



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zdravotně sociální fakulta  
Ústav radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

# Zvláštní případy hoření osob

Vypracoval: Bc. Martin Petrák  
Vedoucí práce: Ing. Tereza Česelská, Ph.D  
Odborný konzultant: Ing. Ladislav Karda

České Budějovice 2016

## Abstrakt

V České republice dojde každoročně při požárech k usmrcení více jak sto osob. Příčinou úmrtí je působení toxických zplodin hoření nebo tepelných účinků požáru na organismus, popřípadě kombinací těchto dvou složek.

Ve světě, včetně České republiky, jsou evidovány případy požárů, kdy zjevně nedojde k tepelné destrukci těla obětí jako důsledku tepelných účinků požáru z vnějšího prostředí. Tyto požáry jsou vymezené svým rozsahem pouze na lidské tělo a bezprostřední okolí, mnohdy s celkovou rozsáhlou tepelnou destrukcí tkání do stádia jejich zuhelnatění. Problematika hoření lidské tkáně je popisována v zahraničních zdrojích, zejména populárně naučných, pojmem „Spontaneous Human Combustion“. V České republice byl zaveden překladový ekvivalent „samovolné vzplanutí osob“.

Důvodem výběru zpracování daného tématu „Zvláštní případy hoření osob“ je chybějící metodika pro šetření okolností příčin vzniku požáru, které provádějí příslušníci Hasičského záchranného sboru České republiky. Dalším důvodem jsou zavadějící informace, které jsou publikovány v populárně naučné literatuře a v jiných informačních zdrojích.

Při řešení výzkumných otázek byla prvotně provedena rešerše dostupných odborných textů a konkrétních požárů. Na základě získaných informací byl navržen rozsah a podmínky výzkumného experimentu provedeného na vzorcích typově shodné živočišné tkáně, odpovídající svým složením tkáni lidské. Jedná se o živočišnou tkáň z prasete domácího, lat. *Sus scrofa f. domestica*, která byla jednotně upravena do podoby vzorku s podílem svalové, tukové a kostní tkáně, včetně kůže.

Experiment byl realizován v akreditované laboratoři společnosti PAVÚS, a.s. – požární zkušebně č. 1026 ve Veselí nad Lužnicí. Na jednotlivých zkušebních vzorcích byl sledován vliv různých druhů hořlavých látek na rozsah následného poškození živočišné tkáně. Byl posuzován vliv typicky vrstveného oblečení, hořlavé podložky a příkrývky. U jednotlivých pokusů byly odlišným způsobem nasimulovány podmínky odpovídající reálnému prostředí, kterými je člověk obklopen v běžném životě. V pravidelných intervalech byly na několika místech sledovány a zaznamenávány hodnoty teploty povrchu tkáně a teploty ve stanovené vzdálenosti od vzorku při hoření.

Dále byl měřen čas od počátku do ukončení hoření a změřen následný hmotnostní úbytek tkáně. Posledním úkonem bylo vizuální porovnání každého vzorku po zkoušce, včetně rozsahu poškození jednotlivých typů tkání v celém průřezu.

Cílem diplomové práce bylo vyhodnocení možností vzniku a průběhu hoření živočišných tkání. Při výzkumu byla soustředěna pozornost na nalezení odpovědi na dvě výzkumné otázky, a to: a) může dojít k hoření živočišné tkáně?, b) jaké jsou mechanismy vzniku a průběhu hoření živočišné tkáně? Cíle práce bylo dosaženo na základě studia především zahraničních odborných zdrojů zabývajících se danou problematikou a výsledkům získaným provedením navrženého experimentu. Komparací skutečných požárů s výsledky výzkumu došlo ke zpětnému ověření a potvrzení odpovědi na výzkumné otázky ve vztahu příčiny, rozvoje a následků hoření na živočišnou tkáň. Bylo zjištěno a potvrzeno, že hoření živočišné tkáně, včetně tkáně kostní, je při běžném požáru možné. Zásadní vliv na vznik a průběh hoření mají okolní hořlavé látky např. ve formě oblečení a současně přítomnost a vlastnosti hořlavého podkladu.

Experiment ukázal na možnosti dalšího samovolného hoření tkání po dodání určitého množství počáteční energie hořením okolních látek. Samotný proces uplatňovaný při hoření živočišné tkáně je charakterizován převážně formou dlouhodobého žhnutí v řádech několika hodin, při kterém byla zaznamenána maximální teplota na povrchu vzorku 644,50 °C. Dále bylo experimentem zjištěno, že teploty dosahované při hoření živočišné tkáně nejsou v určité vzdálenosti schopné zapálení okolních hořlavých látek a materiálů.

Dosažené výsledky diplomové práce umožňují stanovit základní pravidla pro příslušníky Hasičského záchranného sboru České republiky a orgány činné v trestním řízení, které lze v souvislosti s mimořádnými událostmi využít při zjišťování příčin vzniku těchto typů požárů osob. Zjištěné údaje lze aplikovat na případné mimořádné události podobného typu požárů. Poznatky výzkumu umožňují vytvoření uceleného obrazu o podmínkách posuzovaného požáru a následně vyloučit či potvrdit spáchání trestného činu. Na základě výsledků diplomové práce lze také stanovit

podmínky požární bezpečnosti pro ohroženou skupinu osob ve formě účinných opatření, a to především omezením zdrojů zapálení.

**Klíčová slova:**

Samovolné vzplanutí osob; hoření osob; požáry osob

## Abstract

There are more than one hundred and twenty eight casualties of fires in the Czech Republic annually. The cause of these deaths is either inhalation of the toxic products of combustion or the thermal effects of the fire, or a combination of both. In the Czech Republic, as well as in other countries, there are cases of fires reported, where the thermal destruction of the body of the victim is not a result of thermal effects of a fire of the surrounding space. These fires are typical for the affected area that is limited to the body and the immediate surroundings only. Frequently the bodies show extensive and complete thermal destruction of tissues to high levels of carbonization. Human tissue combustion appears in foreign sources, especially popular science, described with the term “Spontaneous Human Combustion”. In the Czech Republic the translation equivalent is “samovolné vzplanutí osob”.

The motivation for the choice of the topic “Special Cases of Human Combustion” was the lack of adequate fire origin investigation methodology to be used by the members of the Fire and Rescue Service of CR. The other reason for the choice of the topic was the misleading information published in popular science sources and alternative information sources.

The first step of the research was the literature research of the available professional texts and specific fire reports. Based on information gathered was designed scope and conditions of a research experiment conducted on samples of the same type of animal tissue, which corresponds to the human tissue. For the samples the tissue of a domestic pig (*sus scrofa domesticus*) was used and the samples were prepared to contain uniform percentages of muscle, fat and bone, including skin.

The experiment was carried out in an accredited laboratory owned by the company PAVÚS, a.s. - fire testing laboratory #1026 in Veselí nad Lužnicí. With each sample the influence of different flammable substances on the level of subsequent damage of the animal tissue was tested. The influence of typical layered clothing, flammable base and cover was evaluated. Different real environment conditions were simulated with each sample. Temperatures on the surface of the tissue and within a defined distance from the sample were measured in multiple points and in regular intervals.

The time since the beginning of the combustion until the end was measured as well as the decrease in the weight of the sample. A visual inspection and comparison of each sample was carried out after each test, including inspection of the levels of damage to each type of tissue throughout the cross-section of the sample.

The aim of the thesis was an evaluation of the possibility of a start and the process of combustion of animal tissue. Reaching the aim of the theses was based on the literature research of primarily foreign professional sources and on the information acquired during own experiment. Evaluation and confirmation of proposed answers to the research questions, regarding causes, process and the results of combustion of animal tissue, was achieved by comparison of real reported fires and the results of the research experiment. It was confirmed that the combustion of animal tissue, including bone tissue, is possible in a regular fire. The flammable materials in the form of clothing and the presence and the characteristics of a flammable base are crucial for the start and process of the combustion.

The experiment revealed the possibility of further independent combustion of the tissue when supplied with a certain amount of initial energy by burning of the surrounding materials. The combustion of animal tissue characterically takes predominantly the form of smouldering lasting several hours, where the maximal measured temperature of the surface of the sample was 644,50 °C. The experiment further revealed the temperatures of the human tissue combustion not to be high enough to cause an ignition of flammable materials within defined distance.

The results of the thesis can be used to define the basic guidelines for the members of Fire and Rescue Service of CR and the criminal justice, who can provide support with investigation of the causes of these types of fires of humans. The results acquired can be applied in investigation of uncommon events with similar characteristics. Findings of the research allow for a complex idea about the conditions of an investigated fire to be made and subsequently confirm or deny the existence of a criminal offence. Prevention in the form of effective protective actions, especially limitation of sources of ignition, can be defined on the basis of the results of the research.

**Key words:**

Spontaneous Human Combustion; Special case of burning people

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 16.5.2016

.....

Bc. Martin Petrák



## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své rodině a kolegům v práci za velkou podporu. Velký dík patří mé vedoucí diplomové práce paní Ing. Tereze Česelské, Ph.D. a odbornému konzultantovi panu Ing. Ladislavu Kardovi, kteří moje počínání trpělivě usměřňovali. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat společnosti PAVÚS, a.s., která mi zdarma umožnila provedení experimentu ve svých prostorách v požární zkušebně ve Veselí nad Lužnicí.

## **Seznam použitých zkratk**

HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
GŘ HZS ČR	Generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR
HZS JčK	Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje
Policie ČR	Policie České republiky
SSÚ	statistika sledování událostí
NFPA	National Fire Protection Association
SHC	Spontaneous Human Combustion

# Obsah

Úvod .....	15
1 Teoretická část .....	17
1.1 Požáry na území České republiky a v zahraničí .....	18
1.1.1 Požár osoby Tábor .....	18
1.1.2 Požár osoby Mělník .....	19
1.1.3 Požár osoby Irsko, Galway, 2010 .....	20
1.1.4 Požár osoby USA, stát Florida, 1951 .....	21
1.1.5 Požár osoby Francie, Uruffe, 1977 .....	21
1.1.6 Požáry zavražděných osob USA a Francie .....	21
1.2 Příčiny a mechanismus hoření osob .....	22
1.2.1 Teorie knotového efektu .....	23
1.2.2 Teorie tvorby ketolátek .....	25
1.3 Ohledání místa činu .....	25
1.3.1 Ohledání místa činu podle metodiky 2008-DN-BX-K131 .....	27
1.4 Požár .....	30
1.5 Hoření .....	30
1.5.1 Sdílení tepla .....	31
1.5.2 Iniciace procesu hoření .....	32
1.5.3 Propagace procesu hoření .....	32
1.5.4 Terminace procesu hoření .....	33
1.5.5 Zdroj zapálení, teplota vznícení .....	33
1.5.6 Samovznícení .....	34
1.6 Hořlavé látky, materiály a lidské tkáně .....	36

1.6.1	Hořlavé látky a materiály .....	36
1.6.2	Lidské tkáně.....	38
1.6.3	Chování živočišných tkání při požáru .....	39
1.7	Průběh experimentu John DeHaana.....	39
1.7.1	Výsledky experimentu John DeHaana .....	40
2	Výzkumná otázka a metodika výzkumu .....	41
2.1	Výzkumná otázka .....	41
2.2	Metodika výzkumu .....	41
2.3	Příprava vzorků k experimentu.....	42
2.4	Metodika záznamu a měření .....	42
2.4.1	Podmínky experimentu, měřené veličiny .....	42
2.4.2	Technické vybavení.....	44
2.4.3	Úprava vzorku č. 1 .....	44
2.4.4	Úprava vzorku č. 2 .....	44
2.4.5	Úprava vzorku č. 3 .....	45
2.4.6	Úprava vzorku č. 4 .....	45
2.4.7	Úprava vzorku č. 5 .....	46
2.4.8	Úprava vzorku č. 6 .....	47
3	Výsledky .....	48
3.1	Vzorek č. 1 .....	48
3.1.1	Stupeň poškození tkáně .....	48
3.2	Vzorek č. 2.....	48
3.2.1	Stupeň poškození živočišné tkáně .....	49
3.2.2	Průběh hoření.....	49

3.2.3	Teplota hoření mimo vzorek č. 2.....	50
3.3	Vzorek č. 3.....	51
3.3.1	Stupeň poškození tkáně.....	52
3.3.2	Teploty hoření mimo vzorek č. 3.....	54
3.4	Vzorek č. 4.....	54
3.4.1	Stupeň poškození živočišné tkáně.....	55
3.4.2	Stupeň a rozsah poškození vnějších hořlavých látek.....	56
3.4.3	Průběh hoření.....	56
3.4.4	Teploty mimo vzorek č. 4.....	57
3.5	Vzorek č. 5.....	58
3.5.1	Stupeň poškození živočišné tkáně.....	60
3.5.2	Stupeň a rozsah poškození vnějších hořlavých látek.....	60
3.5.3	Průběh hoření.....	61
3.5.4	Teploty mimo vzorek č. 5.....	62
3.6	Shrnutí a porovnání výsledků experimentu.....	63
3.6.1	Poškození živočišné tkáně.....	63
3.6.2	Poznatky z průběhu hoření vzorků.....	64
4	Diskuze.....	66
4.1	Porovnání reálného požáru s výsledkem experimentu.....	68
4.2	Ohledání místa požáru záruka správného zajištění stop.....	70
4.3	Celkové zhodnocení.....	71
	Závěr.....	73
	Seznam literatury.....	75
	Seznam obrázků.....	80

Seznam tabulek .....	82
Přílohy.....	83

## Úvod

Rozvoj lidského společenství je spjat se schopností umět používat a využívat oheň. Technický a technologický vývoj, který dovedl civilizaci až do dnešních dnů, by byl nemožný bez pomoci ohně. Ohně, který přinášel pokrok a zvýšil kvalitu života. V důsledku bližšímu poznání prospěšnosti ohně se z jednoduchých příbytků v přítomné jeskyně nebo skalních převisů vývojem došlo až k plně inteligentním budovám, schopných ovládat a spravovat samostatně veškeré technologie. První jednoduché oděvy vyrobené ze zvířecích kůží, prošly dlouhodobým vývojem až po současnost, kdy vrchol pyramidy tvoří funkční oblečení schopné odolávat extrémním klimatickým podmínkám a současně být pohodlné a lehké. Výhradní zastoupení přírodních materiálů nahradily, někde částečně a někde zcela, syntetické materiály.

Souběžně s rozvojem a vývojem nových materiálů a technologií vyvstaly nové bezpečnostní hrozby. Člověk se začal obklopotvat uměle vytvořeným prostředím, které se skládá převážně z hořlavých nebo hoření podporujících látek a materiálů. Současně sdílí okolí naplněné mnoha potenciálními zdroji zapálení – elektrickými, tepelnými spotřebiči a různými druhy zapalovadel – zápalek, zapalovačů. Negativním důsledkem nedodržení podmínek požární bezpečnosti je požár, při kterém může dojít ke zranění nebo usmrcení osob.

Na území České republiky a v zahraničí jsou evidovány mimořádné události, kdy dojde k poškození lidských tkání v důsledku požáru bez výrazné destrukce a rozšíření hoření do okolního prostředí. Takové požáry jsou charakteristické tepelnou devastací všech tkání, včetně tkáně kostní. V dostupných informačních zdrojích jsou takové případy označovány anglickým výrazem „Spontaneous Human Combustion“. V České republice byl zaveden překladový ekvivalent „samovolné vzplanutí osob“. Tyto „zvláštní“ případy hoření tkání osob jsou problematické z hlediska zjištění příčiny, podmínek dalšího hoření a stanovení časového schématu požáru a v současné době nejsou v odborné literatuře České republiky stanoveny mechanismy a faktory ovlivňující průběh a vzájemnou provázanost všech dějů.

Cílem práce je vyhodnocení možností vzniku a hoření živočišných tkání. V části diplomové práce, popisující současný stav problematiky, byla provedena rešerše dostupných odborných zdrojů, nutné k nastavení podmínek experimentu. Teoretickou část doplňuje popis a charakteristiky základních hořlavých látek, kterými je člověk při svých činnostech běžně obklopen a iniciační možnosti stěžejních zápalných zdrojů.

Další část diplomové práce se věnuje vlastnímu provedení výzkumného experimentu na vzorcích živočišné tkáně. K experimentu jsou vybrány vzorky typově shodné živočišné tkáně z prasete domácího. Vzorky obsahují referenční zastoupení svalové, tukové a kostní tkáně. Experiment byl realizován v akreditované laboratoři společnosti PAVÚS, a.s. – požární zkušebně č. 1026 ve Veselí nad Lužnicí. Na jednotlivých zkušebních vzorcích byl sledován vliv různých druhů hořlavých látek na rozsah poškození živočišné tkáně při hoření. Byl posuzován vliv typicky vrstveného oblečení a hořlavé podložky. U jednotlivých experimentů byly odlišným způsobem nasimulovány podmínky odpovídající reálnému prostředí požáru. V pravidelných intervalech byly sledovány a zaznamenávány hodnoty teploty povrchu tkáně a teploty ve stanovené vzdálenosti od vzorku. Dále byl měřen čas od počátku do ukončení hoření a následný hmotnostní úbytek tkáně.

V části výsledků diplomové práce jsou uvedeny závěry z výzkumného experimentu. Je zde porovnán váhový úbytek vzorků po ukončení procesu hoření a délka hoření. Graficky jsou vyjádřeny naměřené teploty na třech místech vzorku a ve stanovené vzdálenosti ve volném prostoru na celkově dvou místech – v podélné ose a kolmo na osu vzorku. Rozsah poškození je vizuálně porovnán v rovině kolmého řezu vzorku.

V diskuzi je formou komparace porovnán výsledek experimentu se skutečnými požáry. Na tomto základě došlo ke zpětnému ověření a potvrzení odpovědí na výzkumné otázky ve vztahu příčiny, rozvoje a následků hoření na živočišnou tkáň.



## 1 Teoretická část

Požáry jsou nedílnou součástí životního prostředí člověka. Od počátku vzniku průmyslové výroby se člověk vždy snažil nalézt hranice pro stanovení opatření nutných k omezení nebo zamezení opakování takovéto mimořádné události. K tomu potřebuje znát příčinu vzniku a vzájemné souvislosti nutné pro další rozvoj požáru. Na rozdíl od požárů, kdy dojde pouze k materiální škodě, jsou požáry se zraněnými nebo usmrcenými osobami velmi tragické a společnost je vnímá velmi citlivě.

Za období let 2005 až 2014 došlo v České republice k celkově 198 009 požárům, při kterých bylo podle zveřejněných statistik usmrceno 1 282 osob, což jev desetiletém průměru více jak 128 osob ročně (GŘ HZS ČR, 2016). K usmrcení osob může dojít v důsledku otravy toxickými zplodinami hoření, tepelných účinků požáru nebo vzájemnou kombinací těchto faktorů. V závislosti na způsobu usmrcení se tělo nachází v pásmu hoření, zakouření nebo v pásmu přípravy. V pásmu přípravy je zpravidla příčinou smrti otrava toxickými zplodinami hoření, které se uvolňují z míst hoření. Pásmo přípravy hoření leží na rozhraní mezi místem hoření a zakouření a dochází zde k přípravě (zplyňování) hořlavých látek v důsledku vysokých teplot, zde je předpoklad úmrtí osoby kombinací tepelných a toxických účinků. V pásmu hoření dojde k přímému působení vysoké teploty na organismus člověka vznikající při hoření okolních hořlavých látek. Odborné prameny, v jakém místě ve vztahu k pásmům požáru došlo k úmrtí, nejsou dostupné z důvodu možného zkreslení výsledku pro nedostatek relevantních vstupních dat. Při mnoha požárech dojde k jeho rozšíření s následným tepelným poškozením tkání člověka až po usmrcení způsobeném toxickými zplodinami hoření.

Míra zuhelnatění tkání je závislá na délce trvání a teplotě požáru. Tyto faktory jsou ovlivněny druhem a množstvím hořlavých látek, výměnou plynů na požářišti a výškovou polohou. V České republice a v dalších státech jsou evidovány požáry s částečným nebo celkovým zuhelnatěním těla, ke kterému evidentně nedošlo v důsledku působení vnějšího požáru. Tyto mimořádné události jsou charakteristické malým rozsahem plochy hoření, která se omezuje na půdorysný průmět těla, popřípadě bezprostředně navazující oblast bez dalšího rozšíření požáru na okolní hořlavé látky.

Příčinu vysokého stupně zuhelnatění větší části těla, bez dalšího rozšíření, přikládali v minulosti lidé nadpřirozeným silám, často jako trest. O první reálné vysvětlení mechanismů hoření se podle Forda (Ford, 2012) pokusil dánský lékař a matematik Thomas Bartholin v roce 1641 na případu smrti muže, který před svou smrtí pil velké množství alkoholických nápojů. Dle výše uvedeného lékaře byl příčinou smrti a požáru vysoký podíl alkoholu v těle. První písemnou monografií na toto téma je „Essai sur les Combustions Humaines, produits par un long abus de liqueurs“ od francouzského spisovatele Pierra Laira z roku 1800. Od té doby byl alkoholismus osob jako příčina smrti a následného hoření všeobecně přijímaným dogmatem. Vědecky vysvětlit příčiny a způsob hoření se pokusil chemik Justus von Liebig (1803-1873), který prozkoumal zhruba padesát případů, prováděl pokusy a poukázal na to, že i když jsou vzorky tkání uloženy v silném alkoholu, nehoří. V podstatě vyvrátil souvislost s případy požárů a alkoholismem (Ford, 2012). Následnou dobu charakterizuje snaha vysvětlit příčinu vzniku více než zdůvodnění samotného průběhu požárů.

Tyto zvláštní požáry osob jsou u laické, ale i části odborné veřejnosti označovány pojmem „Spontaneous Human Combustion“ (Ford, 2012). Tomuto pojmenování je ostře vyhrazen John DeHaan Ph.D, který na základě experimentů svého týmu na živočišných tkáních prokázal schopnosti dalšího samovolného hoření pomocí tzv. knotového efektu (DeHann et al., 1999; DeHann et al. 2016). Charakteristické pro tyto požáry je kompletní zuhelnatění těla v celém průřezu, včetně kostní tkáně. K rozsáhlému poškození tkání dochází zejména ve středních partiích těla v oblasti břišní. Periferní oblasti těla – paže, hlava, spodní část dolních končetin bývají poměrně zachovalé.

## ***1.1 Požáry na území České republiky a v zahraničí***

### ***1.1.1 Požár osoby Tábor***

V listopadu roku 2000 došlo k požáru osoby pokročilého věku v kuchyni rodinného domu (HZS Jihočeského kraje, 2000). V době zjištění již nedocházelo k hoření – došlo k vyhoření hořlavých látek a následně k samouhašení požáru. Na místo požáru se dostavili příslušníci Policie České republiky, a k určení příčiny vzniku požáru

příslušník HZS okresu Tábor. Příčinou vzniku požáru byla nedbalost usmrčené osoby při obsluze tepelného spotřebiče na pevná paliva při přikládání do topeniště a následnou manipulací s hořícím palivem. Příčina vzniku požáru byla stanovena na základě polohy zbytků doličných předmětů v okolí místa hoření a následné rekonstrukce mechanismu vzniku požáru.

Při ohledání místa činu (požáru) bylo zjištěno, že došlo k zuhelnatění těla v oblasti hrudníku, pánve, stehna a části lýtek, včetně kostí. Periferní části těla, včetně hlavy, byly požárem zasaženy pouze částečně. Tělo leželo na dřevěné podlaze a podlahové krytině z polyvinylchloridu (PVC). Prohořelá podlaha kopírovala místa zuhelnatění tkání s minimálním přesahem do prostoru místnosti, viz obrázek 1. Stěny místnosti byly zakouřeny zplodinami hoření. V důsledku uvolňovaného tepla při hoření došlo k opálení dřevěné nohy stolu a tepelné degradaci plastového ubrusu přesahujícího přes okraj stolu. Další známky tepelného poškození v místnosti nebyly nalezeny.

Na základě rekonstrukce, nalezení zbytků oděvů a svědecké výpovědi blízké osoby bylo zjištěno, že osoba byla oblečena v několika vrstvách oděvů. Poslední vrstva byla tvořena pleteným silným svetrem, pravděpodobně ze směsné vlny.



Obrázek 1 - Požárem poškozená osoba na hořlavé podlaze, zdroj: archiv HZS JčK

### **1.1.2 Požár osoby Mělník**

V lednu 2015 došlo v okrese Náchod k požáru osoby ve stanovém přístřešku samostatně postaveném v lese. Na místo požáru se dostavili příslušníci Policie České republiky, a k určení příčiny vzniku požáru příslušníci HZS Královehradeckého

kraje, územní odbor Náchod. Jednalo se o osobu bez přístřeší, stáří 55 let. Požár na ploše přibližně 2 m<sup>2</sup> byl dohašen jednotkou požární ochrany pomocí přenosných hasicích přístrojů. S ohledem na klimatické podmínky se požár nešířil do přírodního prostředí. Hořelo pouze v půdorysu pružinové matrace s osobou ležící v poloze na zádech a bezprostřední okolí, kde se nacházely papírové a plastové obaly od potravin, viz obrázek č. 2. Zcela odhořela přikrývka a oděv. Požárem byl zasažen celý povrch těla. Do stádia zuhelnatění odhořely periferní části končetin, břišní a hrudní stěna, levá ruka a měkké tkáně hlavy. Levá noha od poloviny stehna dolů má zachovány pouze silné kosti. Příčinou vzniku požáru byla nedbalost usmrčené osoby při manipulaci s otevřeným ohněm (svíčka, cigareta).



Obrázek 2 – Požárem poškozená osoba ležící na matraci, zdroj: archiv HZS Královehradeckého kraje

### **1.1.3 Požár osoby Irsko, Galway, 2010**

Podle zdroje veřejnoprávního média došlo v roce 2010 v Irsku v obci Galway k požáru osoby pokročilého věku v bytě (BBC, 2011). Tělo bylo nalezeno na podlaze u tepelného otevřeného spotřebiče na pevná paliva – krbu, s hlavou u topeniště. Při ohledání místa požáru místní policií bylo zjištěno, že došlo ke značnému zuhelnatění těla. Stěny místnosti byly zakouřeny zplodinami hoření. Další známky tepelného poškození v místnosti nebyly nalezeny. Na místě přítomný coroner Kiaran McLouglin citovanému zdroji uvedl, že na příčině smrti se podílel efekt „Spontaneous Human Combustion“ (SHC).

#### ***1.1.4 Požár osoby USA, stát Florida, 1951***

Podle zdroje (Ford, 2012) došlo v roce 1951 v USA státu Florida k požáru osoby pokročilého věku v bytě. Příčinou vzniku požáru byla pravděpodobně nedbalost při kouření. Při ohledání místa požáru místní policií bylo zjištěno, že došlo ke kompletnímu zuhelnatění těla kromě hlavy a levé nohy, které byly požárem nedotčeny. Tělo bylo nalezeno na čalouněném křesle, čalounění bylo požárem shořelé. Stěny místnosti byly zakouřeny zplodinami hoření. Další známky tepelného poškození v místnosti nebyly nalezeny. Bylo zjištěno, že poslední vrstva oblečení usmrcené osoby byla tvořena silným županem.

#### ***1.1.5 Požár osoby Francie, Uruffe, 1977***

Podle zdroje (Ford, 2012) došlo v roce 1977 ve Francii ve městě Uruffe k požáru osoby pokročilého věku v bytě. V důsledku požáru došlo ke kompletnímu zuhelnatění těla kromě dolních končetin a pravé horní končetiny, které byly požárem nedotčeny. Tělo bylo nalezeno na dřevěné podlaze. Stěny místnosti byly zakouřeny zplodinami hoření. Další známky tepelného poškození v místnosti nebyly nalezeny. Příčinu vzniku požáru zdroj neuvádí.

#### ***1.1.6 Požáry zavražděných osob USA a Francie***

Podle zdroje (Ford, 2012; BBC, 1999) došlo na podzim 1991 v USA státu Oregon k požáru osoby mladšího věku. Příčinou vzniku požáru byla násilná vražda. Při ohledání místa požáru místní policií bylo zjištěno, že tělo stále hoří v břišní oblasti a z těla se uvolňují plameny o výšce cca 400 mm, viz obrázek 3. Oběť vraždy se nacházela na vrstvě suchého a tlejícího listí v přírodním prostředí. Tělesné orgány byly z velké části zuhelnatělé, včetně vnitřních orgánů a kostí. Podle časové osy události zaznamenané na základě výpovědí svědků tělo hořelo přibližně pět hodin. K rozšíření požáru po suchém listí nedošlo. Okolnosti případu komentoval v dokumentu BBC (BBC, 1999) John De Hann Ph.D., který tento požár porovnával s požárem níže uvedeným, ke kterému došlo ve Francii.

Podle výše uvedených zdrojů došlo krátce po události v USA ve státě Oregon k požáru osoby v nezjištěném místě ve Francii. Příčinou vzniku požáru byla vražda

a účelem požáru bylo zahlazení stop po páchání jiné trestné činnosti. Jako akcelerant hoření byla použita toaletní voda v množství 100 ml aplikovaná na límec oběti. Při ohledání místa požáru místní policií bylo zjištěno, že došlo k rozsáhlé tepelné destrukci tkání, viz obrázek 4. Oběť vraždy se nacházela na podlaze místnosti na koberci. K rozšíření požáru mimo oblast hoření těla nedošlo, byt byl zakouřen zplodinami hoření.



Obrázek 3 – Pohled na hořící oběť, patrné plamenné hoření v oblasti pánve a břicha; zdroj: BBC, 2009



Obrázek 4 – Pohled na místo požáru těla oběti bez patrných známek výrazného tepelného poškození okolních materiálů; zdroj BBC, 2009

### **1.2 Příčiny a mechanismus hoření osob**

Byla provedena rešerše odborných zdrojů a výsledky výzkumů a experimentů na tkáních živočišného původu a tkáni lidské. V podmínkách České republiky se danou problematikou zabývají pouze osoby, které v celém procesu hoření spatřují vliv nadpřirozených sil nebo ho zařazují do kategorie nevysvětlitelných jevů, což jsou zdroje pro práci zcela nevhodné, viz např. literárně naučná kniha zpracovaná Doc. Ing. Tomášem Dosoudilem (Dosoudil, 2007).

Lidská těla jsou často zapojena do procesů hoření při požárech a to nejenom lidských obydlí, ale také v dopravních prostředcích, v přírodním prostředí a průmyslové výrobě. Především pro vyšetřovatele požárů, ale i ostatní odborníky, je pochopení principů vzniku, rozvoje, rychlosti a uvolňovaného tepla nutností ke správnému závěru stanovení jak příčiny vzniku požáru, tak příčiny úmrtí.

V experimentální a vědecké rovině byly cenným zdrojem informací výzkumy týmu vědců ze Spojených států Amerických, které prováděl John DeHaan Ph.D. a Elayne Pope M.A. s dalšími kolegy. Výsledkem těchto experimentů bylo potvrzení reálnosti



hoření lidských tkání. Podmínkou zahájení a pokračování procesu hoření je dostatečná počáteční energie uvolněná při hoření vnějších materiálů sestávající se z hořlavých látek a vhodné hořlavé podložky, do které se mohou vsakovat tukové složky tkání, které jsou zkapalněné vlivem vysokých teplot hoření. Tyto experimenty byly prováděny na lidských tkáních a tkáních prasete domácího. Srovnáním výsledků byla nalezena shoda vlastností této zvířecí s lidskou tkání a pro potřebu experimentů byla označena jako vhodná alternativa.

Vyhledané odborné zdroje potvrzují možnosti a podmínky procesu všech fází hoření od jeho vzniku po ukončení, včetně stanovení přibližného množství uvolněné tepelné energie.

U událostí evidovaných v České republice byla příčinou vzniku požáru nedbalost usmrčené osoby. V jednom případě se jednalo o nedbalost při manipulaci s tepelným spotřebičem na pevná paliva a v druhém případě byla příčinou nedbalost při kouření. V případech, ke kterým došlo v zahraničí, není příčině vzniku požáru přikládána důležitost a zdroje především popisují způsob tepelné devastace tkání a kladou otázky, co bylo příčinou takového poškození. Způsob tepelné devastace následně porovnávají s mechanismy používanými ke kremaci zemřelých osob vysokými teplotami. Pokud pomineme poněkud obskurní řešení otázky, jsou zdroji uváděny dvě následující teorie:

### ***1.2.1 Teorie knotového efektu***

Teorie knotového efektu odůvodňuje shoření tkání člověka principem postupného odhořívání tukové složky tkání, které jsou nasakovány do vhodných porézních materiálů – oděvů, pokrývek, podložek apod. (DeHann et al., 1999; DeHann et al., 2016). Teplota vznikající při hoření tuků v materiálu způsobí tepelnou degradaci a rozpad tkání, včetně kostní (NFPA, 2011). Podmínkou pro vznik tohoto procesu je vhodný porézní materiál, který může představovat např. tkanina, dřevo nebo jiný porézní materiál. Současně v počáteční fázi požáru musí dojít k takové intenzitě hoření, která způsobí postupné uvolňování živočišných tuků do porézní struktury materiálu nebo látky. Podmínkou je tedy dostatečná počáteční energie a látka schopná „nasát“ uvolňované živočišné tuky.

Pro ověření této teorie provedl John DeHaan Ph.D. z Kalifornského kriminalistického ústavu experiment a tento publikoval v dokumentu pro televizní a rozhlasovou stanici BBC (BBC, 1999). Experiment byl proveden na typově shodné živočišné tkáni prasete domácího umístěné na koberci. Na povrch byla aplikována tkanina simulující vrstvené oblečení. Zapálení bylo provedeno pomocí hořlavé kapaliny – motorového benzínu. Po vyhoření hořlavých par kapaliny došlo k postupnému hoření vrchních živočišných tkání a po více jak pěti hodinách hoření vnitřních tkání a následně i k tepelné degradaci a rozpadu kostí. Experimentem byla potvrzena možnost tepelného rozpadu tkání v důsledku požáru.

V roce 1999 provedl tým okolo John DeHaana Ph.D. a Elayne Pope M.A. z University of Arkansas experiment na mrtvole lidského těla. Experiment ukázal, že k hoření došlo především na místech, kde je na těle lokalizováno větší množství tukové tkáně, v oblastech hlavy a periferních částí dolních a horních končetin došlo k menšímu poškození tkání. Experiment se soustředil na možnost hoření pomocí knotového efektu, zde funkci knotu nahradila hořlavá podložka – dřevěná podlaha, viz obrázek 5.



Obrázek 5 – Pohled na experiment prováděný na mrtvole; zdroj: DeHann et al., 2016

Pomocí kalorimetru byla zjištěna hodnota spalného tepla tukové lidské tkáně až ve výši 34 MJ/kg. V důsledku hoření tukové tkáně dojde i k poškození dalších typů tkání, které mají menší hodnotu spalného tepla. Jsou zde dále porovnávány vlastnosti tkání prasete domácí a lidských tkání. Na základě provedených experimentů byla



zjištěna podobnost prasečích tkání a vhodnost tohoto živočišného materiálu k simulaci vlastností lidské tkáně pro další výzkum.

### **1.2.2 Teorie tvorby ketolátek**

Tato teorie nepopisuje pochody vznikající při vlastním hoření živočišné tkáně, ale v teoretické rovině se zabývá především hořením v prvotní – iniciační fázi (Ford, 2012). Autor se opírá o možnost vzniku požáru na základě hromadění ketolátek, např. v horních vrstvách oděvů, ložního prádla nebo čalounění, které jsou uvolňovány z organismu jako následek fyziologických změn. Ketolátky jsou produkovány při jaterní beta oxidaci, kdy játra poskytnou přeměnou mastných kyselin tělu ketolátky jako alternativní zdroj energie. Mezi ketolátky se zařazuje kyselina acetyloctová (acetoacetát),  $\beta$ -hydroxybutyrát a aceton (Fontana, 2016). Nadměrná produkce ketolátek v organismu může vést ke ketoacidóze (Murray, 2002). Příčinou těchto stavů může být např. dlouhodobé hladovění, nekompensovaná cukrovka, dlouhodobý příjem tuků spolu s nedostatečným příjmem sacharidů atd. Ketolátky se vylučují močí a potem, aceton je vydycháván plícemi. Kyselinu acetyloctovou a aceton řadíme mezi ketony.

Aceton je lehce vznětlivá, bezbarvá kapalina s aromatickým zápachem. Velmi rychle se odpařuje a páry tvoří se vzduchem výbušnou směs. Páry se lehce vzněcují na horkých plochách, od jisker a od otevřeného plamene, jsou těžší než vzduch. Kapalina je zcela rozpustná ve vodě. Teplota vznícení je v intervalu 465 – 538 °C, meze výbušnosti jsou mezi 2,6 – 12,8 % objemu ve vzduchu (Steinleitner, 1980; Sedláček, 2014).

### **1.3 Ohledání místa činu**

V současnosti je povinnost zjišťování příčin vzniku požáru uvedena v § 31 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, uložená jednotlivým HZS krajů jako nedílná součást výkonu státního požárního dozoru. Zjišťováním příčin vzniku požáru jsou určeni příslušníci z řad HZS krajů – vyšetřovatelé požárů, kteří tyto činnosti provádějí v nepřetržitém pracovním režimu (GŘ HZS ČR, 2014). Základními odbornými dokumenty pro vyšetřovatele požárů jsou publikace vydávané Generálním

ředitelstvím hasičského záchranného sboru ČR (Jenerálová et al., 2000; ministerstvo vnitra, 2005).

Při požárech spojených se zraněním nebo úmrtím osob je aktivován celý systém činností, které provádí orgán činný v trestném řízení – Policie České republiky v těsné spolupráci příslušníků HZS dotčeného kraje nebo Hlavního města Prahy. V souvislosti s podezřením na spáchání trestného činu při požárech je přijata dohoda o součinnosti mezi Policií České republiky a HZS ČR ze dne 12. a 28. 6. 2005 (ministerstvo vnitra, 2004). Dohoda řeší obecné zásady koordinovaného postupu obou složek při vyšetřování příčiny vzniku požárů. Podrobnosti součinnosti mezi složkami na úrovni krajských ředitelství mohou být upraveny interními předpisy. Např. na území Jihočeského kraje je vydána metodika pro přijetí oznámení o požáru (Krajské ředitelství policie Jihočeského kraje, 2011), která usměrňuje postup policejního orgánu.

Nejdůležitějším úkonem v souvislosti s okolnostmi úmrtí je ohledání místa činu (požáru). Z kriminalistického hlediska je ohledání místa činu definováno jako *„neodkladný úkon, zaměřený na bezprostřední zjištění, zkoumání, fixaci a hodnocení situace na místě činu, stop tohoto činu, jeho pachatele a jiných údajů učinit hodnověrný závěr o mechanismu činu a ostatních okolnostech poznávané události“* (Chmelík, 2004).

Není cílem diplomové práce uvést všechny zásady správného ohledání místa činu, ale se zřetelem na specifické požadavky bezchybného zjištění příčiny vzniku požáru je potřebné provést především následující kroky a opatření:

- a) Nemanipulovat s mrtvolou do jejího ohledání
- b) Zjistit teplotu mrtvoly a okolí, včetně teploty stěn a stropu v místnosti.  
K zajištění tohoto úkonu je možno využít termovizních kamer, které jsou součástí vybavení jednotek požární ochrany HZS
- c) Zaměření mrtvoly vzhledem k půdorysu místnosti a okolním zařizovacím předmětům, popř. v přírodním terénu poloha ke stálým orientačním prvkům, možnost využití souřadnicového systému GPS
- d) Kvalitní a detailní fotodokumentace mrtvoly a navazujících míst, včetně pořízení videozáznamu, popř. využití sférických kamer, které zdokumentují celé

místo ohledání. Vždy je vhodné postupovat od velkých celků k polodetailu a následně k detailním záběrům

- e) Zajištění stop po manipulaci se zdroji tepla, zápalnými prostředky, tepelnými a elektrickými spotřebiči. Ne vždy nutně na místní vazbu, provedené ohledání i v širším okolí. Vazba na stopy vykazující nedbalostní jednání, např. ponechání zapálených svíček, odhazování nedopalků apod.
- f) Po odvozu mrtvoly z místa je nutné prohledání požářiště služebním psem Policie České republiky určeným k vyhledávání akceleračních hoření

Ohledání místa činu je neopakovatelný úkon a jako takový musí být proveden co nejdůkladnějším způsobem. K některým speciálním činnostem jsou přizváni specialisté, především z oboru elektrických zařízení, chemie a mechanoskopie. Tito specialisté jsou z jednotlivých organizačních součástí Policie České republiky a to z Kriminálního ústavu Praha nebo Odboru kriminalistických technik a expertiz příslušného kraje. Příslušník Policie České republiky, který je určený k vedení vyšetřování, si může přizvat další organizační složku HZS ČR, a to Technický ústav požární ochrany, zejména k provedení požárně technických expertiz a znaleckých posudků (Ministerstvo vnitra, 2013).

### ***1.3.1 Ohledání místa činu podle metodiky 2008-DN-BX-K131***

Důkladnější pohled na způsoby ohledání místa požáru je uveden v metodice 2008-DN-BX-K131 s názvem Recovery and Interpretation of Burned Human Remains (Symes et al., 2012) využívaná při nálezů usmrcených osob v souvislosti s požárem. Uvedená metodika popisuje na konkrétních případech nálezů ohořelých těl správný postup vyšetřujících policejních, lékařských, soudních a hasičských orgánů při zjišťování příčiny úmrtí a okolností požáru.

Uvedená metodika řeší ohledání místa požáru v šesti vzájemně propojených fázích.

První fáze je přípravná a popisuje role a povinnosti všech odborných složek před započítím vlastního ohledání místa požáru – zejména policejních, forenzních, soudních a hasičských. Jedná se o optimální nastavení systému vyšetřování takovým způsobem, aby každá odborná složka věděla co dělat a znala místo své působnosti, okruh zajišťovaných činností. V základních rysech i činnosti ostatních

již před mimořádnou událostí a na tuto rychle reagovat a dostavit se ve stanoveném čase na určená místa. Je zde dále uveden výčet všech odborných a technických složek: záchranné složky provádějící záchranné a likvidační práce (hasiči, záchranáři, včetně lékařů), policejní složka, koroner, forenzní lékař a další osoby podílející se na šetření příčiny vzniku požáru.

V druhé fázi je nastíněna struktura komunikace mezi zúčastněnými. S ohledem na přítomnost velkého množství dílčích odborníků je nezbytné vytvoření plánu vyšetřování. Tento plán popisuje vzájemný a koordinovaný postup a jasně stanovené úkoly jednotlivých složek. Účelem plánu je především snaha o eliminaci následných meziresortních konfliktů v místě ohledání. Určuje vedoucího vyšetřování, jeho úlohu a úkoly jako vedoucí složky, která řeší případné vnitřní neshody týmu. Dále je zde uveden způsob zajištění bezpečnosti všech osob na místě ohledání, především statické zajištění objektu poškozeného požárem a logistické zajištění potravin, vody a hygienického zázemí a vhodných pracovních podmínek (ochrana proti vysokým teplotám, dešti, chladu, prachu, nebezpečným látkám apod.).

Třetí fáze je dokumentační a popisuje se zde požářiště s uvedením přesných orientačních bodů (rohy budovy, výška, orientační body v terénu, poloha automobilu, těla atd.). Jedná se o tzv. statické ohledání, které popisuje stav požářiště po ukončení hoření, popř. ukončení hasebních prací. Výstupem jsou fotografie, videozáznamy, sférické zdokumentování místa v rozsahu 360° a grafické znázornění – půdorys a rozměry objektu, dopravního prostředku, přírodního prostředí, atd. K údajům o přesné poloze zájmových bodů je možné využití vhodného technického zařízení systému Global Positioning System (GPS) a geodetických pomůcek. Ve třetí fázi se provede rozdělení požářiště na sektory, ze kterých se budou následně odebírat potřebné vzorky a stopy. Materiál z jednotlivých sektorů se ukládá např. na vhodnou plachtu světlé barvy a následně proběhne ruční třídění materiálů, včetně filtrace na sítích s uložením a popisem, kde je zřejmé z jakého sektoru pochází. V této části a v částech následujících je vhodné k mechanickému odstraňování materiálu používat archeologické metody postupného odkrývání jednotlivých vrstev. Ukázka příkladného grafického znázornění

požářiště a vyznačení poškození mrtvoly, viz příloha obrázků P1, P2 a P3. Prakticky stejný pohled na způsob mapování místa požáru uvádí metodika NFPA (NFPA, 2011).

Ve čtvrté fázi se provede již detailní ohledání míst bezprostředně navazujících na lidská těla, šetrné očištění povrchu těl od napadených předmětů, sběr vzorků. V této fázi se s tělem nepohybuje. Důležité jsou záznamy před a po očištění zájmových míst (tělo, nádoby od hořlavých kapalin, tlakové lahve, polohy zbytků zařizovacích předmětů atd.). Dále se provede rozdělení zájmových a vytipovaných sektorů na menší díly.

V páté fázi se provádí již zajišťování a odběr stop. Stopy se označují číselně a to jak na vzorku, tak v plánku s uvedením výškových a délkových rozměrů. Z plánku musí být zřejmé, z jakého směru byla fotografie pořízena. Následně je řešeno šetrné uložení stop, vhodným způsobem zajištěných pro transport k dalšímu laboratornímu zkoumání. Zejména je nutné tyto stopy zajistit takovým způsobem, kdy je zabráněno kontaminaci látkami z okolí.

Je vhodné, ale také časově velice náročné, požářiště po odběru stop důkladně očistit od zbytků hoření a očistit také stavební konstrukce. Tato úprava mnohdy ukáže ohniskové příznaky, popř. odhalí nové stopy zakryté zbytky hoření a částmi stavebních konstrukcí, zařizovacích předmětů a dalších.

V poslední šesté fázi je uveden způsob dopravy vzorků a stop k dalšímu odbornému zkoumání. K dopravě je vhodné použít přiměřené velké vozidlo, tak aby nedocházelo k překrývání a vrstvení zajištěného materiálu. V případech biologického materiálu, je vhodné využití vozu s klimatizovaným přepravním prostorem, který má stálou teplotu. Tímto opatřením je zajištěno znehodnocení biologického materiálu a rozkladu tkání.

V metodické pomůcce je kladen důraz na kolektivní, týmovou práci, ve které je efektivita jednotlivce daleko vyšší. Skupina je rozdělena na deset týmů, kteří provádějí práce v následujícím chronologickém pořadí: dokumentační, fotografický, video, místně příslušná složka, pátrací (např. pes s psovodem), forenzní, pracovní tým (zajištění mechanizace, hrubé práce atd.), vyhledávací (screening team), grafický a tým zajišťující balení a ochranu vzorků. Některé týmy jsou na místě požáru po celou dobu ohledání, zejména první čtyři uvedené. Některé týmy mohou začít pracovat až v době

ukončení činnosti předchozího, např. vyhledávací tým musí dokončit práci před započítáním úkolů pracovního týmu.

#### **1.4 Požár**

Pro účely práce je nutné odlišit terminologii, co je hoření a co je již požár. Právní klasifikace požáru je uvedena v § 1 písm. m) vyhlášky č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) (Česko, 2001): „*Za požár se považuje každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy*“.

Za požár se pro potřeby HZS ČR podle interního pokynu nepovažují tyto mimořádné události (GŘ HZS ČR, 2014):

- a) *výbuch výbušnin, pokud nedojde k dalšímu hoření po výbuchu,*
- b) *hoření vinutí elektrických točivých strojů, pokud nedojde k rozšíření mimo prostor vinutí,*
- c) *žhnutí (bezplamenné hoření) elektrické instalace, pokud nedojde k rozšíření mimo tuto instalaci,*
- d) *kontrolované hoření v rámci výrobního procesu, nebo technologického postupu.*

#### **1.5 Hoření**

Hoření je chemická reakce, kterou doprovází fyzikální procesy – světlo a teplo. Hoření vzniká a pokračuje za předem definovatelných podmínek. Přítomnost hořlavého souboru a dostatečného zdroje zapálení jsou faktory vzniku vlastního procesu hoření. Hoření je při rozvoji ohraničeno především difusními pochody, které ovlivňují tvorbu hořlavé látky a odvod produktů hoření do okolí.

Hořlavý soubor je směsí hořlavé látky a vhodného oxidovadla. Hořlavá látka se může vyskytovat ve všech skupenstvích – pevném, kapalném a plynném. Tyto látky jsou schopné za určitých podmínek hořet nebo vytvářet produkty schopné hoření. Oxidačním prostředkem je látka, která při chemické reakci předává kyslík a umožňuje oxidaci. Hoření, respektive hořlavost látky, je závislé na afinitě ke kyslíku. Běžným

oxidačním prostředkem je vzdušný kyslík, kterého je v běžných podmínkách 21 % (Masarykova univerzita, 2014). Pokles podílu kyslíku v ovzduší pod hranici 15 % způsobí u většiny látek a materiálů přerušeni procesu hoření.

Hoření rozdělujeme do třech fází. Tyto fáze na sebe navazují a vzájemně se ovlivňují. Jedná se o fázi iniciační, propagační a terminační. V iniciační fázi dojde k zapálení hořlavé látky. Propagační fáze je samotné hoření látky, můžeme zde hovořit o době jejího intenzivního hoření. Terminace procesu hoření navazuje na propagační fázi. V této době se intenzita hoření snižuje až do stádia přerušeni hoření. Pro vlastní zjištění příčiny vzniku požáru je základním předpokladem určení iniciační fáze a případný přechod požáru do dalších fází.

### **1.5.1 Sdílení tepla**

Při hoření dochází k předávání tepla do navazujícího okolí třemi typy: vedením, prouděním a sáláním. U většiny hoření se jedná o vzájemnou kombinaci všech těchto veličin.

Sdílení tepla formou vedení (kondukcí) se uplatňuje zejména u látek pevných. K přenosu dochází v nestejně ohřátém prostředí (tělese). Předávané teplo vždy přechází z látky o vyšší teplotě do látky o teplotě nižší. Schopnost vedení tepla je závislé na součiniteli tepelné vodivosti látky, který je různý a u téže látky se mění s výší teploty.

Přenos tepla prouděním (konvekcí) je realizován u kapalin a plynů prouděním částic v důsledku rozdílných teplot a tím i hustoty plynu nebo kapaliny. V čisté formě neexistuje (Blahož et al., 1996), vždy je doprovázen současně vedením tepla.

Záření (radiace) není na rozdíl od dvou předcházejících způsobů přenosu tepla závislé na hmotném prostředí. Přenos je realizován pomocí elektromagnetického vlnění. Toto vlnění souvisí se změnami vnitřní energie tělesa. Při dopadu energie na povrch tělesa, dojde k pohlcení části této energie tělesem a následně se zvýší energie tohoto tělesa. Část energie se od tělesa odrazí nebo projde tělesem. Schopnost pohltivosti nebo odrazivosti záření u tělesa (látky) závisí především na dvou faktorech a to na jakosti povrchu a barvě. Záření se často podílí na vzniku a především na rozvoji a šíření hoření do okolí na hořlavé látky a má velký význam v požární ochraně.

### ***1.5.2 Iniciace procesu hoření***

Iniciace procesu hoření je prvotním předpokladem zapálení hořlavého souboru. Rozlišujeme tři základní druhy zahájení procesu hoření, které rozdělujeme podle následujícího typu zdroje zapálení a působení tepla (Kvarčák, 2006):

- a) Přímé působení vnějšího zdroje zapálení. Například se jedná o otevřený plamen, jiskru nebo teplo vznikající při nežádoucích elektrických stavech (přechodový odpor, zkrat nebo proudové přetížení).
- b) Působením vnějšího zdroje tepla zářením nebo vedením. Příkladem je působení horkých zplodin hoření na okolní látky a materiály (např. ve spalinové cestě), přenos tepla v materiálech schopných vést teplo (např. v ocelových prvcích). Schopnost zapálení látky nebo materiálu v důsledku působení vnějšího tepelného zdroje je závislé na emisivitě dané látky.
- c) Zapálení bez účinku vnějšího zdroje, příklad: samovznícení, chemická reakce.

Pro úspěšné zapálení je nutné, aby teplota zápalného zdroje byla stejná nebo vyšší, než je teplota vznícení hořlavé látky. Nutnost dodání dostatečného množství energie po určitý čas tak, aby byl zahájen proces hoření, také závisí na formě zapalované látky. Látky s velkým povrchem a vysokým stupněm promísení s oxidačním prostředkem lze zapálit shodným zdrojem rychleji než látky s povrchem menším s nedostatečnými možnostmi přístupu oxidačního prostředku. Zjednodušeně lze říci, že reakční schopnosti lze dosáhnout zvyšováním dělitelnosti látky (Schreiber, 1972).

### ***1.5.3 Propagace procesu hoření***

V propagační fázi dochází k vlastnímu hoření a to v plamenné nebo bezplamenné formě a rozvoji celého procesu hoření. Po zapálení látka hoří, emituje teplo a produkty hoření. Produkty hoření částečně vstřebávají část energie vzniklé hořením, zvětšují svůj objem a snižují objemovou hmotnost a jsou unášeny vzhůru. Při přenosu tepla je stěžejní plocha hořlavé látky v blízkosti místa hoření. Teplo je zde dopravováno především vedením v látce, sáláním od produktů hoření a radiací od plamene.

Po dosažení teploty vznícení plyných produktů hořlavé látky dojde k jejich zapálení, které je charakterizováno plamenem. Jedná se o kontinuální proces pokračující



od míst zapálení a způsobuje další zapalování hořlavé látky. Tento proces nazýváme rychlost šíření plamene. Tato rychlost závisí na velkém množství podmínek, především na chemických a fyzikálních vlastnostech látky jako je měrné teplo, tepelná vodivost (závisející na objemové hmotnosti) a podíl vlhkosti v látce (procento vlhkosti). Dalším faktorem je koncentrace hořlavých par a plyných produktů hoření, velikost vyzařované plochy, celkové množství hořlavé látky a další. Rychlost hoření je charakterizována poklesem hmotnosti hořlavé látky v závislosti na čase a ploše, udává se v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Při hoření látek je uvolňováno teplo, které označujeme jako výhřevnost. Jedná se o energetický potenciál látky vzniklý jejím shořením a stanovuje se v laboratorních podmínkách. V praxi je energie uvolněná při hoření menší (Kvarčák, 2006).

#### ***1.5.4 Terminace procesu hoření***

Po fázi propagační, která je charakterizována intenzivním hořením, nastává terminační fáze – ukončení procesu hoření. K přerušení procesu hoření dojde v případě narušení základních podmínek existence hoření. Bez cílené činnosti člověka (např. při hašení požáru) se jedná o prosté vyhoření hořlavých látek, snížení koncentrace oxidovadla dodávaného do prostoru hoření, nebo pokles teploty v prostředí. Tyto tři mechanismy zániku hoření se uplatňují u přirozeného, samovolného ukončení hoření a v případě požárů můžeme mluvit o tzv. samouhašení. Terminace procesu hoření formou zpomalování reakce hoření, snížení koncentrace hořlavých par a plynů se využívá při cílené činnosti člověka např. při hašení požáru, v technologiích apod. a jsou pro účely této práce nevýznamné.

#### ***1.5.5 Zdroj zapálení, teplota vznícení***

Podmínkou pro vznik procesu hoření je přítomnost dostatečného zdroje zapálení. U zdroje zapálení jsou potřebné dvě složky, a to zdroj dosahující teploty, zde mluvíme nejčastěji u pevných a kapalných hořlavých látek o teplotě vznícení. Druhou složkou, závislou na zahájení procesu hoření z hlediska účinného zapálení, je energie takového zdroje (Kvarčák, 2005).

Pokud je množství tepla zahřívání látky větší než teplo odváděné do okolí, tato látka se ohřívá a po určité době může dojít k jejímu zapálení. Tato doba závisí

na schopnosti látek a materiálů uvolňovat při působení tepelného zdroje hořlavé produkty (plyny a páry), které po promísení s oxidačním prostředkem hoří při dosažení limitní teploty.

Okolní prostředí člověka je tvořeno pestrou směsicí látek a materiálů (např. dřevo, plasty, papír, textilie), které mají teplotu vznícení v intervalu cca 300 – 500°C, viz vybrané hořlavé látky, tabulka 2. Oproti tomu většina zdrojů zapálení je schopná dosahovat teplot mnohem vyšších vyšší, viz vybrané zdroje, tabulka 1. Teplota vznícení je základní údaj charakterizující hořlavé vlastnosti látky.

*Tabulka 1 – Přehled základních zápalných zdrojů*

Typ zdroje	Charakteristika zdroje
Cigareta	Volně položená cigareta, doba tlení 9-18 min., teplota rozžhaveného uhlíku 325 – 350 °C, jiný zdroj 228 – 750 °C
Svíčka	Doba hoření desítky minut až několik dní, teplota plamene 640 – 900 °C
Zápalka	Výška plamene 10 – 30 mm, doba hoření 10 – 20 s, teplota plamene 540 – 720 °C,
Zapalovač	teplota plamene 540 – 720 °C, jiný zdroj 650 – 860 °C

*Zdroj: (Stejskal et al., 2011; Stejskal et al., 2012; Kvarčák, 2005 )*

### **1.5.6 Samovznícení**

*„Teplu potřebné na zapálení látky v případě procesu samovznícení vzniká v látce samotné jako důsledek chemických, fyzikálních nebo biologických procesů“* (Balog, 1999). Samovznícení je souhrnný proces, který probíhá samovolně od prvotního nárůstu teploty až k dosažení teploty, při které dojde k samovznícení látky nebo materiálu. Zdrojem energie při samovznícení je vlastní samozahřívání látky. Důsledkem celého procesu je hoření látky. Podmínkou pro samovznícení, stejně shodně jako u vznícení je, aby teplo odváděné od látky bylo menší než teplo k látce přiváděné. K samozahřívání látky dochází v důsledku fyzikálních, chemických nebo biologických procesů. Podle tohoto je samovznícení rozdělujeme podle Brumovské do třech skupin (Brumovská, 2008):

- a) Fyzikálně chemické samovznícení, které je způsobené adsorpcí plynů a par nebo tepelné samovznícení.
- b) Chemické samovznícení vznikající při kontaktu látky s kyslíkem, oxidačním prostředkem nebo s vodou.

c) Biologické samovznícení je způsobené biologickými procesy probíhajícími v rostlinných materiálech.

Příkladem fyzikálně chemického samovznícení je samovznícení uhlí, zde je adsorpčním činidlem je uhlík. Tepelné samovznícení vznikne v případě omezeného odvodu tepla od zahřívání látky. Teplo se zde akumuluje až na teplotu vznícení dané látky.

Pokud dojde při kontaktu dvou nebo více rozdílných látek k exotermické reakci, mluvíme zde o chemickém samovznícení. Podle povahy látky rozdělujeme tento typ na samovznícení způsobené v důsledku kontaktu s kyslíkem, vodou nebo s oxidačním činidlem. Do skupiny chemického samovznícení patří také některé tuky a oleje, které obsahují nenasycenou vazbu. Především se jedná o látky přírodního původu. Typickým příkladem je chemická reakce lněné fermeže nasáklé do vhodné porézní tkaniny v prostředí s omezeným odvodem tepla. Pokud látka při kontaktu s vodou reaguje exotermicky (uvolňuje velké množství tepla), hovoříme zde o samovznícení způsobené vodou. Mezi tyto látky patří např. alkalické kovy (draslík, sodík, cesium), vápník, karbid vápenatý a další. Běžně dostupnou látkou, která takto reaguje s vodou je např. nehašené vápno používané ve stavebnictví k výrobě stavebních výrobků. Při kontaktu nehašeného vápna s vodou dojde k vývinu velkého množství tepla, které je za určitých podmínek schopné zapálení okolních hořlavých látek. Samovznícení způsobené stykem látky s oxidačním prostředkem je zapříčiněno snížením teploty vznícení dané látky. Typicky se jedná o kontakt kyslíku s látkou, která obsahuje tuky a oleje.

Nejběžnějším typem je biologické samovznícení. K biologickému samovznícení jsou náchylné rostlinné látky – sláma, seno, piliny. Jedná se o látky, které obsahují rostlinou celulózu. Podmínek pro zahájení procesu samovznícení je několik: vlhkost, množství látky a omezený odvod tepla.

V dostupné odborné literatuře není popsána náchylnost živočišných tkání k samovznícení. V metodice NFPA, která stanoví určité zásady při vyšetřování požárů, jsou živočišné tkáně uvedeny jako látky, které nejsou schopny samovznícení (NFPA, 2011).

## **1.6 Hořlavé látky, materiály a lidské tkáně**

V rozsahu stanoveného zadání práce dochází ve sledovaných případech hoření osob k hoření látek a materiálů, které obklopují tělo a vlastní lidské tkáně.

### **1.6.1 Hořlavé látky a materiály**

V prostředí domácností dochází k požárům především pevných látek. Kapalné a plynné látky se zde nevyskytují ve velkém množství oproti např. přítomnosti ve výrobních a skladových provozech. Je předpoklad, že v prostředí domácností se mohou tyto hořlavé plyny a hořlavé kapaliny podílet na příčinách vzniku požáru v souvislosti s neodbornou manipulací nebo nedbalostním jednáním jako akceleranty hoření.

Místa, kde byly oběti požárů nalezeny, jsou svým vybavením typická pro domácnosti. U sledovaných požárů nejsou zasaženy stavební konstrukce domů, s výjimkou konstrukcí materiálů podlah, které jsou zpravidla dřevěné, popř. je hořlavá podlahová krytina.

V domácnostech je dřevo součástí nábytku, obkladů stěn nebo podlahových krytin. Jsou ve formě masivního dřeva, vrstvených překližek nebo dřevovláknitých lisovaných desek a dalších. Dřevo je hořlavý materiál, jeho hlavní složky tvoří stavební polysacharóza 65-70 %, která je složená s celulózy 40-50 % a aromatického podílu tvořeného ligninem 15-35 %. Dřevní hmota obsahuje 49,5 % uhlíku, 6,3 % vodíku a 44,2 % kyslíku. Výrazný termický rozklad dřevní hmoty nastává při teplotách nad 220 °C. Teplota vznícení výrobků vyrobených z materiálů na bázi dřeva je převážně v intervalu 270 – 470 °C (Kačíková, 2006).

Součástí domovního vybavení jsou plošné tkaniny, čalounění, netkané textilie, koberce apod. Tyto materiály jsou vyrobeny z přírodních látek (bavlna, len, vlna), umělých látek (polyestery, polypropyleny, polyuretany atd.), nebo jejich vzájemnou kombinací. Jedná se o látky, které jsou hořlavé, a mnohé lze zapálit pouhým kontaktem s plamenem vhodného iniciačního zdroje. Základní požárně technické charakteristiky pro vybrané hořlavé látky a materiály, viz tabulka 2.

Dalším typem látek, které se vyskytují a kterými se člověk obklopuje, jsou plasty. „Plasty jsou látky specifických vlastností, jejichž podstatou jsou organické polymery“

(Masařík, 2006). Polymery jsou organické látky, sloučeniny uhlíku, o vysoké molekulové hmotnosti. Polymery se dělí podle vlastností na plasty a elastomery (ČSN EN ISO 472, 2015). Plasty se dělí podle chování vlivem působení tepelné energie na termoplasty a reaktoplasty. Zjednodušeně lze uvést, že termoplasty jsou schopné po opakovaném ohřevu opět měknout, reaktoplasty nikoliv. Plasty (polymery) se používají ve formě podlahových krytin (polyvinylchlorid), lůžek do matrací (polyuretan), zateplení podlah a izolačních podložek (lehčený polystyrén) apod. Plasty se při vzniku požáru a dalším hoření chovají různě a závisí na mnoha faktorech, především na chemickém složení a druhu a množství přísad. Termoplasty při hoření měknou a taví se, následně hořící odpadávají a odkapávají, což může přispívat k šíření požáru. Reaktoplasty se při požáru netaví, mají větší tendenci k uhelnatění.

Poslední druhem hořlavých materiálů, které se podílejí na dotčených požárech, jsou oděvy. Typické oblečení je vrstvené a skládá se zpravidla ze spodního prádla, a v závislostech na požadavcích tepelného komfortu dalších vrstev. Oděvy jsou vyrobeny z přírodních látek (bavlna, len, vlna), umělých látek (polyestery, polypropyleny) nebo jejich vzájemnou kombinací, tzv. směsných látek. Základní požárně technické charakteristiky, viz tabulka 2.

*Tabulka 2 – Přehled základních požárně technických vlastností vybraných látek a materiálů*

	Teplota žhnutí [°C]	Teplota vznícení [°C]	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	Použití, příklad
Borové dřevo	295	399	17	Nábytek, stavební konstrukce, palivo
Bavlna nemačková	-	410	16	Ložní prádlo, oblečení, závěsy
Vlna	-	590	21	Oblečení, pokrývky, lůžkoviny
Polypropylén	-	380-480	35	Podlahová krytina, automobilový průmysl, elektroinstalace
Polyuretan (PUR)	-	370-420	26,7	Matrace, izolační náplně
Polyester (PES)	-	500	24	Oděvy, izolační náplně
Polyetylén (PE)	-	350	43	Oděvy, elektroinstalace, obaly na potraviny, nádobí
Polyamid	-	510	31	Oděvy, elektroinstalace

*Zdroj: Kislínger, 2015; ČSN 730824, 1992*

V současné době jsou hlavně izolační vrstvy vyrobeny ze syntetických látek, především z polyesterových vláken. S ohledem na strukturu a charakter těchto materiálů se jedná o látky, které jsou hořlavé, a mnohé lze zapálit pouhým kontaktem s plamenem vhodného zdroje.

Pro účely této práce jsou u hořlavých materiálů podílejících se na hoření důležité hodnoty teploty vznícení a hodnoty výhřevnosti materiálů.

### **1.6.2 Lidské tkáň**

Tkáň jsou základními stavebními složkami živočišného těla. Tkáň jsou děleny do čtyř základních skupin: epitelová, pojivová, svalová a nervová (Tichý, 2000).

Pro účely diplomové práce je důležitá kůže, která je prvotně vystavena tepelným účinkům požáru. Kůže je největším jednotlivým orgánem těla a představuje přibližně 16 % jeho celkové hmotnosti (Königová et al., 2010). Skládá se ze dvou základních částí: epitelové (pokožka) a vazivové (škára). Tloušťka kůže je různá, na zádech je silná cca 4 mm, nevlasatá část hlavy 1,5 mm a na rtech a očních víčkách méně jak 1 mm. Díky potním žlázám a cévním plexům má pokožka schopnost omezovat působení tepla na organismus. Nicméně pouze omezuje, v případě velkého tepelného namáhání s razantním nástupem nestačí cévy a potní žlázy včas reagovat a ochlazovací efekt se omezí pouze na odpaření vody z kůže s následným poškozením hlubších vrstev (Königová et al., 2010).

Dalším významným zastoupením jsou pojivové tkáň: vazivové, chrupavčité a kostní. Součástí vazivové tkáň jsou např. fibrocity a tukové buňky. Fyziologický podíl tělesného tuku u člověka je závislý na pohlaví, stupni obezity a stáří jedince. V závislosti na těchto faktorech se podíl tuku pohybuje od méně jak 10 % až po více jak 40 % tělesné hmotnosti jedince (Svačina, 2008).

Kost je mineralizovaná pojivová tkáň. Skládá se z minerální a organické složky. Minerální složka je tvořena anorganickou složkou krystaly solí – fosforečnanem vápenatým a hydroxyapatitem, organická složka je z kolagenních fibril a amorfni hmoty. Minerální složka tvoří cca 50 % podíl na hmotnosti kosti (suché váhy) (Tichý, 2000).

Svalovou tkáň dělíme na hladkou svalovou tkáň (útrobní), příčně pruhovanou kosterní tkáň a srdeční tkáň. Kosterní svalstvo tvoří 40 % hmotnosti, hladké svalstvo 3 % hmotnosti. Chemické složení svalových tkání tvoří anorganická složka – 75 % hmotnosti (voda, vápník, draslík, sodík), zbytek je tvořený organickou bílkovinnou složkou (aktin a miozin) (Hanzalová et al., 2004).

Z hlediska chemického složení lidského těla jsou nejdůležitějšími složkami proteiny, tuky, sacharidy, voda a minerály. Člověk o hmotnosti 65 kg má cca 11 kg proteinů, 9 kg tuku, 1 kg sacharidů, 40 kg vody a 4 kg minerálů. Hlavními stavebními prvky většiny biomolekul jsou uhlík, kyslík, vodík a dusík, jedná se tzv. biogenní prvky. Uhlík je zastoupen 50 %, kyslík 20 %, vodík 10 % a dusík 8,5 % - složení prvků na suchou hmotnost (Murray, 2002).

### ***1.6.3 Chování živočišných tkání při požáru***

Podle výzkumu, který prováděl John DeHaan Ph.D. s kolektivem (DeHann et al., 1999; DeHann et al. 2016) na prasečí a lidské tkáni probíhá požár osob v několika fázích. Prvotně dojde k samotné iniciaci vrchního oděvu, pokrývky, čalounění apod. Podle pokusných experimentů došlo během dvou minut k rozšíření hoření na celý povrch oblečeného těla. Podmínkou dalšího pokračování procesu hoření tkání těla je působení dostatečného množství tepelné energie uvolňované při hoření oděvů a okolních hořlavých látek na povrch těla v délce alespoň pěti minut, kdy dojde k zahřátí a rozdělení tukové tkáně a uvolňování zkapalněného tuku do vrstev oblečení, podložky apod. Takto uvolněný tuk je zde schopen dále hořet. Další hoření je závislé na více podmínkách a to množství tukové tkáně, podílu vody v organismu, hořlavosti a výhřevnosti okolních materiálů a látek. Tepelná energie uvolňovaná při hoření tukové tkáně je schopná způsobit zuhelnatění a rozpad kostní tkáně.

### ***1.7 Průběh experimentu John DeHaana***

Experimenty DeHaana (DeHann et al., 1999; DeHann et al. 2016) byly prováděny na tkáních živočišného původu a na lidské tkáni. K porovnání hořlavých vlastností s lidskou tukovou tkání byl vybrán vzorek tukové tkáně z prasete domácího. Na základě výsledků laboratorních zkoušek z kuželového kalorimetru výzkumný tým došel

k závěru, že pro účely simulace hoření je vhodné jako náhrada za lidskou tukovou tkáň prasečí tkáň, která má shodné vlastnosti. Spalné teplo vepřové tukové tkáně je v intervalu 24 – 32 MJ.kg<sup>-1</sup>. Lidská tuková tkáň má spalné teplo ve výši 24 – 34 MJ.kg<sup>-1</sup>. Na základě těchto poznatků byly navrženy a provedeny experimenty, které zkoumají chování tukové tkáně v reálných podmínkách požárů. Experimenty byly prováděny v místnosti kalorimetru v California Department of Consumer Affairs – Bureau of Home Furnishings (BHF). Jedná se o kuželový kalorimetr o rozměru 3 x 3,6 x 2,5 m. Kalorimetrem byla měřena rychlost uvolňování tepla HRR (heat release rate) (Kučera, 2009). Experimenty byly prováděny na vzorcích o hmotnosti okolo 50 kg na praseti domácím. Další experiment byl proveden na zbytcích pouze tukové tkáně o celkové hmotnosti 26 kg. Dílčí experimenty byly provedeny na menších vzorcích tukové tkáně do hmotnosti 2 kg.

### ***1.7.1 Výsledky experimentu John DeHaana***

Při působení tepelného toku ve výši 35 kW.m<sup>-2</sup> na tukovou tkáň, dojde k postupnému zkapalňování tuků. Za těchto podmínek je rychlost uvolňovaného tepla (HRR) pro lidskou tukovou tkáň v intervalu 150 – 220 kW.m<sup>-2</sup>, pro prasečí tkáň je tato hodnota v intervalu 190 – 250 kW.m<sup>-2</sup>. Při působení tepelného toku 50 kW.m<sup>-2</sup> byla naměřena rychlost uvolňování tepla pro prasečí tkáň od 190 kW.m<sup>-2</sup> do 250 kW.m<sup>-2</sup>. Hodnota rychlosti uvolňovaného tepla při hoření živočišné tkáně je závislá na podílu tukové složky, která je z hlediska složení tkání (svalová, kostní a tuková) pro hoření nejvýznamnější, a je v intervalu 30 až 50 kW.m<sup>-2</sup>. Při hoření pouze tukové složky je rychlost uvolňování tepla výraznější a může dosahovat hodnot až 120 – 130 kW.m<sup>-2</sup>. V průběhu experimentů byla maximálně dosahovaná teplota při hoření tkáně z prasete domácího 880 °C, u tkáně lidské 913 °C. Hmotnostní ztrátovost při zkouškách hoření živočišné tkáně je v intervalu 1 až 3 g.s<sup>-1</sup> a závisí na podílu tukové složky a charakteru okolních hořlavých látek.



## **2 Výzkumná otázka a metodika výzkumu**

### **2.1 Výzkumná otázka**

Při řešení byla soustředěna pozornost na nalezení odpovědí na dvě výzkumné otázky, a to: a) může dojít k hoření živočišné tkáně?, b) jaké jsou mechanismy vzniku a průběhu hoření živočišné tkáně?

### **2.2 Metodika výzkumu**

Experiment na tkáni živočišného původu byl navržen na základě syntézy dostupné odborné literatury, která souvisí se zvoleným tématem, zabývající se možnostmi hoření živočišných tkání v podmínkách požáru. Prvotně se jedná o analýzu a rešerši konkrétních požárů evidovaných HZS ČR a v zahraničí, včetně vlastních poznatků a zkušeností vyšetřovatele požárů HZS ČR při šetření příčiny vzniku požáru jako nedílnou součást výkonu státního požárního dozoru. Na základě těchto poznatků je navržen experiment na živočišné tkáni provedený v laboratorních podmínkách na shodných vzorcích s různě nastaveným způsobem aplikace hořlavých látek na povrch a v okolí vzorku.

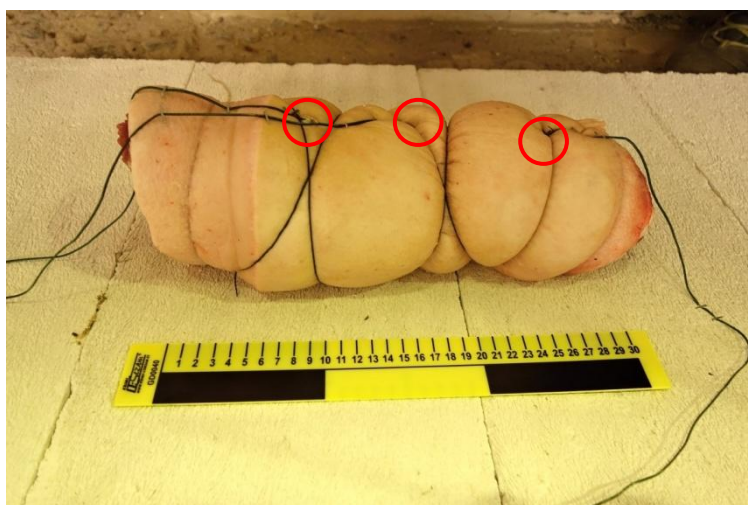
Hlavním zdrojem teoretických informací pro vyhodnocení a odpovědi o vlastnostech látek, materiálů a jednotlivých pochodů hoření jsou metodické pomůcky HZS ČR, které se věnují problematice zjišťování příčin vzniku požárů. Dále jsou využity poznatky z celého spektra odborné literatury, která se týká dané problematiky, a to především z Edice SPBI SPEKTRUM.

Na základě získaných informací byly k experimentu navrženy živočišné tkáně z prasete domácího, lat. *Sus scrofa f. domestica*, které byly jednotně upraveny do podoby vzorku s podílem svalové, tukové a kostní tkáně, včetně kůže.

K realizaci experimentu byla vybrána akreditovaná laboratoř společnosti PAVÚS, a.s. – požární zkušebna číslo 1026, ve Veselí nad Lužnicí (Osvědčení o akreditaci, 2015). Úprava hmotnostně a velikostně shodných vzorků byla provedena tak, aby se následně po provedení experimentu mohl posoudit vliv typicky vrstveného oblečení, hořlavé podložky a příkrývky.

### 2.3 Příprava vzorků k experimentu

Živočišné tkáně byly získány z certifikované porážky jatečných prasat ve společnosti Kostecké uzeniny a.s., provozovna Planá nad Lužnicí v den konání experimentu. Tkáně byly po zpracování na požadovanou velikost uchovány v tepelně izolovaném obalu způsobem, aby nedošlo k rychlému ochlazení vzorků. Ke zkoušce bylo připraveno celkem šest vzorků, označených číselnou řadou od jedné do šesti. Vzorky byly vyrobeny z boku prasete domácího, který obsahuje svalovou, tukovou a kostní tkáň. Konkrétně se jedná o střední část boku krajiny těla prasete (Majzlík et al., 2012) o velikosti čtverce cca 350 mm. Vzorek byl vytvarován do válcového tvaru způsobem napodobujícím část dolní končetiny člověka. Požadovaný tvar byl zajištěn omotáním tenkého vázacího ocelového drátu o průměru 1 mm, viz obrázek 6. Zvolenou úpravou vznikl vzorek, který měl přibližně tvar válce o délce strany cca 350 mm a průměru 150 mm. Hmotnost jednotlivých vzorků se pohybovala od cca 3 000 g do 3 500 g.



Obrázek č. 6 - Způsob provedení vzorku připraveného k experimentu ve zkušební komoře (termočlávková čidla označena červeně), zdroj: vlastní výzkum

### 2.4 Metodika záznamu a měření

#### 2.4.1 Podmínky experimentu, měřené veličiny

Experiment byl proveden v prostoru zkušební pece s atmosférickým (přirozeným) odtahem zplodin hoření do volného ovzduší ve vnitřní místnosti, temperované na teplotu mezi 15 °C až 17 °C. Z časových a prostorových důvodů byly prováděny

vždy dvě zkoušky současně. Začátek zkoušky byl závislý na ukončení hoření na předchozí zkoušce a času potřebného k přípravě dalšího vzorku. Při experimentu byl zanedbán vliv výměny vzduchu v prostoru zkušebny.

K experimentům bylo zvoleno místo na podlaze ve střední části zkušební pece. Vzorky byly umísťovány na pěnosiilikátové tvárnice umístěné na sraz. Tvárnice výrobce YTONG jsou vyrobeny z autoklávovaného pórobetonu kategorie I, třída reakce na oheň – A1, nehořlavé (Xalla CZ, 2015).

Teplota vzorků se pohybovala okolo 25 °C. Zapálení vzorku se jednotně realizovalo pomocí 100 ml gelového podpalovače výrobce společnosti Severochema družstvo pro chemickou výrobu, Liberec (Sedláček, 2014). Gelový podpalovač je hořlavou kapalinou I. třídy nebezpečnosti podle klasifikace technické normy ČSN 650201 (ČSN 650201, 2003). Odlišné zapálení bylo realizováno pouze u vzorku č. 1, u kterého proběhl pokus o zapálení pomocí působení plamene plynového zapalovače vnějšího povrchu živočišné tkáně.

Před provedením vlastní zkoušky byla u každého vzorku změřena jeho délka, průměr, hmotnost a teplota na povrchu. Tyto veličiny byly opětovně zjištěny po ukončení zkoušky a celkovém ochlazení vzorku.

Dále byl měřen čas od počátku iniciace po ukončení procesu hoření. Iniciací bylo definováno zapálení hořlavých par tekutého podpalovače. Zkouška byla ukončena na základě vizuálního zjištění ukončení procesu hoření (plamenného i bezplamenného).

Teplota vzorku byla získávána z termočláňkových čidel v počtu tří kusů umístěných lineárně na horním povrchu vzorku a zajištěných na vzorku živočišné tkáně ocelovou sponou.

Teplota okolí byla měřena termočláňkovými čidly ve vzdálenosti čtverce o straně cca 200 mm v podélné ose vzorku a 200 mm od povrchu střední části vzorku. Výškově se teplotní čidla nacházela 300 mm nad podlahou prováděného experimentu. Zajištění termočláňkových čidel bylo pomocí stojanu provedeného z ocelového vázacího drátu o průměru 2 mm. Všechna data byla měřena v soustavě jednotných, odvozených a vedlejších fyzikálních jednotek soustavy Systéme International d'Unités (časopis Elektro, 2010).

#### **2.4.2 Technické vybavení**

K měření teploty termočláňkových čidel umístěných na povrchu vzorků a teploty vznikající při hoření vzorků – včetně hodnoty času – bylo využito záznamové zařízení akreditované zkušebny. Jedná se o laboratorní záznamový a vyhodnocovací přístroj výrobní značky AHLBORN – ALMENO 5990 – 2, s programovým vybavením Almeno 4.7, který zpracovává výsledky měření hodnot teploty na termočláňkových čidlech (Produktový list, 2005). Výstupem z přístroje jsou data ve formátu tabulkového programu EXCEL. Záznam měřené teploty na termočláňkových čidlech byl nastaven v intervalech vždy po jedné minutě. Získané hodnoty jsou ve stupních Celsia.

Teplotní spektrum průběhu zkoušky bylo orientačně zaznamenáváno termokamerou značky ARGUS FIRE s teplotním rozsahem od - 40 °C do 1 000 °C. Výstupem z termokamery je uložený obrázek ve formátu jpeg (Produktový list, 2012).

K měření hmotnosti byla využita příruční digitální váha SENCOR, model SKS 4000. Hmotnost je měřena v jednotkách gramů.

Vzorky byly v průběhu experimentu zaznamenávány staticky fotoaparátem Canon EOS 6D s objektivem Canon 17-40/4 s nastavením ohniskové vzdálenosti 17 mm. Dynamické pořizování fotografií průběhu zkoušky bylo prováděno fotoaparátem Sony RX 100 I. Výstup z fotoaparátů byl obrazový ve formátu jpeg.

#### **2.4.3 Úprava vzorku č. 1**

Vzorek č. 1 je bez úpravy a dodatečné aplikace simulující oblečení. Vzorek je umístěn na nehořlavé podložce z pěnasilikátových tvárnic.

#### **2.4.4 Úprava vzorku č. 2**

Úprava vzorku č. 2 je shodná se vzorkem č. 1, tj. bez úpravy a dodatečné aplikace simulující oblečení. Vzorek je umístěn na nehořlavé podložce z pěnasilikátových tvárnic. K zapálení povrchu živočišné tkáně je použito 100 ml (88 g) gelového podpalovače PE-PO, obsahující 75% podíl etanolu. Normová výhřevnost etanolu (ČSN 730824, 1992) je 25 MJ.kg<sup>-1</sup>, což je na množství 100 ml (88 g) 2,2 MJ.

#### **2.4.5 Úprava vzorku č. 3**

Na vnější povrch vzorku č. 3 bylo aplikováno několik vrstev látek simulujících oblečení ve skladbě: bavlněný knot o šířce 50 mm omotaný v jedné vrstvě na vnějším povrchu vzorku, bavlněná tkanina používaná na oblečení a následně látka typu fleece, což jsou látky z polyesteru (PES). Skladba byla ukončena tzv. „šustřákovou“ tkaninou z polyesterových vláken (PES). K zapálení je použita aplikace 100 ml (88 g) gelového podpalovače PE-PO tak jako u vzorku č. 2 o výhřevnosti 2,2 MJ. Na povrch jsou aplikovány textilie v množství: 80 g polyesterové tkaniny (fleece a „šustřáková“ tkanina) a 102 g bavlněné textilie (knot a bavlněná tkanina). Normová výhřevnost polyesteru je  $27 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , na množství 80 g je výhřevnost 2,16 MJ. Normová výhřevnost bavlněných textilií je  $21 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , na množství 102 g je výhřevnost 2,14 MJ.

Celková výhřevnost hořlavých látek aplikovaných na povrch vzorku č. 3 je  $2,16 + 2,14 + 2,2 = 6,50 \text{ MJ}$ . Vzorek je umístěn na nehořlavé podložce z pěnasilikátových tvárnic.

#### **2.4.6 Úprava vzorku č. 4**

Povrch vzorku č. 4 byl upraven shodně jako vzorek č. 3. ve skladbě: bavlněný knot o šířce 50 mm v jedné vrstvě omotaný na vnějším povrchu vzorku, následuje bavlněná tkanina používaná na oblečení a vrstva z látky typu fleece, což je tkanina z polyesteru (PES). Skladba oblečení byla ukončena tzv. „šustřákovou“ tkaninou z polyesterových vláken. K zapálení je použita aplikace 100 ml (88 g) gelového podpalovače PE-PO obsahující 75% podíl etanolu. Celková výhřevnost hořlavých látek aplikovaných na povrch vzorku je 6,50 MJ, viz bod 2.4.5.

Vzorek byl umístěn na hořlavé podložce. Podložka je vyrobena z dřevěné desky z masivního jehličnatého borovicového dřeva z tzv. podlahových palubek tl. 25 mm o celkové hmotnosti 2 200 g. Rozměr desky je 510/330 mm. Na horní část je aplikována kobercová krytina ze syntetických vláken obchodního typu JEKOR o totožném rozměru s dřevěnou deskou. Hmotnost koberce je 150 g. Normová výhřevnost jehličnatého dřeva je  $17 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , na množství 2 200 g je výhřevnost 37,4 MJ. Normová výhřevnost koberce typu JEKOR (koberec vypichovaný) je  $35 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , na množství 150 g je 5,25 MJ.

Celková výhřevnost hořlavých látek aplikovaných na povrch vzorku a podložku z hořlavých látek je  $6,50 + 37,40 + 5,25 = 49,15$  MJ.

#### **2.4.7 Úprava vzorku č. 5**

Povrch vzorku č. 5 byl upraven shodně jako vzorek č. 4. ve skladbě – bavlněný knot o šířce 50 mm v jedné vrstvě omotaný na vnějším povrchu vzorku, bavlněná tkanina používaná na oblečení a následně látka typu fleece, což jsou látky z polyesteru (PES). Skladba byla ukončena tzv. „šustákovou“ tkaninou z polyesterových vláken. K zapálení použita aplikace 100 ml (88 g) gelového podpalovače PE-PO obsahující 75% podíl etanolu. Celková výhřevnost hořlavých látek aplikovaných na povrch vzorku je 6,50 MJ, viz bod 2.4.5.

Vzorek byl umístěn na hořlavé podložce. Podložka byla provedena z dřevěné desky z masivního jehličnatého borovicového dřeva z tzv. podlahových palubek tl. 25 mm o hmotnosti 2 200 g. Rozměr desky je 510/330 mm. Na horní část je aplikována kobercová krytina ze syntetických vláken obchodního typu JEKOR o shodném rozměru s dřevěnou deskou (výhřevnost 37,4 MJ + 5,25 MJ). Celková výhřevnost hořlavých látek aplikovaných na povrch vzorku a podložky z hořlavých látek je 49,15 MJ, viz bod 2.4.6.

Na koberec je umístěna deska z lehčeného polyuretanu tzv. molitanu o tl. 40 mm o hmotnosti 278 g s jednostrannou aplikací textilie z tzv. strečové bavlny, hmotnost bavlny je 150 g. Z horní strany vzorku č. 5 umístěného na výše uvedených hořlavých materiálech je umístěna pokrývka. Pokrývka se skládá z bavlněného obalu a náplně prachového husího peří. Hmotnost náplně pokrývky je 516 g, hmotnost bavlny je 150 g. Hodnoty výhřevnosti husího peří nebyly zjištěny. K účelům práce bude proveden výpočet s převodem na látky z bavlny. Hmotnost bavlněných látek je 816 g. Normová výhřevnost bavlněných textilií je  $21 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , na množství 816 g je výhřevnost 17,14 MJ. Celková hmotnost látek z lehčených polyuretanů je 278 g. Normová výhřevnost lehčeného polyuretanu je  $27 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , na množství 278 g je výhřevnost 7,51 MJ. Celková výhřevnost vnějších látek aplikovaných v okolí vzorku a na vzorek č. 5 je  $49,15 + 17,14 + 7,51 = 73,80$  MJ.

#### **2.4.8 Úprava vzorku č. 6**

Vzorek č. 6 byl ponechán na místě experimentu jako rezerva v případě nutnosti využití jako náhrada v důsledku např. selhání měřicí techniky. Vzorek nebyl dále pro potřeby experimentu využit.

### **3 Výsledky**

Přehled a výsledky všech experimentů, jsou uvedeny v tabulce 3 na závěr oddílu. Průběh dílčích zkoušek u vzorků č.1, č. 2. č. 3, č. 4 a č. 5 je uveden vždy v samostatném oddíle. Mechanický příčný řez na vzorcích č. 3, č. 4 a č. 5 byl proveden po celkovém ochlazení po zkoušce.

#### **3.1 Vzorek č. 1**

Úprava vzorku aplikací vnějších hořlavých látek a materiálů je uveden v pododdíle 2.4.3.

Průběh a technické provedení zkoušky na vzorku č. 1 byl odlišný od následujících zkoušek. Tento vzorek byl umístěn podélně na podložku z pěnasilikátových tvárníc a byl učiněn pokus o zapálení vnějšího povrchu tkáně pomocí teploty plamene plynového zapalovače. Teplota plamene plynového zapalovače je 640 – 760 °C (Stejskal et al., 2011). Za dobu působení teploty plamene zapalovače na povrch vzorku nedošlo ke vznícení živočišné tkáně. Po uplynutí doby 30 s byl pokus ukončen. Nebyl zaznamenán váhový úbytek vzorku č. 1. Teplota na měřených místech nevykazovala v průběhu pokusu zvýšené hodnoty.

##### **3.1.1 Stupeň poškození tkáně**

V důsledku působení teploty plamene na povrch vzorku č. 1 došlo v místě dotyku plamene k mírnému zahnědnutí vnějšího povrchu kůže v rozsahu kontaktu s plamenem. Po oddálení plamene došlo k ochlazení místa tohoto působení. V důsledku působení plamene přímo na povrch živočišné tkáně nedošlo k jejímu dalšímu hoření.

#### **3.2 Vzorek č. 2**

Úprava vzorku aplikací vnějších hořlavých látek a materiálů je uveden v pododdíle 2.4.4.

Na povrch vzorku č. 2 byl aplikován tekutý podpalovač v množství 100 ml. Zapálení hořlavých par tekutého podpalovače bylo provedeno pomocí plamene plynového zapalovače. K zapálení par gelového podpalovače došlo prakticky okamžitě. Hoření gelového podpalovače probíhalo plamenem modré barvy s červeným zbarvením plamene v okrajových částech. V průběhu hoření část tekutého podpalovače vlivem



gravitace zatekla z horní části vzorku na pěnasilikátovou tvárnici, kde následně probíhalo hoření. Doba hoření byla 7 min. a 11 s. Váhový úbytek v důsledku hoření byl 50 g. Nejvyšší naměřená teplota na termočláncích umístěných na horní části povrchu vzorku byla 62,4 °C.

### **3.2.1 Stupeň poškození živočišné tkáně**

V důsledku působení teploty plamene na povrch vzorku č. 2 došlo k zahnědnutí vnějšího povrchu epidermis v místě spojení živočišné tkáně, které se nacházelo na nehořlavé podložce. Na zahnědlá místa navazovala místa zbarvení kůže barvy hnědé až černé. Černá místa vykazovala okrajové zuhelnatění kůže v řádech několika milimetrů, viz obrázek 8. Po ukončení procesu hoření došlo k celkovému ochlazení vzorku na okolní teplotu. Podmínky nastavené na vzorku č. 2 neumožnily další samovolné hoření živočišné tkáně. K poškození vzorku č. 2 došlo v důsledku hoření par tekutého podpalovače.



*Obrázek 7 - Vzorek č. 2 po provedení zkoušky, na spoji vzorku patrné okrajové zuhelnatění vrchních vrstev tkáně, zdroj: vlastní výzkum*

### **3.2.2 Průběh hoření**

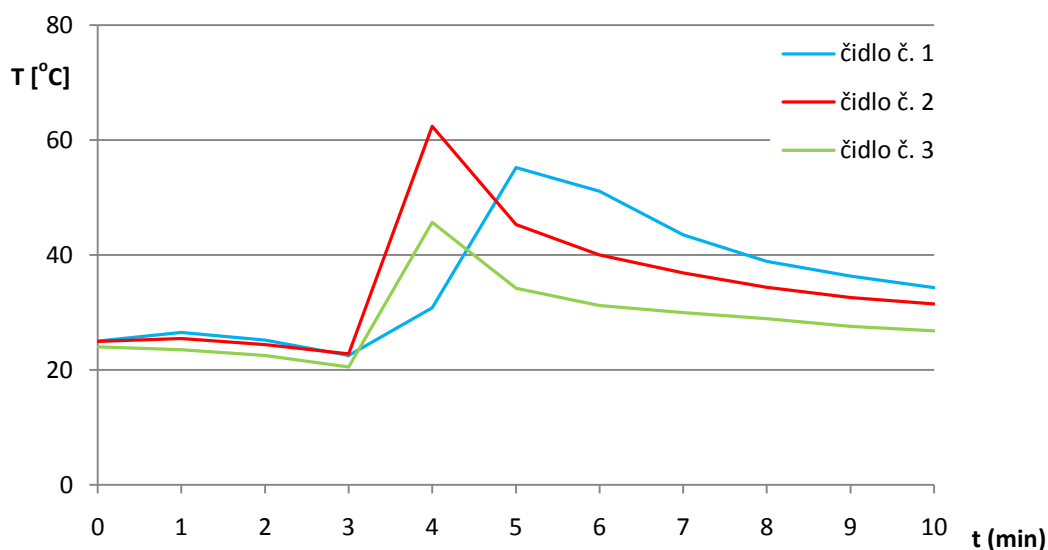
Po vlastní iniciaci hoření došlo ve fázi rozvoje k rozšíření plamenného hoření na celý vzorek č. 2 za cca deset sekund. V čase od 3 do 4 min. probíhalo hoření s největší intenzitou s plameny o maximální výšce cca 200 mm. Po této době docházelo k postupnému snižování intenzity hoření a výšky plamenů. V této fázi dohořívání se samotné hoření v plamenné formě lokalizovalo především na spodní část vzorku č. 2,

v místě kontaktu s podložkou. V této době docházelo při hoření k charakteristickému zvukovému projevu „škvaření“ tukové tkáně. Teplotní průběh od vlastní iniciace po ukončení procesu hoření je uveden na obrázku 8.

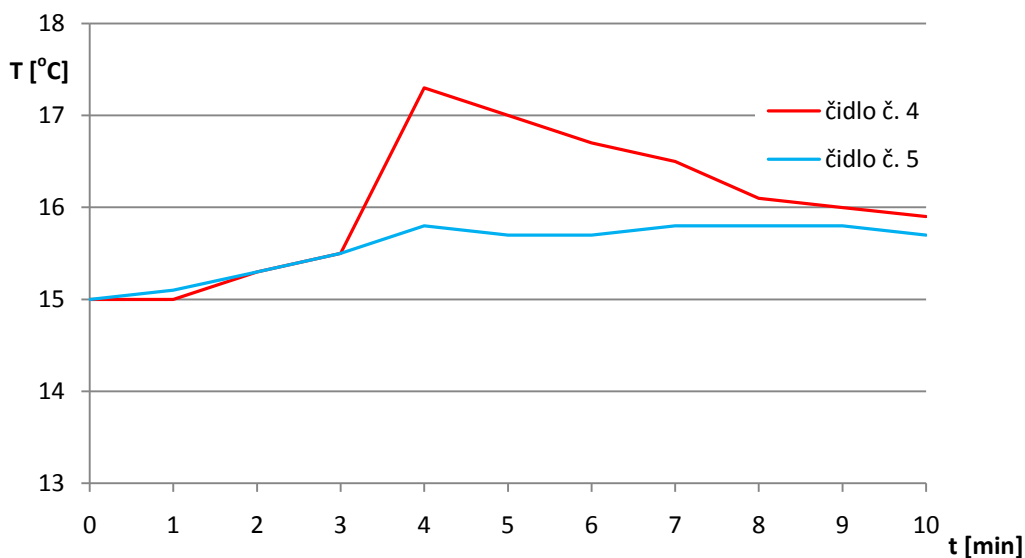
### 3.2.3 Teplota hoření mimo vzorek č. 2

Teplota okolí při hoření vzorku č. 2 byla měřena na termočláňkových čidlech č. 4 a č. 5. Čidlo č. 4 je umístěno kolmo na střed délky vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku, ve výšce 300 mm nad výškovou úrovní experimentu. Čidlo č. 5 je umístěno kolmo na střed průměru vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku ve výšce 300 mm.

Na čidlo č. 4 došlo v čase okolo 4 minut po zapálení a začátku zkoušky k nárůstu teploty s maximální hodnotou ve výši 17,5 °C, což je doba, kdy docházelo k intenzivnímu plamennému hoření hořlavých par tekutého podpalovače, viz obrázek 8. Poté nastávalo postupné snižování teploty, která v době ukončení hoření byla shodná s teplotou okolního prostředí.



Obrázek 8 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 2, zdroj: vlastní výzkum

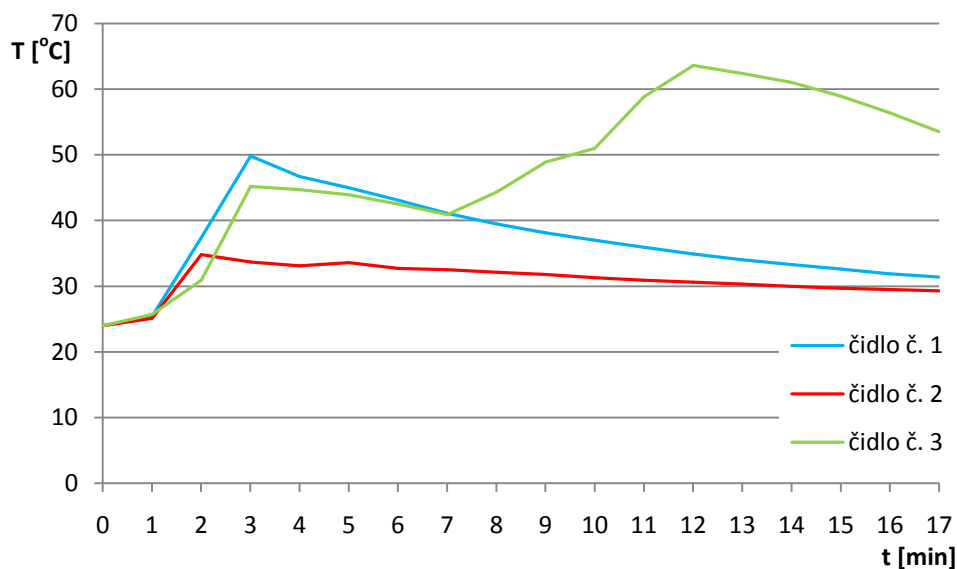


Obrázek 9 – Teploty naměřené na termočláncových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek č. 2, zdroj: vlastní výzkum

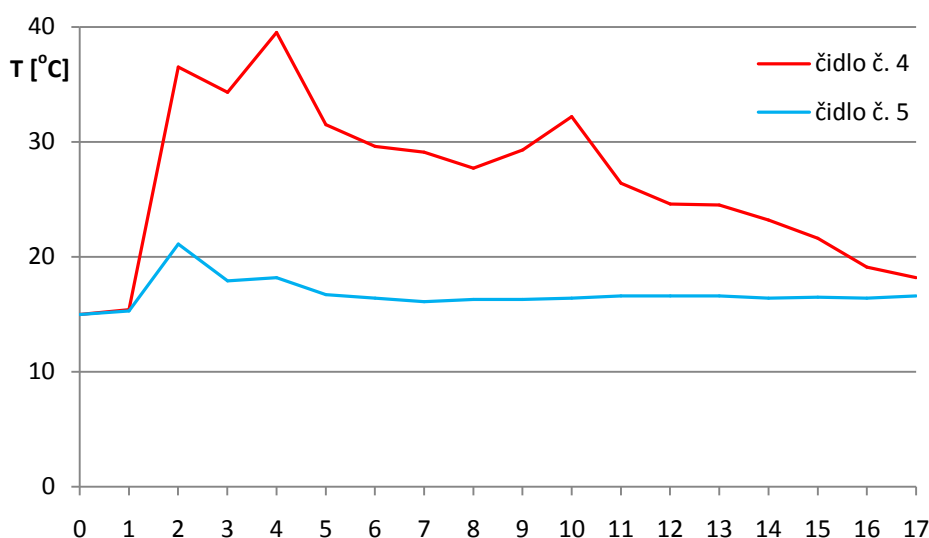
### 3.3 Vzorek č. 3

Úprava vzorku aplikací vnějších hořlavých látek a materiálů je uveden v pododdíle 2.4.5.

Na povrch vzorku č. 3 byl aplikován tekutý podpalovač v množství 100 ml. Zapálení hořlavých par tekutého podpalovače bylo provedeno pomocí plamene plynového zapalovače. K zapálení par tekutého podpalovače došlo prakticky okamžitě. V počáteční fázi se hoření vyznačovalo plamenem modré barvy ukončené červeným zbarvením plamene. V další fázi pokračování hoření docházelo k šíření na textilní materiály aplikované na povrchu vzorku. Došlo k částečnému odhoření vrstvy tvořené textiliemi z polyesterů tzv. „šustákoviny“ a materiálu typu fleecy a spodní textilie z bavlny. Největší rozsah poškození textilií byl zaznamenán na spodní části vzorku, viz obrázek č. 13. Doba hoření 16 min. Váhový úbytek ve výši 69 g. Nejvyšší naměřená teplota na termočláncích byla 63,6 °C. Tato teplota byla naměřena na termočláncu č. 3 v době hoření 12 minut od počátku zkoušky, viz obrázek 10.



Obrázek 10 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 3, zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 11 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek č. 3, zdroj: vlastní výzkum

### 3.3.1 Stupeň poškození tkáně

V důsledku hoření vzorku č. 3 došlo k zahnědnutí vnějšího povrchu kůže v místě spojení živočišné tkáně, které se nacházelo na nehořlavé podložce. Na zahnědlá místa navazovala místa zabarvení kůže barvy hnědé až černé. Černá místa vykazovala okrajové zuhelnatění kůže v řádech několika milimetrů, viz obrázek 13. Po ukončení

procesu hoření došlo k celkovému ochlazení vzorku. Podmínky nastavené na vzorku č. 3 neumožnily další samovolné hoření živočišné tkáně.



Obrázek 12 – Poškození textilií vzorku č. 3 po ukončení hoření ve spodní části  
zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 13 – Vzorek č. 3 po odstranění poškozených textilií z povrchu  
zdroj: vlastní výzkum

Teplota okolí při hoření vzorku č. 3 byla měřena na termočláňkových čidlech č. 4 a č. 5. Čidlo č. 4 je umístěno kolmo na střed průměru vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku ve výšce 300 mm. Čidlo č. 5 je umístěno kolmo na střed délky vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku, ve výšce 300 mm nad výškovou úrovní experimentu.

Na čidle č. 4 došlo v období 4 minut po zapálení k nárůstu teploty s maximální hodnotou ve výši 39,5 °C, viz obrázek 10. Následně docházelo k postupnému snižování teploty, která v době ukončení hoření byla shodná s teplotou okolního prostředí.

Doba nárůstu teploty na čidle s maximální hodnotou se shoduje s dobou, kdy docházelo k intenzivnímu plamennému hoření vzorku č. 3.

### **3.3.2 Teploty hoření mimo vzorek č. 3**

Teplota okolí při hoření vzorku č. 3 byla měřena na termočláňkových čidlech č. 4 a č. 5. Čidlo č. 4 je umístěno kolmo na střed průměru vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku ve výšce 300 mm. Čidlo č. 5 je umístěno kolmo na střed délky vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku, ve výšce 300 mm nad výškovou úrovní experimentu.

Na čidle č. 4 došlo v období 4 minut po zapálení k nárůstu teploty s maximální hodnotou ve výši 39,5 °C, viz obrázek 10. Následně docházelo k postupnému snižování teploty, která v době ukončení hoření byla shodná s teplotou okolního prostředí.

Doba nárůstu teploty na čidle s maximální hodnotou se shoduje s dobou, kdy docházelo k intenzivnímu plamennému hoření vzorku č. 3.

### **3.4 Vzorek č. 4**

Úprava vzorku a aplikace vnějších hořlavých látek a materiálů je uveden v kapitole 2.4.6.

Na povrch vzorku č. 4 byl aplikován tekutý podpalovač v množství 100 ml, viz obrázek 14. Zapálení hořlavých par tekutého podpalovače bylo provedeno pomocí plamene plynového zapalovače. K zapálení par tekutého podpalovače došlo prakticky okamžitě. V počáteční fázi se hoření vyznačovalo plamenem modré barvy ukončené červeným zbarvením plamene. V další fázi hoření docházelo k jeho šíření na textilní materiály aplikované na povrchu vzorku a následně k rozšíření hoření na hořlavou podložku, která byla provedena z podlahových prken tl. 25 mm s vrstvou koberce typu JEKOR. Došlo k úplnému odhoření vrstvy tvořené textiliemi z polyesterů tzv. „šusťákoviny“ a materiálu typu fleece a spodních textilií z bavlny do stádia zuhelnatění. Celková doba hoření 2 hod. 11 min. Hmotnostní úbytek vzorku č. 4 je ve výši 2 333 g. Nejvyšší naměřená teplota na termočláňkách umístěných na horní

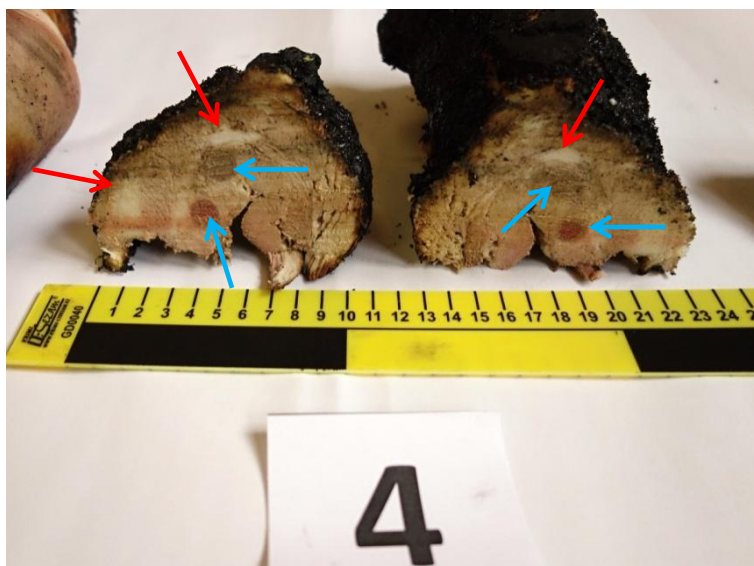
části povrchu vzorku je 644,5 °C. Nejvýše naměřená teplota na termočlátku umístěném mimo vzorek č. 4 byla 170,4 °C.



Obrázek 14 – Vzorek č. 4 před provedením vlastní zkoušky, zdroj: Josef Smolík, HZS JČK

### 3.4.1 Stupeň poškození živočišné tkáně

V důsledku hoření vzorku č. 4 došlo k zuhelnatění tkání v místech, která se nacházela na hořlavé dřevěné podložce. V případě tukové tkáně došlo prakticky k jejímu odhoření, kromě izolovaných ložisek tuku situovaných ve svalové tkáni, viz obrázek 15. Podmínky nastavené u vzorku č. 4 umožnily další hoření tukové a částečně svalové tkáně. V případě kostní tkáně nebylo zjištěno hoření.



Obrázek 15 – Řez vzorkem č. 4 kostní tkáň označena modrou a tuková tkáň červenou šipkou), zdroj: vlastní výzkum



### 3.4.2 *Stupeň a rozsah poškození vnějších hořlavých látek*

Na dřevěnou podložku provedenou z podlahových prken z borovicového dřeva tl. 25 mm byl položen koberec typu JEKOR. V důsledku hoření došlo k úplnému odhoření koberce v celé ploše podložky. Okrajové části dřevěné podložky byly hořením nezasážené. K nejmarkantnějšímu poškození dřevěné podložky došlo ve středové části uložení vzorku č. 4, s viditelnou tepelnou degradací postupující do struktury dřeva do hloubky cca 15 mm, viz obrázek 16. Tkaniny a látky ze syntetických i přírodních vláken (PES, bavlna), byly hořením poškozeny do stádia zuhelnatění, viz obrázek 15.

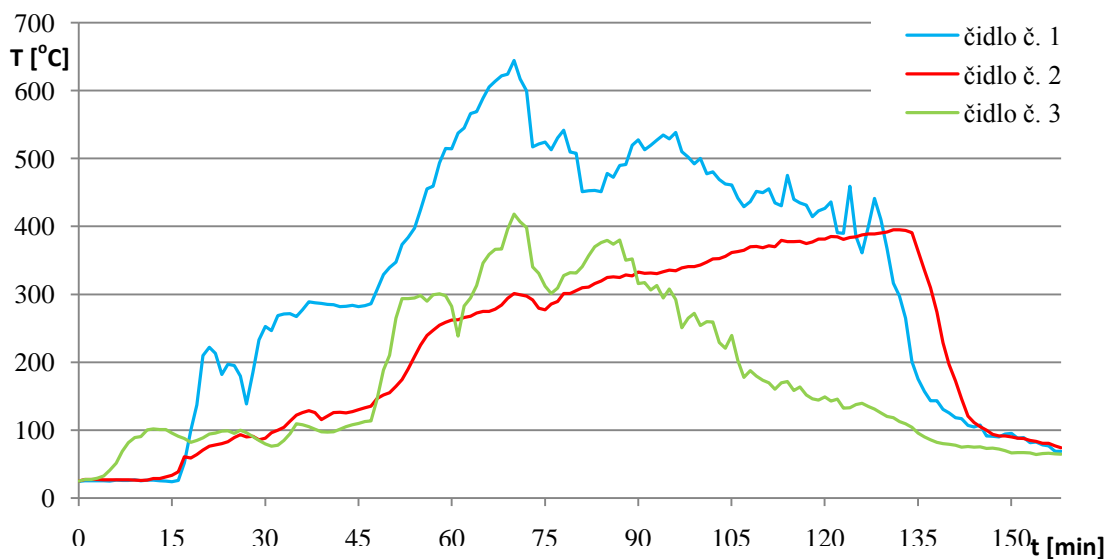


Obrázek 16 – Vzorek č. 4 v průběhu zkoušky (s vyznačením největšího poškození dřevěné podložky), zdroj: vlastní výzkum

### 3.4.3 *Průběh hoření*

Po vlastní iniciaci hoření ve fázi rozvoje došlo k rozšíření plamenného hoření na celý vzorek č. 4 za přibližně jednu minutu. V čase okolo 60 minut od zahájení zkoušky hoření probíhalo intenzivně po dobu cca 60 minut. Po této době docházelo k postupnému snižování intenzity hoření a výšky plamenů. V této fázi dohořívání se hoření ve formě plamenné a formě bezplamenné (žhnutí) lokalizovalo především na spodní část vzorku č. 4, v místě kontaktu s hořlavou podložkou ze dřeva, viz obrázek 16. Teplotní průběh od vlastní iniciace po ukončení procesu hoření je uveden na obrázku 17.





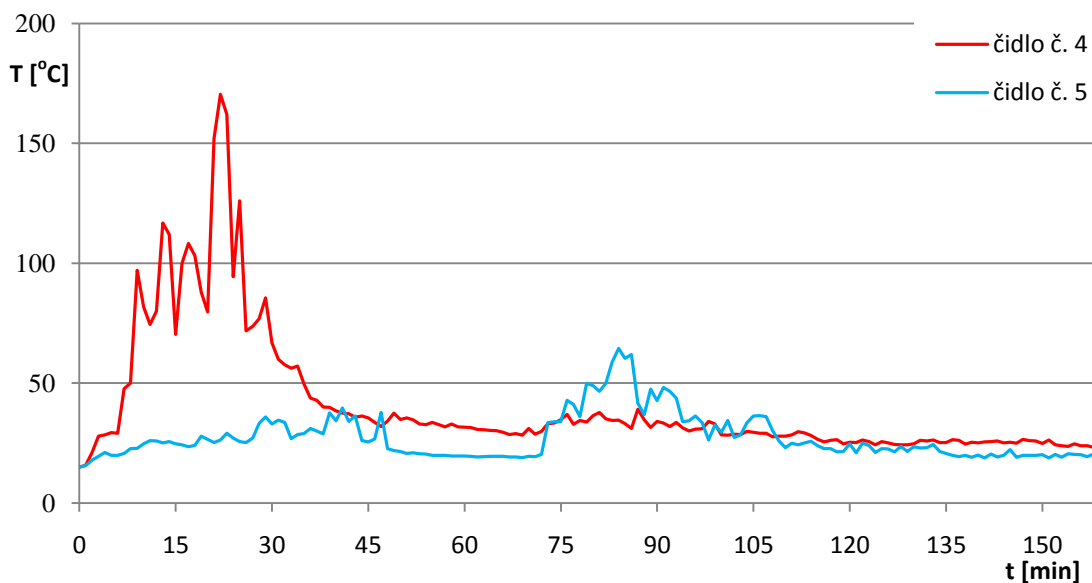
Obrázek 17 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 4, zdroj: vlastní výzkum

#### 3.4.4 Teploty mimo vzorek č. 4

Teplota okolního prostředí v určených vzdálenostech při hoření vzorku č. 4 byla měřena na termočláňkových čidlech č. 4 a č. 5. Čidlo č. 4 je umístěno kolmo na střed délky vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku, ve výšce 300 mm nad výškovou úrovní experimentu. Čidlo č. 5 je umístěno kolmo na střed průměru vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku ve výšce 300 mm.

Na čidlo č. 4 došlo po desáté minutě po zapálení a zahájení zkoušky ke strmému nárůstu teploty s maximální hodnotou ve 20 minutě 170,40 °C. Následně docházelo k postupnému snižování teploty. Od 35 minuty nepřesahovaly teploty na termočláňcích hodnotu 40 °C, viz obrázek 18.

Doba nárůstu teploty na čidlo č. 4 v cca 20 minutě s maximální hodnotou se shoduje s dobou, kdy docházelo k intenzivnímu plamennému hoření vzorku č. 4.



Obrázek 18 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek, zdroj: vlastní výzkum

### 3.5 Vzorek č. 5

Úprava vzorku aplikací vnějších hořlavých látek a materiálů je uveden v kapitole 2.4.7.

Vzorek byl upraven textilními látkami shodně jako vzorek č. 4, viz obrázek 19. Na povrch vzorku č. 5 byl aplikován tekutý podpalovač v množství 100 ml. Zapálení hořlavých par tekutého podpalovače bylo provedeno pomocí plamene plynového zapalovače. Následně bylo provedeno částečné překrytí vzorku č. 5 pokrývkou s výplní z husího prachového peří v délce přibližně 2/3 délky vzorku. Tato úprava simulovala překrytí osoby ležící na lůžku. V další fázi hoření docházelo k šíření plamene na textilní materiály aplikované na povrchu vzorku a následně k rozšíření na hořlavou podložku, která byla provedena z podlahových prken tl. 25 mm s vrstvou koberce typu JEKOR. Současně docházelo k šíření hoření na pokrývku tvořenou izolační výplní z husího prachového peří v bavlněném obalu. Došlo k úplnému odhoření vrstvy tvořené textiliemi z polyesterů tzv. „šustřákoviny“ a materiálu typu fleece a spodních textilií z bavlny do stádia zuhelnatění. Peřová pokrývka byla shořelá v oblasti dřevěné podložky – přes okraj podložky zůstal požárem nezasažen díl klínového tvaru o šířce kratších stran cca 50 mm a 100 mm. V místech, kde nebyla pokrývka, bylo hoření převážně plamenné. V místech aplikace pokrývky bylo hoření převážně bezplamenné.

Celková doba hoření je 4 hod. 5 s. Váhový úbytek je ve výši 2 979 g. Nejvyšší naměřená teplota na termočláncích umístěných na horní části povrchu vzorku je 644,5 °C. Nejvýše naměřená teplota na termočláncu umístěném mimo vzorek č. 5 je 190,3 °C, jedná se o termočláncové čidlo umístěné v podélné osové dispozici od vzorku.



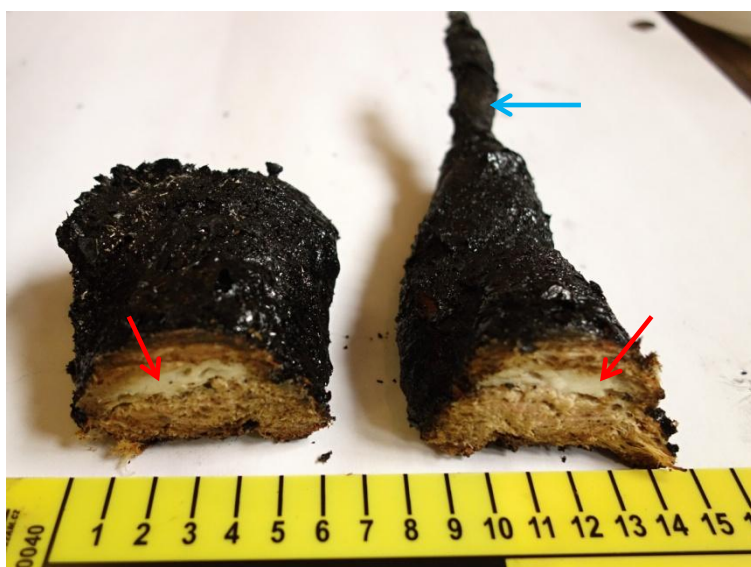
Obrázek 19 – Vzorek č. 5 před provedením vlastní zkoušky, před zapálením a aplikací pokrývky, zdroj: vlastní výzkum



Obrázek č. 20 – Vzorek č. 5, stav po ukončení hoření a celkovém ochlazení, zdroj: vlastní výzkum

### 3.5.1 *Stupeň poškození živočišné tkáně*

V důsledku hoření vzorku č. 5 došlo k zuhelnatění všech sledovaných tkání. Tuková a svalová tkáň byla zuhelnatělá, kromě izolovaných ložisek zbytků tkání, viz obrázek 21. V místě, kde se nacházelo překrytí pokrývkou, byla svalová a tuková tkáň úplně shořelá do stadia zuhelnatění – v těchto místech se nacházelo ohořelé torzo kostní tkáně. Podmínky, nastavené u vzorku č. 5, umožnily hoření tukové, svalové a kostní tkáně. V případě kostní tkáně došlo k úplné tepelné devastaci jedné kosti žebra, druhá kost žebra byla částečně ohořelá se zbytkem o délce cca 100 mm.



Obrázek 21 – Řez vzorkem č. 5 po ukončení procesu hoření a celkovém zchladnutí (zbytek kostní tkáně označen modrou šipkou, zbytky tukové tkáně označeny červenou šipkou), zdroj: vlastní výzkum

### 3.5.2 *Stupeň a rozsah poškození vnějších hořlavých látek*

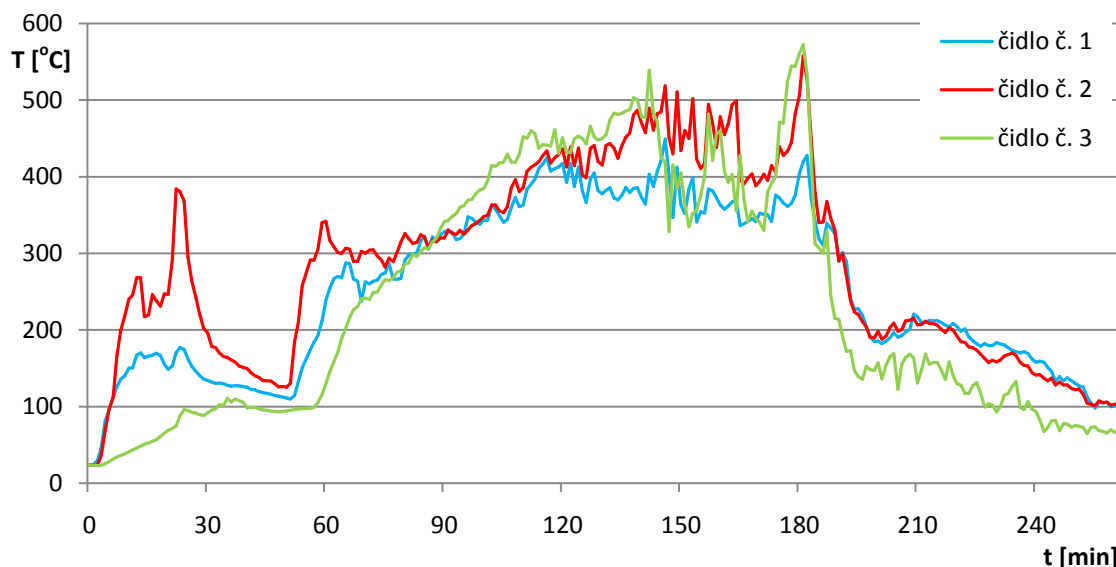
V důsledku hoření došlo k úplnému odhoření kobercové krytiny aplikované na povrchu dřevěné podložky. K nejmarkantnějšímu poškození dřevěné podložky došlo v místě uložení vzorku č. 5 s tepelnou degradací postupující do struktury dřeva v celé tloušťce podložky 25 mm, viz obrázek 22, směrem k okrajovým částem se intenzita poškození dřeva snižovala. Tkaniny a látky ze syntetických i přírodních vláken (PES, bavlna), byly hořením poškozeny do stadia zuhelnatění a rozpadu, viz obrázek 20 a 22.



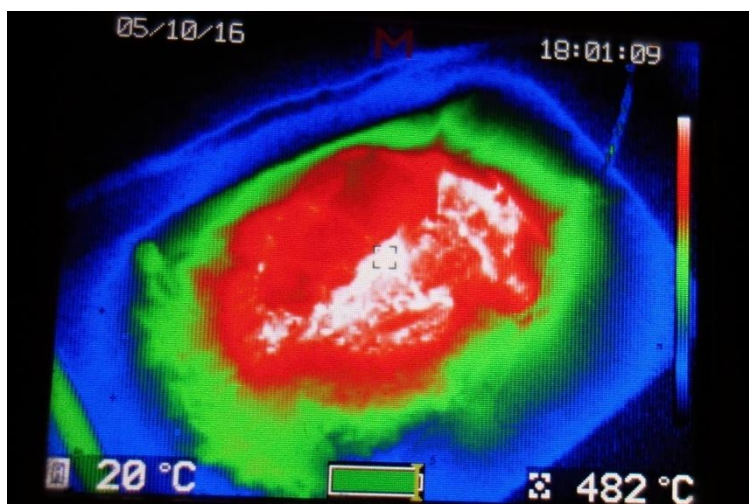
Obrázek 22 – Vzorek č. 5 v průběhu zkoušky s červeným vyznačením největšího poškození dřevěné podložky, zdroj: vlastní výzkum

### 3.5.3 Průběh hoření

Po vlastní iniciaci hoření – zapálení hořlavých par podpalovače došlo ve fázi rozvoje k rozšíření plamenného hoření na celý vzorek č. 5 za přibližně třicet minut. V této době bylo hoření plamenné a na hoření se podílely vnější hořlavé materiály aplikované na povrchu – textilní látky imitující vrstvené oblečení a následně kobercová krytina a dřevěná podložka. V čase okolo devadesáté minuty se teploty na termočláncích umístěných na vzorku pohybovaly přes 300 °C a hoření probíhalo s největší intenzitou s plameny o maximální výšce cca 200 mm (v části bez pokrývky). Od této doby docházelo k postupnému nárůstu teploty. Nejvyšší hodnotu ve výši 644,50 °C zaznamenalo čidlo č. 3 a to v čase zkoušky sto osmdesáti minut od iniciace. Rozložení spektra teploty vzorku č. 5 v čase sto osmdesáti minut je uveden na obrázku 24. Následně všechna tři čidla shodně zaznamenala prudký pokles teploty, nastala fáze dohořívání, ve které se intenzita hoření snižovala až do stadia ukončení procesu, viz obrázek 23. V poslední fázi se plamenné hoření a žhnutí lokalizovalo pouze na spodní část vzorku č. 5, v místě kontaktu s hořlavou podložkou.



Obrázek 23 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 5, zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 24 – Teplotní spektrum v cca 180 minutě hoření na povrchu vzorku č. 5, zdroj: vlastní výzkum

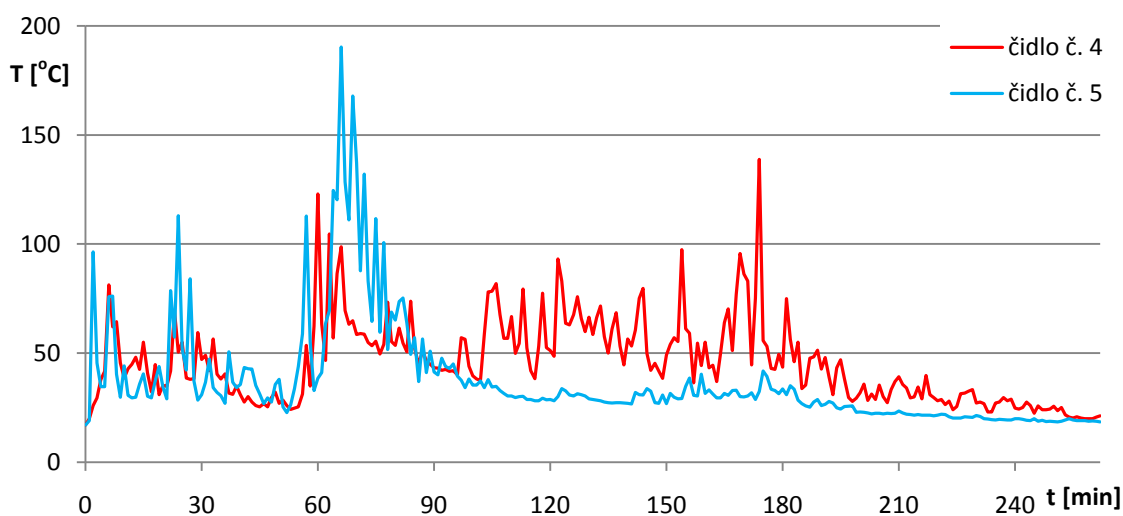
### 3.5.4 Teploty mimo vzorek č. 5

Teplota okolí při hoření vzorku č. 5 byla měřena na termočláňkových čidlech č. 4 a č. 5, viz obrázek 25. Čidlo č. 4 je umístěno kolmo na střed délky vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku, ve výšce 300 mm nad výškovou úrovní experimentu. Čidlo č. 5 je umístěno kolmo na střed průměru vzorku ve vzdálenosti 200 mm od vzorku ve výšce 300 mm.



Nejvyšší hodnota byla zaznamenána na čidle č. 5 ve výši 190,3 °C, a to po šedesáté minutě hoření. Následně docházelo k postupnému snižování teploty. Od devadesáté minuty se teplota stabilizuje a pohybuje se okolo 40 °C.

Na čidle č. 4 byly zaznamenány dvě výrazné oblasti se strmým nárůstem teplot. K prvnímu vzestupu došlo okolo 60. minuty hoření a k druhému nárůstu okolo 180 minuty hoření. Doby vzestupu teploty se shodují s časem, kdy došlo k výraznému plamennému hoření vzorku č. 5.



Obrázek 25 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek č. 5, zdroj: vlastní měření

### 3.6 Shrnutí a porovnání výsledků experimentu

#### 3.6.1 Poškození živočišné tkáně

U vzorků č. 1, č. 2 a č. 3 nedošlo k rozsáhlému poškození tkání v důsledku hoření. U těchto vzorků nebyl zaznamenán výrazný váhový úbytek, nebo tento úbytek byl zanedbatelný.

U vzorků č. 4 a č. 5 došlo k poškození do stadia zuhelnatění a tepelného rozpadu tkání. U vzorku č. 4 došlo k destruování do stadia zuhelnatění tukové a svalové tkáně. Kostní tkáň nebyla hořením poškozena. U vzorku č. 5 došlo k destruování do stadia zuhelnatění všech typů sledovaných tkání, včetně kostní tkáně. U vzorku č. 4 a č. 5 byl naměřen výrazný váhový úbytek, ke kterému došlo v průběhu procesu hoření tkání

a okolních látek a materiálů. Váhový úbytek byl nejvyšší u vzorku č. 5, který činil 93 % původní hmotnosti. Vizuální porovnání výsledků zkoušky vzorku č. 1, č. 2, č. 3, č. 4 a č. 5, viz obrázek 26. Vizuální porovnání struktury na řezu vzorků, viz obrázek 27.



Obrázek 26 – Porovnání poškození všech vzorků po zkoušce (poznámka: vzorky č. 4 a 5 se zbytky textilií a měřicích čidel), zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 27 – Porovnání struktury řezu vzorků č. 3, č. 4 a č. 5 po celkovém ochlazení, zdroj: vlastní výzkum

### 3.6.2 Poznatky z průběhu hoření vzorků

V průběhu experimentu bylo vizuálně zaznamenáno hoření ve formě plamenné i bezplamenné (formou žhnutí). U vzorků č. 2 a č. 3 bylo hoření v celé době zkoušky charakterizováno pouze plamenným hořením.

Vzorek č. 4 vykazoval plamenné hoření v průběhu prvních cca 45 minut s vrcholem okolo 30. minuty hoření. Na hoření se v této době podílely pouze textilní látky aplikované na povrchu vzorku. Po této době docházelo k postupnému snižování výšky plamene. Po uplynutí 60 minut se hoření lokalizovalo na oblast styku vzorku s hořlavou podložkou s výškou plamene do 100 mm (ve výšce přibližně průměru vzorku). Tomuto odpovídá pozvolný nárůst teplot s maximální dosaženou hodnotou



okolo 60. minuty s následným postupným snižováním teploty, viz obrázek č. 17, až do stádia ukončení hoření. Od 105 minuty hoření probíhalo ve formě žhnutí mezi spodní částí vzorku a podložkou.

Vzorek č. 5 po uplynutí 30 minut od zahájení zkoušky je charakterizován plamenným hořením probíhajícím na povrchu vzorku v místech bez aplikace pokrývky. Tomuto odpovídá první strmý nárůst teplot na termočláncích s následným propadem teplot, viz obrázek 23. Po 60. minutě se hoření lokalizovalo do spodní části vzorku, které opět po 120. minutě probíhalo v místech bez pokrývky. Od 180. minuty probíhalo hoření převážně ve formě žhnutí s nepravidelným uvolněním plamenů, které dosahovaly výšky cca do 50 mm. Tomuto odpovídá druhý nárůst teplot na termočláncích. Následně docházelo k postupnému poklesu teploty až do stádia ukončení procesu hoření.

*Tabulka 3 – Přehled měřených parametrů a výsledků experimentu jednotlivých vzorků*

	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5
délka/průměr (mm)	330/130	330/130	380/130	370/140	390/140
Hmotnost před/po (g)	3638/3638	3491/3451	2956/2887	3528/1195	3182/203
Úbytek hmotnosti (%)	0,00	1,15	2,33	66,13	93,62
hmotnostní ztrátovost vzorku (g.s <sup>-1</sup> )	0,00	0,09	0,07	0,30	0,21
Doba hoření (hod:min:s)	00:00:00	00:07:11	00:16:00	02:11:00	4:00:05
Max. teplota vzorku (°C)	27,10	62,40	63,60	644,50	572,30
Max. teplota mimo vzorek (°C)	14,60	17,30	39,50	170,40	190,30
Výhřevnost látek mimo vzorek (MJ)	-	2,20	6,50	49,15	73,80

*Zdroj: vlastní výzkum*

## 4 Diskuze

Syntézou dostupné odborné literatury, věnující se problematice hoření živočišných tkání a rozбором vybraných požárů, byl proveden experiment na tkáních živočišného původu. Experiment spočíval v simulaci podmínek napodobujících reálné prostředí požárů, a to aplikací hořlavých látek a materiálů, které obklopovaly zkušební vzorky. Celkem bylo k experimentu připraveno šest vzorků, použito bylo pět vzorků.

První experiment na vzorku č. 1 byl odlišný od ostatních. Byl proveden pokus o zapálení povrchu vzorku živočišné tkáně pomocí působení vnějšího zdroje. K zapálení byl použit plamen krbového plynového zapalovače, který je schopen iniciovat široké spektrum hořlavých látek a materiálů. Výsledkem bylo zjištění, že v důsledku působení běžného tepelného zdroje nedojde k zapálení živočišné tkáně.

Na povrch vzorku č. 2 byla aplikována hořlavá kapalina. Po iniciaci a vyhoření par gelového podpalovače nedošlo k zapálení a následnému hoření živočišné tkáně.

Vzorek č. 3 byl upraven vrstvenými textilními látkami (tkanými i netkanými) takovým způsobem, aby zde došlo k napodobení stylu běžného vrstveného oblečení v typické skladbě – spodní prádlo, tepelná a ochranná vrstva. Zvolené materiály jsou kombinací přírodních a umělých vláken. Po iniciaci došlo k odhoření části těchto látek, ale nedošlo k hoření živočišných tkání, čemuž i odpovídá nepatrný hmotnostní úbytek vzorku č. 3.

Vzorek č. 4 byl upraven shodně jako vzorek č. 3 a navíc byl umístěn na podložku z hořlavých materiálů. Po odhoření a zuhelnatění látek a materiálů, které byly na povrchu vzorku č. 4, došlo následně k hoření svalové a tukové tkáně. Toto hoření se lokalizovalo na spodní část vzorku v místě kontaktu s dřevěnou podlahou. Hoření probíhalo v počátcích plamenným hořením. Na intenzitě hoření se podílely především okolní hořlavé látky a materiály aplikované na povrchu vzorku. V přibližném čase šedesáti minut od zahájení zkoušky došlo k zuhelnatění látek simulujících oděv a dále docházelo k hoření živočišných tkání – tkáně svalové a tukové. V této době probíhalo hoření v bezplamenné i plamenné formě.

Vlastní vzorek č. 5 byl upraven shodně jako vzorek č. 4. Umístěn však byl na dřevěnou desku opatřenou vrstvou lehčeného polyuretanu a zčásti překryt z horní

strany pokrývkou s izolační výplní. Tato úprava simulovala podmínky podobné přítomnosti člověka na lůžku přikrytého pokrývkou zasaženého požárem. Tak jako u vzorku č. 4, došlo okolo šedesáté minuty od počátku zkoušky k zuhelnatění a vyhoření látek simulujících oděv, pokrývku a matraci lůžka. Průběh teplot zaznamenaných na termočládkových čidlech ukázal na počátku zkoušky nižší teploty dosahované v místě aplikace pokrývky. V dalších fázích hoření došlo k vyrovnání teplot s ostatními částmi vzorku a poté, přibližně po dobu dvou hodin, zde probíhalo hoření intenzivně. V místě, kde byla instalována pokrývka, došlo k markantní tepelné destrukci tkání do stádia jejich uhelnatění. V případě vzorku č. 5 došlo k hoření tukové, svalové i kostní tkáně s téměř 94 % úbytkem hmotnosti. Výsledky experimentu na zkušebních vzorcích jsou identické se závěry zkoumání, které prováděl John DeHann (DeHann et al., 2016) na lidské a živočišné tkáni.

Experimenty na vzorcích č. 4 a č. 5 potvrdily možnost samovolného hoření živočišné tkáně v běžných podmínkách, kterými je člověk obklopen. Podmínkou zahájení procesu hoření živočišné tkáně je více. Jedním ze základních předpokladů je dostatečná tepelná iniciace celého procesu hoření a přítomnost určitého množství a typu hořlavých látek. V prvotní fázi, kdy dochází k hoření oděvních součástí na tkáních, je emitována tepelná energie, která je schopna uvolnit tukovou složku tkáně. Tato potřebná tepelná energie je emitována při hoření oděvních látek, hořlavé podložky nebo lůžkovin. K tomuto dojde mezi 20. a 30. minutou hoření, což je časový údaj shodný s výsledkem zkoumání John DeHanna a kolektivu. Tento zkapalněný tuk vlivem gravitace zatéká pod tkáň. V případě přítomnosti porézního materiálu s dostatečnou sorpční vlastností je zde tuk nasáván a v důsledku zplynování tekutého živočišného tuku a okolní teploty dále hoří. Vhodným porézním materiálem je např. uhlíkatý zbytek dřevěné podlahy vzniklý po odhoření hořlavých složek dřeva. Hoření v takovýchto podmínkách probíhá kombinací plamenného a bezplamenného hoření s teplotami pohybujícími se okolo 500 °C, krátkodobě až do 650 °C. Teploty dosahované při hoření vzorku č. 4 a č. 5 jsou nižší než teploty, které uvádí ve své práci John DeHann Ph.D. a Elain Pope M.A., kteří při zkoušce dosahovali teplot hoření 880 °C. Rozdílné výsledky mohou být ovlivněny rozdílnou výměnou plynů při hoření

na místě experimentu, odlišnou velikostí zkušebních vzorků, rozdílným složením vzorku nebo v důsledku odlišně zvolených měřicích míst. V případě pokračování a navázání na výsledky diplomové práce by bylo vhodné zvolit více měřicích míst s různou výškovou úrovní jak na vzorku, tak v navazujícím okolí.

Experiment dále potvrdil možnosti hoření živočišné tkáně obklopené hořlavými látkami a materiály bez dalšího volného šíření hoření na navazující okolí. Teploty naměřené na termočláncích nedosahovaly ve stanovené vzdálenosti hodnot schopných zapálení dalších hořlavých látek a materiálů vyskytujících se běžně v životním prostředí člověka (domácnost, dopravní prostředky, přírodní prostředí, apod.).

Tak, jak jsou zaznamenány teploty na termočláncích, umístěných mimo vzorky, je pro další šíření požárů do okolního prostředí stěžejní intenzita hoření vnějších hořlavých látek – oblečení, pokrývek, lůžkovin apod. Z toho lze očekávat, že k šíření požáru do okolí dojde spíše v prvotních fázích od iniciace, kdy se na hoření podílejí oděvy, lůžkoviny nebo hořlavý podklad.

V rámci diplomové práce nebyl předmětem dalšího zkoumání vliv případných hořlavých látek, které mohou být uvolňovány z organismu při některých fyziologických stavech. Jedná se o ketolátky a především aceton, který je hořlavou kapalinou. Je předpoklad, že tyto látky mohou mít vliv na rozvoj hoření v prvotní fázi ve funkci akceleraantu. Toto je ovšem pouze hypotéza mimo rozsah práce a nebyla předmětem zkoumání.

Určitým negativem pro řešení výzkumné otázky byla stanovená velikost zkušebních vzorků. V případě zvolení velikosti vzorků o rozměrech a hmotnosti stejné jako u lidského těla, může dojít i ke stanovení a potvrzení časového rozvrhu hoření, který je uváděn v odborných zdrojích výzkumu John DeHanna v intervalu 3 až 10 kg.h<sup>-1</sup> (0,83 až 2,78 g.s<sup>-1</sup>). V případě tohoto výzkumu byla hmotnostní ztrátovost u vzorku č. 4, 0,3 g.s<sup>-1</sup> a u vzorku č. 5, 0,21 g.s<sup>-1</sup>.

#### ***4.1 Porovnání reálného požáru s výsledkem experimentu***

K porovnání výsledků experimentu jsou vybrány požáry, které eviduje HZS ČR, a to požár osob v Táboře a v Mělníku, viz pododdíly 1.1.1 a 1.1.2.

Požár v Táboře, viz pododíl 1.1.1, byl zjištěn ve čtvrté fázi požáru – dohořívání. Terminace procesu hoření nastala narušením podmínky procesu hoření v důsledku vyhoření hořlavých látek. Pod zbytky těla byly nalezeny žhnoucí izolované části dřevěné podlahy. Z těla byly zachovány pouze periferní oblasti, středová část byla poškozená na uhelný zbytek. Při ohledání místa požáru bylo zjištěno, že osoba ležela na dřevěné podlaze pokryté podlahovou krytinou z polyvinylchloridu (PVC) a byla oblečena do několika vrstev oblečení. Svrchní část tvořil hustý pletený svetr, pravděpodobně ze směsné vlněné pletené látky. K vlastní iniciaci procesu hoření hořlavých látek došlo přímým působením vnějšího zdroje zapálení, a to prostřednictvím žhavé částice dřevěného paliva při manipulaci s lokálním tepelným spotřebičem. Žhavé částice dřeva dosahují teplot v intervalu 400 až 500 °C (Kislinger, 2015), což je dostatečné pro zapálení materiálů a látek oblečení. V důsledku šíření požáru došlo k hoření tkání, včetně kostní tkáně. Dřevěná podlaha a krytina z PVC byla vyhořelá v půdorysu pod trupem osoby.

V případě tohoto požáru jsou projevy a šíření požáru shodné s výsledkem diplomové práce. K prvotnímu rozdělení tukové složky živočišné tkáně a k jejímu zkapalnění došlo v důsledku působení teploty při hoření vrstev oblečení, zejména hustého vlněného svetr, krytiny z PVC a dřevěné podlahy. Následně docházelo k hoření tuku ve struktuře uhelného zbytku podlahy z dřevěných prken, která je vhodným porézním materiálem.

Stěny místnosti byly zakouřeny zplodinami hoření. V důsledku uvolňovaného tepla při hoření došlo k opálení dřevěné nohy stolu a tepelné degradaci plastového ubrusu přesahujícího přes okraj stolu. Další známky tepelného poškození v místnosti nebyly nalezeny. Tepelná odolnost ubrusu z měkčeného PVC se pohybuje krátkodobě okolo 85°C a dlouhodobě okolo 65°C (Masařík, 2003). Okrajové části ubrusu se nacházely ve vzdálenosti cca 500 mm od místa požáru. Z tohoto je patrné, že při hoření nedocházelo ke vzniku potřebné teploty schopné zapálení okolních hořlavých látek a dalšího šíření požáru.

Požár v Mělníku, viz pododíl 1.1.2., byl zjištěn na rozhraní třetí a čtvrté fáze požáru. Tělo se nacházelo na kovových zbytcích pružinové matrace v přírodním

prostředí ve stanovém přístřešku. Část těla byla poškozená na uhelný zbytek. Osoba ležela na matraci a byla oblečena v několika vrstvách oblečení. K vlastní iniciaci procesu vznícení došlo přímým působením vnějšího zdroje zapálení, a to pravděpodobně při manipulaci se svíčkou nebo při kouření tabákového výrobku. Plamen svíčky dosahuje teploty 640 až 900 °C, teplota volně položené cigarety je v intervalu 228 – 750 °C, viz tabulka 1, což jsou dostatečné teploty pro zapálení materiálů a látek oblečení. V důsledku šíření požáru došlo k hoření tkání, včetně částí kostní tkáně. Matrace byla v celém svém půdoryse shořelá na uhlíkatý zbytek. Dle konstrukce srovnatelných výrobků se pravděpodobně jednalo o pružinovou matraci, na vnější části opatřenou vrstvou z lehčeného polyuretanu (molitanu), konečná čalouněná úprava je zpravidla z bavlněné nebo směsné tkaniny (např. směs bavlněných a polyesterových vláken). K prvotnímu rozdělení tukové složky tkáně a k jejímu zkapalnění došlo v důsledku působení teploty při hoření vrstev oblečení a polyuretanové vrstvy matrace. Následně docházelo k hoření tuku ve struktuře uhlíkatého zbytku matrace a zbytků oděvů, které jsou vhodným porézním materiálem. K dalšímu šíření požáru mimo místo hoření nedošlo. Proces hoření v případě tohoto požáru byl ukončen hasebními pracemi, které provedli příslušníci jednotky požární ochrany.

V případě tohoto požáru jsou projevy a šíření požáru shodné s výsledkem diplomové práce.

#### ***4.2 Ohledání místa požáru záruka správného zajištění stop***

Ohledání místa požáru je neopakovatelný úkon a to především v případech usmrcení osob, ke kterému dojde v souvislosti s požárem. V případě opomenutí jednoho z celého článku navazujících postupů dojde k chybnému vyhodnocení příčiny vzniku požáru a úmrtí a tyto úkony mohou být napadnutelné a zpochybněné.

Prvotním předpokladem pro zachování stop je šetrnost při provádění záchranných a likvidačních prací a to buď jednotkami požární ochrany, nebo záchranáři. Pokud je zřejmé, že osoba je zjevně usmrcena (celková nebo rozsáhlá tepelná destrukce, zuhelnatělé části) je vhodné provádění hasebních prací roztržštěným nebo mlhovým proudem šetrným způsobem, aby nedošlo k poškození nebo přemístění těla nebo částí těl.

Při vlastním ohledání místa činu (požáru) prováděné příslušníky Policie České republiky je nutné přesné zaměření polohy mrtvoly, okolních předmětů, zdokumentování stavu pomocí video a foto techniky. V případech značného zuhelnatění části těl je vhodné přemístění ostatků společně s podložím, tak aby bylo možné provést odborné zkoumání v laboratorních podmínkách (forenzní zkoumání, přítomnost akcelerantů hoření, určení požárně technických charakteristik hořlavých látek a materiálů atd.).

### **4.3 Celkové zhodnocení**

Výsledky provedených experimentů našly odpovědi na výzkumné otázky. Hoření živočišné tkáně je možné pouze po dodání určitého množství počáteční tepelné energie uvolňované při hoření okolních látek a současně přítomnost a vlastnosti hořlavého podkladu.

Tyto skutečnosti podmiňující hoření byly zjištěny DeHannem (DeHann et al., 2016) a rozdílné výsledky experimentu především na vzorcích č. 3 a č. 4 toto potvrdily. Na povrch výše uvedených vzorků byly aplikovány identické textilní materiály o shodné výhřevnosti. K vlastní iniciaci byl použit gelový podpalovač. Vzorek č. 3 byl uložen na nehořlavý podklad, vzorek č. 4 byl umístěn na hořlavou podložku. K ukončení procesu hoření u vzorku č. 3 došlo po vyhoření textilních materiálů a gelového podpalovače v čase 16. minuty od zapálení a za tuto dobu došlo k 2,33% úbytku hmotnosti v důsledku hoření části tukové tkáně. Shodně upravený vzorek č. 4 umístěný na hořlavou podložku vykazoval hmotnostní úbytek 66,13 %, ke kterému došlo v důsledku hoření tukové i svalové složky tkáně trvající 131 minut. Rozdílný výsledek je způsoben hořením tkání vzorku č. 4, především v místě kontaktu s hořlavou podložkou, do které byla přiváděna tuková složka tkáně. K oddělení tukové tkáně a její zkapalnění došlo v průběhu prvotního hoření textilních materiálů. Po odhoření textilních materiálů již docházelo k hoření zkapalněného tuku ve struktuře hořlavé podložky.

Stupeň poškození a destrukce tkání závisí na přítomnosti hořlavých látek a materiálů a na celkovém podílu tukové složky. Tuková složka je pro další probíhající samovolné hoření bez přispění okolních hořlavých látek a materiálů zásadní. Vyšší podíl tukové tkáně ovlivňuje hustotu tepelného toku při hoření a tím i zvyšuje riziko

přenosu a šíření požáru do okolního prostředí. Ze získaných poznatků je zřejmé, že efekt hoření živočišných tkání se projeví výrazněji u osob, u kterých je vyšší procentní podíl tukové složky.

To, zda celý proces proběhne stanoveným způsobem, ovlivňují další faktory, především způsob výměny plynů na místě požáru, včetně přístupu oxidačního prostředku do míst hoření. Tyto faktory nebyly při experimentech sledovány.



## **Závěr**

Téma diplomové práce je zaměřeno na zvláštní případy hoření osob. V teoretické části byly uvedeny případy požárů s danou tematikou. K vypracování teoretické části popisující procesy hoření a vlastnosti živočišných tkání bylo využito rešerše dostupné literatury, internetových zdrojů a platné legislativy.

K naplnění cíle diplomové práce – vyhodnocení možnosti vzniku a průběhu hoření živočišných tkání – byly stanoveny dvě výzkumné otázky. Odpovědi na výzkumné otázky byly potvrzeny a ověřeny experimentem provedeným na tkáních živočišného původu. Podmínky experimentu byly nastaveny tak, aby došlo k napodobení podmínek v prostředí reálných požárů.

První výzkumná otázka je, zda může dojít k hoření živočišné tkáně. Na základě výsledků práce bylo zjištěno, že k hoření živočišné tkáně může dojít.

Druhá výzkumná otázka se týká zjištění mechanismů a průběhu hoření živočišné tkáně. Pro zahájení procesů hoření tkáně je nutná dostatečná počáteční tepelná energie, při které dojde k uvolnění tukové složky tkáně. Další podmínkou je vhodný porézní materiál umístěný pod tkání, který umožní nasátí a další hoření zplyněných produktů tukové složky.

Jako počáteční energie je postačující energie uvolňovaná např. při hoření oděvů nebo pokrývky. Podmínku porézního materiálu umístěného pod tkání naplňuje např. podlaha z prken, matrace z lehčeného polyuretanu apod., které vytvoří po vyhoření hořlavých těkavých složek materiálu uhlíkatý zbytek schopný absorpce zkapalněné tukové složky.

V podmínkách České republiky a v zemích Evropské unie je daná problematika hoření živočišné tkáně nazývána termínem „Spontaneous Human Combustion“, což je překládáno do českého jazyka jako „samovolné vzplanutí osob“. Tento termín je ovšem velmi zavádějící a nevyjadřuje odbornou podstatu samotného procesu. Při průběhu skutečných požárů, popisovaných v této práci, byla prakticky vždy nalezena příčina vzniku požáru osoby, která má podnět ve vnějším prostředí nebo je způsobena činnostmi osob. Jedná se zejména o příčiny spojené s nedbalostním jednáním osob nebo o příčiny úmyslného zapálení se snahou o zahlazení stop jiné trestné činnosti, nebo

o způsob vraždy. Označení termínem spontaneous nebo samovolné vznícení je chybné, protože spontánně dochází ke vzniku hoření pouze v případech samovznícení látek. Ve smyslu poškození lidské tkáně je vždy nutné toto hoření označovat termínem požár, protože vždy se jedná o hoření, které je nežádoucí.

V rámci zjišťování důvodu poškození tkání člověka požárem je nezbytné zjištění vlastní příčiny vzniku. Z těchto důvodů je potřebné zajištění důkladného ohledání místa požáru, zejména nalezení zbytků oděvů, lůžkovin, zajištění a zjištění typů látek a materiálů, v okolí nálezů těla. Vhodné je přemístění těla destruovaného požárem současně s látkami a materiály, které se nacházejí v místech hoření a v bezprostředním okolí takovým způsobem, který umožňuje zkoumání v laboratorních podmínkách. V právních předpisech České republiky vykazuje systém nedokonalost, kterou lze spatřovat v nedokonalé vzájemné provázanosti činností všech zúčastněných odborných složek u požárů, a to příslušníků HZS ČR, příslušníků Policie ČR, Zdravotnické záchranné služby, koronera, a dalších lékařských, především forenzních oborů. V podmínkách České republiky a v systému šetření trestných činů není tato činnost mezi všemi těmito složkami vzájemně metodicky koordinovaná, zejména při prvotním ohledání místa činu. Pro tuto vzájemnou činnost chybí metodika popisující provázanost a návaznosti dějů, odpovědnosti a rozsah zajišťované činnosti.

Práce může cílové skupině osob, vyšetřovatelům požárů HZS ČR, orgánům činných v trestním řízení a dalším pomoci s objasněním dějů probíhajících v souvislosti s požáry, u kterých je hlavní nebo podstatnou složkou látek podílejících se na hoření živočišná tkáň.

## Seznam literatury

- (1) BALOG, Karol. *Samovznietenie: samozahrievanie, vznietenie, vzplanutie*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-861-1143-1.
- (2) BLAHOŽ, Vladimír; KADLEC Zdeněk. *Základy sdílení tepla*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-902-0011-7.
- (3) BRIAN, J.Ford. Solving the Mystery of spontaneous Human Combustion. *The Microscope*. 2012, 60(2), str. 63-72. ISSN 1365-2818
- (4) British Broadcasting Corporation (BBC). *Supernatural Science: Spontaneous Human Combustion* In: Youtube [online]. 1999, 50:24 min. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jJBITSkeZdY>
- (5) BRUMOVSKÁ, Irena. *Speciální chemie pro požární ochranu: učební texty*. Vyd. 3., (přeprac.). Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008. ISBN 978-80-86640-88-4.
- (6) Česko. Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). [online]. [cit. 2016-04-19] In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 95/2001: Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-246>.
- (7) Česko. Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, 1985. [online]. [cit. 2016-04-19] In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 34/1985: Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>.
- (8) ČSN 650201. *Hořlavé kapaliny: Hořlavé kapaliny - Prostory pro výrobu, skladování a manipulaci*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.
- (9) ČSN 73 0824. *Požární bezpečnost staveb: Výhřevnost hořlavých látek*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1992. 8s. Třídící znak 730824.

- (10) ČSN EN ISO 472 (640001). *Plasty - Slovník*. Nové vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015. Třídící znak 640001
- (11) DEHAAN, John; CAMPBELL; NURBAKSH. Combustion of animal fat and its implications for the consumption of human bodies in fires. *Science and Justice*. 1999, 39(1), str. 27-38.
- (12) DEHAAN, John; POPE, Elayne. *Combustion properties of human and large animal remains* [online], 9 str. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://fire-exforensics.com/>
- (13) *Dohoda o součinnosti mezi Policií České republiky a Hasičským záchranným sborem České republiky*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, 2004. ISSN č. j.: PPR-472/NTR-2004, č. j.: PO-157/PRE-2005.
- (14) DOSOUDIL, Tomáš. *Samovolné vzplanutí osob: o jednom z nejhrůznějších a nejzáhadnějších jevů*. Vyd. 1. Liberec: Dialog, 2007. Největší záhady světa. ISBN 978-80-86761-60-2.
- (15) 'First Irish case' of death by spontaneous combustion. *BBC* [online]. London: BBC, 2011 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.bbc.com/>
- (16) FONTANA, Josef. *Funkce buněk a lidského těla* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://fbt.cz/skripta/>
- (17) FORD, Brian. The big burn theory. *NewScientist*. 2012, str. 30-31.
- (18) HANZLOVÁ, Jitka; HEMZA Jan. *Základy anatomie pohybového ústrojí*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2004. ISBN 80-210-3580-3
- (19) CHMELÍK, Jan. *Ohledání místa činu*. Druhé vydání. Policie České republiky - úřad vyšetřování pro Českou republiku: MV-Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2004. ISBN není.
- (20) JENERÁLOVÁ, Bohumila; SVOBODA, Miloš. *Zjišťování příčin vzniku požárů.I*. 1. vydání. Ministerstvo vnitra: FACOM, 2000. ISBN 809028521X.
- (21) KAČÍKOVÁ, Danica; NETOPILOVÁ Miroslava; OSVALD Anton. *Dřevo a jeho termická degradace*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a

- bezpečnostního inženýrství, 2006. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-866-3478-7.
- (22) KISLINGER, Radek. *Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2015. ISBN 978-80-86466-72-9.
- (23) KÖNIGOVÁ, Radana; BLÁHA Josef. *Komplexní léčba popáleninového traumatu*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1670-4.
- (24) KUČERA, Petr. *Požární inženýrství: dynamika požáru*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-074-6.
- (25) KVARČÁK, Miloš. *Základy požární ochrany*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-866-3476-0.
- (26) MAJZLÍK, Ivan; HOFMANOVÁ Barbora; VOSTRÝ Luboš. *Základy obecné zootechniky*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2012. ISBN 978-80-213-2286-8.
- (27) Masarykova univerzita, Atmosféra. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele* [online]. Brno, 2014 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/>
- (28) MASAŘÍK, Ivo. *Plasty a jejich požární nebezpečí*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-866-3416-7.
- (29) MURRAY, Robert K. *Harperova Biochemie*. 23. vyd., (4. české vyd.), v H. Jinočany: H, 2002. Lange medical book. ISBN 80-731-9013-3
- (30) MV – GR HZS ČR. *Statistické ročenky Hasičského záchranného sboru ČR. Statistické ročenky Hasičského záchranného sboru ČR, 2016* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra, [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>
- (31) *NFPA 921, guide for fire and explosion investigations*. 2011 ed. [Quincy, Mass: National Fire Protection Association, 2011. ISBN 978-161-6657-147.

- (32) *Odborné vyjádření k požáru evidenční číslo události 33080000545*. 1. Tábor: Hasičský záchranný sbor okresu Tábor, 2000, 2 str.
- (33) *Osvědčení o akreditaci č. 571/2015*. In: Praha: Český institut pro akreditaci, o.p.s., 2015, ročník 2015, číslo 571, s. 20. Dostupné také z: [http://www.pavus.cz/dokumenty/OA\\_571\\_2015.pdf](http://www.pavus.cz/dokumenty/OA_571_2015.pdf)
- (34) *Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 3.11.2014, č. 49/2014, kterým se stanoví postup Hasičského záchranného sboru ČR při zjišťování příčin vzniku požáru*. Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky: Ministerstvo vnitra, 2014, ročník 2014, částka 49, číslo 49.
- (35) *Postup policistů po přijetí oznámení o požáru - usměrnění činnosti*. 1. České Budějovice: Krajské ředitelství policie Jihočeského kraje, 2011. ISSN č. j. KRPC-1641-32/ČJ-2001-0200PZ.
- (36) *Produktový list: ALMEMO® MEASURING INSTRUMENTS ALMEMO® 5990-2*. 1. Holzkirchen, SRN: AHLBORN, 2005. Dostupné také z: [http://www.instrumentcompaniet.no/files/AHLBORN\\_Datablad/MA59902.pdf](http://www.instrumentcompaniet.no/files/AHLBORN_Datablad/MA59902.pdf)
- (37) *Produktový list: P7130 Series Argus®4-HR320 Thermal Imaging Camera*. 3. Gdynia, Polsko: Safe Tech, 2012. Dostupné také z: <http://www.safetech.net.pl/>
- (38) SEDLÁČEK, Dušan. *Bezpečnostní list: Aceton*. 2. Liberec: Severochema, 2014.
- (39) SEDLÁČEK, Dušan. *Bezpečnostní list: PE-PO gelový podpalovač*. 2. Liberec: Severochema, 2014.
- (40) SCHREIBER, Hans; PORST Peter. *Hasební látky: Chemicko - fyzikální pochody při hoření a hašení*. 1. Praha: Státní nakladatelství NDR, 1972. ISBN není.
- (41) *Soustava SI: předefinování současných definic. Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku*. Praha: FCC PUBLIC, 2010, (2), 55-56. ISSN 1210-0889.
- (42) STEINLEITNER, Hans-Dieter, Vlastislav NOVOTNÝ a Eduard BENDA. *Tabulky hořlavých a nebezpečných látek*. 1. Berlin: Staatsdruckerei der Deutschen Demokratischen Republik, 1980. ISBN není.

- (43) STEJSKAL, František; FOUKALOVÁ, Zdeňka. *Metodická karta E1: Zápalka, zapalovač*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2011. Metodické pomůcky. ISBN není.
- (44) STEJSKAL, František; FOUKALOVÁ, Zdeňka. *Metodická karta E2: Svíčka - plamen svíčky*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012. Metodické pomůcky. ISBN není.
- (45) STEJSKAL, František; FOUKALOVÁ, Zdeňka. *Metodická karta E6: Cigareta, cigaretový nedopalek*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2011. Metodické pomůcky. ISBN není.
- (46) *Stopy požáru*. První vydání. Ministerstvo vnitra, Lázně Bohdaneč: Videostudio Institutu ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč, 2013. ISBN není. ISSN není. DVD nosič.
- (47) SVAČINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.
- (48) SYMES, Steven A. *Recovery and Interpretation of Burned Human Remains*. In: . National Institute of Justice. USA, 2012, s. 236. 2008-DN-BX-K131.
- (49) ŠROM, Ivo. *Zjišťování příčin požárů od elektrických iniciátorů*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-073-9.
- (50) TICHÝ, František. *Histologie: cytologie a obecná histologie*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2000. ISBN 80-851-1486-0.
- (51) *Zjišťování příčin vzniku požárů II*. 1. Ministerstvo vnitra, 2005. ISBN není.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Požárem poškozená osoba na hořlavé podlaze .....	str. 19
Obrázek 2 – Požárem poškozená osoba ležící na matraci .....	str. 20
Obrázek 3 – Pohled na hořící oběť .....	str. 22
Obrázek 4 – Pohled na místo požáru těla oběti .....	str. 22
Obrázek 5 – Pohled na experiment prováděný na mrtvole .....	str. 24
Obrázek 6 – Způsob provedení vzorku připraveného k experimentu.....	str. 42
Obrázek 7 – Vzorek č. 2 po provedení zkoušky .....	str. 49
Obrázek 8 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 2.....	str. 50
Obrázek 9 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek č. 2 .....	str. 51
Obrázek 10 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 3.....	str. 52
Obrázek 11 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek č. 3 .....	str. 52
Obrázek 12 – Poškození textilií vzorku č. 3 po ukončení hoření .....	str. 53
Obrázek 13 – Vzorek č. 3 po odstranění poškozených textilií z povrchu .....	str. 53
Obrázek 14 – Vzorek č. 4 před provedením vlastní zkoušky .....	str. 55
Obrázek 15 – Řez vzorkem č. 4.....	str. 55
Obrázek 16 – Vzorek č. 4 v průběhu zkoušky .....	str. 56
Obrázek 17 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 4.....	str. 56
Obrázek 18 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek .....	str. 58
Obrázek 19 – Vzorek č. 5 před provedením vlastní zkoušky .....	str. 59
Obrázek 20 – Vzorek č. 5, stav po ukončení hoření a celkového ochlazení.....	str. 59
Obrázek 21 – Řez vzorkem č. 5 po ukončení procesu hoření.....	str. 60
Obrázek 22 – Vzorek č. 5 v průběhu zkoušky .....	str. 61

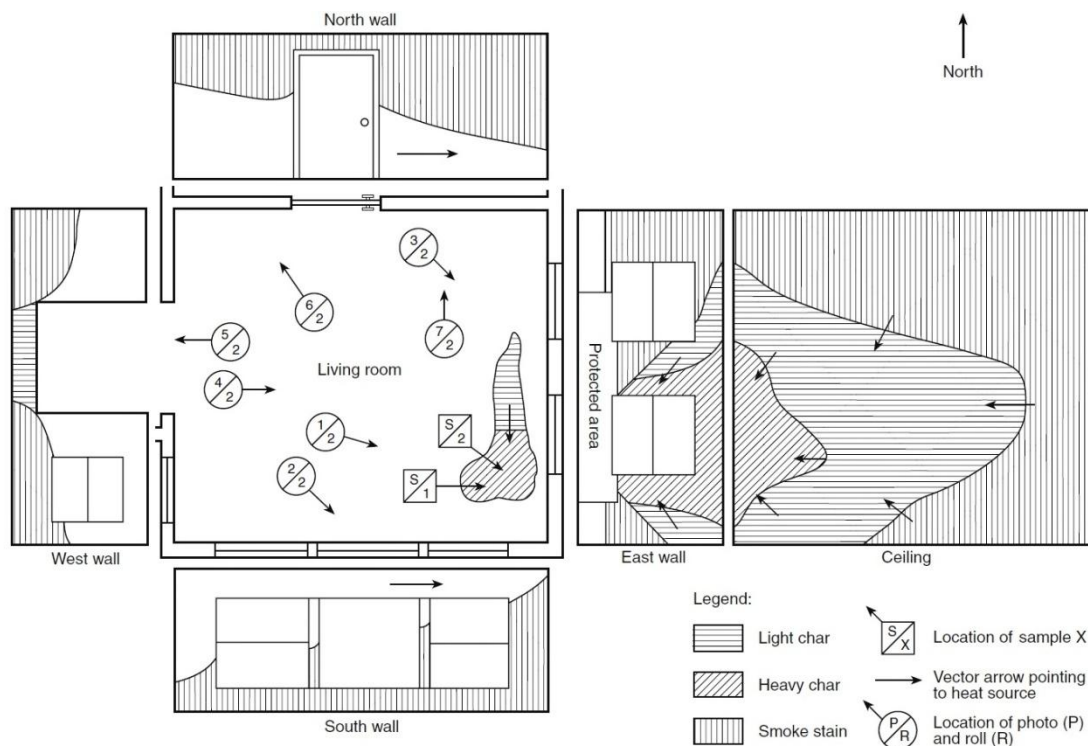


Obrázek 23 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných na povrchu vzorku č. 5.....	str. 62
Obrázek 24 – Teplotní spektrum v cca 180 minutě hoření na povrchu vzorku č. 5 .	str. 62
Obrázek 25 – Teploty naměřené na termočláňkových čidlech umístěných v prostoru mimo vzorek č. 5 .....	str. 63
Obrázek 26 – Porovnání poškození všech vzorků po zkoušce .....	str. 64
Obrázek 27 – Porovnání struktury řezu vzorků po zkoušce .....	str. 64

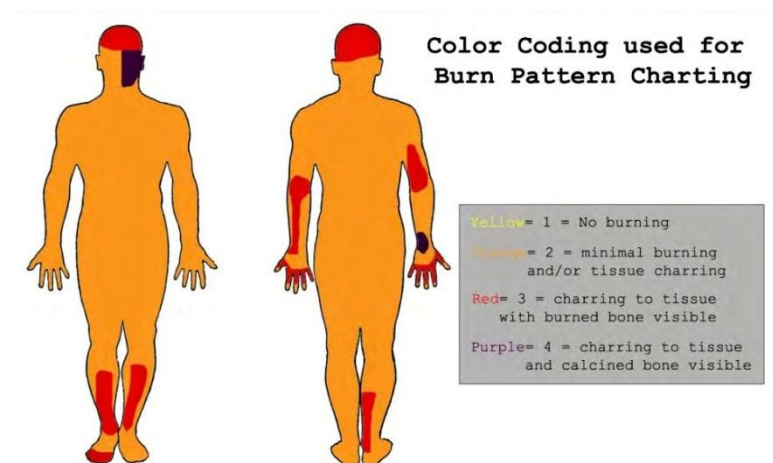
## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Přehled základních zápalných zdrojů .....	str. 34
Tabulka 2 – Přehled základních vybraných látek a materiálů .....	str. 37
Tabulka 3 – Přehled výsledků experimentu jednotlivých vzorků.....	str. 65

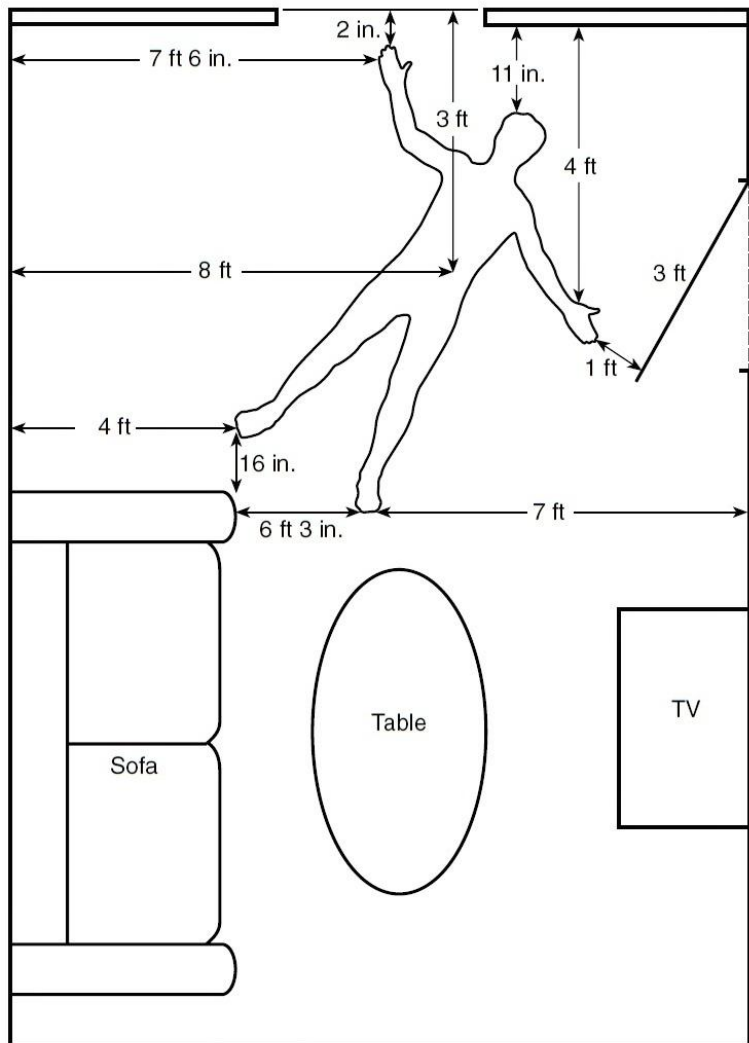
## Přílohy



P1 – Grafické znázornění místa požáru a stupně poškozených míst požárem v místnosti, šipkami znázorněn směr a číslo pořizené fotografie, zdroj: NFPA, 2011©



P2 – Grafické znázornění rozsahu a stupně poškození těla požárem, zdroj: SYMES, 2012©



Note: Not to scale.

For SI units, 1 in. = 2.54 cm; 1 ft = 0.3 m.

P3 – Grafické znázornění místa požáru a polohy osoby, zdroj: NFPA, 2011©