

SÚJCHBO, v. v. i.	Schválená metodika	Označení metodiky: B1/MET/08 On-line monitoring
-------------------	---------------------------	---

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i.

Pracovně tepelná zátěž

**On-line monitoring fyziologických parametrů osob
pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB**

Ing. Kamila Lunerová, Ph. D.

RNDr. Michal Mašín, Ph. D.

David Kaiser

Vladimíra Fialová

*Realizační výstup projektu MV ČR č. VH20182021036: **Moderní metody detekce a identifikace nebezpečných CBRN látek a materiálů, metody snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; moderní prostředky ochrany osob***

Oponent: Ing. Jiří Slabotinský, CSc. (CBRN Dekonta, a. s.)

Oponent. Ing. Jaroslav Straka (SÚJB)

Uplatněno: 21. prosince 2021

SÚJCHBO, v. v. i.	Schválená metodika On-line monitoring fyziologických parametrů osob pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB				Označení metodiky: B1/MET/08 On-line monitoring
Verze metodiky	01/21.12.2021	Počet stran: 16	Počet řízených výtisků: 3		
Distribuce výtisků: výt. č. 1 – LSOEP výt. č. 2 – LCHMO výt. č. 3 – Kancelář Ústavu + umístění aktuální verze na intranetu SÚJCHBO, v. v. i.					
Řídí	vedoucí LSOEP SÚJCHBO, v. v. i.				
Autoři metodiky	Ing. Kamila Lunerová, Ph. D. Laboratoř chemického monitorování a ochrany, Odbor chemické ochrany, SÚJCHBO, v. v. i. RNDr. Michal Mašín, Ph. D., David Kaiser, Vladimíra Fialová Laboratoř pro sledování osob v extrémních podmínkách, Odbor biologické ochrany, SÚJCHBO, v. v. i.				
Metodiku schválil	Ing. Tomáš Dropa, MBA Ředitel SÚJCHBO, v. v. i.				
Oponent	Ing. Jaroslav Straka Státní úřad pro jadernou bezpečnost				
Oponent	Ing. Jiří Slabotinský, CSc. CBRN Dekonta, a. s.				
Č. výzkumného projektu	VH20182021036				
Metodika zavedena dne	Prosinec 2021				
Platnost metodiky	na dobu neurčitou				
Interval přezkoumávání metodiky	2 roky				
Termín	2023	2025	2027	2029	2031
Přezkoumal					

OBSAH

I. Cíl metodiky	2
II. Popis metodiky	2
1. Úvod.....	2
2. Vybavení a pomůcky	3
2.1 Monitorovací systémy pro on-line monitoring:	3
2.2 Použití monitorovacích systémů pro různé typy testů:	4
3. Postup testu	4
3.1 Příprava monitorovacích systémů a ukládání dat	4
3.2 Provedení testu	6
3.3 Protokoly, zpracování výsledků, dokumentace	7
III. Zdůvodnění metodiky.....	7
IV. Novost postupů.....	8
V. Uplatnění metodiky	8
Literatura	8
Přílohy	10
Příloha 1: Obrazová dokumentace – monitorovací systémy	10
Příloha 2: Experimentální srovnání monitorovacích systémů – příklady.....	11
Příloha 3: Výpočty hodnot vybraných parametrů pro posuzování tepelné zátěže.....	13
Příloha 4: Vzor protokolu z testu tepelné zátěže	14

Seznam zkratk a pojmů

ANT+	Advanced and Adaptive Network Technology – bezdrátový komunikační protokol pro přenos dat
Bluetooth	Bezdrátová technologie pro přenos dat mezi elektronickými zařízeními na krátkou vzdálenost
Biotelemetrie	Technologie umožňující měření fyziologických funkcí člověka (aj. organismů) na dálku a dálkový přenos dat
BMI	Body Mass Index – index tělesné hmotnosti
CBRN	Chemické, biologické, radioaktivní látky a nukleární materiály
ČSN	Česká technická norma
EE	Energy expenditure – energetický výdej
EN	European Norm – Evropská norma
HDD	Hard Disk Drive
ISO	Celosvětově platná norma vydaná Mezinárodní organizací pro standardizaci
LSOEP	Laboratoř pro sledování osob v extrémních podmínkách
OOP	Osobní ochranné prostředky
RT	Rektální teplota
SF	Srdeční frekvence
SÚJCHBO	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, veřejná výzkumná instituce
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
USB	Universal Serial Bus
VO _{2max}	Maximální spotřeba kyslíku

I. Cíl metodiky

Metodika popisuje provedení dálkového on-line monitoringu fyziologických parametrů člověka při testech tepelné zátěže nebo jiných aktivitách v ochranném kompletu proti CBRN látkám. On-line monitoring fyziologických parametrů člověka je důležitým ukazatelem rizika tepelné zátěže a v případě dosažení limitních hodnot sledovaných parametrů je na místě provést včasné opatření pro zamezení vzniku tepelné zátěže. S ohledem na typ testu (test tepelné zátěže v klimatické komoře/test tepelné zátěže při terénním testu/kontrola fyziologických parametrů při terénním testu nebo cvičení) se využívají různé měřicí systémy a jejich kombinace.

Cílem metodiky je zvýšení bezpečnosti pracovníků, kteří provádějí činnost v ochranných kompletech proti CBRN látkám, jako jsou testy ochranných kompletů nebo výcviky a cvičení pracovníků podílejících se na zajištění technické podpory při provádění dozoru nad dodržováním zákona č. 19/1997 Sb. [1], zákona č. 281/2002 Sb. [2] nebo zákona č. 263/2016 Sb. [3].

II. Popis metodiky

1. Úvod

Systémy pro dálkový monitoring základních fyziologických funkcí člověka neboli biotelemetrické systémy jsou určeny pro sledování fyziologických parametrů (srdeční frekvence, teplota...) člověka v reálném čase. Vývoj nových systémů a technologií v posledních letech přinesl nové možnosti v monitoringu těchto parametrů a díky chytrým technologiím a navázaným aplikacím je možné monitorovat jejich hodnoty pomocí neinvazivních bezdrátových systémů a sledovat je na dálku v reálném čase. Monitoring lze provádět na mobilním zařízení (chytrý telefon, tablet) nebo na vzdálené monitorovací jednotce společné pro několik jedinců. Biotelemetrické systémy se využívají zejména pro sportovní účely a ve zdravotnictví. Pokročilejší biotelemetrické systémy vyvinuté pro záchranné nebo vojenské složky integrují možnosti monitorování fyziologických parametrů více osob najednou, jejich lokalizaci a sledování parametrů vnějšího prostředí. Biotelemetrické monitorovací systémy umožňují nejen komplexní sledování fyziologických hodnot a zdravotního stavu monitorované osoby, ale i stanovení jeho fyzické zátěže a dalších faktorů, které lze využít k identifikaci rizikového stavu a vyvodit z toho patřičná preventivní opatření

Předložená metodika doplňuje metodiky B1/MET/02 [4] a B1/MET/06 [5] zabývající se sledováním tepelné zátěže při testech v klimatické komoře LSOEP SÚJCHBO, v. v. i., která popisuje sledování tepelné zátěže pomocí monitorovacích systémů fyziologických hodnot s kabelovým propojením měřících senzorů a monitorovací jednotky. Použití biotelemetrických monitorovacích systémů umožňuje pohodlnější a bezpečnější bezdrátovou komunikaci nejen v laboratorních podmínkách, ale i při terénních testech nebo cvičeních v ochranných prostředcích proti CBRN látkám.

Pro monitoring fyziologických funkcí bylo testováno několik monitorovacích systémů od různých výrobců. Každý z uvedených systémů má své výhody a nevýhody, pro různé účely je tedy vhodné použití určitého systému a uspořádání systému.

Použití biotelemetrických systémů pro on-line monitoring:

- a) Testy tepelné zátěže v klimatické komoře LSOEP.
- b) Terénní testy tepelné zátěže anebo výcviky/cvičení v OOP proti CBRN látkám.

2. Vybavení a pomůcky

2.1 Monitorovací systémy pro on-line monitoring:

- **FlexiGuard** – telemetrický systém pro dálkový on-line monitoring fyziologických parametrů sledovaných osob (srdeční frekvence, teplota jádra, kožní teplota). Systém se skládá z hlavní monitorovací jednotky připevněné na hrudním pásu a sedmi nodů obsahujících akcelerometry, senzory teploty a vlhkosti pod oděvem. Šest nodů je vybaveno dohromady osmi senzory k měření kožních teplot, jeden nod je upraven pro zapojení rektální sondy určené k měření teploty tělesného jádra (zde rektální teploty). Senzory na měření kožní teploty se připevní náplastí na tělo na příslušné body dle ČSN EN 8996 [6], připojené nody se zasunou do kapsiček na speciálním měřicím tričku. Pro účely on-line monitoringu je systém vybaven vizualizační jednotkou pro sledování aktuálních hodnot fyziologických údajů monitorovaných osob v reálném čase. Na vizualizační jednotce lze v přehledovém režimu sledovat on-line i několik desítek osob najednou. Údaje snímané hlavní monitorovací jednotkou i data z nodů jsou ukládána na vnitřní paměťovou kartu hlavní monitorovací jednotky v přibližně 15minutových segmentech. Po skončení testu je hlavní monitorovací jednotka uložena do dokovací/nabíjecí stanice, kterou lze pomocí USB připojení připojit k počítači. Poté lze uložená fyziologická data zkopírovat z vnitřní paměťové hlavní monitorovací jednotky na HDD počítače. Soubory jsou uloženy do souboru ve formátu .csv a lze je otevřít v tabulkovém procesoru MS Excel. Pro další práci s datovými soubory je nejprve nutné datové segmenty pospojovat a extrahovat žádaná data v požadovaném časovém intervalu pomocí aplikace Parser. Základní dosah systému FlexiGuard v režimu on-line monitoringu je přibližně 300 m v závislosti na konfiguraci terénu. V členitém terénu může dosah poklesnout např. na 50 m (členitý terén/zdí bez přímého dohledu). Podrobněji jsou funkce, popis a ovládání systému FlexiGuard popsány v manuálu [7], obrázky viz příloha 1. V případě potřeby lze dosah systému rozšířit pomocí zesilovače signálu – radiového opakovače neboli retranslátoru, který se umístí v terénu do prostoru provádění testu. Před vlastním testem je nutno ověřit v daném uspořádání dosah signálu.
- **Garmin Forerunner 935** – chytré hodinky propojené na mobilní zařízení (chytrý telefon, tablet) přes aplikaci Garmin Connect, používané s hrudním pásem nebo bez hrudního pásu. Monitoring srdeční frekvence, výpočet energetického výdeje. Data lze sledovat on-line na mobilním zařízení, zároveň se ukládají do vnitřní paměti a lze je stáhnout po skončení testu v aplikaci Garmin Connect ve formě .fit souboru. Dálkový on-line přenos dat funguje na vzdálenost 15 m (přímý dohled). Podrobně jsou funkce, popis a ovládání hodinek Garmin Forerunner 935 popsány v návodu k obsluze [8], obrázky viz příloha 1.
- **CORE Body Temperature Sensor** – neinvazivní senzor pro měření vnitřní teploty a kožní teploty propojený na mobilní zařízení (chytrý telefon, tablet) přes aplikaci CORE, používaný v kombinaci s chytrými hodinkami Garmin [9]. Data lze sledovat on-line na mobilním zařízení, zároveň se ukládají do vnitřní paměti a lze je stáhnout v aplikaci CORE ve formě .csv souboru. Dálkový on-line přenos dat funguje na vzdálenost 15 m (přímý dohled). Podrobně jsou funkce, popis a ovládání senzorů CORE popsány v manuálu [10], obrázky viz příloha 1.

Příklady z experimentálního srovnání měřicích systémů při testech v klimatické komoře LSOEP nebo při terénních testech jsou uvedeny v příloze 2.

2.2 Použití monitorovacích systémů pro různé typy testů:

Volba monitorovacího systému se provede s ohledem na zaměření testu, počet monitorovaných osob a počet dostupných monitorovacích zařízení:

a) **Testy tepelné zátěže v klimatické komoře LSOEP** – sledování fyziologických parametrů při zkoušce tepelné zátěže v OOP v laboratorních podmínkách:

- *FlexiGuard* – monitoring srdeční frekvence, kožní teploty (8 měřicích bodů dle ČSN EN 9886 [6]), vnitřní teploty těla pomocí rektální sondy,
- *Garmin Forerunner 935* – monitoring srdeční frekvence (kontrolní duplicitní měření k systému FlexiGuard)

b) **Terénní testy tepelné zátěže nebo výcviky/cvičení v OOP proti CBRN látkám** – sledování fyziologických parametrů při zkoušce tepelné zátěže v OOP v terénních podmínkách:

- *FlexiGuard* – monitoring srdeční frekvence, kožní teploty (1 měřicí bod – pomocí hlavní měřicí jednotky na hrudníku nebo 4 či 8 měřicích bodů dle ČSN EN 9886 [6]) s ohledem na účel testu + monitoring vnitřní teploty těla pomocí rektální sondy

NEBO

- *Garmin Forerunner 935* – monitoring srdeční frekvence (s hrudním pásem),
- *CORE Body Temperature Sensor* – monitoring vnitřní teploty těla a teploty kůže.

3. Postup testu

3.1 Příprava monitorovacích systémů a ukládání dat

a) **FlexiGuard** [7]:

1. Hlavní monitorovací jednotka a nody se senzory pro měření kožní teploty musí být před zkouškou plně nabitě.
2. Před každým měřením je doporučeno provést formátování vnitřní paměťové karty hlavní monitorovací jednotky. Pro tento úkon je třeba mít hlavní monitorovací jednotku uloženou v dokovací/nabíjecí stanici připojenou k počítači.
3. Proband si aplikuje rektální sondu (bude-li se používat). Na probanda se připevní hrudní pás FlexiGuard, dle potřeby se upraví délka. Na hrudní pás se připevní hlavní monitorovací jednotka. Na příslušná místa na těle se připevní senzory pro měření kožní teploty [6], nody se uloží do kapsiček na měřicím tričku. Vyjmutím hlavní měřicí jednotky z dokovací/nabíjecí stanice se spouští ukládání dat na hlavní monitorovací jednotku a zároveň se jednotka snaží o přihlášení do spuštěné aplikace FlexiGuard.
4. Před zahájením měření se v aplikaci FlexiGuard na kartě „Nastavení“ se zadají Osobní profily jednotlivých probandů (hmotnost, věk, hodnota VO_{2max}). Poté se pomocí sekvence stisknutí tlačítek „Stop radio“ a následně „Start radio“ provede souhrnná synchronizace vnitřních hodin hlavní monitorovací jednotky s vnitřními hodinami vizualizační jednotky. Touto operací se zároveň deklaruje zahájení testu.
5. V případě terénních testů, kdy je požadovaný dlouhý dosah signálu, se do terénu umístí zesilovač signálu.

6. Po ukončení testu se hlavní monitorovací jednotka uloží do dokovací/nabíjecí stanice a po připojení stanice k počítači lze stáhnout uložená data ve formátu .csv.

b) Garmin Forerunner 935 [8]:

1. Chytré hodinky Garmin Forerunner 935 musí být před zkouškou plně nabité, musí být řádně spárované s příslušným hrudním pásem a na tabletu musí být zapnuté spojení Bluetooth.
2. Na hodinkách se nastaví buď přímo v hodinkách přes „Nastavení – Uživatelský profil“ nebo v počítači či na mobilním zařízení v aplikaci Garmin Connect v příslušném Garmin účtu (LSOEP nebo LSOEP1) přes „Nastavení – Nastavení uživatele“ parametry probanda (pohlaví, věk, výška, hmotnost, maximální hodnota srdeční frekvence apod.).
3. Na probanda se připevní hrudní pás příslušný k daným hodinkám a zkontroluje se správné spárování pásu + hodinek. Lze zkontrolovat na hodinkách na displeji s aktuální srdeční frekvencí a na tabletu po přihlášení do aplikace Garmin Connect po provedení několika dřepů → stejná hodnota srdeční frekvence na hodinkách i na tabletu i se zřejmým nárůstem a poklesem hodnot při provádění dřepů.
4. Test a ukládání dat se spouští na hodinkách tlačítkem „Vybrat aktivitu – Chůze“ a stisknutím tlačítka „Start“ na hodinkách. Po spuštění testu je vhodné hodinky „zamknout“, aby nedošlo k náhodnému vypnutí aktivity či hodinek. Test a ukládání dat aktivity se ukončuje po „odemčení“ hodinek stisknutím tlačítka „Stop“ a „Uložit“.
5. Po skončení měření je třeba provést na tabletu v aplikaci Garmin Connect synchronizaci s hodinkami pro stažení dat do Garmin účtu (LSOEP nebo LSOEP1). Data lze stáhnout ve formátu .fit z jakéhokoliv počítače po přihlášení do webové aplikace <https://connect.garmin.com> pomocí příslušného Garmin účtu.

c) CORE Body Temperature Sensor [9, 10]:

1. Senzor CORE musí být před zkouškou plně nabitý. Na tabletu musí být zapnuté spojení Bluetooth. Nabíjení senzoru lze ověřit na tabletu v aplikaci CORE po přihlášení přes příslušný účet CORE a otevření příslušného čidla (detailně v „Nastavení“ v položce „About“ = *Další informace*).
2. Na hrudní pás Garmin (nasazený na probandovi) se minimálně 10 minut před zkouškou připevní 1 nebo 2 senzory CORE (vedle sebe vlevo vedle snímací elektrody na hrudním pásu). Nutno dodržet připravený set konkrétní hodinky + hrudní pás + 2 senzory CORE + tablet. Správné spárování lze ověřit na hodinkách Garmin, kde u doplňku CORE je uvedeno číslo ANT+ příslušné použitému senzoru CORE.
3. U téhož senzoru CORE se v tabletu nastaví zohlednění srdeční frekvence při výpočtu vnitřní teploty: V aplikaci CORE u příslušného čidla v „Nastavení“ v menu „Heart Rate Monitor“ = *Monitor srdeční frekvence* se vybere příslušný hrudní pás a klikne se na „PAIR“ = *Párovat* (na hlavní obrazovce senzoru je nadpis „Heart Rate“ = *Srdeční frekvence* červený a po kliknutí zobrazuje srdeční frekvenci). Pokud se používá i 2. senzor CORE (bez zohlednění srdeční frekvence při výpočtu vnitřní teploty) se v menu „Heart Rate Monitor“ zkontroluje, že všechna nabízená zařízení jsou v režimu „UNPAIR“ = *Zrušit párování*, nadpis „Heart Rate“ na hlavní obrazovce senzoru zůstane šedý.

4. Zkontroluje se správné spárování tabletu + hodinek + obou senzorů CORE: Na hodinkách i na tabletu v aplikaci Garmin Connect i v aplikaci CORE (u čidla zohledňujícího srdeční frekvenci, tj. s červeným nadpisem „Heart rate“ na hlavní obrazovce čidla) musí být shodný údaj srdeční frekvence. Po zapnutí „Aktivity – Chůze“ na hodinkách Garmin lze u položky „Další zařízení – senzor CORE“ zkontrolovat hodnotu vnitřní teploty = musí být shodný jako v aplikaci CORE u příslušného senzoru.
5. Test a ukládání dat se spouští po zapnutí „Aktivity“ na hodinkách Garmin. Na tabletu v aplikaci CORE se u příslušného senzoru v „Nastavení“ v menu „Logging Mode“ = *Režim ukládání dat* klikne na tlačítko „Start measurement“ = *Zahájit měření*. Po návratu na hlavní stránku senzoru lze potvrdit „Disconnect from the device“ = *Odpojit od zařízení*. Ukončení testu a ukládání dat se provede tamtéž v „Logging mode“ kliknutím na tlačítko „Stop measurement“ = *Ukončit měření*. Až poté lze vypnout „Aktivitu“ na hodinkách Garmin.
6. Po skončení měření je třeba provést na tabletu v aplikaci CORE stažení dat z hodinek do tabletu a uložit data (ve formátu .csv).

3.2 Provedení testu

1. Na probanda se instalují příslušné vybrané monitorovací systémy dle bodu 2.2 připravené dle bodu 3.1. Do protokolu testu se uvedou všechny použité monitorovací systémy včetně specifických označení jednotlivých zařízení (kód osobní monitorovací jednotky + nodů, označení hodinek Garmin, ANT+ číslo hrudního pásu Garmin, kód senzoru CORE).
2. Proband se oblékne do testovaného ochranného kompletu.
3. Zapne se ukládání dat na všech použitých monitorovacích systémech dle bodu 3.1 a zahájí se test/výcvik. Reálný čas zahájení testu/výcviku se zaznamená do protokolu.
4. Proband provede požadovanou aktivitu (test v klimatické komoře/terénní výcvik/cvičení). Test/výcvik se ukončí v případě dosažení jedné z uvedených podmínek:
 - dokončení testu/činnosti nebo dosažení stanoveného časového limitu,
 - dosažení limitní vnitřní teploty těla 38,5 °C (není-li stanoveno < 38,5 °C pro konkrétní test a podmínky) na jednom z on-line monitorovacích systémů,
 - dosažení limitní srdeční frekvence (220 – věk),
 - vlastní žádost probanda (nevolnost, bolest hlavy, problémy s dýcháním aj.).
5. Po ukončení testu/výcviku se do protokolu uvede reálný čas a postupně se vypne ukládání dat jednotlivých monitorovacích systémů dle bodu 3.1.
6. Proband se svlékne z testovaného oděvu a odeberou se monitorovací systémy.
7. Data se uloží a provede se export a uložení exportovaných dat dle bodu 3.1.

3.3 Protokoly, zpracování výsledků, dokumentace

1. Data exportovaná z jednotlivých monitorovacích systémů ve formátu .csv se importují do aplikace MS Excel.
2. Data z jednotlivých monitorovacích systémů se uspořádají tak, aby záznam obsahoval data po pravidelných intervalech 1 min. Data se uspořádají podle reálného času a doplní se čas testu (od zahájení (= minuta 0) do ukončení).
- 3a. Do protokolu z testu tepelné zátěže v klimatické komoře LSOEP se do záhlaví protokolu uvede datum a kód testu, kód probanda, hmotnost (kg), výška (cm), povrch těla (m²), popis ochranného kompletu vč. příslušenství (ochrana dýchacích cest, podvlekové prádlo, obuv, rukavice ad.), použité monitorovací systémy (viz bod 3.2.1), vnější podmínky (teplota, vlhkost, proudění vzduchu), typ a režim testu, začátek a konec testu, důvod ukončení testu. Do protokolu se doplní záznamy monitorovaných údajů (srdeční frekvence, vnitřní teplota těla, dle typu testu a použitého systému i kožní teplota z jednotlivých sond a vypočítaná střední teplota kůže, energetický výdej (v kcal z hodin Garmin), minimální a maximální hodnota srdeční frekvence a vnitřní teploty těla, výpočty viz příloha 3. Případně se doplní další údaje a monitorovaná data dle zaměření testu (pododěvní teplota a vlhkost, hodnota VO_{2max}, BMI, PSI ad.).
- 3b. Do protokolu z terénních testů tepelné zátěže nebo výcviků/cvičení v ochranných kompletech proti CBRN látkám se do záhlaví protokolu uvede datum a kód testu, kód probanda, hmotnost (kg), výška (cm), popis ochranného kompletu vč. příslušenství (ochrana dýchacích cest, podvlekové prádlo, obuv, rukavice ad.), použité monitorovací systémy (viz bod 3.2.1), vnější podmínky (teplota, vlhkost, proudění vzduchu), typ a režim testu, začátek a konec testu, důvod ukončení testu. Do protokolu se doplní záznamy monitorovaných údajů (srdeční frekvence, vnitřní teplota těla, případně kožní teplota, energetický výdej (v kcal z hodin Garmin), minimální a maximální hodnota srdeční frekvence a vnitřní teploty těla. Případně se doplní další údaje a monitorovaná data dle zaměření testu (pododěvní teplota a vlhkost, hodnota VO_{2max}, BMI, PSI ad.). Výpočty viz příloha 3.
4. Vzor protokolu ve formátu excelové tabulky je součástí metodiky, příklad výstupního protokolu je uveden v příloze 4.

III. Zdůvodnění metodiky

Předložená metodika byla vypracována za účelem popisu použití biotelemetrických on-line monitorovacích systémů pro účely monitoringu fyziologických funkcí člověka při testech tepelné zátěže v klimatické komoře LSOEP SÚJCHBO, v. v. i. nebo při terénních testech/cvičeních v ochranných oděvech proti CBRN látkám. Cílem on-line monitoringu je monitorovat fyziologické parametry člověka při činnosti se zvýšeným rizikem vzniku tepelné zátěže a v případě potřeby včas navrhnout preventivní opatření proti vzniku tepelné zátěže.

Jedná se o realizační výstup projektu VH 20182021036 „*Moderní metody detekce a identifikace nebezpečných CBRN látek a materiálů, metody snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; moderní prostředky ochrany osob*“.

IV. Novost postupů

Metodika zavádí inovované postupy pro vzdálený on-line monitoring fyziologických parametrů člověka při činnostech se zvýšeným rizikem vzniku tepelné zátěže. V rámci metodiky se zavádí nové systémy pro vzdálený on-line monitoring, které mají oproti stávajícím měřicím systémům s kabelovým propojením řadu praktických výhod. Nelze však nezmínit i jisté nevýhody, jako je nutnost použití různých systémů pro monitoring požadovaných fyziologických parametrů a s tím související nutnost složitějšího nastavování a párování několika různých systémů, nutnost udržovat v nabitěm stavu mnoho baterií, složitost zpracování dat naměřených a exportovaných z různých systémů. Metodika upravuje i zpracování souhrnného protokolu, zajišťující integritu záznamů pořízených různými systémy během testu/výcviku.

V. Uplatnění metodiky

Metodika je primárně určena pro testy tepelné zátěže v LSOEP SÚJCHBO, v. v. i. při řešení výzkumných a vývojových projektů zaměřených na vývoj nových ochranných prostředků proti CBRN látkám. Uvedené postupy lze použít i při terénních testech/cvičeních v ochranných kompletech proti CBRN látkám nebo dalších činnostech s rizikem vzniku tepelné zátěže. Vybrané telemetrické systémy pro on-line monitoring je možné použít i při provádění činností souvisejících se zajištěním státního dozoru nad dodržováním zákona č. 19/1997 Sb. [1] a zákona č. 281/2002 Sb. [2] a zákona č. 263/2016 [1]. Využít ji mohou i další instituce, jejichž pracovníci či příslušníci používají při práci ochranné prostředky, které mohou vyvolávat tepelnou zátěž.

Literatura

- [1] Zákon č. 19/1997 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně a doplnění živnostenského zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Zákon č. 281/2002 Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona.
- [3] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění zákonů č. 183/2017 Sb. a č. 403/2020 Sb.
- [4] B1/MET/02: Pracovně tepelná zátěž. Tepelná zátěž podle fyziologických měření. Metodika SÚJCHBO, v. v. i. (2010).
- [5] B1/MET/06: Ochrana těla a dýchacích orgánů. Stanovení vlivu speciálních oděvů na tepelný stav a pracovní schopnost osob. Metodika SÚJCHBO, v. v. i. (1995).
- [6] (833559) ČSN ISO 9886: Ergonomie – Hodnocení tepelné zátěže podle fyziologických měření (2004).
- [7] FlexiGuard verze 2.1 – Manuál, ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, Praha (2018)

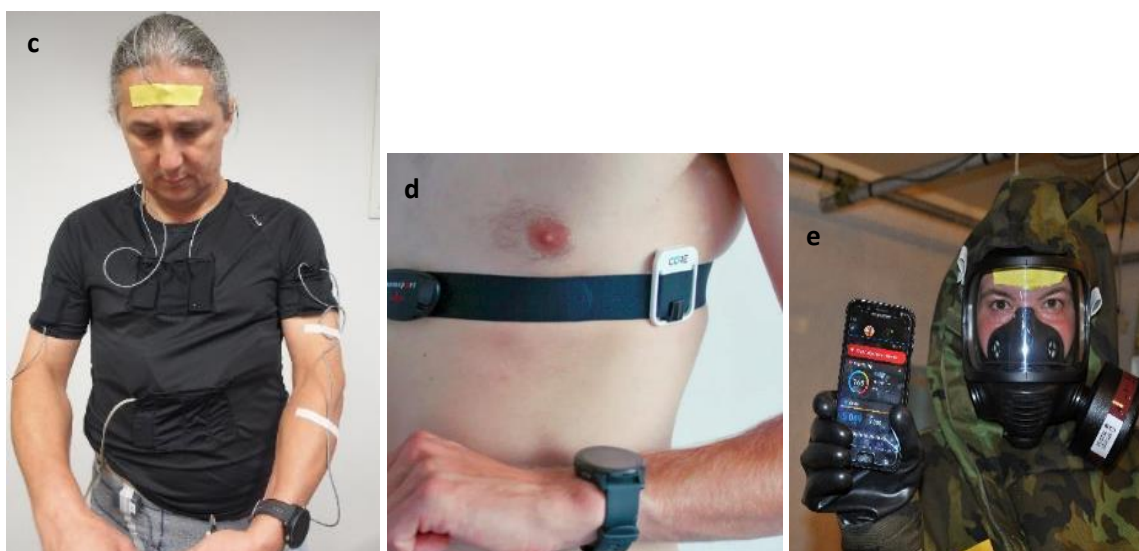
- [8] Garmin Forerunner® 935 – Návod k obsluze, dostupné on-line na https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/forerunner935/CS-CZ/Forerunner_935_OM_CS-CZ.pdf, poslední přístup 23. 11. 2021.
- [9] CORE Technology, dostupné on-line <https://corebodytemp.com/pages/core-technology>, poslední přístup 23. 11. 2021.
- [10] CALERAresearch-Manual v2.1.1, greenTEG AG, Švýcarsko (2020).

Přílohy

Příloha 1: Obrazová dokumentace – monitorovací systémy



Monitorovací systém FlexiGuard – (a) hlavní monitorovací jednotka na hrudním pásu, (b) 2 senzory kožní teploty připojené k nodu, který obsahuje baterii a vysílač/přijímač dat

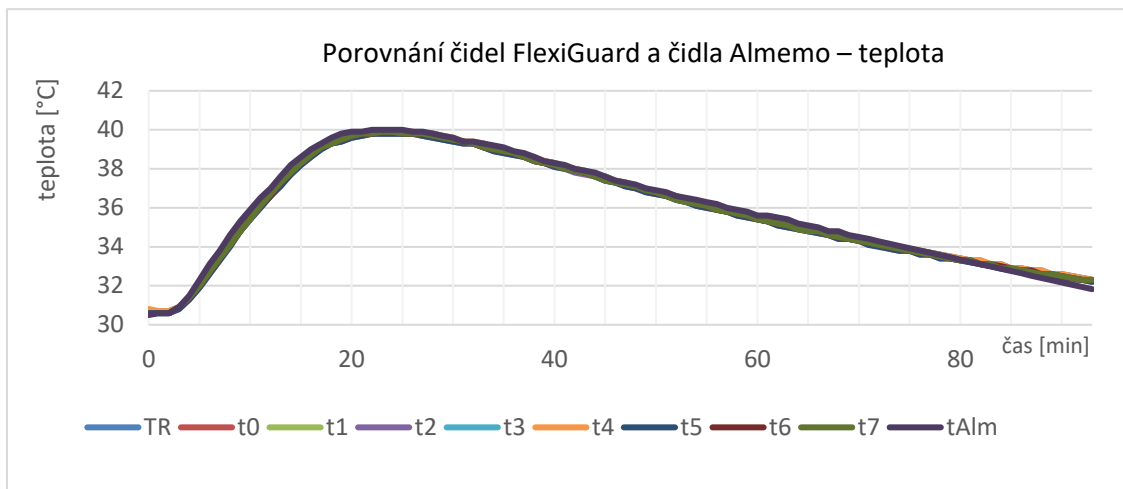


(c) Monitorovací systém FlexiGuard (instalace nodů se sondami na měření kožní teploty použitím měřicího trička a náplastí) + chytré hodinky Garmin Foreruner 935.

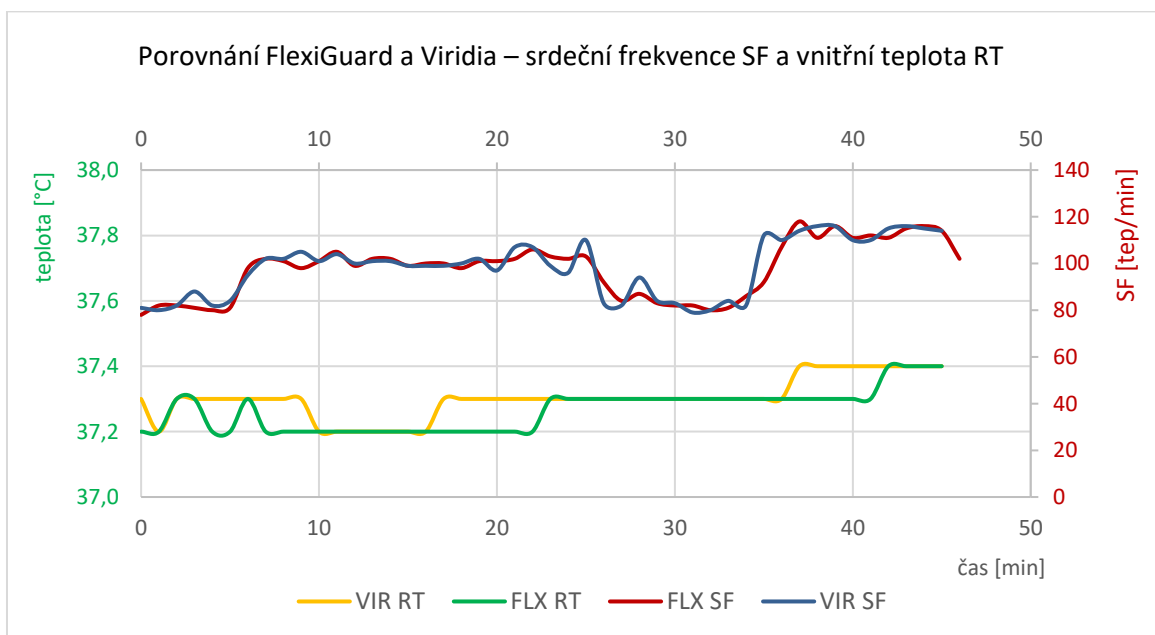
(d) Chytré hodinky + hrudní pás + senzor CORE [10] na monitoring teploty tělesného jádra a kožní teploty.

(e) Vizualizační jednotka se zobrazením on-line dat monitorovaných pomocí chytrých hodinek Garmin Foreruner 935.

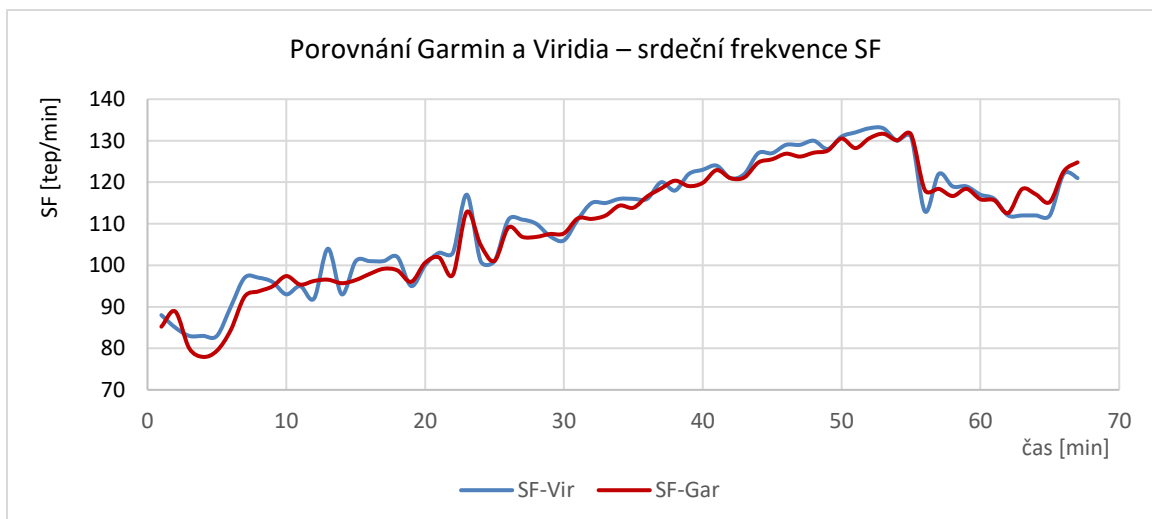
Příloha 2: Experimentální srovnání monitorovacích systémů – příklady



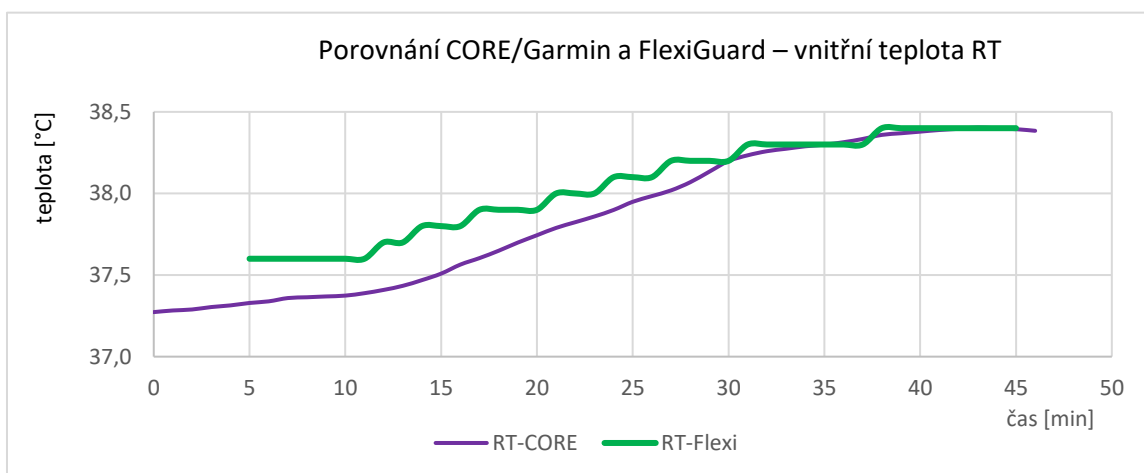
Srovnání čidel monitorovacího systému FlexiGuard s čidlem na měření kožní teploty akreditovaného systému Almemo (kontrolní měření ve vodní lázni)



Srovnání čidel monitorovacího systému FlexiGuard s akreditovaným systémem Viridia na měření srdeční frekvence SF a rektální teploty RT (kontrolní test s probandem v klimatické komoře – podvěkové prádlo Klimatex, 35 °C, 20 % rel. vlhkost, proudění větru 0,2 m/s, 6. 5. 2020)



Srovnání měření srdeční frekvence pomocí chytrých hodinek Garmin a akreditovaného systému Viridia (kontrolní test s probandem v klimatické komoře – sportovní podvlekové prádlo + neprodyšný oděv Tychem F, 35 °C, 25-30 % rel. vlhkost, proudění větru 0,2 m/s, test 02CORE-KA)



Srovnání měření vnitřní teploty RT pomocí senzoru CORE párovaného s hrudním pásem Garmin a pomocí systému FlexiGuard (kontrolní terénní test s probandem – oděv Tychem F + ochranná maska Scott M95 + příslušenství, 12 °C, 55-60 % rel. vlhkost, proudění větru 0,1 m/s, test 04MMDE)

Příloha 3: Výpočty hodnot vybraných parametrů pro posuzování tepelné zátěže

Střední teplota kůže t_{sk} [°C] (pro 8 senzorů t_i) [6]

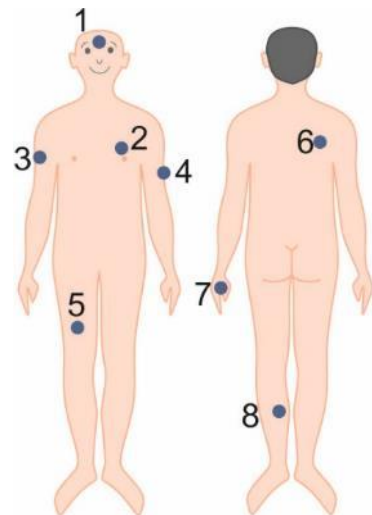
$$t_{sk} = 0,07*t_1 + 0,175*t_2 + 0,07*t_3 + 0,07*t_4 + 0,19*t_5 + 0,175*t_6 + 0,05*t_7 + 0,2*t_8$$

Povrch těla A_D dle DuBoise [7] a BMI – Body mass index

$$A_D = 0,202 * m_b^{0,425} * h_b^{0,725}$$

$$BMI = m_b / (0,01 h_b)^2$$

A_D	povrch těla [m ²]
m_b	hmotnost člověka [kg]
h_b	výška člověka [m]



Přepočítání energetického výdeje EE [kcal] na [W.m²] a na [kcal]

$$EE_W = 4185 * EE_C / (60 * t_t * A_D) \quad EE_m = EE_W / 58$$

EE_W	energetický výdej v jednotkách [W.m ²]
EE_C	energetický výdej v jednotkách [kcal] naměřený hodinkami Garmin [kcal]
EE_m	energetický výdej v jednotkách [met]
t_t	čas testu [min]
A_D	povrch těla [m ²]

Výpočet PSI – Indexu fyziologické zátěže

$$PSI_t = \frac{5 (RT_t - RT_0)}{39,5 - RT_0} + \frac{5 (SF_t - SF_0)}{180 - SF_0}$$

PSI_t	Index fyziologické zátěže v čase t [-]
RT_t	Teplota tělesného jádra v čase t [°C]
RT_0	Teplota tělesného jádra v čase 0 [°C]
SF_t	Srdeční frekvence v čase t [tep . min ⁻¹]
SF_0	Srdeční frekvence v čase 0 [tep . min ⁻¹]

Příloha 4: Vzor protokolu z testu tepelné zátěže

Protokol z testu tepelné zátěže

Kód testu:	01TF05KK	Projekt:	57512
Datum:	11.11.2021	Čas - začátek testu:	13:24
		konec testu:	13:54
		Celkový čas testu:	30 min
Místo:	Kamenná		
Teplota [°C]:	10 °C	Rel. vlhkost [%]:	74
Proudění větru [m/s]:	1		
Další vnější podmínky:	zataženo, bez deště		

Test:	Terénní test - 30 min - středně těžká práce		
Zátěž:	cca 5 met max		
Rychlost ergometru [km/h]:		Sklon ergometru [%]:	

Osoba – jméno/kód:	Kokoška		
Výška [cm]:	180	Hmotnost (nahý) [kg]	před: 80,3
Tělní povrch [m²]:	1,99		po: 78,9
BMI:	24,8		
Věk:	40	Limit SF [tep/min]:	180
TK [mmHg]	před: 115/60	RT [°C]	před: 37,0
	po: 132/72		po: 38,0
Potní ztráty [g.m⁻².h⁻¹]:	292,2		

Ochranný komplet	
Oděv:	Tychem F
Ochrana dýchacích cest:	CM6
Obuv:	Pracovní + CBRN přezůvky
Rukavice:	Bavlněné podvlekové + gumové
Další součásti:	
Podvlekové prádlo:	100% bavlna - ribano

Systém na monitoring fyziologických funkcí:
FlexiGuard „FG“ (SF, RT, ts), Garmin (záloha SF + energetický výdej)

Pododěvní klima: Comet č. XY (teplota, rel. vlhkost)

Bližší popis testu (v případě terénních apod. testů)

Režim testu

Oblékání	10 min
Chůze po schodech	5 min
Aktivita - opakovat 2,5x (celkem 60 min)	
- nosit kufry 2-4 kg	5 min
- nabírání písku + nošení 5 kg	5 min
- přenášení kufru 15 kg	5 min
- převážení 15 kg na rudlu	5 min
- přestávka vestoje	5 min
Chůze po schodech	5 min
Dekontaminace + svlékání	10 min

Výsledná data

Celkový čas testu:	30	min		
Důvod ukončení testu	časový limit (30 min)			
SF max	120	tep/min	Energetický výdej:	259 kcal
RT max	38	°C		5,20 met
PSI max	2,0			301,85 W.m ⁻²

Žlutě označené buňky se dopočítají automaticky po zadání dat/označení pole

reálný čas	čas [min]	FG	FG	Kožní teplota [°C] – Fc				
		SF [tep/min]	RT [°C]	Čelo	P lopatka	L hrudník	P paže	L paže
13:24	0	98	37,2	31,3	32,9	33,1	31,1	30,7
13:25	1	100	37,2	31,4	33,0	33,2	31,2	30,7
13:26	2	104	37,2	31,4	32,9	33,2	31,3	30,7
13:27	3	114	37,2	31,1	32,8	33,2	31,3	30,7
13:28	4	112	37,3	30,9	32,8	33,1	31,3	30,6
13:29	5	117	37,3	30,8	32,8	33,1	31,3	30,6
13:30	6	111	37,3	30,6	32,8	33,1	31,3	30,6
13:31	7	120	37,3	30,5	32,8	33,1	31,3	30,6
13:32	8	117	37,3	30,4	32,9	33,2	31,3	30,6
13:33	9	111	37,3	30,4	32,9	33,2	31,4	30,8
13:34	10	109	37,4	30,4	33,0	33,4	31,4	30,8
13:35	11	113	37,4	30,5	33,3	33,6	31,6	30,9
13:36	12	115	37,4	30,6	33,4	33,8	31,8	30,9
13:37	13	114	37,4	30,6	33,6	33,9	31,8	31,1
13:38	14	111	37,4	30,6	33,7	34	31,9	31,1
13:39	15	109	37,5	30,6	33,8	34,1	31,9	31,2
13:40	16	113	37,5	30,6	33,8	34,2	31,9	31,1
13:41	17	117	37,5	30,5	33,8	34,2	31,8	31,1
13:42	18	114	37,5	30,5	33,8	34,3	31,8	31,1
13:43	19	104	37,5	30,4	33,8	34,3	31,8	31,3
13:44	20	111	37,6	30,4	33,9	34,4	31,9	31,4
13:45	21	114	37,6	30,6	33,9	34,4	31,9	31,5
13:46	22	108	37,6	30,6	33,9	34,6	32,1	31,4
13:47	23	109	37,6	30,6	33,9	34,6	32,1	31,6
13:48	24	112	37,6	30,6	33,9	34,6	32,1	31,7