského metabolismu, na kterém se především podílí úroveň aklimace člověka a stravovací návyky. Mezi typické subjektivní vlivy tedy řadíme [20]:

- Věk a pohlaví;
- Tělesná postava;
- Aklimace (přizpůsobení vnitřnímu prostředí);
- Aklimatizace (přizpůsobení venkovnímu prostředí);
- Druh činnosti;
- Psychický stav;
- Tepelný odpor oděvu R_{cl} ($m^2 \cdot K/W$).

3.2 Objektivní vlivy

Mezi objektivní vlivy řadíme právě ty, které lze ověřit měřením. Proto tyto vlivy můžeme vůči tepelné pohodě upravit, tak aby vyhovovaly právě našim požadavkům na rovnováhu tepelné bilance organismu. Proto dle normy ČSN EN 15251 řadíme mezi hlavní kritéria, tvořící místní tepelný diskomfort, průvan, nesymetrické rozložení radiační teploty, rozdíly teploty vzduchu a teploty podlahy [15, s. 16].

Rovněž nutno zohlednit parametry zabývající se vlhkostí vzduchu a rychlostí proudění vzduchu. Jako vedlejší faktor bychom mohli uvést parametr, který se podílí na efektivním provádění zrakových úkonů a tudíž vhodné osvětlení vnitřních prostorů budov, který je také předmětem normy ČSN EN 15251 [15, s. 17-18].

Abychom mohli uvedené vnitřní parametry, které ovlivňují tepelnou pohodu, správně vyhodnotit, použijeme pro ně jednoduché ukazatele, které určují hodnocení energetické náročnosti. Těmito ukazateli se zabývá norma pro Ergonomii tepelného prostředí – Analytické stanovení tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PVM a PPD a kritéria místního tepelného komfortu [21].

Pro určení a klasifikaci vnitřního prostředí budov se obecně vyhodnocuje energetická náročnost budovy. Pro tyto účely musí být splněna klasifikace vnitřního prostředí. Vzhledem k nepřehlednému množství parametrů a nedostatečné znalosti jejich významu k celkovému vlivu na vnitřní prostředí, je doporučeno normou ČSN EN 15251, aby byla celková klasifikace vyhodnocena pouze z vlivů tepelného prostředí a kvality vnitřního vzduchu [15, s. 23].

Rozdělení na vlivy tepelného prostředí [15]:

- Teplota vzduchu t_a (°C);
- Radiační teplota t_r (°C);
- Relativní vlhkost vzduchu φ (%);
- Rychlost proudění vzduchu w (m/s).

3.3 Předpověď středního tepelného pocitu (PMV)

Určení ukazatele PMV stanovuje norma pro Ergonomii tepelného prostředí – Analytické stanovení tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PVM a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. Použijeme tabulku vyobrazenou se sedmibodovou stupnicí tepelných pocitů, která určuje střední tepelný pocit na základě odevzdaných hlasů mnohočlenné skupiny hodnotících osob svůj tepelný pocit. Sedmibodovou stupnicí tepelných pocitů nalezneme v tabulce 3.1 [21, s. 8].

Tab. 3.1: Sedmibodová stupnice tepelných pocitů (převzato[21, s. 8])

Stupeň	Teplený pocit
+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírné teplo
0	Neutrální
-1	Mírné chladno
-2	Chladno
-3	Zima

Ukazatel PMV se používá pro ověření tepelného komfortu v daném tepelném prostředí a také k posouzení úrovně přijatelnosti prostředí. Pokud položíme ukazatel PMV roven 0, „vznikne rovnice umožňující předpověď kombinací činnosti, oděvu a parametrů prostředí, které v průměru vyvolají tepelně neutrální pocit“ [21, s. 9].

PMV ukazatel se stanovuje několika způsoby. Zprv za použití rovnice vyhodnocené pomocí počítačového programu. Dále lze stanovit přímo z tabulky hodnot PMV. Tato tabulka je určena pro různé modelové situace činnosti, dále závisí na volbě oděvu, změřené operativní teplotě a relativní rychlosti proudění vzduchu. Dalším způsobem je přímé měření ekvivalentní a operativní teploty pomocí integrovaného čidla. Všechny tyto způsoby stanovení PMV jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 7730 [21, s. 9].

Hodnotu ukazatele PMV lze spočítat pomocí rovnice (3.1) [21, s. 8].

$$PMV = \quad (3.1)$$

$$[0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] \\ -1,7 \cdot 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0,0014 M (34 - t_a) \\ -3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a) \end{array} \right\}$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 - I_{cl} \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_{cl} (t_{cl} - t_a) \right\}$$

$$h_{cl} = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{pro } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{pro } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{pro } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{pro } I_{cl} \geq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases}$$

Kde

M je metabolismus ve watech na metr čtvereční (W/m^2);

W užitečný mechanický výkon ve watech na metr čtvereční (W/m^2);

I_{cl} tepelný odpor oděvu v metrech čtverečních a kelvinech na watt ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$);

f_{cl} povrchový faktor oděvu²⁾;

t_a teplota vzduchu ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$);

\bar{t}_r střední radiační teplota ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$);

v_{ar} relativní rychlost proudění vzduchu v metrech za sekundu (m/s);

p_a parciální tlak vodní páry v paskalech (Pa);

h_c součinitel přestupu tepla konvencí ve watech na metr čtvereční a kelvinech [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];

t_{cl} teplota povrchu oděvu ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$).

POZNÁMKA 1 metabolická jednotka = 1met = 58,2 W/m^2

1 jednotka tepelného odporu oděvu = 1clo = 0,155 $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}$

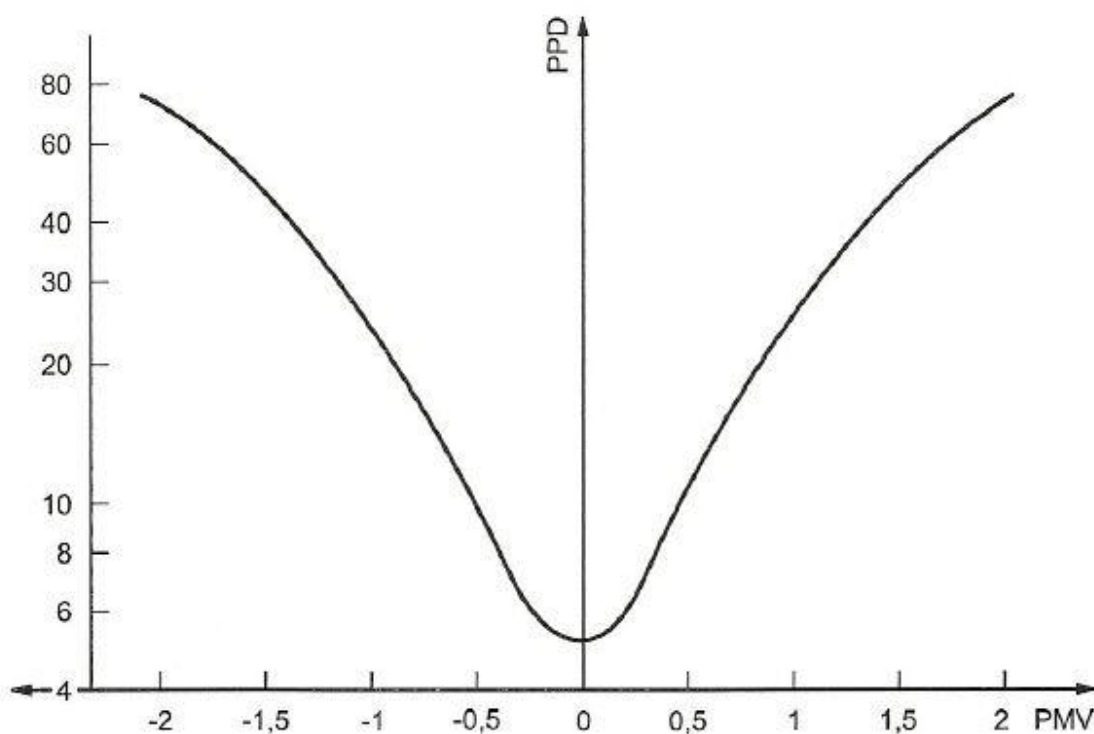
²⁾ Definován jako poměr povrchu oděného člověka k povrchu nahého člověka

3.4 Předpověď procentuálního podílu nespokojených (PPD)

Ukazatel PPD je další veličinou, která stanovuje předpověď procenta nespokojených osob s tepelným prostředím. V daném tepelném prostředí mohou osoby cítit přílišný chlad nebo příliš velké teplo. Za nespokojené jsou dle mezinárodní normy považovány ty osoby, které by zvolili v sedmibodové tabulce (viz Tab. 3.1) tepelný pocit *horko*, *teplo*, *chladno* nebo *zima* [21, s. 9].

Pokud známe hodnotu PMV, můžeme dle rovnice (3.2) určit hodnotu PPD [21, s. 9].

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (3.2)$$



Obr. 3.1: Graf předpovědi procentuálního podílu nespokojených PPD jako funkce předpovědi středního tepelného pocitu PMV (převzato[21, s. 10])

4 NEJISTOTY MĚŘENÍ

Nejistota měření vyjadřuje parametr, který „*charakterizuje rozsah hodnot okolo výsledku měření, který lze odůvodněně přiřadit k hodnotě měřené veličiny*“ [23]. Při určování nejistoty měření, musíme počítat s tím, že se nejistota netýká jen výsledku měření, ale i měřicích zařízení, hodnot použitých konstant, korekcí atd. U nejistot se předpokládá určitého normálního rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje odchylku hodnot od skutečné hodnoty. Mírou nejistoty je pak směrodatná odchylka udávané veličiny. Vyjádřená hodnota nejistoty se pak označuje jako standardní nejistota (u). Standardní nejistoty se dělí na dva typy, a to na typ A a typ B. Tyto hodnoty se pak udávají samostatně, nebo za hodnotu se znaménkem \pm [23].

4.1 Standardní nejistota typu A (u_A)

Nejistoty typu A se stanovují z opakovaných měření stejné veličiny, při homogenním prostředí. Tyto nejistoty jsou způsobeny především náhodnými chybami [23].

Pokud je počet měření menší než 10, potom se **nejistota typu A** násobí koeficientem k_s , který závisí na počtu měření [23].

Vyhodnocení **nejistoty typu A** provedeme z výsledků naměřených časů (Δt), díky kterým se určuje ochlazovací účinek prostředí tabulka 5.3.

Z rovnice (4.1) určíme aritmetický průměr naměřených časů Δt a z rovnice (4.2) výsledek **standardní nejistoty typu A** [23, s. 26].

$$\bar{t} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_i = 130,82 \text{ s} \quad (4.1)$$

$$u_A(x) = s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.2)$$

$$u_A(t) = s_{\bar{t}} = 3,491 \text{ s}$$

Výsledná **nejistota typu A** po výpočtu dle vzorce (4.2) vyšla $u_A = 3,491 \text{ s}$.

4.2 Standardní nejistota typu B (u_B)

Určení **nejistoty typu B** nebývá vždy jednoduché a jsou způsobeny známými a odhadnutelnými příčinami. Při zvýšeném požadavku na přesnost, se musí provést podrobný rozbor chyb. Tyto nejistoty jsou ovlivněny různými zdroji příčin vzniku. Výsledná nejistota je dána geometrickým součtem.

Velikost standardní **nejistoty typu B** určíme pro složky chyba obsluhy a chyba měřicích stopek, přičemž o obou předpokládáme rovnoměrné rozdělení. Chybu obsluhy uvažujeme 1s. Chybu měřicích stopek 10^{-4} s [25, s. 2] můžeme vzhledem k její velikosti zanedbat. Určíme tedy pouze jednu složku a to chybu měření obsluhou.

Chybu obsluhy určíme ze vzorce (4.3) a předpokládáme rovnoměrné rozložení [23, s. 28].

$$u_B(Z_j) = \frac{\Delta Z_{jMAX}}{\chi} \quad (4.3)$$

$$u_B(t) = \frac{1s}{\sqrt{3}} = 0,577s$$

Výpočet **standardní kombinované nejistoty** u_c určíme ze vzorce (4.4). Tato nejistota spojuje nejistotu typu A a B [23, s. 30].

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (4.4)$$

$$u_c(t) = \sqrt{3,491^2 + 0,577^2} = 3,538 s$$

Výslednou nejistotu je vhodné zaokrouhlit $u_c(t) = 3,54 s$.

Rozšířená nejistota U, kde se nejčastěji z praxe volí koeficient rozšíření $k = 2$, který nám dává spolehlivost výsledku 95,45% [23, s. 30] je:

$$U(t) = u_c(t) \cdot k = 3,54 \cdot 2 = 7,08 s \quad (4.5)$$

Výsledek získaný opakovaným měřením hodnot časů Δt .

$$\underline{t = (130,82 \pm 7,08) s}$$

5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A ZHODNOCENÍ

Měření a zpracování naměřených veličin vnitřního prostředí proběhlo 15. 5. 2014 v budově EU areálu Bory na Západočeské univerzitě v Plzni. Místnost nese označení EU – 411 a byla zvolena po domluvě s vedoucím práce. Tato místnost je využívána jako laboratoř měření neelektrických veličin, s kapacitou 13 osob. V laboratoři se obvykle měří v pozici vsedě, a proto bylo i pro tento případ takto zvoleno měření. Měření veličin tedy bylo provedeno ve výši kotníků a hlavy u pracovní plochy.

5.1 Zpracování výsledků

První měření bylo provedeno multifunkčním přístrojem TESTO 435 pro posuzování kvality okolního vzduchu s evidenčním číslem (212592). Tento přístroj pro správnou funkci používá sondy pro nejrůznější aplikace měření vnitřních parametrů prostředí.

Sondy mohou být pro měření okolního vzduchu, měření proudění tlaku vzduchu, povrchové, ponorné, teplotní čidla atd.[24].

Pro naše účely, byly zvoleny dva typy sond. Sonda s označením IAQ, díky které jsme mohli určit hodnotu CO₂, absolutní tlak vzduchu, teplotu a vlhkost vzduchu. Další sonda byla se žhaveným drátkem pro měření interního prostředí laboratoře, díky které jsme určili rychlost proudění vzduchu.

Tab. 5.1: Výsledky naměřených hodnot přístrojem TESTO 435

Pozice měřící sondy	Koncentrace CO ₂ (ppm)	Absolutní tlak (hPa)	Teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)	Rychlost proudění vzduchu (m/s)
Výška kotníků	499	985,06	22,9	32,4	0,01
Výška hlavy	525	985,00	23,2	33,5	0,00

Koncentrace oxidu uhličitého CO₂ byla naměřena pro polohu sondy ve výši kotníku 499 ppm. Pro pozici ve výši hlavy, multifunkční přístroj ukázal hodnotu 525 ppm. Pro obě hodnoty koncentrace CO₂ se nejedná o nepřipustnou hranici, u které by mohlo docházet k pocitu únavy, nesoustředěnosti a pocitu vydýchaného vzduchu jak je uvedeno na straně 16.

Pro upřesnění se nacházejí maximální hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v tabulce 2.4 na straně 16.

Teplota vzduchu se při změně polohy od kotníků směrem vzhůru do výšky hlavy změnila jen o 0,3 desetin stupně, jak je uvedeno v tabulce 5.1. Porovnání výsledné teploty t_g a t_a lze provést, protože se v místnosti nenacházely výrazné sálavé složky tepla ani proudění vzduchu [7]. Naměřené a požadované teploty pro učebny v zařízení pro výchovu a vzdělání z tabulky 2.1 (strana 12) zjistíme, že jsme v toleranční mezi pro danou hodnotu teploty. Měla by tedy tato hodnota vyhovovat z hlediska pocitové pohody uvnitř pracovní místnosti.

Změřená relativní vlhkost uvnitř místnosti dosahovala hodnoty 32,4 a 33,5%. Tato změřená vlhkost je z hlediska norem na spodní hraniční hodnotě, která by se neměla dostat pod 30% dle kapitoly 2.5. Přesto by tato hodnota, neměla být nepříznivá pro lidský organismus a okolní přístroje, i když se blíží suchému vzduchu. Pod hranicí 30% může docházet k vysychání sliznice a tím i dochází k oslabení organismu.

Rychlost proudění vzduchu a tak možnost vytvoření průvanu bylo u této místnosti prakticky nulové. Jak je uvedeno v tabulce 5.1, tak bylo naměřeno ve výši kotníků nepatrné proudění vzduchu o hodnotě 0,01 m/s. Toto proudění je, ale spíše zapříčiněné malým chvěním měřicí sondy, ke kterému mohlo dojít při měření. Proto bych tedy tuto nepatrnou hodnotu zanedbal a vyhodnotil laboratoř jak místnost bez proudění vzduchu.

5.1.1 Výsledky měření PMV, PPD

Měření hodnot PMV, PPD bylo provedeno pomocí měřicího přístroje COMFY – TEST EQ – 21 evidenční číslo (5629). Přístroj je vybaven jedním měřicím rozsahem pro obě měřené hodnoty. Před měřením je zapotřebí nastavení přístroje podle okolního prostředí. Na příslušné stupnici, která je vyobrazena přímo na přístroji pro hodnotu teploty okolního vzduchu nastavíme tlak vzduchu v jednotkách (mbar). Dále je potřeba nastavit míru tepelného odporu oděvu v jednotkách (clo). Pro měření jsme zvolili hodnotu 0,8 clo pro lehký letní oděv. Konečnou hodnotou je zapotřebí nastavení prováděné aktivity. Přístroj má rozsah hodnot aktivity od 40 do 150 W/m². Pro naše měření, jelikož je prováděné u pracovní plochy, je zvoleno vsedě, tedy pro hodnotu 60 W/m².

Tab. 5.2: Výsledky naměřených hodnot PMV, PPD přístrojem COMFY – TEST EQ – 21

Pozice měřící sondy	PMV	PPD
Výška kotníků	0,72	16
Výška hlavy	0,80	18

Hodnoty PMV vyšli přibližně stejně mezi hodnotou 0 a +1. Tyto hodnoty ukazatele středního tepelného pocitu s porovnáním se sedmibodovou stupnicí (Tab. 3.1), se blíží tepelnému pocitu mírné teplo. Z vlastního posouzení tepelného pocitu uvnitř místnosti, bych také zvolil hodnotu +1 pro mírné teplo.

5.1.2 Výsledky Kata – hodnoty

Měření Kata – hodnoty je popsáno na straně 13. Měřicí baňka s označením TGL 7894 Nr.915 nese cejchovní hodnotu $Q = 510 \text{ [J/m}^2\text{]}$. Výpočet kata – hodnoty se provádí podle stanovené rovnice (2.1) na straně 13.

Tab. 5.3: Výsledky naměřených Kata – hodnot

Číslo měření	1	2	3	4	5
K [-]	3,26	3,91	4,26	4,12	4,22
Δt [s]	156	130,5	119,7	123,9	120,9
Číslo měření	6	7	8	9	10
K [-]	3,77	3,64	4,16	3,85	4,03
Δt [s]	135,2	140,1	122,6	132,6	126,7

Výsledky naměřených hodnot (Tab. 5.3) porovnáme s tabulkou 2.2 na straně 14. Pokud určíme aritmetický průměr všech naměřených hodnot, dostaneme výslednou Kata – hodnotu 3,922, která odpovídá pocitu (Teplo), z již zmíněné tabulky. Když bychom ale chtěli docílit příjemného pocitu z měřeného prostředí, museli bychom se dostat na velikost 5 suché Kata – hodnoty. To lze docílit například větráním, nebo použitím klimatizace.

Pro změřené časy, které jsou použity pro zpracování výsledků Kata – hodnoty, jsme určili standardní nejistotu typu A a B, které jsou uvedené ve čtvrté kapitole. **Standardní nejistota typu A** vyšla dle vzorce (4.2) $u_A = 3,491\text{s}$. **Standardní nejistota typu B** jsme určili

z chyby obsluhy, která vyšla dle vzorce (4.3) $u_B = 0,577$ s. Výsledná nejistota určená opakovaným měřením hodnot časů je $t = (130,82 \pm 7,08)$ s, tedy **K = 3,70 až 4,12**.

5.1.3 Výsledky měření osvětlení

Měření osvětlení jsme provedli v několika bodech na pracovní ploše směrem k oknu. Osvětlení při měření bylo nejprve denní a poté při sdruženém osvětlení. Vyhodnocení měření bylo pomocí luxmetru LX – 103 s evidenčním číslem (L979522). Hodnoty osvětlení samozřejmě rostly s posunutím měřicí sondy luxmetru směrem k oknu, kde jsme zjistili nejvyšší hodnoty.

Následující tabulka 5.4 představuje pracovní plochu, na které bylo provedeno měření. Po pravé straně se nacházejí okna laboratoře EU – 411.

Tab. 5.4: Výsledky naměřených hodnoty při denním a sdruženém osvětlení

Měření č. 1 denní osvětlení			
691 lx	817 lx	1115 lx	OKNO
697 lx	895 lx	1195 lx	
Měření č. 2 sdružené osvětlení			
950 lx	1099 lx	1450 lx	OKNO
1140 lx	1380 lx	1640 lx	

Doporučená kritéria osvětlenosti budov a prostředí se nachází v tabulce 2.5 na straně 18. Když provedeme srovnání (budovy pro vzdělání) s naměřenými hodnotami, zjistíme, že hodnoty pro denní i sdružené osvětlení vyhovují, jelikož mezní osvětlení je 300 lx pro učebny a 500 lx pro posluchárny.

Pokud požadujeme podrobnější srovnání budov pro vzdělání, využijeme k tomu normu ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení vnitřních prostorů Část 1: Vnitřní prostory [14, s. 26-27]. Zde nalezneme hodnoty osvětlení pro různé druhy prostorů a činností.

6 ZÁVĚR

V této bakalářské práci je popsáno jakým způsobem se měří a ověřují parametry prostředí interiéru.

Úvodem je vyjádřena myšlenka problematiky s možnostmi tepelné pohody a podmínek prostředí. Dále je uveden cíl práce, který klade důraz na seznámení se s různými možnostmi ověřování základních parametrů vnitřního prostředí a zhodnocení vlivů působících na tepelnou pohodu člověka.

Druhá kapitola popisuje základní parametry prostředí a způsoby měření těchto parametrů. Zejména se jedná o důležité parametry jako je teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, koncentrace CO₂ a osvětlení. Jednotlivé typy měření parametrů jsou doplněné o obrázky měřicích přístrojů. Dále také druhá kapitola vysvětluje pojem tepelná pohoda a stanoviska s ní spojené.

Ve třetí kapitole se více dozvíme o faktorech, které působí na tepelnou pohodu. Rozdělení faktorů je pomocí subjektivních a objektivních vlivů. Díky těmto poznatkům o tepelné pohodě lze efektivně přizpůsobovat prostředí našim požadavkům. Nedílnou součástí této kapitoly jsou ukazatele předpovědi středního tepelného pocitu (PMV) a procentuálního podílu nespokojených (PPD).

Čtvrtá kapitola je věnovaná nejistotám měření, které vysvětlují možnost nepřesného zpracování výsledků a výskyt chyb při měření. Tyto nejistoty měření jsou rozděleny do několika typů. V této práci jsou uvedené dva typy, typ A a B.

Měření a zhodnocení výsledků se nachází v páté kapitole. V této části bakalářské práce jsou zpracovány veškeré výsledky, které byly ověřeny pomocí měřicích přístrojů, jejichž obrázky jsou uvedeny v příloze A. Měření proběhlo v laboratoři EU – 411 na Západočeské univerzitě v Plzni. Z hlediska zhodnocení veškerých výsledků, nebyly žádné hodnoty pod limitní hranicí pro uvedené parametry vnitřního prostředí. Přesto se některé hodnoty parametrů velice úzce přibližovaly k hodnotám, které byly na hranici přípustnosti dle legislativních norem a předpisů. Byla to například udávaná relativní vlhkost uvnitř laboratoře, která se nacházela dokonce na hodnotě 32,4% i přesto, že přípustné hodnoty by se neměly dostat pod hranici 30%. Pro ostatní hodnoty bylo měření vyhodnocené jako přípustné a z hlediska norem (ČSN) vyhovující.

7 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] KMOCH, Ing. Tomáš. Tzb info: *Technika a způsoby měření parametrů vnitřního prostředí* [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/9217-technika-a-zpusoby-mereni-parametru-vnitriho-prostredi>
- [2] ŠAPOŠNIKOV, V. *Nauka o teple*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964
- [3] MATHAUSEROVÁ, Ing. Zuzana. Státní zdravotní ústav: *Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť* [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>
- [4] ČSN EN ISO 28802. Ergonomie fyzického prostředí – Hodnocení životního prostředí pomocí environmentálního průzkumu zahrnujícího fyzikální měření a subjektivní odezvy člověka. ČNI, 2012
- [5] ČSN EN ISO 7726. Ergonomie tepelného prostředí - Přístroje pro měření fyzikálních veličin. ČNI, 2002
- [6] MONCASSIN, Noëla. Obrázek: *Černý kulový teploměr* [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: http://www.mesatec.ch/shop/images/PDF/Kimo/FT%20BN_e.pdf
- [7] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *Stavebnictví 3000: Požadavky na vnitřní prostředí budov*. [online]. 2. 8. 2006 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/pozadavky-na-vnitni-prostredi-budov/>
- [8] NETZEROTOOLS. Obrázek: *Kapacitní vlhkoměr* [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.netzerotools.com/kimo-hd-150-thermo-hygrometers>
- [9] JOKL, Prof. Ing. Miloslav. *Teorie vnitřního prostředí budov* [online]. Praha, 2011 [cit. 2014-03-1]. Dostupné z: http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/TVPB/Teorie_vnitriho_prostredi.pdf
- [10] ŠUBRT, Ing. Roman. Studie koncentrace CO₂ Na školách: Mikroklíma ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace. [online]. [cit. 2014-03-1]. Dostupné z: www.e-c.cz/download1.php?id=131
- [11] KUTĚJ, Ing. Petr a Jiří HANZAL. *Česká asociace technických plynů* [online]. Praha, prosinec 2002 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://www.svarbazar.cz/phprs/storage/co2_publicace.pdf
- [12] DIRECT INDUSTRY. Obrázek: *Měřicí přístroj ALMEMO 2690-8* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/ahlborn/hand-held-universal-data-loggers-display-17042-201468.html>
- [13] TESTO. Obrázek: *Měřicí přístroj TESTO 435- 1* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.testo.cz/pristroje-detailne/0560+4351/testo-435-1-Multifunkcni-merici-pristroj>

- [14] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení vnitřních prostorů Část 1: Vnitřní prostory. ČNI, 2004
- [15] ČSN EN 15251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem s ohledem na kvalitu vnitřního prostředí vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. ČNI, 2011
- [16] ELEKTRO PRŮMYSL: *Měření osvětlení vnitřních prostorů - 1. Díl* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/merici-technika/mereni-osvetleni-vnitrnich-prostoru-1-dil>
- [17] PYLEAUDIO. Obrázek: *Luxmetr PLMT 56* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.pyleaudio.com/sku/PLMT56/Light-Meter-With-Lux-Measures-Up-To-50000-Lux>
- [18] TZB INFO: *Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-268-2009-sb-o-technickyh-pozadavcich-na-stavby>
- [19] PIHAN, Ing. Roman. Vše o světle: 15. Veličiny pro měření světla. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.fotoroman.cz/techniques3/svetlo15photometry.htm>
- [20] CENTNEROVÁ, Ing. Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. [online]. [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [21] ČSN EN ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PVM a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. ČNI, 2006
- [22] BERAN, Vlastimil doc. Ing. CSc., TŮMOVÁ Olga doc. Ing. CSc. Měření veličin životního a pracovního prostředí. 1. vydání - dotisk. Plzeň: Tiskové středisko ZČU, 2007.
- [23] TŮMOVÁ, CSc., Doc. Ing. Olga, Doc. Ing. Václav ČTVRTNÍK, CSc., Ing. Jozef GIRG a Ing. Jiří ŠVARNÝ, PH.D. Elektrická měření: Měřicí metody. 2. vydání brožované. Západočeská univerzita v Plzni, říjen 2005, s. 25-30.
- [24] TESTO: testo 435-1 - Multifunkční měřicí přístroj. [online]. 2013 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.testo.cz/pristroje-detailne/0560+4351/testo-435-1-Multifunkcni-merici-pristroj&searchquery=testo+435-1#tab-3>
- [25] *III. Chyby měření a zpracování naměřených výsledků.* 17 s. Dostupné z: <http://praktikum.fjfi.cvut.cz/documents/chybynav/CHYBY1n.pdf>

PŘÍLOHY

Příloha A – Obrázky měřicích přístrojů



Obr. 1: Měřicí přístroj COMFY – TEST EQ – 21



Obr. 2: Měřicí přístroj TESTO 435



Obr. 3: Měřicí přístroj luxmetr LX – 103



Obr. 4: Kata - teploměr