



# Termo-fyziologický komfort pracovních oděvů ochranné třídy III

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3944 – Biomedicínská technika  
*Studijní obor:* 3901R032 – Biomedicínská technika

*Autor práce:* **Eva Jelínková**  
*Vedoucí práce:* Mgr. Václav Bittner





# Thermo-physiologic comfort work suits protective grade 3

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3944 – Biomedical Technology  
*Study branch:* 3901R032 – Biomedical Technology

*Author:* **Eva Jelínková**  
*Supervisor:* Mgr. Václav Bittner





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Institute of Health Studies



## Thermo-physiological comfort work suits protective grade 3

### Bachelor thesis

*Studyprogramme:* B3944 - Biomedical technology  
*Study branch:* 3901R032 - Biomedical technology  
*Author:* **Eva Jelínková**  
*Supervisor:* Mgr. Václav Bittner



Ústav zdravotnických studií  
Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva Jelínková**  
Osobní číslo: **Z13000131**  
Studijní program: **B3944 Biomedicínská technika**  
Studijní obor: **Biomedicínská technika**  
Název tématu: **Termo-fyziologický komfort pracovních oděvů ochranné třídy III**  
Zadávající katedra: **Ústav zdravotnických studií**

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

Cíle práce:

Hlavním cílem práce je na základě kombinace vhodných subjektivních a objektivních metod zjistit možnosti mapování termo-fyziologického komfortu pracovních oděvů ochranné třídy III.

V souvislosti s hlavním cílem byly stanoveny následující dílčí úkoly:

1. Stanovit termomechanické vlastnosti materiálů, ze kterých je vybraný ochranný oděv vyroben.
2. Určit termo-fyziologický komfort vybraného ochranného oděvu.
3. Posoudit míru adaptability nositele na dyskomfort nošení vybraného ochranného oděvu.
4. Navrhnout vhodnou metodiku pro hodnocení termo-fyziologického komfortu pracovních oděvů ochranné třídy III.

Výzkumné otázky a hypotézy:

V1: Jaké jsou termomechanické vlastnosti materiálů, ze kterých je vybraný ochranný oděv vyroben?

V2: Jaký je termo-fyziologický komfort vybraného ochranného oděvu?

V3: Jaká je z hlediska vnímání dyskomfortu míra adaptability na vybraný ochranný oděv?

H1: Snížená teplotní a velmi nízká nebo dokonce nulová vlhkostní vodivost ochranného oděvu bude příčinou objektivního i subjektivního narušení komfortu sledovaného souboru jedinců, zejména v okolí tělesného jádra.

H2: Opakovaným použitím ochranného oděvu bude u sledovaného souboru jedinců subjektivní vnímání narušení komfortu sníženo.

Metodika práce:

Charakteristika výzkumného souboru:

Experimentální šetření bude realizováno na souboru cca deseti probandů dospělého věku, kteří opakovaně absolvují zátěžový test, nejprve bez obleku a pak s oblekem.

Charakteristika použitých metod:

K posouzení reakce organismu na předepsanou zátěž bude využit hrudní pás pro měření aktuální tepové frekvence. K subjektivnímu hodnocení komfortu bude využita Borgova škála intenzity zatížení a modifikovaná Borgova škála vnímání dyskomfortu.

Způsob statistického zpracování dat:

Vzhledem k rozsahu výzkumného souboru ( $N = 10$ ) nelze předpokládat parametricitu dat. Proto ke zpracování a interpretaci výsledků bude využito standardních metod popisné a indukční neparametrické statistiky s využitím MS Excel.

Místo realizace výzkumu a harmonogram práce:

Centrum sportovní medicíny TUL,

Katedra oděvnictví, Fakulta textilní TUL

říjen - leden 2015: vlastní experimentální výzkum

leden 2015 - únor 2016: vyhodnocení výsledků

leden 2015 - květen 2016: psaní bakalářské práce

Rozsah a forma zpracování bakalářské práce:


Dílo bude koncipováno jako experimentální práce v rozsahu 50 - 70 stran (1/3 syntéza poznatků, 2/3 experimentální část) a bude odevzdáno v tištěné a elektronické verzi.

Předpokládané využití výsledků práce:


Dosažené výsledky budou využity k vytvoření vhodného systému hodnocení termo-fyziologického komfortu ochranných oděvů třídy III.

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Václav Bittner**  
Katedra matematiky a didaktiky matematiky  
Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.**  
Katedra oděvnictví  
Ostatní konzultanti: **MUDr. Jana Prattingerová**  
KHSLibereckého kraje Liberec  
Datum zadání bakalářské práce: **29. května 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2016**

  
prof. Dr. Ing. Zdeněk Kús  
rektor



  
Mgr. Marie Froňková  
pověřena vedením ústavu



## Příloha zadání bakalářské práce

### Seznam odborné literatury:

- ARMAND, G. aj. eds. Personal Protective Equipment for Filovirus Epidemics: A Call for Better Evidence [online]. Oxford: Oxford University Press, 2015 [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4564541/>
- Australia: Taylor and Francis Ltd., 2015, s. 1-9 [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/figure/10.1080/00405000.2014.995930>.
- Diseases and conditions. Infectious diseases. In: Mayo Clinic [online]. July 2014 [cit. 2015-9-22]: Dostupné z: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/infectious-diseases/basics/definition/con-20033534>.
- GIBSON, P. and Pan, N. Thermal and moisture transport in fibrous materials. Boca Raton: CRC, 2006. ISBN 9781845690571.
- HES, Luboš a Petr SLUKA. Úvod do komfortu textilií. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- HOUSHYAR, S., PADHYE, R., TROYNIKOV, O., NAYAK, R., RANJAN, S. Evaluation and improvement of thermo-physiological comfort properties of firefighters' protective clothing containing super absorbent materials [online].
- CHAPMAN, Roger. Smart textiles for protection. xxii 391 pages. Woodhead publishing, 2012. ISBN 978-0857090560.
- KELLER, E. aj. eds. Improvements in Speech Synthesis: Cost 258: The Naturalness of Synthetic Speech. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2002. ISBN 978-0-471-49985-5.
- KOTHARI, V. K. Thermo-physiological comfort characteristics and blended yarn woven fabrics. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 2006, pp. 177-186.
- KÚT, Filip a Sabina ILCOVÁ. Oblečení, prádlo a ochranné pomůcky sestry. Sestra 10/ 2007, ročník 17, číslo 10, s. 12. Mimořádná příloha. ISSN 1210-0404.
- RAHEEL, M. Protective clothing systems and materials. New York, USA: 1994. ISBN 0-8247-9118-5.
- ZHANG P, GONG RH, TOKURA H. Effect of clothing material on thermoregulation responses. Text Res J, 2002, pp. 83-89.

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:



Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu magistru Václavu Bittnerovi za jeho odborné vedení a pomoc při zpracování bakalářské práce. Mé poděkování patří také paní doktorce Janě Pratingerové za cenné rady a Centru sportovní medicíny TUL za poskytnutí laboratoře pro měření.

## **Anotace v českém jazyce**

Jméno a příjmení autora:	Eva Jelínková
Instituce:	Technická univerzita Liberec
Název práce:	Termo-fyziologický komfort pracovních oděvů ochranné třídy III
Vedoucí práce:	Mgr. Václav Bittner
Počet stran:	63
Počet příloh:	13
Rok obhajoby:	2016
Souhrn:	<p>Hlavním cílem práce bylo na základě kombinace vhodných subjektivních a objektivních metod zjistit možnosti mapování termo-fyziologického komfortu pracovních oděvů ochranné třídy III. Pro stanovení subjektivně vnímaného komfortu jsme použili opakované měření (test a retest) za pomoci probandů v kombinaci s Borgovými škálami pro dyskomfort, dušnost a vnímání intenzity zátěže. Objektivně jsme tento komfort určili pomocí monitorování tepové frekvence probandů a tepleného a výparného odporu obleku. Na základě získaných poznatků lze konstatovat, že termo-fyziologický komfort testovaného obleku se v závislosti na intenzitě fyzické aktivity nositele významně mění. Při opakovaném nošení však dochází k adaptaci na vzniklý dyskomfort. Výzkumné metody využití v této práci lze považovat za vhodné pro stanovení termo-fyziologického komfortu podobných typů ochranných oděvů.</p>
Klíčová slova:	ochranný oděv, termo-fyziologický komfort, dyskomfort

## **Anotace v anglickém jazyce:**

Name and surname:	Eva Jelínková
Institution:	Technical University of Liberec
Title:	Thermo-physiological comfort work suits protective grade 3
Supervisor:	Mgr. Václav Bittner
Pages:	63
Apendix:	13
Year:	2016
Summary:	<p>The main objective of this thesis was based on a combination of appropriate subjective and objective methods to determine the mapping options of thermo-physiological comfort workwear safety class III . For the determination of perceived comfort we used repeated measurements (test and retest ) using the probands in combination with Borg scales for discomfort, shortness of breath and the intensity of effort. Objectively, we had this comfort determined by monitoring the heart beat of probands and the heat and evaporative resistance suit. Based on the findings it can be stated that the thermo-physiological comfort of the wearer's suit significantly changes depending on the intensity of physical activity . With repeated wear , however, there is an adaptation to the resulting discomfort . Research methods used in this work can be considered suitable for the determination of thermo-physiological comfort and similar types of protective clothing .</p>
Key words:	protective clothing, thermo-physiological comfort, discomfort

# Obsah

Seznam použitých zkratk.....	13
I Úvod .....	14
II Teoretická část .....	15
1 Infekční onemocnění.....	15
1.1 Základní pojmy .....	15
1.2 Proces šíření nákazy .....	16
2 Ochranné zdravotnické pomůcky .....	16
2.1 Definice ochranných pomůcek.....	16
2.2 Ochranný oblek .....	17
2.3 Rozdělení kategorií OOPP .....	17
3 Komfort textilií .....	19
3.1 Definice komfortu .....	19
3.2 Psychologický komfort .....	19
3.3 Senzorický komfort .....	20
3.4 Patofyziologický komfort .....	23
3.5 Termo-fyziologický komfort .....	23
4 Vybrané termo-mechanické vlastnosti textilií .....	26
4.1 Tepelný odpor .....	27
4.2 Výparný odpor.....	29
III Výzkumná část.....	31
5 Cíle a výzkumné předpoklady .....	31
6 Metodika výzkumu .....	32
6.1 Charakteristika výzkumného souboru .....	32
6.2 Charakteristika výzkumných metod.....	32
6.2 Charakteristika metod zpracování výsledků.....	35
8 Analýza výzkumných dat .....	37
8.1 Vyhodnocení lokace nekomfortních bodů.....	37
8.2 Vyhodnocení vnímání dyskomfortu .....	39
8.3 Vyhodnocení vnímání dušnosti .....	41
8.4 Vyhodnocení vnímaná intenzity zátěže .....	42
8.5 Vyhodnocení tepová frekvence .....	44

8.4 Korelace tepové frekvence a dyskomfortu .....	46
8.5 Tepelný a výparný odpor ochranného oděvu a jeho komponent.....	47
9 Analýza výzkumných cílů a předpokladů .....	48
10 Diskuze a návrh doporučení pro praxi .....	54
IV Závěr .....	56
V Seznam použité literatury.....	57
Seznam tabulek.....	61
Seznam grafů.....	61
Seznam obrázků .....	61
Seznam příloh.....	62



## Seznam použitých zkratek

BPM	beats per minute (tepů za minutu)
CE	označení, které dokládá, že výrobek byl posouzen před uvedením na trh Evropského hospodářského prostoru a splňuje legislativní požadavky EU
ČSN	chráněné označení českých technických norem
EKG	elektrokardiograf
EN	Evropská norma
EU	Evropská unie
FFP3	nejvyšší třída ochrany filtračních roušek
HAV	virus hepatitidy A
HEV	virus hepatitidy E
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizace (International Organization for Standardization)
OOPP	osobní ochranné pracovní pomůcky
PP	polypropylen
PVC	polyvinylchlorid
TF	tepová frekvence
TUL	Technická univerzita v Liberci

# I Úvod

V dnešní době se čím dál tím častěji setkáváme se zavlečenými infekčními onemocněními i u nás v České republice, proto je nutné se zabývat vývojem ochranných oděvů, které jsou nezbytnou součástí zdravotnického personálu. Cílem těchto oděvů je v první řadě zabránit rozšíření infekce. Dalším neméně důležitým cílem je pomoc zdravotníkům zbavit se strachu z možné nákazy. Na druhou stranu je ale nutné, aby se pracovník v tomto oděvu cítil v rámci mezí komfortně a oděv ho neomezoval ve výkonu jeho práce. Dyskomfort, na který se v rámci této bakalářské práce také zaměříme, může odradit uživatele od jeho správného používání. K hlavním problémům ochranných obleků patří přehřívání a dehydratace organismu nositele, což způsobuje zvýšení fyzické zátěže na organismus a tím přispívá ke snížení odborného úsudku, který je v krizových situacích nutno zachovat v plném rozsahu. Testováním a vyvíjením nových druhů materiálů používaných pro ochranné obleky lze všem těmto komplikacím minimálně předcházet, ne-li je v budoucnu úplně eliminovat.

Cílem této bakalářské práce je zmapování možností hodnocení komfortu ochranných obleků sloužících k ochraně proti infekčním onemocněním přenášených tělesnými tekutinami ve formě aerosolu či kapaliny nebo pomocí nepřímé kontaminace při styku s infikovaným předmětem či látkou. Testovaný oblek spadá do ochranné třídy III. Hodnocení komfortu lze provádět ze dvou hledisek: objektivního a subjektivního. Hlavním cílem je navrhnout vhodný systém hodnocení. Dále se tato práce zabývá posouzením míry adaptability nositele na ochranný oblek, termomechanickými vlastnostmi textilie, ze které je oblek vyroben, a termo-fyziologickým komfortem testovaného obleku.

## **II Teoretická část**

### **1 Infekční onemocnění**

#### **1.1 Základní pojmy**

Infekční onemocnění mohou napadnout kterýkoli orgán v lidském těle a postihují všechny věkové skupiny. Jedná se o poruchu způsobenou například bakteriemi, viry, houbami nebo parazity. Souhrnně je lze nazývat infekční agens. Tyto organismy mohou žít buďto uvnitř nebo na povrchu těla hostitele. Jsou obvykle neškodné, či dokonce tělu nápomocné, v některých případech však mohou způsobovat vážné zdravotní problémy. Virus svému přirozenému hostiteli nezpůsobuje žádné potíže. Pokud se však přenesení na jiný živočišný druh, stane se nebezpečným. Jen některé z organismů jsou schopny proniknout do organismu a vyvolat v něm změny nebo dokonce viditelná poškození. Tento jev se poté nazývá infekční onemocnění a organismy se označují jako patogenní. Rozvoj infekčního onemocnění závisí na mnoha faktorech, zejména na infekční dávce, virulenci mikroba a obranných mechanismech hostitele [3], [4].

Infekční agens se rozšiřující přímou i nepřímou cestou. U přímého přenosu jsou možné 3 způsoby: přímý kontakt, kapénková infekce, pokousání či poškrábání. U nepřímého to jsou: kontakt s kontaminovanými předměty, injekčními jehlami či biologickými materiály, dále přenos vektory či vzduchem (infekční aerosol). Tato práce uvažuje pouze takové cesty přenosu, které jsou možné při běžném výkonu povolání zdravotnického pracovníka v terénu či ve zdravotnickém zařízení. Neuvažujeme tedy přenos sexuálním stykem, polibkem, transplacentárním přenosem či přenosem pomocí požití infikované potravin či vody. Mezi možné nákazy tedy patří HAV, HEV, Ebola, Marburg, vztekliny nebo toxoplazmóza [16], [17].

## **1.2 Proces šíření nákazy**

Charakteristickým znakem infekčních onemocnění je schopnost šířit se z člověka na člověka. Existují i takové infekce, které se přenášejí mezi lidmi a zvířaty. Říkáme jim zoonózy a z výše zmíněných se k nim řadí virus Ebola, Marburg, vzteklina a toxoplazmóza [18].

Prvotní podmínkou pro šíření nákazy je zdroj původce onemocnění. Tímto zdrojem může být člověk či zvíře, který již nemocný je nebo je pouze nosičem (infekční onemocnění se u něj nerozvinulo). Výjimečně je zdrojem nákazy prostředí. Dále zde musí existovat přenosová cesta, po které se šíří mikroorganismus od zdroje k nenakaženému jedinci, který je posledním článkem řetězce šíření nákazy. Většina infekcí je schopna se rozšiřovat více cestami, u každého však existuje jedna typická, kterou se organismus přenáší nejnadhěji a nejčastěji [18].

## **2 Ochranné zdravotnické pomůcky**

### **2.1 Definice ochranných pomůcek**

Dle zákona č. 262/ 2006 Sb., odst.1§104 jsou osobní ochranné pracovní pomůcky (OOPP) ochranné prostředky, které musí chránit zaměstnance před riziky, splňovat požadavky stanovené zvláštním právním předpisem, nesmí ohrožovat jejich zdraví a nesmí bránit při výkonu práce. Pro ochranné obleky používané ve zdravotnictví vydala Světová zdravotnická organizace speciální předpisy, kterými se musí řídit všechny členské státy EU. U nás se tyto předpisy dodržují pomocí upravených směrnic [1], [31].

Ochranné pomůcky můžeme dělit na jednorázové, opakovaně použitelné či sterilní a nesterilní. Jednorázové lze použít pouze jednou, poté se musí zlikvidovat, opakovaně použitelné lze po sterilizaci použít znovu. Sterilní pomůcky se používají především na místech, kde se provádějí invazivní metody léčby či terapie. Nesterilní lze používat pouze na místech, kde nehrozí nákaza infekčním onemocněním. Oblek, kterým se tato bakalářská práce zabývá, se řadí mezi opakovaně použitelnou a nesterilní

pracovní pomůcku. Pokud by bylo nutné v obleku provádět lehký zákrok, je nutné ho vybavit novými sterilními gumovými rukavicemi. Po každé návštěvě infikované oblasti musí oblek projít dekontaminací. Obvykle je to realizováno pomocí dekontaminačních sprch [1], [31].

Hlavním cílem používání OOPP ve zdravotnictví je vytváření účinné bariéry proti infekčnímu agens a předcházet tak ohrožení zdraví zdravotnických pracovníků a rozšiřování onemocnění do jiných zemí či zdravotnických zařízení v důsledku cestování těchto pracovníků [1], [2].

## **2.2 Ochranný oblek**

Ochranné oděvy mají bránit nositele před nákazami, které se v běžné praxi neobjevují příliš často. Jejich vývoj začal ve větší míře až po antraxových útocích z roku 2001. V té době byly v USA rozeslány bílé obálky se smrtelně jedovanými spory antraxu. V České republice se nacházejí dvě specializovaná zdravotnická zařízení, která slouží pro výzkum biologické ochrany. Prvním z nich je centrum biologické ochrany Těchonín. Jejich hlavními úkoly jsou zajištění izolace, hospitalizace, léčby pacientů nakažených nebezpečnou nákazou a zabránění jejího šíření skrz populaci. Modelovou nákazu představují hemoragické horečky či pravé neštovice. Pracovníci zde využívají ochranné obleky, které jsou napojeny na centrální rozvod vzduchu. Druhé specializované pracoviště se nachází v nemocnici Na Bulovce. Zde léčí případy, které mohou být smrtelné, ale existuje na ně vakcína [27], [31].

Ochranné oděvy slouží k částečné či celkové ochraně těla a dělí se podle druhu nebezpečí do tří skupin podle toho, proti čemu izolují. Oděvy jsou schopny izolovat proti chemickým, radioaktivním či biologickým látkám. Pro naše potřeby se budeme zabývat obleky, které chrání proti působení biologických látek [12].

## **2.3 Rozdělení kategorií OOPP**

Ochranné pomůcky se dělí do tří kategorií podle stupně rizika, kterému mají čelit. Pomůcka kategorie I slouží pro ochranu před minimálními riziky. Takováto ochrana může spočívat pouze v nošení ochranných rukavice a pláště. Kategorie II



představuje ochranu před středními riziky a kategorie III před vysokými riziky. Kategorie II je ochrana např. proti mechanickému poškození. To zahrnuje ochranu sluchu, hlavy, trupu a dalších částí lidského těla. Do nejvyšší kategorie III se zařazují ochranné oděvy a jejich příslušenství, které jsou určeny k ochraně života či vážným nebo trvalým poškozením zdraví. Pro ochranu před infekčními agens se oblek musí skládat z kombinézy s kapucí, celoobličejové masky (viz Příloha 1) v kombinaci s filtračně-ventilační jednotkou (viz Příloha 2), holin a minimálně dvou vrstev rukavic. V praxi není vhodné používat jako spodní vrstvu latexové rukavice, které se běžně využívají ve zdravotnictví. Jejich struktura má velká oka a nákaza by mohla proniknout skrz ně. Tato spodní vrstva rukavic by také měla být chemicky odolná, což mohou být například nitrilové rukavice. Jako alternativu celoobličejové masky lze použít filtrační roušku (viz Příloha 3) a ochranné brýle. Rouška by měla být třídy FFP3, což představuje nejvyšší dostupnou ochranu. Nejnižší povolená celková účinnost ochrany je zde 98%. Chrání před toxickými částicemi, viry, bakteriemi a sporami. Dle posledních zpráv se doporučují tři vrstvy rukavic, aby bylo možné svrchní vrstvu během výkonu povolání vyměnit bez jakýchkoli rizik [28], [29], [31].

Každý ochranný osobní prostředek používaný v EU musí mít na sobě označení CE. Jedná se o vyjádření prohlášení o shodě se základními požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost dle příslušných směrnic [13].

Oblek testovaný v této bakalářské práci (viz Příloha 7) je složen kombinézy s kapucí, dvou párů gumových rukavic, holin a filtrační roušky. Kombinéza je odolná vůči infekčním agens, virům, bakteriím a krevním patogenům. Je vyrobena ze speciálního třívrstvého kompozitního materiálu. Svrchní vrstva je tvořena z umělohmotné fólie, spodní dvě vrstvy z netkané textilie (viz Příloha 4). Švy jsou ultrazvukově svařovány (viz Příloha 5) a zipy jsou chráněny dvojitě těsnící chlopní. Patří tedy do kategorie III a splňuje normy EN 1073-2 (ochranný oděv proti radioaktivní kontaminaci), EN 1149-5 (elektrostatické vlastnosti), EN 13034 (ochranný oděv proti kapalným chemikáliím), EN 14126 (ochranné oděvy proti infekcím), EN ISO 13982-1 (ochranný oděv proti pevným částicím). Hlavní výhodou tohoto obleku je jeho odolnost vůči tekutinám pod tlakem. Dříve se používaly obleky, které tuto schopnost neměly, ale z praxe vyplynulo, že je tento parametr nutný hlavně kvůli následné dekontaminaci. Ta probíhá v dekontaminačních sprchách, které vypouštějí tekutinu pod tlakem [15], [31].

## **3 Komfort textilií**

### **3.1 Definice komfortu**

Komfort může být definován jako příjemný stav psychologické, fyziologické a fyzické harmonie mezi člověka a okolním prostředím. Všechny tři aspekty jsou stejně důležité, protože lidé se cítí nepříjemně, pokud některý z nich chybí. Komfort vnímáme všemi lidskými smysly kromě chuti. Nejvíce ho vnímáme hmatem, ale dále také zrakem, sluchem i čichem. Určitý vliv na pohodlí má tedy i zvolená barva obleku či jeho střih, což při správné kombinaci pozitivně ovlivňuje psychiku člověka. Vhodně vybrané oblečení pro danou situaci může člověka ochránit před chladem či horkem a pomůže tak dosáhnout komfortního stavu. V klidu je komfort definován tak, že tělo musí být v tepelné rovnováze, což znamená, že teplota kůže by měla být v rozmezí 32-34°C, dále musí docházet jen k minimálnímu pocení, nesmí být zaznamenán žádný svalový třes ani rozšiřování cév [5], [7].

Ve vztahu k textiliím určeným k nošení je komfort závislý na tom, jak moc oděv propouští nebo zadržuje teplo a vlhkost a jak tělu pomáhá udržet tepelnou bilanci v klidu nebo při různých úrovních námahy. Měl by tedy splňovat požadavky na komfortnost při příslušné pohybové aktivitě, při které člověk stráví v obleku přiměřenou dobu. Oděvní komfort dělíme na psychologický, sensorický, patofyziologický a termofyziologický [6], [7].

### **3.2 Psychologický komfort**

Tento typ komfortu bývá považován za jeden z nejdůležitějších. Posouzení lze provést pouze subjektivním hodnocením. Problémem hodnocení je, že pro každého jsou kritéria tohoto typu komfortu trochu odlišná. Pro někoho tedy může být určitý oblek komfortní, pro jiného zcela nevyhovující. Psychologický komfort se dá dělit dle různých hledisek: klimatické, ekonomické, historické, kulturní, sociální a skupinové či individuální hledisko. Z našeho pohledu je nejdůležitější hlediskem klimatické. Pod tímto pojmem si můžeme přestavit to, že oděv by měl být vhodný pro danou

geografickou polohu, tedy respektovat tepelně-klimatické podmínky. V rovníkových oblastech je nutné, aby byl oblek prodyšný, ale zároveň také funkční - aby chránil proti infekčním onemocněním. V ochranných oblecích používaných ve zdravotnictví má tento typ komfortu velký význam. Velmi často se oblek skládá z několika částí a tvoří tedy ne zcela uzavřený systém. V tomto případě je důležité, aby ho zdravotník vnímal jako zcela funkční a neměl obavy o své zdraví. Velmi důležitá je také možnost pohybu v obleku. Oblek už z principu bude volnost pohybu určitou měrou omezovat. Důležité je také vnímání pocitu možnosti dýchání v oblecích, jejichž součástí je maska pro filtraci vzduchu či rouška [8], [7].

Protože lze hodnocení psychologického komfortu provádět pouze ze subjektivního hlediska, je nutné vytvořit dotazník pro určitý typ obleku a jeho použití. Obtíže s dýcháním je vhodné měřit při mírné a vyšší námaze a výsledky následně porovnat. K tomuto účelu slouží Borgova škála dušnosti. Dále můžeme zkoumat schopnost člověka adaptovat se na psychologický dyskomfort obleku. Dá se předpokládat, že pokud bude jedinec pravidelně v obleku provádět činnost s prodlužujícím se časovým intervalem, bude tím jeho vnímání ovlivněno. Z hlediska psychologického komfortu bude více pozitivní. Dyskomfort se dá posuzovat opět dle Borgovy škály [8].

Borgova škála pro dušnost je popsána čísly 0-10, kde 0 představuje *žádnou dušnost* a 10 ji charakterizuje jako *maximální*, při níž nejde dále v testu pokračovat (viz Příloha 10). U dyskomfortu je škála číslovaná stejně, s tím rozdílem, že stupnice začíná na charakteristice vnímání obleku jako *bez jakéhokoli dyskomfortu*, dále následuje *velmi slabý, lehký, střední, poněkud silně nepohodlný, silný, středně silný, velmi silný, krajně nepohodlný, velmi krajně nepohodlný až maximálně nepohodlný, dokonce bolestivý* vjem (viz Příloha 12).

### **3.3 Senzorický komfort**

Senzorický komfort se posuzuje dle vjemů a smyslů člověka, které vznikají při nošení obleku - při přímém styku vnitřní vrstvy obleku a pokožky. Pocity mohou být příjemné či nepříjemné. Mezi příjemné patří například jemnost či měkkost materiálu. Pokud převažují nepříjemné pocity, jako jsou škrábání, zvýšená potivost, tlak či lepení, bývá nošení obleku považováno za značně dyskomfortní. Tyto negativní pocity se dají

redukovat nošením jiných, vhodně zvolených vrstev pod samotný oblek. Do styku s pokožkou pak přichází pouze dýchací maska či gumové rukavice, na které jsou zdravotníci v rámci své profese zvyklí. Je důležité věnovat zvýšenou pozornost místům, kde by mohlo dojít kvůli obleku k otokům či odřeninám na těle člověka způsobeným tlakem či drsným povrchem obleku. V těchto místech se dá také očekávat možné poškození obleku [7], [8].

Tento druh komfort se dá rozdělit na dva typy. Komfort toho, jaký je oblek na omak a na samotné nošení. Omak je veličina vnímaná především dlaněmi a prsty na rukou. Je značně subjektivní, a proto špatně reprodukovatelná. Nejdůležitějšími aspekty jsou hladkost, tuhost, stlačitelnost a tepelně-kontaktní vjemy. Komfort nošení zahrnuje povrchovou strukturu použitého materiálu, mechanické vlastnosti oděvu a schopnost materiálu absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost [7].

Na lidské pokožce se nacházejí receptory pro tlak, bolest, teplo a chlad. Vnímání vlhkosti je nahrazeno vnímáním pocitu chladu a tlaku. Receptory pro vnímání tepla a chladu jsou samostatnými jednotkami a nacházejí se i v centrální nervové soustavě a cévách vnitřních orgánů. Rozdělují se na teplové (38 až 43°C) a chladové receptory (pod 35°C). Ve výše nedefinovaném rozmezí (35 až 38°C) se nachází zóna nižší citlivosti, ve které nejsou receptory schopny zcela rozeznat, zda se teplota snižuje či zvyšuje. Předpokládá se, že chladové receptory jsou představeny volnými zakončeními nervových vláken uložených hned pod epitelem pokožky a tepelné zastupují vlákna uložená v horní a střední vrstvě škůry. Místa s největším výskytem termoreceptorů se nacházejí na obličeji a hřbetu ruky, nejméně v kůži zad. Udává se, že chladových receptorů je v kůži asi 140 000, což je 8krát více než teplových. Schématický řez kůží viz Příloha 6 [9].

Hodnocení sensorického komfortu jde opět provést dvěma způsoby - subjektivním a objektivním. Pro subjektivní je vhodné vytvořit dotazník položený skupině respondentů, kteří se podrobili testům za stejných podmínek. Dotazníkové šetření by se mělo zaměřovat především na detekci míst zvýšeného mechanického tlaku na tělo a na vjemy v místech kontaktu textilie s pokožkou. Pro objektivní zkoumání byl pomocí rozsáhlého experimentálního výzkumu nalezen vztah pro hodnocení nejen celkového sensorického komfortu, ale i jeho složek:

$$TK_H = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 i_k + \alpha_3 i_B + \alpha_4 i_o + \alpha_5 n_k + \alpha_6 s + \beta \quad (1)$$

kde	$i_{mt}$	index prostupu vodních par (poměr tepelného a výparného odporu)
	$i_k$	index lepivosti (koeficient tření po vlhké porézní desce)
	$i_B$	index snášivosti (doba pohlcení kapky dopadající z jisté výšky)
	$i_o$	povrchový index (povrchová drsnost/chlupatost)
	$n_k$	počet dotykových bodů
	$s$	úhel ohybu (charakterizuje ohybovou tuhost)

a konstanty  $\alpha_n$ ,  $\beta$  nabývají hodnot

$$\alpha_1 = -2,537$$

$$\alpha_2 = 1,88 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha_3 = 2,29 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_4 = 2,09 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha_5 = 1,71 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_6 = 3,86 \cdot 10^{-2}$$

$$\beta = 0,36$$

Veličina  $TK_H$  společně s veličinou  $TK_T$ , která představuje termo-fyziologický komfort (viz dále), udávají tzv. objektivně stanovitelný komfort. Je možné ho vypočítat dle vzorce [7]:

$$TK_{celk} = 0,34TK_H + 0,66TK_T \quad (2)$$

Ten je následně hodnocen na stupnici od 1 do 6, kde 1 představuje velmi dobrý objektivně stanovitelný komfort a 6 nedostačující komfort. Je však nutné mít referenční seznam textilií, což je v problematice ochranných obleků komplikované. Materiál, ze kterého je ochranný oblek vyroben, většinou není uveden a není ho možné ani dohledat z důvodu obchodního tajemství [8].



### 3.4 Patofyziologický komfort

Tento typ komfortu je ovlivněn působením chemickým látek obsažených v materiálu, ze kterého je oblek vyroben. Dále se k němu vztahuje působení mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce. Míra vnímání patofyziologického komfortu je ovlivněna odolností pokožky každého jedince a mikroklimatem vznikajícím mezi pokožkou a textilií. Působením oděvu na pokožku mohou vznikat různé dermatózy. Děje se to dvěma způsoby - buďto drážděním nebo alergickou reakcí [7].

Nepředpokládá se, že zdravotnický pracovník by oblek nosil na holé tělo, nehrozí tedy podráždění, které je způsobeno mechanickým působením v kombinaci s tím, když pokožka přichází do kontaktu s různými solemi, organickým rozpouštědly či syntetickými pracími prostředky. Účinek mikroorganismů lze potlačit jednorázovým používáním obleků či jejich sterilizací [7], [8].

Patofyziologický komfort se dá tedy hodnotit pouze objektivně a to za pomoci příslušné certifikace materiálu, ze kterého je oblek vyroben. Biologická a chemická nezávadnost je hodnocena na základě certifikace ISO 14 000 [7].

### 3.5 Termo-fyziologický komfort

Termo-fyziologický komfort je ovlivněn způsobem, jakým oděv propouští nebo zadržuje teplo a vlhkost, tedy jak tělu pomáhá udržet jeho tepelnou bilanci v klidu a při různých stupních zátěže. Ideální stav nastává, pokud je teplota tělesného jádra v rozmezí 35,8°C až 37,3°C. Hlavním termoregulačním centrem je hypotalamus, kde jsou vyhodnocovány signály z termoreceptorů. Pokud je množství tepla, vyprodukovaného tělem, rovnou odváděno do okolního prostředí zůstává vnitřní teplota organismu konstantní. Lidské tělo však nemá konstantní teplotu. Ta je různá na odlišných částech těla a závisí na fyziologickém stavu těla a okolních podmínkách. Nejvyšší teplotu mají dobře prokrvené části těla, jako jsou hlava či břicho, naopak nejnižší teplotu mívají malé okrajové části, jako jsou nos či ušní lalůčky, které nejsou zdaleka tak prokrvované. Nejdůležitější je však teplota tělesného jádra, která se musí u zdravého člověka pohybovat v daném intervalu 35,8 - 37,3°C, i za situace, že by teplota periferních částí klesla na výrazně nižší teplotu. Termo-fyziologický komfort nastává za optimálních podmínek, kdy se teplota pokožky pohybuje v rozmezí 33 - 35°C, relativní

vlhkost vzduchu je  $(50 \pm 10)\%$ , rychlost proudění vzduchu  $(25 \pm 10) \text{ cm.s}^{-1}$ , obsah  $\text{CO}_2$  ve vzduchu činí  $0,07\%$  a na pokožce není přítomna voda [7], [6], [10].

Termo-fyziologický komfort lze opět hodnotit ze subjektivního a objektivního hlediska. Objektivní hodnocení je dáno rovnicí, která byla vytvořena analogickým způsobem jako vztah pro hodnocení sensorického komfortu:

$$\text{TK}_T = \alpha_1 i_{\text{mt}} + \alpha_2 F_i + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta_T + \alpha_5 K_f + \beta \quad (3)$$

kde	$i_{\text{mt}}$	index prostupu vodních par
	$F_i$	schopnost krátkodobého přijímání par [%]
	$K_d$	hodnota vyrovnání vlhkosti
	$\beta_T$	hodnota vyrovnání teploty
	$K_f$	pufrační veličina

a konstanty  $\alpha_n$ ,  $\beta$  nabývají hodnot

$$\alpha_1 = -5,640$$
$$\alpha_2 = -0,375$$
$$\alpha_3 = -1,587$$
$$\alpha_4 = -4,512$$
$$\alpha_5 = -4,532$$
$$\beta = 11,553$$

Dále zde existuje způsob hodnocení, ve kterém jsou hlavními veličinami transport tepla a vlhkosti. K testování lze použít tzv. skin-model, který napodobuje lidskou kůži či princip potícího torza, což nevyžaduje destrukci obleku jako v prvním případě a lépe odpovídá systému pokožka - oděv - prostředí. Za těchto podmínek lze určit tepelný a výparný odpor a relativní propustnost pro vodní páry [8].

Další možností, jak stanovit termo-fyziologický komfort je testování za využití probandů. Je důležité mít dostatečný počet zkušebních osob, aby byly výsledky statisticky průkazné. Nejde zde o měření konkrétních fyzikálních veličin, které by byly charakteristické pro daný ochranný oblek, ale o to, v jakém časovém intervalu a jakým způsobem dochází k narušení termo-fyziologického komfortu testované osoby. Je možné k tomu využít bezdrátová čidla teploty a vlhkosti, která se umístí na oblek a pokožku probanda, který je vystaven různým úrovním námahy. Ta se zvolí dle druhu

použití obleku. U zdravotnických obleků je vhodné při testu nastavit střední intenzitu zátěže, protože zdravotníci vykonávají spíše lehčí práci, ale v terénu jsou vystaveni vyšším teplotám, než které jsou např. v klimatizovaných místnostech, což činí výkon povolání více namáhavý. Naměřené hodnoty pak lze porovnávat se stanovenými normami, jako je například norma ČSN EN 31092, která je identická s mezinárodní smlouvou ISO 11092 a zabývá se postupem měření tepelného a výparného odporu vůči vodním parám za konstantních podmínek [8], [20].

Z fyziologického hlediska je narušení termo-fyziologického komfortu podněcovatelem pro spuštění termoregulačních mechanismů těla. Toto narušení může být způsobeno například změnou pohybového či psychické zatížení člověka, kolísáním vnějších klimatických podmínek nebo restrikcí látkového a energetického toku mezi organismem a vnějším prostředím, což je způsobeno funkčními vlastnostmi ochranných oděvů. Velkou roli zde může hrát i onemocnění a látkový metabolismus člověka. Pokud tedy ochranný oblek naruší termo-fyziologický komfort za konstantních podmínek jak prostředí, tak organismu, projeví se to nastartováním termoregulačních mechanismů. Zejména pak dojde ke změně srdeční a dechové frekvence či ke změně krevního tlaku. Všechny tyto faktory jsou úzce spojeny a lze je zaznamenat a statisticky porovnat pomocí párových testů, tedy provést test v ochranném oděvu a bez něj [8].

Subjektivní posouzení tohoto typu komfortu lze provést také pomocí párového testu společně s vhodným dotazníkovým šetřením, které mapuje zejména vnímání teploty a vlhkosti. Pomocí Borgovy škály lze opět posoudit vnímání celkového dyskomfortu (viz Příloha 12), dušnosti (viz příloha 10) a vnímání intenzity zátěže (viz Příloha 11) ve dvou po sobě jdoucích testech - s oblekem a bez něj. Borgova škála pro vnímání intenzity zátěže začíná na hodnotě 6 a končí na hodnotě 20. Slovy je zde definováno 7 z celkových 15 stupňů, zbytek tvoří mezistupně. Definované stupně jsou: 7 - *velmi, velmi lehké*, 9 - *velmi lehké*, 11 - *docela lehké*, 13 - *poněkud těžší*, 15 - *těžké*, 17 - *velmi těžké*, 19 - *velmi, velmi těžké*. Testovaná osoba může volit k popisu vnímání zátěže všech 15 stupňů škály [8].

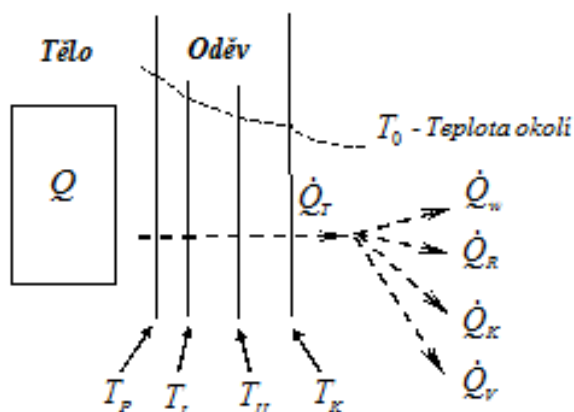
Jak je patrné z výše uvedeného, termo-fyziologický komfort lze hodnotit z několika různých hledisek, zásadními faktory jsou ale vždy vnější klimatické podmínky a fyzická zátěž uživatele obleku. Při testování je nutné oba tyto faktory přesně vymezit a všechny testy provádět v přibližně stejných podmínkách. Fyzická zátěž by měla být nastavena s ohledem na fyzickou zdatnost probanda. K nasimulování

zátěže lze použít běhátkový či bicyklový ergometr. Hodnocení by tedy mělo být založeno na kombinaci subjektivních a objektivních metod.

#### **4 Vybrané termo-mechanické vlastnosti textilií**

Z hlediska přenosu tepla působí oblečení jako bariéra proti vlhkosti a mírným změnám klimatu. V chladném podnebí je vhodné mít takovou tepelnou bariéru, aby nedocházelo k tepelným ztrátám organismu. Naopak v teplém klimatu může oděv bránit odpařování potu a tepla, což může způsobit nebezpečné přehřívání organismu. Ochranné obleky proti infekčním onemocněním používané ve zdravotnictví bývají většinou vyrobeny z textilie, která z bezpečnostních důvodů nepropouští tekutiny ani vodní páry, tedy jejich výparný odpor je téměř nulový. Kvůli tomuto jevu nositel obleku ztrácí po určitém čase velké množství minerálních látek a vody, což je způsobeno vysokou teplotou vznikající uvnitř obleku. Snadno tedy může dojít k přehřátí organismu a jeho celkovému kolapsu. Nejzákladnějšími veličinami při posuzování termo-mechanických vlastností textilie ochranného obleku jsou tepelný a výparný odpor. Tyto veličiny mají největší vliv na termoregulační procesy člověka, který používá daný oblek [21], [33].

Předpokládáme, že na lokální prostup tepla a vlhkosti zkoumanou textilií lze nahlížet jako na tok tepla a hmoty skrz soustavu vrstev homogenních materiálů. Lidské tělo zde zastává roli objemového zdroje tepla  $Q$  (J). Tepelný tok  $\dot{Q}_T$  (W) pak lze charakterizovat jako teplo transportované oděvem vztažené na jednotku plochy ( $m^2$ ). Dále předpokládáme, že jednotlivé textilie jsou charakterizované tepelnými a výparnými odpory, které se mění v závislosti na okolních podmínkách. V tomto směru je zásadní nasáknutí potem. Pokud je textilie nasáklá potem, snižuje se její tepelný a výparný odpor a teplota pokožky člověka oproti okolnímu prostředí klesá. Vzniká tedy pocit chladu. Vzhledem ke geometrii uspořádání můžeme tepelné a výparné odpory jednotlivých vrstev sčítat a dostaneme tak celkový tepelný a výparný odpor textilie. Na obrázku 10 je zobrazen prostup tepla oděvem.



Obr. 10: Fyzikální model prostupu tepla oděvem [zdroj: vlastní]

Legenda:  $Q$  - teplo z lidského těla,  $\dot{Q}_T$  - tepelný tok,  $\dot{Q}_W$  - teplo vedené vypařováním,  $\dot{Q}_R$  - teplo vedené radiací,  $\dot{Q}_K$  - teplo vedené konvekcí,  $\dot{Q}_V$  - teplo vedené kondukcí,  $T_p$  - teplota vnitřní strany oděvu,  $T_I$  - teplota z první mezivrstvy,  $T_{II}$  - teplota z druhé mezivrstvy,  $T_K$  - teplota vnější strany oděvu

Z povrchu oděvu je transportní teplo dále distribuováno čtyřmi procesy: vypařováním  $\dot{Q}_W$ , radiací  $\dot{Q}_R$ , konvekcí  $\dot{Q}_K$ , a kondukcí  $\dot{Q}_V$ . Pokud zanedbáme akumulaci tepla v oděvu, lze tepelný tok  $\dot{Q}_T$  získat sečtením všech čtyř veličin [11].

#### 4.1 Tepelný odpor

Tepelný odpor látky je kombinací kondukčního, konvekčního a radiačního tepla. Jeho velikost je tedy závislá na podílu těchto jednotlivých složek. Výměna tepla vždy probíhá mezi dvěma prostředím, v našem případě se výměna děje mezi lidským tělem a vnějším prostředím. Tyto dvě prostředí odděluje ochranný oblek [22].

Tento odpor tedy představuje rozdíl teplot mezi dvěma povrchy látky, což je určeno výsledným tepelným tokem přepočítávaným na jednotku plochy. Tento proces probíhá ve směru gradientu. Jedná se pouze o suchý tok tepla procházející daným materiálem při definované teplotě. Tepelný odpor  $R_{ct}$  se dá stanovit dle vzorce:

$$R_{ct} = (t_m - t_a) \left( \frac{1}{q_v} - \frac{1}{q_o} \right) \quad (4)$$

- kde  $t_m$  definovaná teplota jedné strany materiálu (vnitřní)  
 $t_a$  teplota vzduchu, do které proudí teplo z vnější strany materiálu  
 $q_v$  tepelný tok vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako měřený vzorek  
 $q_o$  snížený tepelný tok, po zakrytí volné hladiny měřeným vzorkem

Stanovený tepelný odpor má jednotu  $m^2K/W$  [23], [24].

Pokud má textilie malý tepelný odpor, znamená to, že teplo snadno přijímá i odvádí - má vysokou tepelnou jímavost. Toto způsobuje, že se materiál zdá chladný na omak i přesto, že má stejnou teplotu jako jiný materiál s nižší tepelnou jímavostí. Látka s malým tepelným odporem totiž rychleji odvádí teplo, což způsobuje již zmíněný pocit chladu [23].

Tepelný odpor se dá také vypočítat dle zjednodušeného vzorce, pokud známe tloušťku materiálu a jeho součinitel tepelné vodivosti. Výpočet dle následující vzorce [32]:

$$R_{ct} = \frac{d}{\lambda} \quad (5)$$

- kde  $d$  tloušťka materiálu [m]  
 $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [ $W/(m \cdot K)$ ]

Následující tabulka ukazuje součinitele tepelné vodivosti vybraných textilií:

Tab. 1: Součinitelé tepelných vodivostí vybraných textilií [25]

	<b>Součinitel tepelné vodivosti <math>\lambda</math> [<math>W/(m \cdot K)</math>]</b>
<b>polypropylen</b>	0,172
<b>PVC</b>	0,168
<b>bavlna</b>	0,487

Jelikož dle vzorce (5) je tepelný odpor přímo úměrný tloušťce materiálu a nepřímo součiniteli tepelné vodivosti, platí tedy, že čím větší je tloušťka materiálu, tím větší bude tepelný odpor. Tento odpor je však stále závislý i na součiniteli tepelné vodivosti.

## 4.2 Výparný odpor

Výparný odpor je důležitou součástí celkového komfortu obleku. Udává rozdíl tlaků vodních par mezi vnější a vnitřní vrstvou látky. To v praxi znamená množství potu odpařovaného z těla nositele do okolního prostředí. Velikost výparného odporu záleží na vlhkostním gradientu, který také udává směr vypařování. Celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor přilehlé mezní vrstvy vzduchu určuje míru ochlazování lidské pokožky. 100% propustnost představuje vlhká lidská pokožka. Tato hodnota se snižuje překrytím textilií v závislosti na schopnosti látky propouštět vodní páry. Pokud látka nepropustí více než 2500 gramů vodních par na m<sup>2</sup> za dobu 24 hodin, je její výparný odpor dle platných ISO norem neuspokojivý. Naopak za velmi dobré je považováno, pokud látka propustí více jak 10 000 g vodních par na m<sup>2</sup> textilie za den. Výparný odpor  $R_{et}$  má jednotku m<sup>2</sup>Pa/W a lze jej vypočítat dle vzorce:

$$R_{et} = (P_m - P_a) \left( \frac{1}{q_v} - \frac{1}{q_o} \right) \quad (6)$$

kde  $P_m$     parciální tlak vodní páry ve stavu nasycení  
 $P_a$     parciální tlak vodní páry ve vzduchu  
 $q_v$     tepelný tok vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako měřený vzorek  
 $q_o$     snížený tepelný tok, po zakrytí volné hladiny měřeným vzorkem

Čím je hodnota  $R_{et}$  nižší, tím je propustnost pro vodní páry vyšší. Výparný odpor se tedy hodnotí na škále s hodnotami od *velmi dobrý* (0-6), *dobrý* (6-13), *uspokojivý* (13-20) až po *neuspokojivý* (20 a více) [22], [23], [26].

Následující tabulka 2 ukazuje výparný odpor vybraných textilií o přibližně stejné tloušťce.

Tab. 2: Výparný odpor vybraných textilií [23]

	<b>Tloušťka vzorku</b> <b>[mm]</b>	<b>Výparný odpor <math>R_{et}</math></b> <b>[m<sup>2</sup>Pa/W]</b>
<b>bavlna</b>	0,37	2,26
<b>polyester</b>	0,36	2,38
<b>polypropylen</b>	0,50	1,98

Bavlna a polyester jsou tkaniny, které se používají na výrobu běžného oblečení, zatímco polypropylen se často používá na výrobu ochranných obleků či filtračních roušek. V tabulce jsou vypsány hodnoty výparného odporu pro 100% materiály, v praxi se však většinou materiály kombinují, látka je tedy složena např. z 80% z polyesteru a z 20% z bavlny [23].

Pokud se zaměříme na ochranné oděvy, skládají se většinou z více komponent. Kromě kombinézy a roušky (nebo celoobličejové masky s filtračně-ventilační jednotkou) to většinou bývají ještě gumové boty (holiny) a gumové rukavice. Ty se nejčastěji vyrábějí z PVC, které je absolutně nepropustné pro vodní páry, tudíž má nekonečně velký výparný odpor [34].



### **III Výzkumná část**

#### **5 Cíle a výzkumné předpoklady**

Hlavním cílem práce je na základě kombinace vhodných subjektivních a objektivních metod zjistit možnosti mapování termo-fyziologického komfortu pracovních oděvů ochranné třídy III.

V souvislosti s hlavním cílem byly stanoveny následující dílčí úkoly:

1. Stanovit termomechanické vlastnosti materiálů, ze kterých je vybraný ochranný oděv vyroben.
2. Určit termo-fyziologický komfort vybraného ochranného oděvu.
3. Posoudit míru adaptability nositele na dyskomfort nošení vybraného ochranného oděvu.
4. Navrhnout vhodnou metodiku pro hodnocení termo-fyziologického komfortu pracovních oděvů ochranné třídy III.

Výzkumné otázky a hypotézy:

- V1: Jaké jsou termomechanické vlastnosti materiálů, ze kterých je vybraný ochranný oděv vyroben?
- V2: Jaký je termo-fyziologický komfort vybraného ochranného oděvu?
- V3: Jaká je z hlediska vnímání dyskomfortu míra adaptability na vybraný ochranný oděv?
- H1: Snížená teplotní a velmi nízká nebo dokonce nulová vlhkostní vodivost ochranného oděvu bude příčinou objektivního i subjektivního narušení komfortu sledovaného souboru jedinců, zejména v okolí tělesného jádra.
- H2: Opakovaným použitím ochranného oděvu bude u sledovaného souboru jedinců subjektivní vnímání narušení komfortu sníženo.

## 6 Metodika výzkumu

### 6.1 Charakteristika výzkumného souboru

Měření bylo realizováno v Centru sportovní medicíny TUL na skupině 10ti probandů. 50% respondentů představovali muži a 50% ženy, všichni ve věku od 21 do 25 let. Stanovili jsme si dvě skupiny dle aktivity probanda a každého do jedné z nich zařadili. Skupiny jsou *nesportovec* a *rekreační sportovec*. 70% skupiny patří do kategorie *rekreační sportovec*, zbytek patří mezi *nesportovce*. Toto rozdělení je spíše informativní, lze díky němu pouze předpokládat, zda bude testované osobě nastavena vyšší či nižší zátěž. Správně by toto rozdělení mělo být na čtyři skupiny: *nesportovec*, *rekreační sportovec*, *výkonnostní sportovec* a *vrcholový sportovec*. Do výzkumného vzorku se nám nepodařilo sehnat probandy z druhých dvou skupin, tudíž jsou zastoupeny pouze první dvě.

### 6.2 Charakteristika výzkumných metod

Hodnocení komfortu pracovních obleků ochranné třídy III lze řešit pomocí vhodné kombinace subjektivních a objektivních metod. V této práci se zaměřujeme na zjištění možností mapování termo-fyziologického komfortu právě těchto ochranných oděvů. Jak vyplývá z výše uvedeného (kapitola 3.5 Termo-fyziologický komfort), pro naše účely je nejvhodnější variantou měření termo-fyziologického komfortu testování za pomoci probandů v kombinaci s dotazníkovým šetřením v podobě Borgových škál (viz Příloha č. 10, Příloha č. 11, Příloha č. 12). Pro objektivní posouzení narušení termo-fyziologické rovnováhy jsme zvolili měření tepové frekvence. Pro stanovení termomechanických vlastností obleku jsme použili tepelný a výparný odpor.

#### 6.2.1 Metodika měření termo-fyziologického komfortu

Měření probíhalo v Centru sportovní medicíny TUL na výše specifikované skupině probandů. Každý proband podstoupil první test a hned druhý den retest.

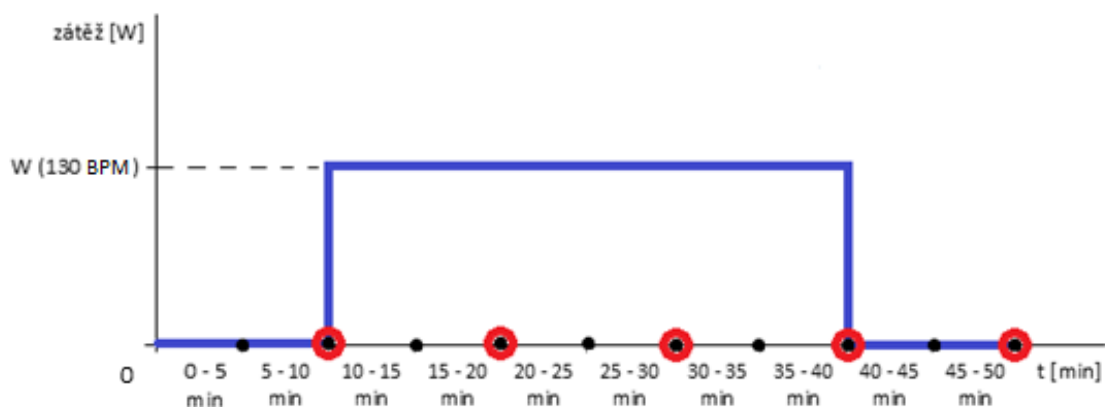
Všechna měření byla prováděna v ochranném oděvu za stacionárních klimatických podmínek. Během všech testů se teplota v laboratoři pohybovala mezi 20,5 - 22,8 °C a vlhkost v rozmezí 47,5 - 51%. Oblek byl složen z kombinézy s kapucí, holin, dvou párů gumových rukavic (spodní vrstvu tvořily jednorázové latexové rukavice, svrchní tvořily gumové rukavice) a ochranné filtrační roušky (viz Příloha 3). Variantu celoobličejové masky s filtračně-ventilační jednotkou jsme nezvolili kvůli nedostupnosti prostředků. Pod oblekem měl každý proband oblečené vlastní tričko s krátkým rukávem a dlouhé kalhoty.

Pro simulaci zátěže jsme zvolili bicyklový zátěžový test. K tomu posloužil rotoped značky Kettler (viz Příloha 8), který má přímo v sobě zabudovaný senzor na snímání tepové frekvence z hrudního pásu Polar (viz Příloha 9). Hrudní pás si proband nasadil vždy před začátkem testu.

Každý proband měl zátěž nastavenou individuálně dle jeho fyzické zdatnosti, což bylo zjištěno ještě před začátkem testu v obleku. Proband šlapal přibližně 5 minut na rotopedu a byla mu postupně zvyšována zátěž tak, aby se jeho tepová frekvence ustálila kolem 130 tepů za minutu, což by mělo simulovat střední úroveň zátěže. V této fázi byl proband dotázán na hodnotu z Borgovy škály vnímání intenzity zátěže (viz. Příloha 11). Toto prvotní vnímání intenzity je důležité z hlediska pozdějšího vývoje vnímání intenzity zátěže během testu v obleku.

Samotný test v ochranném obleku trval celkem 50 minut. Během něho byla testovaná osobě pomocí hrudního pásu měřena tepová frekvence, která posloužila k objektivnímu hodnocení termo-fyziologického komfortu. V každé páté minutě byla tato frekvence zaznamenána třikrát, a to vždy po 20 vteřinách. Při vyhodnocování výsledků jsme pracovali s průměrnou hodnotou z těchto tří záznamů. Současně byl také proband v každé páté minutě tázán na tři parametry: dyskomfort, dušnost, vnímaná intenzita zátěže dle příslušné Borgovy škály (viz Příloha 10, Příloha 11, Příloha 12). Po každých deseti minutách byla testovaná osoba ještě tázána na konkrétní nekomfortní body obleku (zda někde něco škrábe, tlačí atd.)

Prvních 10 minut testu proband seděl v klidu, poté 30 minut šlapal na rotopedu s předem definovanou zátěží a nakonec opět 10 minut seděl v klidu (viz Obr. 11). Průběh prvního testu i retestu byl shodný.



Obr. 11: Průběh testu [zdroj: vlastní]

Legenda:

modrá křivka - vývoj zátěže

černé body - záznam dyskomfortu, dušnosti, vnímané intenzity zátěže dle Borgových škál, záznam TF

červené kruhy - záznam konkrétních nekomfortních bodů

W(130 BPM) - individuálně nastavená zátěž dle TF probanda

Modrá křivka představuje vývoj zátěže. Z obrázku je tedy patrné, že 10 minut byla zátěž nulová, poté 30 minut konstantní (dle individuálního nastavení pro každého probanda) a nakonec 10 minut opět nulová. Černé body na časové ose představují místa, kdy byla probandovi měřena tepová frekvence a byl tázán na dyskomfort, dušnost a vnímanou intenzitu zátěže dle Borgových škál. Je zjevné, že prvních a poslední 10 minut testu nebyla pokládána otázka na vnímání intenzity zátěže, protože proband nebyl vystaven žádné zátěži a pouze seděl v klidu. Červené kruhy na časové ose značí momenty v průběhu testu, kdy byl proband tázán na konkrétní nekomfortní body obleku.

První část testu byla prováděna z důvodu toho, aby došlo k ustálení podmínek uvnitř obleku. Dále posloužila k tomu, abychom zjistili, jako moc testovanému člověku připadá oblek nekomfortní bez jakékoli fyzické zátěže. Dá se totiž předpokládat, že již při této části testu bude termo-fyziologický komfort nějakým způsobem narušen. Délka prostřední části byla nastavena tak, aby byl proband vystaven zátěži dostatečně dlouhou dobu na to, aby uvnitř obleku došlo ke stavu nasycení prostředí. Závěrečná fáze pokusu byla zařazena z důvodu sledování snižování tepové frekvence a také toho, zda dyskomfort a dušnost zůstanou stejné, nebo se budou také snižovat. Protokol k měření je zobrazen v přílohách (viz Příloha 13).

## 6.2.2 Metodika stanovení tepelného a výparného odporu textilie ochranného oděvu

Pro stanovení tepelného a výparného odporu je vhodné znát materiál textilie. U námi testovaného obleku tento materiál nelze dohledat z důvodu obchodního tajemství společnosti, která oblek vyrábí. Přesný materiál obleku tedy neznáme, ale podobné ochranné obleky jsou vyráběny z polypropylenu, tudíž budeme předpokládat, že materiál je podobný. K obleku patří ještě další komponenty - rouška, rukavice, holiny. Filtrační rouška je vyrobena také z polypropylenu, holiny a rukavice z PVC. Při testu byly použity dvě vrstvy rukavic, každé z jiného materiálu. Vnitřní rukavice byly z latexu, vnější z PVC. Uvažujeme však pouze vnější vrstvu, protože i pokud by vnitřní měla menší výparný odpor, vrchní by vodní páry nepropustila.

Protože u testovaného obleku neznáme přesnou textili, ze které je vyroben, provedli jsme nejprve dechovou zkoušku. Přes textili obleku jsme se snažili dýchat. Projevilo se však, že to není možné. Z toho lze vyvodit, že je nepropustný pro vodní páry. U filtrační roušky tento odpor také nestanovujeme, protože bychom počítali výparný odpor pro polypropylen určité tloušťky, ale součástí roušky je i výdechový ventil, který usnadňuje dýchání. Člověk tedy nedýchá pouze přes vrstvu polypropylenu, ale zároveň i přes výdechový ventil. Holiny a rukavice jsou vyrobeny z PVC a jsou tedy absolutně nepropustné pro vodní páry.

Pro odhad tepelného odporu jsme změřili tloušťku obleku i všech jeho komponent. Měřili jsme ji mikrometrem, vždy na deseti náhodných místech. Pro každý komponent (rouška, rukavice, holiny) a oblek jsme z deseti naměřených hodnot vypočetli průměrnou tloušťku  $d$ . Tuto hodnotu jsme poté dosadili do vzorce (5) a odhadli tepelný odpor. Stanovený tepelný odpor pro oblek je pouze orientační, protože s největší pravděpodobností není ve skutečnosti vyroben pouze z polypropylenu.

## 6.2 Charakteristika metod zpracování výsledků

Získané výsledky pro termo-fyziologický komfort jsme hodnotili z několika úhlů pohledu. Základní podmínkou je rozdělení experimentu na dvě části - test a retest. Při dalším posuzování je každý test (retest) rozdělen tři části - před šlapáním, během šlapání a po šlapání. Pro souhrnné charakteristiky jsme však zvolili rozdělení každého

testu (retestu) na deset částí, kde každá část představuje pět minut experimentu. Díky tomuto rozdělení jsou patrnější vývoje veličin v průběhu testu (retestu). Takto jsme hodnotili všechny získané údaje, což znamená dyskomfort, dušnost, vnímanou intenzitu zátěže a tepovou frekvenci.

Získaná data z měření jsou nespojitá a neznáme jejich rozdělení, výsledky jsme tedy zpracovávali neparametrickými metodami. Použili jsme medián, mezikvartilové rozpětí, modus, minimum a maximum. Informaci o tom, kde jsou data centrována, jsme zjišťovali pomocí mediánu, naopak pomocí modu jsme zjišťovali, která data se ve vzorku objevují nejčastěji. Pro charakteristiku variability jsme použili již zmíněné mezikvartilové rozpětí. Průběhy veličin vykreslené v jednotlivých grafech 1 - 5 jsou tvořeny mediány hodnot každé z deseti částí testu (jedna část představuje 5 minut testu). Test podstoupilo 10 probandů, tudíž jsme z každé části získali 10 hodnot. Z těchto 10ti hodnot jsme vypočítali zmíněný medián. Pro mody a mezikvartilová rozpětí vypsaná v tabulkách 4,5,7 a 8 jsme postupovali stejně.

Protože jsme získaná data vyhodnocovali neparametrickými metodami, použili jsme pro určení korelace Spearmanův korelační koeficient. Koeficient se vypočítá dle vzorce [30]:

$$r_{sp} = 1 - \frac{6 \sum D_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (7)$$

kde  $D_i$      rozdíl mezi pořadím hodnot  $x_i$  a  $y_i$  příslušných korelačních dvojic  
 $n$          počet korelačních dvojic

Při stanovování tepelného odporu jsme pracovali s daty získanými z měření tloušťky textilií. Data považujeme za parametrická, a že pocházejí z Gaussova normálního rozdělení. K vyhodnocování jsme tedy použili průměr a směrodatnou odchylku. Tepelný odpor jsme vypočetli ze vzorce (5) a porovnali s jinými materiály stejné tloušťky. Při výpočtech jsme si stanovili hladinu významnosti  $\alpha = 3173$ , která je standardní pro výpočty fyzikálních veličin. Vzhledem ke způsobu výpočtu tepelného odporu lze na základě teorie přenosu nejistoty předpokládat, že relativní nejistota průměru tloušťky textilie  $\delta d$  je rovna relativní nejistotě odporu  $\delta R$ . Výparný odpor roušky jsme nestanovili. Oblek, holiny a rukavice jsou vyrobeny z materiálu nepropustného pro vodní páry [19].

Získané výsledky jsme zpracovávali pomocí Microsoft Excel. Použité grafy a tabulky byly vytvořeny také v tomto softwaru.

## **8 Analýza výzkumných dat**

### **8.1 Vyhodnocení lokace nekomfortních bodů**

Testované osoby byly tázány každých 10 minut na konkrétní nekomfortní body obleku, včetně jeho součástí (holiny, rukavice, rouška). Každý test byl tedy pomyslně rozdělen na pět částí a v každé z nich proband lokalizoval problémové oblasti obleku. Toto hodnocení je zcela subjektivní, protože oblek nemá na první pohled patrné žádné významně problémové oblasti, u kterých by bylo zcela zřetelně viditelné snížení komfortu. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce 3.

Tab. 3: Lokace nekomfortních bodů u jednotlivých probandů [zdroj: vlastní]

Legenda:

P1-10 - probandi, 1 - obtížné dýchání přes roušku, 2 - teplo na ruce v rukavicích, 3 - nekomfortní rouška, 4 - nekomfortní gumička kolem hlavy, 5 - teplo v oblasti hlavy, 6 - teplo v oblasti kontaktu holin a obleku, 7 - nekomfortní rukavice, 8 - pocení v oblasti roušky, 9 - oblek škrábe u krku, (-) - žádný nekomfortní bod

	TEST					RETEST				
	0. - 10. min	10. - 20. min	20. - 30. min	30. - 40. min	40. - 50. min	0. - 10. min	10. - 20. min	20. - 30. min	30. - 40. min	40. - 50. min
<b>P1</b>	2	8	6	6	1	-	-	-	-	-
<b>P2</b>	1	1	2	2,5,6	1,5	-	1	1,2	5	-
<b>P3</b>	2	2,3	3	3	1,2	-	-	2	1	-
<b>P4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>P5</b>	4	1	2	2	1,3	4	-	-	1	2
<b>P6</b>	4	2,7	2,3	2,3	2	1	1	1	1	1
<b>P7</b>	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	9	-	-	-	-
<b>P8</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>P9</b>	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-	-	-	-
<b>P10</b>	3	-	-	7	-	-	-	5	5	-

Obecně mezi nejčastější problémy patřilo obtížné dýchání přes roušku a teplo na ruce v rukavicích. Šest z celkových deseti probandů zaznamenalo tyto obtíže. Obtížné dýchání přes roušku bylo zmíněno celkem dvacetkrát a teplo v rukavicích osmáctkrát. Druhý častý problém se taktéž týkal roušky. Polovině z testovaných osob vadilo samotné nošení roušky. Gumička kolem hlavy vadila 30% respondentů a během testů byla zmíněna celkem osmkrát. Dále se projevilo jako problémové místo oblast hlavy. Dva z celkových deseti probandů si stěžovali na velké teplo v této oblasti. Zmíněný problém nastal vždy až v druhé polovině testu. Mezi další nekomfortní body se zařadilo také místo kontaktu holin s oblekem, kde bylo opět pocíťováno zvýšené teplo. Posledními zmíněnými obtížemi bylo to, že rukavice byly celkově nekomfortní, oblek škrábal u krku a že se objevilo zvýšené pocení v oblasti roušky. Tyto problémové body



zmínil vždy pouze jeden proband, nekomfortnost rukavic zaznamenali dva. 20% probandů nepocítilo jakýkoli nekomfortní bod obleku.

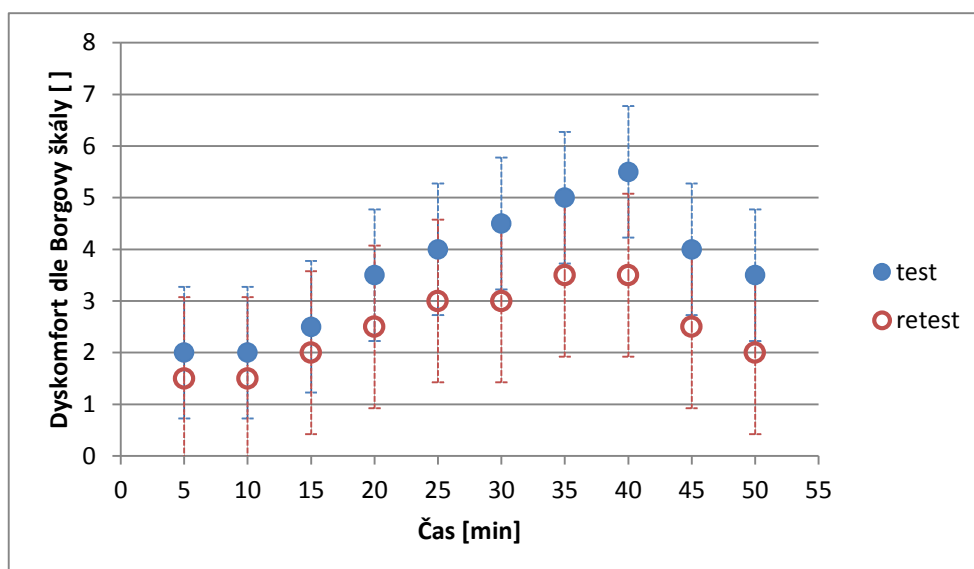
Pokud budeme na tento problém nahlížet jako na dva oddělené testy, první test a retest, je patrné, že druhý den při absolvování retestu nebylo probandy pocíťováno narušení komfortu tak často, jako při prvním testu. První den nebyl komfort narušen konkrétním bodem ve 28% případů, v druhém dni to již bylo v 68%. Čtyři z respondentů nezaznamenali při retestu žádné obtíže, zatímco při prvním testu to byli pouze dva.

Další z možných hodnocení je na základě porovnávání jednotlivých probandů v každé z pěti pomyslných částí testu. V prvních deseti minutách, kdy proband v klidu seděl, byla nejčastějším problémem gumička kolem hlavy. Během zátěžového bicyklového testu převažovaly obtíže s dýcháním přes roušku a teplo na ruce. V posledních deseti minutách, kdy testovaná osoba opět seděla v klidu, se nejvíce vyskytoval problém s dýcháním přes roušku.

## 8.2 Vyhodnocení vnímání dyskomfortu

Prvním zkoumaným parametrem byl dyskomfort. Dle použité Borgovy škály bylo zaznamenáno minimum na hodnotě 0 - *vůbec žádný* dyskomfort a maximum na hodnotě 8 - *krajně nepohodlný*. Hodnotu dyskomfortu 0 při prvním testu vnímal pouze jeden proband, zatímco při retestu to byli 3. Tato hodnota byla zaznamenána celkem v 25% případů, z toho 15% nastalo při retestu. Druhý extrém nastal vždy nejdříve v 25 minutě testu, tedy po 15 minutách šlapání na rotopedu, a objevil se u 20% testovaných osob. Celkově byl takovýto dyskomfort pocíťen v 7% případů, z toho ve 3% při prvním testu.

Z následujícího grafu závislosti dyskomfortu na čase (viz Graf 1) je vidět, že během první části testu, která probíhala prvních 10 minut, a proband seděl v klidu, se hodnoty dyskomfortu neměnily. Po začátku šlapání hodnoty postupně stoupaly a v posledních 10 minutách, kdy byl proband znovu v klidu, opět klesaly. Je zde viditelný rozdíl mezi testem a retestem. V grafu jsou také vyneseny chybové úsečky, které jsme zjistili z mezikvartilových rozpětí (viz. Tab. 4). Je patrné, že prvních 15 minut testu se úsečky téměř překrývají, tudíž jsou hodnoty z testu a retestu velice podobné. V další části testu již více odstupují.



Graf 1: Závislost dyskomfortu na čase - medián [zdroj: vlastní]

Legenda:

Každý bod grafu představuje medián hodnot dyskomfortu z daného časového intervalu testu (zvlášť pro test a retest).

V tabulce 4 je hodnocení opět rozděleno na test a retest. Mediány jsou vykresleny v grafu 1. Pokud se zaměříme na mody u prvního testu, zjistíme, že v první fázi testu jsou na nejnižší zjištěné hodnotě 2 a během fáze šlapání se postupně zvyšují. Při poslední fázi se opět trochu sníží, ale stále je hodnota vyšší než na začátku testu. Při retestu je průběh stejný, pouze hodnoty se na Borgově škále pohybují níže. Můžeme si také všimnout, že ve 30 minutě testu se modus snížil na hodnotu 2, a poté opět stoupl. Medián mezikvartilových rozpětí je při retestu větší než při prvním testu.

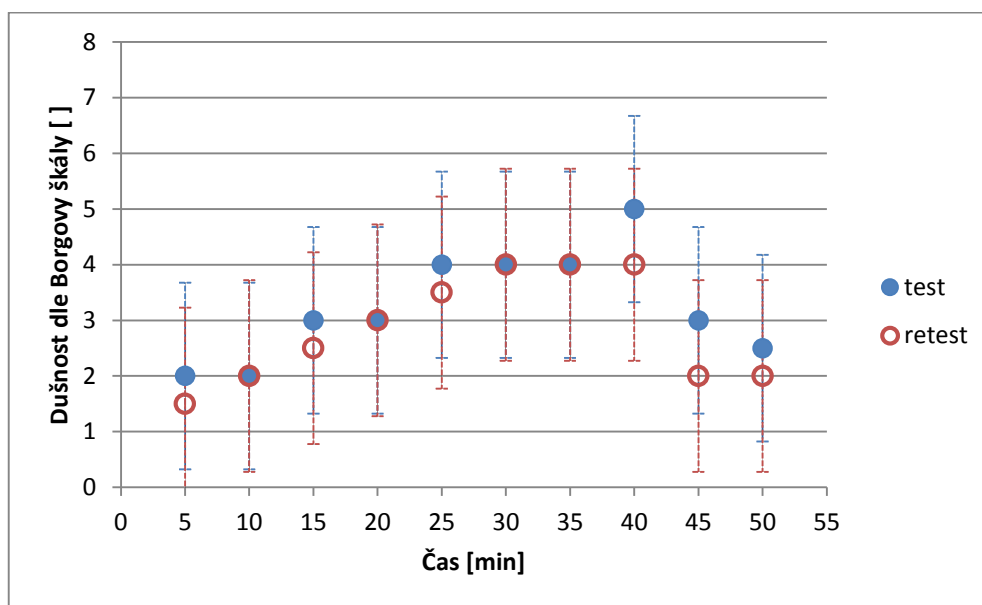
Tab. 4: Dyskomfort - medián, modus, mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

	MINUTA	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.
TEST	<i>medián</i>	2	2	3	4	4	5	5	6	4	4
	<i>modus</i>	2	2	3	3	4	4	5	6	4	4
	$Q_{75} - Q_{25}$	1	0,75	1	1,75	1,75	1	0,75	1,75	1	2
RETEST	<i>medián</i>	2	2	2	3	3	3	4	4	3	2
	<i>modus</i>	2	2	2	3	3	2	4	5	3	3
	$Q_{75} - Q_{25}$	1	1	0,75	1	1,75	2	2,5	2,75	1	2

### 8.3 Vyhodnocení vnímání dušnosti

Dalším dotazovaným parametrem byla dušnost. Její hodnota se pohybovala na Borgově škále od 0 - *žádná* až po 7- *velmi těžká*. Bylo tomu tak v prvním testu i při retestu. Minimální hodnotu při prvním testu vyslovil opět pouze jeden proband, při retestu to byli 3. Maximální hodnota dušnosti 7 byla zaznamenána u dvou probandů. Jednou při prvním testu, podruhé při retestu. Tento extrém pokaždé nastal až v 30 minutě testu. Při prvním testu se nejčastěji objevovala hodnota 3 - *střední* dušnost, při retestu to byla *lehká* dušnost, tedy hodnota 2. Pokud se však zaměříme pouze na část testu, ve které proband šlapal na rotopedu, byla nejčastěji zaznamenána hodnota při retestu 4 - *poněkud silnější* dušnost, při prvním testu je to stále hodnota 3. Tato nejčastější hodnota byla pocítěna vždy ve 12% případů během šlapání na rotopedu.

U závislosti dušnosti na čase je průběh podobný jako u dyskomfortu (viz Graf 2). Hodnoty opět nejprve stoupají, potom klesají. Na rozdíl od dyskomfortu tu ovšem není tak markantní rozdíl mezi testem a retestem. Přesto je patrné mírné zlepšení při druhém testu. Chybové úsečky jsou opět vyneseny dle mezikvartilových rozpětí.



Graf 2: Závislost dušnosti na čase - medián [zdroj: vlastní]

Legenda:

Každý bod grafu představuje medián hodnot dušnosti z daného časového intervalu testu (zvlášť pro test a retest).

Z tabulky 5 je opět patrný stejný vývoj jako u závislosti dyskomfortu na čase. Hodnoty modů jsou opět v první části na minimu, poté při šlapání stoupají a v poslední části mírně klesnou. Tento jev se objevuje v testu i retestu. Medián mezikvartilových rozpětí je u retestu větší, stejně jako u závislosti dyskomfortu na čase.

Tab. 5: Dušnost - medián, modus, mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

	MINUTA	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.
TEST	<i>medián</i>	2	2	3	3	4	4	4	5	3	3
	<i>modus</i>	2	2	3	3	3	4	4	5	3	3
	$Q_{75} - Q_{25}$	0,75	1	1,75	2	1,75	2,5	2,5	1,75	1	1,75
RETEST	<i>medián</i>	2	2	3	3	4	4	4	4	2	2
	<i>modus</i>	2	2	2	3	3	4	4	4	2	2
	$Q_{75} - Q_{25}$	1,75	1,75	1,75	1,5	2,5	2,5	1,5	2,5	0,75	0,75

#### 8.4 Vyhodnocení vnímaná intenzity zátěže

Dalším důležitým faktorem byla nastavená zátěž a její vnímání testovanou osobou. Vzhledem k tomu, že byl tento parametr nastaven dle tepové frekvence probanda, je objektivní. Pro test i retest jsme vždy zvolili stejnou zátěž.

Počáteční vnímání intenzity zátěže se u všech testovaných osob pohybovalo na Borgově škále mezi hodnotami 11 - *docela lehké* až po hodnotu 13 - *poněkud těžší*. Maximální vyslovená hodnota byla 15, což představuje *těžkou* zátěž. Počáteční vnímání zátěže před testem v obleku, vnímání zátěže na začátku testu a na jeho konci je zobrazeno v tabulce 6:

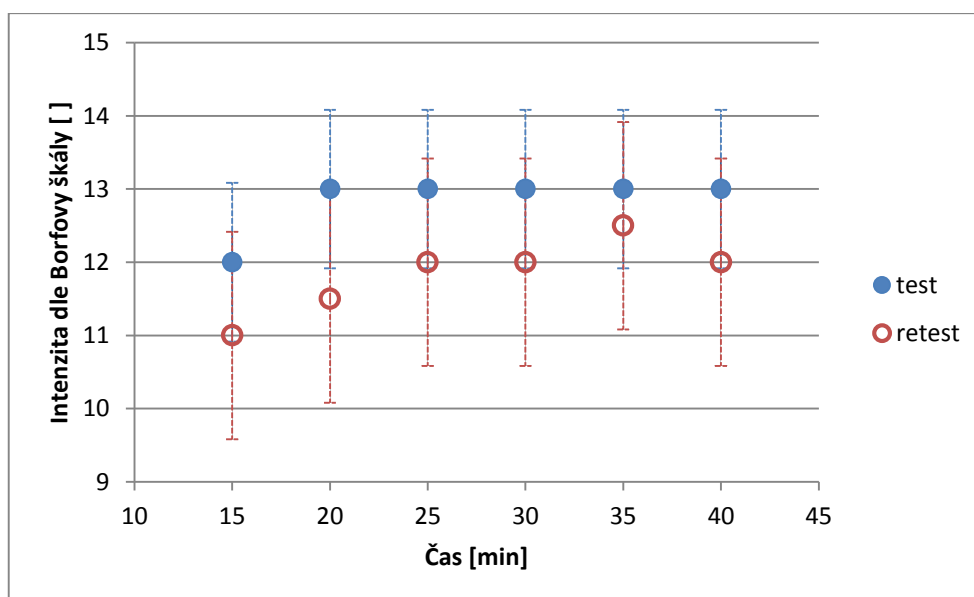
Tab. 6: Počáteční vnímání intenzity zátěže dle Borgovy škály intenzity [zdroj: vlastní]

		medián	modus	$Q_{75} - Q_{25}$
Počáteční vnímání zátěže		12	12	1
TEST	začátek	12	13	1,75
	konec	13	13	1,75
RETEST	začátek	11	11	0,75
	konec	12	12	1,75

Vyhodnocení dle hodnot pouze na začátku a na konci testu jsme zvolili z důvodu toho, že hodnota vnímání intenzity zátěže vždy během celého šlapání rostla. Hodnota počátečního vnímání zátěže bez obleku byla vždy nižší nebo stejná jako na začátku šlapání. Jak je patrné z tabulky 6, při retestu byly hodnoty nižší.

Pokud se zaměříme na vnímání intenzity zátěže v průběhu celého testu, minimální zjištěná hodnota byla 11 - *docela lehké*. Tato hodnota byla zaznamenána během testu i retestu. Při prvním testu zaznamenalo tuto úroveň vnímání zátěže 30% probandů a byla vyslovena celkem 7 krát. Při retestu byla zaznamenána 4 krát častěji a pocítilo ji 70% testovaných osob. Maximum jsme zaznamenali na hodnotě 16 - *těžké až velmi těžké*, ale bylo zjištěno pouze při prvním testu a to u jediného probanda.

V následujícím grafu závislosti vnímání intenzity zátěže na čase (viz Graf 3) je velice patrný rozdíl mezi prvním testem a retestem. Záznam začal vždy až při šlapání, nenalézají se zde tedy hodnoty z prvních a posledních 10 minut testu, kdy proband nešlapal. Jak je vidět, při prvním testu stoupla hodnota vnímání intenzity pouze ve 20 minutě testu a poté již zůstala konstantní. Při retestu tato hodnota stoupala pozvolněji a ke konci testu dokonce klesla. Chybové úsečky se nejméně překrývají ve 20 minutě testu a nejvíce v minutě 35.



Graf 3: Závislost vnímání intenzity zátěže na čase - medián [zdroj: vlastní]

Legenda:

Každý bod grafu představuje medián hodnot vnímání intenzity nastavené zátěže z daného časového intervalu testu (zvlášť pro test a retest).

Z tabulky 7 je patrné, že při testu je modus ve všech fázích testu stejný, rozdíl nastává až při retestu. Zde hodnoty postupně stoupají, pouze v poslední 40 minutě modus mírně klesne. Medián mezikvartilového rozpětí je naopak u retestu větší než u prvního testu.

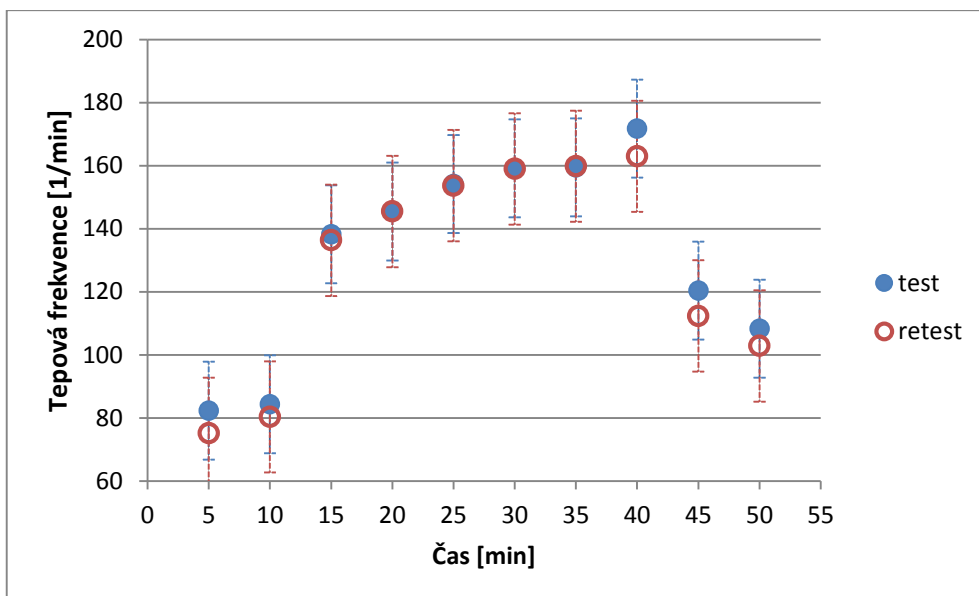
Tab. 7: Intenzita - medián, modus, mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu /retestu [zdroj: vlastní]

	MINUTA	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.
TEST	<i>medián</i>	-	-	12	13	13	13	13	13	-	-
	<i>modus</i>	-	-	13	13	13	13	13	13	-	-
	$Q_{75} - Q_{25}$	-	-	1,75	0,75	0,75	0	1,5	1,75	-	-
RETEST	<i>medián</i>	-	-	11	12	12	12	13	12	-	-
	<i>modus</i>	-	-	11	12	12	13	13	12	-	-
	$Q_{75} - Q_{25}$	-	-	0,75	1	1	2	2	1,75	-	-

## 8.5 Vyhodnocení tepová frekvence

Posledním měřeným parametrem byla tepová frekvence. Je vhodné sledovat pouze její vývoj v čase a závislost na ostatních parametrech, protože každý proband má jinou klidovou tepovou frekvenci, i když nepociťuje žádný dyskomfort. Nezkoumáme tedy její minimum ani maximum.

U závislosti tepové frekvence na čase (viz Graf 4) je průběh opět podobný jako u dyskomfortu a dušnosti. Hodnoty postupně stoupají a poté opět klesají. Největší rozdíly mezi testem a retestem můžeme pozorovat v první a poslední části testu, tedy když byl proband v klidu. Během šlapání jsou hodnoty téměř totožné. Chybové úsečky jsou opět vyneseny dle mezikvartilových rozpětí.



Graf 4: Závislost tepové frekvence na čase - medián [zdroj: vlastní]

Legenda:

Každý bod grafu představuje medián naměřených tepových frekvencí z daného časového intervalu testu (zvláště pro test a retest).

V tabulce 8 jsou číselně vypsány mediány tepových frekvencí z jednotlivých časových intervalů testu. Je patrné, že hodnoty mediánů v prvních deseti minutách jsou velmi podobné a až po začátku šlapání začnou narůstat. V posledních částí testu, kdy je proband opět v klidu, hodnoty mediánů tepových frekvencí z prvního testu i retestu postupně klesají. Z velikosti mezikvartilových rozpětí můžeme říci, že data získaná z měření tepových frekvencí jsou značně rozptýlená.

Tab. 8: Tepová frekvence - medián a mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

	MINUTA	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.
<b>TEST</b>	<i>medián</i>	82,3	84,3	138,3	145,5	154,2	159,2	159,5	171,8	120,4	108,3
	<i>modus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$Q_{75} - Q_{25}$	11,7	10,5	14,2	16,4	16,4	15,7	14,3	14,4	22,1	2,0
<b>RETEST</b>	<i>medián</i>	75,2	80,4	136,4	145,5	153,7	159,0	159,9	163,0	112,4	102,9
	<i>modus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$Q_{75} - Q_{25}$	21,3	21,1	10,1	18,5	22,2	17,9	18,2	18,0	16,7	12,6

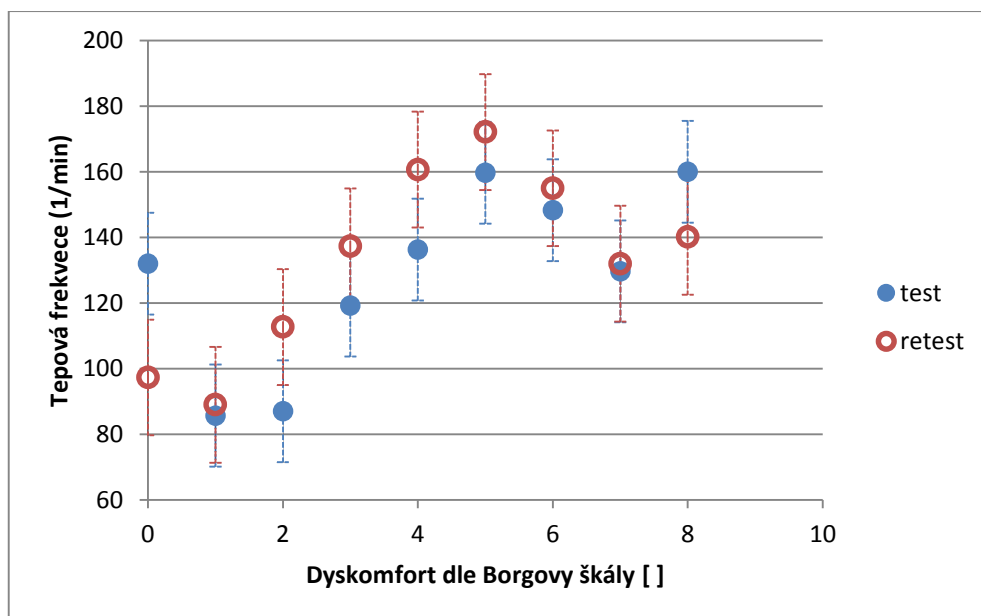
## 8.4 Korelace tepové frekvence a dyskomfortu

Smyslem této části je ověření, zda existuje vzájemný vztah mezi dyskomfortem a tepovou frekvencí. Korelační koeficienty jsme počítali dle vzorce (7). Jsou určeny zvlášť pro test a retest. Hladinu významnosti  $\alpha$  jsme si zvolili 0,05.

Soubory dat pro test a retest obsahují shodně 9 korelačních dvojic, tudíž jejich kritická hodnota je 0,60. Korelační koeficienty vyšly následovně:

Test	0,67	$ 0,67  > 0,60$
Retest	0,62	$ 0,62  > 0,60$

Oba korelační koeficienty vyšly větší než kritická hodnota, jsou tedy statisticky významné. V následujícím grafu 5 jsou vyneseny hodnoty mediánů tepových frekvencí odpovídající jednotlivým hodnotám na Borgově škále dyskomfortu. Chybové úsečky jsou vyneseny dle mezikvartilových rozpětí z tabulky 8.



Graf 5: Závislost mediánů tepových frekvencí na dyskomfortu [zdroj: vlastní]

Legenda:

Každý bod grafu představuje medián naměřených tepových frekvencí pro danou hodnotu dyskomfortu na Borgově škále (zvlášť pro test a retest).



Z grafu lze vyčíst, že nejvyššího mediánu tepové frekvence bylo dosaženo u prvního testu při hodnotách dyskomfortu 5 - *silně* a 8 - *krajně nepohodlný*. Při retestu to bylo na hodnotě dyskomfortu 5. Naopak nejnižšího mediánu tepové frekvence bylo dosaženo při prvním testu na hodnotách dyskomfortu 1 - *velmi slabě* a 2 - *lehce*, při retestu na hodnotě 1.

## 8.5 Tepelný a výparný odpor ochranného oděvu a jeho komponent

Výpočet tepelného odporu jsme provedli pomocí vzorce (5). Pro srovnání jsme doplnili tepelný odpor bavlny o tloušťce, která odpovídá naměřené tloušťce textilie, ze které je vyroben ochranný oblek. V následující tabulce 9 jsou zaznamenána měření tloušťky všech komponent, tedy průměr z 10 naměřených hodnot.

Tab. 9: Měření tloušťky obleku a komponent včetně jejich nejistot [zdroj: vlastní]

Komponenta	rouška	rukavice	holiny	oblek
<b>Materiál</b>	PP	PVC	PVC	PP
<b>Průměrná tloušťka [mm]</b>	0,954	0,551	2,358	0,209
<b>Absolutní nejistota <math>\Delta d</math> [mm]</b>	0,023	0,006	0,023	0,008
<b>Relativní nejistota <math>\delta d</math></b>	0,02	0,01	0,01	0,04

Výsledný tepelný odpor jednotlivých komponent:

Rouška:  $R_{ct} = (5,55 \pm 0,13) \cdot 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>K/W] s relativní nejistotou  $\delta = 0,02$

Rukavice:  $R_{ct} = (3,28 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>K/W] s relativní nejistotou  $\delta = 0,01$

Holiny:  $R_{ct} = (14,04 \pm 0,14) \cdot 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>K/W] s relativní nejistotou  $\delta = 0,01$

Oblek:  $R_{ct} = (1,22 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>K/W] s relativní nejistotou  $\delta = 0,04$

Pokud provedeme porovnání s bavlnou stejné tloušťky jako testovaný oblek z polypropylenu, vychází tepelný odpor  $R_{ct} = (0,43 \pm 0,02) \cdot 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>K/W] s relativní nejistotou  $\delta = 0,04$ . Je tedy patrné, že tepelný odpor polypropylenu je větší než tepelný odpor bavlny.

Výparný odpor roušky jsme nestanovovali. Pokud bychom však předpokládali, že výparný odpor má lineární závislost, lze dle tabulky 2 stanovit výparný odpor pro

polypropylen stejné tloušťky jako je rouška. Výparný odpor roušky by vyšel:  $R_{et} = (3,78 \pm 0,09)$  [m<sup>2</sup>Pa/W] s relativní nejistotou  $\delta = 0,02$ . Z výsledků je patrné, že stanovený výparný odpor není správný. Pro oblek, holiny a rukavice platí, že jsou absolutně nepropustné pro vodní páry.

## 9 Analýza výzkumných cílů a předpokladů

Jako první dílčí úkol jsme si zvolili stanovení termomechanických vlastností materiálů, ze kterého je oblek vyroben. Tepelný odpor jsme stanovili pouze orientačně. Uvažovali jsme, že oblek je vyroben z velké části z polypropylenu. Ukazuje se, že tepelný odpor  $R_{et}$  je menší než tepelný odpor všech zbylých komponent (rouška, rukavice, holiny). To, že má oblek nejmenší tepelný odpor, je dáno především tím, že textilie je hodně slabá. Rouška, která je také vyrobena z polypropylenu má více než 4 krát větší tepelný odpor, ale textilie je také více než 4 krát tlustší. Závislost tepelného odporu na tloušťce je lineární. Největší tepelný odpor měly holiny, protože jsou vyrobeny z nejtlustšího materiálu. Pro názornější představu jsme zkoumané textilie porovnali s bavlnou. Je patrné (viz výpočty v kapitole 8.5 Tepelný a výparný odpor ochranného oděvu a jeho komponent), že oblek i komponenty mají vyšší tepelný odpor. Tento fakt vychází z toho, že bavlna má mnohem větší koeficient tepelné vodivosti než polypropylen nebo PVC. Bavlna ovšem svou strukturou není vhodná k ochraně před infekčními agens.

Pokud bychom chtěli znát tepelný odpor přesněji, museli bychom počítat dle vzorce (4) a znát teploty na obou stranách textilie obleku a tepelné toky  $q_v$  a  $q_o$ . Hodnoty, které jsme vypočítali, jsou tedy orientační, ale k odhadu termomechanických vlastností obleku stačí. Výparný odpor roušky jsme nestanovili z důvodu, že dýchání probíhá především přes výdechový ventil. Vypočtené hodnoty by tedy byly platné, pouze pokud by rouška výdechový ventil neměla. Oblek, holiny a rukavice jsou nepropustné pro vodní páry. Tento fakt vychází z podstaty materiálu, ze kterého jsou vyrobeny, tedy PVC. Při testech byl oblek přetažen přes holiny i rukavice zvenčí, nebylo tedy možné, aby vodní páry unikaly jejich otevřenými konci. Pokud by tomu tak nebylo, tyto komponenty by se nedaly považovat za nepropustné pro vodní páry.

Dalším dílčím úkolem je stanovení termo-fyziologického komfortu testovaného obleku. Při jeho posuzování jsme se zaměřili jen na první test, protože účelem retestu

bylo zaznamenání míry adaptability nositele na dyskomfort obleku. Hlavními faktory v posuzování termo-fyziologického komfortu jsou dyskomfort, dušnost, vnímání intenzity zátěže v závislosti na počátečním vnímání intenzity a také konkrétní nekomfortní body ochranného obleku. Objektivním parametrem byla tepová frekvence. Jako problémové se projevíly spíše komponenty, ne samotný oblek. U ochranného obleku byla nejčastějším problémem gumička kolem hlavy. Probandům vadilo to, že je moc pevná. Tento problém se dá ale lehce odstranit. Dalším mechanickým problémem bylo škrábání obleku u krku. Tato obtíž byla však zaznamenána pouze jednou, tudíž není statisticky významná. Mezi další problémy týkající se samotného obleku patřilo teplo v oblasti hlavy a kontaktu holin s oblekem. Teplo v oblasti hlavy je očekávatelné, protože hlava je jeden z nejvíce prokrvených orgánů těla. Zmíněný problém se však objevil vždy až v druhé polovině testu. Dá se tedy předpokládat, že pokud by se zkrátila doba setrvání v obleku, tento problém by nenastal. Teplo v místě kontaktu holin s oblekem je způsobené tím, že v tomto místě se setkávají dvě vrstvy textilií. Pro tepelný i výparný odpor přilehajících vrstev textilií platí, že se sčítají. V tomto místě byly tedy oba odpory rovny součtům tepelných a výparných odporů holin a obleku. Obecně nejčastějším problémem bylo dýchání přes roušku. Tento fakt je dán především tím, že nikdo z probandů není zvyklý na nošení roušky. Polovině z testovaných osob vadilo samotné nošení roušky. Ta navíc vytváří určitý odpor při dýchání, který musí při dýchání člověk překonat. Z testů však vyplynulo, že ta část probandů, která se zařadila mezi rekreační sportovce, neměla s dýcháním přes roušku takový problém, jako skupina zařazená mezi nesportovce. Znamená to tedy, že pokud je člověk více trénovaný nemá při dýchání takový problém překonat odpor roušky. Dalším velice častým problémem bylo teplo na ruce v rukavicích. To je jistě způsobeno tím, že rukavice byly ve dvou vrstvách. Opět zde platí, že tepelné i výparné odpory obou vrstev se v tomto místě sčítají. Svrchní vrstva je navíc nepropustná pro vodní páry a materiál obou vrstev rukavic neabsorbuje tekutiny. Uvnitř se tedy vysrážely vodní páry a vzniklo velké teplo. Je však zajímavé, že rukavice připadaly nekomfortní pouze dvěma probandům. Jak je tedy vidět, teplo uvnitř rukavic je silněji vnímaným faktorem než vznikající vlhkost. Tyto dva nejčastější problémy však byly pociťovány především během šlapání, obtížné dýchání přes roušku přetrvávalo i v poslední fázi když byl proband v klidu. Tyto problémy tedy vyvolává vykonávání fyzické aktivity v ochranném obleku. Důležitým sledovaným parametrem byl dykomfort. Modifikovaná Borgova škála dyskomfortu se pohybuje v rozmezích 0 (*vůbec žádný*) – 10 (*maximálně nepohodlný, bolestivý*). Při

testování v obleku jsme zaznamenali hodnoty v rozmezí 0 – 8 (*krajně nepohodlný*). Jak je patrné z grafu 1, během části před šlapáním se dyskomfort neměnil. Jeho nárůst začal až při fyzické zátěži. Po ukončení šlapání se hodnota dyskomfortu rychle snižovala, nedosáhla však původních hodnot před testem, zůstala vyšší. Je tedy patrné, že pokud člověk nevykonává žádnou zátěž, nepůsobí oblek nikterak velký dyskomfort. Pokud je však vystaven zátěži, hodnota dyskomfortu rychle stoupá. To je způsobeno především termomechanickými vlastnostmi textilie ochranného oděvu. Uvnitř se akumuluje značné teplo, člověk se začne potit, ale vzniklé vodní páry neodcházejí do okolního prostředí v dostatečné míře. Dochází tedy k omezení fyziologických procesů lidského těla. Hodnoty mediánů a modů jsou v podstatě stejné. Střední hodnota je tedy zároveň ta nejčastější. U dušnosti se hodnoty pohybovaly na Borgově škále od 0 (*žádná*) po 7 (*velmi těžká*). Vývoj v čase je velmi podobný jako u dyskomfortu. Zde je vývoj způsobený tím, že při fyzické aktivitě člověk potřebuje více kyslíku, tudíž dýchá rychleji a hlouběji. S přibývajícím časem, kdy je proband vystaven zátěži, se tedy hodnoty dušnosti zvyšují. Když proband seděl v klidu, byla nejčastější hodnota dušnosti 2 – *lehká*. Znamená to tedy, že rouška způsobuje pouze lehkou dušnost. Vnímaná intenzita zátěže se pohybovala na Borgově škále v rozmezí 11 (*docela lehké*) – 16 (*těžké až velmi těžké*). Důležitým faktorem je zde počáteční vnímání zátěže, kdy proband šlapal bez obleku a měl ustálenou tepovou frekvenci kolem 130 tepů za minutu. Průměrná hodnota vnímání intenzity zátěže byla v podstatě celý test konstantní. Pouze v prvních 5 minutách byla hodnota o jeden stupeň nižší. Počáteční vnímání zátěže bylo na hodnotě 12 (*docela lehké až poněkud těžší*), tedy shodné s vnímáním zátěže prvních 5 minut zátěžového testu. Zbytek testu byla průměrná hodnota 13 (*poněkud těžší*). Z výše uvedeného se dá vyvodit, že ochranný oblek nemá v průběhu testu v podstatě žádný vliv na vnímání intenzity zátěže. Velikost průměrného modu i mediánu je celý test v podstatě shodná, tudíž střední hodnota je zároveň tou nejčastější. Posledním zkoumaným parametrem je tepová frekvence. Zde se projevil podobný vývoj jako u dyskomfortu a dušnosti. Z grafu 4 je však patrný rozdíl mezi tím, když byl proband v klidu a když šlapal. Po začátku šlapání se tepová frekvence výrazně zvýšila a po jeho ukončení opět klesla. Každý proband měl zátěž nastavenou tak, aby bez obleku byla jeho tepová frekvence přibližně 130 tepů za minutu. Průměrná hodnota tepové frekvence v prvních 5 minutách zátěže je přibližně 140 tepů za minutu. Tento jev může způsobit zvýšená teplota uvnitř obleku, pocit dušnosti nebo dyskomfort obleku. Všechny tyto tři parametry mají stejný průběh. Je tedy pravděpodobné, že spolu souvisí.

Dušnost je zajisté závislá na tepové frekvenci, protože pokud má člověk pocit dušnosti, začne hyperventilovat a tím se mu zvýší i tepová frekvence. Stejně je to i se zvýšenou teplotou organismu. Pokud dochází k přehřívání organismu, srdce pumpuje krev rychleji, aby se tělo ochladilo, tudíž se zvyšuje i tepová frekvence. Pomocí korelace jsme tedy prověřili, zda existuje zmíněná závislost mezi tepovou frekvencí a dyskomfortem. Korelační koeficient celého testu vyšel větší než kritická hodnota, je tedy statisticky významný a existuje zde korelace mezi tepovou frekvencí a dyskomfortem. Lze tedy říci, že pokud se při zátěži zvyšuje dyskomfort, zvyšuje se i tepová frekvence.

Pro posouzení míry adaptability nositele na dyskomfort nošení testovaného obleku jsme využili srovnání prvního testu a retestu. Tento postup bylo vhodné použít, protože oblek tvoří uzavřený systém. Test byl prováděn v laboratorních podmínkách, tudíž se dá dobře posoudit efekt zvyku na vzniklý dyskomfort. Opět je zde možné pozorovat všechny měřené parametry a jejich vývoj. Když se zaměříme na konkrétní nekomfortní body obleku, je z tabulky 3 patrné, že při retestu se objevuje méně obtíží a především ne tak často. Při prvním testu nebyl komfort narušen ve 28% případů, při retestu v 68%. To je více než 50% nárůst. Obtížné dýchání přes roušku přetrvávalo z prvního testu a bylo opět nejčastějším problémem. Opět se zde projevilo i teplo v rukavicích a v oblasti hlavy. Teplo na ruce v rukavicích bylo při retestu pocíťováno 5 krát méně často než při prvním testu. Můžeme si ale všimnout, že při retestu nebylo ani jednou zaznamenáno to, že by někomu rouška připadala nekomfortní sama o sobě. U dyskomfortu byla minimální hodnota zaznamenána při retestu u třech probandů, zatímco v prvním testu pouze u jednoho. Naopak maximum bylo dosaženo v obou případech. V grafu 1 je zcela patrný rozdíl mezi prvním testem a retestem. Na začátku testu mezi nimi není signifikantní rozdíl, v průběhu testu se však rozdíl stává patrnějším. Odpovídá tomu a překryv chybových úseček. Tento trend je patrný i z tabulky 4. Je tedy zcela patrné, že dyskomfort při retestu není tak velký, jako při prvním testu. Tento fakt lze říci pro všechny fáze testu. U dušnosti již takový rozdíl pozorovat nelze. Průběh prvního testu i retestu jsou téměř totožné. Největší rozdíl lze pozorovat od 40 minuty testu. Od této doby až do konce testu se hodnoty mediánů i modů mezi testy liší o jeden stupeň. Na dušnost způsobenou rouškou si tedy testované osoby v podstatě nezvykly. Odpovídá tomu i fakt, že obtížné dýchání přes roušku bylo označeno jako nejvíce nepříjemný podnět při testu i retestu. Vnímání intenzity zátěže je opět, jako dyskomfort, značně odlišné při prvním testu a retestu. Již pokud se zaměříme na porovnání

počátečního vnímání zátěže a vnímání v průběhu testu lze vidět, že modus a medián počátečního vnímání byl na hodnotě 12 (*docela lehké až poněkud těžší*), zatímco při retestu byl modus i medián na začátku na hodnotě 11 (*docela lehké*) a na konci 12. Při prvním testu byl medián počátečního vnímání stejný jako medián vnímání zátěže na začátku testu. V průběhu samotného testu jsou mody a mediány retestu většinou o jeden stupeň nižší než při prvním testu. Pokud se zaměříme na tepovou frekvenci, není zde nijak markantní rozdíl mezi prvním testem a retestem. Největší rozdíly můžeme pozorovat na začátku a na konci testu. Mezi 20 a 35 minutou jsou hodnoty mediánů tepových frekvencí u prvního testu i retestu v podstatě totožné. U korelace tepové frekvence a dyskomfortu vyšly korelační koeficienty větší než kritická hodnota. Můžeme tedy říci, že jak při prvním testu, tak při retestu dochází ke korelaci dyskomfortu a tepové frekvence. Pokud se tedy podíváme na všechny parametry, dalo by se říci, že určitá míra adaptace na dyskomfort nošení ochranného obleku se zde vyskytuje. U žádného parametru nedošlo ke zhoršení. Největší zlepšení můžeme pozorovat na dyskomfortu, vnímané intenzitě zátěže a u konkrétních nekomfortních bodů obleku. U dušnosti došlo jen k mírnému zlepšení a u tepové frekvence také nelze prokázat značný rozdíl. Vzhledem k výše zmíněným faktům můžeme tedy říci, že k markantní adaptaci došlo u subjektivního vnímání. Objektivní prokázaly pouze mírnou adaptaci.

Jako poslední dílčí úkol jsme si stanovili navržení vhodné metodiky pro hodnocení termo-fyziologického komfortu pracovních oděvů ochranné třídy III. Metodika pro určení termo-fyziologického komfortu obleku by měla zahrnovat objektivní i subjektivní hodnocení. Na základě výše uvedených poznatků a na základě zkušeností získaných z praktického výzkumu lze říci, že objektivní hodnocení termo-fyziologického komfortu lze provést za pomoci probandů a laboratorním stanovením fyzikálních parametrů oděvu a jeho komponent (tepelný a výparný odpor, relativní propustnost pro vodní páry). Při testování se zkušebními osobami je nutné především zachovat stejné klimatické podmínky a zvolit vhodný stupeň zátěže. Během měření můžeme monitorovat reakce fyziologických ukazatelů na zátěž. Mezi tyto ukazatele patří například tepová a dechové frekvence nebo krevní tlak. Je vhodné také provést párové srovnání (test v obleku a bez něj) nebo opakované měření (test a retest). Pro subjektivní hodnocení termo-fyziologického komfortu je vhodné využít Borgovy škály vnímání intenzity zátěže, dušnosti a dyskomfortu.

S těmito dílčími cíli se pojí výzkumné otázky. První z nich zní: “Jaké jsou termomechanické vlastnosti materiálů, ze kterých je oblek vyroben?”. Výparný odpor obleku jsme přesně nestanovili, ale z empirických poznatků můžeme říci, že textilie je nepropustná pro vodní páry. Orientačně stanovený tepelný odpor je pro oblek menší než odpor pro ostatní komponenty. Při testech se však projevilo, že již po prvních pár minutách testu probandi pocívali prudký nárůst teploty uvnitř obleku. Tyto negativní vlastnosti obleku se promítly do celkového komfortu obleku. Termomechanické vlastnosti testovaného obleku tedy nejsme schopni určit zcela přesně, ale v praktických testech se projevilo, že nejsou zcela ideální. Ze získaných poznatků tedy můžeme říci, že oblek i jeho komponenty mají příliš velký výparný i tepelný odpor na to, aby člověk v obleku nepocíval žádný dyskomfort způsobený těmito faktory.

Druhá výzkumná otázka se týká toho, jaký je termo-fyziologický komfort ochranného obleku. Pokud shrneme všechny dosažené výsledky, můžeme říci, že termo-fyziologický komfort ochranného oděvu se vyvíjí dle zátěže, které je člověk vystaven. Pokud člověk v obleku nemá žádnou fyzickou zátěž, je jeho komfort narušen jen minimálně. Pokud je však vystaven fyzické zátěži, jeho termo-fyziologický komfort je velmi rychle narušen ve značné míře. Po ukončení zátěže se dyskomfort snižuje. Není však pravděpodobné, že by klesl natolik, aby byl stejný jako před začátkem fyzické aktivity. Termo-fyziologický komfort testovaného obleku není zcela ideální a to především z toho důvodu, že oblek má špatné termomechanické vlastnosti a způsobuje dyskomfort. To samé platí i pro jeho komponenty.

Jako poslední výzkumnou otázku jsme si stanovili určit, jaká je míra adaptability na oblek z hlediska dyskomfortu. Ze získaných výsledků můžeme konstatovat, že se zde určitá míra adaptability nachází. Nejvíce ji můžeme pozorovat ve vnímání intenzity nastavené zátěže a u dyskomfortu. U dušnosti a tepové frekvence došlo pouze k mírnému zlepšení.

Nakonec jsme si stanovili dvě hypotézy. První z nich zní: “Snížená teplotní a velmi nízká nebo dokonce nulová vlhkostní vodivost ochranného oděvu bude příčinou objektivního i subjektivního narušení komfortu sledovaného souboru jedinců, zejména v okolí tělesného jádra.” Tuto hypotézu můžeme přijmout. Z důvodu špatných termomechanických vlastností dochází k narušení komfortu. Z důvodu snížené teplotní a vlhkostní vodivosti dochází k přehřívání organismu a kumulaci vodních par uvnitř obleku. Jako problémová místa se projevila především hlava a ruce uvnitř rukavic. Na nekomfortní pocity přímo v oblasti tělesného jádra si nestěžoval žádný z probandů.

Pokud však dochází k přehřívání organismu, především tělesného jádra, projeví se to na snížení celkového komfortu. Ten byl v průběhu testu narušen. Můžeme tedy říci, že k narušení komfortu v oblasti tělesného jádra došlo. Objektivně jsme narušení komfortu testovali pouze pomocí tepové frekvence. Z faktu, že bez obleku měly testované osoby průměrnou tepovou frekvenci kolem 130 tepů za minutu a s oblekem minimálně 140 tepů za minutu je patrné, že oblek zde působí negativně. Lze však předpokládat, že tento jev je způsobený špatnými termo-mechanickými vlastnostmi obleku. Můžeme tedy říci, že snížená teplotní a vlhkostní vodivost ochranného oděvu je příčinou subjektivního narušení komfortu. U objektivního vnímání není tento fakt potvrzen, ale je velice pravděpodobný.

Druhá výzkumná hypotéza zní: “Opakovaným použitím ochranného oděvu bude u sledovaného souboru jedinců subjektivní vnímání narušení komfortu sníženo”. Každá testovaná osoba podstoupila test pouze dvakrát, ale i tak zde nastalo patrné zlepšení. Dá se tedy předpokládat, že pokud by jedinec oblékal oděv pravidelně, jeho vnímání dyskomfortu by se snížilo. Subjektivně byl komfort při retestu vnímán jako lepší než při prvním testu. Druhou výzkumnou hypotézu můžeme také přijmout.

## **10 Diskuze a návrh doporučení pro praxi**

Z výše uvedených poznatků lze soudit, že polypropylen je z hlediska komfortu vhodným materiálem pro výrobu ochranných obleků. Textilie může být velmi slabá a díky tomu má poměrně nízký tepelný odpor. Pokud se však jedná o jeho vlastnosti v oblasti ochrany proti infekčním agens, patrně nejsou výsledky uspokojivé. Jádro ochranných obleků se většinou vyrábí s polypropylenem, ale tato vrstva je vždy ještě pokryta vrstvou jiného materiálu (většinou určitý druh fólie). Dalším problémem jsou komponenty, které mají termomechanické vlastnosti nevyhovující. Důležitým faktorem je také to, co si člověk pod ochranný oblek vezme. Tepelné i výparné odpory jednotlivých vrstev se sčítají. Je vhodné tedy volit materiály s co nejmenším tepelným a výparným odporem. Rouška a rukavice u testovaných osob způsobovaly největší potíže, ale dá se předpokládat, že zdravotnickým pracovníkům by takové potíže nepůsobily, protože jsou více zvyklí na nošení ochranné roušky i rukavic. Problém s rouškou by se také dal vyřešit výměnou za celoobličejovou masku s filtračně-ventilační jednotkou. Z testů je patrné, že ochranný oblek v podstatě nemá vliv na vnímání intenzity zátěže.



Průběhy ostatních zkoumaných veličin (dyskomfort, dušnost, tepová frekvence) dopadly dle očekávání a jsou si navzájem velmi podobné. Je tedy pravděpodobné, že na sobě závisí. Korelaci mezi dyskomfortem a tepovou potvrdily i provedené výpočty. Z testů také vyplynulo, že je zde určitá míra adaptability na dyskomfort. V praxi by tedy bylo vhodné, aby pracovníci, kteří by měli v obleku teoreticky vykonávat výkon povolání, pravidelně v obleku trávili několik minut. Jejich vnímání dyskomfortu by se snížilo. Je otázkou, kam až by vystoupaly hodnoty dyskomfortu, pokud by test trval déle. Pokud by test trval dostatečně dlouhou dobu, mohly by se hodnoty pohybovat až v nejvyšších hodnotách Borgových škál. V tom případě by však bylo již nošení ochranného obleku nebezpečné, protože by docházelo k extrémnímu přehřívání organismu. Dobu setrvání v obleku je tedy nutné nastavit podle stupně vykonávané fyzické aktivity. Rozdílných výsledků bychom zajisté také dosáhly, kdyby test neprobíhal v laboratorních podmínkách. Například v rovníkových oblastech jsou průměrné teploty ovzduší mnohem vyšší, než v jakých jsme testovali my. Znamená to tedy, že k přehřívání organismu by došlo mnohem rychleji. Řešením by mohl být například oblek s přetlakovým systémem, kde je do obleku nepřetržitě vháněn filtrovaný vzduch, který ochlazuje pracovníka uvnitř ochranného oděvu. V terénu by však bylo přetlakový systém obtížné použít. Z tohoto vyplývá, že je nutné respektovat klimatické hledisko. Z poznatků získaných během praktických testů můžeme říci, že zvolené hodnocení termo-fyziologického komfortu je vhodné. Důležité je především hodnotit komfort pomocí subjektivních i objektivních metod.

## IV Závěr

Z empirických poznatků vyplynulo, že termomechanické vlastnosti testovaného obleku nejsou uspokojivé. Oblek, holiny i rouška jsou nepropustné pro vodní páry. Teplený odpor obleku vyšel  $R_{ct} = (1,22 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{K/W]}$  s relativní nejistotou  $\delta = 0,04$ . Tento stanovený odpor je menší než tepelný odpor ostatních komponent. V porovnání s bavlnou stejné tloušťky je však větší. Fakt, že termomechanické vlastnosti nejsou uspokojivé, se promítl především na vnímání celkového komfortu. Termo-fyziologický komfort je závislý na pohybové aktivitě osoby, která daný oblek používá a na okolních klimatických podmínkách. Pokud je nositel vystaven fyzické zátěži, dochází v důsledku snížené tepelné vodivosti ke značnému pocení. Vodní páry však neodcházejí do okolního prostředí v podstatě vůbec a dochází tedy k narušení termo-fyziologického komfortu. Z provedených měření je patrné, že při opakovaném testování dochází k adaptaci na dyskomfort. Použitá metodika měření se osvědčila. Experiment je poměrně snadný a postačí k němu pouze hrudní pás měřící tepovou frekvenci a běhátkový či bicyklový ergometr. Použité Borgovy škály jsou dostatečně citlivé. Pro kvalitnější výsledky by bylo vhodné použít například bezdrátová čidla pro snímání vlhkosti a teploty. Lze také monitorovat více faktorů, které komfort hodnotí objektivně (EKG, krevní tlak, dechová frekvence, atd.). Obecné hodnocení termo-fyziologického komfortu ochranných oděvů je poměrně náročné, protože v podstatě neexistují žádné jiné dostupné studie, které by mapovaly vlastnosti textilií podobného druhu. Získané výsledky tedy nemůžeme s ničím porovnat.

## V Seznam použité literatury

- [1] KŮT, Filip a Sabina ILCOVÁ. *Oblečení, prádlo a ochranné pomůcky sester*. Sestra 10/ 2007, ročník 17, číslo10, s.12. Mimořádná příloha. ISSN 1210-0404.
- [2] ZACHOVÁ, Veronika a Dagmar ŠKOCHOVÁ. Bezpečnost personálu. In: *Braunoviny* [online]. 2010. [cit. 22. 9. 2015]. Dostupné z: <http://braunoviny.bb Braun.cz/bezpecnost-personalu>
- [3] Mayo Clinic Staff. Infectious diseases. In: *Mayo Clinic* [online]. Mayo Clinic, 2016. [cit. 2015-9-24]. Dostupné z: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/infectious-diseases/basics/definition/con-20033534>
- [4] ROZSYPAL, Hanuš. Charakteristika infekce, proces šíření nákazy a důsledky pro ošetrovatelskou péči. In: *Klinika infekčních a tropických nemocí 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze* [online]. Univerzita Karlova v Praze, 2012. [cit. 2015-9-24]. Dostupné z: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/infectious-diseases/basics/definition/con-20033534>
- [5] KOTHARI, V. K. Thermo-physiological comfort characteristics and blended yarn woven fabrics. In: *Resreach Gate* [online]. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 2006. [cit. 2015-9-25]. Dostupné z: [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/24505/1/IJFTR%2031\(1\)%20177-186.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/24505/1/IJFTR%2031(1)%20177-186.pdf)
- [6] SKENDARI, Z. and Cardiff University Brain Resreach Imaging Centra Staff. Evaluating thermophysiological comfort using the principles of sensory analysis. In: *National Center for Biotechnology Information* [online]. 2013-3-10 [cit. 2015-9-25]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23697251>
- [7] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [8] BITTNER, Václav. *Možnosti hodnocení komfortu ochranných oděvů zamezujících přenosu vybraných druhů infekčních onemocnění*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. Výzkumná zpráva projektu.
- [9] Hübschmann, K. *Kůže orgán lidského těla*. Praha: Academia, 1972.
- [10] ZHANG, P., GONG, R. H., a H. TOKURA. Effect of Clothing Material on Thermoregulatory Responses. In: *Research Gate* [online]. Textile Research Journal, 2002. [cit. 2015-11-3]. Dostupné z:

[https://www.researchgate.net/publication/279704938\\_Effects\\_of\\_clothing\\_material\\_on\\_thermoregulatory\\_responses](https://www.researchgate.net/publication/279704938_Effects_of_clothing_material_on_thermoregulatory_responses)

- [11] DÍAZ, Marcos and Daniel E. BECKER. Thermoregulation: Physiological and Clinical Considerations during Sedation and General Anesthesia. In: *Anesthesia Progress* [online]. American Dental Society of Anesthesiology, 2010. [cit. 2015-11-3]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2844235/>
- [12] Ochranné oděvy. In: *Sbor dobrovolných hasičů Libuš* [online]. Sbor dobrovolných hasičů Libuš. [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.sdhlibus.cz/download/ochranne-odevy.pdf>
- [13] Přehled norem pro ochranné a pracovní pomůcky. In: *Profesional CZ* [online]. Profesional CZ s.r.o., 2015. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.profesional-plzen.cz/prehled-norem-pro-ochranne-a-pracovni-pomucky.html>
- [14] Hrudní pás POLAR. In: *Shop.kulturistika.com* [online], © 2008 - 2016 kulturistika a fitness. [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://shop.kulturistika.com/merice-tepu-2/hrudni-pas-polar-t34/>
- [15] VOCHOC [online]. *Jednorázové oděvy a doplňky. Katalog výrobků*. © 2016. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <https://www.vochoc.cz/pracovni-odevy/jednorazove-odevy-a-doplanky/detail-vyrobku.php?idVyrobku=6444>
- [16] NOVÁK, Jaroslav. Proces šíření nákazy. [přednáška]. Praha: 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy. In: *3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy* [online]. [cit. 2016-2-3]. Dostupné z: [http://www.lf3.cuni.cz/cs/.../vyuka/.../PROCES\\_SIRENI\\_NAKAZY\\_2011.ppt](http://www.lf3.cuni.cz/cs/.../vyuka/.../PROCES_SIRENI_NAKAZY_2011.ppt)
- [17] GOPFERTOVÁ, Dana, DÁŇOVÁ, Jana a Petr PAZDIORA. *Epidemiologie infekčních onemocnění*. Karolinum: 2005. 231str. ISBN 8024604523.
- [18] PODSTATOVÁ, H. *Mikrobiologie, epidemiologie, hygiena*. Oloumouc: EPAVA, 2001. ISBN 80-86297-07-1.
- [19] ENGLISCH, Jiří. *Úvod do praktické fyziky I*. Praha: Matfytpress, 2006. ISBN 80-86732-93-2.
- [20] ISO 11092:1993 *Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)*. ICS 59.080.10. Zář 1996.

- [21] FAMING, Wang. *Clothing Evaporative Resistance: Its Measurements and Application in Prediction of Heat Strain* [online]. Sweden: Lund University: 2012. ISBN 978-91-7473-158-3.
- [22] KOUŘILOVÁ, Pavla. *Funkční materiály a jejich vliv na tepelný komfort sportovce*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií, Katedra atletiky, plavání a sportů v přírodě.
- [23] HOLEMNÁ, Kristýna. *Vliv teploty a vlhkosti vzduchu na měření termofyziologických vlastností textilií pomocí skin modelu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. Bakalářská práce, Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Studijní obor: Textilní marketing.
- [24] HES, Luboš. Stanovení termofyziologických vlastností textilií. In: *Výzkumné centrum TEXTIL II* [online]. Technická univerzita v Liberci, 2004. [cit. 2016-3-10]. Dostupné z: [http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-01\\_01.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-01_01.pdf)
- [25] MILITKÝ, Jiří a Jiří VANÍČEK. Vlastnosti vláken. In: *Katedra materiálového inženýrství* [online]. Technická univerzita v Liberci, 2013. [cit. 2016-3-14]. Dostupné z: [http://www.kmi.tul.cz/studijni\\_materialy/data/2013-04-17/08-05-07.pdf](http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2013-04-17/08-05-07.pdf)
- [26] FAMING, Wang. CHUAN SI, Gao. KUKLANE, Kalev and Ingvar HOLMÉR. Determination of Clothing Evaporative Resistance on a Sweating Thermal Manikin in an Isothermal Condition: Heat Loss Method or Mass Loss Method?. In: *Oxford Journals* [online]. Oxford Journals, 2011. [cit. 2016-3-14]. Dostupné z: <http://annhyg.oxfordjournals.org/content/55/7/775.full>
- [27] BOBISUD, František. Centrum biologické ochrany Těchotín [video]. *Armáda České republiky* [online]. PIC MO ČR, 2010. [cit. 2016-3-18]. Dostupné z: <http://www.acr.army.cz/informacni-servis/filmoteka/centrum-biologicke-ochrany-techonin-47762/>
- [28] MEDISET [online]. *Ochrana zdravotnického personálu proti biologickým rizikům a virovým nákazám. Katalog výrobků*. [cit. 2016-3-18]. Dostupné z: [http://mediset.cz/eshop/img/3m/oopp/www\\_mediset\\_cz-oopp.pdf](http://mediset.cz/eshop/img/3m/oopp/www_mediset_cz-oopp.pdf)
- [29] BIO HAZARD TÝM. Kompletní ochranné vybavení proti VVN. In: *Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje* [online]. Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje, 2015. [cit. 2016-3-18]. Dostupné z:

<http://www.zzspk.cz/bio-hazard-tym/93-kompletni-ochranne-vybaveni-proti-vvn.html>

- [30] Nelineární korelační závislost. In: *Fakulta veterinární hygieny a ekologie* [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. [cit. 2016-4-2]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn5/nelinear.htm>
- [31] PRATTINGEROVÁ, Jana. Osobní rozhovor, Liberec, 24.3.2016.
- [32] Thermal Resistance and Thermal Conductance. In: *C-Therm Technologies* [online]. C-Therm Technologies, 2016. [cit. 2016-3-20]. Dostupné z: [http://www.ctherm.com/products/tci\\_thermal\\_conductivity/helpful\\_links\\_tools/thermal\\_resistance\\_thermal\\_conductance/](http://www.ctherm.com/products/tci_thermal_conductivity/helpful_links_tools/thermal_resistance_thermal_conductance/)
- [33] Microgard. [online]. *Chemical Protective Clothing. Product Catalogue*. © 2015. [cit. 2016-4-5]. Dostupné z: [http://www.flipdocs.com/showbook.aspx?ID=10003647\\_779630](http://www.flipdocs.com/showbook.aspx?ID=10003647_779630)
- [34] TROSBERGOVÁ, Eva. *Termofyziologický komfort lůžkovin s antialergickou úpravou*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Textilní marketing.
- [35] Borgova škála. In: *Masarykova univerzita v Brně* [online]. Masarykova univerzita v Brně. [cit. 2016-4-14]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/59828/lf\\_m/prilohy\\_1.pdf](https://is.muni.cz/th/59828/lf_m/prilohy_1.pdf)

## Seznam tabulek

Tab. 1: Součinitel tepelných vodivostí vybraných textilií [25]

Tab. 2: Výparný odpor vybraných textilií [23]

Tab. 3: Lokace nekomfortních bodů u jednotlivých probandů [zdroj: vlastní]

Tab. 4: Dyskomfort - medián, modus, mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

Tab. 5: Dušnost - medián, modus, mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

Tab. 6: Počáteční vnímání intenzity nastavené zátěže dle Borgovy škály intenzity [zdroj: vlastní]

Tab. 7: Intenzita - medián, modus, mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

Tab. 8: Tepová frekvence - medián a mezikvartilové rozpětí pro jednotlivé časové intervaly testu/retestu [zdroj: vlastní]

Tab. 9: Měření tloušťky komponent a obleku včetně jejich nejistot [zdroj: vlastní]

## Seznam grafů

Graf 1: Závislost dyskomfortu na čase – průměrný medián [zdroj: vlastní]

Graf 2: Závislost dušnosti na čase – průměrný medián [zdroj: vlastní]

Graf 3: Závislost vnímání intenzity zátěže na čase – průměrný medián [zdroj: vlastní]

Graf 4: Závislost tepové frekvence na čase – průměrný medián [zdroj: vlastní]

Graf 5: Závislost mediánů tepových frekvencí na dyskomfortu [zdroj: vlastní]

## Seznam obrázků

Obr. 1: Celoobličejová maska [zdroj: vlastní]

Obr. 2: Filtračně-ventilační jednotka [zdroj: vlastní]

Obr. 3: Filtrační rouška třídy FFP 3 [zdroj: vlastní]

Obr. 4: Rozložení vrstev ochranného obleku [33]

- Obr. 5: Ultrazvukově svařované švy [33]  
Obr. 6: Schematický řez kůží [9]  
Obr. 7: Testovaný oblek na probandovi [zdroj: vlastní]  
Obr. 8: Použitý rotoped [zdroj: vlastní]  
Obr. 9: Použitý hrudní pás [14]  
Obr. 10: Fyzikální model prostupu tepla oděvem [zdroj: vlastní]  
Obr. 11: Průběh testu [zdroj: vlastní]  
Obr. 12: Protokol k měření [zdroj: vlastní]

## Seznam vzorců

- (1) Senzorický komfort  $TK_H$  [7]
- (2) Objektivně stanovitelný komfort  $TK_{celk}$  [7]
- (3) Termo-fyziologický komfort  $TK_T$  [8]
- (4) Tepelný odpor  $R_{ct}$  [23]
- (5) Tepelný odpor  $R_{ct}$  závislý na tloušťce materiálu [32]
- (6) Výparný odpor  $R_{et}$  [23]
- (7) Spearmanův korelační koeficient [30]

## Seznam příloh

- Příloha 1: Celoobličejová maska [zdroj: vlastní]  
Příloha 2: Filtračně-ventilační jednotka [zdroj: vlastní]  
Příloha 3: Filtrační rouška ouška třídy FFP3 [zdroj: vlastní]  
Příloha 4: Rozložení vrstev ochranného obleku [33]  
Příloha 5: Ultrazvukově svařované švy [33]  
Příloha 6: Schematický řez kůží [9]  
Příloha 7: Testovaný oblek na probandovi [zdroj: vlastní]  
Příloha 8: Použitý rotoped [zdroj: vlastní]  
Příloha 9: Použitý hrudní pás [zdroj: vlastní]  
Příloha 10: Borgova škála dušnosti [35]  
Příloha č. 11 Borgova škála vnímání intenzity zátěže [35]



Příloha č. 12 Modifikovaná Borgova škála dyskomfortu [8]

Příloha č. 13 Protokol k měření [zdroj: vlastní]

## **Příloha 1: Celoobličejová maska**



Obr.1: Celoobličejová maska [zdroj: vlastní]

## **Příloha 2: Filtračně-ventilační jednotka**



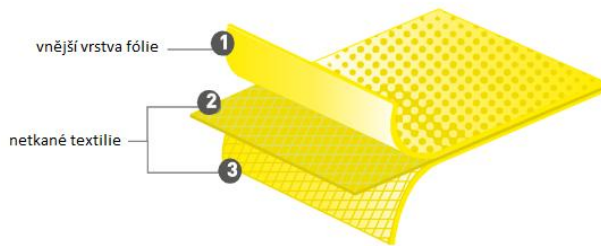
Obr. 2: Filtračně-ventilační jednotka [zdroj: vlastní]

## **Příloha 3: Filtrační rouška třídy FFP3**



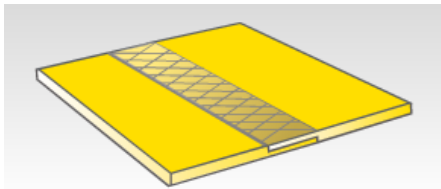
Obr. 3: Filtrační rouška třídy FFP3 [zdroj: vlastní]

## Příloha 4: Rozložení vrstev ochranného obleku



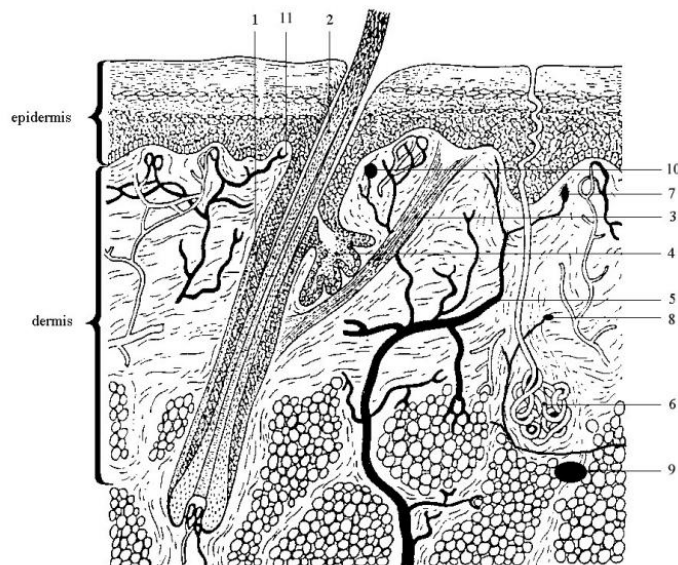
Obr. 4: Rozložení vrstev ochranného obleku [33]

## Příloha 5: Ultrazvukově svařené švy



Obr. 5: Ultrazvukově svařené švy[33]

## Příloha 6: Schematický řez kůží



Obr.6: Schematický řez kůží[9]

Legenda:

1 - vlasová pochva, 2 - vlas, 3 - hladké svalstvo, 4 - mazová žláza, 5 - kožní céva, 6 - potní žláza, 7 - hmatové tělíčko, 8 - tepelný receptor (Ruffiniho tělíčko), 9 - receptor tlaku a tahu (Vater-Paciniho tělíčko), 10 - chladový receptor (Krauseho tělíčko), 11 - volná nervová zakončení

## **Příloha 7: Testovaný oblek na probandovi**



Obr. 7: Testovaný oblek na probandovi[zdroj: vlastní]

## **Příloha 8: Použitý rotoped**



Obr. 8: Použitý rotoped [zdroj: vlastní]

## **Příloha 9: Použitý hrudní pás**



Obr. 9: Použitý hrudní pás[14]

## Příloha 10: Borgova škála dušnosti

Tab. 10: Borgova škála dušnosti[35]

INTENZITA	CHARAKTERISTIKA DUŠNOSTI
0	žádná
1	velmi slabá
2	lehká
3	střední
4	poněkud silnější
5	těžká
6	těžká obtěžující
7	velmi těžká
8	velmi těžká brání v činnosti
9	nepřekonatelně těžká
10	maximální nelze pokračovat

## Příloha 11: Borgova škála vnímání intenzity zátěže

Tab. 11: Borgova škála vnímání intenzity zátěže [35]

INTENZITA	CHARAKTERISTIKA INTENZITY
6	
7	velmi, velmi lehké
8	
9	velmi lehké
10	
11	docela lehké
12	
13	poněkud těžší
14	
15	těžké
16	
17	velmi těžké
18	
19	velmi, velmi těžké
20	

## Příloha 12: Modifikovaná Borgova škála dyskomfortu

Tab. 12: Modifikovaná Borgova škála dyskomfortu [8]

<b>INTENZITA</b>	<b>CHARAKTERISTIKA DYSKOMFORTU</b>
<b>0</b>	vůbec žádný
<b>1</b>	velmi slabě
<b>2</b>	lehce
<b>3</b>	středně
<b>4</b>	poněkud silně nepohodlný
<b>5</b>	silně
<b>6</b>	středně silně
<b>7</b>	velmi silně
<b>8</b>	krajně nepohodlný
<b>9</b>	velmi krajně
<b>10</b>	maximálně nepohodlný, bolestivý

# Příloha 13: Protokol k měření

Teplota v laboratoři [°C]:  
 Vlhkost v laboratoři [%]:  
 Nastavená zátěž [W]:

Datum:  
 ID probanda:  
 Číslo pokusu:

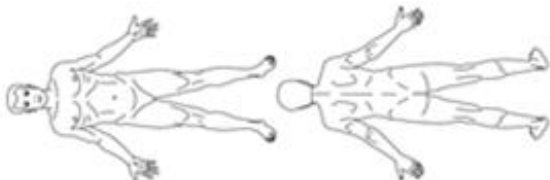
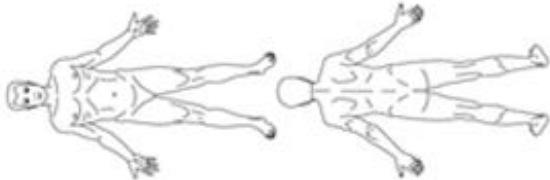

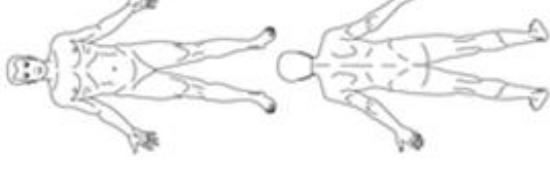
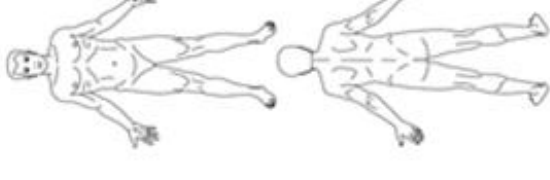
### SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ DLE BORGHOVY ŠKÁLY:

ČAS [min]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
DYKOMFORT										
DUŠNOST										
INTENZITA										

### TEPOVÁ FREKVENCE [ $\dot{V}_E$ / min]:

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1.										
2.										
3.										

### LOKACE NEKOMFORTNÍCH BODŮ:

0-10 minuta		10-20 minuta		20-30 minuta		30-40 minuta		40-50 minuta	
-------------	--	--------------	--	--------------	--	--------------	--	--------------	--

Obr.12: Protokol k měření [zdroj: vlastní]