

Inovace a rozvoj nástrojů v oblasti zjišťování příčin vzniku požárů

Výzkumná zpráva o řešení projektu za období 01.2021–05.2025



Název dokumentu	Průběžná zpráva o řešení projektu za období 01.2021–06.2021		
Autor/ Autoři	Martiníková B., Nos F., Dudáček A., Mózer V., Chudová D., Kučera P., Škoda J.; Kopecký S. Buba H., Hošek J., Zrubek Z., Weishäupl J., Řepík J.; Dobeš P., Vlček V.,		
Odpovědný partner projektu	VŠB-TUO	Spolupracující partner projektu	ČVUT
Stav dokumentu	Revidován	Verze dokumentu	3
		Datum zpracování	12.2022
Úroveň šíření	Určeno pro aplikační garanty	Počet stran dokumentu	154
Název projektu	Inovace a rozvoj nástrojů v oblasti zjišťování příčin vzniku požárů	Program	BV IMPAKT 1
		ID projektu	VJ01010046
Název aktivity/ výsledku	Souhrnná zpráva z řešení projektu FING	Číslo aktivity/ výsledku	VJ01010046-V7
Klíčová slova	Požár, vyšetřování, proces zjišťování příčin vzniku požárů, inovace současných postupů		
Revidováno	Lepík P.	Datum revize	05.2025
Schváleno	Lepík P.	Datum schválení	05.2025
Kontakty na projektu	Manažer projektu: Mgr. Sandra Tesařová (sandra.tesarova@vsb.cz) Hlavní řešitel projektu: Ing. Petr Lepík Ph.D.(petr.lepik@vsb.cz)		

Dokument byl vypracován v rámci Strategické podpory rozvoje bezpečnostního výzkumu ČR 2019 - 2025 (IMPAKT 1), číslo projektu VJ01010046 s názvem „Inovace a rozvoj nástrojů v oblasti zjišťování příčin vzniku Požárů“.

HISTORIE VYDÁNÍ		
ID verze	Datum	Popis/ změny
1	30. červenec 2021	Dokument určený aplikačním garantům projektu, popisující základní činnosti v projektu za období 01/2021-06/2021
2	31.prosince 2021	Dokument rozšířen o činnosti za období 06/2021-12/2021
3	31.prosince 2022	Dokument rozšířen o činnosti za období 01/2022-12/2022
4	31. prosince 2023	Dokument rozšířen o činnosti za období 01/2023-12/2023
5	31. prosince 2024	Dokument rozšířen o činnosti za období 01/2024-12/2024
6	31. května 2025	Dokument rozšířen o činnosti za období 01/2025-05/2025

ZÁKLADNÍ SHRNUÍ INFORMACÍ O PROJEKTU FING

Jaký je cíl a přístup?

Cílem projektu je inovace a rozvoj současných postupů, přístupů a technik v rámci procesu zjišťování příčin vzniku požárů v ČR. Z důvodů absence komplexnosti a aktuálnosti vědeckých poznatků spolu s nedostatečnou reflexí předních světových zvyklostí a znalostí je projekt orientovaný na tvorbu nástrojů, které stávající postupy, přístupy a techniky kriticky posoudí a následně upraví.

Jedním z výstupu projektu, jsou ucelené metodické pokyny pro podporu efektivního procesu zjišťování budou doplněny o postupy a empirická data získané měřeními a simulacemi. Pokyny budou, mimo jiné, upravovat oblast základních principů, zásad, vyšetřovacích postupů, zajištění důkazních materiálů, a to nejen na místě požáru ale i mimo něj. Základním předpokladem je systematizace a sjednocení výkonů všech vyšetřovatelů požárů zařazených v Hasičském záchranném sboru České republiky (dále také jako HZS ČR) skrze precizaci, deskripci, vývoj nových a modifikaci stávajících postupů.

Komu bude práce přínosem?

- Pracovníci HZS ČR při výkonu státního požárního dozoru zjišťováním příčin požárů.
- Ostatní vyšetřovatelé požárů, znalci.
- Expertizní pracoviště, odborná veřejnost: vědeckovýzkumní pracovníci, akademičtí pracovníci.

Jaké příležitosti projekt umožňuje?

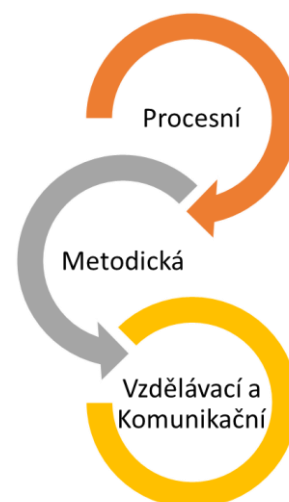
- Implementace nových poznatků, zkušeností ze světa v oblasti zjišťování příčin vzniku požárů.
- Využitelnost spojení potenciálu metodických a experimentálních technik.
- Adaptace nových přístupů a postupu do ČR.
- Ucelený postup pro nalezení cesty k výsledku z procesu zjišťování příčin vzniku požárů.
- Inovativní postupy v rámci komunikace.
- Optimalizace zpětné vazby do prevence.

Jaké trendy budou zohledněny?

- Vyšetřování kořenových příčin – hledání komplexních pohledů.
- Podpora sdílení informací.

Jaké problémy si klade projekt za cíl řešit?

- Velká zátěž současných vyšetřovatelů požárů.
- Různorodost prostředí zjišťování příčin vzniku požárů.
- Přenos zkušeností skrze generace – ztráta kontroly.
- Segregace sdílení informací (trendů), dobrých praktik.
- Nízká výtěžnost informací.
- Role, kompetence vyšetřovatele.



Jak je projekt řešen?

Projekt je rozdělen do jednotlivých pracovních balíčků, které se skládají s konkrétních výzkumných aktivit za období 01/2021-05/2025.

WP1	Metodologie zjišťování příčin vzniku požárů	GARANT: Ing. Barbora Martiníková, Ph.D.
WP2	Laboratorní a středněrozměrové experimenty	
	WP2.1 Laboratorní experimenty	GARANT: Ing. Dana Chudová, Ph.D.
	WP2.2 Středně rozměrové požární zkoušky	GARANT: doc. Vladimír Mozer Ph.D.
	WP2.3 Měření vybraných toxických zplodin	GARANT: doc. Vladimír Mozer Ph.D.
WP3	Velkorozměrové experimenty	GARANT: prof. Dr. Ing. Aleš Dudáček
WP4	Simulace průběhu požáru a pohybu osob	GARANT: doc. Ing. Petr Kučera Ph.D.

Popis konkrétních výzkumných aktivit projektu, včetně harmonogramu je uveden v příloze 1 tohoto dokumentu.

Jaké budou výsledky a výstupy projektu?

- Metodika pro zajištění efektivního procesu zjišťování příčin vzniku požárů.
- Metodika pro stanovení zásad a postupů na místě požáru.
- Články v odborných periodikách.
- Software FING.
- Souhrnná zpráva z řešení projektu FING.
- Specializovaná databáze požárně technických charakteristik materiálů pro potřeby zjišťování příčin požáru.
- Specializovaná databáze požárních parametrů zařizovacích předmětů budov.
- Workshopy.
- Audiovizuální tvorba.
- Odborná kniha.

Popis konkrétních výsledků je uveden v příloze 2 tohoto dokumentu.

EXECUTIVE SUMMARY

PROJECT OF INNOVATION AND DEVELOPMENT TOOLS IN THE FIELD OF CAUSE OF FIRE INVESTIGATION – FING

What is the goal and approach?

The aim of the project is to innovate and develop the current procedures, approaches and techniques in the process of identifying the causes of fire in the Czech Republic. Due to the lack of complexity and timeliness of scientific knowledge together with insufficient reflection of the world's leading practices and knowledge, the project is oriented towards the creation of tools that will critically assess and subsequently modify the existing procedures, approaches and techniques.

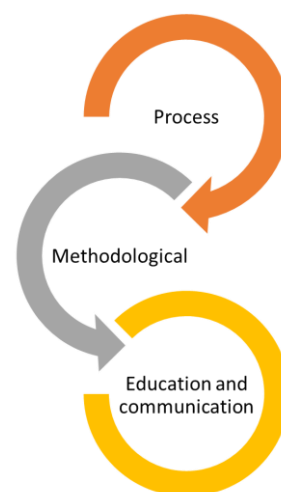
One output of the project is comprehensive methodological guidelines to support an effective discovery process will be complemented by procedures and empirical data obtained through measurements and simulations. The guidelines will, among other things, regulate the area of basic principles, principles, investigation procedures, securing of evidence, not only at the fire scene but also outside it. The basic premise is to systematize and unify the performance of all fire investigators assigned to the Fire Rescue Service of the Czech Republic (FSC CR) through precision, description, development of new and modification of existing procedures.

Who will benefit from the work?

- Fire investigators FRC CR in the performance of State Fire Supervision by determining the causes of fires.
- Other fire investigators, experts.
- Expertise workplaces, professional public: scientific researchers, academic staff.

What opportunities does the project provide?

- Implementation of new knowledge, experience from the world in the field of fire detection.
- Exploiting the potential of combining methodological and experimental techniques.
- Adaptation of new approaches and procedures to the Czech Republic.
- Comprehensive procedure for finding the way to the result from the process of fire detection.
- Innovative approaches in communication.
- Optimisation of feedback into prevention.



What trends will be taken into account?

- Root cause investigation - seeking holistic perspectives.
- Promoting information sharing.

What problems does the project aim to address?

- The heavy workload of current investigators.
- Diversity of fire investigation environments.
- Transfer of experience through generations - loss of control.
- Segregation of information sharing (trends), good practices.
- Low yield of information.

How is the project designed?

The project is divided into individual work packages consisting of specific research activities for the period 01/2021-05/2025.

WP1	Methodology of fire cause detection	GARANT: Barbora Martinikova
WP2	Laboratory and medium-scale experiments	
	WP2.1 Laboratory experiments	GARANT: Dana Chudova
	WP2.2 Medium-dimensional fire tests	GARANT: Vladimir Mozer
	WP2.3 Measurement of toxic combustion products	GARANT: Vladimir Mozer
WP3	Large-scale experiments	GARANT: Ales Dudacek
WP4	Simulation of fire and movement of people	GARANT: Petr Kucera

Project leader Petr Lepik

Project manager Sandra Tesarova

What will be the results and outputs of the project?

- Methodology for ensuring an effective process of identifying the causes of fires.
- Methodology for establishing policies and procedures at the fire scene.
- Articles in professional journals.
- FING software.
- FING project summary report.
- Specialized database of fire engineering characteristics of materials for fire cause investigation.
- Specialised database of fire characteristics of building furnishings.
- Workshops.
- Audiovisual production.
- Specialised book.

Obsah

Zkratky	9
Úvod	10
WP1. Metodologie zjišťování příčin vzniku požárů	11
Současný stav řešení.....	11
1. VA / WP1 Rozbor metodologií zjišťování příčin vzniku požárů	12
2. VA/WP1 Výběr a typologie požárů se specifikací jejich projevů	13
3. VA / WP1 Návrh kritérií pro výběr nástrojů k procesu vyšetřování požárů	13
4. VA / WP1 Posouzení nástrojů k zajištění důkazních materiálů	13
5. VA / WP1 Návrh algoritmizace přístupů k vyšetřování požárů jako celku	14
WP2. Laboratorní a středněrozměrové experimenty.....	17
Současný stav řešení.....	17
WP2-1 Laboratorní experimenty	17
WP2-2 Středně rozměrové požární zkoušky.....	27
WP2-3 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 03.2021 až 12.2022.....	50
WP3. Velkorozměrové experimenty	54
WP4. Simulace průběhu požáru a pohybu osob	148
Současný stav řešení.....	148

Zkratky

Akronym	Popis
VA	Výzkumná aktivita
WP	Pracovní balíček
ZPP	Zjišťování příčin vzniku požárů
PTCH	Požárně technické a další materiálové charakteristiky
TBP	Technicko - bezpečnostních parametrů
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
FING	Innovation and development tools in the field of cause of fire investigation

Úvod

Předkládaná průběžná zpráva podává informace o odborném stavu řešení projektu s názvem „Inovace a rozvoj nástrojů v oblasti zjišťování příčin vzniku požárů“ za konkrétní období. V rámci jednotlivých let řešení bude průběžně doplněna o stávající stav. Zpráva je členěna dle jednotlivých pracovních balíčků – WP.

Základní metodologie projektu kombinuje analytické práce, přenos dobrých praktik ze zahraničí a na znalostech založenou syntézu. Výstupem těchto prací bude certifikované metodiky a software. Metody řešení projektu zahrnují jak teoretické, tak experimentální disciplíny a součástí řešení je jejich provázání. Z experimentálních metod jsou využívány standardní i nově vyvíjené metody měření fyzikálně-chemických parametrů související s požárně technickými charakteristikami a technicko - bezpečnostními parametry a metody analytické chemie. Teoretické metody zahrnují matematické modelování, teoretické základy bezpečnostního inženýrství a teorii řízení a komunikace.

Metodologie je založena na analýze vstupních dokumentů z oblasti vyšetřování požárů zahrnující rovněž zahraniční publikace a materiály. Dále na evaluaci selektovaných materiálů a jejich praktickém ověření v rámci laboratorních a praktických zkoušek. Budou uplatněny nové technologické postupy v oblasti vyšetřování požárů, které doposud nejsou plnohodnotně v podmínkách HZS ČR implementovány, například se jedná o vliv dynamiky požáru v uzavřeném prostoru na polohu kriminalistického ohniska, měření hloubky kalcinace v sádkartonových konstrukcích, charakteristice a popisu ohniskových příznaků v uzavřeném prostoru, hloubce zuhelnatění u dřevěných konstrukcí, popisu parametrů a účinků požáru ve vztahu k vytváření stop požáru. Ústředním bodem projektu jsou inovativní přístupy k procesu zjišťování příčin vzniku požárů založený na aktuálních poznatcích ze světa, které budou modifikovány pro aplikaci v podmínkách ČR. Hlavní metodické výstupy budou založeny na principech jednoduchosti, komplexnosti a systematičnosti. Výstupy budou obsahovat:

- stanovení rámce zjišťování příčin vzniku požárů, mimo jiné vymezením role a kompetence;
- vyšetřovatelů požárů, specifikace jednotlivých aktérů procesu vyšetřování a jejich postavení v systému;
- ucelený, adaptabilní a modulární systém řízení procesu, použitelný na nové i na stávající zdroje požárů;
- identifikaci potencionálních typů a druhů požárů s uvedením vhodných standardizovaných a experimentálních metod, postupů a technik;
- deskripci nejistot a neurčitostí ovlivňujících celý proces vyšetřování s návrhem jejich odstranění nebo snížení;
- způsob stanovení možných hypotéz a jejich potvrzení či vyvrácení;
- systém konkrétních postupů a technik využitelných v různých fázích procesu vyšetřování.

V případě vyšetřování na místě požárů budou detailně a cíleně stanoveny zásady, doporučení a konkrétní protokoly s kontrolními seznamy kroků vyšetřování „in situ“, který představuje pro vyšetřovatele požáru zpětnou vazbu. Bude respektován princip využitelnosti, tzn., výstup bude obsahovat jednotlivé karty založené na charakterizaci a druhu požářiště. Vybrané postupy budou ověřeny v praxi.

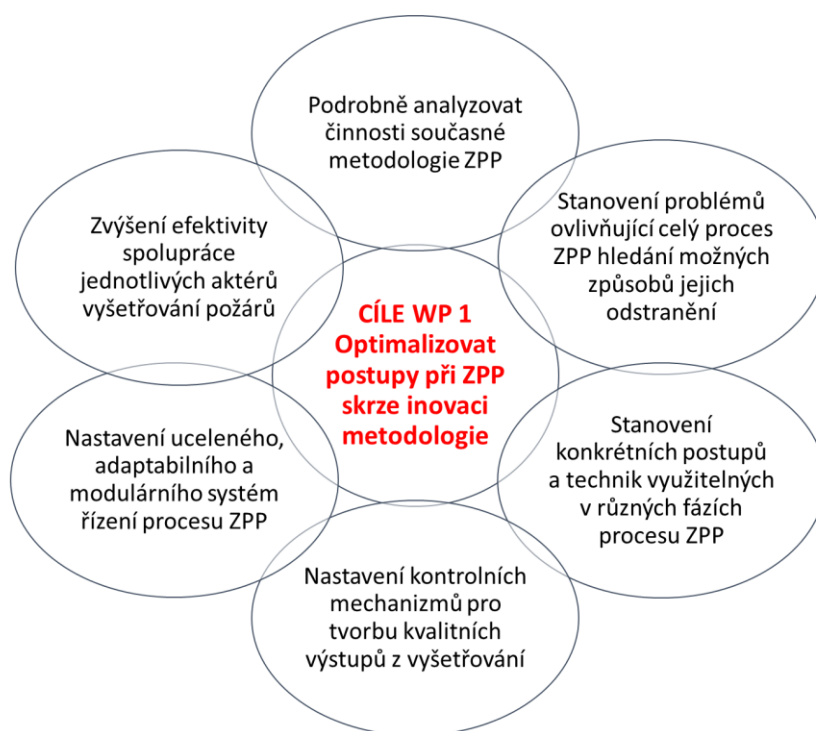
WP1. Metodologie zjišťování příčin vzniku požárů

Podrobně analyzuje činnosti současné metodologie zjišťování příčin požárů. Na základě výsledků provedených experimentálních zkoušek (WP2 a WP3), simulací šíření požáru a vlivu požáru na různé typy stavebních konstrukcí (WP4) rozšiřuje současnou metodologii o nové postupy a nástroje vhodné v rámci procesu vyšetřování pro zajištění důkazních materiálů „in situ“. Zároveň budou posíleny postupy systematické práce vyšetřovatelů požárů při procesu vyšetřování zjišťování příčin vzniku požárů (např. tvorbou poučení ze zjišťování příčin vzniku požáru).

Hlavní výstupy v rámci WP1

- Metodika pro zajištění efektivního procesu zjišťování příčin vzniku požárů.
- Metodika pro stanovení zásad a postupů na místě požáru.
- Software FING.
- Podklady pro souhrnnou zprávu z projektu.

Základní úkoly, které povedou k hlavnímu cíli v rámci WP1 jsou shrnuty v rámci obrázku 1.



Obrázek 1 Cíl WP1

Současný stav řešení

V následujících podkapitolách jsou nastíněny a popsány základní aktivity v rámci činností na WP-1.

1. VA / WP1 Rozbor metodologií zjišťování příčin vzniku požárů

Úvodní fáze projektu je zaměřena na zcela nezbytnou zevrubnou analýzu současného nastavení procesu zjišťování příčin vzniku požárů, přičemž na základě získaných poznatků a podnětů budou zhodnoceny všechny procesní úkony prováděné vyšetřovateli požárů, a to jak na požářišti, tak i mimo něj. Současný procesní algoritmus zjišťování příčin vzniku požárů je promítnut do vývojového diagramu, který je pro potřeby tohoto projektu nazýván „myšlenková mapa“. Tato myšlenková mapa je sestavena v idealizovaném chronologickém uspořádání, a to z jednotlivých procesních kroků. Samotné procesní kroky pak nejsou zaměřeny pouze na působnost HZS ČR, ale počítají i nezbytnými interakcemi mezi aktéry činnými v dané oblasti. Hlavním důvodem tvorby myšlenkové mapy procesu zjišťování příčin vzniku požárů je získání lepšího nadhledu nad hodnoceným systémem, komplexní pochopení logických návazností a nalezení případných nedostatků a kritických míst, respektive celých oblastí, ve kterých se naopak logické návaznosti vytrácejí či jsou zcela absentovány. Myšlenková mapa je uvedena v příloze č. 3 a nelze ji v této podobě chápat jako dogma, ale spíše jako jakýsi „aktivační dokument“, neboť lze předpokládat, že bude v průběhu projektu podrobena mnoha úpravám či doplněním.

Dále je žádoucí rozšířit úvodní analytickou činnost i o poznatky a příklady tzv. dobré praxe získané z vybraných zahraničních států. Sběr relevantních informací je zde postaven na dvou úrovních řešení, tj. analýza stavu skrze dotazníkové šetření a paralelně probíhající rešeršní činnost členů týmu. Na základě vyhodnocení poznatků získaných ze zahraničních zdrojů lze odhalit jak dobré a do našeho systému přenositelné praktiky, tak i praktiky či systémová opatření, která by naopak vykazovala spíše negativní dopady na efektivitu a činnost celého procesu. Návrh dotazníkového šetření je uveden v příloze č. 4. Finální podoba dotazníků je uvedena v příloze č. 5. Průběh a výsledky s dotazníkové šetření jsou uvedeny v příloze č.6. Tato činnost má přímou návaznost na výzkumné aktivity.

Přístup k tvorbě rešerše:

K získání relevantních dat jsou využity následující zdroje v daném pořadí:

- Odborné monografie (souhrnné odborné monografie zpravidla shrnují důležité témata oboru a odkazují na množství informačních zdrojů – vhodná volba pro získání všeobecného oborového přehledu v aktuální době).
- Odborné články (díličí odborné problémy, principy nebo konkrétní aplikace zpravidla bez rámcového zasazení do kontextu – vhodná volba pro získání hlubšího vhledu do problematiky řešení konkrétních aplikačních směrů).
- Výzkumné zprávy nebo odborné publikace institucí zabývajících se daným tématem (rozbory konkrétních problémů jdoucí do hloubky a poskytující vhled do určitých praktických detailů).

K vyhledávání jsou využity běžné vyhledávací nástroje jako je Google, vědecké databáze: Scopus, Web of Knowledge, databáze projektů CORDIS.

Vzhledem k rozsáhlosti tématu a zkušeností týmu není rešerše omezena stářím zdroje.

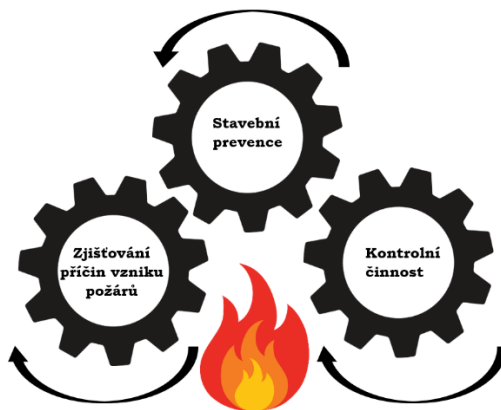
Vyhledávání postaveno na následujících klíčových slovech a jejich kombinací: Fire, Investigation, Guide for Fire and Explosion Investigations, Scene Evidence, Arson, Ignition source.

Nalezené zdroje jsou shromážděny v rámci citačního manažera Mendeley. Závěry z rešerše budou popsány v rámci jednoho uceleného dokumentu.

2. VA/WP1 Výběr a typologie požárů se specifikací jejich projevů

Tato část je analytická a je provázána s myšlenkovou mapou procesu zjišťování příčin vzniku požárů. V současné době je analyzován klíčový pojem požár a význam tohoto jevu, respektive jeho definice ve vztahu k zjišťování příčin vzniku požárů. Tento rozbor je zcela klíčový z pohledu rozsahu výkonu státního požárního dozoru a na to navázaných procesních úkonů.

Požár tvoří kritické propojení jednotlivých oblastí výkonu státního požárního dozoru a je tak alfou i omegou celého systému požární prevence. Toto spojení ovšem v praxi generuje určité problémy, neboť každá z oblastí požární prevence nahlíží na problematiku požáru ze svého hlediska a pracuje s jeho konkrétními projevy nebo potenciálními účinky. Jako velmi prospěšné se jeví užší propojení stavení prevence a zjišťování příčin vzniku požárů, neboť při procesu vyšetřování požárů je mimo jiné zkoumáno nastavení a efektivita zásad, respektive prvků stavení prevence. Toto propojení je zde podrobeno analytickému zkoumání se snahou o maximální součinnost obou zmíněných oblastí, a to například prostřednictvím společného jmenovatele, kterým je stavební objekt, potažmo celý prostor vzniku požáru. Podrobněji v příloze č. 7.



Obrázek 2 Členění odboru prevence

3. VA / WP1 Návrh kritérií pro výběr nástrojů k procesu vyšetřování požárů

Jednotlivé kroky procesu zjišťování příčin vzniku požárů jsou podrobovány rozborům s cílem zhodnocení, co je u daného „bodu zájmu“ žádoucí upravit, zjednodušit, definovat, vysvětlit apod. K jednotlivým výtkám nebo podnětům jsou pak navrhovány konkrétní obrysy vhodného řešení. Dále je zde hodnoceno, zda má konkrétní bod zájmu potenciální přesah do ostatních oblastí tohoto projektu a je žádoucí, aby bylo usilováno o jeho zařazení do harmonogramu prací. Podrobněji v příloze č. 8.

4. VA / WP1 Posouzení nástrojů k zajištění důkazních materiálů

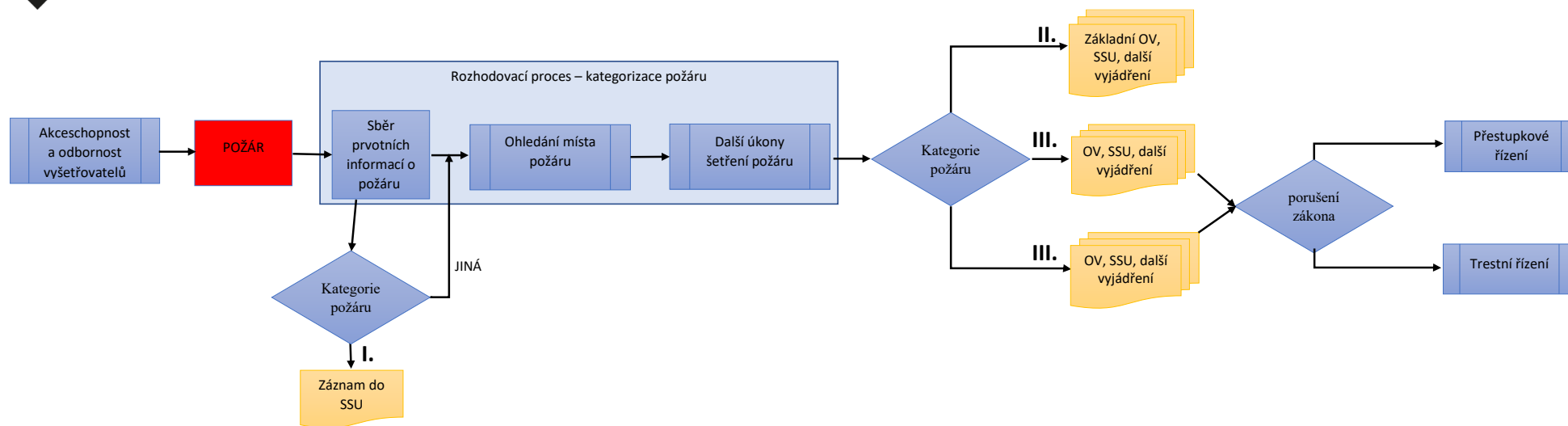
Procesu stanovení příčiny vzniku požáru ve většině případů vždy předchází proces určení místa vzniku požáru. To, s jakou mírou přesností bude místo vzniku požáru určeno, bude mít vliv na správnost nebo míru pravděpodobnosti určení příčiny vzniku požáru. Je rozdíl, pokud se místo vzniku požáru definuje např. s přesností na metry čtvereční nebo pokud je určeno v rámci celého půdorysu místnosti či dokonce objektu. Čím tedy přesněji bude místo vzniku požáru určeno, tím je s vyšší spolehlivostí určena příčina vzniku požáru. Z uvedeného vyplývá, že proces určení místa vzniku požáru je jedním z nedůležitých úkonů při ohledání

požářiště a vlastní proces při ohledání požářiště má v tomto nezastupitelnou roli. Zjištěné a zadokumentované informace, skutečnosti a poznatky (obecně data) na požářišti jsou pak používány v rámci testování jednotlivých stanovených hypotéz o místě vzniku požáru a následně také mohou být použity při testování stanovených hypotéz o příčině vznik požáru.

Posouzení přístupů, postupů, technik k zajištění důkazních materiálů na místě požáru je blíže uvedeno v příloze č. 9. Výstupem tohoto dokumentu pak bude stanovení návrhu klíčových kroků postupů vyšetřování „in situ“.

5. VA / WP1 Návrh algoritmizace přístupů k vyšetřování požárů jako celku

Z výše uvedených aktivit byl vytvořen diagram různých kroků, problematik a ostatních aspektů, které se týkají procesu zjišťování příčin požárů, zároveň byla vytvořena myšlenková mapa procesu ZPP. Tato mapa byla pouze pracovní a v praxi obtížně využitelná. Proto bylo ro potřeba zpracovat vývojový diagram obecněji a následně zohlednit specifika jednotlivých typů požáru v rámci připravované metodologie. První verze základního diagramu je uvedena na obrázku níže.



Obrázek 3 Vývojový diagram procesu ZPP

Jedná se o základní proces postupu vyšetřovatele požáru Hasičského záchranného sboru kraje (dále jen „HZS kraje“) při zjišťování příčin vzniku požáru. Je zde zohledněn i nový proces kategorizace požárů do čtyř kategorií.

Dále jsou zde naznačeny kroky, které bude třeba rozpracovat do dalších poddiagramů. Jedná se o:

- Akceschopnost a odbornost vyšetřovatelů – zde bude zmapován proces přípravy jako odborné, tak organizační, před vznikem požáru, tak aby v případě vzniku požáru byl v co nejkratším čase připraven co nejlépe odborně zdatný vyšetřovatel požáru.
- Ohledání místa požáru – zde bude zmapován proces vyšetřovatele HZS kraje na místě požáru s důrazem na fakt, že ohledání místa požáru je jedinečný a neopakovatelný úkon. Zde budou reprezentovány úkony:
 - Dynamické a statické ohledání,
 - Popsání ohniskových příznaků,
 - Stanovení ohniska vzniku požáru,
 - Zjištění iniciátoru požáru,
 - Zastoupení hořlavého materiálu v ohnisku požáru,
 - Prvotní vytěžení svědků,
 - Zjištění okolností mající vliv na rozšíření požáru a rozsahu škod,
 - Určení doby vzniku požáru,
 - Stanovení časové osy události.
- Další (následné) úkony šetření příčiny vzniku požáru – zde bude zmapován proces vyšetřovatele požáru po ukončení ohledání požářiště. Pracovní skupina si uvědomuje, že úkony uváděné při ohledání místa požáru mají velmi často přesah i do následných úkonů. Proto je zapotřebí reprezentovat a správně ukotvit např. kroky:
 - Zpracování odborných expertíz,
 - Vytěžení svědků na základě dosud známých faktů,
 - Určení požárně technických charakteristik hořících materiálů,
 - Analýza obrazového materiálu,

Mezi kroky ohledání místa požárů a dalších úkonů šetření příčiny vzniku požáru je velká provazba, kterou je třeba v mapování procesů ZPP dobře popsat.

Dále bude nutné zpracovat a popsat vazby ostatních subjektů, které vstupují do procesu ZPP, včetně jejich rolí, jako jsou:

- Policie ČR,
- Zasahují složky u mimořádné události,
- Odborné osoby, znalci,
- A jiné.

V následujících aktivitách projektu budou vytvořené vývojové diagramy porobeny odborné diskuzi mezi vyšetřovateli požárů a akademickou obcí. Proces ZPP je komplexní disciplína, kde zmapování tohoto procesu musí mít logické vazby ve všech možných případech od požáru odpadkového koše po rozsáhlý požár výrobní haly se složitou procesní situací ve vztahu k příčině požáru.

WP2. Laboratorní a středněrozměrové experimenty

Rozšiřování okruhu požárně technických charakteristik (PTCH) a realizace zkoušek rozvoje požáru skutečných zařízovacích předmětů vhodných pro potřeby zjišťování příčin požáru. Výstupy z uvedené části budou soustředěny do následujících hlavních výstupů:

- Specializovaná databáze požárně technických charakteristik materiálů pro potřeby Zjišťování příčin vzniku požárů (dále také jako ZPP)
- Specializovaná databáze požárních parametrů zařízovacích předmětů budov
- Podklady pro metodiky
- Podklady pro souhrnnou zprávu z projektu

Dle harmonogramu projektu je řešení WP2 plánováno na období 01.2021 až 12.2024.

WP2 zahrnuje tři dílčí části, konkrétně:

WP2-1 Požárně technické a další materiálové charakteristiky, jejich stanovení a interpretace pro potřeby ZPP (včetně experimentálního stanovení PTCH) – 01.2021 až 12.2024

WP2-2 Středně rozměrové zkoušky:

- Realizace zkoušky rozvoje požáru skutečných zařízovacích předmětů – 03.2021 až 12.2022
- Posuzování požárem namáhané / poškozené konstrukce – 01.2023 až 12.2024

WP2-3 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 03.2021 až 12.2022

Popis jednotlivých aktivit je uveden v příloze 1.

Harmonogram řešení WP2 za období projektu je následující:

Aktivita	2021												2022												2023												2024												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
WP2-1																																																	
WP2-2																																																	
WP2-3																																																	

Současný stav řešení

WP2-1 Laboratorní experimenty

Stanovení PTCH bude prováděno jednak u materiálů, které budou stanoveny na základě rešeršní činnosti, a dále jako požadavek kolegů z ČVUT pro oblast WP2-2 středněrozměrových experimentů. V rámci společných jednání bylo dohodnuto, že u materiálů, které budou použity pro provedení středněrozměrových zkoušek, budou laboratorně stanoveny všechny výše uvedené PTCH.

Pro potřeby získání informací o využívání požárně technických charakteristik (dále jen „PTCH“) a technicko - bezpečnostních parametrů (dále jen „TBP“) při zjišťování příčin požárů byla provedena rešerše volně dostupných databází PTCH a publikací zabývajících se stanovením těchto parametrů a jejich užíváním v praxi. V současnosti je v české republice k dispozici publikace „Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP“ vydané generálním ředitelstvím HZS ČR v roce 2015, která je

dostupná také jako mobilní aplikace. Velké množství informací uvedené v této databázi pochází z publikace „Tabulky hořlavých a nebezpečných látek“ z roku 1980. Funkční databáze je „Materiálová databáze“ dostupná na <https://ptch.fce.vutbr.cz>. Uvedená databáze je přehledná, avšak není kompletní. Další, nejen české databáze, jsou věnované zejména nebezpečným vlastnostem chemických látek. Proto se také většina databází věnuje právě chemickým látkám, a to převážně čistým chemickým látkám, protože je to vyžadováno příslušnými právními předpisy na celém světě. Pro materiály, které jsou ve velké míře zastoupeny v objektech pro bydlení, ale i ve výrobních provozech, jako jsou polymerní materiály, materiály na bázi dřeva, kompozitní materiály, tepelné izolace na syntetické, minerální ale i přírodní bázi, jsou dostupné pouze údaje naměřené podle standardizovaných technických zkušebních norem, a navíc velmi často nejsou uvedeny podmínky měření. V rámci prováděné rešerše byl zjištěn velký rozptyl u materiálů na bázi dřeva, kompozitních materiálů, lehčených polymerů, ale i průmyslových prachů. Největší rozptyl byl zjištěn u kompozitních materiálů, prachů a materiálů, které mají tendenci žhnout a karbonizovat.

Na základě rešerše i experimentálních měření dle ČSN 64 0149 - Stanovení vznětlivosti materiálů jsme u lignocelulóзовých materiálů (dřevo, celulóza) zjistili velké rozdíly ve stanovených PTCH. Při stanovení teploty vzplanutí a vznícení byl u rostlého dřeva zjištěn rozptyl až 25 °C, u dřevěného prachu (usazený prach) až 40 - 80°C. Lignocelulózové materiály a materiály, u nichž dochází ke karbonizaci, mají sklon k bezplamennému hoření a tvorbě uhlíkatých zbytků. Bylo stanoveno, že kritická teplota termooxidační degradace u těchto materiálů (dřevo, celulóza, OSB deska) může být nižší než teplota vzplanutí.

Pro včasnou detekci vznikajícího požáru je zapotřebí znát minimálně teploty tvorby rozkladných produktů hoření jako je oxid uhelnatý, oxid uhlíčitý, hořlavé uhlovodíky a další. Teploměrná pec byla proto modifikována vložením vázícího systému, který umožňuje stanovit počátek degradačního procesu mnohem dříve, než je dosaženo teploty vzplanutí. Pro určení kritické teploty degradace byly také využity informace o koncentraci zplodin hoření, rychlosti degradace zkoušeného vzorku materiálu a závislosti tvorby oxidů uhlíku od teploty vzduchu v peci. Dále byl experimentálně ověřen vliv navážky a koncentrace kyslíku v prostoru Setchkinovy pece na teplotu vzplanutí rostlého dřeva a celulózy. Tyto předběžně získané informace budou využívány při plánování experimentů.

Přestože v dostupné literatuře je dostatek informací o standardně stanovených PTCH, pro potřeby zjišťování požárů je nutné se věnovat vlivu vnějších podmínek na stanovené parametry, jako jsou navážka, povrch materiálu, pórovitost, speciální povrchové úpravy pro stavební izolační materiály aj. Jednotlivé výsledky stanovené různými metodami budou analyzované s ohledem na vnější podmínky a typ materiálu.

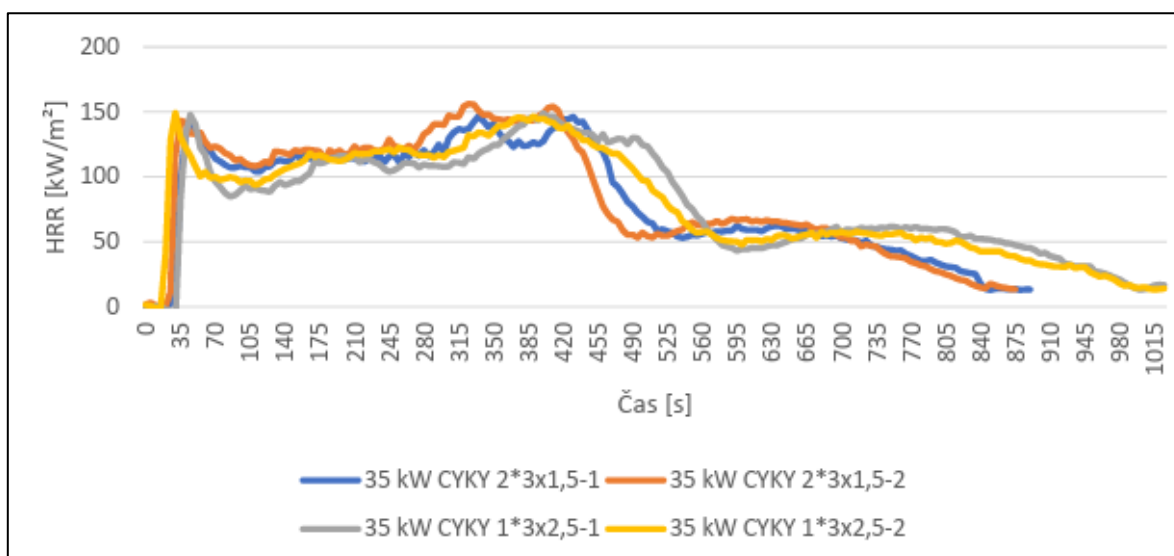
Z hlediska zastoupení jednotlivých materiálů v databázi PTCH byly zkoumány materiály, které mohou významně ovlivnit iniciaci požáru také nízkoeenergetickými iniciačními zdroji. Do této skupiny patří velmi často používané tepelné izolace přírodního i minerálního původu. Tepelné izolace lze rozdělit na pěnové materiály, minerálně vláknité materiály a rostlinné materiály. Mezi pěnové tepelné izolační materiály patří polymerní pěny – polystyrény, polyuretany, PVC, PE, kaučuk, dále pěnové sklo nebo živce. Mezi tepelné izolace z nerozpuštěných materiálů můžeme zařadit minerální vatu. Poměr ceny, vlastností a výsledného efektu řadí minerální vlnu mezi nejpoužívanější tepelné izolace. Vyrábí se tavením hornin, nejčastěji se jedná o čedič nebo křemen. Podle výchozích surovin se pak jedná o kamennou nebo skelnou vatu. Uvedené tepelné izolace obsahují živce jako pojivo, což vede k žhnutí a šíření požáru bezplamenným hořením.

Přírodním materiálem, který se začíná v posledních letech více využívat, je konopí. Z vláken rostliny se vyrábí konstrukční desky i tepelné izolační materiály v podobě desek nebo vat. K zateplení těžce přístupných míst

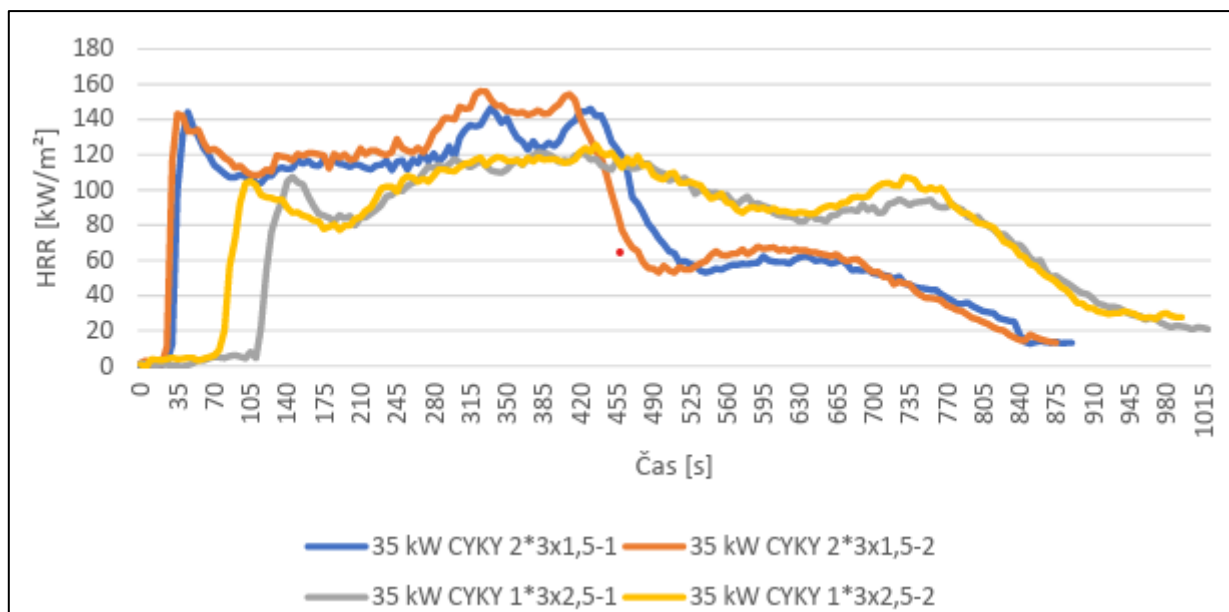
se využívá konopná foukaná sytká izolace. Dalším přírodním materiálem používaným k zateplení je celulóza. Celulózové tepelně izolační materiály se vyrábějí z recyklovaného novinového papíru. Roztrhaný novinový papír smíchaný s přísadami, zpravidla s boritany, které zabezpečují její odolnost proti škůdcům, plísním, hnilobám a ohni. Na trhu je znám jako Climatizer nebo Isocell, případně Isofloc nebo Thermofloc.

Tradičním izolačním materiálem, jehož obliba v současnosti roste, je také sláma. Ve stavbě se sláma použije jako součást nepálených cihel, hliněných omítek, jako střešní krytina a tepelná izolace. Slaměná izolace má v kombinaci s hliněnou omítkou vysokou požární odolnost až 90 minut.

V rámci řešení úkolů pracovního balíčku WP2 byl kladen důraz na systematické provádění experimentálních měření s cílem vytvořit a dále rozšiřovat specializovanou databázi požárně technických charakteristik (PTCH). Experimentální činnost se zaměřila na důkladné hodnocení vytipovaných materiálů, které jsou běžně zastoupeny v interiérech budov a představují potenciální zdroj požáru nebo jeho šíření. Jednou z klíčových oblastí testování byla analýza elektrických šňůr a kabelů, u nichž se posuzovala rychlost uvolňování tepla (HRR) závislosti na způsobu instalace. Kabely byly zkoumány jak ve volně vedeném stavu, tak i v plastových elektroinstalačních lištách. Tyto rozdíly v uspořádání významně ovlivňují dynamiku rozvoje požáru a jsou proto zásadní pro posuzování rizika a návrh bezpečnostních opatření.



Obrázek 4 Výsledky HRR elektrických kabelů vedených volně při hustotě tepelného toku 35 kW/m²

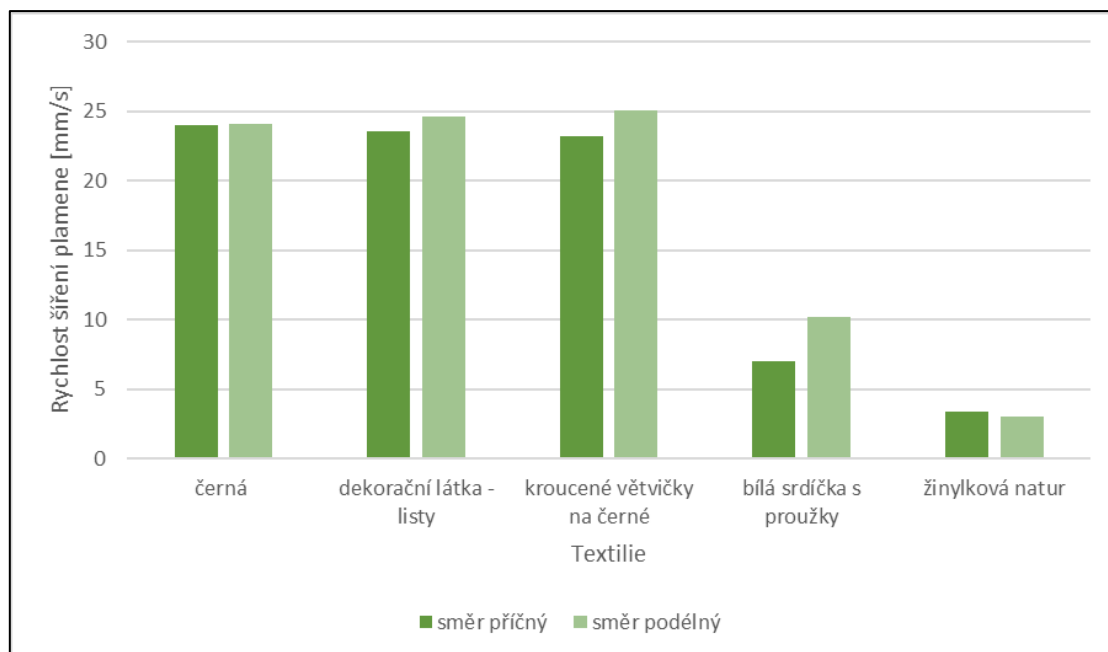


Obrázek 5 Výsledky HRR elektrických kabelů vedených v liště při hustotě tepelného toku 35 kW/m²

Dále bylo provedeno stanovení spalného tepla a zapalitelnosti a rychlosti šíření plamene po povrchu bytového textilu, který je běžnou součástí interiérového vybavení. Materiály byly testovány podle ČSN EN ISO 6940 – Zjišťování snadnosti zapálení svisle umístěných zkušebních vzorků a ČSN EN ISO 6941 – měření rychlosti šíření plamene u svisle umístěných zkušebních vzorků. Testy zahrnovaly různé typy textilií z hlediska složení, tkaní a povrchové úpravy.



Obrázek 6 Testované textilie

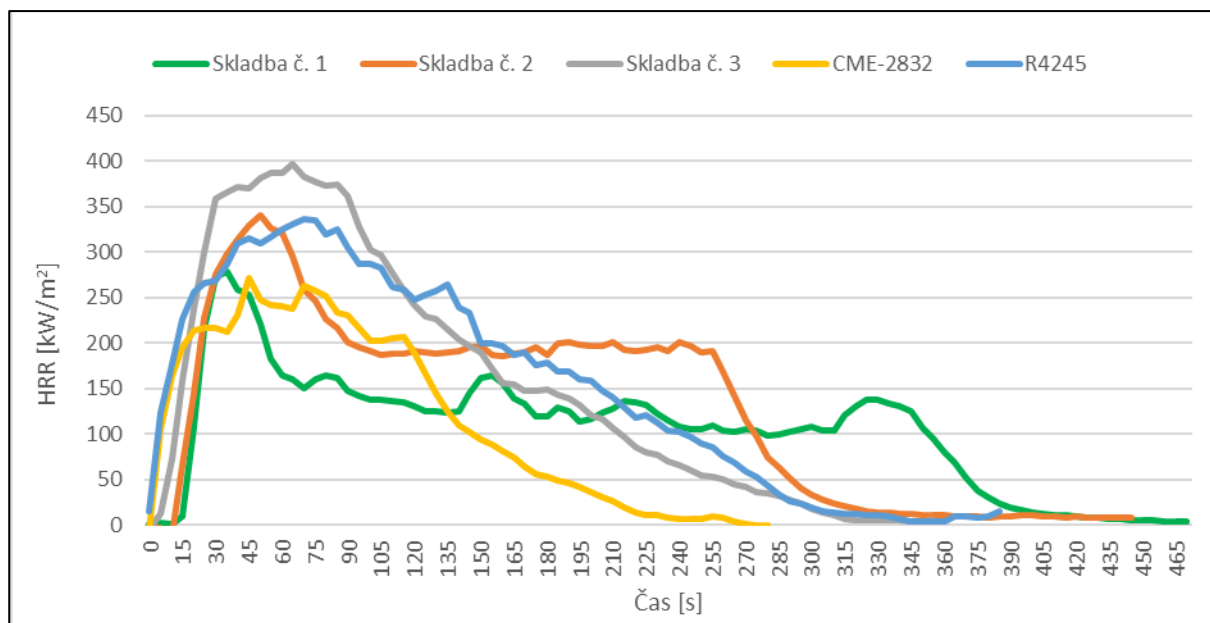


Obrázek 7 Srovnání rychlosti šíření plamene

V rámci výzkumu byly rovněž hodnoceny hořlavé materiály používané v zařizovacích předmětech, zejména textilie a polyuretanové (PUR) pěny z křesel, sedacích souprav a židlí. Kromě toho byly testovány podlahové krytiny a textilie použité ve velkorozměrových experimentech typicky simulujících prostředí hotelového pokoje nebo jiných obytných prostor. U těchto materiálů bylo sledováno chování při iniciaci požáru, rychlost šíření plamene a intenzita uvolňovaného tepla.

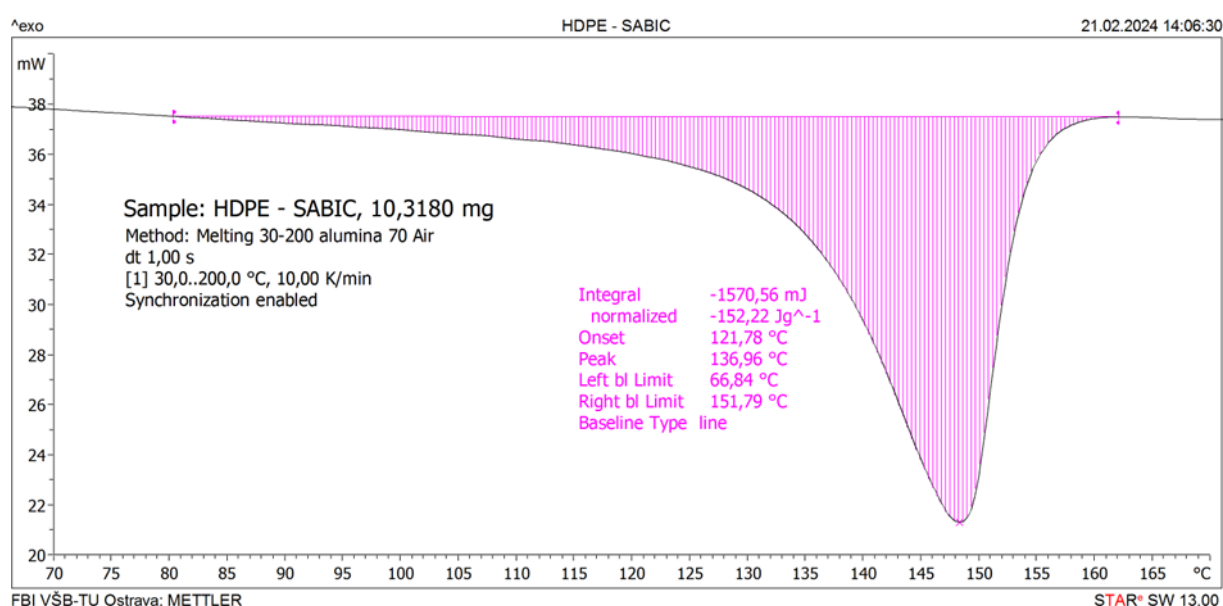
Tabulka 1 Výsledky spalného tepla, FIT a SIT skladeb sedacích souprav č. 1–č. 5 a CME-2832 a R4245

	Spalné teplo [MJ/kg]	Teplota vzplanutí [°C]	Teplota vznícení [°C]
Materiál č. 1	28,477	360	390
Materiál č. 2	29,065	380	395
Materiál č. 3	28,438	360	390
Materiál č. 4	28,095	380	405
Materiál č. 5	28,158	380	400
CME-2832	27,028	370	390
R4245	28,930	375	415



Obrázek 8 Výsledné aritmetické průměry z měření sedacích souprav (PUR + textilie) při hustotě tepelného toku 35 kW/m²

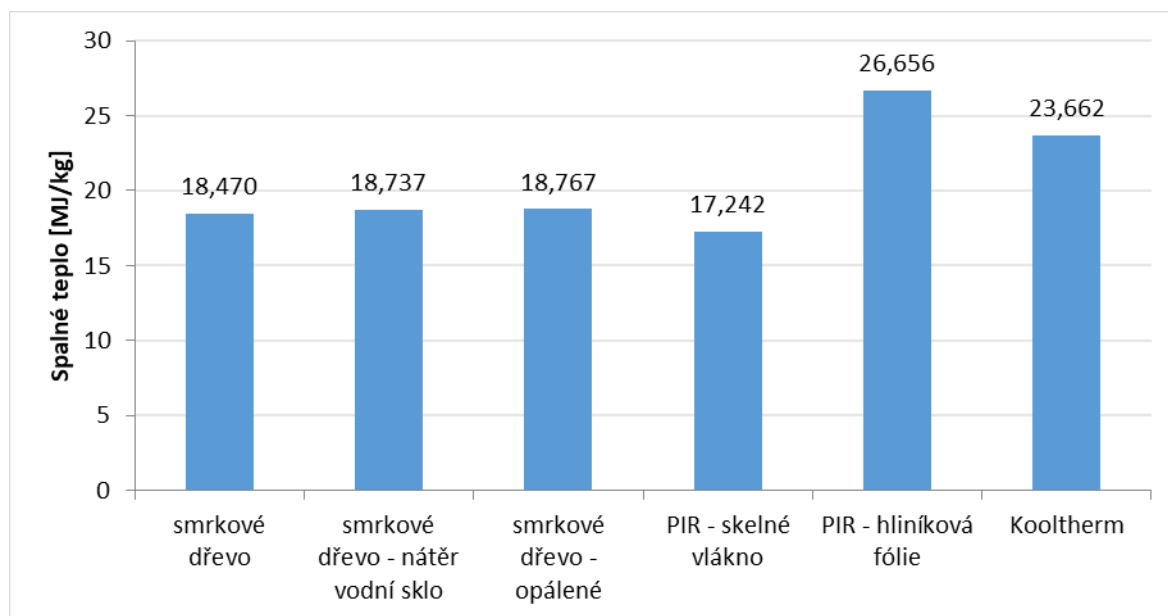
Součástí výzkumu bylo také pokračování v testování polymerních materiálů pomocí termické analýzy, která umožňuje detailní posouzení teplotních rozkladových procesů a jejich vliv na vznik a rozvoj požáru. Termickou analýza je jeden z možných nástrojů při vyšetřování příčin vzniku požárů. Na obrázku č. 9 je znázorněn průběh DSC křivky polyetylenu HDPE od společnosti SABIC. Celkové absorbované teplo dosáhlo 1571 mJ a normalizovaná tepelná energie je 152 J/g. Tání vysokohustotního polyetylenu začíná při 122 °C s maximem při 137 °C. Teplota standardu dosáhla hodnoty 148 °C.



Obrázek 9 Křivka DSC – HDPE – SABIC

V rámci mezinárodní spolupráce proběhly porovnávací zkoušky u vybraných typů matrací ve spolupráci s Českým vysokým učením technickým (ČVUT) a University of Edinburgh. Tyto zkoušky přispěly k validaci výsledků a obohacení databáze o charakteristiky materiálů běžně používaných v ložnicovém vybavení. Více bude uvedeno v balíčku WP2-2.

V návaznosti na rostoucí trend výstavby dřevostaveb v české republice a snahu o zvyšování energetické účinnosti budov byla v poslední etapě projektu zaměřena pozornost na zateplovací materiály, zejména na dřevěné materiály a dále také PIR a fenolické pěny. V rámci laboratorních zkoušek proběhla měření kyslíkového čísla, spalného tepla a rychlosti uvolňovaného tepla. Ve výzkumu bylo testováno neošetřené dřevo, dřevo s lazurovacím nátěrem a opálené dřevo a dále také materiály na bázi plastů, běžně používané pro zateplování: PIR (polyisokyanurátové) desky a fenolické pěny. Materiály byly zvolené na základě poptávky trhu.



Graf 1 Průměrné hodnoty spalného tepla měřených materiálů

Tabulka 2 Výsledné hodnoty kyslíkového čísla měřených materiálů

zkušební materiál	kyslíkové číslo [% obj]
smrkové dřevo	22,6
PIR - skelné vlákno	21,8
PIR - hliníková fólie	23,2
Kooltherm	32,8

Tabulka 3 Výsledky HRR při hustotě tepelného toku 35 kW/m²

Hustota tepelného toku 35 kW/m ²					
	č. vzorku	čas zapálení [s]	čas HRR [s]	HRR [kW/m ²]	průměr HRR [kW/m ²]
Smrkové dřevo	1	92	100	205,62	214,93
	2	66	70	224,24	
Smrkové dřevo - nátěr vodní sklo	1	252	1135	129,37	102,11
	2	203	1100	74,85	
Smrkové dřevo - opálené	1	83	95	127,88	132,84
	2	65	75	137,80	
PIR - skelné vlákno	1	9	25	107,52	106,925
	2	16	20	106,33	
PIR - hliníková fólie	1	-	1775	28,89	20,87
	2	-	1790	12,85	
Kooltherm	1	3	10	65,21	71,505
	2	3	10	77,80	

S ohledem na rozšiřování výstavby dřevostaveb v občanské výstavbě byly testovány dřevěné materiály a materiály na bázi dřeva, které lze použít nejen pro zateplovací systémy, ale také do interiéru, případně pro samotnou nosnou konstrukci či jako výplňový materiál. Byly porovnávány jednotlivé parametry HRR u jednotlivých druhů dřevin (buk, dub, smrk, ořech, třešeň apod) viz tabulka stejně jako u materiálů na bázi dřeva (čisté dřevo, překližka, dřevotříska, DVD deska apod).

S ohledem na narůstající trend výstavby dřevostaveb v oblasti občanské výstavby byly v rámci výzkumu podrobeny zkouškám různé typy dřevěných materiálů a materiálů na bázi dřeva. Cílem bylo posoudit jejich vhodnost nejen pro použití v zateplovacích systémech, ale rovněž pro aplikace v interiéru, například jako obkladové prvky, a dále pro využití jako součásti nosných konstrukcí nebo výplňové materiály.

Zvláštní pozornost byla věnována analýze požárních vlastností těchto materiálů, zejména parametrům spojeným s uvolňováním tepla HRR a spalné teplo, které jsou klíčové z hlediska požární bezpečnosti. V rámci testování byly porovnávány různé druhy masivního dřeva (buk, dub, smrk, ořech, třešeň a další) při vystavení

různému tepelnému toku. Výsledky při tepelném namáhání 35 kW/m^2 jsou shrnuty v přehledné tabulce, která uvádí hodnoty HRR pro jednotlivé dřeviny.

Současně byly testovány i materiály na bázi dřeva, jako jsou čisté dřevo, překližky, dřevotřískové desky, desky typu DVD (densified veneer wood) a další. Tyto materiály byly hodnoceny nejen z hlediska požární odolnosti, ale také s ohledem na jejich mechanické vlastnosti, rozměrovou stabilitu a vhodnost pro různé stavební aplikace. Výsledky testů tak poskytují komplexní pohled na výběr vhodného materiálu s ohledem na bezpečnost, funkčnost a estetiku dřevostaveb. Kompletní výsledky jsou ve zpracované databázi PTCH materiálů.

Tabulka 4 Průměrné hodnoty vzorků zkoušených při hustotě tepelného toku 35 kW/m^2

	Čas zapálení [s]	HRR_{max} [kW m^{-2}]	Čas HRR_{max} [s]	mAHRE [kW m^{-2}]	Čas MAHRE [s]	THR [MJ m^{-2}]	$\text{EHC}_{(\text{av})}$ [MJ kg^{-1}]	Délka zkoušky [s]	Úbytek hmotnosti [%]
Smrk	46	165,1	60	60,1	148	103,3	11,5	2278	66,5
Borovice	24	161,6	63	103,8	-	235,0	16	2578	63,5
Modřín	66	167,1	83	58,3	-	96,6	9,5	1790	75,7
Jedle	53	154,5	70	67,5	-	177,0	14,7	2698	82,0
Buk	67	237,2	1443	97,3	1545	160,6	10,7	1823	80,5
Jasan	76	165,9	93	71,3	2588	196,8	10,7	2900	78,5
Třešeň	54	150,5	73	66,7	-	161,5	11,8	2453	75,0
Ořešák	68	160,4	-	79,3	2408	202,5	13,2	2593	78,0

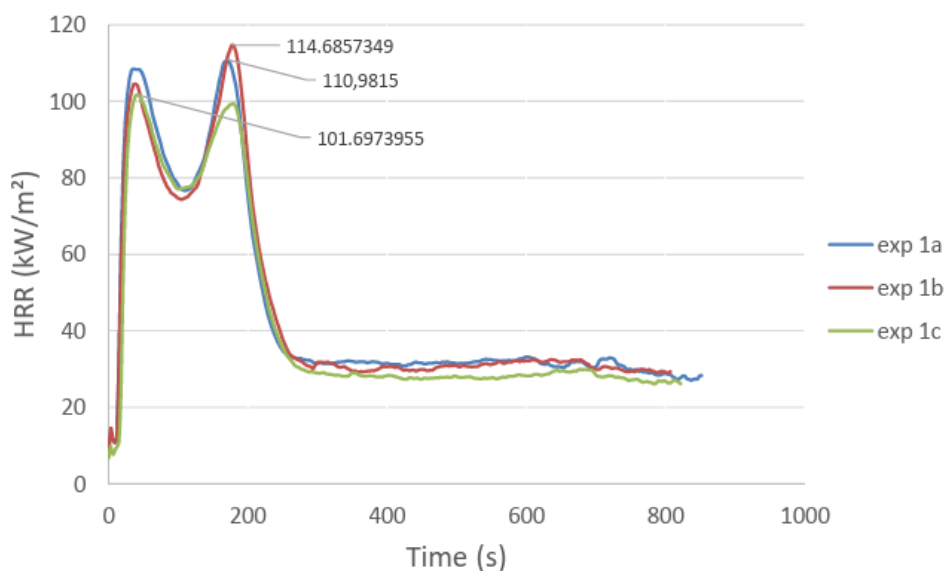
Část výzkumu byla zaměřena také na možnosti využití alternativních surovin vznikajících jako vedlejší produkt či odpad při zpracování přírodních materiálů. Tato oblast představuje významný potenciál nejen z hlediska udržitelnosti a snižování environmentální zátěže, ale také z pohledu materiálové inovace ve stavebnictví.

Konkrétně byly zkoumány materiály rostlinného původu, které se běžně považují za odpadní. Příkladem jsou skořápky ořechů, zbytky rostlin po sklizni např. kukuřičné stonky nebo zbytková biomasa technického konopí. Tyto materiály vykazují zajímavé vlastnosti, které mohou být využitelné například pro výrobu lehkých kompozitních panelů, izolačních desek, výplňových materiálů nebo jako příměs do stavebních směsí.



Obrázek 10 Proces výroby desky z konopného pazdeří

Výzkum se zaměřil na jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti, strukturální soudržnost, tepelně-izolační schopnosti a chování při zatížení teplem. Předběžné výsledky naznačují, že některé z těchto materiálů mohou představovat ekologicky šetrnou alternativu k tradičně používaným surovinám, a to zejména v aplikacích, kde je klíčová nízká hmotnost, dobrá izolační schopnost a požadavek na obnovitelnost zdrojů.



Obrázek 11 Výsledky HRR vyrobené desky z konopného pazdeří při hustotě tepelného toku 35 kW/m²

Důraz byl kladen také na technologické možnosti zpracování těchto odpadních surovin, a to jak samostatně, tak jako součást hybridních materiálových struktur v kombinaci s dalšími přírodními nebo recyklovanými složkami.

Souhrn dosažených výstupů:

Byla provedena měření rychlosti uvolňovaného tepla (HRR) u elektrických kabelů instalovaných volně a v elektroinstalačních lištách.

Byly testovány bytové textilní materiály s ohledem na jejich zapalitelnost a rychlost šíření plamene po povrchu.

Byly stanoveny PTCH pro různé dřevěné materiály včetně materiálů na bázi dřeva, které se využívají v občanské výstavbě.

Proběhlo měření vybraných požárně technických charakteristik materiálů použitých ve velkorozměrové zkoušce hotelového pokoje. Výsledky byly vloženy do databáze PTCH s cílem podpořit praktické využití při analýze požárních scénářů.

Byla stanovena HRR a spalná tepla u vytipovaných matrací ve spolupráci s ČVUT a University of Edinburgh. Získaná data byla rovněž začleněna do databáze PTCH.

U vybraných polymerních materiálů byly provedeny termické analýzy, jejichž výsledky byly využity pro doplnění databázových záznamů.

Proběhlo zpracování a systematické zařazení údajů z výše uvedených měření do databáze PTCH, čímž došlo k jejímu významnému rozšíření a zpřesnění.

Tyto výstupy představují důležitý krok směrem k vytvoření robustního a validovaného nástroje pro hodnocení požární bezpečnosti materiálů používaných v civilní výstavbě i při forenzní analýze požárů.

WP2-2 Středně rozměrové požární zkoušky

Pracovní balíček WP2-2 v rámci přípravné fáze byl zaměřen na vytvoření konsenzu pracovního týmu nad rámcem případných měření (jaké témata budou řešena) a stanovení vhodných laboratorních postupů pro zajištění požadovaných výsledků. V následujících odrážkách jsou stručně uvedeny základní činnosti a výstupy z uvedeného WP.

- 2x Pracovní střetnutí se zástupci praxe (vyšetřovatelé příčin požáru) ohledně formulace scénářů středně rozměrových zkoušek – 17.03.2021 a 02.06.2021
- Formulace a prioritizace scénářů pro středně rozměrové zkoušky:
 1. Zkouška přetíženého / zkratujícího elektrického vedení / prodlužovacího kabelu – zkrat a tepelné poškození kabelu, jako příčina, resp. následek požáru;
 2. Projevy přetíženého / zkratujícího elektrického vedení na podlaze (hořlavá / nehořlavá krytina), iniciace a propagace požáru;
 3. Toxicita kouře a atmosféry po uhašení požáru v stanovených časových intervalech - smokebox testy na vliv odvětrání, doby od uhašení atd.;
 4. Iniciace a propagace požáru na kuchyňských nábytkových sestavách.
- Obstarání vah pro měření hmotnostního úbytku materiálu při hoření.

- Příprava na zkoušky přetěžování elektrického vedení – identifikace vhodného zdroje napětí a bezpečnostních opatření.
- Aktuálně je v přípravě obstarávání materiálů a zařízení pro realizaci zkoušek přetěžování elektrického vedení dle bodů 1. a 2. výše, zejména:
 1. Zdroj napětí s dostatečným výkonem – elektrický svařovací agregát;
 2. Měřicí zařízení – termočlánky, měřič elektrického proudu;
 3. Podlahové krytiny (PVC, lamino podlaha, dřevo, koberec) a substrát (OSB deska a cemento - vláknitá deska).

Pracovní balíček WP2-2 v rámci přípravné fáze byl zaměřen na vytvoření konsenzu pracovního týmu nad rámcem případných měření (jaké témata budou řešena) a stanovení vhodných laboratorních postupů pro zajištění požadovaných výsledků. V následujících odrážkách jsou stručně uvedeny základní činnosti a výstupy z uvedeného WP.

- 2x Pracovní střetnutí se zástupci praxe (vyšetřovatelé příčin požáru) ohledně formulace scénářů středně rozměrových zkoušek – 17.03.2021 a 02.06.2021
- Formulace a prioritizace scénářů pro středně rozměrové zkoušky:
 5. Zkouška přetíženého / zkratujícího elektrického vedení / prodlužovacího kabelu – zkrat a tepelné poškození kabelu, jako příčina, resp. následek požáru;
 6. Toxicita kouře a atmosféry po uhašení požáru v stanovených časových intervalech - smokebox testy na vliv odvětrání, doby od uhašení atd.;
- Obstarání vah pro měření hmotnostního úbytku materiálu při hoření.
- Příprava na zkoušky přetěžování elektrického vedení – identifikace vhodného zdroje napětí a bezpečnostních opatření.

Kromě výše uvedeného byly v další fázi WP2-2 naplánovány zkoušky na posuzování vlivu požáru a degradace konstrukcí. Pro tento účel bude využita požární pec laboratoře ČVUT.

WP2-2 Středně rozměrové zkoušky:

1. Realizace zkoušky rozvoje požáru skutečných zařizovacích předmětů – 03.2021 až 12.2022

Po přípravné fázi byly realizovány tyto úkoly a experimentální šetření:

a) Požární zkoušky zařizovacích předmětů hotelového pokoje

Hlavním cílem tohoto dílčího úkolu je poskytnout důležité podklady a data pro vyšetřování vzniku a průběhu požáru a pro obecnou modelaci požárů. Experimentální měření jsou zaměřena na jednotlivé kusy a menší sestavy nábytku, které se mohou vyskytovat v hotelových pokojích a byli použity v rámci velkorozměrových zkoušek realizovaných WP3. Hlavním výstupem tohoto dílčího úkolu WP2-2 je specializovaná databáze (S) *Požární parametry zařizovacích předmětů budov* – veřejně dostupná online na: <https://fing.fsv.cvut.cz/v3/>

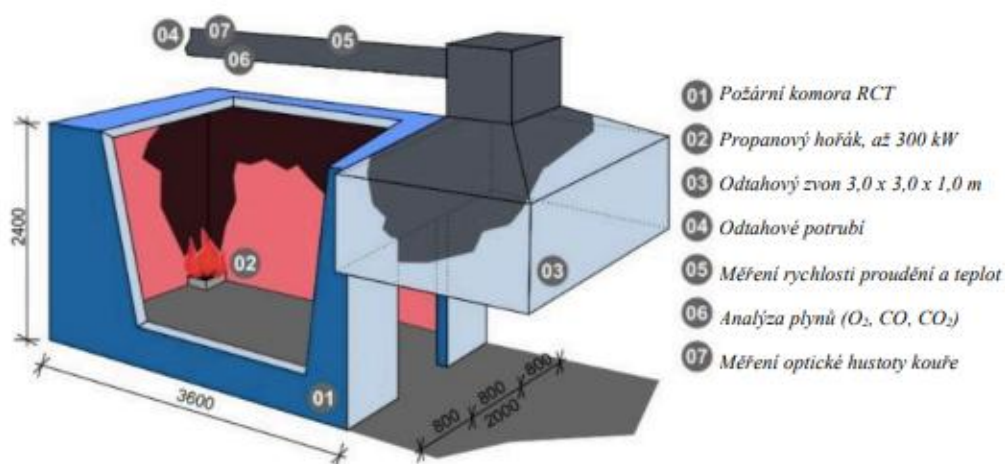
Jednotlivé komponenty a jejich typy také byly zvoleny tak, aby byly co nejvíce shodné s těmi, které byly využity při velkorozměrové zkoušce zmíněné v kapitole 1.1 této práce. Předměty jsou uvedené v tabulce 5. Z velké většiny se jedná o opotřebované předměty, které nebyly již používány.

Tabulka 5 Seznam experimentů

Název experimentu	Jednotlivý nábytek	Experimentální metoda
-------------------	--------------------	-----------------------

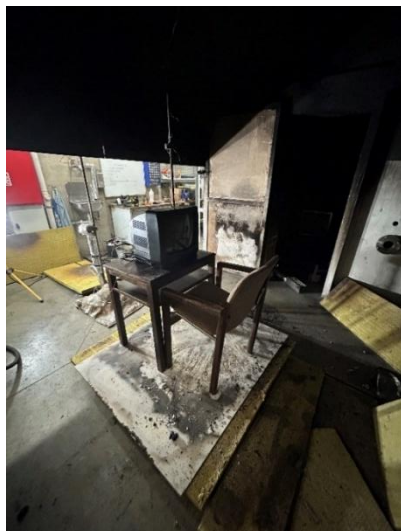
Sestava 1	Židle, stolek, TV	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Zbytek sestavy 1	Židle, stolek	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Sestava 2	Židle, stolek, TV	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Dvojkřeslo	Dvojkřeslo	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Postel s matrací	Postel, matrace, rošt	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Matrace	Matrace	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Křeslo	Křeslo	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Židle 1	Židle	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)
Židle 2	Židle	Nábytkový kalorimetr (zařízení RCT)

Požární zkoušky se uskutečnily v požární laboratoři FireLAB v UCEEB ČVUT v Praze. V požární laboratoři je umístěno zařízení Room Corner Test v rámci, něhož byly experimenty provedeny. Přesné zkušební zařízení, které se v laboratoři nachází je možné vidět na obrázku 12. Toto zařízení je tvořeno, požární komorou, odsávacím zvonem a potrubím, zápalným zdrojem a přístroji pro měření optické hustoty kouře a infračervenou spektrální analýzu zplodin hoření. Dále je součástí laboratoře měřicí zařízení – termočlánky, radiometry, rychlostní sondy, analyzátory kyslíku, oxidu uhelnatého a uhličitého. Samotná měření však v rámci simulace volného hoření proběhla přímo pod odtahovým zvonem zařízení tak, aby se vyloučil vliv místnosti na hoření.



Obrázek 12 Dispozice RCT ve FireLAB na UCEEB ČVUT v Praze.

Z důvodu rozsáhlosti je v této zprávě prezentován jenom jeden příklad měření, ostatní jsou detailně popsány v diplomové práci L. Pittermanové a k dispozici online na <https://fing.fsv.cvut.cz/v3/>. Experiment je označen jako Sestava 2 (Zapálení TV2) a zkoušená nábytková sestava je složena ze stolu, židle a televizoru. Sestava a průběh experimentu jsou na obrázku 13.



a) Sestava nábytku před počátkem zkoušky



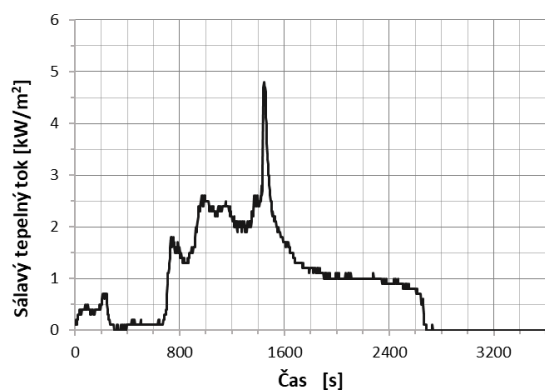
b) Pozorování během průběhu zkoušky



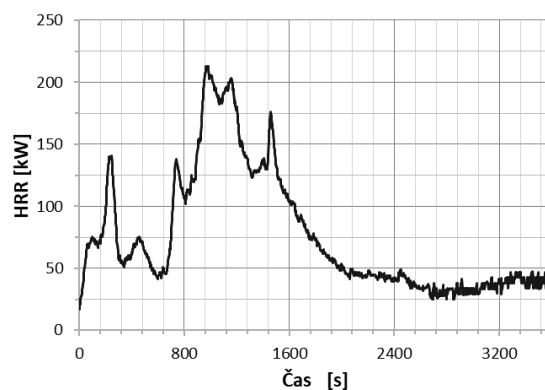
c) Sestava nábytku před ukončením zkoušky

Obrázek 13 Průběh požární zkoušky – Sestava 2 (Zapálení TV)

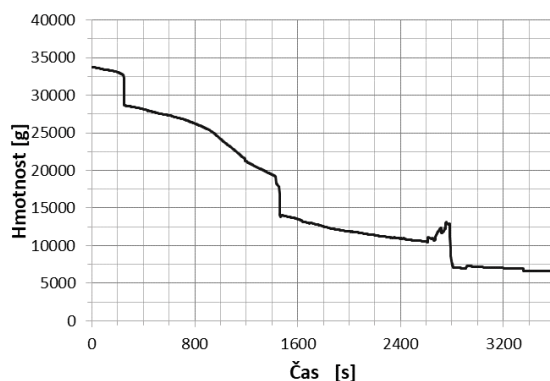
Na obrázku 14 jsou vidět některé výsledky tohoto experimentu. Je evidentní, že v průběhu hoření došlo k postupné deformaci materiálů a ztrátě původní tvarové integrity. V důsledku toho došlo ke zřícení stolu. Odvětrání RCT bylo nastaveno na počátku experimentu na 20 %. V 1000. sekundě bylo odvětrání nastaveno na 40 %. Experiment probíhal po dobu 4 686 sekund.



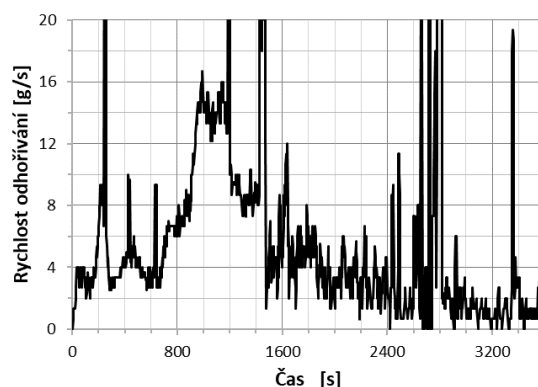
a) Sálavý tepelný tok ve vzdálenosti 1 m



b) Výkon požáru



c) Úbytek hmotnosti



d) Rychlost odhořívání

Obrázek 14 Grafy znázorňující průběhy nejdůležitějších požárních parametrů metrů –
Sestava 2 (Zapálení TV 2)

Výstupy:

VJ01010046-V10 Specializovaná databáze (S) Požární parametry zařizovacích předmětů budov – dostupné online na: <https://fing.fsv.cvut.cz/v3/>

Diplomová práce:

Pittermanová, L. *Požární parametry vybraných předmětů zařízení budov* (2024), Fakulta stavební ČVUT v Praze <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/113916>

b) Zkouška přetíženého / zkratujícího elektrického vedení / prodlužovacího kabelu – zkrat a tepelné poškození kabelu, jako příčina, resp. následek požáru

Hlavním smyslem tohoto dílčího úkolu bylo doložit samotné vytvoření nátavů u běžně používaných volně vedených silových kabelů dostupných na české trhu. A u vzniklých nátavů následně nalézt a identifikovat rozlišující znaky a trendy ve změnách struktury nebo tvarech nátavů v závislosti na odlišných zatěžovacích stavech a odlišných průřezích vodičů. Výstupem jsou snímky vnějšího povrchu kabelu pořízené okamžitě po ukončení měření a dále snímky samotných nátavů pořízené prostřednictvím elektronového mikroskopu s několikanásobným zvětšením. Všechny pořízené snímky kabelů a nátavů jsou uvedeny v příloze 1 diplomové práce O. Bartoníčka *Hodnocení elektroinstalace jako příčiny požárů* (2022).

Pro experimentální měření a analýzu vzniklých nátavů byly použity běžně dostupné trojžilové silové kabely od průřezu 0,5 mm² do průřezu 1,5 mm² s pletenými měděnými vodiči. Kabely byly vystavovány přímému působení plamene z plynového hořáku při rozdílných zatěžovacích stavech.

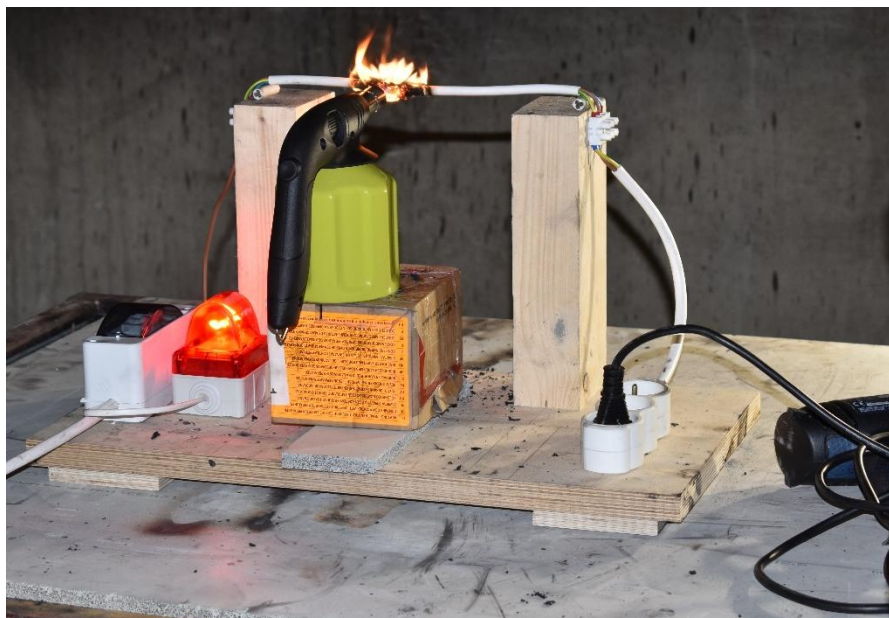
Zkoušené silové kabely s pletenými měděnými jádry byly pořízeny z běžného obchodního řetězce a jedná se o kabely vyrobené německou firmou HSB Elektro GmbH. Z níže uvedené tabulky 6 jsou patrné upřesňující specifikace kabelů.

Tabulka 6: Přehled a popis použitých kabelů

Popis kabelu	Délka kabelu	Barva kabelu	Průřez vodiče	Počet vodičů v kabelu
H03 VV-F 3G0,5 mm ²	20 m	Bílá	0,5 mm ²	3
H03 VV-F 3G0,75 mm ²	20 m	Bílá	0,75 mm ²	3
H05 VV-F 3G1 mm ²	20 m	Bílá	1,0 mm ²	3
H05 VV-F 3G1,5 mm ²	20 m	Bílá	1,5 mm ²	3

Pro měření bylo uvažováno s celkem třemi zatěžovacími stavy, kde každý z nich může vést ke vzniku a vytvoření nátavů. V prvním zatěžovacím stavu A byly vzorky vystaveny pouze tepelným účinkům plynového hořáku bez napětí a bez odběru elektrické energie. V dalším zatěžovacím stavu B byly vzorky kabelů vystaveny tepelnému namáhání a zároveň byly vzorky během celé doby zkoušky pod napětím. Hodnota síťového napětí dosahovala 230 V. Posledním zatěžovacím stavem, kterým byly vystaveny vzorky kabelů byl zatěžovací stav C. Oproti zatěžovacímu stavu B bylo do několikanásobné zásuvky, která je součástí měřícího zařízení zapojen elektrický spotřebič s příkonem 2000 W. Hodnota procházejícího elektrického proudu byla měřena klešťovým

multimetrem Mastech M52128. Naměřené hodnoty procházejícího elektrického proudu se pohybovali od 8,6 A do 9 A. Na obrázku 15 je viditelné měřící zařízení během probíhající zkoušky.



Obrázek 15: Měřící zařízení během probíhající zkoušky v zatěžovacím stavu B

Na obrázcích 16 až 19 jsou uvedeny vybrané snímky vnějších povrchů vzorků kabelu, které byly pořízeny po ukončovacím stavu. Na obrázku a) je vždy vybraný útvar vzniklý po zatěžovacím stavu A, na obrázku b) je útvar vzniklý po zatěžovacím stavu B a na obrázku c) je útvar vzniklý po zatěžovacím stavu C. Jedná se o zuhelnatělou část izolace pláště kabelu, která v důsledku vysoké teploty namáhající lokálně vzorek kabelu degradovala a vytvořila specifický útvar. Velká část vzorků kabelu vykazuje stejné charakteristické rysy a tvary útvarů, které na nich byly vytvořeny. Zbývající fotografie včetně níže uvedených jsou součástí rozsáhlé přílohy 1 diplomové práce.



a) 0.5-A-1



b) 0.5-B-2



c) 0.5-C-4

Obrázek 16: Vybrané útvary vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 0,5 mm²



a) 0.75-A-1



b) 0.75-B-6



c) 0.75-C-5

Obrázek 17: Vybrané útvary vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 0,75 mm²



a) 1-A-1



b) 1-B-2



c) 1-C-4

Obrázek 18: Vybrané útvary vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 1 mm²



a) 1.5-A-1



b) 1.5-B-3



c) 1.5-C-3

Obrázek 19: Vybrané útvary vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 1,5 mm²

Na následujících obrázcích 20 až 23 uvedeny vybrané vzniklé nátahy. Na obrázku a) je vždy vybraný náťah vzniklý v důsledku zatěžovacího stavu A, na obrázku b) je náťah vzniklý v důsledku zatěžovacího stavu B a na obrázku c) je náťah vzniklý v důsledku zatěžovacího stavu C. Zavedený systém označení je doplněn o hodnotu zvětšení, které bylo u elektronového mikroskopu nastaveno během pořízení snímku. Pro zachycení prostorového rozmístění a chování v okolí místa vzniku nátahu nebyly vzniklé nátahy separovány a fotografovány zvlášť jako zahraničních publikací. Zbývající snímky včetně níže uvedených jsou součástí rozsáhlé přílohy 1 diplomové práce.



a) 0.5-A-2-(12,5× zvětšeno)

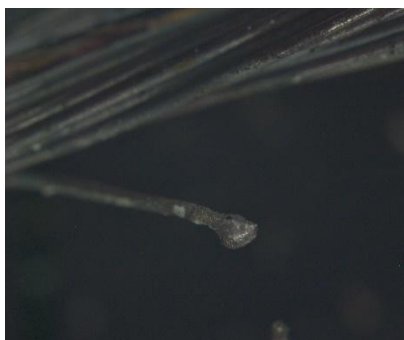


b) 0.5-B-6-(16× zvětšeno)



c) 0.5-C-5-(10,5× zvětšeno)

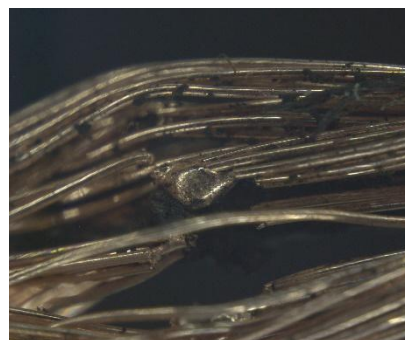
Obrázek 20: Vybrané nátahy vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 0,5 mm²



a) 0.75-A-2-(16× zvětšeno)



b) 0.75-B-6-(16× zvětšeno)



c) 0.75-C-6-(12,5× zvětšeno)

Obrázek 21: Vybrané nátavy vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 0,75 mm²



a) 1-A-2-(10,5× zvětšeno)



b) 1-B-3-(12,5× zvětšeno)

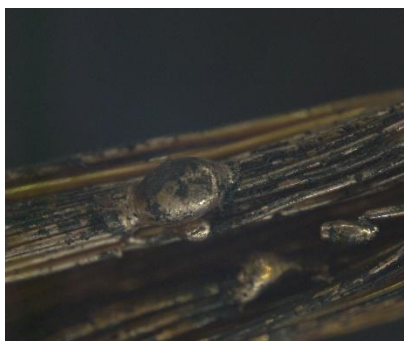


c) 1-C-6-(16× zvětšeno)

Obrázek 22: Vybrané nátavy vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 1 mm²



a) 1.5-A-2-(10,5× zvětšeno)



b) 1.5-B-3-(10,5× zvětšeno)



c) 1.5-C-1-(16× zvětšeno)

Obrázek 23: Vybrané nátavy vzniklé u vzorků kabelů s průřezem vodiče 1,5 mm²

Na výše uvedené navazovalo zkoumání chování mechanicky zatěžovaných kabelů, které je detailně popsáno v diplomové práci D. Vimmra Porušení elektrických kabelů vedoucích k požáru. S tím se úzce pojí zkoumání svodového proudu, který způsobuje požár mechanicky porušených prodlužovacích kabelů v domácnostech. Při dlouhodobém či intenzivním mechanickém namáhání kabelů dochází ke snížení izolační schopnosti vnitřní izolace mezi vodiči. Takto ztenčenou či porušenou izolací následně proniká proud. Tento unikající proud (svodový proud) způsobuje oteplení a může způsobit zkrat a požár. Tato experimentální část se zabývá analýzou nátavů a porovnáním s dosaženými výsledky v předchozích výzkumech v tomto projektu.

Základní hypotéza pro experimentální ověření vychází z odhadované reálné situace, kdy je předpokládáno, že v běžné domácnosti může dojít k vzniku svodového proudu například tehdy, pokud dojde k mechanickému porušení prodlužovacího kabelu. To může nastat, pokud při přesunu nábytku dojde ke skřípnutí kabelu pod částí nábytku, např. postelí nebo skříní. Celkovou hypotézou pro experimentální ověření tedy je, že dostatečně velké mechanické zatížení způsobuje postupnou degradaci izolace vodičů, která může vést ke vzniku svodového proudu a následně se tato elektroinstalace může stát příčinou požáru. Záměrem je navození deformace vnitřní izolace kabelu tak, aby nedošlo k přímému kontaktu žil, ale pouze ke ztenčení izolace tak, aby se snížila její izolační schopnost a při zatížení kabelů elektrickým proudem nebyla izolace schopná odolávat jeho účinkům, čímž dojde k zahřívání izolace a její další degradaci až ke konečnému průrazu izolace se vznikem primárního zkratu mezi vodiči.

Kabel vybraný pro zkoušení je běžně dostupný kabel odpovídající typem i dimenzemi kabelům používaným na výrobu obyčejných prodlužovacích přívodů. Jedná se o kabel typu H03VV-F/H05VV-F (dle starého značení CYSY), viz obr. 24. Kabel tohoto typu je volně prodejný (Hornbach, internetové obchody). V ČR je k dispozici několik místních či zahraničních výrobců dodávajících tyto kabely (např. Kablo Vrchlabí s.r.o., HSB Elektro GmbH, PRAKAB PRAŽSKÁ KABELOVNA s.r.o., Tele-Fonika Kabely CZ s.r.o. či CZ ELEKTROKABEL s.r.o.). V rámci experimentů byly testovány jmenovité průřezy 0,5 mm², 0,75 mm², 1 mm², 1,5 mm² a 2,5 mm².

Během experimentálního ověření PTCH u kabelů typu H03/05VV-F byly také vybrány vzorky neohebného kabelu typu H05VV-U (dle starého značení CYKY-J) s jmenovitými průřezy 1,5 mm² a 2,5 mm² pro porovnání zjištěných výsledků.



(A) H05VV-F 3G1,5

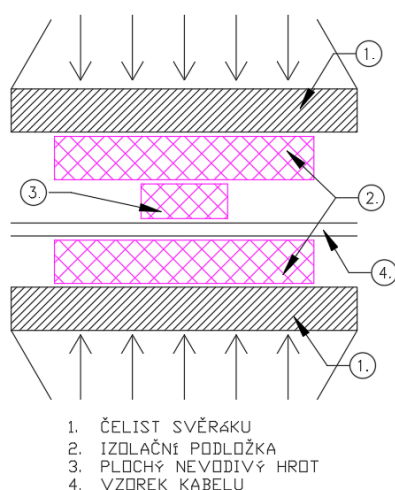


(B) H05VV-U 3G1,5

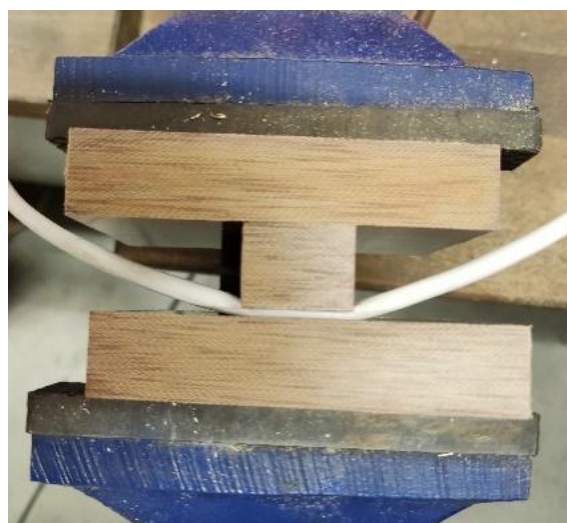
Obrázek 24 Svazek zkoušeného kabelu

Zkoušené kabely byly vystaveny krátkodobému a dlouhodobému mechanickému zatížení. Záměrem krátkodobého zatěžování je sledovat, jak se ve skutečnosti chovají kabely při vysokém mechanickém zatížení. Tyto experimenty jsou prováděny s cílem určit postup dalších experimentů. Cílem experimentů je právě navození deformace vnitřní izolace kabelu, tak aby nedošlo ke přímému kontaktu žil, ale pouze ke ztenčení izolace tak, aby se snížila její izolační schopnost.

Na základě úvodních experimentů byly nastaveny finální parametry měřicího zařízení a experimentu. Byl zvolen svěrák jako vhodnější zatěžovací zařízení, jelikož není připojen k elektrické síti a nehrozí jeho poškození. Tím došlo k celkovému zjednodušení návrhu a již nebyla zapotřebí ocelová konstrukce. Také lze pomocí svěráku navodit požadovanou deformaci a kabel v této pozici podržet. Kovový zatěžovací hrot byl vyměněn za hranol o rozměrech 20 mm × 60 mm × 30 mm ze stejného materiálu jako izolační podložky, aby nedocházelo k nežádoucímu zkratování obvodu mezi hrotem a vodiči. Výsledná sestava je vyobrazena na obr. 25. V zatěžovacím stavu A byl vzorek kabelu vystaven pouze tlakovému zatížení a průchodu elektrického proudu.



(A) Schéma návrhu zkušební sestavy



(B) Zkoušení konceptu při praktickém testu

Obrázek 25 Výsledná zkušební sestava pro experiment

Zajímavým faktem také je, že ke zkratování nedošlo ihned po zapojení obvodu do sítě. To značí, že izolace žil nebyla plně roztlačena a k úniku došlo až po vytvoření vodivé cesty skrze oslabenou izolaci, přesně tak, jak je předpokládáno v definici svodového proudu. Na obr. 26 (A) je viditelný výchozí stav pro vytvoření svodového proudu, a to roztlačení fázového vodiče přes nulový vodič. Na žílách jsou patrné zčernalé stopy na izolaci vytvořené zkratovým proudem nebo uhelnatěním před ním.



(A) Přitavený fázový a nulový vodič



(B) Ochranný vodič

Obrázek 26 Žíly kabelu 0,5-A-2 pod mikroskopem

Během druhého experimentu došlo k vytvoření nátavů na vodičích. Vzhledem k velmi malé velikosti nátavů a křehkosti vodiče nebyla mechanicky odstraněna celá izolace, ale byly odstraněny pouze části porušené izolace kolem nátavů. Analýza a fotodokumentace lokalizovaných nátavů byla provedena pomocí digitálního mikroskopu Vision Engineering Evocam II. Pro sledování nátavů bylo zvoleno nastavení s čočkou 0,45x, která dovoluje maximální zvětšení až 68krát. Pro ostré zobrazení celých nátavů při takovémto zvětšení byla použita funkce přístroje Focus Stacking, která umožňuje pomocí algoritmu složit ostrý snímek až z 20 snímků v různých hloubkách ostrosti. V příloze C diplomové práce je fotodokumentace vzniklých nátavů na tomto vodiči.

Na obr. 27 jsou vyobrazeny jejich znaky viditelné pod mikroskopem. Vzniklé nátahy jsou velmi malých rozměrů, došlo pouze k natavení jednoho nebo dvou vláken vodiče. Jasným znakem je viditelná dělicí linie. Nátahy mají pravidelný kulový tvar nebo velmi ostré hrany, které jsou způsobeny tím, že došlo k rychlému zchladnutí. Na vodičích jsou také patrná vykousnutí způsobená elektrickým obloukem.



(A) Pravidelný tvar nátavu



(B) Ostré hrany nátavu

Obrázek 27 Znaky na vzniklých nátavech

Pomocí experimentů s krátkodobým zatěžováním byly ověřeny některé vlastnosti kabelů, ale tento způsob namáhání nevystihuje zcela skutečný stav. Proto bylo třeba v další fázi experimentů stanovit změny na průřezích kabelů při dlouhodobém zatěžování. Hlavním ovlivňujícím faktorem je prodloužení času, po který jsou kabely vystaveny zvýšenému namáhání.

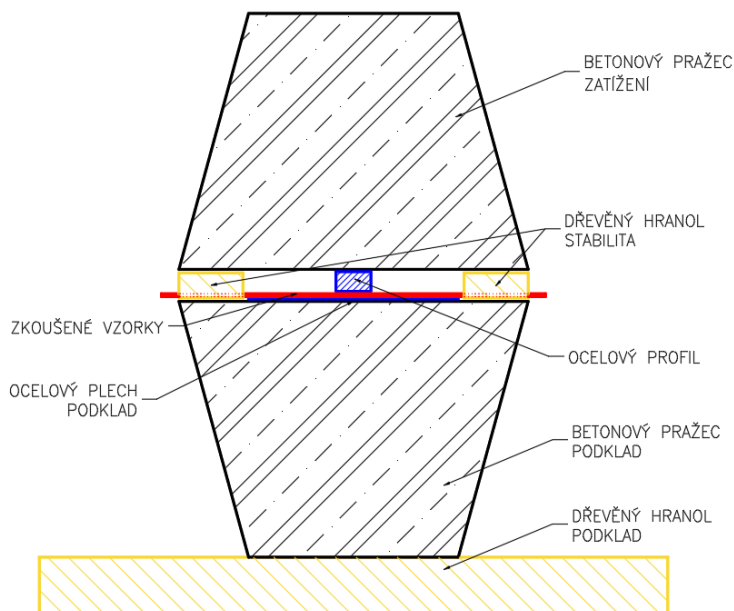
Zkoušený kabel je stejného typu, jako v předchozí části, ale bylo vybráno 6 vzorků dlouhých 360 mm od každého typu průřezu, celkem tedy 30 vzorků. Počet vzorků byl stanoven tak, aby byl dostatečný počet vzorků pro kontrolu průběhu a další zkoušení, jelikož z důvodu časové náročnosti nebylo možné experiment opakovat. Délka vzorků vychází z potřebné délky pro následný experiment zatěžování elektrickým proudem.

Doba zatěžování byla stanovena v závislosti na časových možnostech této práce na 60 dní. Tato doba byla odhadnuta jako minimální čas, kdy by působící síla mohla zanechat na vnitřní izolaci trvalou deformační změnu. Doba zatěžování byla prodloužena na 90 dní po první kontrole průběhu experimentu.

Zatěžovací síla byla stanovena dle předchozího zatěžování a dostupných možností, viz následující kapitola. Také byla vzata v potaz úvaha, že vyšší zatěžovací síla způsobí požadované deformace v během kratší zatěžovací doby.

Pro tento experiment byly využity materiály dostupné v Univerzitním centru energeticky efektivních budov ČVUT. S cílem simulovat působení velké síly na průřez kabelu byly vybrány betonové železniční pražce o hmotnosti 350 kg. Na obr. 28 je schéma řezu zkušební sestavou, která se skládá ze spodního betonového

pražce, který utváří podkladní vrstvu, zatěžovacího pražce a ocelových a dřevěných podkladních a vyrovnávacích profilů.



Obrázek 28 Schéma řezu zkušební sestavou

První kontrola průběhu experimentu byla naplánována po uplynutí 2 měsíců. Vrchní pražec byl nadzvednut a bylo vyjmuta 5 vzorků, jeden vzorek od každého průřezu. Tyto vzorky byly příčně rozříznuty v místě působení zatěžovací síly a byl na nich zkoumán vliv dlouhodobého mechanického zatížení. Na obr. 29 (A) a (B) jsou vidět výsledky zatěžování na kontrolovaných kabelech. Dle předpokladů došlo ke zploštění celého kabelu, jako při krátkodobém zatěžování. Ve všech případech došlo k natlačení dvou žil na sebe a částečnému vtlačení izolace mezi ně. Tato deformace je více patrná u větších průřezů kabelu. U žádných částí kabelu nedošlo k úplnému poškození, což byl požadovaný stav. Ze způsobu, jakým se kabely zplošťují lze sledovat, že žíly mají tendenci se rozestoupit vedle sebe do jedné řady kolmo na směr stlačování, tedy ve směru volného pohybu.

Trvanlivost této změny průřezu je možné posoudit až s odstupem času. Dle této úvahy byly kabely znovu podrobeny zkoumání měsíc po odlehčení. Na obr. 29 (C) a (D) je vidět částečné navrácení materiálu do původního stavu před stlačováním. Lze pozorovat, že v místě natlačení dvou žil na sebe zůstává vnitřní izolace ztenčená. Výplňový materiál už nedoléhá až k žílám.



(A) $\varnothing 1,5 \text{ mm}^2$ ihned po vyjmutí



(B) $\varnothing 2,5 \text{ mm}^2$ ihned po vyjmutí



(C) $\varnothing 1,5 \text{ mm}^2$ měsíc po vyjmutí



(D) $\varnothing 2,5 \text{ mm}^2$ měsíc po vyjmutí

Obrázek 29 Detail řezu kabelem v místě zatěžování po dvou měsících

Po třech měsících od začátku experimentu, byla provedena druhá kontrola. Vrchní pražec byl opět nadzvednut a byly odebrány dva vzorky od každého průřezu s cílem tentokrát ověřit funkčnost izolace žil. V rámci této kontroly byla také provedena vizuální kontrola toho, jak se změnila tloušťka izolace v místě zatěžování. Na obr. 30 (A) a (B) jsou pro porovnání s předchozí kontrolou vyobrazeny řezy dvěma nejsilnějšími průřezy kabelu. Po dalším měsíci zatěžování není mezi vzorky patrný velký rozdíl ve stlačení izolace mezi žilami. Protože žíly nejsou v kabelu vedeny paralelně, ale jsou obtočené kolem sebe, záleží na náhodě, které žíly budou stlačeny proti sobě v místě zatěžování. V ideálním případě by bylo třeba, aby jednou ze stlačených žil byl fázový vodič kabelu, označený hnědou barvou. Ze zkoumaných řezů je patrné, že velmi záleží na jednotlivých vzorcích, jakým způsobem se deformace projevuje. V tomto případě se podařilo stlačit dvě žíly přímo na sebe.

Stejně jako při předchozí kontrole byla zkoumána trvanlivost deformace měsíc po odlehčení vzorků. Na obr. 30 (C) a (D) je opět vidět, že materiál má tendenci se vracet do původního stavu. Vliv delší doby zatěžování vzorků je patrný z oválnějšího tvaru průřezů. Materiálu ztrácí své schopnosti vrátit se do původního stavu a deformace se stávají trvalými. Výplňový materiál zůstává deformovaný a tvoří mezery mezi žilami.



(A) Ø 1,5 mm² ihned po vyjmutí



(B) Ø 2,5 mm² ihned po vyjmutí



(C) Ø 1,5 mm² měsíc po vyjmutí



(D) Ø 2,5 mm² měsíc po vyjmutí

Obrázek 30 Detail řezu kabelem v místě zatěžování po třech měsících

Na výše testovaných kabelech byla pak ověřena průrazová odolnost. Výsledkem měření při napětí 2 kV bylo, že u žádného z průřezů nebyl zaznamenán žádný unikající proud. Při napětí 6 kV byl u kabelů průřezů 0,5 mm² a 0,75 mm² zaznamenán unikající proud v hodnotách 0,1 – 0,3 mA, což je způsobeno spíše tím, že tyto průřezy jsou dimenzovány na menší napětí a napětí 6 kV značně tuto hodnotu překračuje. I tak jsou tyto hodnoty zanedbatelné a přístroj je nevyhodnotil jako porušení izolační schopnosti.

Výstupy:

Diplomové práce:

Bartoníček, O. *Hodnocení elektroinstalace jako příčiny požárů* (2022), Fakulta stavební ČVUT v Praze
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/99646>

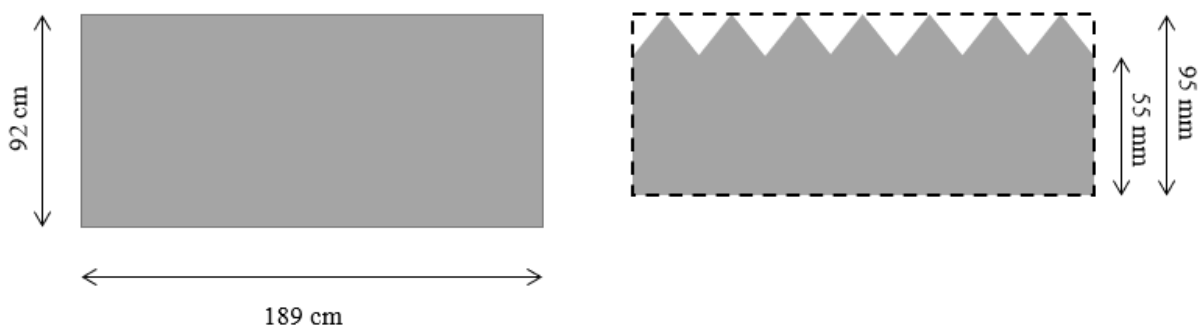
Vimmr, D. *Porušení elektrických kabelů vedoucích k požáru* (2023), Fakulta stavební ČVUT v Praze
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/107513>

c) Porovnávací mezilaboratorní zkoušky pro stanovení míry variability a opakovatelnosti zkoušek

V rámci spolupráce s University of Edinburgh, která byla navázána v průběhu řešení projektu byla touto zahraniční univerzitou nabídnuta možnost porovnání výsledků požárních zkoušek pro stanovení míry jejich variability a opakovatelnosti. V rámci uvedeného byly v průběhu druhého kvartálu 2024 obstarány zkušební

vzorky, konkrétně matrace, které kromě samotného porovnání i vhodně rozšiřují požární databázi zařizovacích předmětů, která je popsána výše.

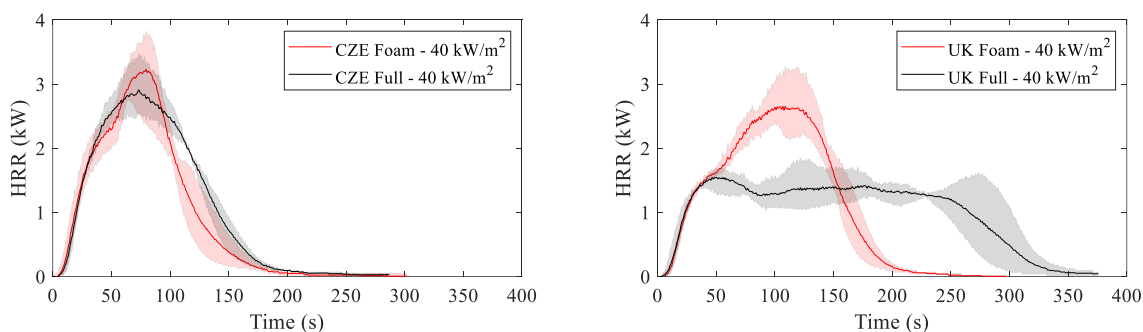
Jednalo se konkrétně o matrace IKEA ÅGOTNES rozměrů 90cm × 200cm, které lze považovat za příklad pěnové matrace dostupné v ČR ale i jiných zemích. Převážnou část (jádro) matrace tvoří flexibilní PUR pěna, na které je ochranný obal ze syntetické tkaniny. Z dostupných informací není známo použití žádné protipožární úpravy jakéhokoliv komponentu matrace pro trh v ČR. Rozměry matrací jsou zřejmé z obrázku 31.



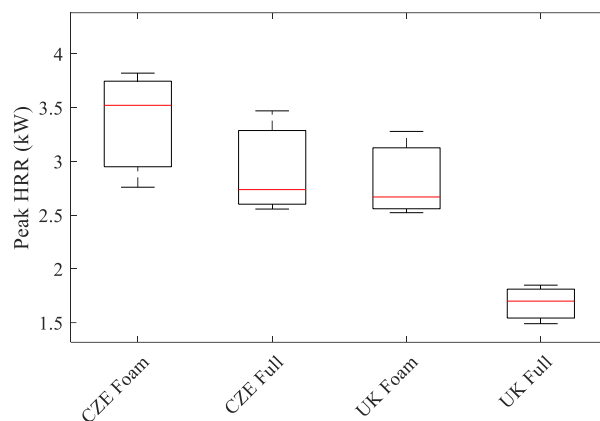
Obrázek 31 Celkový rozměr testovaných matrací a vnitřní řez

Bylo zakoupeno celkem 13 ks matrací v ČR (z jedné várky/palety), ze kterých 6 bylo zasláno do University of Edinburgh, Skotsko a zbytek ponechán na ČVUT v Praze. Důvodem bylo vyloučení jakýchkoliv rozdílů v použitých materiálech a rozměrech zkušebních vzorků. Následně byla v červnu 2024 realizována pracovní cesta doc. Móžera a Ing. Andrlíka do Skotska, během které byly realizované předmětné experimenty. Po úvodních zkouškách se partneři z University of Edinburgh rozhodli na své náklady dokoupit i stejný typ matrace ve Spojeném království. Zde je však potřeba podotknout, že matrace prodávané ve Spojeném království musí být, dle platné legislativy, protipožárně upraveny. Tímto se rozšířil rozsah porovnání a bylo možné stanovit vliv protipožárních úprav na zapálení a průběh hoření těchto matrací.

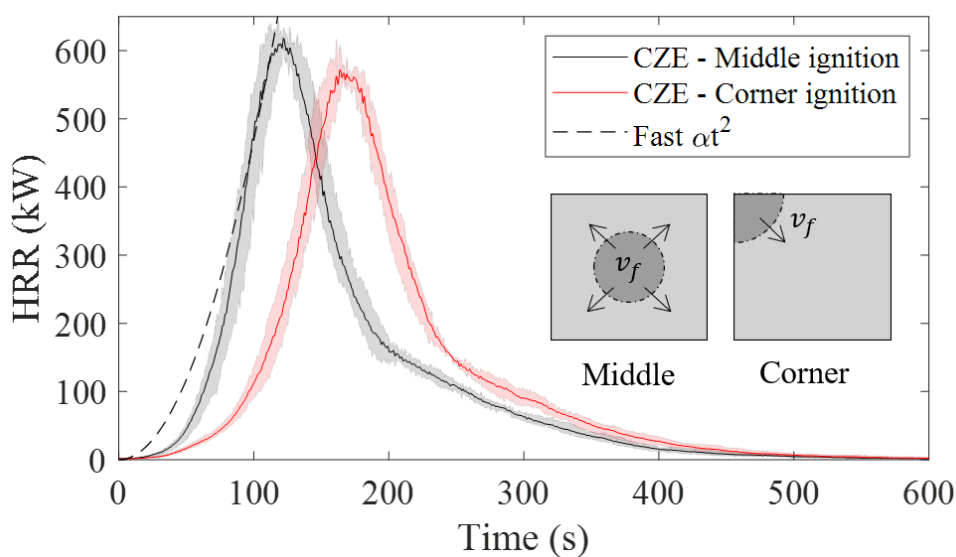
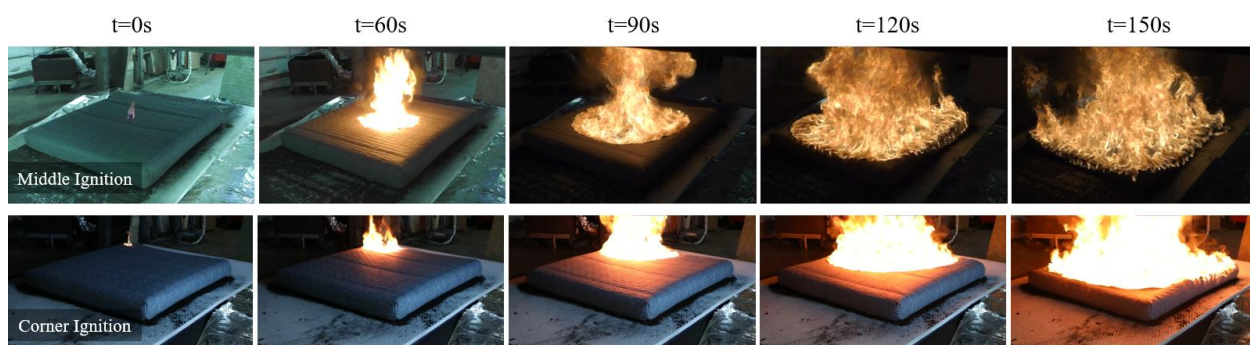
Byla realizována následovná měření: TGA analýza a stanovení spalného tepla pro jednotlivé komponenty matrací, stanovení rychlosti uvolňování tepla na kónickém kalorimetru, stanovení rychlosti uvolňování tepla a videoanalýza průběhu hoření v otevřeném kalorimetru. Příklady výsledků těchto měření jsou uvedeny na obrázcích 32 až 34.



Obrázek 32 Porovnání rychlostí uvolňovaného tepla pro českou a anglickou matraci (pěna × celá matrace)



Obrázek 33 Porovnání nejvyšších dosažených hodnot rychlosti uvolňovaného tepla pro českou a anglickou matraci (pěna × celá matrace)



Obrázek 34 Příklad šíření plamene po matraci s ohledem na místo zapálení střed (horní) a roh (spodní)

Jelikož bylo získáno velké množství dat tato jsou průběžně publikována a zanášena do databází projektu. V době uzavření projektu byl rovněž přijat článek *Fire Performance of Mattresses Across Scales* na

renomovanou konferenci 5th European Symposium on Fire Safety Science (ESFSS). Tento a další plánované výstupy (nad rámec plánovaných výstupů), obsahují relevantní poděkování projektu a slouží k širší národní a mezinárodní propagaci jeho výsledků a rozšíření jeho využitelnosti jeho výsledků. Případné finanční náklady na opublikování těchto výstupů nebyly/nejsou hrazeny z projektu, a v rámci fáze udržitelnosti je na sebe přebírají participující organizace.

Výstupy:

Konferenční příspěvek: Morrisset, D. et. al. *Fire Performance of Mattresses Across Scales*, ESFSS 2025 (přijato k publikaci)

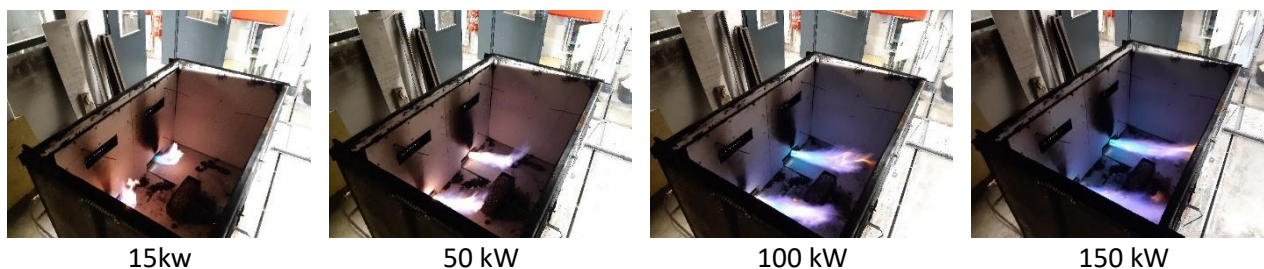
WP2-2 Posuzování požárem namáhané / poškozené konstrukce – 01.2023 až 12.2024

a) Posuzování degradace SDK konstrukcí vlivem požáru

Realizace tohoto dílčího úkolu v rámci WP2-2 byla odstartována ověřením chování a měření účinků požáru u sádkartonových desek při tepelném namáhání. Tento dílčí úkol probíhal v několika etapách, konkrétně:

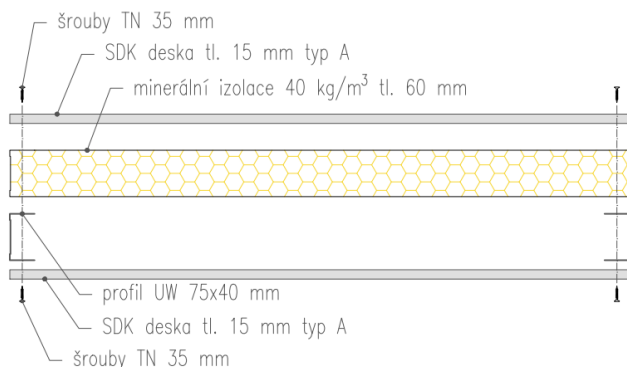
- Shrnutí procesu hoření a rozvoje požáru v uzavřených prostorech
- Specifikace účinků požáru na konstrukce a možnostem jejich sledování
- Popis chování sádkartonu při vystavení požáru
- Optimalizace hořáků pro zkušební pec miniFUR

Hlavním záměrem bylo vytvoření jednoznačného a opakovatelného způsobu namáhání SDK konstrukcí a úvodní vyhodnocení degradace ochranných vrstev ze SDK desek. Po teoretické a rešeršní části byly nejprve optimalizovány hořáky pro vyšší efektivitu zkušební pece miniFUR, která umožňuje požární zkoušky v redukovaném měřítku. Optimalizace spočívala zejména v optimalizaci hořáků a vyladění teplotního pole v peci. Testování nové verze hořáků je na obrázku 35.

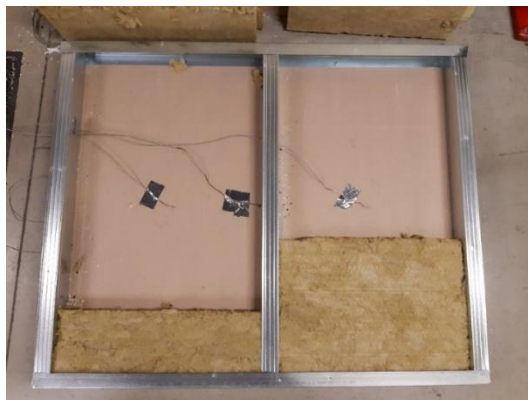


Obrázek 35 Optimalizované hořáky ve zkušební peci při různých výkonech

V dalším kroku pak byly připraveny vzorky SDK konstrukcí, které tvořili stropní část pece, jelikož v horní části pece je teplotní pole nejrovnoměrnější a teploty nejvyšší. V této úvodní sérii experimentů se pro ověření konceptu zkoušela jenom konstrukce s opláštěním z SDK desek typu A tloušťky 15 mm (na požárem namáhané straně konstrukce). Celková skladba zkušební konstrukce je zřejmá z obrázku 36. Do každého zkušebního vzorku bylo umístěno celkem 6 termočlánků typu K. Vždy tři zevnitř na povrchu exponované desky a druhá trojice zevnitř na povrchu neexponované desky. Z každé trojice termočlánků na povrchu desky byly dva umístěny na střed plochy segmentu desky a třetí byl umístěn mezi středový profil CW a desku.



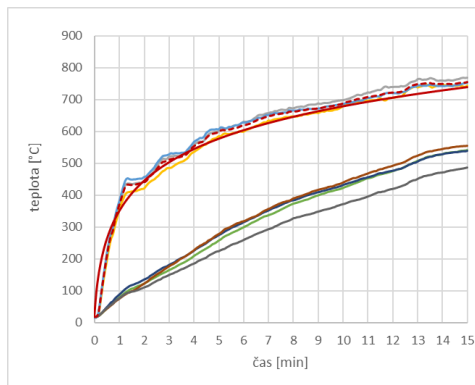
a) Skladba zkušební vzorku



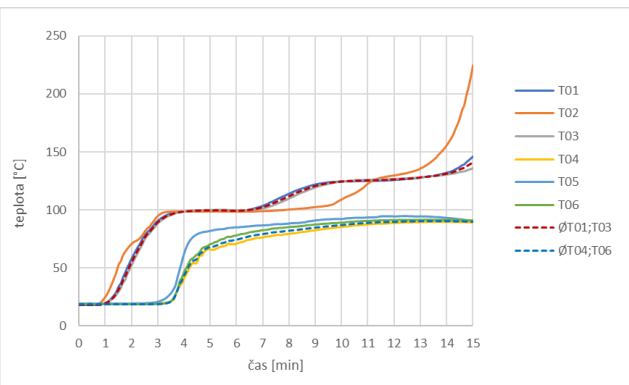
b) Vnitřní skladba a umístění termočlánků

Obrázek 36 Zkušební vzorky SDK konstrukcí pro namáhání požárem

Zkoušky sádkokartonových desek byly provedeny na malé zkušební peci miniFUR umístěné v požární laboratoři FireLAB na UCEEB. Vzhledem k tomu, že v době zkoušek byly nové hořáky pro pec ještě v rozpracované verzi, byl v peci ponechán jeden pískový hořák. Na zkoušení to nemělo negativní vliv vzhledem k tomu, že se zkoušel stropní vzorek a bylo tedy dosaženo požadovaných teplot v celé ploše vzorku podle normové teplotní křivky (ISO 834). Příklad teplotního pole v peci a teplot zaznamenaných na termočláncích ve vzorku konstrukce (zde konkrétně Vzorek 1) je zřejmý z obrázku 37.



a) Záznam teplot v peci



b) Záznam teplot uvnitř vzorku

Obrázek 37 Zaznamenané teplotní profily v průběhu zkoušky Vzorku 1

Následné měření úrovně degradace proběhlo způsobem odečtu hloubky kalcinace (tloušťky požárem zdegradované vrstvy SDK desky). Tato měření byla realizována v asistenci nrap. Ing. Jakuba Baci a dalších členů týmu WP3, kteří se zabývají technikou měření samotnou. Pro měření byl použit hloubkoměr a měření byla realizována v předem určeném rastru, který rovnoměrně pokrýval celou namáhanou plochu zkoušené SDK konstrukce, jak je zřejmé z obrázku 38. Hloubka kalcinace byla měřena pouze ve středech terčů a získané hodnoty zaneseny do tabulky s barevným odlišením jednotlivých hloubek, tak aby byly rozdíly na ploše desky dobře identifikovatelné, viz obrázek 39.

Výše popsaná měření byla realizována v šesti opakováních, přičemž tepelné namáhání trvalo vždy stejně 15 minut a rozdíl byl v době měření. První skupina 3 vzorků (série 01) byla odměřena týden po realizaci zkoušek a druhá skupina 3 vzorků (série 02) byla odměřena okamžitě po zkoušce, hned jak došlo k dostatečnému

vychladnutí desky. Detaily jednotlivých zkoušek jakožto i kompletní výsledky měření jsou uvedeny v diplomové práci M. Andrlíka *Posuzování požárem namáhaných konstrukcí*.



a) Hloubkoměr



b) Rastr bodů pro měření hloubky kalcinace

Obrázek 38 Měření hloubky kalcinace (degradace) požárem namáhané SDK konstrukce

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
hloubka kalcinace [mm]	1	2	3	2	3	3	3	2	2	2	3
	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2
	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3
	4	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2
	5	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2
	6	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3
	7	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3
	8	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Obrázek 39 Výsledky měření hloubky kalcinace (degradace) pro vzorek 1

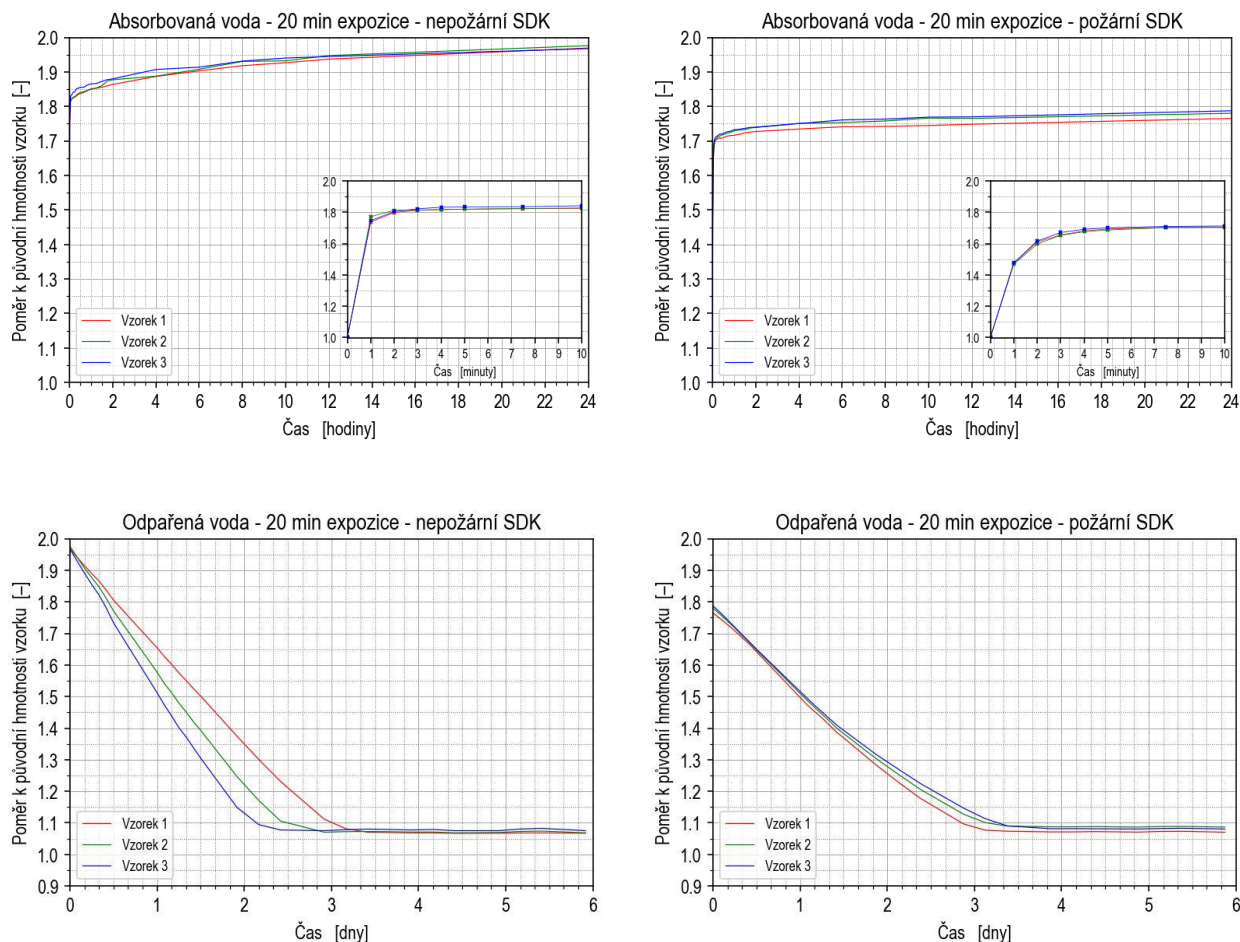
Na výše uvedené pilotní experimentální zkoumání navazovala další série zkoušek pro stanovení degradace SDK obkladů konstrukcí. Zkoušky proběhly stejným způsobem, tj. vzorky i způsob expozice byl zachován, jedinou změnou bylo použití digitálního hloubkoměru a vyznačování měřicího rastru, kde bylo upuštěno od využití barevného spreje a byla použita křídová vyznačovací šňůra. Bylo zkoušeno 14 vzorků konstrukcí s různými parametry s cílem určit, jak tyto ovlivňují míru úroveň degradace (kalcinace) SDK obkladů. Mezi tyto parametry patří zejména typ SDK desky, její tloušťka a délka expozice. Tabulka XYZ přináší sumární přehled parametrů a výsledků jednotlivých zkoušek. Kompletní přehled metod, materiálu a výsledků je k dispozici v diplomové práci M. Andrlého *Degradace obkladů ze sádrokartonových desek za požáru*.

Tabulka 7: Přehled zkušebních vzorků s dobou expozice, průměrnou hloubkou kalcinace a jeho rozptylem

Označení vzorku	Typ SDK desky	Tloušťky SDK desek [mm]	Doba tepelné expozice [min]	Průměrná hloubka kalcinace [mm]	Rozptyl [+/–]
1.série zkoušek					
VZ-01	A	12,5	15	4,49	1,15
VZ-02	A	12,5	15	4,06	0,47
VZ-03	A	12,5	10	3,81	0,23
VZ-04	A	12,5	10	3,72	0,40
VZ-05	DEFH2IR	12,5	15	1,68	0,10
VZ-06	DEFH2IR	12,5	15	2,03	0,11
2.série zkoušek					
VZ-01	A	15	15	1,79	0,08
VZ-01	DF	15	15	1,83	0,19
VZ-02	A	15	20	2,17	0,29
VZ-02	DF	15	20	3,66	0,33
VZ-03	A	15	22,5	3,93	1,78
VZ-03	DF	15	22,5	5,27	1,98
VZ-04	A	15	25	5,45	2,63
VZ-04	DF	15	25	6,66	1,41

Na výše uvedený výzkum navazuje i doktorské studium a disertační práce M. Andrlíka *Degradace deskových konstrukčních materiálů na bázi sádky vlivem požáru*. Ing. Andrlík rovněž na realizovaný výzkum navazuje i vnitřním grantem FSV ČVUT, kde se hlouběji zabývá již identifikovanými parametry.

Jelikož bylo jako jeden s parametrů, který může zásadně ovlivnit měření degradace, je přítomnost vody, kterou lze na požářišti očekávat. Proto byl jako navazující výzkum iniciován studentský projekt (potažmo diplomová práce), který se zabývá nasákáním vody zdegradovanými SDK obklady. Tento projekt *Vliv hasební vody na charakteristické projevy degradace SDK desek za požáru* zpracovává T. Macháček. Byl vytvořen způsob kontrolovatelného a opakovatelného nasákání a vysychání vzorků SDK desek a realizovány první experimenty, kterých výsledky jsou na obrázku 40. Rovněž byly výsledky těchto pilotních experimentů zpracovány ve formě článku, který byl přijat na publikaci v TZBinfo.



Obrázek 40 Graf poměru hmotnosti absorbované a odpařené vody k počáteční hmotnosti vzorku

Výstupy:

Diplomové práce

Andrlík, M. *Posuzování požárem namáhaných konstrukcí*, (2024), Fakulta stavební ČVUT v Praze

<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/113962>

Andrle, M. *Degradace obkladů ze sádkartonových desek za požáru*, (2025), Fakulta stavební ČVUT v Praze

<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/121211>

Článek:

Macháček, T. *Vliv vlhkosti na požárně degradovaný sádkarton*, (2025), TZB info (přijato na publikaci)

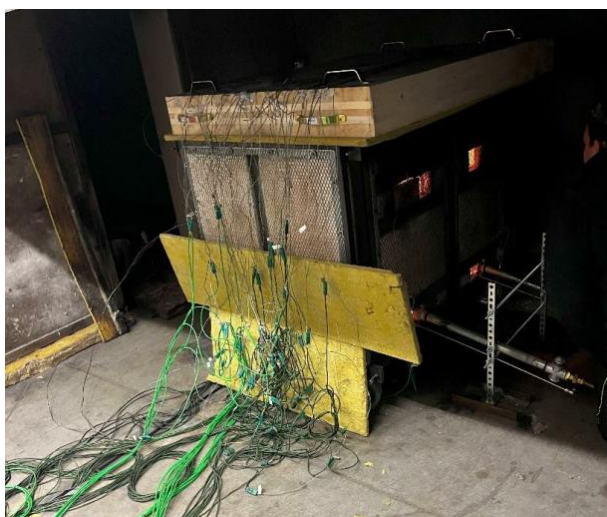
b) Posuzování degradace CLT konstrukcí vlivem požáru

Kromě SDK konstrukcí se testovali i konstrukce reprezentující výstavbu z obnovitelných materiálů, konkrétně CLT panely. Cílem tohoto dílčího úkolu bylo posouzení degradace tohoto typu konstrukce při požáru. Na rozdíl od rostlého dřeva mají lepené prvky, mezi které CLT panely patří, spoje, kde je jednotlivé lamely pojí lepidlem a tudíž je jejich chování za požáru odchylné. Při vyšších teplotách může dojít k selhání tohoto lepeného spoje

a následnému odpadnutí lamely společně se zuhelnatěnou vrstvou, které v podstatě chrání nepoškozené dřevo uvnitř konstrukce. Po jeho expozici dochází k rychlému vznícení a tepelné degradaci, což se může opakovat v závislosti na počtu lamel, jejich tloušťce a celkové tloušťce CLT panelu.

Druhým a neméně významným faktorem, který byl předmětem zkoumání je progres degradace těchto konstrukcí (CLT panelů) po ukončení fáze tepelného namáhání (ohřevu). Zde se ukazuje, že příspěvek fáze ochlazování k celkové dosažené degradaci (zuhlňatění) může být značný. V některých případech dochází i k opětovnému vznícení. Uvedené představuje problém jak z hlediska stability konstrukcí, tak z hlediska interpretace požárních stop, kde jenom na základě tloušťky zuhelnatěné vrstvy nelze jednoznačně určit trvání nebo místo nejvyšší intenzity požáru. Další problematickou oblastí, která byla identifikována a zkoumána je možnost měření teplotních profilů těchto typech konstrukcí, kde je přirozeně nejjednodušší instalace termočlánků z neexponované strany, kolmo na plochu konstrukce. Předchozí výzkum naznačuje, že u tohoto způsobu měření teplot dochází k značnému zkreslení naměřených hodnot, což může vnést do celého procesu významné chyby a znehodnotit tím například snahu o rekonstrukci průběhu požáru a jeho vlivu na posuzovanou konstrukci.

Celkem byly v rámci dílčího úkolu odzkoušeny 4 CLT panely, 2ks vzorků o tloušťce 120mm (40-40-40mm lamely) a 2ks vzorků o tloušťce 140mm (40-20-20-20-40mm lamely). Ve všech případech byly rozměry CLT panelů o cca 100 mm větší než rozměr jejich exponované části (1200 mm × 800 mm). Obdobně jako u SDK konstrukcí byly tyto panely instalovány na zkušební pec jako stropní vzorky z důvodu rovnoměrnosti a intenzity tepelného pole. Do těchto panelů pak byly navrtány otvory v požadovaných hloubkách tak, aby se zajistilo rovnoměrné měření teploty v celé tloušťce vzorků. Byly vrtány otvory z horní neexponované strany vzorků a též z boční strany, aby bylo možné vyšetřit vliv orientace termočlánků na získané hodnoty. Přesný popis měřících pozic, rozměrů a dalších parametrů zkušebních vzorků a pece jsou k dispozici v diplomové práci A. Smetanové *Vyhodnocení teplotních profilů za požáru v panelech z křížem vrstveného dřeva*. Průběh zkoušky během fáze ohřevu a chlazení je znázorněn na obrázku 41.



a) Fáze ohřevu

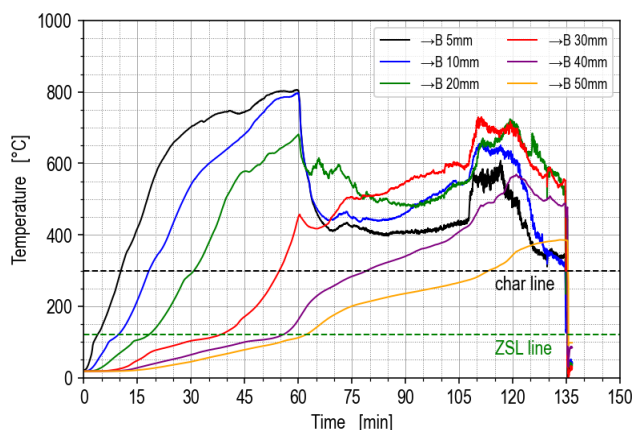


b) Fáze ochlazování (složení z pece)

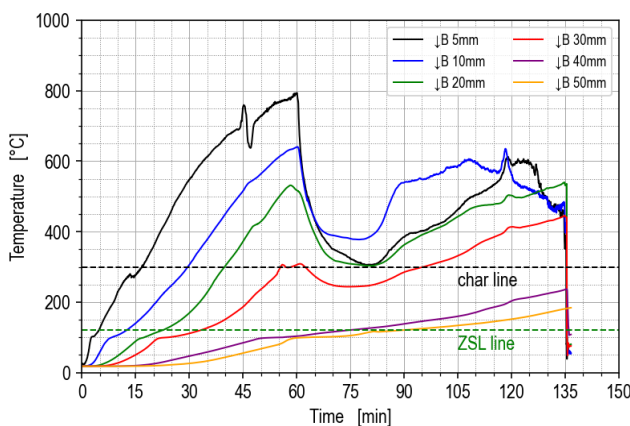
Obrázek 41 CLT panel v průběhu požární zkoušky

Po zkouškách byly vyhodnoceny teplotní profily zaznamenané jednotlivými způsoby měření (horní × boční umístění TČ) a to jak pro fázi ohřevu, tak pro fázi ochlazování. Na obrázku 42 lze vidět příklad porovnání teplot

zjištěných při bočním a horním umístění termočlánků. Ukazuje se, a to ve shodě se zahraničním výzkumem, že termočlánky umístěné z horní strany (kolmo na nenamáhanou stranu vzorku) zaznamenávají hodnoty zkreslené (nižší) a s opožděním v porovnání s bočním umístěním termočlánků. Zároveň bylo prokázáno, že fáze ochlazování má nezanedbatelný vliv na další degradaci CLT konstrukcí po fázi ohřevu („aktivního hoření“). Zde byl zaznamenán progres po desítky dalších minut a v jednom případě došlo k opětovnému vznícení panelu po cca 45 minutách od ukončení ohřevu a sejmutí panelu z pece, viz obrázek 41 b).



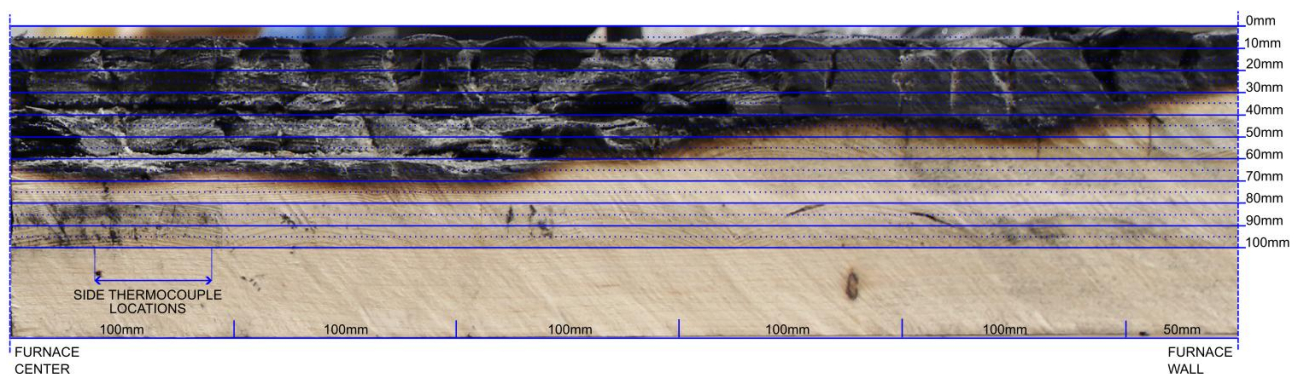
a) Boční umístění termočlánků



b) Horní umístění termočlánků

Obrázek 42 CLT panel v průběhu požární zkoušky

Rovněž byly panely rozřezány v několika místech a byla posouzena skutečná hloubka a rovnoměrnost zúhelnatění. Příklad vedení řezů a indikace hloubky zúhelnatění je na obrázku 43. Je zřejmé, že i navzdory rovnoměrnému teplotnímu poli nebylo dosaženo stejného zúhelnatění v celé ploše panelu. To lze přisoudit dvěma důvodům. Z obrázku 43 a) a b) lze vidět, že zúhelnatěná vrstva se nezachovala v celé ploše panelu a došlo k jejímu odpadnutí a odhalení části nepoškozeného dřeva a jeho následné degradaci; toto je zřejmé zejména kolem středu panelu. Po stranách byla naopak vrstva soudržnější a tudíž chránila a zpomalovala zúhelnatění po delší dobu. Dalším důvodem je nerovnoměrnost a nepředvídatelnost opětovného vznícení panelu, kde se předpokládá, že je závislé na přístupu vzduchu přes trhliny v zúhelnatěné vrstvě, proudění vzduchu kolem panelu a orientaci panelu samotného. Predikovatelnost tohoto jevu je velice špatná, ne-li nemožná a může značně ovlivnit rozsah degradace a tím i použitelnost tohoto znaku pro rekonstrukci průběhu požáru a jeho intenzity. Detailní rozprava je k nalezení v článku a diplomové práci uvedených níže.



a) Podélný řez panelu 185 mm od delší hrany.



b) Řez středem panelu (kratší strana)

c) Indikace vedení řezů

Obrázek 43 Analýza řezů CLT panelem po zkoušce

Výstupy:

Diplomová práce:

Smetanová, A. *Vyhodnocení teplotních profilů za požáru v panelech z křížem vrstveného dřeva*, (2025), Fakulta stavební ČVUT v Praze <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/121304>

Článek:

VJ01010046-V4 Mózer, V.; Velebil, L.; Smetanová, A. *Investigation of CLT panel degradation during heating and cooling phases of fire*, Wood Research. 2025, 70(1), 54-64. ISSN 1336-4561, doi: [10.37763/wr.1336-4561/70.1.5464](https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/70.1.5464)

WP2-3 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 03.2021 až 12.2022

Měření toxicity zplodin hoření probíhalo v dvou etapách:

1. Měření toxicity volně hořících zařizovacích předmětů realizované v rámci zkoušek WP2-2 pro zařizovací předměty hotelového pokoje, matrace a židle
2. Vliv podmínek hoření na produkci toxických zplodin

Pro potřeby činností v rámci WP2-3, které jsou zaměřeny na problematiku toxicity zplodin hoření bylo na úvod provedeno zkušební ověřování provozu FTIR analyzátoru. Toto spočívalo v ověření průchodnosti vzorkovacího vedení a sérii zkušebních požárů matrací z polyuretanové (PUR) pěny, na kterých se ověřovala odezva FTIR analyzátoru.

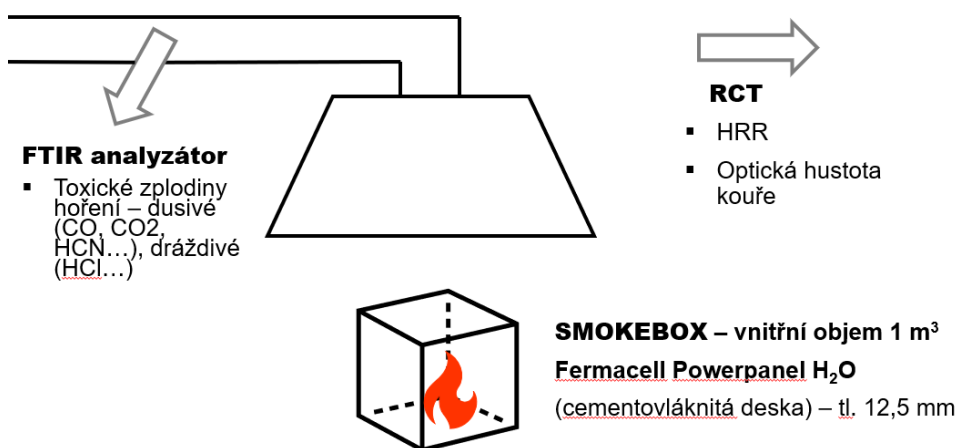
Matrace s PUR pěnou jsou vhodným zkušebním materiálem z vícero důvodů:

1. Jedná se o běžné zařizovací předměty v prakticky všech prostorech pro bydlení a ubytování;
2. Materiál je relativně homogenní a syntetické potahové materiály nemají zásadní vliv na průběh hoření;
3. Polyuretan obsahuje ve své molekule dusík, který vytváří jedny z hlavních toxických, narkotických a dráždivých zplodin hoření – kyanovodík (HCN), oxidy dusíku (NO_x) a amoniak (NH_3).

Pro posuzování toxicity zplodin při hoření za různých podmínek odvětrání a případného hašení byl navrhnut a sestrojeno zařízení, tzv. Smokebox. Schematické znázornění měření pomocí Smokeboxu je znázorněno na obrázku 44 níže – místo spalování vzorku „Smokebox“, odsávací zvon s VZT vedením s vzorkováním do:

- analyzátoru RCT (rychlost uvolňování tepla HRR, optická hustota kouře, koncentrace CO_2 a CO a O_2);
- FTIR analyzátoru – kvalitativní a kvantitativní stanovení složení kouře.

Měření během zkoušek jednotlivých zařizovacích předmětů bylo realizováno bez Smokeboxu; jednalo se o volné hoření. Záznam a analýza uvedených složek kouřových plynů však byly stejné.

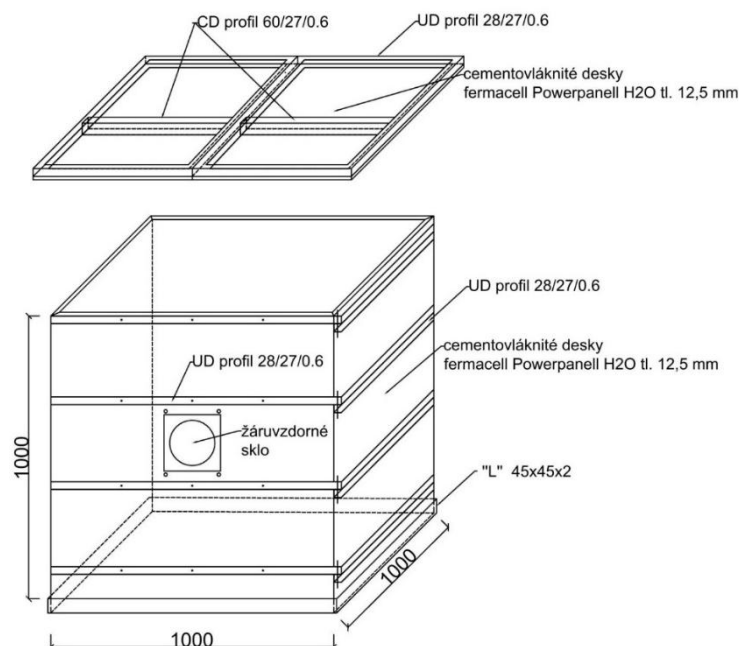


Obrázek 44 Schematické znázornění měření toxicity se zařízením Smokebox

FTIR analyzátozem byla zjišťována přítomnost a množství (koncentrace) následovných složek kouřových plynů, produkovaných hořením zkoušených předmětů: Oxid uhličitý CO_2 , Oxid uhelnatý CO , kyanovodík HCN , oxid dusný N_2O a amoniak NH_3 . Rovněž byla měřena koncentrace kyslíku v odsávaných plynech. Tyto plyny představují nejčastější dusivé, dráždivé a toxické složky kouře. Záznam koncentrací probíhá v ppm (parts per milion), tedy koncentraci v celkovém odsávaném množství plynu. Následně jsou tyto koncentrace přepočtem převedeny na absolutní množství v gramech produkované složky, a to jak v okamžitém tak kumulativním vyjádření.

Konstrukce Smokeboxu je zhotovena z cementovláknitých desek na rámu z ocelových profilů. Základní rozměry a izometrické znázornění Smokeboxu je na obrázku 45. Víko je dvoudílné a posouváním jeho částí je možné dosahovat různé úrovně odvětrání. Smokebox je umístěn na vahách, které umožňují sledování úbytku hmotnosti hořícího materiálu v průběhu experimentu.

Uvnitř Smokeboxu jsou umístěny 4 termočlánky a jeden termočlánek je umístěn v centrální osi tak, aby byla zaznamenávána teplota unikajících zplodin. Všechny potřebné hodnoty jsou sledovány. Tím je možné sledovat i vliv teploty na vznikající zplodiny hoření.



Obrázek 45 Schematické znázornění měření toxicity se zařízením Smokebox

Princip měření spočívá v spalování vzorků požadovaného materiálu o požadované hmotnosti v prostoru Smokeboxu, který umožňuje nastavovat víkem úroveň přístupu vzduchu a tím rychlosti a efektivnosti hoření. S přístupem vzduchu souvisí zejména množství a skladba uvolňovaného kouře. Tímto způsobem je možné simulovat různou efektivitu hoření a její vliv na složení a toxicitu zplodin hoření. Je tak možné simulovat např. podmínky hoření při kterém došlo, resp. nedošlo, k rozbití oken a tím změně podmínek ovětrání a odhořívání. Rozdíl v intenzitě hoření v těchto případech je zřejmý z obrázku 46.



20% odvětrání



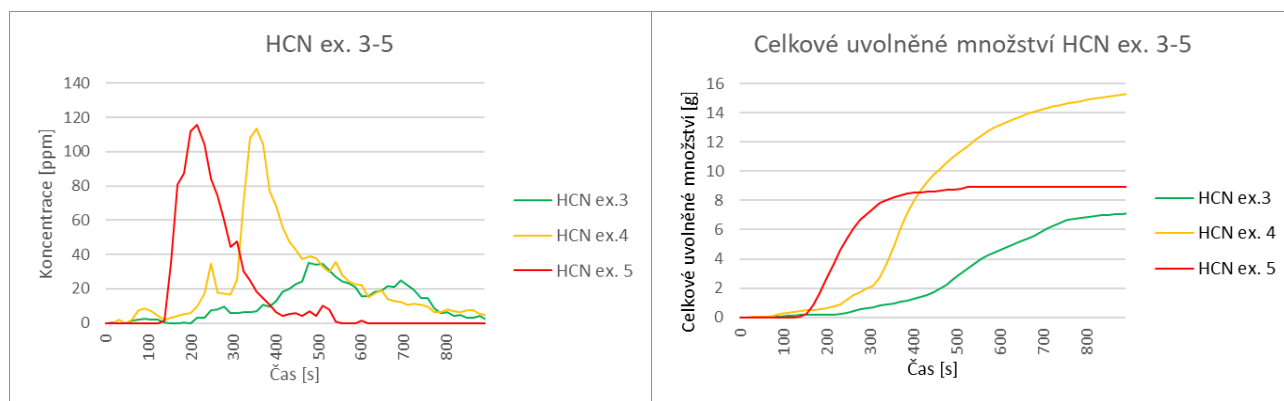
33% odvětrání



50% odvětrání

Obrázek 46 Vliv odvětrání (% otevřenosti stropu) na intenzitu hoření matrace z PUR pěny (5kg)

Jako příklad získaných výsledků lze uvést porovnání množství uvolněného kyanovodíku v závislosti na odvětrání Smokeboxu, viz obrázek 46. Z obrázku 47 lze soudit, že úroveň odvětrání není jediným faktorem pro produkci HCN. Neplatí tedy předpoklad, že čím horší je odvětrání tím vyšší bude množství uvolněného HCN, ale je potřeba jisté vyváženosti teplot hoření (detaily v diplomové práci a článku), při které se dosáhne maxima produkce HCN. V uvedeném konkrétním případě se jedná o variant s 33% větráním. Detailní průběhy všech realizovaných experimentů a jejich vyhodnocení lze nalézt v diplomové práci a článku (pro zkoušky ze Smokeboxem) a pro zařizovací předměty pak ve specializované databázi, viz výstupy WP 2-3 uvedené níže.



Obrázek 47 Příklad výsledků získaných FTIR analýzou (3 = 20%, 4 = 33%, 5 = 50% odvětrání víkem)

Výstupy:

VJ01010046-V10 Specializovaná databáze (S) Požární parametry zařizovacích předmětů budov – dostupné online na: <https://fing.fsv.cvut.cz/v3/>

Diplomová práce:

Hadingerová, L. *Toxické zplodiny hoření při nedostatečném přísunu vzduchu*, (2023), Fakulta stavební ČVUT v Praze <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/107508>

Článek:

VJ01010046-V4 Mózer, V.; Hejtmánek, P.; Hadingerová, L.; Pokorný, M. *Toxicity of smoke from upholstery materials in under-ventilated fires*, In: Transportation Research Procedia. Amsterdam: Elsevier B.V., 2023. p. 1485-1491. vol. 74. ISSN 2352-1465.

WP3. Velkorozměrové experimenty

Cílem WP 3 Velkorozměrové experimenty je realizace velkorozměrových zkoušek cíleně směřujících na ověření vybraných metod a postupů, které mají zefektivnit proces sledování možných příčin a průběhů požáru v rámci ZPP.

V souladu s harmonogramem projektu (viz příloha 1) je řešení WP3 plánováno v období 06.2021 až 08.2024.

WP 3 zahrnuje celkem realizaci pěti typů experimentů:

- WP 3-1 Ověření vybraných charakteristických účinků a stop požáru při různých variantách iniciace a rozvoje požáru (06.2021 až 06.2022);
- WP 3-2 Vliv akceleračních hoření na účinky a stopy požáru v uzavřeném objektu (09.2021 až 09.2022),
- WP 3-3 Měření hloubky kalcinace pro účely zjišťování příčin vzniku požáru (01.2023 až 11.2023),
- WP 3-4 Experimentální měření vlivu ventilace pro tvorbu ohniskových stop (03.2023 až 12.2023)
- WP 3-5 Ověření vybraných metod vyhodnocení poloh míst zkratu (arc mapping) v rámci místa požáru (09.2023 až 08.2024).

Celkový harmonogram WP 3 je uveden v následující tabulce:

AKTIVITA	2021												2022												2023												2024													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
WP3-1																																																		
WP3-2																																																		
WP3-3																																																		
WP3-4																																																		
WP3-5																																																		

WP3

V souladu s harmonogramem bylo řešení WP 3 zahájeno v 06.2021. V roce 2021 proběhl výběr vhodného prostoru (resp. vhodných prostorů) pro provedení velkorozměrových experimentů.

Bylo stanoveno, že pro dokumentaci průběhu velkorozměrových experimentů budou sledovány zejména následující parametry prostředí:

- teplotní pole v prostoru,
- teplota na konstrukcích,
- hustota tepelného toku,
- alternativně koncentrace plynů: O₂, CO₂ a CO.

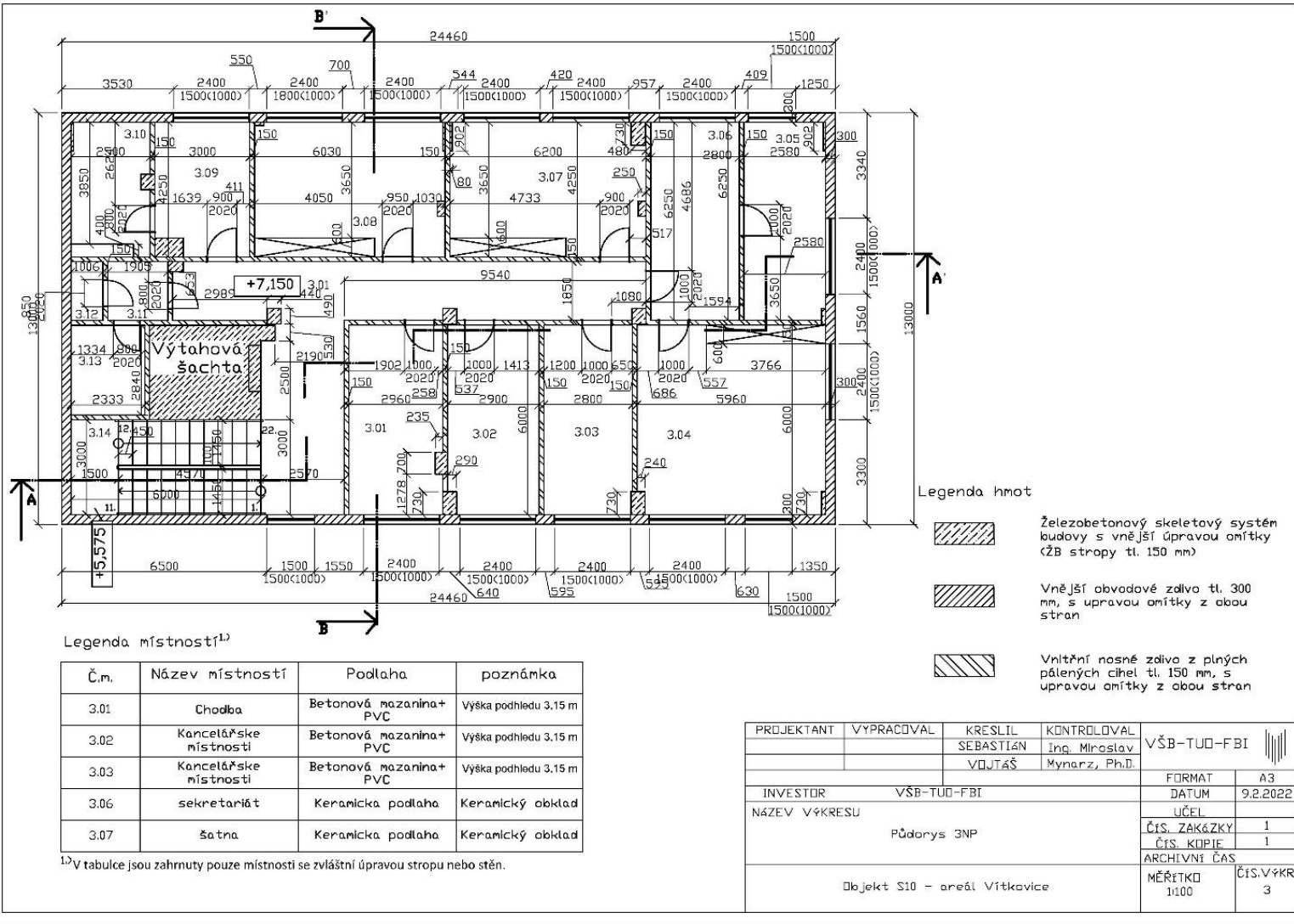
V roce 2021 probíhala příprava pro první velkorozměrové experimenty, které budou v souladu s harmonogramem zahájeny v roce 2022.

Pro realizaci velkorozměrových experimentů WP3 byl vybrán třípodlažní objekt S10 v areálu Vítkovic. V budově je několik odpovídajících prostorů o velikosti cca 4 m x 4 m až 4 m x 5 m. Prostor pro experiment bude podle potřeby upravený (zmenšený) příčkou ze SDK.

Byl naplánován a realizován nákup materiálu pro zajištění měření parametrů při experimentech a nakoupený materiál byl upravován pro potřeby provedení experimentů (sváření termočlánků z TC drátu, montáž odpovídajících konektorů na vedení, kontrola parametrů pomocí kalibračních pícek, elektrického sálavého panelu a kalibrátoru apod.).

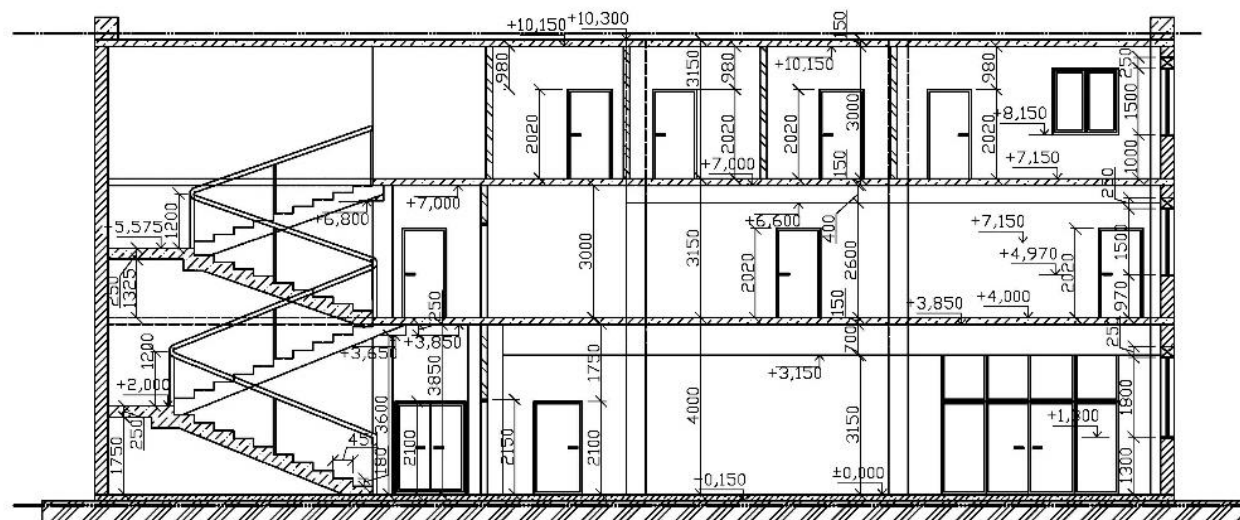
Pro zkoušky v roce 2022 byly vybrány dva prakticky shodné prostory ve 3.NP objektu, konkrétně místnosti 307 a 308 – viz Obr. WP3-1 Obr. WP3-1 Půdorys 3NP ve zkušebním objektu. Vzhledem k pořadí zkoušek je dále místnost 307 označována také jako M2, místnost 308 také jako M1.

Řezy AA' a BB' zkušebním objektem jsou na následujících Obr. WP3-2 a Obr. WP3-3.



Obr. WP3-1 Půdorys 3NP ve zkušebním objektu

Rez A-A'



Legenda hmot



Železobetonový skeletový systém
budovy s vnější úpravou omítky
(ŽB stropy tl. 150 mm)



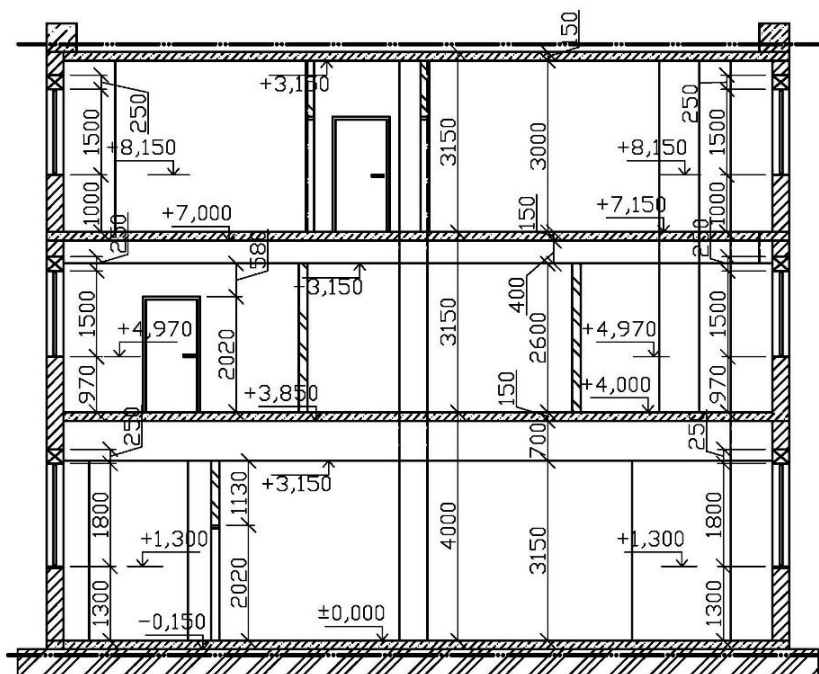
Vnější obvodové zdivo tl. 300
mm, s úpravou omítky z obou
stran



Vnitřní nosné zdivo z plných
pálených cihel tl. 150 mm, s
úpravou omítky z obou stran

PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KRESLIL	KONTROLOVAL	VŠB-TUO-FBI	
		SEBASTIÁN	Ing. Miroslav		
		VODTAŠ	Mlynarz, Ph.D.		
INVESTOR				FORMAT	A3
VŠB-TUO-FBI				DATUM	9.2.2022
NÁZEV VÝKRESU				ÚČEL	
Rez budovy A-A'				ČÍS. ZAKÁZKY	1
				ČÍS. KOPIE	1
				ARCHIVNÍ ČÍS.	
Objekt S10 - areál Vítkovice				MĚŘITKO	ČÍS. VÝKR.
				1:100	4

Obr. WP3-2 Řez A-A' zkušebním objektem

Rez B-B'

Legenda hmot


Železobetonový skeletový systém
budovy s vnější úpravou omítky
(ŽB stropy tl. 150 mm)



Vnější obvodové zdívo tl. 300
mm, s úpravou omítky z obou
stran

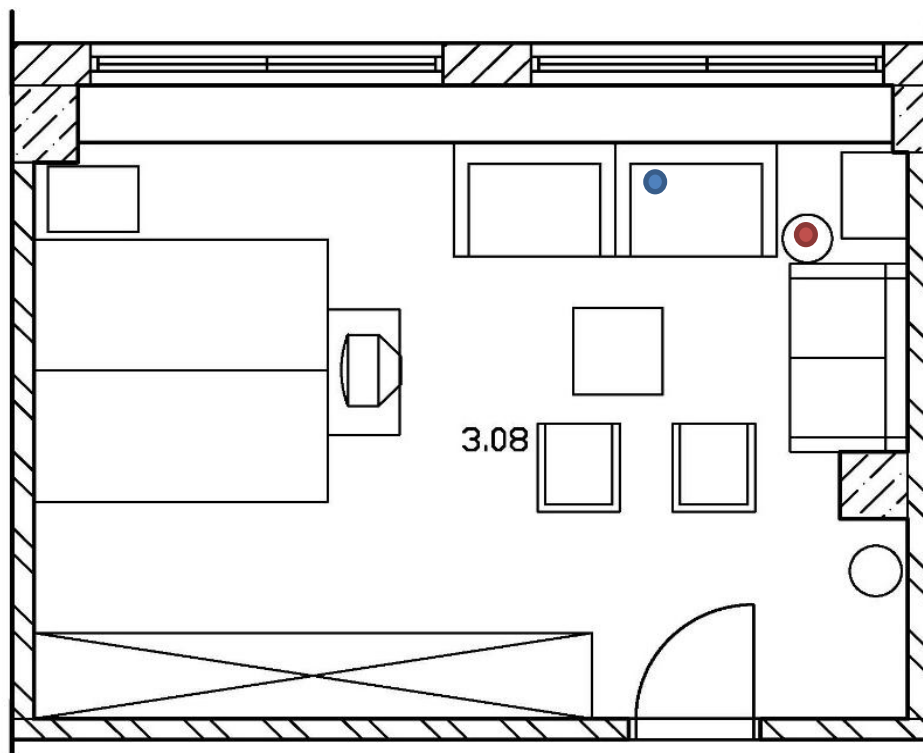


Vnitřní nosné zdívo z plných
pálených cihel tl. 150 mm, s
úpravou omítky z obou stran

PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KRESLIL	KONTROLOVAL	VŠB-TUO-FBI	
		SEBASTIÁN	Ing. Miroslav		
		VOJTÁŠ	Mynarz, Ph.D.		
				FORMAT	A4
INVESTOR VŠB-TUO-FBI				DATUM	9.2.2022
NÁZEV VÝKRESU				UČEL	
				Čís. ZAKÁZKY	1
				Čís. KOPIE	1
				ARCHIVNÍ ČAS	
				MĚŘÍTKO	Čís. VÝKR.
				1:100	5

Objekt S10 – areál Vítkovice
Obr. WP3-3 Řez B-B' zkušebním objektem

Vybrané, prakticky shodné místnosti 307 (M2) a 308 (M1) ve 3.NP zkušebního objektu byly vybaveny tak, aby se jejich vnitřní vybavení blížilo hotelovému pokoji (dvě postele s matracemi, čalouněný sedací nábytek, konferenční stůl, noční stůl, skříňka na ložní prádlo, malý TV přijímač, záclony, odpadkové koše. Rozmístění nábytku v místnostech M1 a M2 bylo stejné, viz Obr. WP3-4.

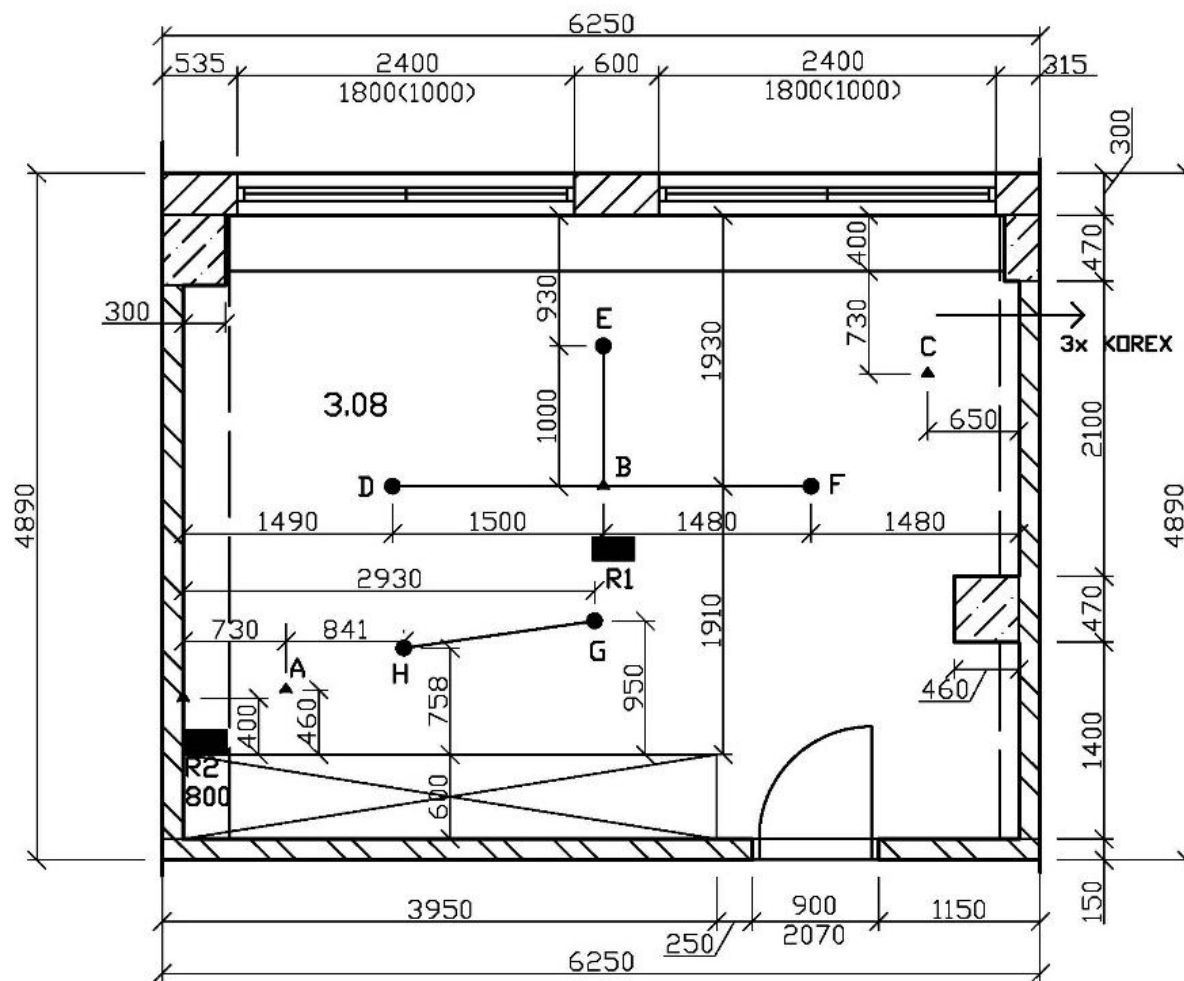


Obr. WP3-4 Rozmístění nábytku

Vzorky materiálů a zařizovacích předmětů (nábytku) byly předány WP2 pro stanovení jejich PTCh a to i pro potřeby matematických modelů v rámci WP4.

Pro měření teplotního pole v místnostech byly v každé místnosti umístěny tři sloupce termočlánků (TC) umístěných na nosných, svisle umístěných řetězech označených A, B a C. V každém sloupci byly TC v 15 výškových úrovních po 200 mm. V horních pěti úrovních bylo použito plášťových izolovaných TC typu K o průměru 1,5 mm, v nižších úrovních potom svařovaných TC typu K o průměru 0,5 mm. V páté výškové úrovni shora byly pro srovnání použity TC obou provedení (plášťový i svařovaný). V každém prostoru byly další 4 plášťové TC označené D, E, F a G umístěny na stropě a dva TC nad místem iniciace. Ve středu jedné okenní tabule (u druhého okna zprava) v každém prostoru byl nalepen na vnitřní sklo jeden svařovaný TC. Pro měření hustoty tepelného toku byl v každém prostoru umístěn jeden radiometr na podlaze ve středu místnosti (R1), další radiometr (R2) ve stěně a třetí radiometr (R3) v protější stěně chodby proti vstupním dveřím do příslušné místnosti. Pro stanovení koncentrace kyslíku, CO a CO₂ byla v blízkosti radiometru R2 zřízena dvě odběrová místa (ve výšce od podlahy 800 mm a 1600 mm) pro analyzátory zplodin hoření TESTO.

Rozmístění TC a radiometrů v místnosti M1 (308) je na Obr. WP3-5 a v místnosti M2 (307) na Obr. WP3-6.



Legenda značek

▲ Profil termočlánku

● Termočlánek

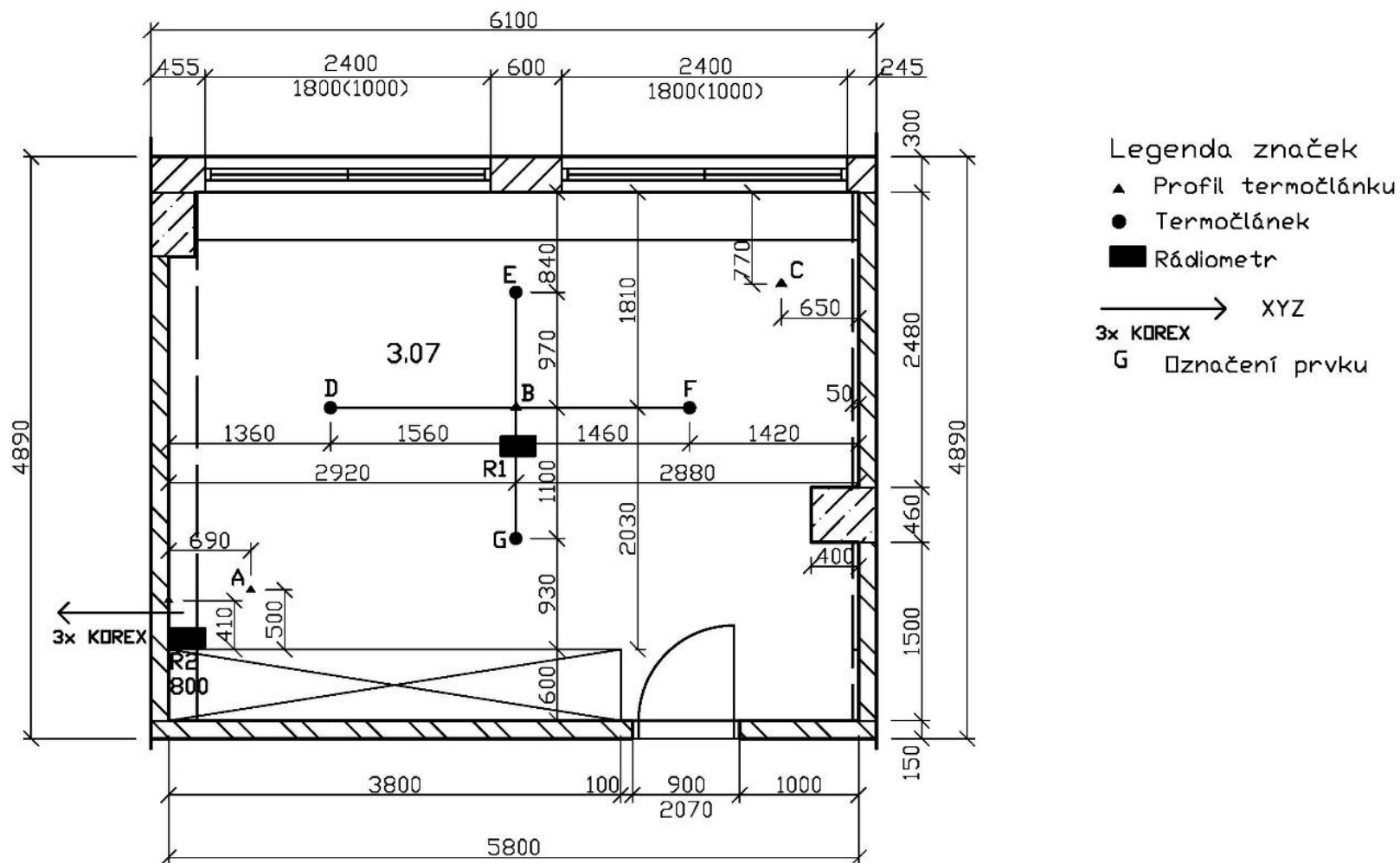
■ Radiometr

→ XYZ

3x KOREX

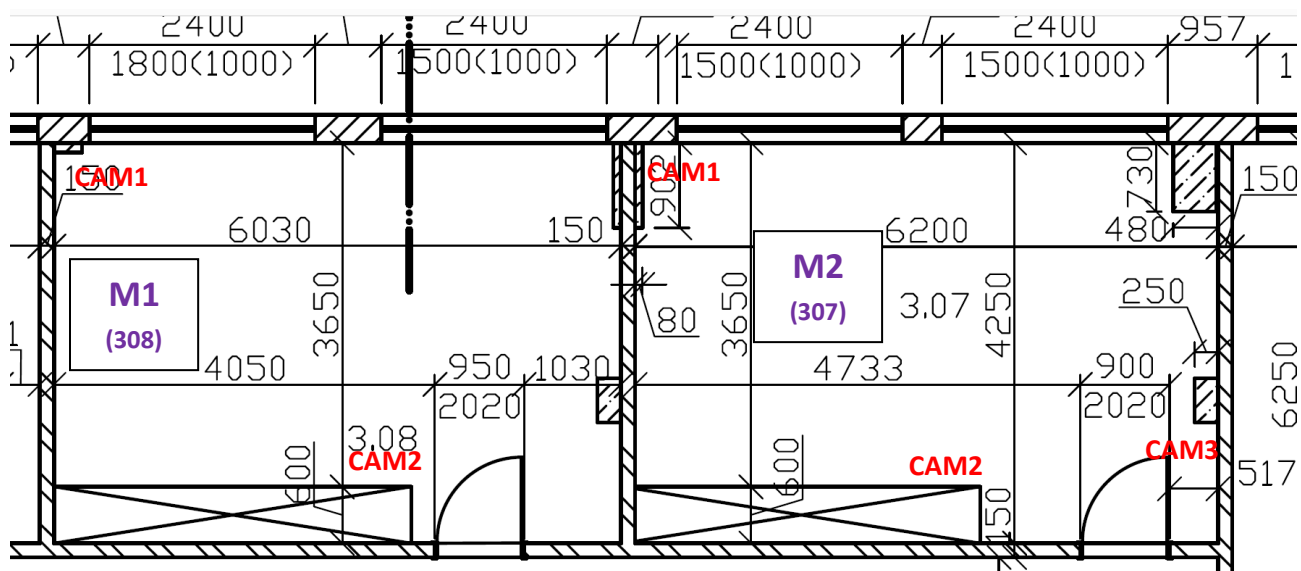
G Označení prvku

Obr. WP3-5 Rozmístění TC a radiometrů v místnosti M1 (308)



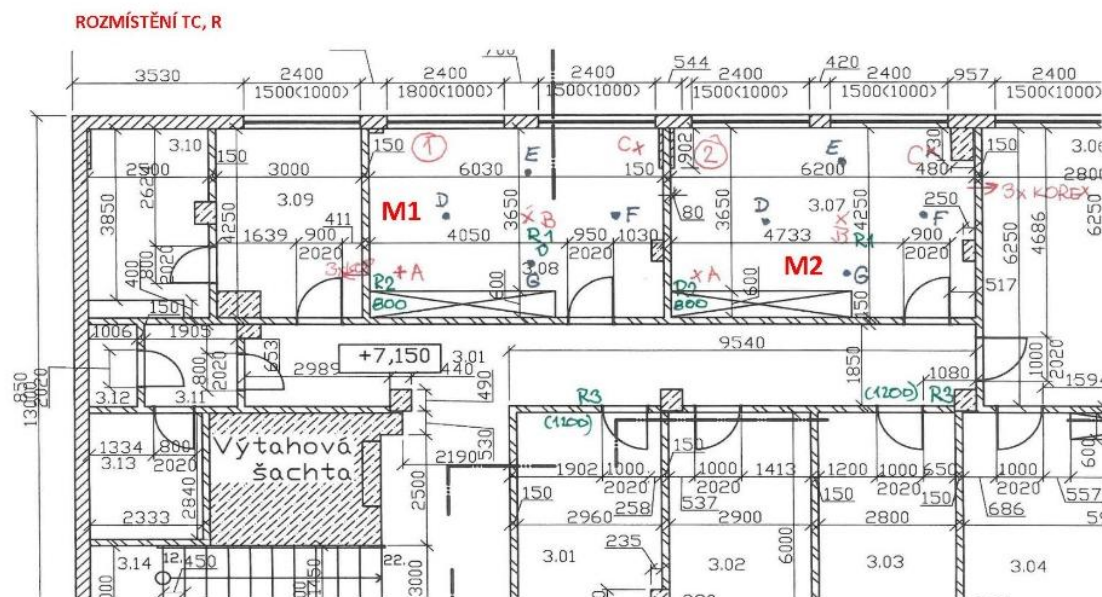
Obr. WP3-6 Rozmístění TC a radiometrů v místnosti M2 (307)

V obou místnostech byly v průběhu zkoušky uvnitř tři videokamery (ve vodním chlazení), další videokamery byly vně místností (v chodbě), z venku budovy a záznam byl pořizován i z dronu. Rozmístění vnitřních kamer je na Obr. WP3-7.



Obr. WP3-7 Rozmístění kamer ve zkušebních místnostech M1 a M2

Náčrtek rozmístění jednotlivých měřicích míst v místnostech M1 a M2 je na Obr. WP3-8.



ZNAČENÍ TC

ŘETĚZ	xYzzV	x	číslo místnosti (1=M1=308, 2=M2=307)
		Y	poloha řetězu (A, B nebo C)
		zz	výšková poloha na řetězu, číslováno shora po 200 mm, horní TC (zz=01) je 20 mm od stropu
		V	typ TC (P=plášťový, S=svařovaný)
STROP	xYz	x	číslo místnosti (1=M1=308, 2=M2=307)
		Y	poloha na stropě (viz půdorys) D, E, F nebo G
		z	P ... použit plášťový termočlánek
RADIOMETR	xRy	x	číslo místnosti (1=M1=308, 2=M2=307)
		y	pořadové číslo radiometru v místnosti

PŘÍKLAD UMÍSTĚNÍ TC

TC	VÝŠKA [mm]
1A01P	2980
1A02P	2780
1A03P	2580
1A04P	2380
1A05P	2180
1A05S	2180
1A06S	1980
1A07S	1780
1A08S	1580
1A09S	1380
1A10S	1180
1A11S	980
1A12S	780
1A13S	580
1A14S	380
1A15S	180

UMÍSTĚNÍ RADIOMETRŮ

R1	NA PODLAŽE
R2	STĚNA, h=800 mm
R3	PŘES CHODBU PROTI DVEŘÍM, h=1200 mm

Obr. WP3-8 Náčrtek rozmístění měřicích míst v místnostech M1 a M2

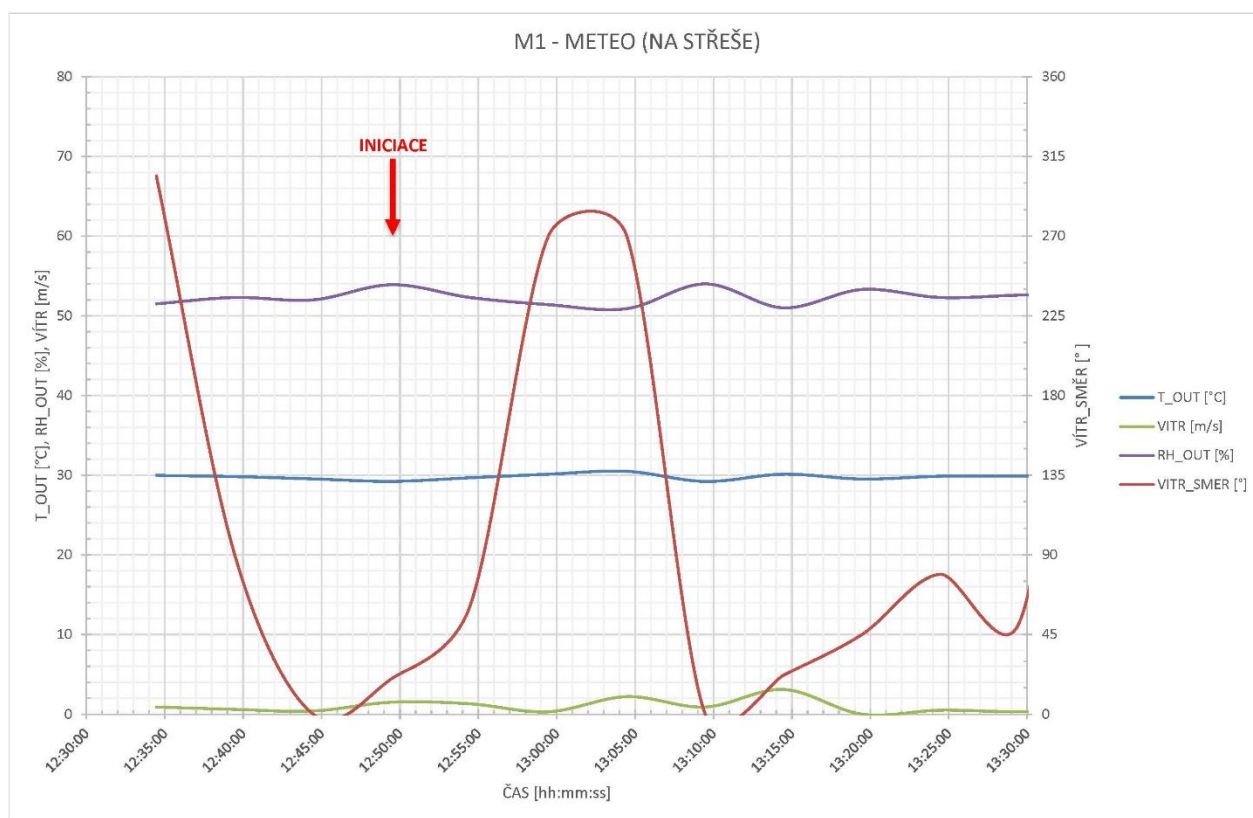
Každá místnost byla před provedením zkoušky a po zkoušce nasnímana systémem SpheronVR pro software SceneCase a 3D laserovým skenerem. Po zkoušce byly pořízeny termosnímký stěn a stropů místností. Po provedení zkoušek odebraly pracovnice Chemické laboratoře HZS MSK (Frenštát pod Radhoštěm) vzorky ovzduší k analýze (obecné analýze a analýze zaměřené na výskyt HCN). Laboratorní protokol je uveden v Příloze A části WP3. Vždy po zkoušce bylo provedeno ohledání prostoru pracovníky ZPP (v rámci WP1).

Meteosituace (smě a síla větru, teplota a vlhkost vzduchu) byla zaznamenávána meteostanicí na střeše objektu. Zaznamenávána byla i teplota a vlhkost vzduchu v sousední místnosti, než ve které probíhal experiment, tj. v místnosti 309 při zkoušce M1 a místnosti 306 při zkoušce M2.

Vlastní zkoušky proběhly ve dnech 29. 6. 2022 – místnost M1 (308) a 30. 6. 2022 – místnost M2 (307).

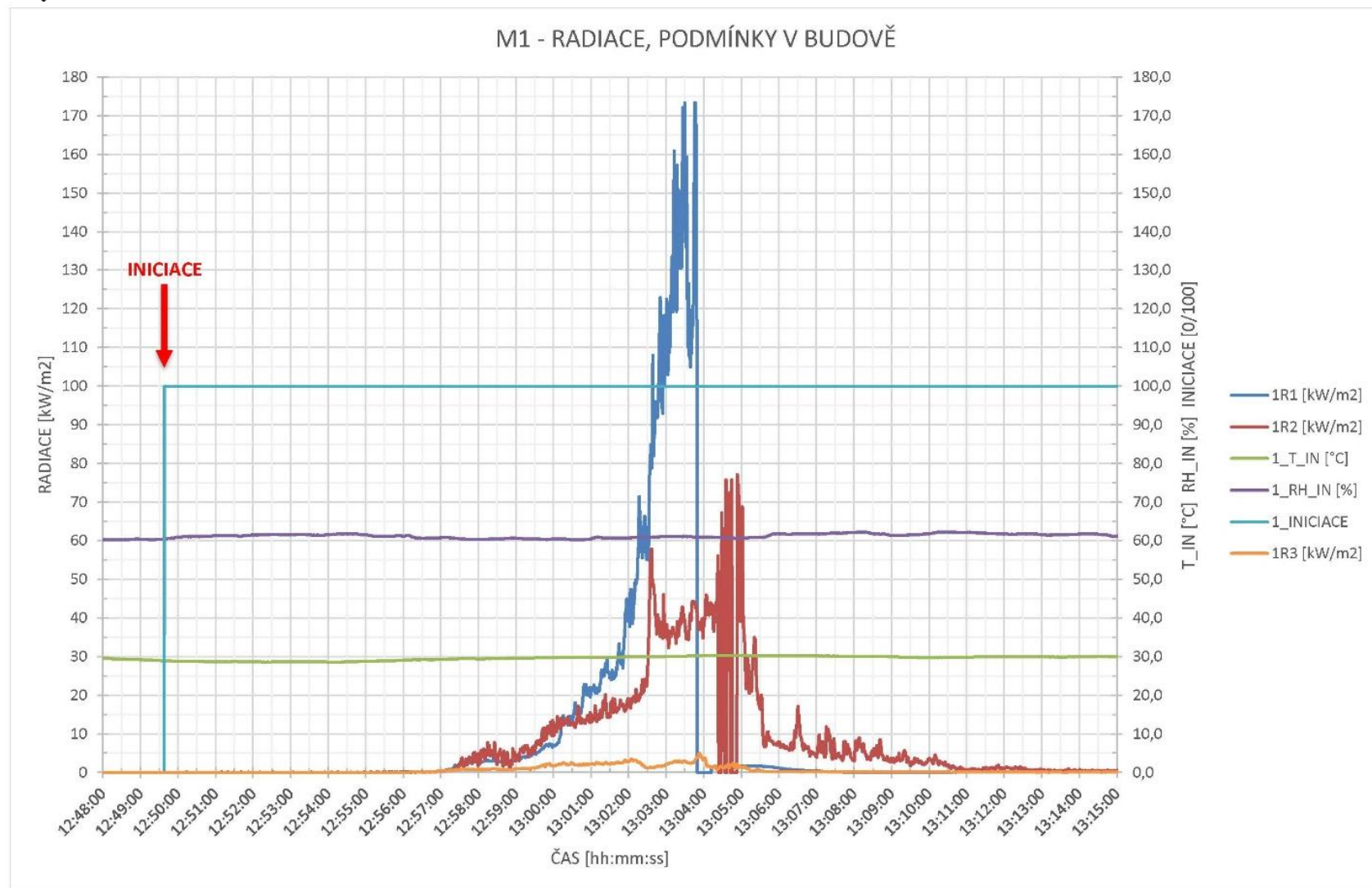
Požár ve zkušební místnosti M1 (308) byl iniciován zapálením tablety pevného lihu v plastovém odpadkovém koši vedle čalouněné sedačky u okna (označeno červeným kroužkem na Obr. WP3-4).

Meteosituace v době zkoušky je v grafu na Obr. WP3-9.



Obr. WP3-9 Meteosituace při zkoušce M1

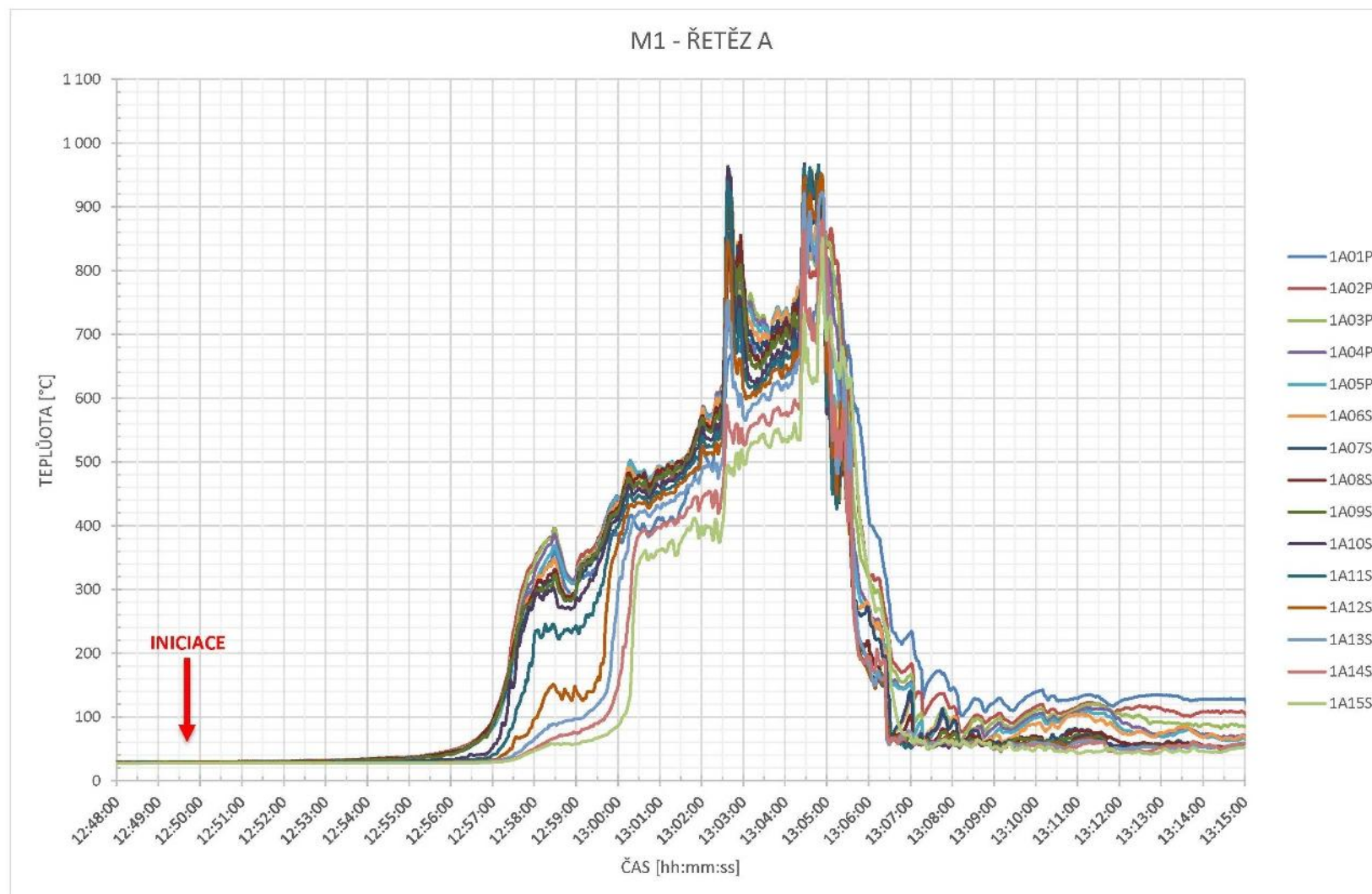
Průběh hustot tepelného toku R1 až R3 je v grafu na Obr. WP3-10. Při zkoušce došlo ke zničení radiometrů R1 a R2 pádem konstrukcí a krytů osvětlovacích těles při požáru. Ve stejném grafu je teplota a vlhkost vzduchu v sousední místnosti 309.



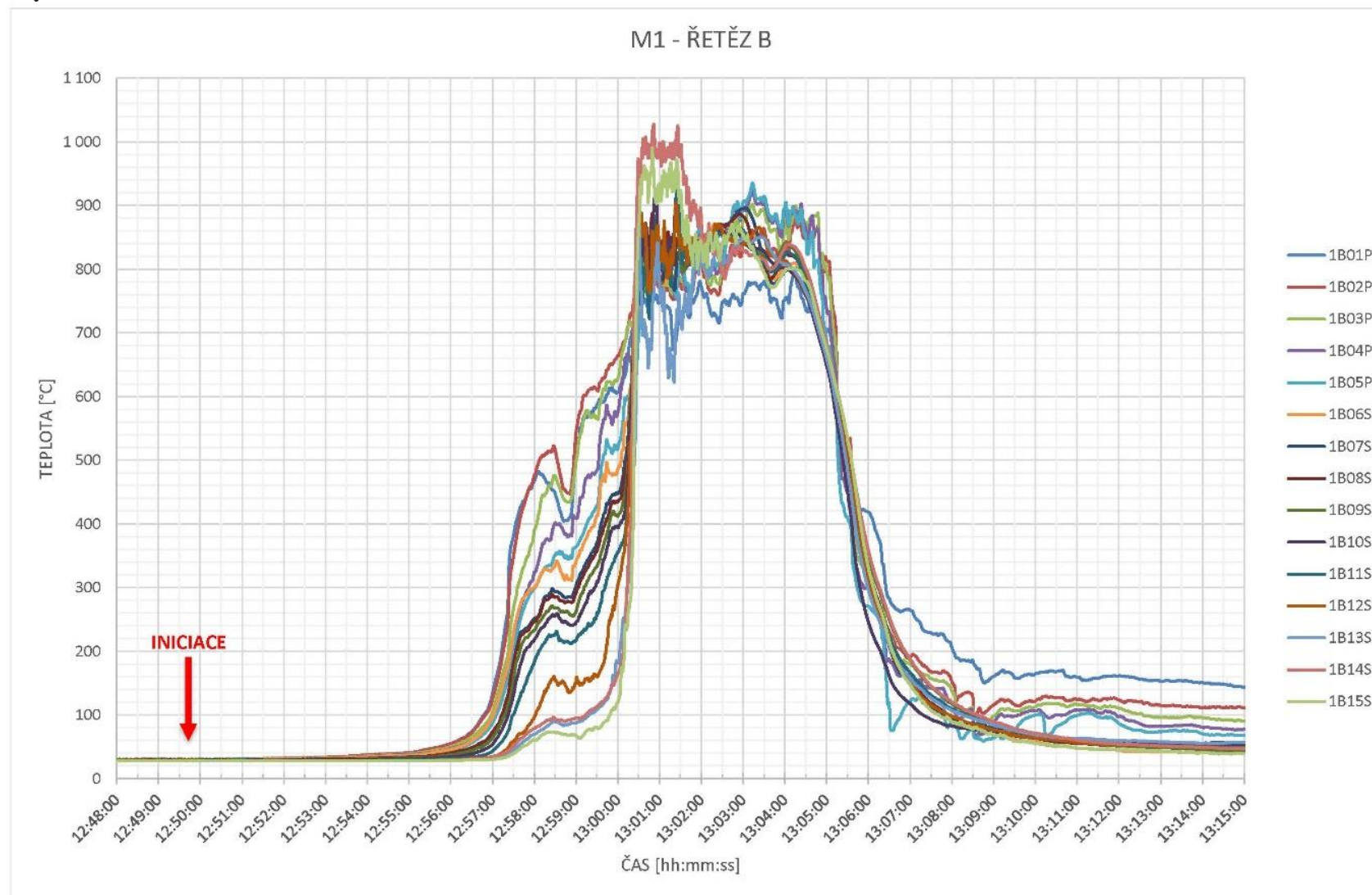
Obr. WP3-10 Hustota tepelného toku R1 až R3 při zkoušce M1

Průběh teplot v jednotlivých sloupcích termočlánků je na následujících Obr. WP3-11, Obr. WP3-12 a Obr. WP3-13. Sloupec C je nejbližší k ohnisku požáru. Pozice termočlánků ve sloupcích jsou číslovány shora, tj. TC u stropu je na pozici 01, TC u podlahy na pozici 15. Celkové označení pozice termočlánku, jak je uvedeno na obrázcích, zahrnuje číslo zkušební místnosti, sloupec termočlánků („řetěz“), výškovou pozici termočlánku ve sloupci a druh termočlánku (plášťový nebo svařovaný). Tedy označení např. 1A02P znamená termočlánek v místnosti M1 ve sloupci A, druhý od stropu (tj. ve výšce cca 2780 mm od podlahy – horní termočlánek je cca 20 mm od stropu, tedy druhý termočlánek shora je 220 mm od stropu atd.) a jedná se o plášťový termočlánek.

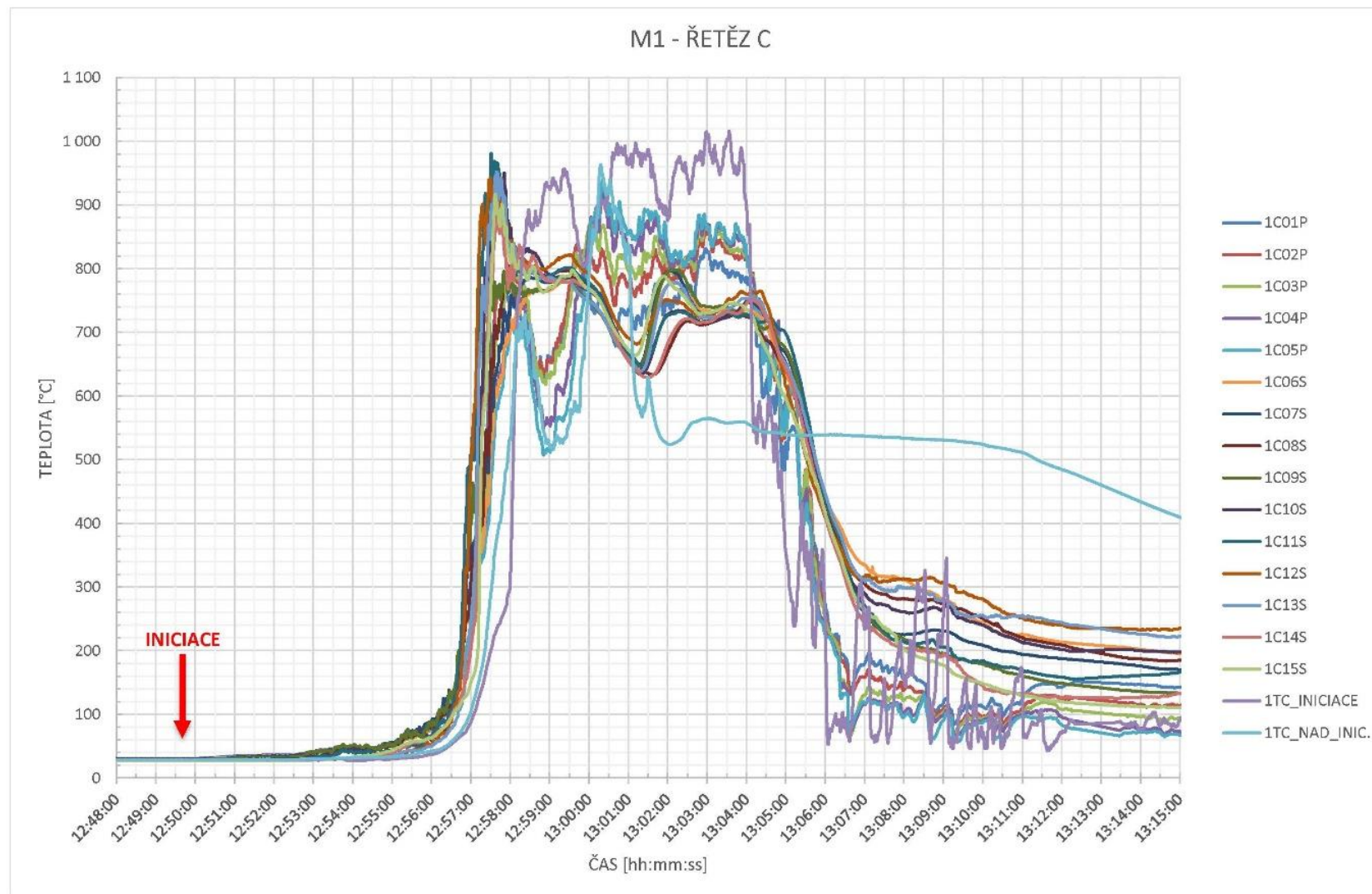
Teploty těsně u stropu byly měřeny ve čtyřech místech označených D, E, F a G plášťovými termočládky. Jejich průběh je v grafu na Obr. WP3-14.



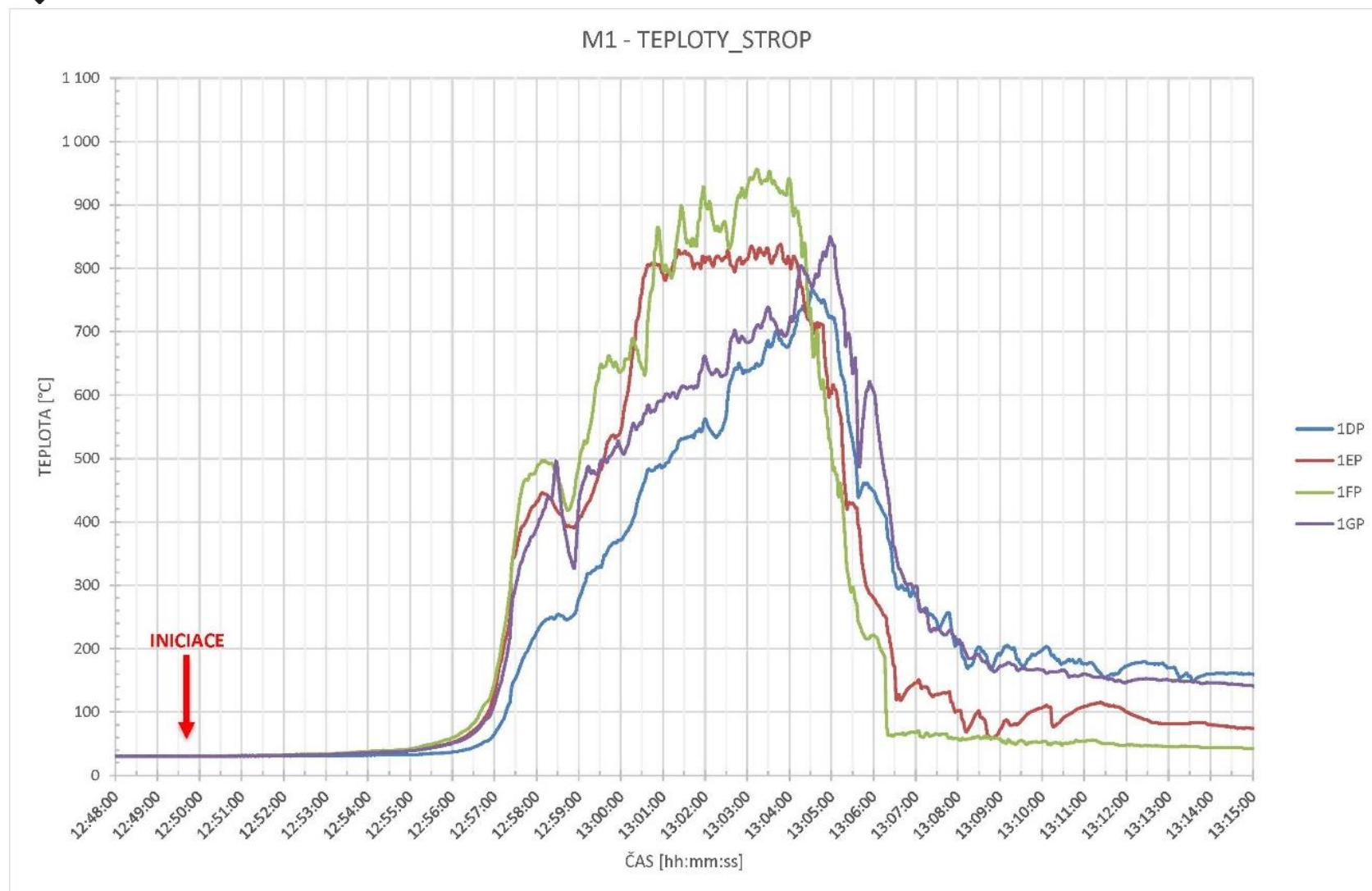
Obr. WP3-11 Průběh teplot u sloupce termočlánků A



Obr. WP3-12 Průběh teplot u sloupce termočlánků A

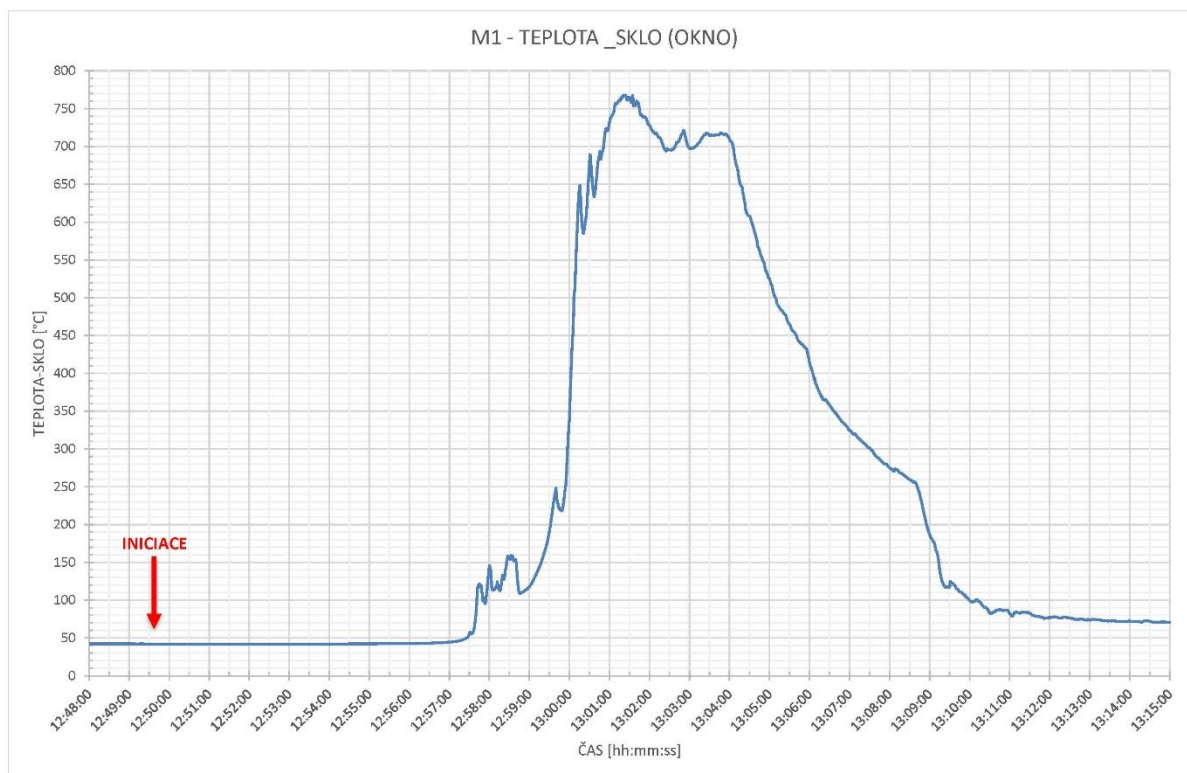


Obr. WP3-13 Průběh teplot u sloupce termočlánků C



Obr. WP3-14 Průběh teplot u stropu místnosti v bodech D, E, F a G

Teplota ve středu skla druhého okna zprava je v grafu na Obr. WP3-15. Je potřeba vzít v úvahu, že po destrukci skla měřil TC teplotu v místě, kde zůstal.



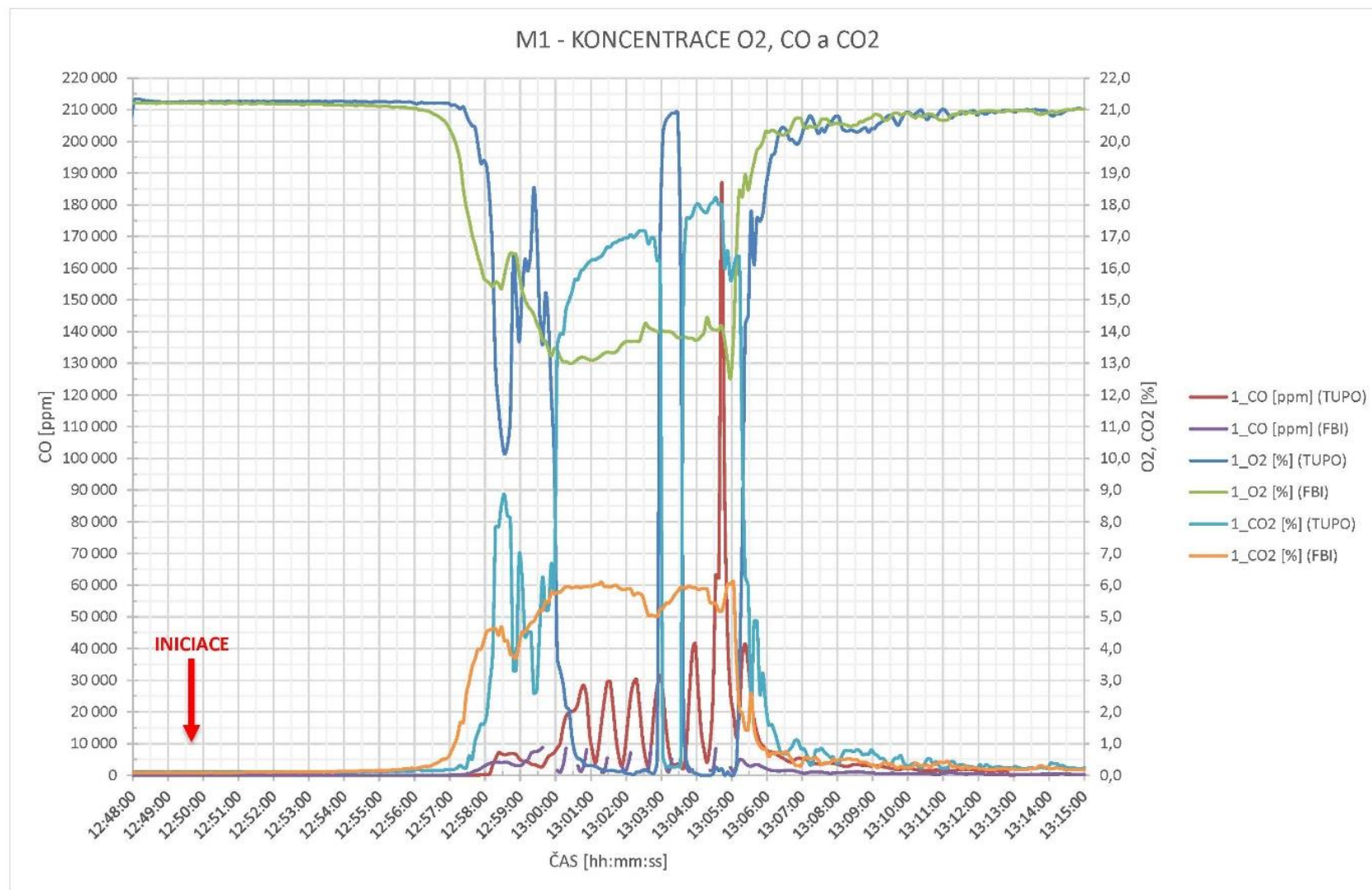
Obr. WP3-15 Teplota skla v okně

Pro stanovení koncentrace kyslíku, CO a CO₂ ve zkušebních místnostech bylo použito dvou analyzátorů zplodin hoření TESTO. Vzorky byly nasávány v blízkosti radiometru R2 ve výšce 800 mm od podlahy (průběhy koncentrací TUPO) a ve výšce 1600 mm od podlahy (průběhy koncentrací FBI). U koncentrací CO (FBI) se projevilo zahlcení senzoru, které způsobilo jen chvilková měření bez dosažení reálné hodnoty s následným výpadkem měření a poklesem koncentrace k nule. Nárůst koncentrace kyslíku u průběhu TUPO na 21 % v čase cca 13:03 byl způsoben výměnou filtru v analyzátoru, to způsobilo i pokles koncentrace CO₂ k nule. Průběhy koncentrací jsou uvedeny v grafech na Obr. WP3-16

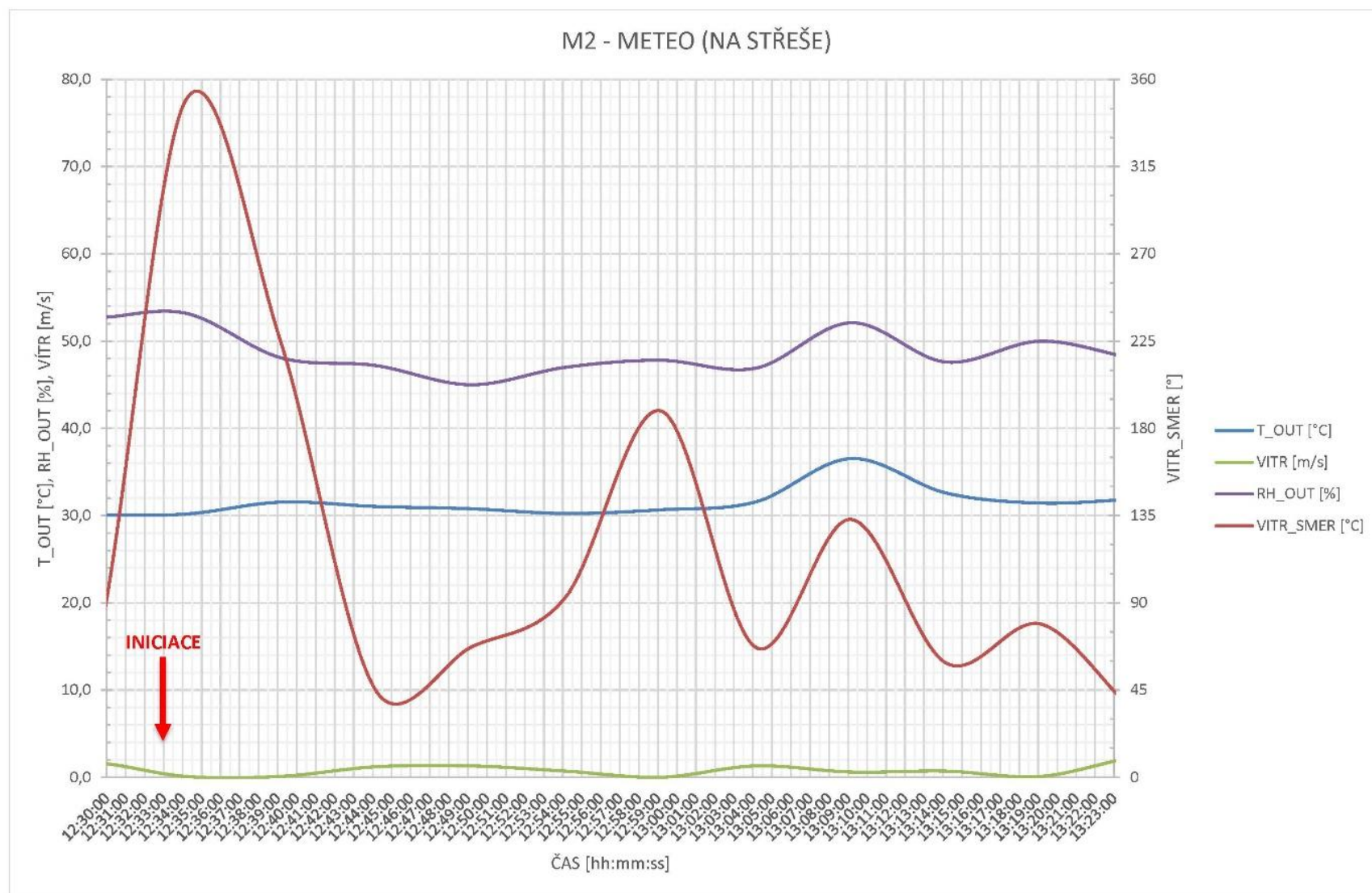
Zkouška v místnosti M2 (307) proběhla, jak již bylo uvedeno, 30. 6. 2022. Rozmístění vybavení i měřicích míst bylo obdobné jako v místnosti M1 a je uvedeno v předchozím popisu.

Iniciace požáru byla při této zkoušce přesunuta do zadního levého rohu sedáku pravého křesla (u okna) – na Obr. WP3-4 znázorněno modrým kolečkem. Pro iniciaci bylo opět použito tablety pevného lihu.

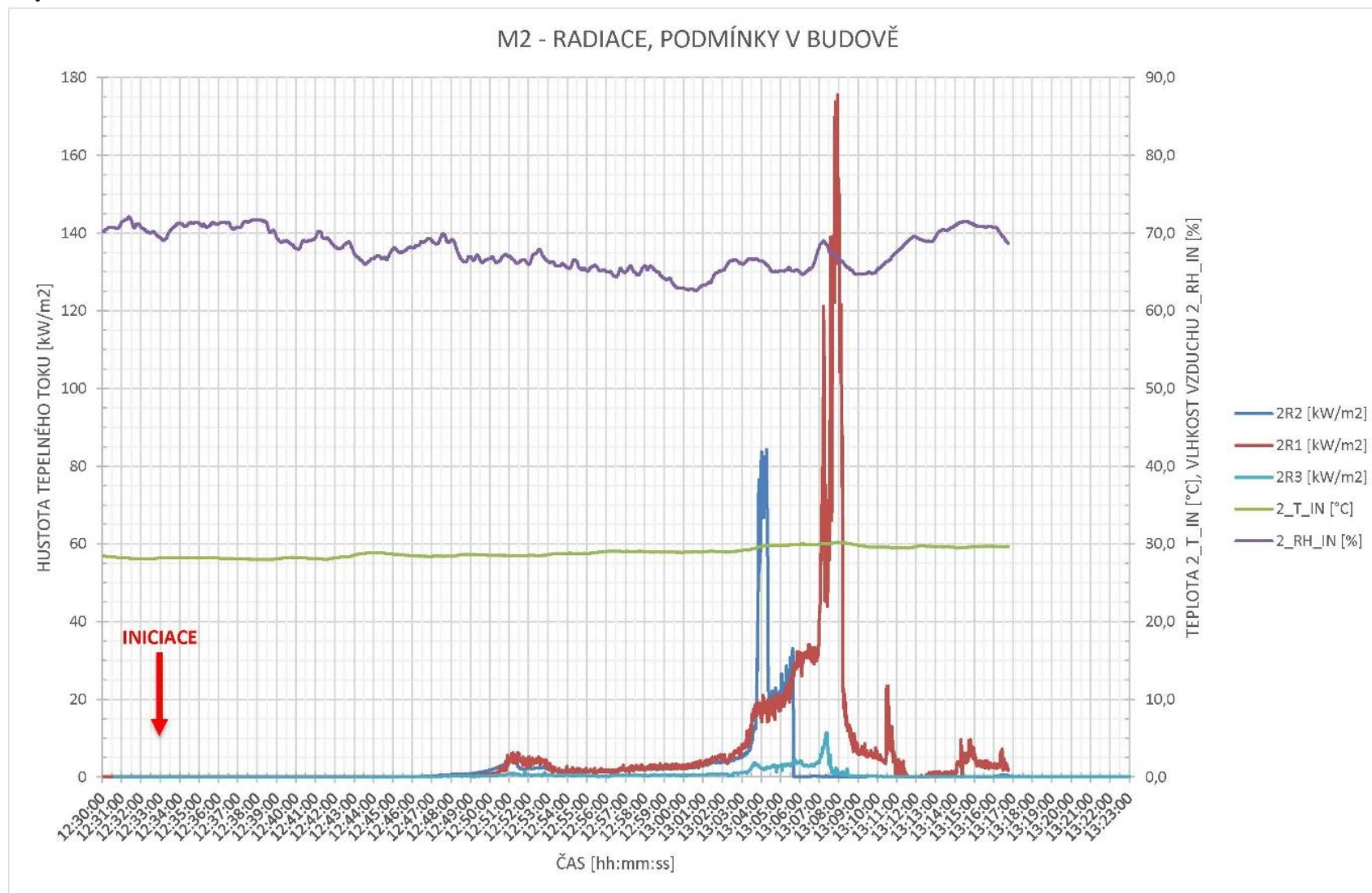
Vzhledem ke stejnému průběhu zkoušky jako u místnosti M1 jsou dále na následujících Obr. WP3-17 až Obr. WP3-24 uvedeny jen průběhy naměřených dat bez dalšího komentáře.



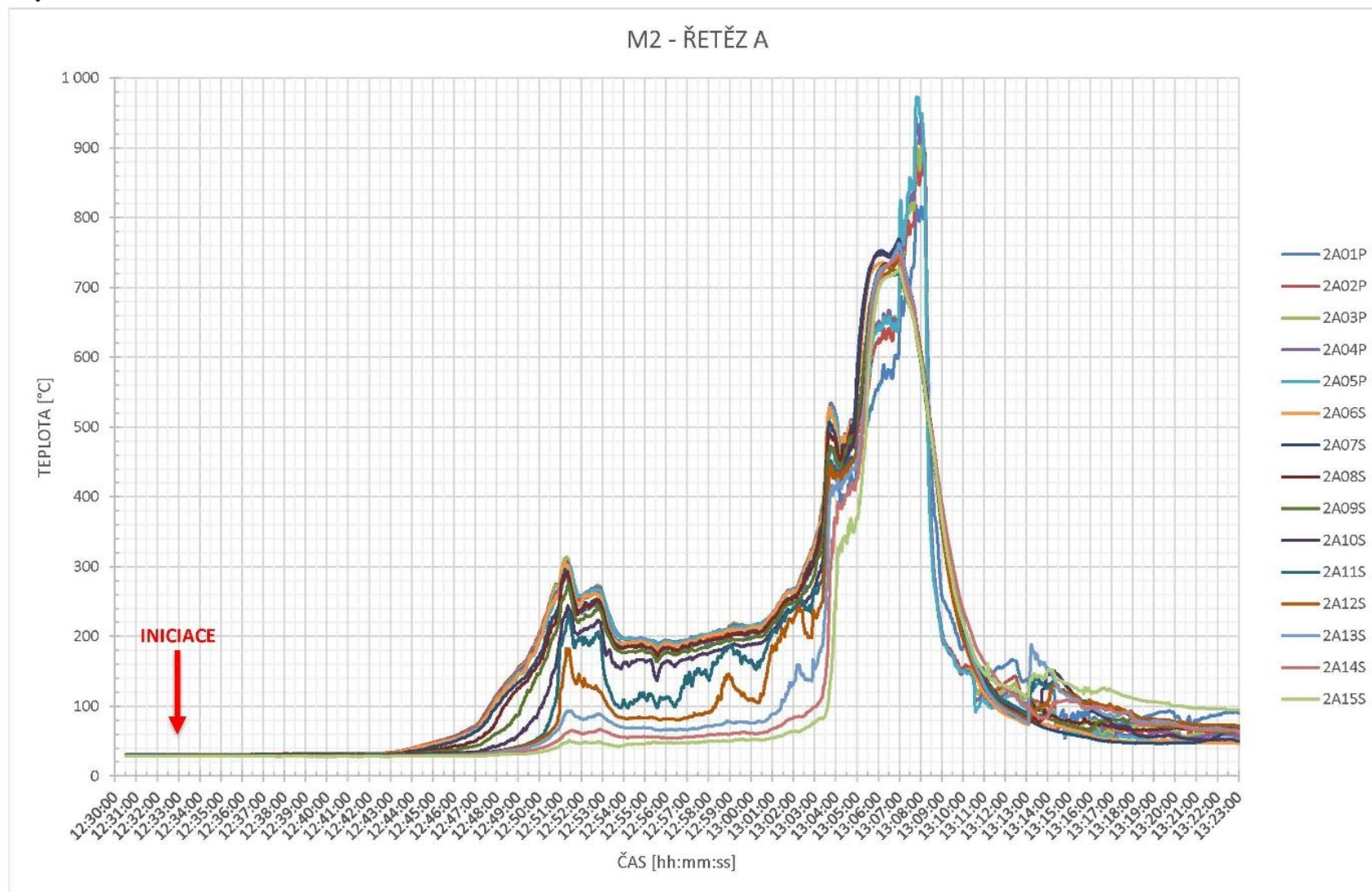
Obr. WP3-16 Koncentrace O₂, CO a CO₂



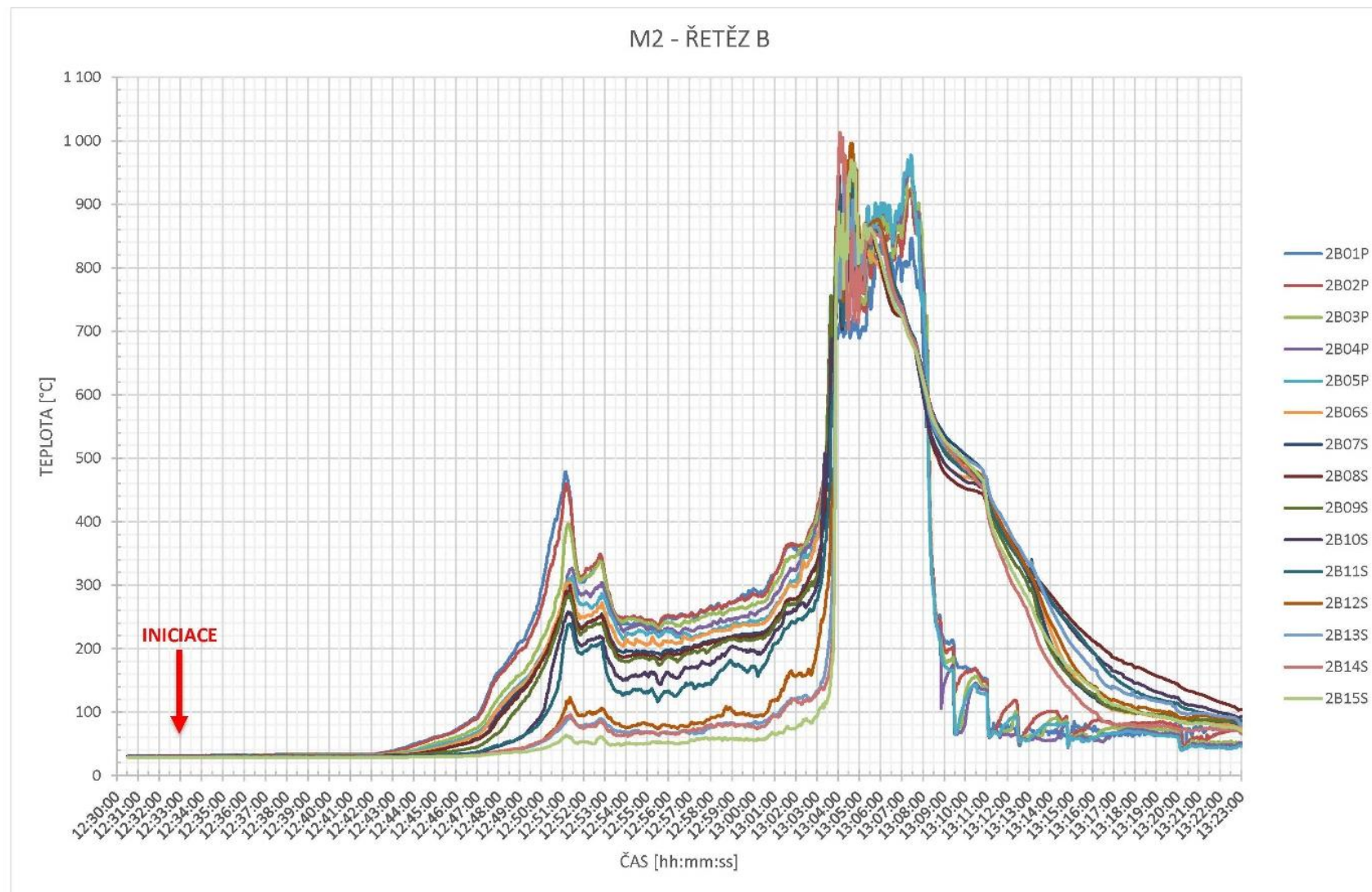
Obr. WP3-17 Meteositace při zkoušce M2



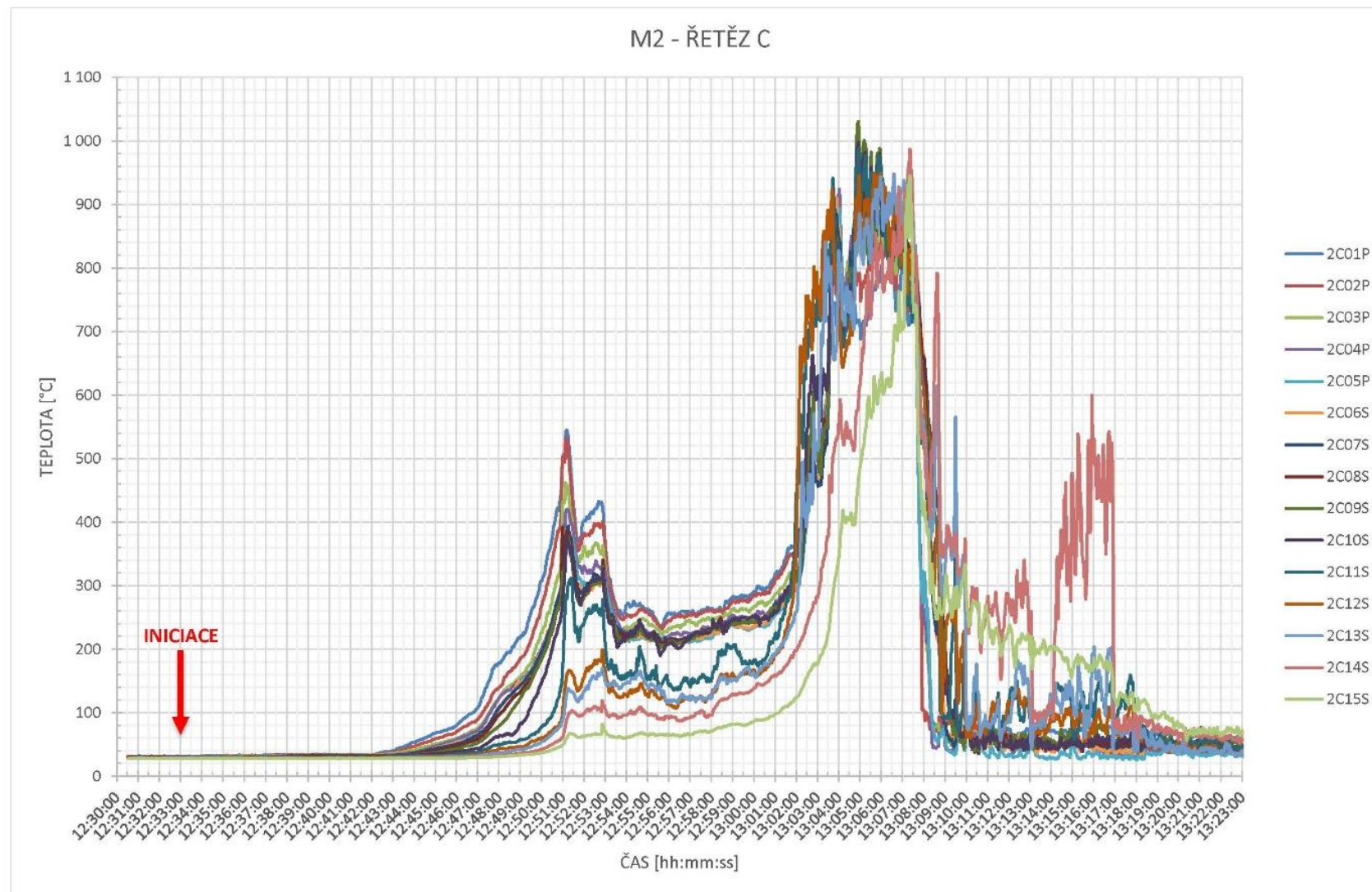
Obr. WP3-18 Hustota tepelného toku R1 až R3 při zkoušce M2



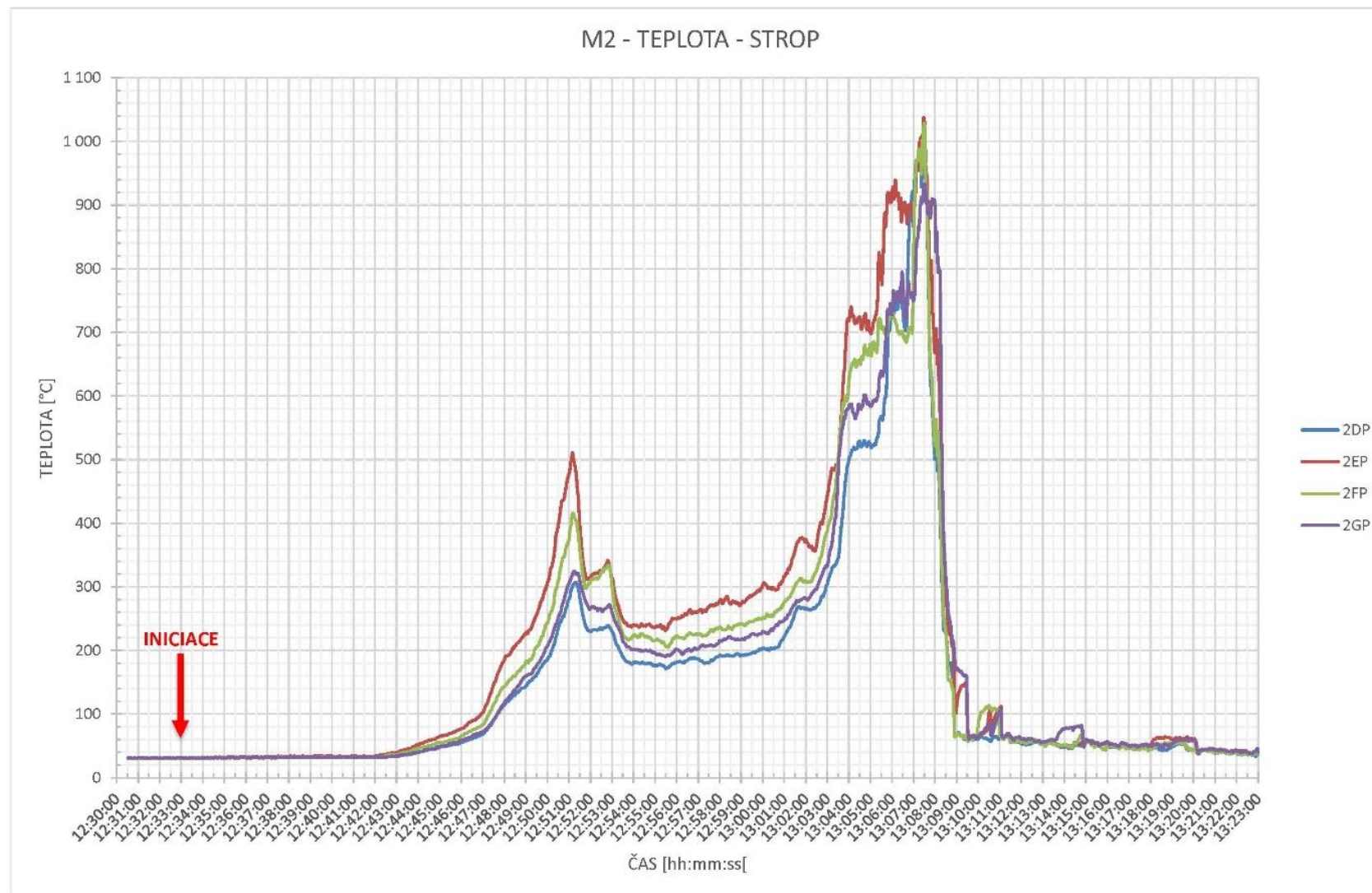
Obr. WP3-19 Průběh teplot u sloupce termočlánků A



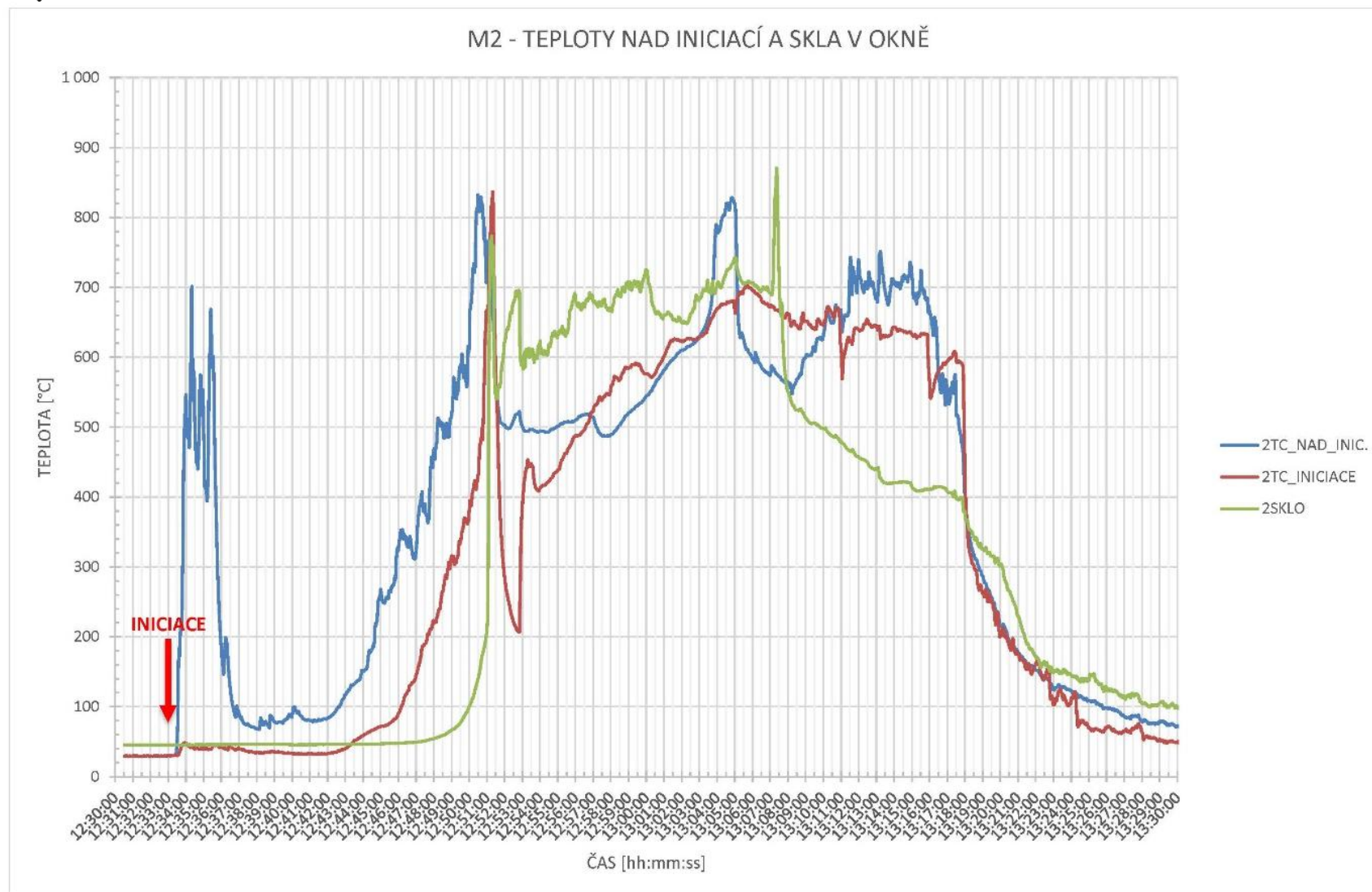
Obr. WP3-20 Průběh teplot u sloupce termočlánků B



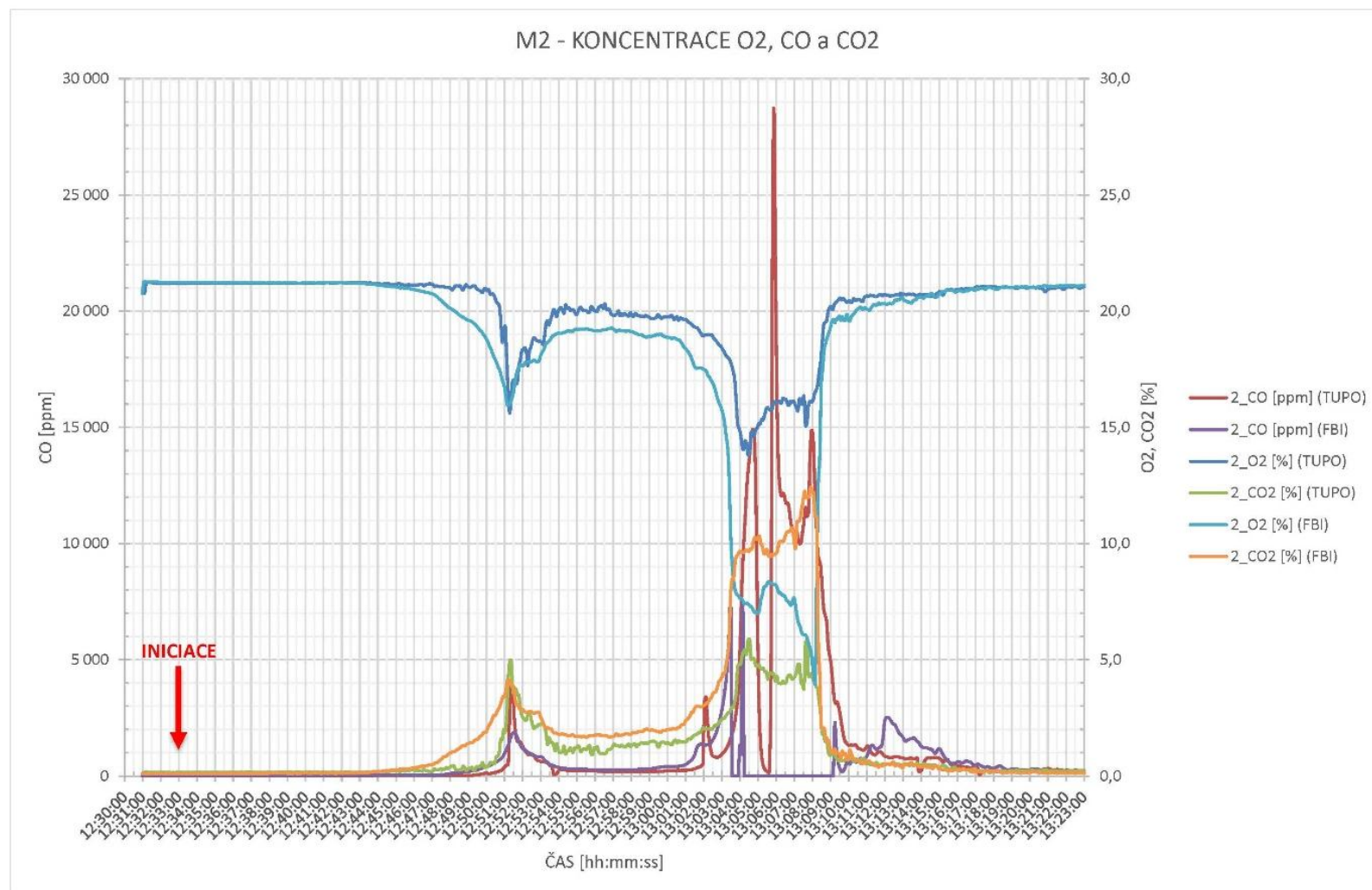
Obr. WP3-21 Průběh teplot u sloupce termočlánků C



Obr. WP3-22 Průběh teplot u stropu místnosti v bodech D, E, F a G



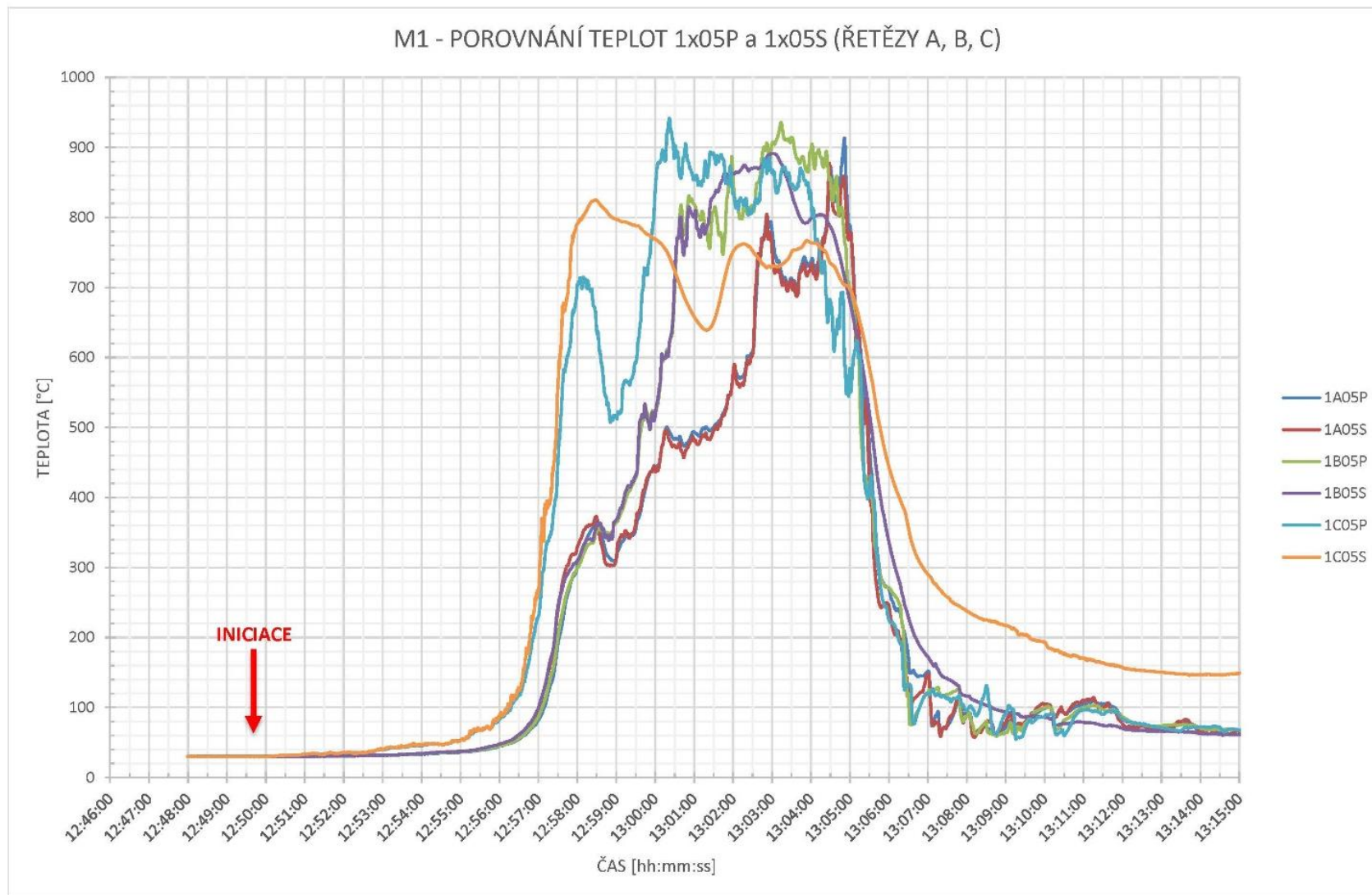
Obr. WP3-23 Teplota skla v okně a nad místem iniciace



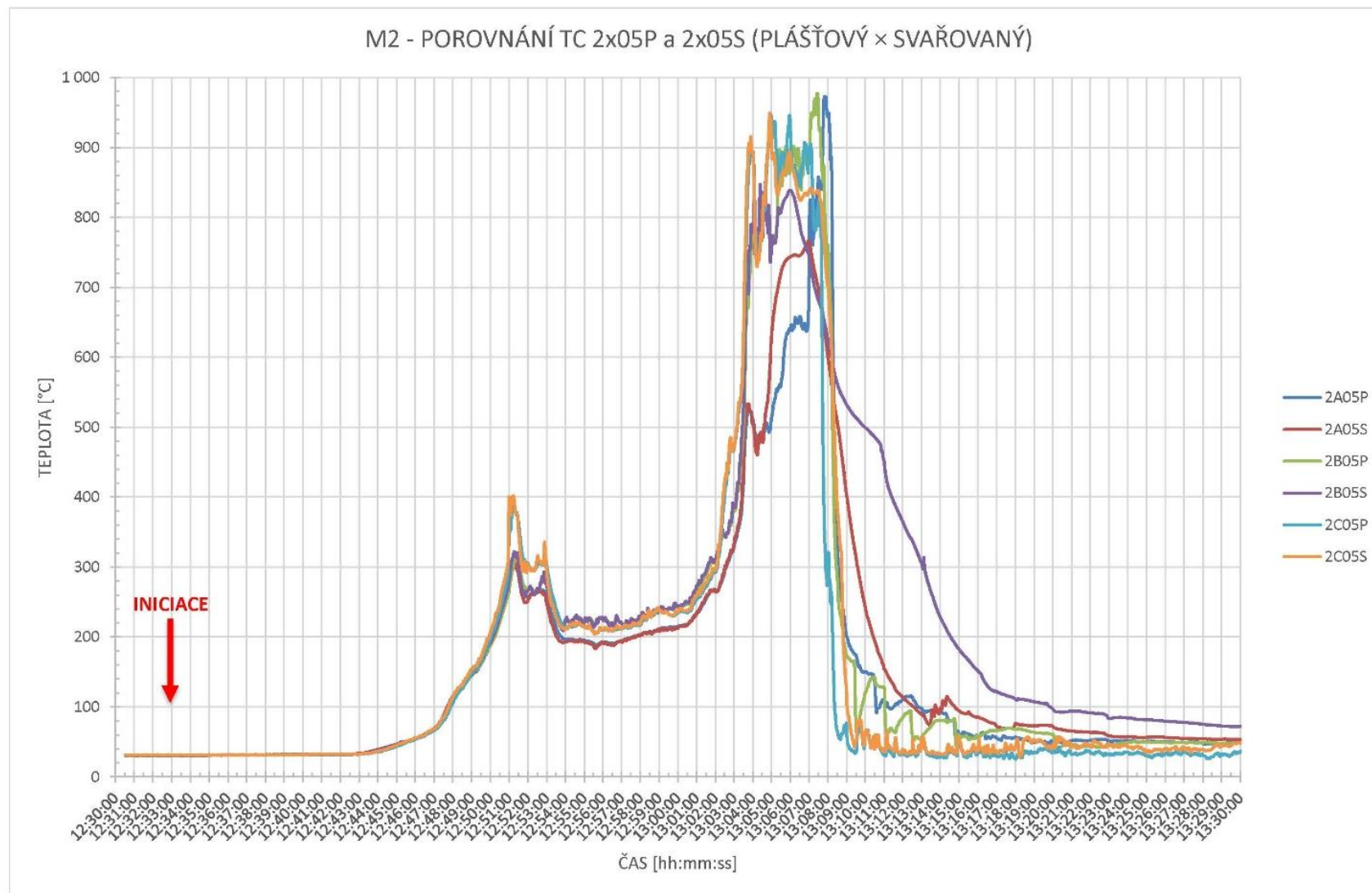
Obr. WP3-24 Koncentrace O₂, CO a CO₂

Pro informativní srovnání měření teplot pomocí plášťových a svařovaných termočlánků byly na všech sloupcích na výškové pozici 05 instalovány blízko sebe obě provedení termočlánků. Na Obr. WP3-25 jsou průběhy teplot změřených těmito termočlánky při experimentu v místnosti M1, na Obr. WP3-26 při experimentu v místnosti M2.

Významné rozdíly mezi teplotami změřenými plášťovými a svařovanými termočlánky zejména v místnosti M1 mohly být způsobeny zachycením části odhořívající záclony na TC resp. změnou jejich polohy vlivem pádu části plastových krytů osvětlovacích těles nebo zachycením tavících se částí plastových krytů u některých TC s jejich následným odhoříváním. Vzhledem k zakouření prostoru nebylo možné pro identifikaci příčiny použít videozáznamu z místností.



Obr. WP3-25 Porovnání naměřených teplot pláštovými a svařovanými termočlánky – místnost M1



Obr. WP3-26 Porovnání naměřených teplot plášťovými a svařovými termočlánky – místnost M2

Na základě získaných dat a zkušeností bylo rozhodnuto, zejména pro potřeby WP4, provést další dvě zkoušky ve stejných prostorech, kde na stěnách i stropu bude umístěna tepelná izolace a SDK desky (standardní). Okna budou plastová, částečně dvousklo, částečně třísklo. Systém měření při zkouškách bude obdobný jako při již provedených zkouškách, doplněno bude monitorování prasknutí skel v oknech.

2023

V roce 2023 pokračovaly velkorozměrové experimenty v rámci WP3 ve stejném objektu a prostorech jako v roce 2022. V roce 2023 proběhly celkem čtyři velkorozměrové experimenty, dva v dubnu 2023 (vlastní experimenty 19. a 20. 4. 2023) a dva v říjnu 2023 (vlastní experimenty 4. a 5. 10. 2023).

Pro experimenty v dubnu 2023 byly zkušební prostory standardním způsobem obloženy SDK, pod kterým byla tepelná izolace.

Hlavní cíle experimentů:

- porovnání průběhu požáru s předchozími experimenty (2022), kdy místnosti nebyly opatřeny SDK obkladem (vliv různého odvodu tepla zděnou konstrukcí a SDK s tepelnou izolací, data pro porovnání matematických modelů),
- porovnání počátečního rozvoje požáru při iniciaci bez a s použitím akceleraantu (izopropylalkohol),
- prvotní sledování kalcinace SDK,
- chování oken s dvousklem a třísklem při požáru,
- prvotní sledování zkratů na elektrickém rozvodu při požáru (arc mapping).

Pro každý prostor byly připraveny tři sloupce termočlánků (TC) umístěných na nosných, svisle umístěných řetězech. V každém sloupci byly TC v 15 výškových úrovních po 200 mm. V horních pěti úrovních bylo použito plášťových izolovaných TC typu K o průměru 1,5 mm, v nižších úrovních potom svařovaných TC typu K o průměru 0,5 mm. V každém prostoru byly další 4 plášťové TC umístěny na stropě a dva TC nad místem iniciace. Ve středu každé okenní tabule v každém prostoru byl nalepen na vnitřní i vnější sklo jeden svařovaný TC o průměru 0,2 mm. Pro sledování celistvosti okenní tabule byl na vnitřní sklo nalepen pásek Al fólie, jehož přerušení indikovalo prasknutí okenní tabule. Pro měření hustoty tepelného toku byl v každém prostoru umístěn jeden radiometr na podlaze ve středu místnosti, další radiometr ve stěně a třetí radiometr v protější stěně chodby proti vstupním dveřím do příslušné místnosti.

Pro sledování zkratů byly v SDK obkladu umístěny tři standardní elektrické zásuvky 230 V / 16 A, do kterých byly zapojeny prodlužovací šňůry. Zásuvky byly kabelem CYKY 3x 1,5 zapojeny na podružný rozvaděč s jističi B16A. Každá zásuvka byla zapojena na samostatný jistič. Protože objekt není připojen na elektrickou síť, byl podružný rozvaděč napojen na dvě paralelně zapojené elektrocentrály s automatickou elektronickou ochranou proti zkratu a přetížení.

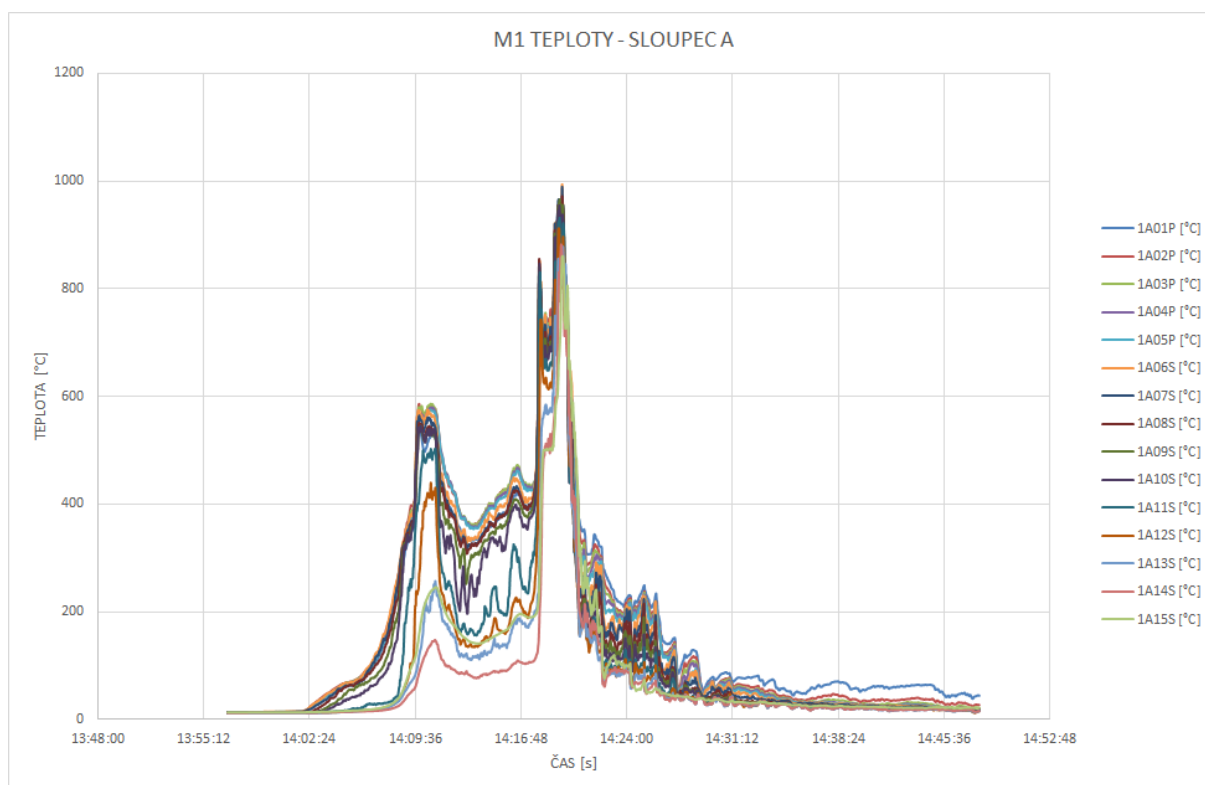
Pro stanovení koncentrace kyslíku, CO a CO₂ byla zřízena dvě odběrová místa (ve třech výškových úrovních) pro analyzátoři zplodin hoření TESTO. V obou místnostech byly v průběhu zkoušky uvnitř videokamery (ve vodním chlazení), další videokamery byly vně místností (v chodbě), z venku budovy a záznam byl pořizován i z dronu. Každá místnost byla před provedením zkoušky a po zkoušce nasnímaná systémem SpheronVR pro software SceneCase a 3D laserovým skenerem. Po zkoušce

byly pořízeny termosnímkami stěn a stropů místností. Vždy po zkoušce bylo provedeno ohledání prostoru pracovníky ZPP (v rámci WP1).

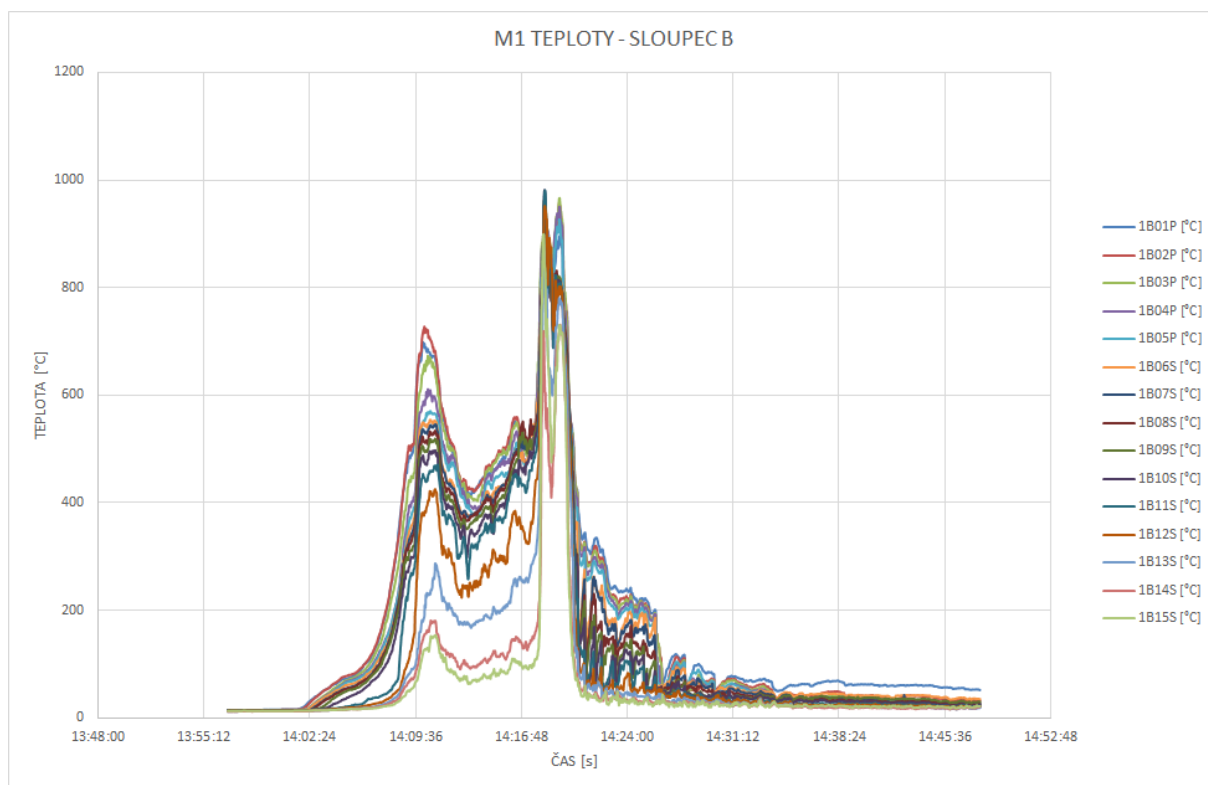
Iniciace při první zkoušce (místnost M1) byla provedena kostkou pevného lihu, při druhé zkoušce (místnost M2) bylo použito cca 750 ml izopropylalkoholu jako akcelerantu. Po flashoveru bylo provedeno šetrné uhašení požáru.

Na následujících obrázcích Obr. WP3-27 až Obr. WP3-32 jsou vybrané parametry požárů v místnosti M1, na obrázcích Obr. WP3-33 až Obr. WP3-36 v místnosti M2.

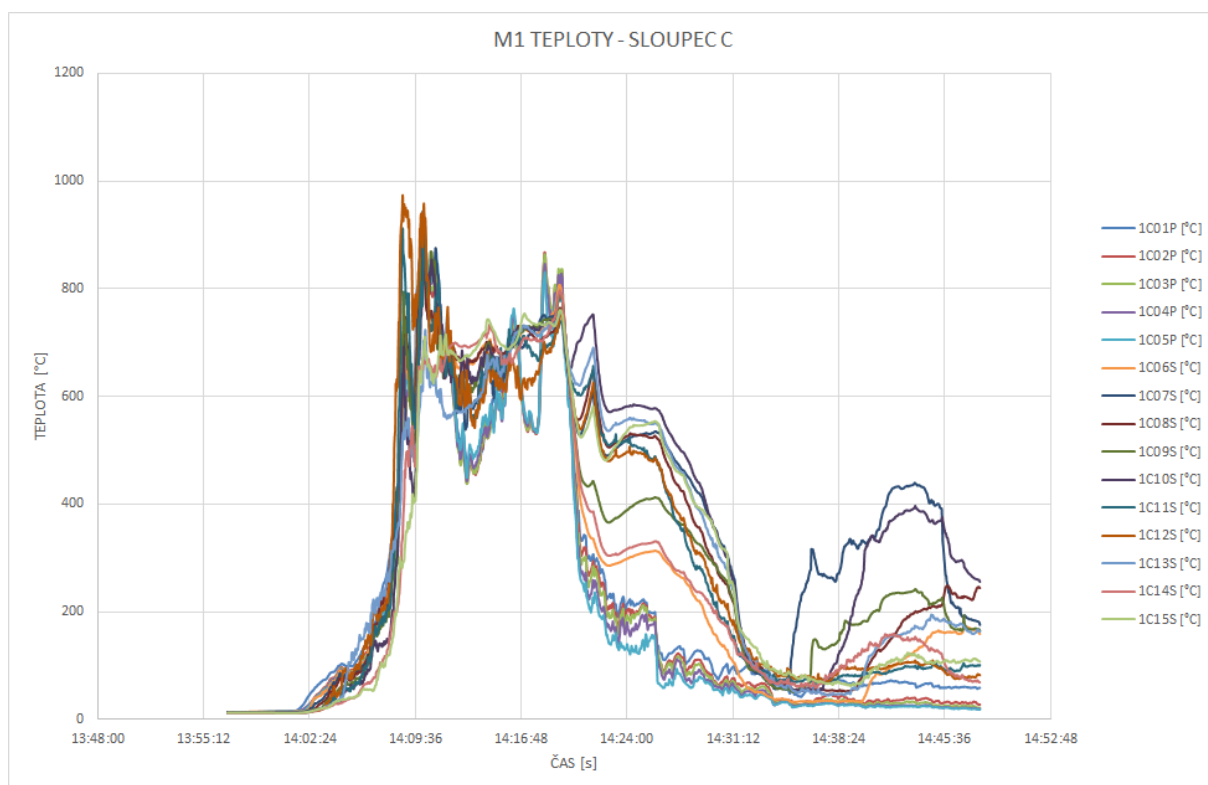
Kompletní datové sady byly dány k dispozici pro potřeby řešení zejména WP4 a WP1.



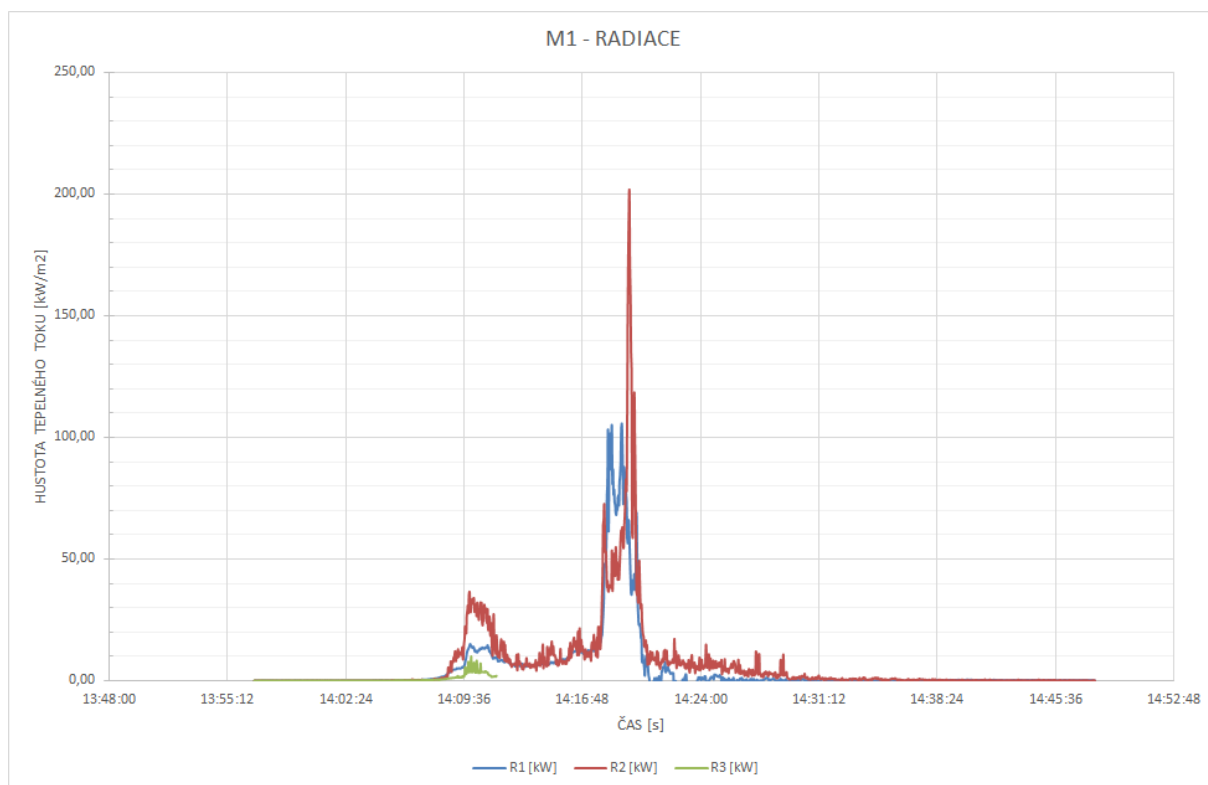
Obr. WP3-27 Místnost M1 - Průběh teplot u sloupce termočlánků A



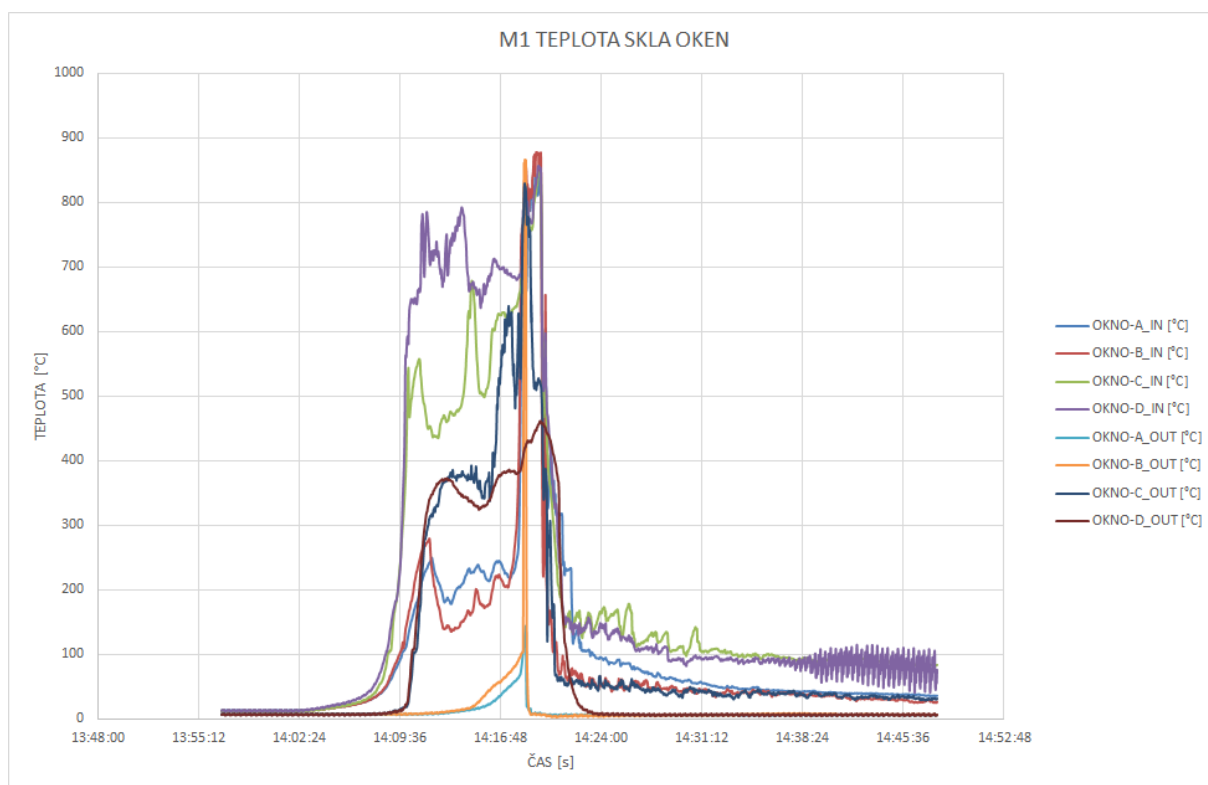
Obr. WP3-28 Místnost M1 - Průběh teplot u sloupce termočlánků B



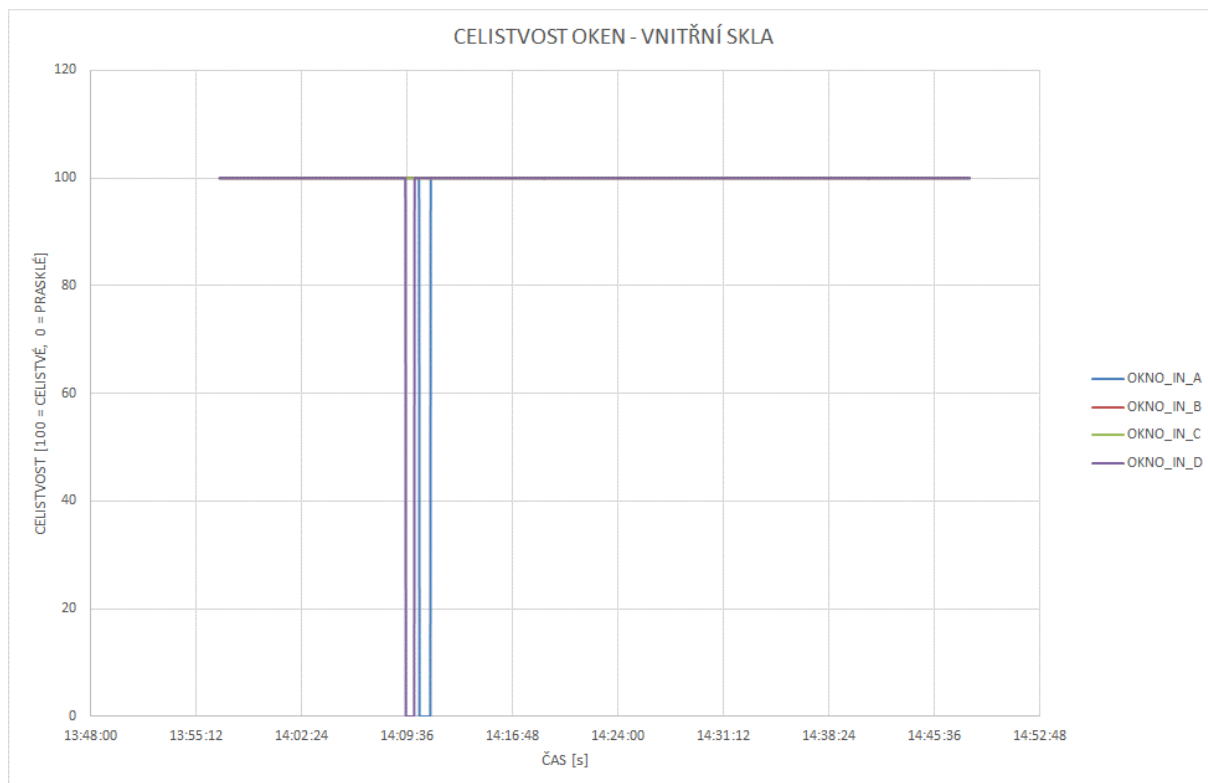
Obr. WP3-29 Místnost M1 - Průběh teplot u sloupce termočlánků C



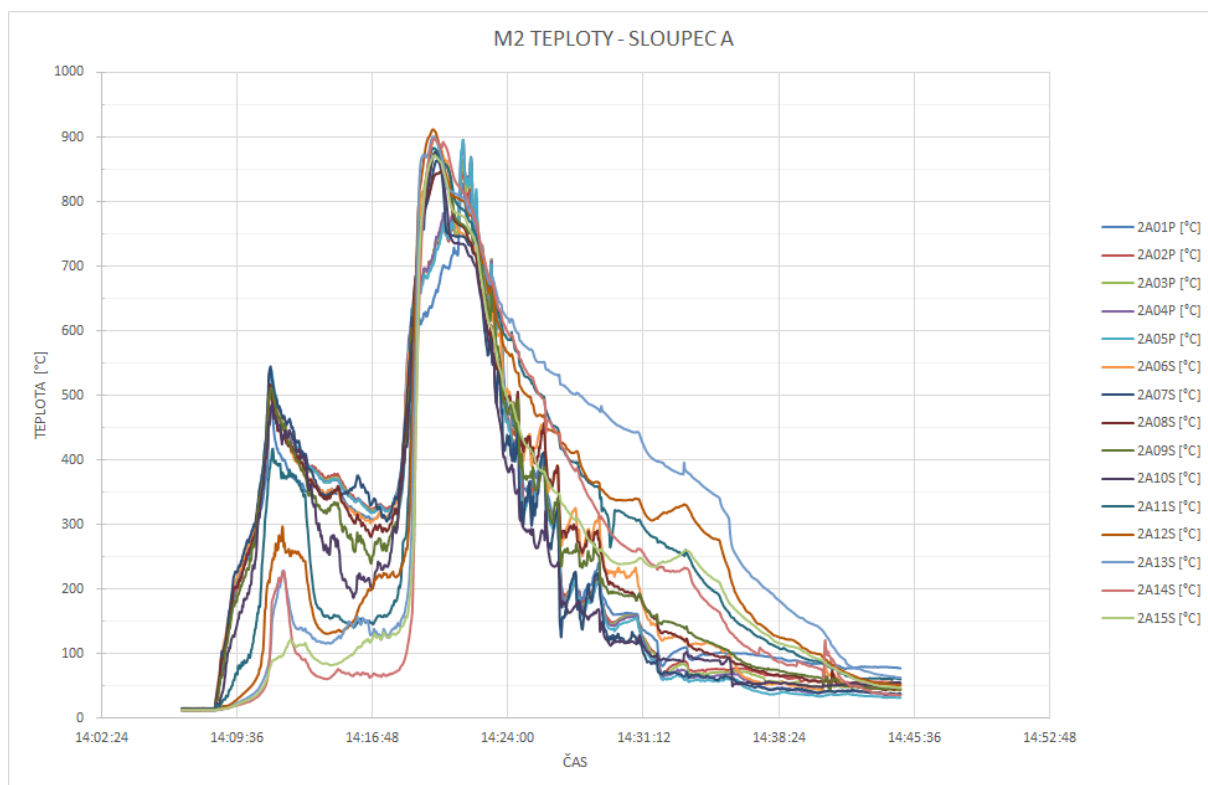
Obr. WP3-30 Místnost M1 – hustoty tepelného toku na podlaze (R2), ve stěně (R1) a přes chodbu (R3)



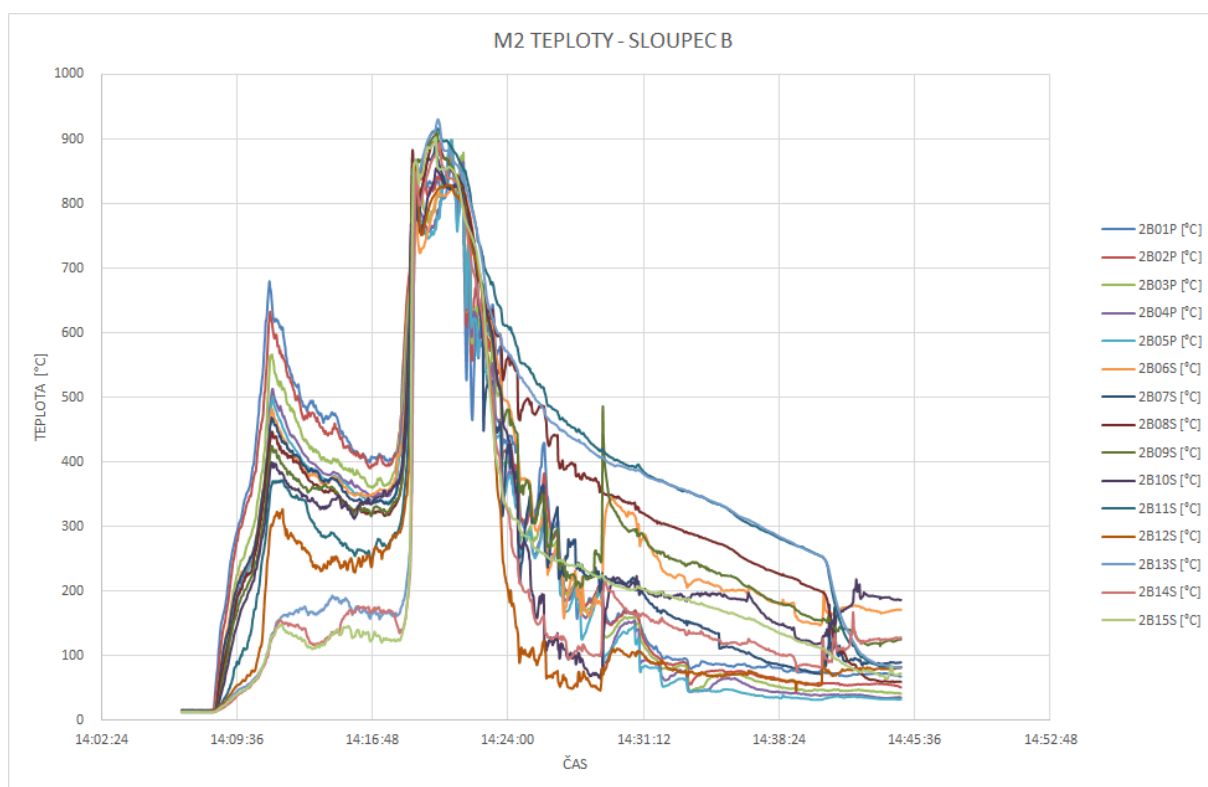
Obr. WP3-31 Místnost M1 - Průběh teplot skel v oknech



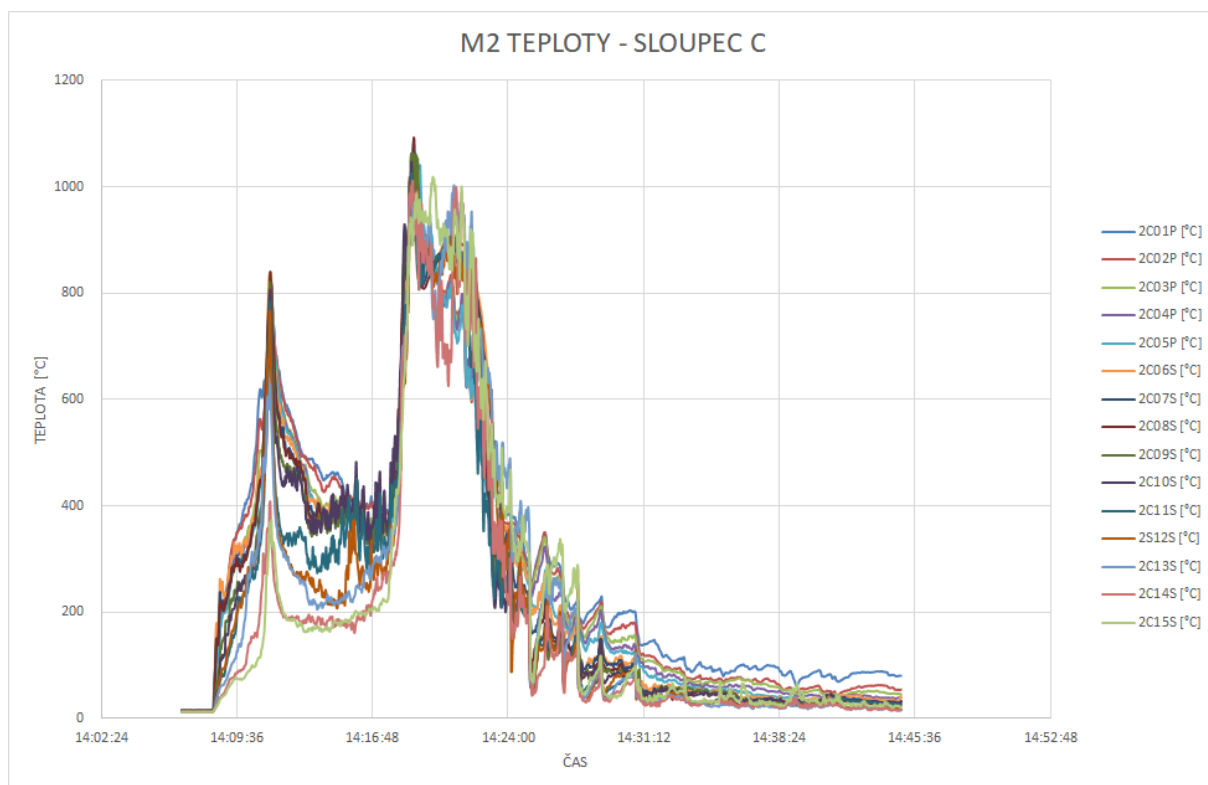
Obr. WP3-32 Místnost M1 – Ztráta celistvosti skla v oknech



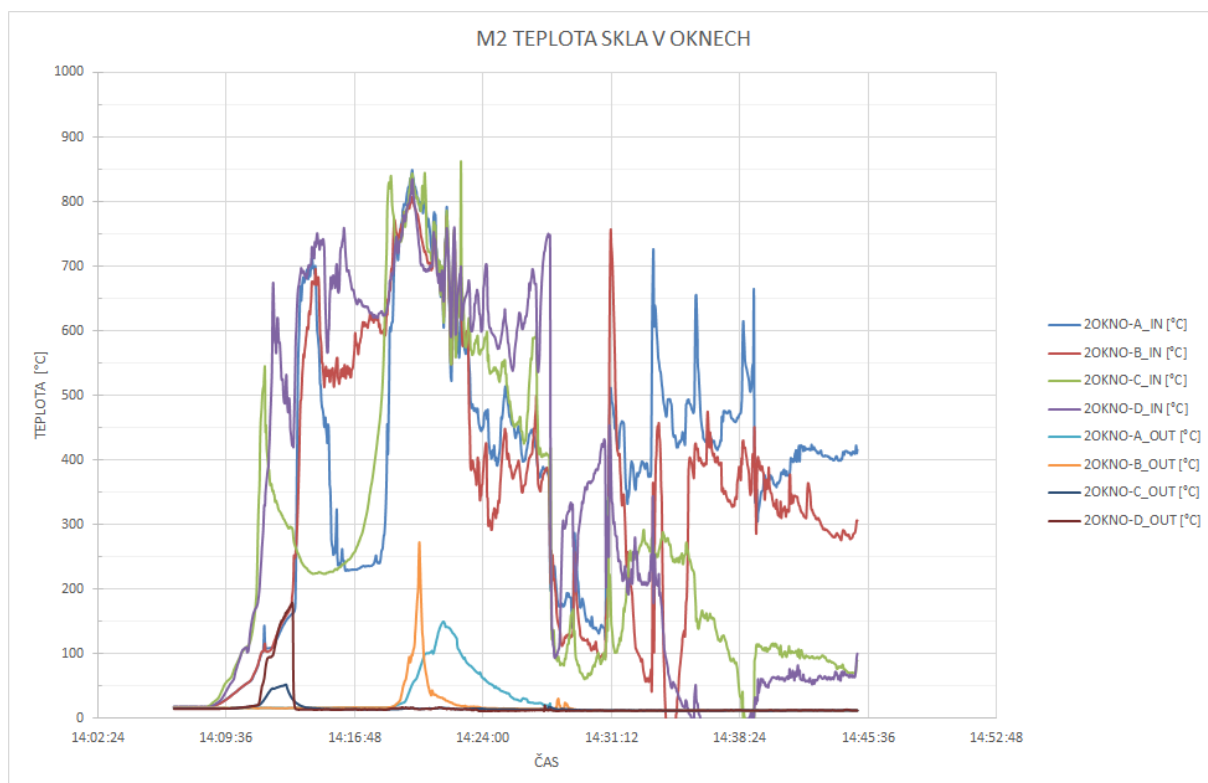
Obr. WP3-33 Místnost M2 - Průběh teplot u sloupce termočlánků A



Obr. WP3-34 Místnost M2 - Průběh teplot u sloupce termočlánků B



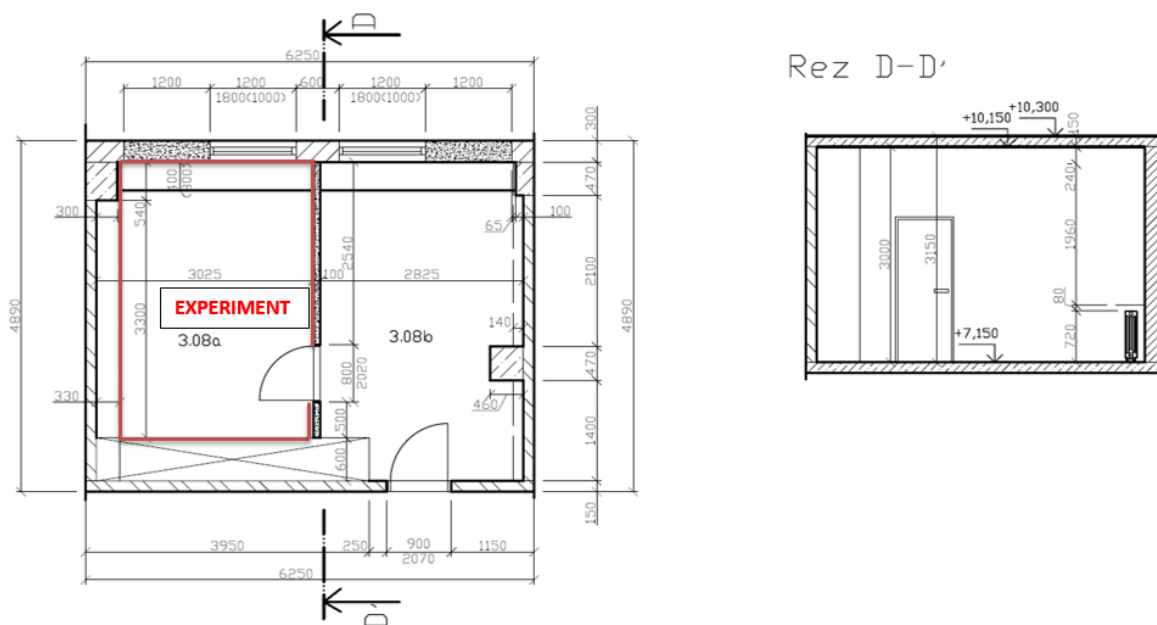
Obr. WP3-35 Místnost M2 - Průběh teplot u sloupce termočlánků C



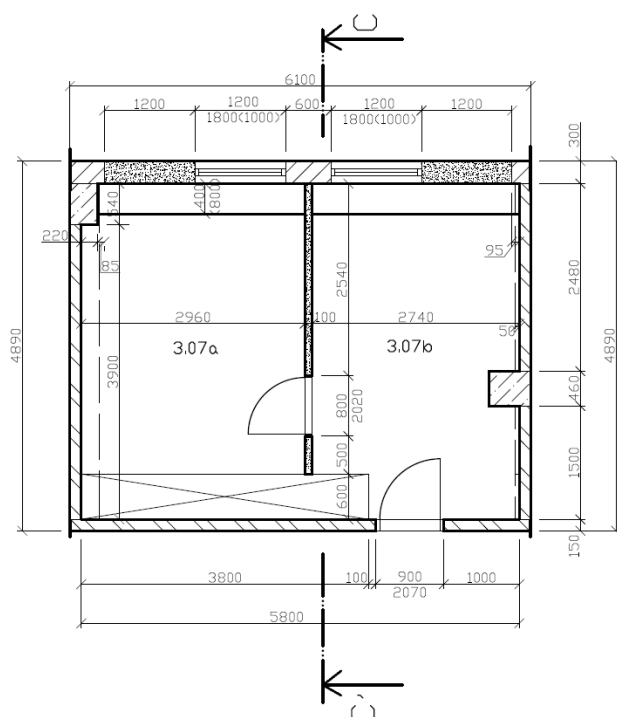
Obr. WP3-36 Místnost M2 - Průběh teplot skel v oknech

Vzhledem k podmínkám reálného požáru došlo podle očekávání v průběhu zkoušky k poškození, zničení, resp. výpadkům části použitých snímačů.

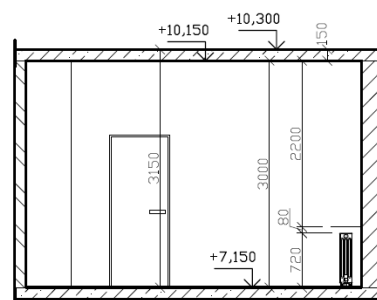
Pro experimenty v říjnu 2023 došlo na základě konzultací s WP1 a WP4 k úpravě zkušebních prostor – místnost M1 (308) i M2 (307) byly rozděleny SDK příčkou s dveřním otvorem vždy na dvě menší místnosti (přibližně stejných rozměrů) a SDK obkladem byly „zarovnány“ výstupky v takto vzniklých zmenšených místnostech. V takto vzniklých nových místnostech byla instalována plastová okna (vždy 1 ks otevíratelného okna zaskleného dvojsklem). Na základě požadavku WP1 bylo použito oken menších rozměrů než v dubnu 2023. Další stejné plastové okno bylo pořízeno pro porovnání skel prošlých a neprošlých požárem a po jeho rozbití byly střepy předány TÚPO. Půdorys a řez místností M1 je na Obr. WP3-37, místnosti M2 na Obr. WP3-38.



Obr. WP3-37 Místnost M1 po rozdělení SDK příčkou



Rez C-C'



PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KRESLIL	KONT
		SEBASTIÁN	Ing.
		VOLTAŠ	Myna
INVESTOR	VSB-TUO-FBI		
NÁZEV VÝKRESU			

Obr. WP3-38 Místnost M2 po rozdělení SDK příčkou

Na základě poznatků ze zkoušek v dubnu 2023 bylo rozhodnuto použít pro arc mapping výkonnější elektrocentrálu (cca 65 kVA bez proudových chráničů) a standardně používaného jištění, tj. B16A pro zásuvkové okruhy a B10A pro světelné okruhy.

Hlavní cíle experimentů:

- porovnání rozvoje požáru a ohniskových stop při iniciaci v různých místech „ventilační cesty“,
- sledování kalcinace SDK,
- chování oken při požáru,
- sledování zkratů na elektrickém rozvodu při požáru (arc mapping),
- sledování kontaminace pracovníků ZPP při ohledání požářiště,
- pořízení videozáznamu z ohledání požářiště pro přípravu výukového videa pro ZPP.

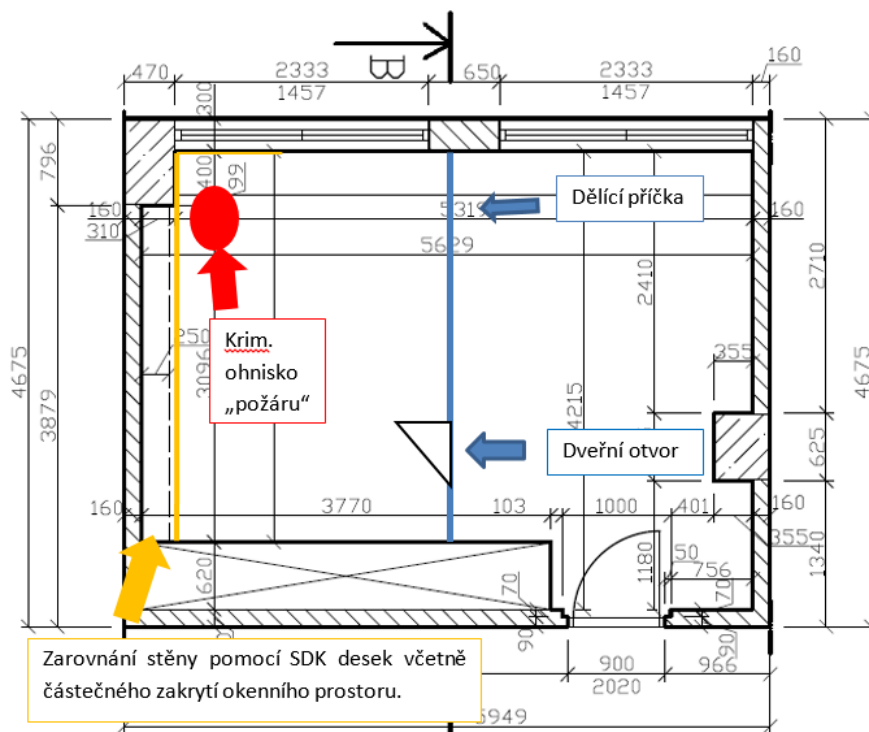
Pro každý prostor byl připraven jeden sloupec termočlánků (TC) umístěných na nosném, svisle umístěném řetězu. V každém sloupci byly TC v 15 výškových úrovních po 200 mm. V horních pěti úrovních bylo použito plášťových izolovaných TC typu K o průměru 1,5 mm, v nižších úrovních potom svařovaných TC typu K o průměru 0,5 mm. V prostoru, kde byl požár iniciován, byly další 4 plášťové TC umístěny na stropě a dva TC nad místem iniciace. Ve svislé ose každé okenní tabule byly v místnosti s ohniskem požáru nalepeny ve třech výškových úrovních na vnitřní i vnější sklo svařované TC o průměru 0,2 mm. Pro sledování celistvosti okenní tabule byly na vnitřní i vnější sklo nalepeny dva pásy Al fólie, jejichž přerušení indikovalo prasknutí okenní tabule. Pro měření hustoty tepelného toku bylo použito radiometru. Pro sledování kalcinace byla část SDK obložena stěnou opatřenou z obou stran umístěnými termočlánky v rastru 50 cm x 50 cm, tato část bylo následně po experimentu prověřena měřením hloubky proniknutí hrotu přípravku pro měření hloubky kalcinace.

Pro sledování zkratů byly na SDK obklad umístěny elektrické rozvody v horní, střední a dolní instalační oblasti ze samostatně jištěných kabelů CYKY 3x 1,5 mm² umístěných v zaklapávacích PVC elektroinstalačních lištách. Na stropě byly dva kabely CYKY 3x 1,5 mm² v lištách a jeden kabel na příchýtkách. Jištění kabelů na stěnách bylo jističi B16A, kabelů na stropě jističi B10A. Všechny jističe byly vybaveny pomocným kontaktem pro záznam okamžiku vybavení jističe. V místnosti byla v SDK nainstalována jedna zásuvka 230 V / 16 A jištěná B16A, do které byl zapojen tepelný spotřebič. Všechny jističe byly umístěny v podružném rozvaděči napojeném na elektrocentrálu 65 kVA (bez proudového chrániče).

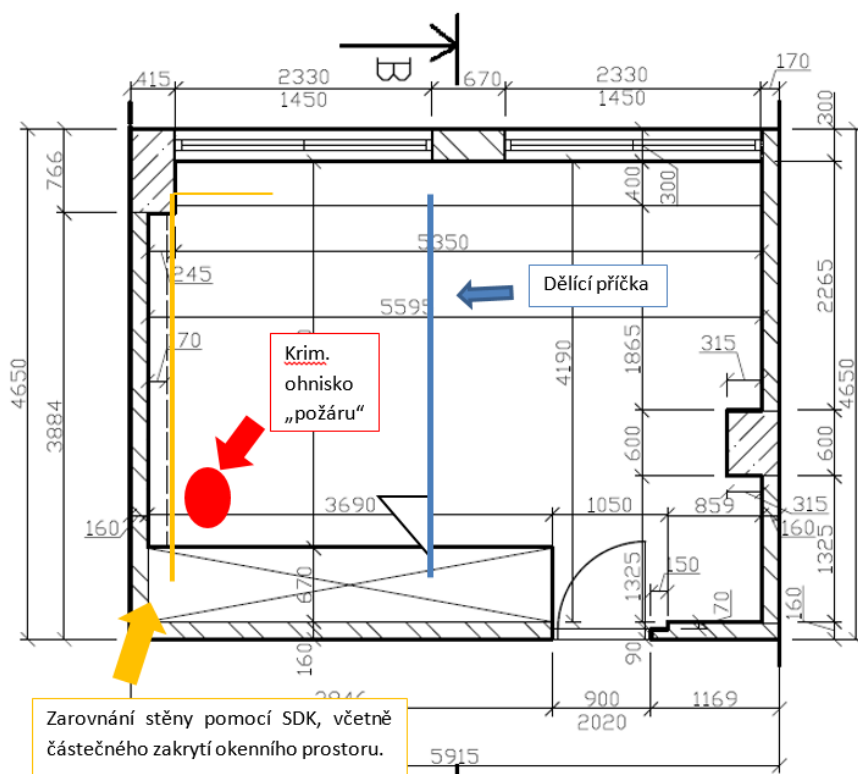
Pro stanovení koncentrace kyslíku, CO a CO₂ byla zřízena dvě odběrová místa (ve dvou výškových úrovních) pro analyzátory zplodin hoření TESTO. V obou místnostech byly v průběhu zkoušky uvnitř videokamery (ve vodním chlazení), další videokamery byly vně místností (v chodbě), z venku budovy a záznam byl pořizován i z dronu. Každá místnost byla před provedením zkoušky a po zkoušce nasnímána systémem SpheronVR pro software SceneCase. Po zkoušce byly pořízeny termosnímky. Vždy po zkoušce bylo provedeno ohledání prostoru pracovníky ZPP (v rámci WP1), to bylo dokumentováno videozáznamem pro potřebu přípravy výukového videa.

Iniciace při první zkoušce (místnost M1) byla provedena v odpadkovém koši u okna, při druhém experimentu (místnost M2) v odpadkovém koši blíže ke dveřím. Po flashoveru bylo provedeno šetrné uhašení požáru.

Uspořádání zkoušky v místnosti M1 a M2 je na následujících obrázcích Obr. WP3-39 a Obr. WP3-40.



Obr. WP3-39 Uspořádání zkoušky v místnosti M1

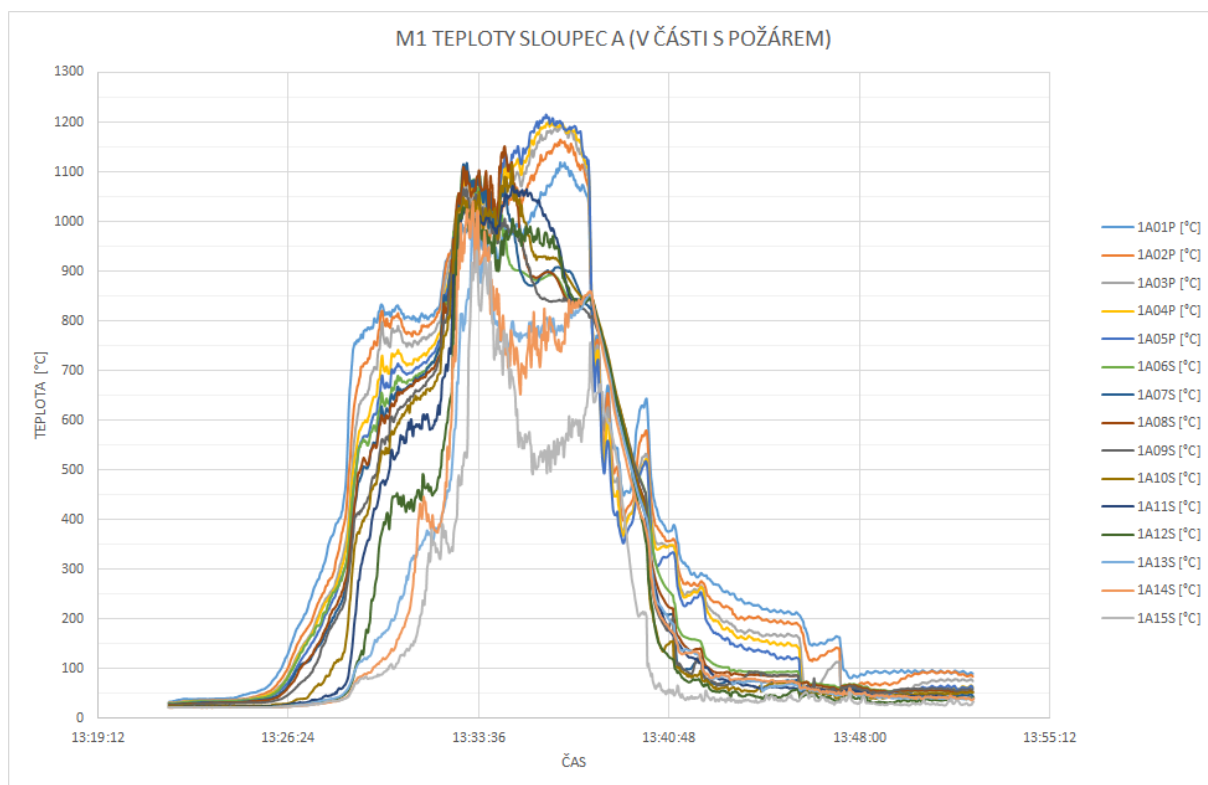


Obr. WP3-40 Uspořádání zkoušky v místnosti M2

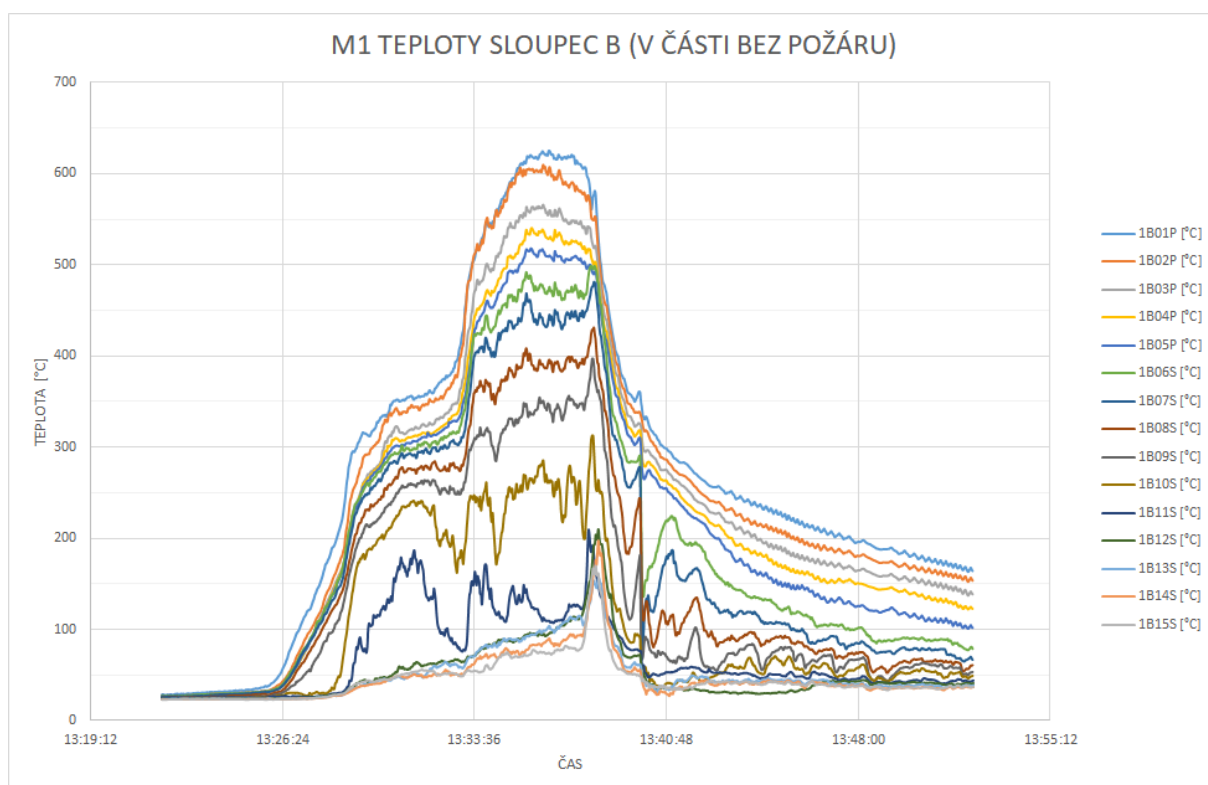
Pro sledování kontaminace pracovníků ZPP při ohledání požářiště byly na jejich zásahový oděv a pod oděv umístěny pasivní vzorkovače VOC Check 575. Dále byli vybaveni vzorkovací pumpou AirChek 2000 se vzorkovačem IOM s nasáváním vzorků ovzduší v blízkosti úst. Získané vzorky byly analyzovány GC-MS se zaměřením na identifikaci PAH (polycyklických aromatických uhlovodíků).

Na následujících obrázcích Obr. WP3-41 až Obr. WP3-44 jsou vybrané parametry požárů v místnosti M1, na Obr. WP3-45 až Obr. WP3-48 v místnosti M2.

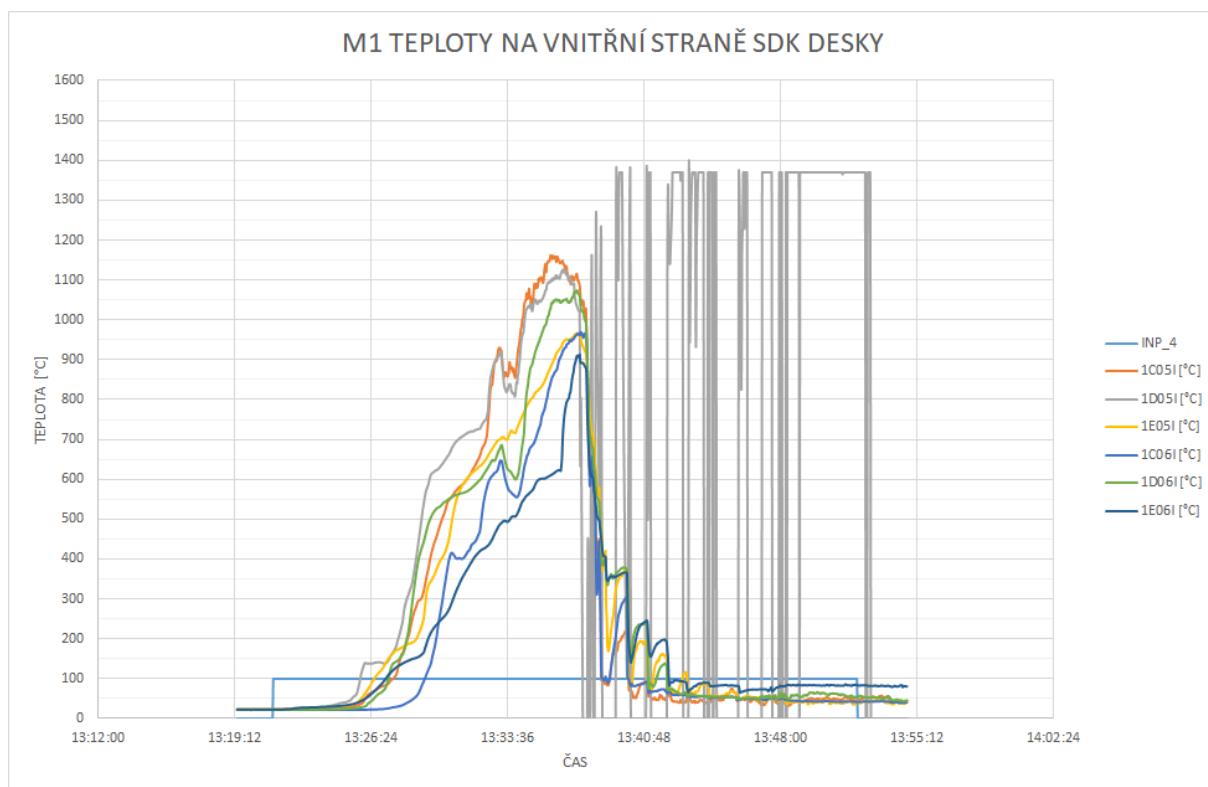
Kompletní datové sady byly dány k dispozici pro potřeby řešení zejména WP4 a WP1.



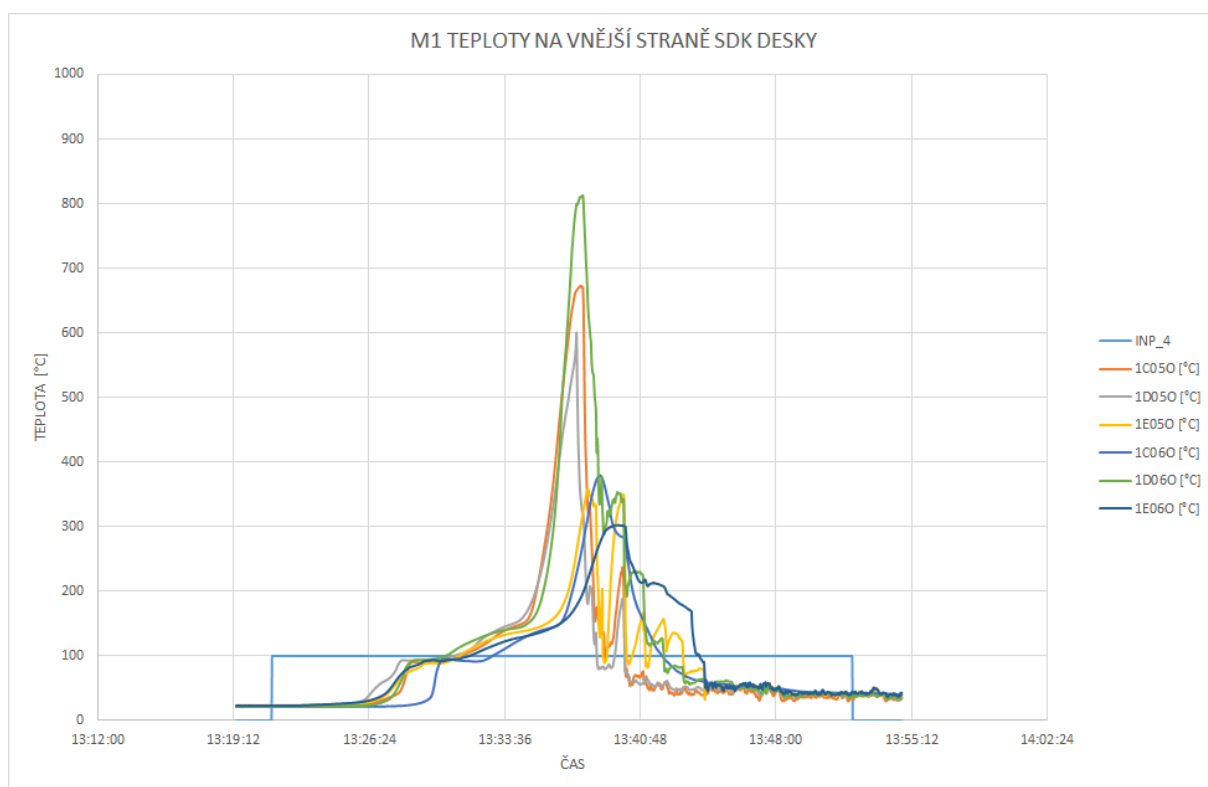
Obr. WP3-41 Místnost M1 - Průběh teplot u sloupce termočlánků A (část s požárem)



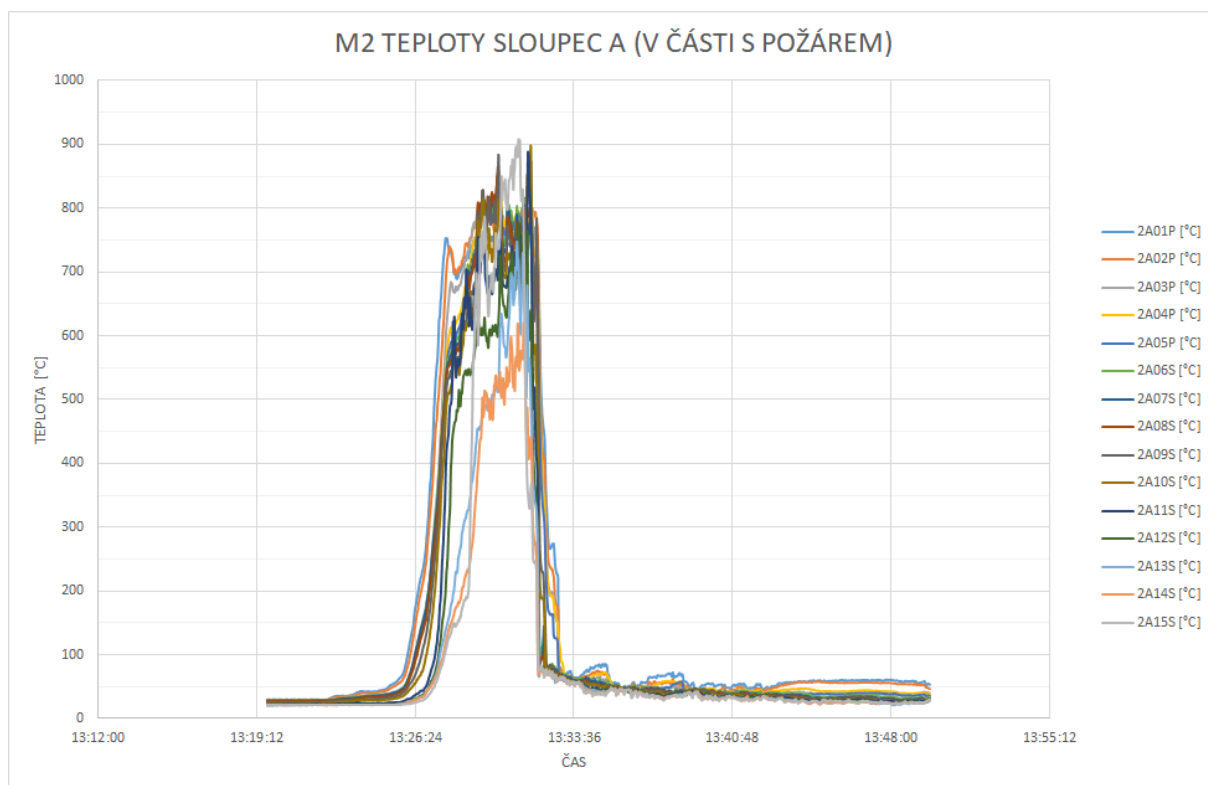
Obr. WP3-42 Místnost M1 - Průběh teplot u sloupce termočlánků B (část bez požáru)



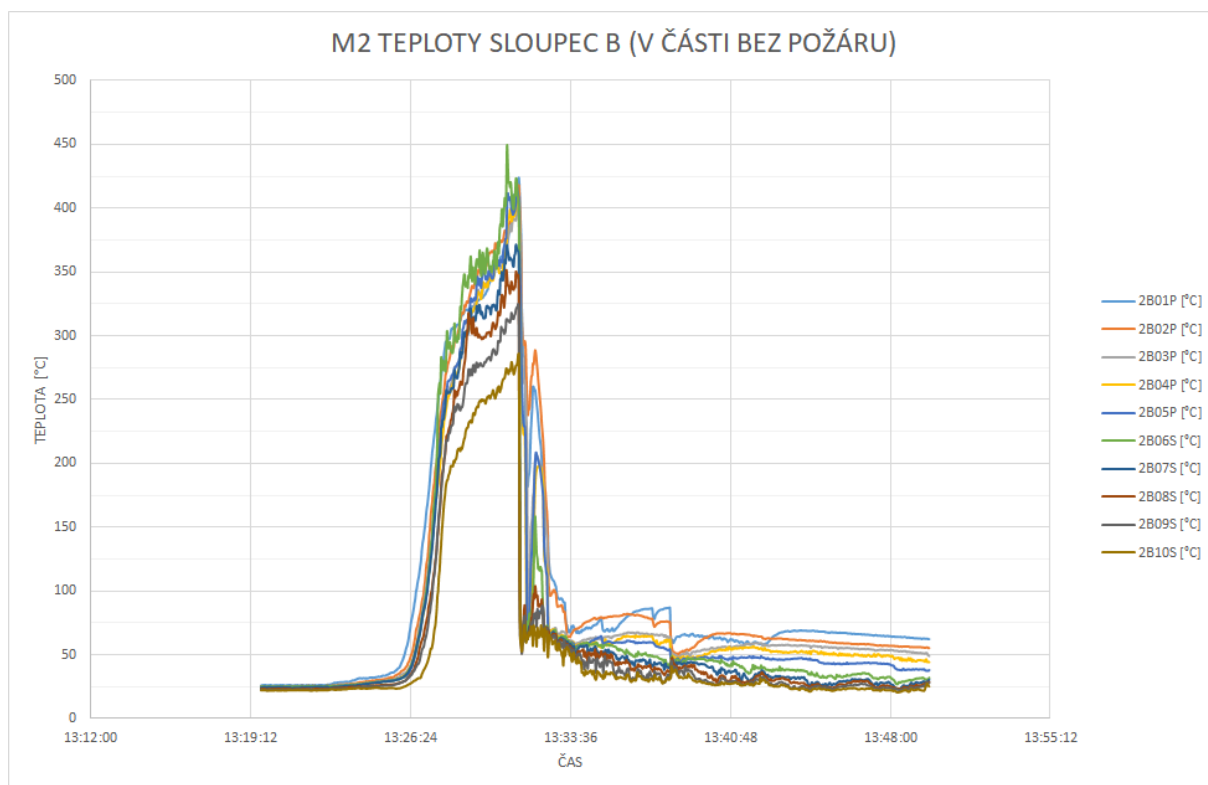
Obr. WP3-43 Místnost M1 - Průběh vybraných teplot na vnitřní straně SDK desky



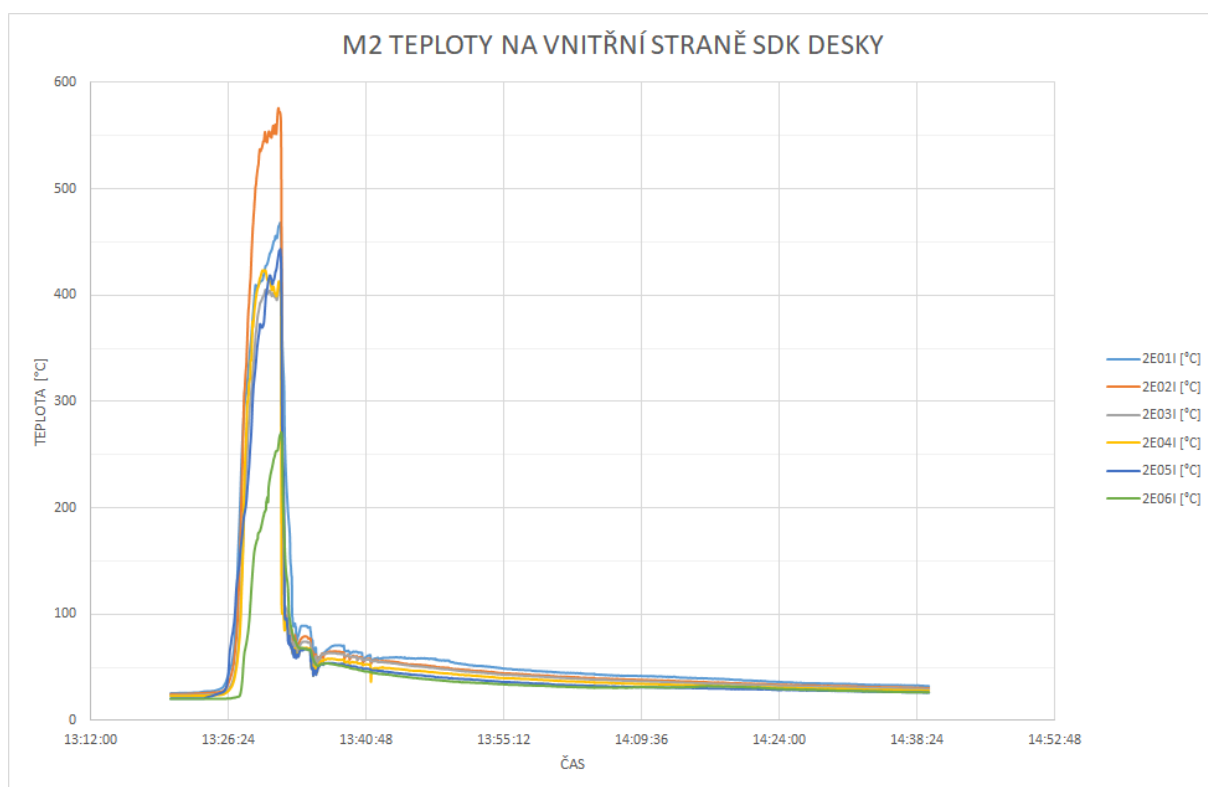
Obr. WP3-44 Místnost M1 - Průběh vybraných teplot na vnější straně SDK desky



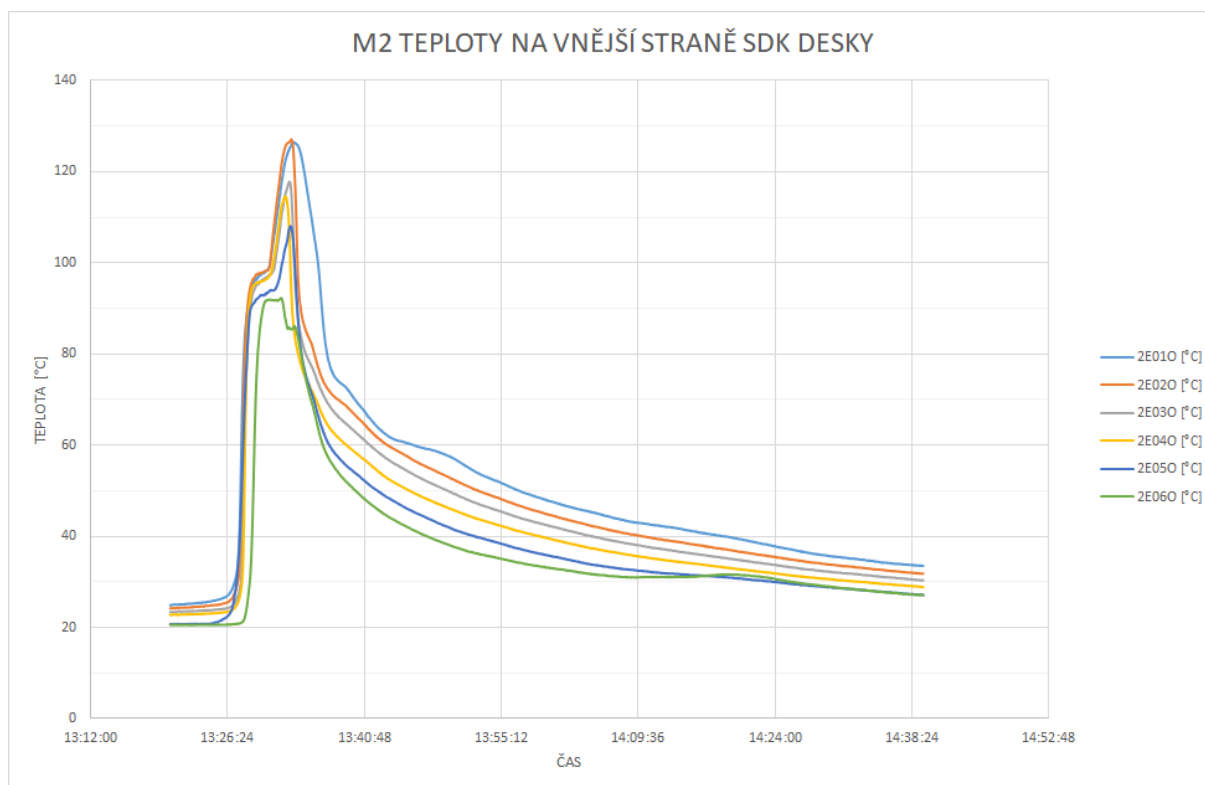
Obr. WP3-45 Místnost M2 - Průběh teplot u sloupce termočlánků A (část s požárem)



Obr. WP3-46 Místnost M2 - Průběh teplot u sloupce termočlánků B (část bez požáru)



Obr. WP3-47 Místnost M2 - Průběh vybraných teplot na vnitřní straně SDK desky



Obr. WP3-48 Místnost M2 - Průběh vybraných teplot na vnější straně SDK desky

Vzhledem k podmínkám reálného požáru došlo podle očekávání v průběhu zkoušky k poškození, zničení, resp. výpadkům části použitých snímačů.

V roce 2024 byly provedeny závěrečné experimenty v rámci WP3. Velkorozměrové experimenty byly uskutečněny ve stejném objektu a prostorech jako v roce 2023. V roce 2024 proběhly celkem dva velkorozměrové experimenty, a to v květnu 2024 (vlastní experimenty 29. a 30. 5. 2024).

Pro experimenty v květnu 2024 byly zkušební prostory obloženy SDK, pod kterým byla tepelná izolace.

Pro experimenty byly upraveny zkušební prostory obdobně jako v 10/2023. Místnosti M1 (308) i M2 (307) byly rozděleny SDK příčkou s dveřním otvorem na místnosti dále označované M1a, M1b, M2a, M2b. SDK obkladem byly „zarovnány“ výstupky v takto vzniklých zmenšených místnostech, tj. všechny stěny byly rovné, bez výstupků. V takto vzniklých nových místnostech byla instalována plastová okna (vždy 1 ks otevíratelného okna zaskleného dvojsklem v každé místnosti). Na základě výsledků experimentů v 10/2023 bylo v místnostech M1a a M2a použito oken větších rozměrů (větší šířky) než v říjnu 2023.

Po ověření při zkouškách v říjnu 2023 bylo použito pro arc mapping elektrocentrály (cca 65 kVA) bez proudového chrániče a standardně používaného jištění, tj. B16A pro zásuvkové okruhy a B10A pro světelné okruhy.

Hlavní cíle experimentů:

- teplotní pole v místnostech, částečně hustota tepelného toku;
- kalcinace SDK (měření hloubky kalcinace bude jednak v den zkoušky, jednak dopoledne následující den);
- teplotní pole v SDK stěně, kde bude měřena hloubka kalcinace;
- Arc Mapping – strop, horní, střední instalační zóna, částečně spodní instalační zóna;
- vliv akceleračních hoření – 2-propanol, benzín (BA95) a vyhledávání jejich stop (PID detektor, služební pes, odběr vzorků pro laboratoř);
- vliv ventilační cesty – (poloha ohniska ve vztahu k proudění a poloze hořlavého předmětu);
- detekce požáru (autonomní hlásič × hlásič EPS);
- kontaminace pracovníků ZPP při ohledání požářiště;
- pořízení video a fotodokumentace experimentu.

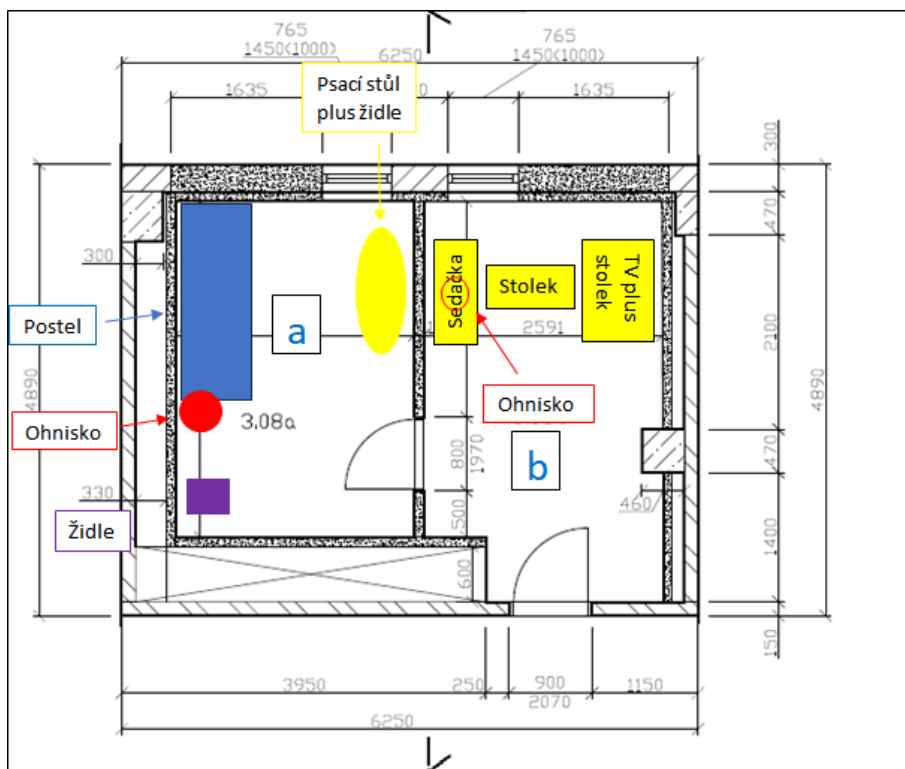
Rámcové vybavení místností a jeho rozmístění:

M1 (308) – viz Obr. WP3-49

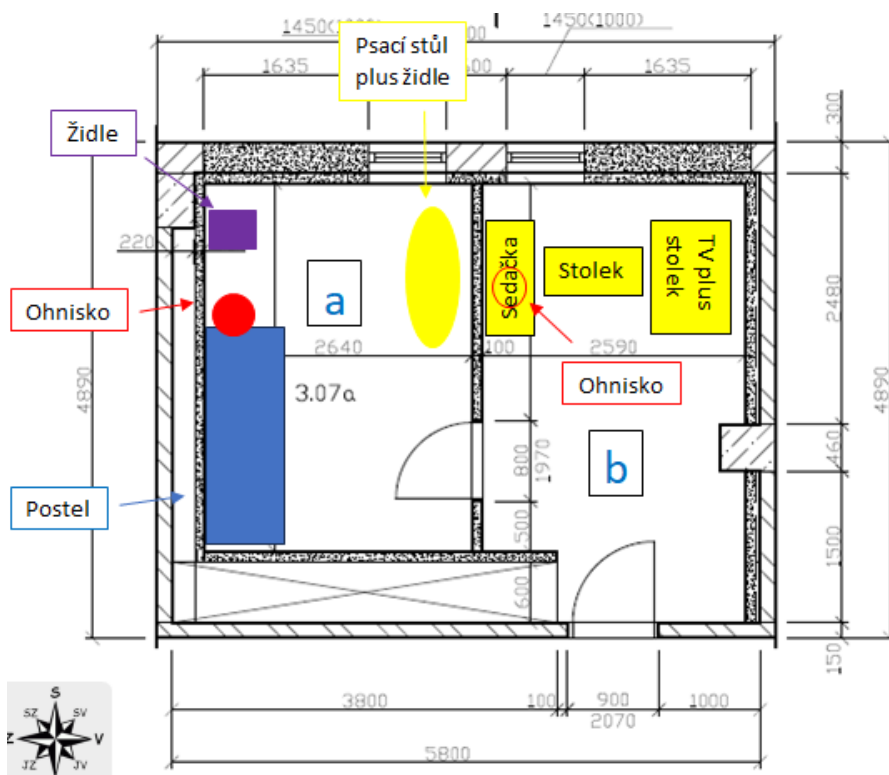
- Stěny místnosti M1 obloženy obyčejným SDK.
- Pro iniciaci použito automobilového benzínu BA954.
- Iniciace pomocí palníků v obou ohniscích.

M2 (307) – viz Obr. WP3-50

- Stěny místnosti M2 obloženy protipožárním SDK.
- Pro iniciaci použito 2-propanolu.
- Iniciace pomocí palníků v obou ohniscích.



Obr. WP3-49 Místnost M1



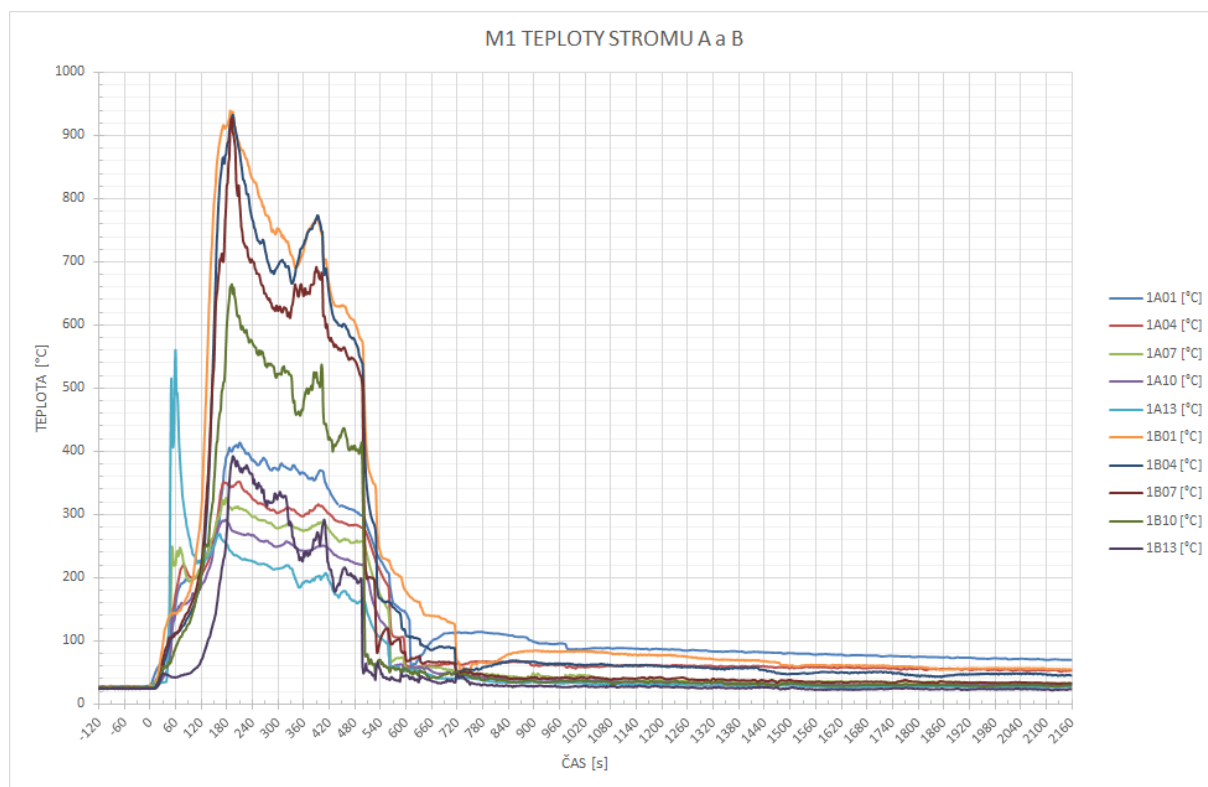
Obr. WP3-50 Místnost M2

Pro sledování zkratů (arc mapping) byla v místnostech instalována elektroinstalace na stropě a v horní a střední instalační oblasti. Částečná elektroinstalace byla v dolní instalační oblasti (zásuvka). Elektroinstalace byla z kabelů CYKY 3 x 1,5 v zaklapávacích PVC lištách

Teplotní pole v místnostech:

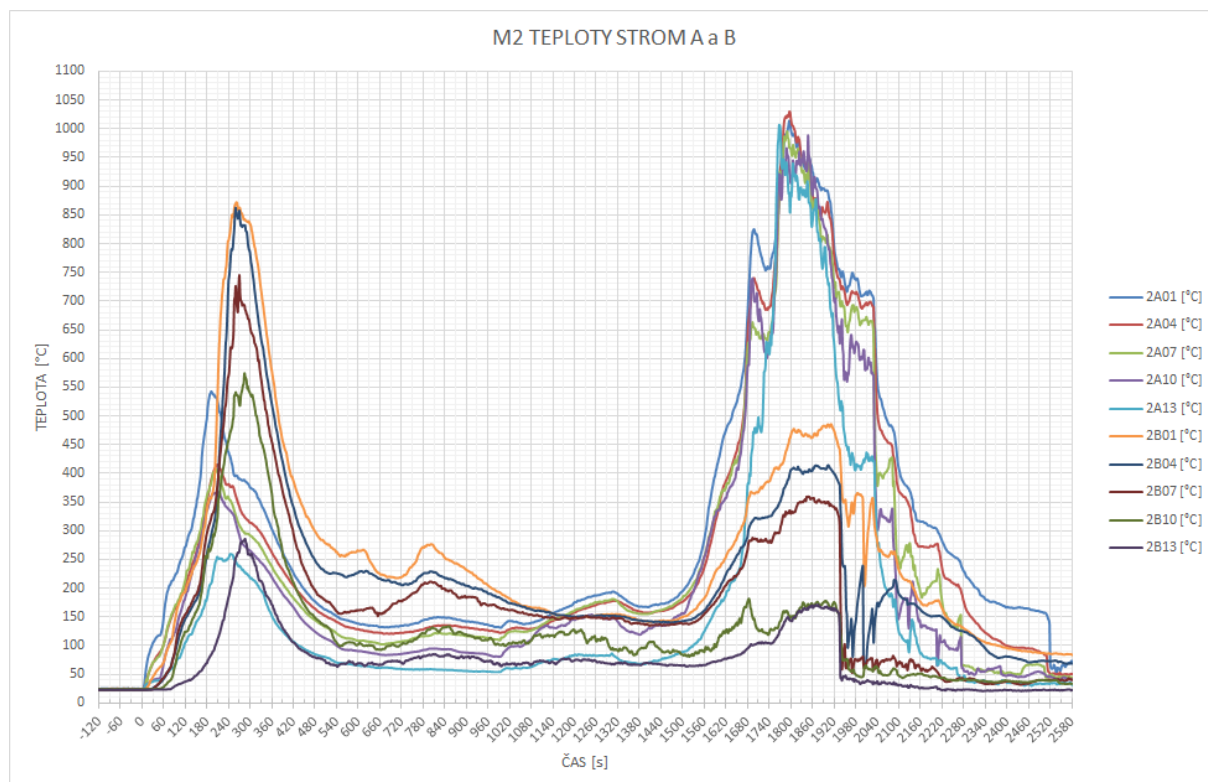
Pro každý prostor byl připraven jeden sloupec termočlánků (TC-K) umístěných na nosném, svisle umístěném řetězu. Ve sloupci byly TC v 15 výškových úrovních po 200 mm. V horních pěti úrovních bylo použito plášťových izolovaných TC typu K o průměru 1,5 mm, v nižších úrovních potom svařovaných TC typu K o průměru 0,5 mm. V každém prostoru byly další 4 plášťové TC umístěny na stropě a dva TC nad místem iniciace. Na každé okenní tabuli v každém prostoru byl nalepen na vnitřní i vnější sklo svařovaný TC o průměru 0,2 mm. Pro sledování celistvosti okenní tabule byl na vnitřní sklo nalepen pásek Al fólie, jehož přerušení indikovalo prasknutí okenní tabule.

Teploty na sloupcích termočlánků A (místnost M1a) a B (místnost M1b) jsou na Obr. WP3-51.



Obr. WP3-51 Vybrané teploty na stromech A a B v místnosti M1

Teploty na sloupcích termočlánků A (místnost M2a) a B (místnost M2b) jsou na Obr. WP3-52.



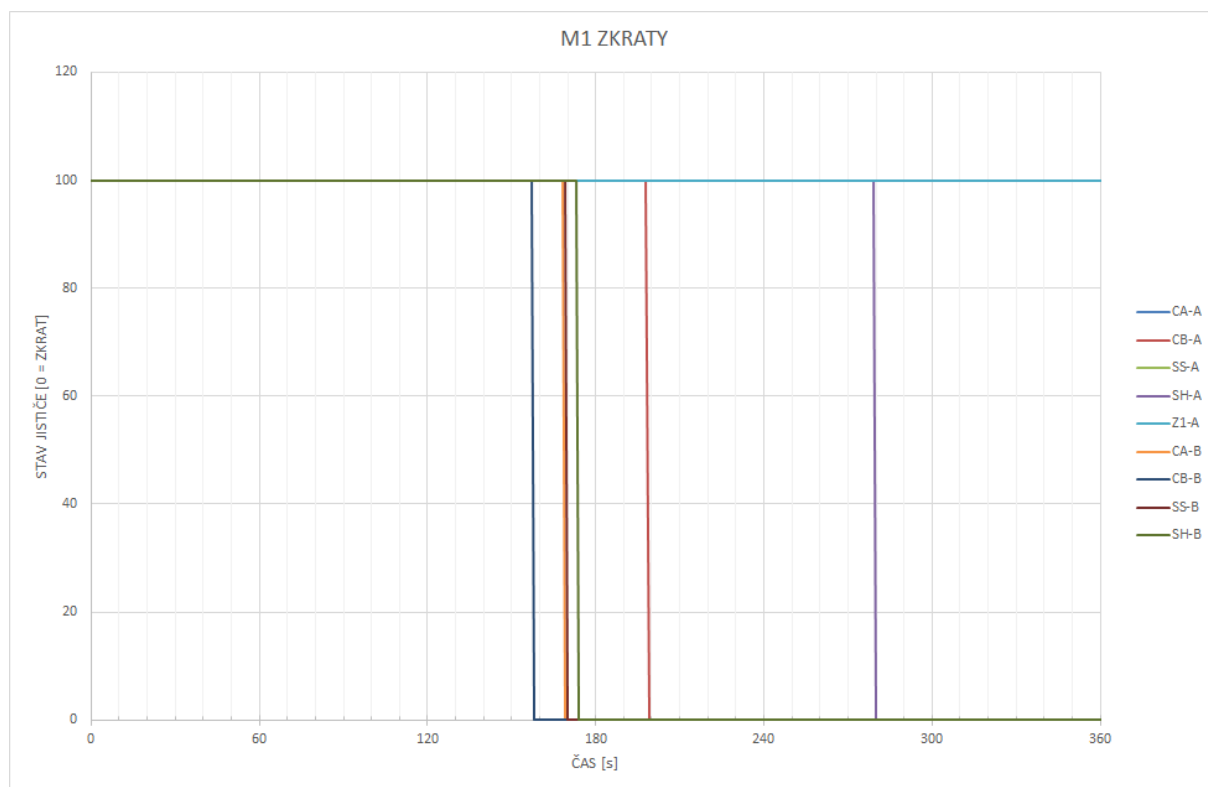
Obr. WP3-52 Vybrané teploty na stromech A a B v místnosti M2

Pro sledování zkratů byla v místnostech instalována elektroinstalace na stropě a v horní a střední instalační oblasti. Částečná elektroinstalace byla v dolní instalační oblasti (zásuvka). Elektroinstalace byla z kabelů CYKY 3 x 1,5 v zaklapávacích PVC lištách.

Popis použitých okruhů a jejich jištění pro místnost M1 je uveden v Tabulce 1, pro místnost M2 v Tabulce 2. Pro napájení rozvaděče bylo použito elektrocentrály (cca 65 kVA) bez proudového chrániče. Vyhodnocení zkratů bylo provedeno sledováním stavu jističů v použitém rozvaděči se záznamem na datalogger. Průběh zkratů v místnosti M1 je na Obr. WP3-53, v místnosti M2 na Obr. WP3-54.

Tabulka 1 Elektroinstalace v místnosti M1

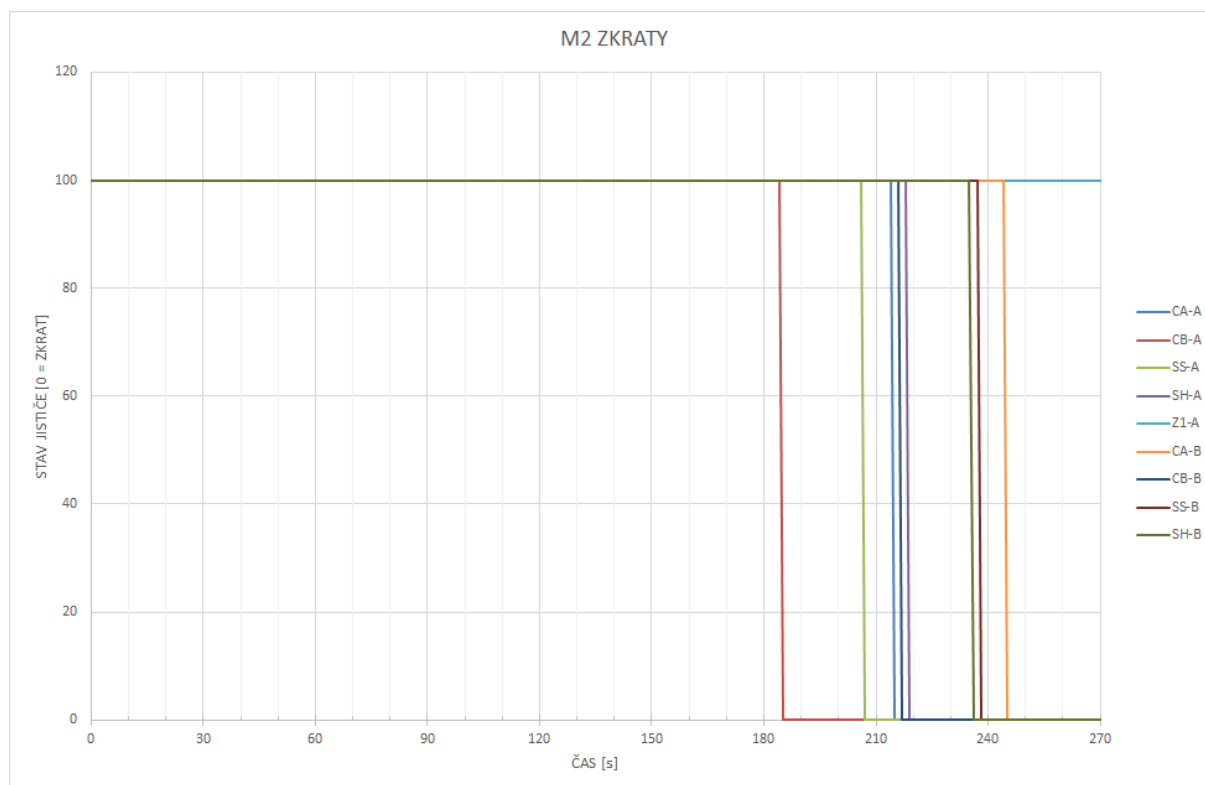
POPIS	KAM VEDE	TYP KABELU	JIŠTĚNÍ [A]
CA-A	POD STROPNÍM SDK - LIŠTA	CYKY 3x 1,5	10
CB-A	POD STROPNÍM SDK - PŘÍCHYTKY	CYKY 3x 1,5	10
SS-A	LIŠTA STŘEDNÍ - 1 m NAD PODLAHOU	CYKY 3x 1,5	16
SH-A	LIŠTA HORNÍ - 200 mm POD STROPNÍM SDK	CYKY 3x 1,5	16
Z1-A	ZÁSUVKA U PODLAHY	CYKY 3x 1,5	16
PH	KABEL V PŘÍČCE (NAD DVEŘMI)	CYKY 3x 1,5	10
CA-B	POD STROPNÍM SDK - LIŠTA	CYKY 3x 1,5	10
CB-B	POD STROPNÍM SDK - PŘÍCHYTKY	CYKY 3x 1,5	10
SS-B	LIŠTA STŘEDNÍ - 1 m NAD PODLAHOU	CYKY 3x 1,5	16
SH-B	LIŠTA HORNÍ - 200 mm POD STROPNÍM SDK	CYKY 3x 1,5	16



Obr. WP3-53 Zkraty na elektroinstalaci v místnosti M1

Tabulka 2 Elektroinstalace v místnosti M2

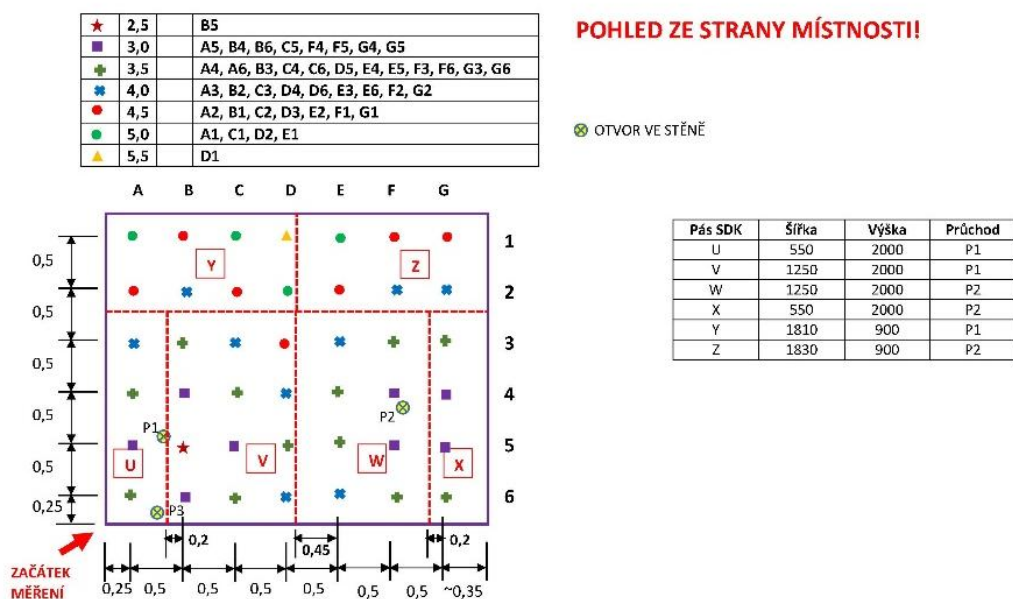
POPIS	KAM VEDE	TYP KABELU	JISTĚNÍ [A]
CA-A	POD STROPNÍM SDK - LIŠTA	CYKY 3x 1,5	10
CB-A	POD STROPNÍM SDK - PŘÍCHYTKY	CYKY 3x 1,5	10
SS-A	LIŠTA STŘEDNÍ - 1 m NAD PODLAHOU	CYKY 3x 1,5	16
SH-A	LIŠTA HORNÍ - 200 mm POD STROPNÍM SDK	CYKY 3x 1,5	16
Z1-A	ZÁSUVKA U PODLAHY	CYKY 3x 1,5	16
PH	KABEL V PŘÍČCE (NAD DVEŘMI)	CYKY 3x 1,5	10
CA-B	POD STROPNÍM SDK - LIŠTA	CYKY 3x 1,5	10
CB-B	POD STROPNÍM SDK - PŘÍCHYTKY	CYKY 3x 1,5	10
SS-B	LIŠTA STŘEDNÍ - 1 m NAD PODLAHOU	CYKY 3x 1,5	16
SH-B	LIŠTA HORNÍ - 200 mm POD STROPNÍM SDK	CYKY 3x 1,5	16



Obr. WP3-54 Zkraty na elektroinstalaci v místnosti M2

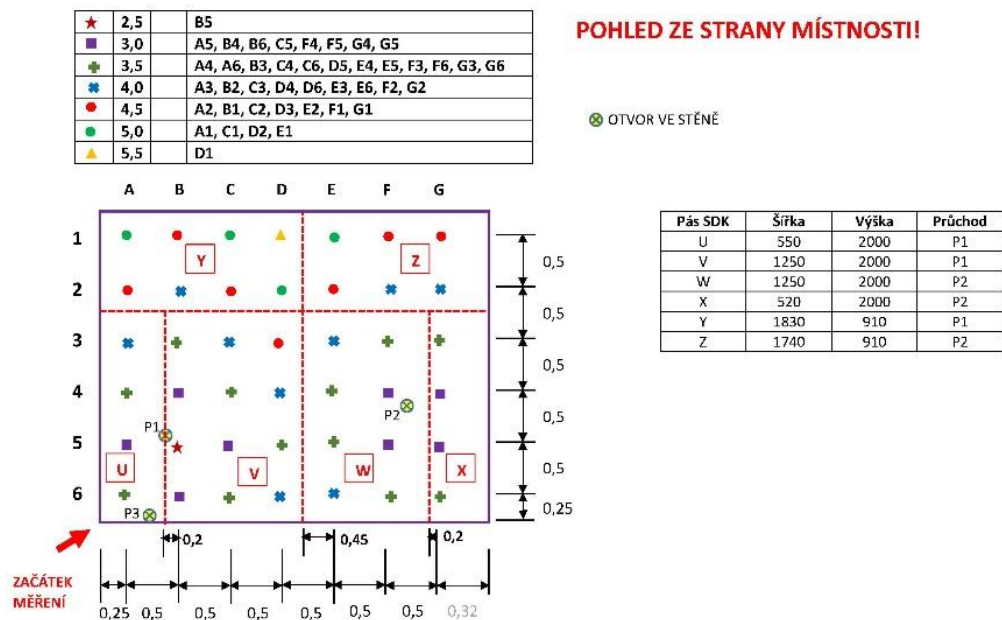
Pro potřeby studia kalcinace SDK byla „západní“ SDK stěna v místnostech M1a a M2b opatřena z obou stran umístěnými termočlánky TC-K 2x 0,5 mm v rastru 50 cm x 50 cm; tato stěna byla následně po experimentu prověřena měřením hloubky proniknutí hrotu přípravku pro měření hloubky kalcinace (po odvětrání prostoru po uhašení a opakovaně následující den dopoledne). Rozmístění termočlánků pro sledování kalcinace na „západní“ stěně místnosti M1a je na Obr. WP3-55, místnosti M2a na Obr. WP3-56.

MÍSTNOST 308 (M1)



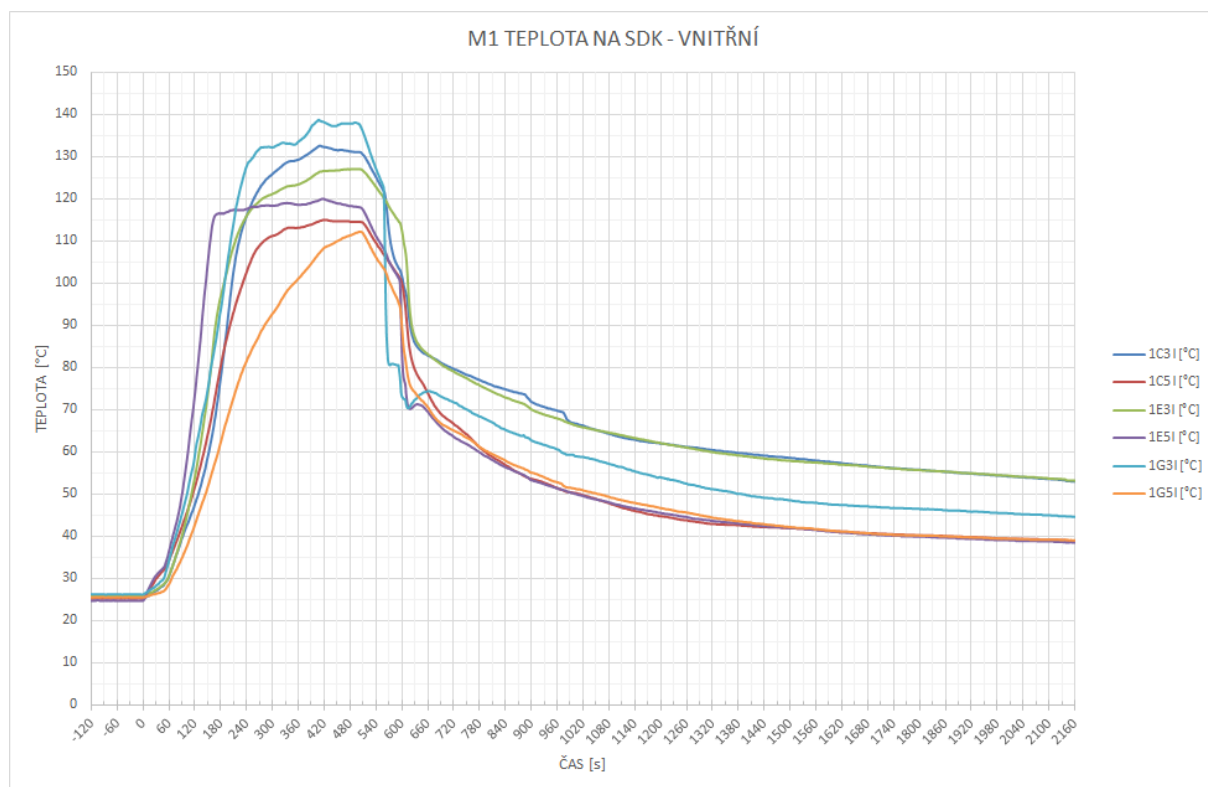
Obr. WP3-55 Rozmístění termočlánků na „západní“ stěně místnosti M1a

MÍSTNOST 307 (M2) - 2024

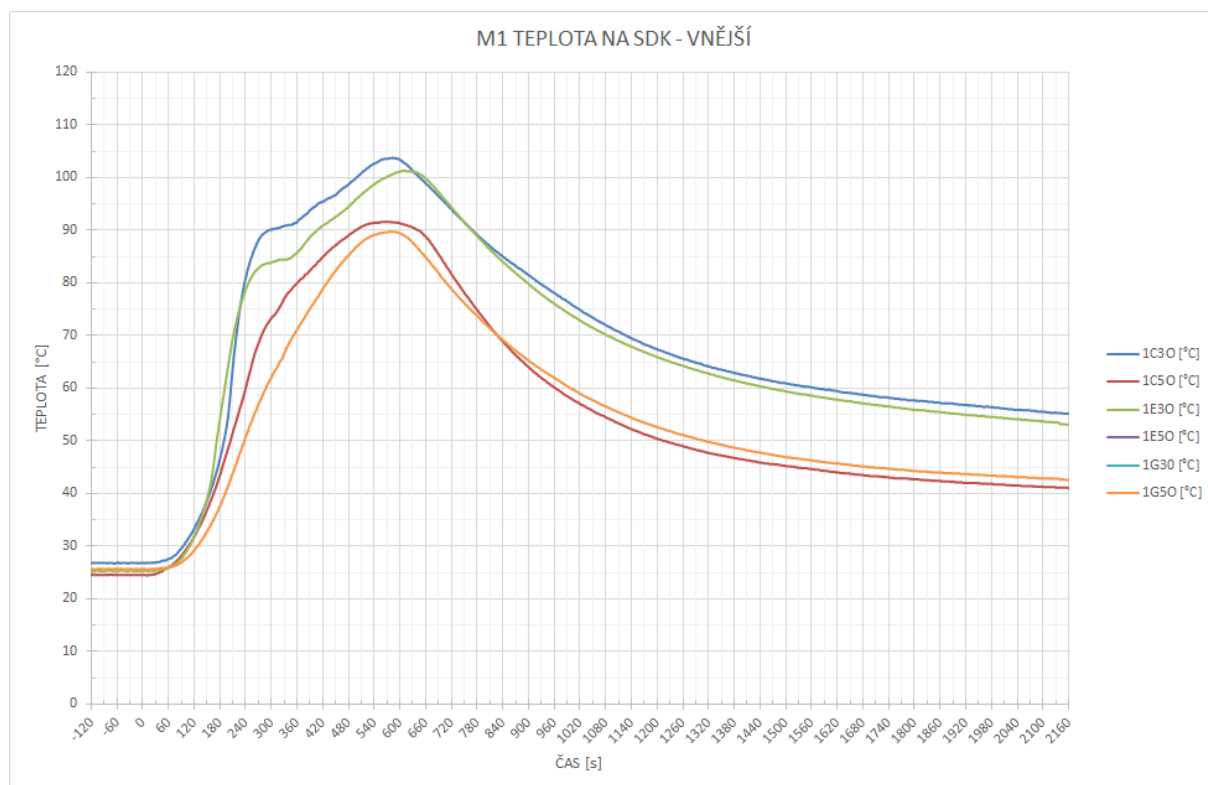


Obr. WP3-56 Rozmístění termočlánků na „západní“ stěně místnosti M2a

Průběh vybraných teplot na vnitřní straně SDK desky v místnosti M1a je na Obr. WP3-57, odpovídající teploty na odvrácené („vnější“) straně SDK desky na obr. 10. Některé teploty na Obr. WP3-58 chybí z důvodu závady na měření teploty v důsledku požáru.

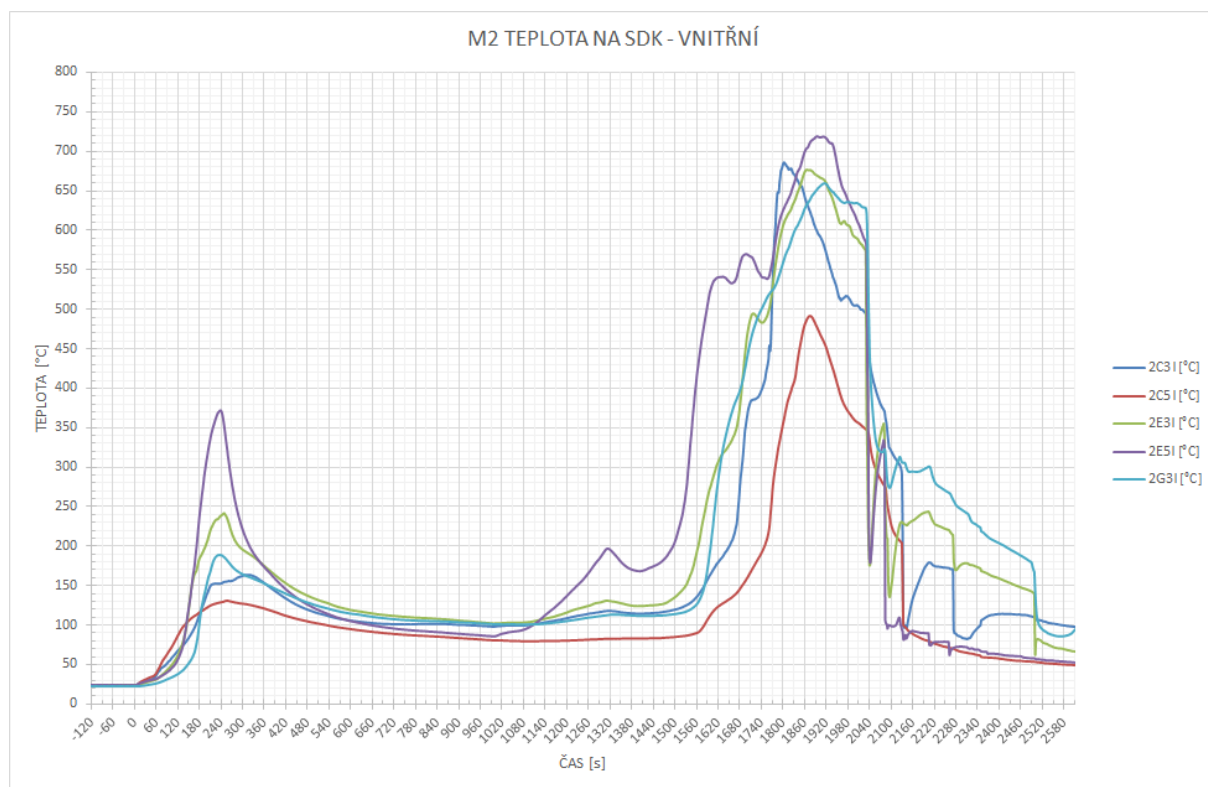


Obr. WP3-57 Vybrané teploty na vnitřní straně SDK v místnosti M1 – A

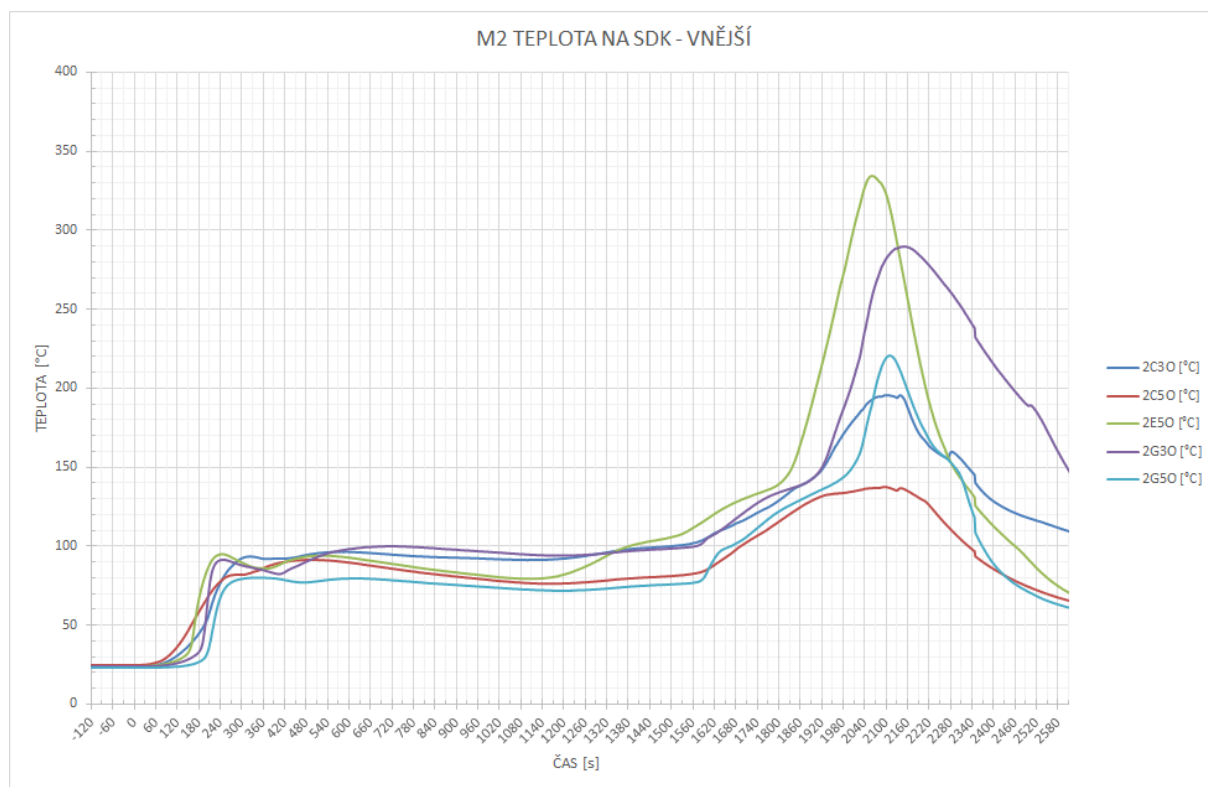


Obr. WP3-58 Vybrané teploty na vnější straně SDK v místnosti M1 – A

Průběh vybraných teplot na vnitřní straně SDK desky v místnosti M2a je na Obr. WP3-59, odpovídající teploty na odvrácené („vnější“) straně SDK desky na Obr. WP3-60. Některé teploty v grafech chybí z důvodu závady na měření teploty v důsledku požáru.



Obr. WP3-59 Vybrané teploty na vnitřní straně SDK v místnosti M2 – A



Obr. WP3-60 Vybrané teploty na vnější straně SDK v místnosti M2 – A

Pro posouzení detekce vzniku požáru byly všechny místnosti vybaveny autonomními kouřovými hlásiči požáru a standardními kouřovými hlásiči EPS firmy Honeywell (ESSER).

Osazení místnosti M1 (M1a a M1b) autonomními hlásiči a hlásiči EPS a doba jejich reakce je uvedena v tabulce 3, u místnosti M2 (M2a a M2b) je osazení autonomními hlásiči a hlásiči EPS a jejich reakce uvedena v tabulce 4.

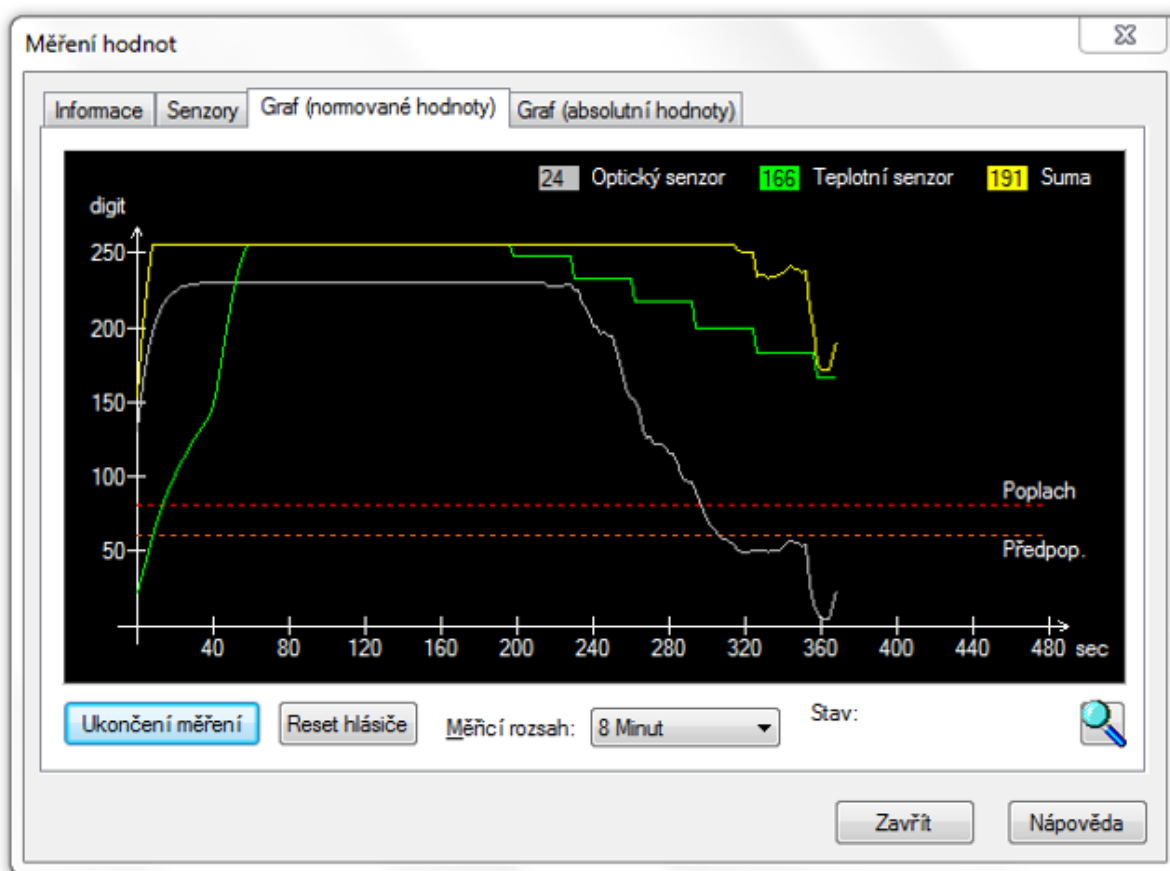
Tabulka 3 Reakce hlásičů požáru v místnosti M1

MÍSTNOST	OZNAČENÍ	VÝROBCE	TYP	ČAS REAKCE [s]
A	1H1A	ESSER	OT-802373	N/A
A	1H2A	VAR-TEC	FDA-739-S	17
B	1H1B	ESSER	O2T-802374	N/A
B	1H2B	VAR-TEC	FDA-739-S	N/A
B	1H3B	JABLOTRON	SD-283ST	N/A

Tabulka 4 Reakce hlásičů požáru v místnosti M2

MÍSTNOST	OZNAČENÍ	VÝROBCE	TYP	ČAS REAKCE [s]
A	2H1A	ESSER	OTG-802473	18
A	2H2A	VAR-TEC	FDA-739-S	17
B	2H1B	ESSER	OTblue-802375	45
B	2H2B	VAR-TEC	FDA-739-S	32
B	2H3B	JABLOTRON	SD-283ST	215

U hlásičů EPS ESSER byla prostřednictvím servisního software Tools 8000 sledována i odezva jednotlivých senzorů multisenzorového hlásiče požáru. Příklad pro multisenzorový hlásič OT-802373 – normované hodnoty v místnosti M1a je na obr. 13.



Obr. WP3-61 OT-802373 – normované hodnoty (místnost M1A)

Vzhledem k podmínkám reálného požáru došlo podle očekávání v průběhu zkoušky k poškození, zničení, resp. výpadkům části použitých snímačů.

Ohledání místa požáru služebním psem PČR-SSKČ na vyhledávání akceleraantů hoření

V rámci velkorozměrového experimentu WP3_4, který se mimo jiné zaměřil na iniciaci požáru pomocí akceleraantů hoření, došlo ve spolupráci PČR OKTE a PČR-SSKČ k nasazení psa na vyhledávání akceleraantů hoření. Následně došlo k odebrání vzorků z míst, které služební pes označil. Dále došlo k použití celkem čtyř detektorů pro měření těkavých látek. Samotný experiment (den zapálení testovacích místností) byl rozdělen do dvou dnů, přičemž první testovací den v první místnosti byl použit tekutý akceleraant Isopropanol (čistící prostředek) a druhý testovací den v druhé místnosti byl použit automobilový benzín BA95.

Iniciace první místnosti (M2)

Místnost byla rozdělena na dvě části. Rozdělení místnosti bylo na prostory M2a („ložnice“) a M2b („obývací pokoj“), kde bylo k zapálení použito celkem 0,5 l Isopropanolu, který simuloval použití akceleraantu hoření. V tomto případě došlo k nalití 0,25 l akceleraantu na postel v prostoru M2a a 0,25 l na pohovku v prostoru M2b. Poté došlo k iniciaci pomocí palníku nejdříve v prostoru M1a a za cca 1 min. došlo k iniciaci v prostoru M2b. Po rozvinutí požáru a zasažení většiny hořlavého materiálu v místnosti došlo k hašení požáru pomocí D proudu. K hašení došlo cca 30 min. po iniciaci v prostoru

M2b. Po uhašení požáru proběhlo odvětrání prostoru pomocí přetlakové ventilace, skenování místnosti a zadokumentování místnosti pomocí fotografií. Po zmíněných úkonech byla místnost natolik chladná a bez zplodin hoření (kouře), že došlo k nasazení služebního psa na vyhledávání akceleraantů. Pes nejprve zaběhl do prostoru M1a, kde provedl vyhledávání akceleraantu pomocí svého čichu. V tomto prostoru pes chybně označil místo, kde došlo k hoření plastové židle, která se nacházela cca 1 m od místa zapálení a použití akceleraantu. Poté zamířil do prostoru M2b, kde za pomocí čichu označil správně místo zapálení (pohovka). Po ohledání místnosti služebním psem došlo k použití detektoru pro detekci těkavých látek. Každý z použitých detektorů měly rozdílně nastavené škály a zaměření na určitý druh těkavých látek. Po proměření místnosti detektory bylo zřejmé, že jedny z nejvyšších hodnot byly nalezeny v místech, které označil služební pes, avšak podobných hodnot se dosahovalo i jinde v místnosti.

Závěrem lze říci, že Isopropanol je vysoce těkavá látka, která v kombinaci s hořením rychle vyprchá/vyhoří a následná detekce s nasazením služebního psa či detektoru těkavých látek je velice obtížná až nemožná. Z místa byly odebrány chemikem od PČR OKTE vzorky z míst, kde došlo k iniciaci požáru a dále z míst, které označil služební pes.

Iniciace druhé místnosti (M1)

Stejně jako místnost testována na Isopropanol, byla i místnost na testování automobilového benzínu BA95 rozdělena na dva prostory. Konkrétně na prostor M1a („ložnice“) a prostor M1b („obývací pokoj“). V případě tohoto testování bylo použito 1 l benzínu, kdy 0,5 l bylo použito na postel v prostoru M1a a 0,5 l na pohovku v prostoru M1b. K iniciaci došlo také pomocí palníku, kdy iniciována byla postel a cca 10 s poté pohovka. K hašení následného požáru došlo po cca 19 min. od iniciace pohovky. Poté proběhla dokumentace místnosti a po ní ohledání služebním psem. V případě této místnosti došlo pouze k lokálnímu požáru v místě iniciace v prostoru M1a, kde došlo k částečnému zasažení postele s kobercem, kde byl použit akceleraant a dále pouze k tepelnému namáhání ostatního vybavení prostoru. V druhém prostoru došlo k zasažení plamenným hořením téměř celého vybavení. Po dostatečném ochladnutí místnosti a zbavení zplodin hoření, došlo k ohledání místnosti služebním psem. Služební pes stejně jako v předešlé místnosti nejdříve zaběhl ohledat prostor M1a, kde správně označil místo iniciace (postel) a následně zamířil do prostoru M1b, kde také správně označil místo použití akceleraantu (pohovka). Po ohledání místnosti služebním psem byly na ohledání nasazeny detektory pro detekci těkavých látek.

Veškeré výsledky experimentů v rámci WP3 byly k dispozici pro potřeby WP1 a zejména WP4.



Příloha A Laboratorní protokol

**HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR
MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE**

700 30 Ostrava-Zábřeh, Výškovická 40



Č.j. HSOS-491-16/2022
Vyřizuje: mjr. Ing. Jitka Rojíčková
Tel.: 950729101
E-mail: jitka.rojickova@hzsmk.cz

Frenštát p. R. 17. srpna 2022
Počet listů: 4
Přílohy: 2/8
PID: HZSTX00E7XKO

Vysoká škola báňská Technická universita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 630/13
700 30 Ostrava - Výškovice
pro Prof. Dr. Ing. Aleše Dudáčka

Laboratorní protokol - č. 16/2022
o neakreditované zkoušce

Vzorky: 20221601 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C1
20221602 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R1
20221603 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C2
20221604 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R2
20221605 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C3
20221606 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R3
20221607 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C4
20221608 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R4
20221609 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C5
20221610 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R5
20221611 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C1
20221612 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R1
20221613 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C2
20221614 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R2
20221615 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C6
20221616 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R6
20221617 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C7

Tel.: +420 950 730 011

ID DS: spdaive

Fax: +420 596 750 937

20221618 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R7
20221619 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C8
20221620 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R8
20221621 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C9
20221622 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R9
20221623 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C10
20221624 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R10
20221625 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným
20221626 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným
20221627 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným
20221628 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným
- viz Příloha č. 1

Vzorky odebrány: Ostrava - Vítkovice, areál firmy Vítkovice doprava a. s.

29. června 2022

20221601 - blank
20221602 - blank
20221603 - místnost 1 vchod
20221604 - místnost 1 vchod
20221605 - místnost 1 levý roh místnosti
20221606 - místnost 1 levý roh místnosti
20221607 - místnost 1 lůžko
20221608 - místnost 1 lůžko
20221609 - místnost 1 střed místnosti
20221610 - místnost 1 střed místnosti
20221625 - místnost 1 vchod
20221626 - místnost 1 lůžko

30. června 2022

20221611 - místnost 1 lůžko
20221612 - místnost 1 lůžko
20221613 - místnost 1 střed místnosti
20221614 - místnost 1 střed místnosti
20221615 - blank
20221616 - blank
20221617 - místnost 2 vchod



20221618 - místnost 2 vchod
20221619 - místnost 2 lůžko
20221620 - místnost 2 lůžko
20221621 - místnost 2 střed místnosti
20221622 - místnost 2 střed místnosti
20221623 - místnost 2 levý roh místnosti
20221624 - levý roh místnosti
20221627 - místnost 2 vchod
20221628 - místnost 2 lůžko

- viz Příloha č. 2

Vzorky odebral: por. Bc. Michaela Lysová, kpt. Ing. Miroslava Lichnovská

Vzorky převzal: kpt. Ing. Miroslava Lichnovská, dne 30. června 2022

Analýza provedena ve dnech: 1. - 7. července 2022

Analýzu provedl: kpt. Ing. Miroslava Lichnovská, por. Bc. Michaela Lysová

VÝSLEDKY ANALÝZY:

I. Chemický rozbor

1. GC-MS analýza

Byla provedena analýza na plynovém chromatografu s hmotnostní detekcí - systémy Agilent Technologies, v. č. CN117473164.

2. Spektrální analýza:

Bylo provedeno stanovení koncentrace kyanidů ve vodě spektrofotometricky (metoda pyridin-pyrazolon) a přepočtem byla stanovena koncentrace kyanovodíku v ovzduší.



ZÁVĚR:

Na základě provedené analýzy vzorků odebraných na SPME vlákna lze konstatovat, že ve všech vzorcích byly zjištěny organické látky, které lze očekávat na požářišti, jako jsou alifatické uhlovodíky (heptan), cyklické uhlovodíky (inden), aromatické uhlovodíky (toluen, ethylbenzen, styren, benzofuran), polycyklické aromatické uhlovodíky (naftalen, bifenyl, acenaftilen, acenaften, fluoren), hydroxyderiváty (fenol, methylfenol, kresoly), aldehydy (benzaldehyd, nonanal, dekanal), ketony (aceton, methylvinylketon, acetofenon), akryláty (methylmethakrylát, methakrolein), dusíkaté sloučeniny (benzonitril, methoxy-fenyloxim).

Kromě těchto byly ve vzorku obsaženy ještě další látky, které nebylo možno určit, jelikož míra pravděpodobnosti identifikace byla menší než 80%.

Koncentrace kyanovodíku ve vzorcích ovzduší jsou uvedeny v tabulce. Nejvyšší přípustné koncentrace a přípustné expoziční limity dle přílohy č. 2 Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. pro kyanovodík jsou uvedeny v dolní části tabulky.

vzorek	koncentrace HCN mg/m ³	koncentrace HCN ppm
20221625	0,1	0,1
20221626	0,8	0,7
20221627	1,6	1,4
20221628	0,6	0,5
NPK-P	5	4,5
PEL	1	0,9

Hasičský záchranný sbor
Moravskoslezského kraje
Chemická laboratoř
744 01 Frenštát pod Radhoštěm
1

mjr. Ing. Jitka Pikulíková
vedoucí CHL HZS MSK

V. X. Jitka

Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky. Laboratoř zodpovídá pouze za výsledky zkoušek vzorku ve stavu, ve kterém byl laboratoři dodán.

Protokol o zkoušce nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře reprodukován jinak než celý.



Obr. 1





Obr. 2





Obr. 3





Obr. 4





Protokol o odběru vzorků

Identifikační označení události	Expertiza 16//2022
Plán odběru vzorků č.	2/2022 (ústní)
Charakteristika události	Velkorozměrový experiment WP3_1 VŠB-TU Ostrava
Žadatel	Prof. Dr. Ing. Aleš Dudáček
Vzorky odebral	por. Bc. Michaela Lysová, kpt. Ing. Miroslava Lichnovská
Ostatní osoby přítomné odběru	-
Datum a čas odběru	29. června 2022, 14:50 až 16:00 Vzorky 20221601 - 20221610, 20221625 a 20221626 30. června 2022, 11:00 - 15:20 Vzorky 20221611 - 20221624, 20221627 a 20221628
Místo a body odběru	Ostrava - Vítkovice, 49.8189619N, 18.2626925E 20221601 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C1 - blank 20221602 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R1 - blank 20221603 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C2 - místnost 1 vchod 20221604 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R2 - místnost 1 vchod 20221605 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C3 - místnost 1 levý roh místnosti 20221606 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R3 - místnost 1 levý roh místnosti 20221607 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C4 - místnost 1 lůžko 20221608 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R4 - místnost 1 lůžko 20221609 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C5 - místnost 1 střed místnosti 20221610 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R5 - místnost 1 střed místnosti 20221611 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C1 - místnost 1 lůžko 20221612 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R1 - místnost 1 lůžko 20221613 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C2 - místnost 1 střed místnosti 20221614 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R2 - místnost 1 střed místnosti 20221615 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C6 - blank 20221616 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R6 - blank 20221617 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C7 - místnost 2 vchod 20221618 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R7 - místnost 2 vchod 20221619 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C8 - místnost 2 lůžko 20221620 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R8 - místnost 2 lůžko 20221621 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C9 - místnost 2 střed místnosti 20221622 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R9 - místnost 2 střed místnosti 20221623 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C10 - místnost 2 levý roh místnosti 20221624 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R10 - levý roh místnosti 20221625 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným - místnost 1 vchod 20221626 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným - místnost 1 lůžko



Příloha č. 2

	20221627 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným - místnost 2 vchod 20221628 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným - místnost 2 lůžko
Vzorkovaný materiál	Ovzduší.
Celkový počet odebraných vzorků	28
Identifikační označení, specifikace a velikost vzorků	20221601 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C1 - blank 20221602 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R1 - blank 20221603 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C2 20221604 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R2 20221605 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C3 20221606 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R3 20221607 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C4 20221608 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R4 20221609 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C5 20221610 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R5 20221611 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C1 20221612 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R1 20221613 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C2 20221614 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R2 20221615 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C6 - blank 20221616 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R6 - blank 20221617 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C7 20221618 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R7 20221619 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C8 20221620 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R8 20221621 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C9 20221622 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R9 20221623 - SPME terénní vzorkovač Carboxen C10 20221624 - SPME terénní vzorkovač PDMS/DVB R10 20221625 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným 20221626 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným 20221627 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným 20221628 - promývačka plynů s 0,1 M hydroxidem sodným
Technický popis postupu odběru	Vzorky 20221601, 20221602, 20221615, 20221616 blank - vlákno neexponováno. Vzorky 20221603 - 20221614 a 20221617 - 20221624 pasivní odběr ovzduší po dobu 60 minut. Vzorky 20221625 - 20221628 odběr ovzduší čerpadlem napojeným na promývačku plynů naplněnou 5 ml 0,1 M hydroxidu sodného po dobu 60 minut rychlostí 100 ml/min.
Vizuální a senzorický popis vzorků	-



Příloha č. 2

Teplota vzorku při odběru	29. 6. 2022 30°C 30. 6. 2022 30°C
Meteorologická situace v místě odběru	-
Výsledky měření v terénu	Gastec detekční trubička na kyanovodík bez odezvy.
Vzorkovnice	-
Úprava vzorku (homogenizace, konzervace, filtrace apod.)	Nebyla provedena.
Ostatní okolnosti odběru	Žádné.
Uchovávání a doprava	V chladničce, osobní automobil.
Kontrola jakosti	Blank - terénní SPME vzorkovače bez expozice.
Odchylky od plánu odběru vzorků	Žádné.
Celkový počet předaných vzorků	28
Požadavky na analýzu	Zjistit, které organické sloučeniny jsou v ovzduší na požářišti po uhašení požáru. Zjistit, zda je na požářišti přítomen kyanovodík a v jaké koncentraci.
Protokol o zkoušce zaslat (komu) do termínu	Prof. Dr. Ing. Aleš Dudáček
Další požadavky	Žádné.
Přílohy protokolu	Žádné.
Poznámky přebírající laboratoře:	-
Vzorky předal - - datum: - jméno: - funkce: - podpis:	30. 6. 2022 por. Bc. Michaela Lysová technik CHS CHL 
Vzorky převzal - - datum, čas: - jméno: - funkce: - podpis:	30. 6. 2022 kpt. Ing. Miroslava Lichnovská technik CHS CHL 



Obr. 1





Příloha B Protokol PČR ke zkoušce v roce 2024



Pomáhat a chránit

POLICIE ČR - KRAJSKÉ ŘEDITELSTVÍ POLICIE MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE
ODBOR KRIMINALISTICKÉ TECHNIKY A EXPERTIZ

Frýdek-Místek 9. července 2024

Počet stran: 2

Přílohy: 11x chromatogram

Hasičský záchranný sbor
Krajské ředitelství Moravskoslezského kraje
Pracoviště zjišťování příčin požárů
Výškovická 40, Ostrava-Zábřeh 700 30

K rukám Ing. Jakuba Bacy

Věc: výsledky analýz vzorků zajištěných v rámci velkorozměrového experimentu WP3_4

Ve dnech 29.5.2024 a 30.5.2024 byl v budově bývalých laboratoří v areálu Vítkovice doprava a.s. v objektu S10 proveden velkorozměrový experiment WP3_4, jehož organizátorem byla VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, kterého se účastnili také pracovníci Krajského ředitelství policie Moravskoslezského kraje, Odboru kriminalistické techniky a expertiz (OKTE) a Oddělení služební kynologie, Skupiny speciálních kynologických činností.

K iniciaci modelových požárů bylo užito těkavých hořlavých látek. V případě prvního experimentu v místnosti M2 (307) byl použit izopropylalkohol (IPA) a v případě druhého experimentu v místnosti M1 (308) byl použit automobilový benzín. Po uhašení požárů a jejich odvětrání následovala dokumentace místností a ohledání In situ zástupci participujících pracovišť.

Požářiště byla ohledána za účasti psovoda se psem – specialistou na vyhledávání akceleračních a dále s využitím PID detektorů. Takto byla nalezena ložiska s možným výskytem akceleračních hoření, u kterých bylo možné předpokládat přítomnost použitého izopropylalkoholu nebo benzínu. Tato ložiska byla očíslována a za účelem analýz na OKTE z nich byly odebrány vzorky do skleněných chemických konzerv.

Vzorky byly zkoumány pomocí metod extrakce na povrchové aktivní mikrovrstvě ve spojení s kapilární plynovou chromatografií a hmotnostní spektrometrií (GC/MSD) na přístroji Agilent 7890B/5977B a Agilent 6890/5973, a to ve dnech od 30.5.2024 do 3.6.2024. Výsledky analýz pro jednotlivé místnosti a ložiska s možným výskytem akceleračních hoření jsou následující:

Místnost M2 (307)

Ve **vzorku č. 1** **nebyla** provedenou analýzou přítomnost IPA **zjištěna**.

Ve **vzorku č. 2** **nebyla** provedenou analýzou přítomnost IPA **zjištěna**.

Ve **vzorku č. 3** byla zjištěna přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá pyrolýze (tepelné dekompozici) polypropylenu. Přítomnost IPA **nebyla** provedenou analýzou **zjištěna**.

Ve **vzorku č. 4** byla zjištěna přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá zejména pyrolýze plastů, v tomto případě pravděpodobně polypropylenu a polystyrenu. Přítomnost IPA **nebyla** provedenou analýzou **zjištěna**.

Ve **vzorku č. 5** byla zjištěna přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá zejména pyrolýze plastů, v tomto případě pravděpodobně polypropylenu a polystyrenu. Přítomnost IPA **nebyla** provedenou analýzou **zjištěna**.

Místnost M1 (308)

Ve **vzorku č. 1** **byla** provedenou analýzou **zjištěna** přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá částečně odpařenému automobilovému benzínu.

Ve **vzorku č. 2** **byla** provedenou analýzou **zjištěna** přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá částečně odpařenému automobilovému benzínu.

Ve **vzorku č. 3** byla provedenou analýzou zjištěna přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá pyrolýze plastů, avšak koncentrace a složení směsi těchto látek neumožňuje bližší určení pyrolyzovaných materiálů. Přítomnost benzínu **nebyla zjištěna**.

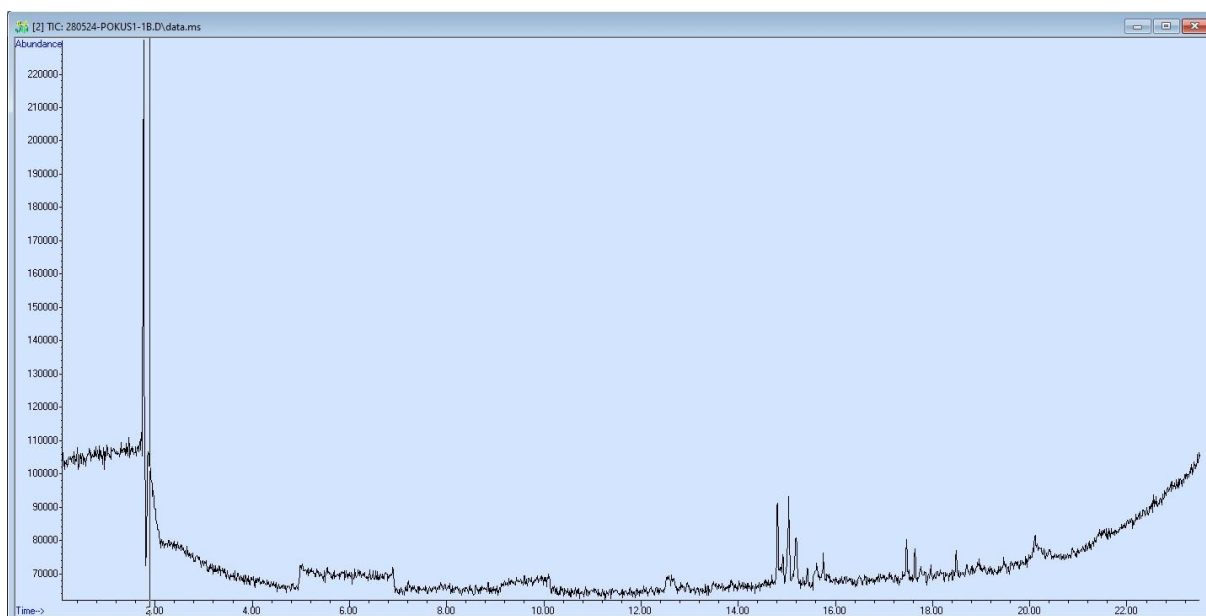
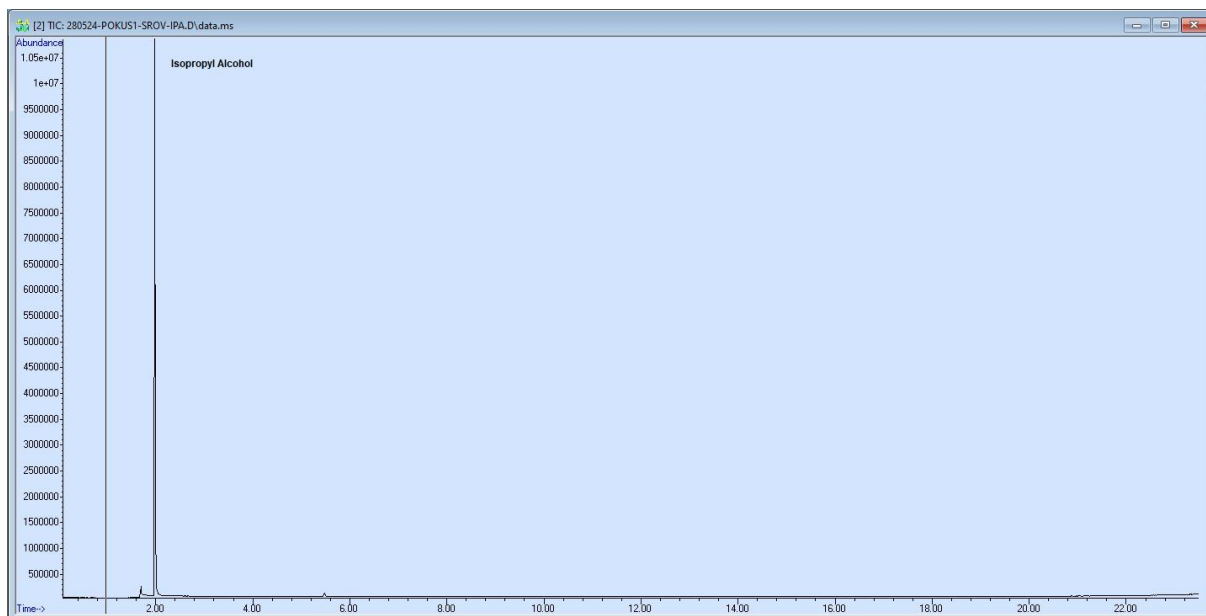
Ve **vzorku č. 4** byla provedenou analýzou zjištěna přítomnost směsi těkavých hořlavých látek, která svým složením odpovídá pyrolýze plastů, avšak koncentrace a složení směsi těchto látek neumožňuje bližší určení pyrolyzovaných materiálů. Přítomnost benzínu **nebyla zjištěna**.

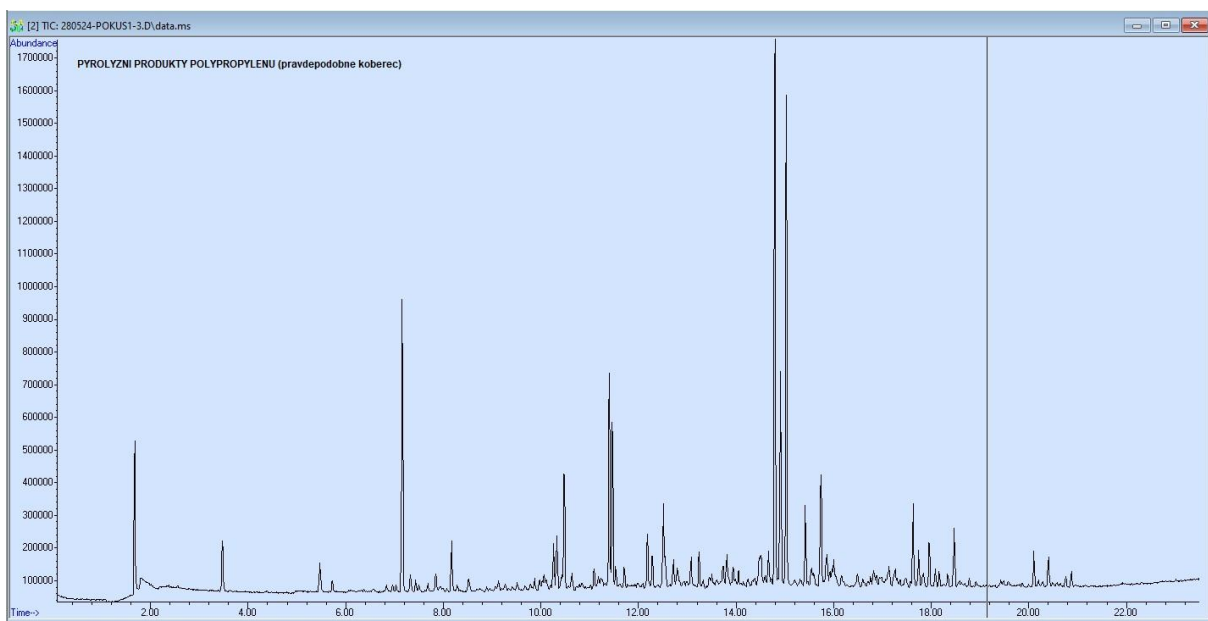
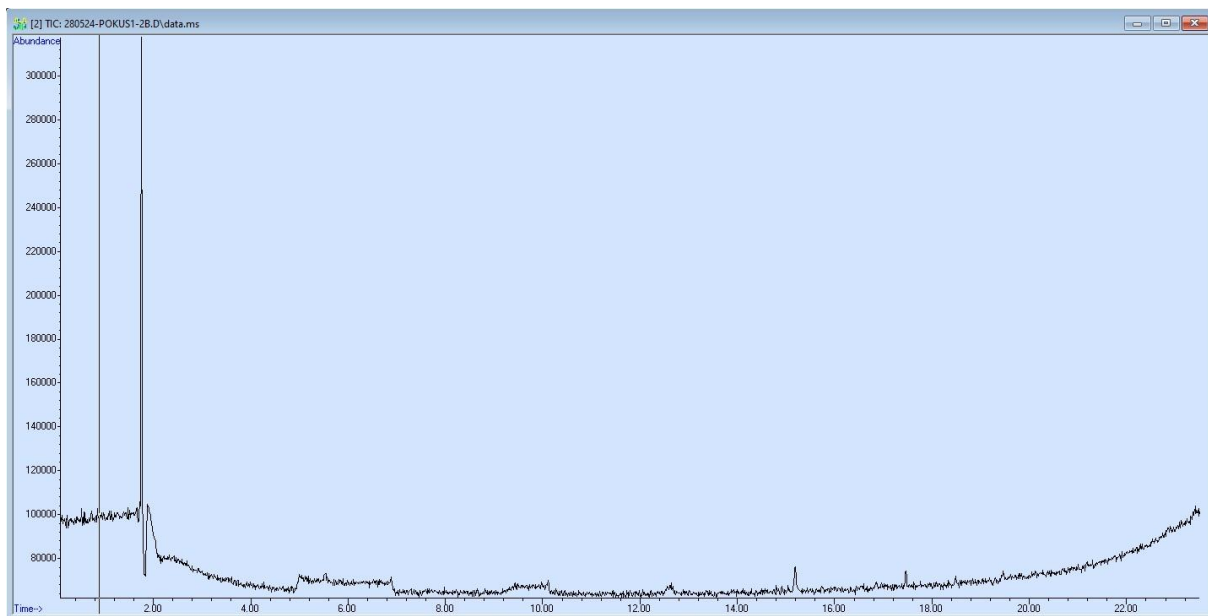
Chromatografické záznamy jsou přílohami tohoto dokumentu. Přiloženy byly rovněž chromatografické záznamy IPA a benzínu.

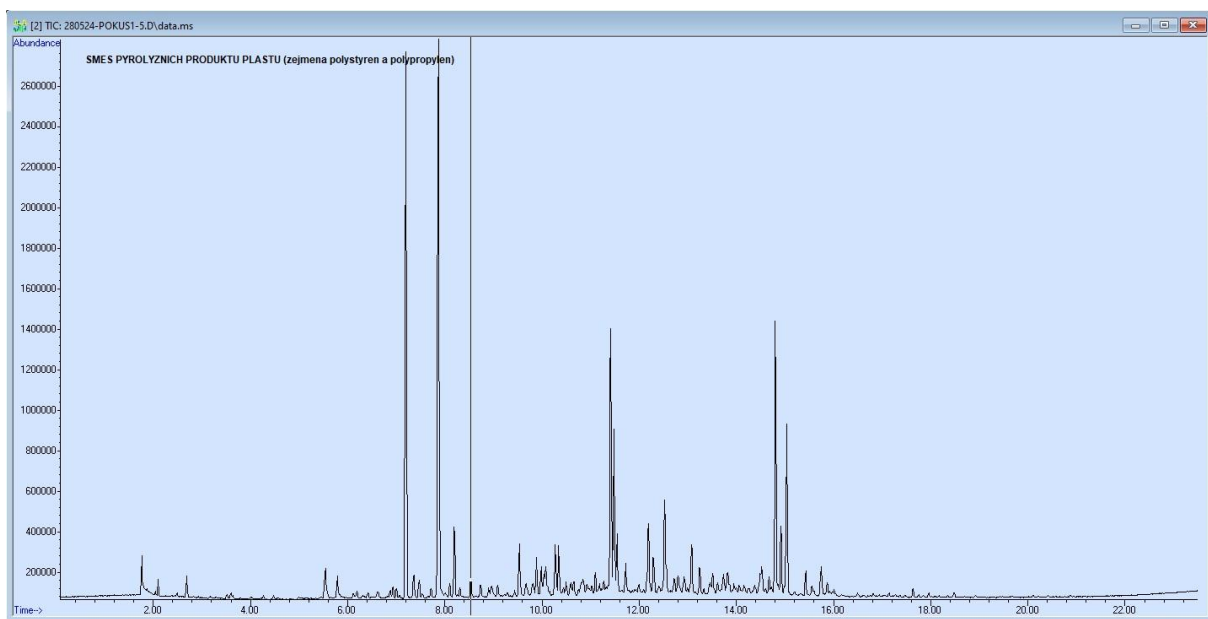
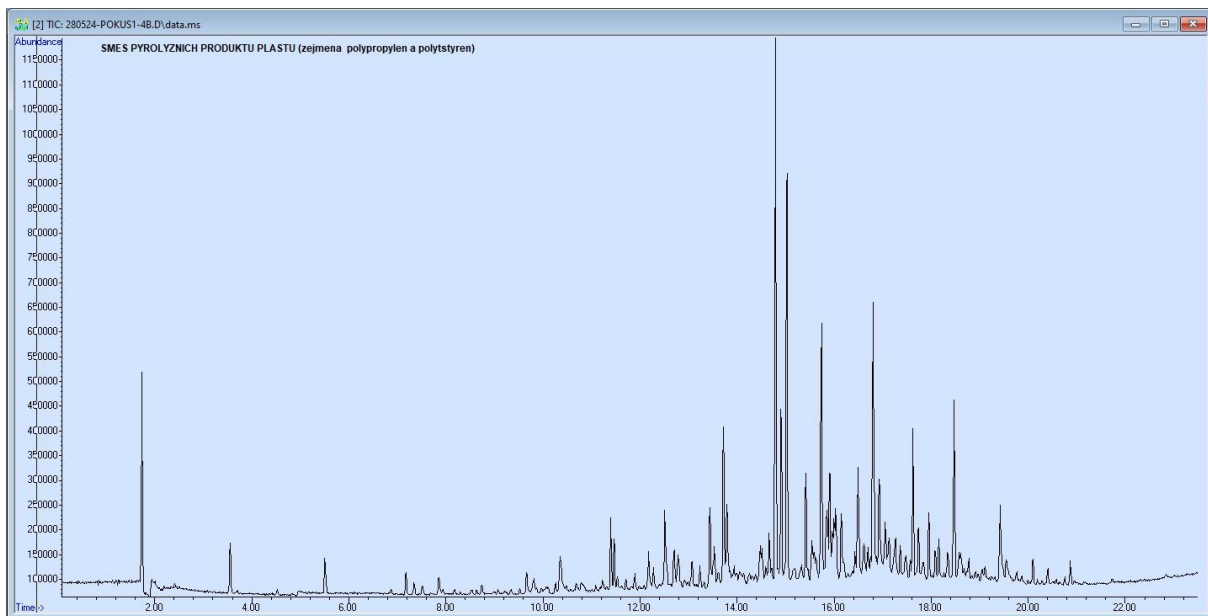
Směsi těkavých hořlavých látek, které byly ve vzorcích zjištěny, jsou zcela běžně uvolňovány při tepelné dekompozici plastových materiálů nacházejících se na pozadí požárem zasažených objektů (například polypropylen z koberců či některých plastových nádob, polystyren z izolací, boxů či plastového nádobí, polyvinylchlorid z podlahových krytin).

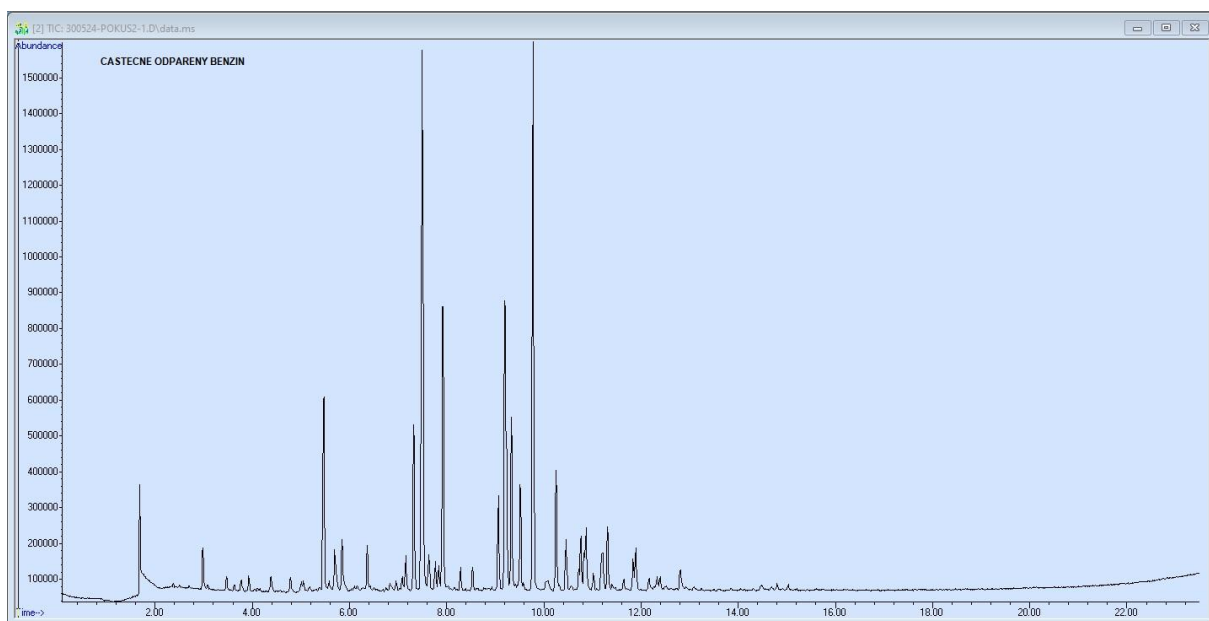
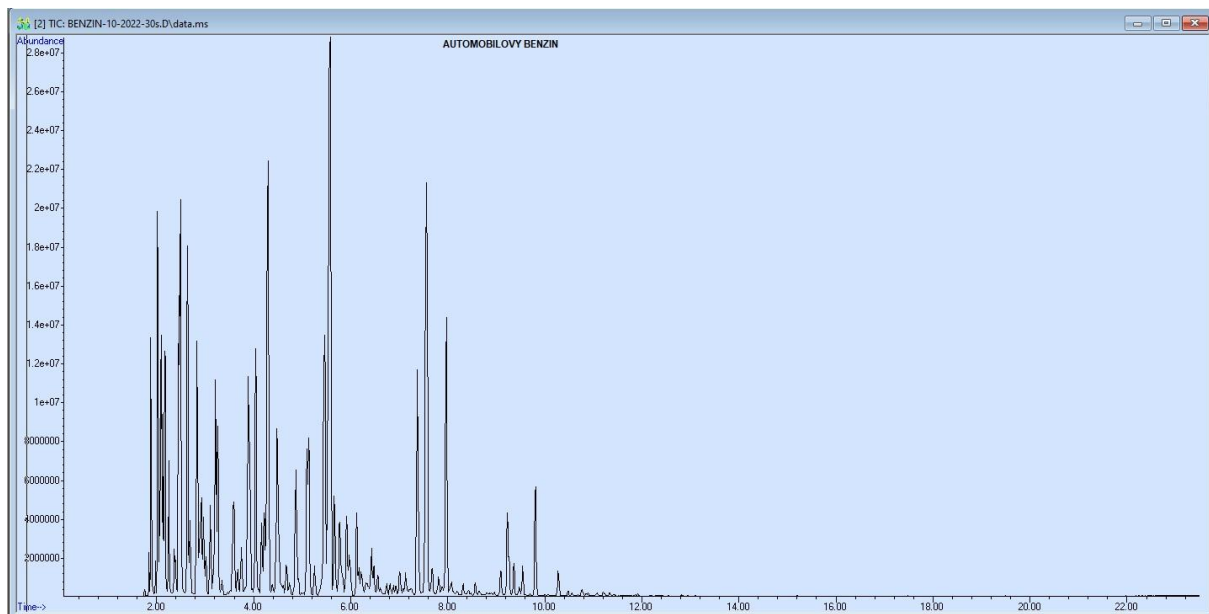
zpracoval:

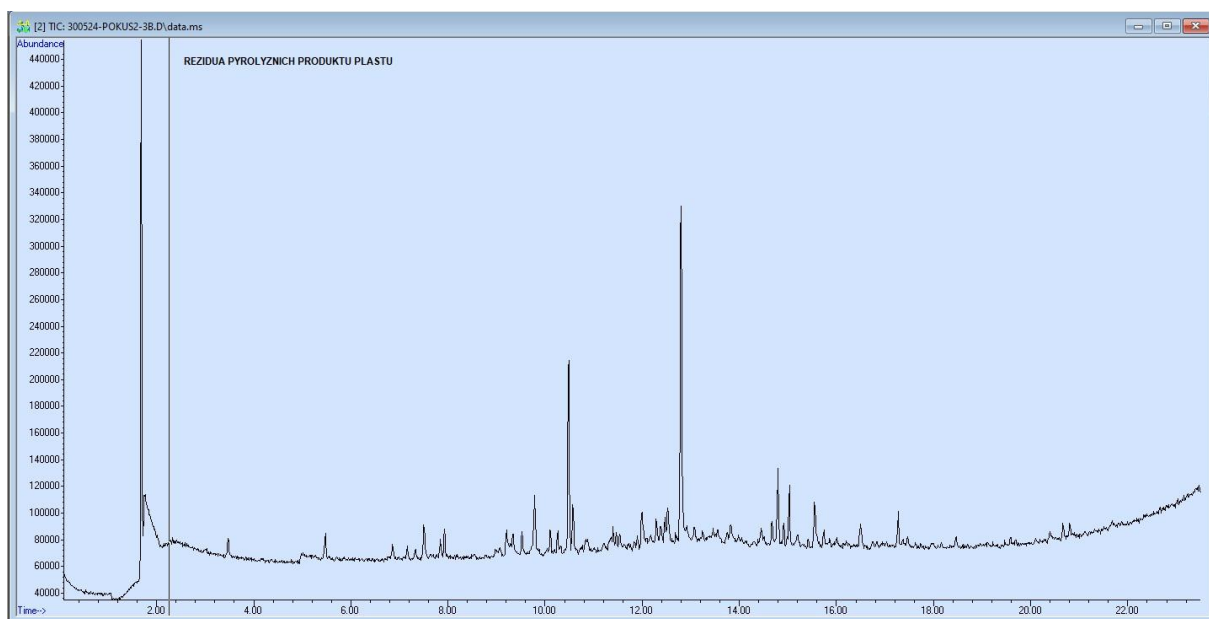
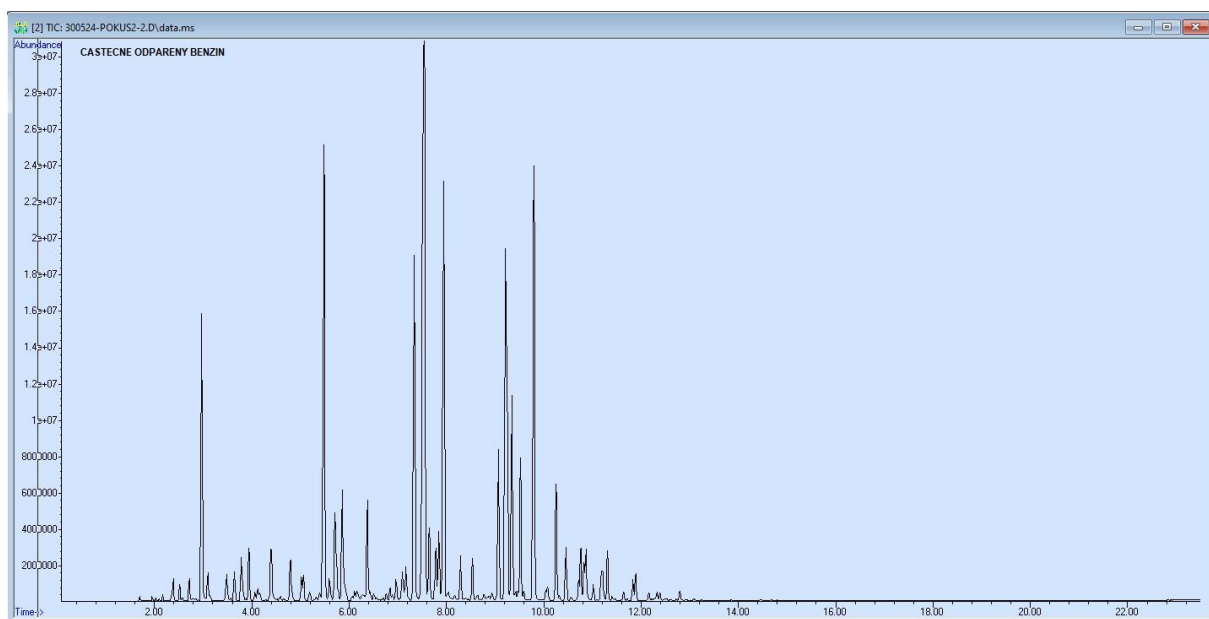
kpt. Ing. Radim Kříkava
vrchní komisař

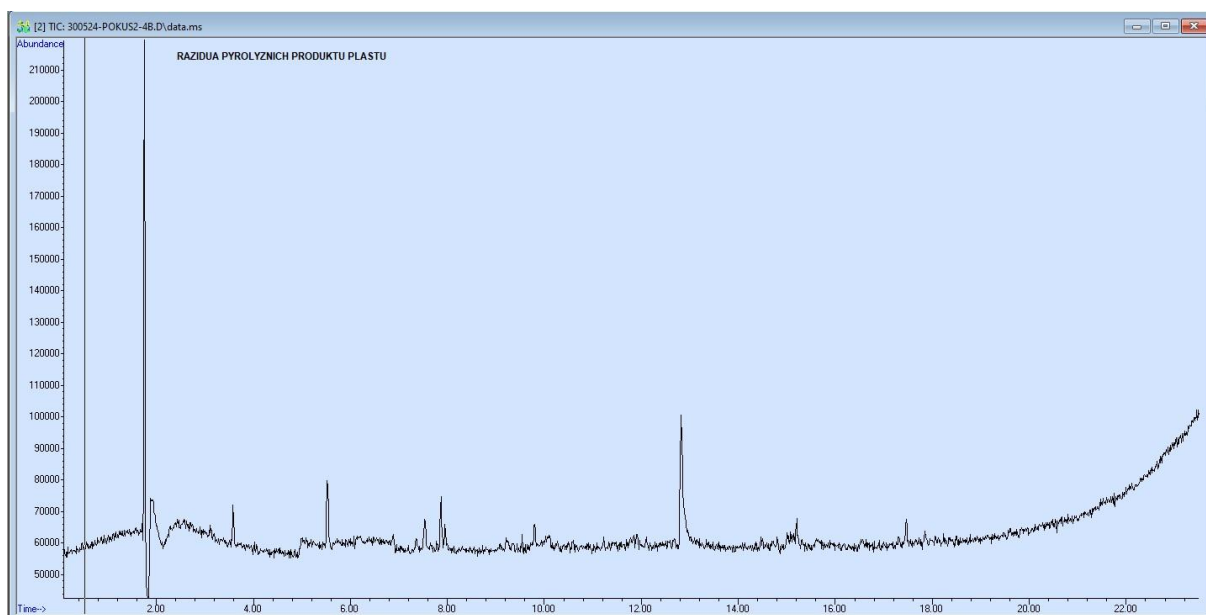












WP4. Simulace průběhu požáru a pohybu osob

Stanovení postupů a způsobů využití simulace průběhu požáru včetně vlivu vysokých teplot na různé druhy konstrukcí a simulace pohybu osob v zasaženém prostoru pro účely rekonstrukce požáru a ověření platnosti možných hypotéz o jeho průběhu na základě údajů zjištěných na místě požáru, popř. ze zpráv o zásahu, svědeckých výpovědích. Výstupy z uvedené části budou sloužit jako podklad:

- pro metodiku pro zajištění efektivního procesu zjišťování příčin vzniku požárů,
- pro souhrnnou zprávu z projektu.

Očekávané propojení s ostatními WP:

- WP1 – podpora postupů v rámci procesu vyšetřování pro zajištění důkazních materiálů in situ,
- WP2 – využití naměřených vstupních dat pro potřeby modelování požáru,
- WP3 – informativní odhad rozvoje požáru velkorozměrových zkoušek, validace výsledků velkorozměrových zkoušek.

Dle harmonogramu projektu je řešení WP4 plánováno na období 03.2021 až 10.2024.

WP4 zahrnuje čtyři dílčí části a to:

- WP4-1 Simulace šíření požáru stavebních objektů – 03.2021 až 06.2022
- WP4-2 Simulace šíření požáru otevřených technologických zařízení – 07.2022 až 12.2023
- WP4-3 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 01.2023 až 10.2024
- WP4-4 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 01.2024 až 10.2024

Harmonogram řešení WP4 za období projektu je následující:

Aktivita	2021												2022												2023												2024												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
WP4-1																																																	
WP4-2																																																	
WP4-3																																																	
WP4-4																																																	

Současný stav řešení

1. VA / WP4 – Uplatnění počítačové simulace pro zjišťování příčin požáru (03. až 06.2022)

Analýza současného stavu poznání se stanovením využití počítačové simulace pro rekonstrukci šíření požáru uvnitř i vně stavebního objektu pro ověřování platnosti hypotéz o jeho průběhu pro potřeby zjišťování příčin požáru. Analýza vychází z možnosti stanovit (popř. podpořit):

- *rozbor rozvoje požáru* – porozumění rozvoji požáru prostřednictvím počítačové simulace,
- *časovou analýzu požáru* – využití počítačové simulace jako nástroje pro objektivní analýzu časové osy rozvoje požáru,
- *vizualizaci průběhu požáru* – možnost přenosu výstupů z počítačové simulace (např. 3D vizualizace),
- *testování hypotéz* – simulační modely jako objektivní prostředky pro ověření hypotéz.

Probíhá zpracování rešerše, jejímž cílem je nalezení informací týkající se využití nástrojů matematického modelování v oblasti zjišťování příčin požáru. Tyto informace roztrždit podle zvolených kritérií a vyvodit z nich závěry týkající se výpočtových možností a potřeby vstupních dat současných matematických modelů.

Pro zpracovávanou rešerši jsou položeny následující výchozí otázky:

- Používají se matematické modely (v našem případě pravděpodobně pouze „výpočtové softwary“) v oblasti ZPP v ČR nebo kdekoli v zahraničí?
- Pro jaké aplikační směry se používají?
- Jaké druhy modelů (softwarů) se používá?
- Jaká vstupní data jsou nutná?
- Jaké druhy výsledků poskytují?
- Jaká je dostupnost a cenová náročnost těchto nástrojů?
- Jaká je časová náročnost výpočtů a nutná odbornost řešitelů?

Shrnutí získaných informací k simulaci šíření požáru stavebních objektů

Techniky matematického modelování poskytují vyšetřovateli požáru nástroje pro testování hypotéz týkajících se místa vzniku a příčiny požáru/výbuchu a příčiny výsledného poškození majetku nebo zranění osob. Historicky byly k zjišťování příčin požáru používány znaky, které požár v místě zanechal. Při použití počítačových nástrojů je možné výsledky porovnat se znaky z místa požáru. Použití matematického modelování pro účely vyšetřování po požáru závisí na rozsahu zadání vyšetřovatele, konkrétním incidentu a praktickém účelu vyšetřování. K dokončení analýzy může být zapotřebí speciální odborník se zkušenostmi v s modelováním požárů.

Matematické modelování (počítačové požární modely) má svá určitá omezení a předpoklady, které je třeba vzít v úvahu. Modely se obecně spoléhají na empirická data a jsou validovány porovnáním s jinými empirickými daty. Je třeba zajistit, aby byl model používán s náležitým ohledem na jeho omezení, předpoklady a validaci. I když k testování hypotéz lze výpočetní modely použít, modely by neměly být používány jako jediný základ určení příčiny vzniku požáru. Při výběru matematického modelu pro použití při ověřování hypotéz je nutné posoudit rozsah platnosti modelu, jeho použitelnost, základ modelu, současně s ohledem na verifikaci a validaci modelu.

Vstupy do matematických modelů podléhají nejistotám, které by měly být brány v úvahu při hodnocení výsledky modelu. Měl by být posouzen vliv nejistot vstupu na výsledky modelu pomocí analýzy citlivosti. Nejistoty v modelových vstupech jsou výrazně vyšší, pokud nebyly ve spojení s vybraným modelem vyvinuty standardizované metody pro stanovení vstupů. Jiné zdroje nejistoty ve vstupech mohou vyplývat z použití obecných údajů z hasičské literatury nebo z použití vzorových materiálů pro experimentální stanovení vstupů modelu. Výsledky matematických modelů podléhají nejistotám vyplývajícím z aproximací provedených v rámci modelu. Při testování hypotéz je třeba vzít v úvahu nejistoty zavedené aproximacemi modelování. Informace o nejistotách modelování jsou obvykle obsaženy v dokumentech o validaci a verifikaci (V & V). Další srovnání výsledků modelu s relevantními existujícími experimentálními výsledky může být užitečné pro další stanovení V & V základů modelu pro použití při vyšetřování.

Údaje o místě požáru požadované pro modelování a další ověřování příčin požáru, obvykle získané vyšetřovatelem požáru, se používají k popisu fyzického prostředí požáru. Relevantní data nutná pro modelování zahrnují rozměry konstrukce; druh stavebních materiálů; velikost, umístění a typ paliva; a velikost, umístění a typ zdrojů větrání. Obvykle se doporučuje při vyšetřování místa požáru zpracovat grafický záznam ve 3D s uvedenými rozměry místnosti, umístění a velikosti nábytku a dalších hořlavých materiálů, včetně zakreslení ventilačních otvorů. Neméně důležitou informací pro účely modelování je záznam změn, které nastaly během požáru. Např. náhlá změna ventilačních podmínek nebo zahájení hašení.

Vhodné nástroje pro modelování požáru se jeví CFD modely (např. program Fire Dynamic Simulator) nebo zónové modely (např. CFAST). Tyto modely mohou napomáhat k ověření předpokládané hypotézy rozvoje požáru podle časových údajů některých jevů při požáru získaných z výpovědi svědků či z doby aktivace EPS/SHZ.

Matematické modely mohou být využity i v oblasti posouzení stavu konstrukcí po požáru, např. k vyšetření zbytkové únosnosti konstrukce po požáru nebo k analýze interakce požárem zasažené konstrukce s okolní požárem neovlivněnou konstrukcí. Tyto postupy vyžadují využití specializovaných softwarových nástrojů (např. Abaqus, Ansys). Řešení těchto softwarových nástrojů je založeno na metodě konečných prvků (MKP). Při posuzování požární odolnosti konstrukcí jsou tyto nástroje využívány pro modelování přestupu tepla do konstrukce, modelování rozvoje tepla v konstrukci a modelování chování konstrukce.

Aktivita WP4 v rámci projektu FING představuje jeden z klíčových pilířů výzkumu v oblasti zjišťování příčin požáru. Jejím cílem je systematické ověření možností využití matematických a výpočetních modelů při rekonstrukci průběhu požárů a následném ověření hypotéz. Jádrem této aktivity je důsledná analýza podmínek a parametrů, za kterých mohou být tyto simulační nástroje důvěryhodným zdrojem podpory pro vyšetřovatele, a to jak ve fázi zajišťování stop, tak při zpětném modelování vývoje požáru a chování osob.

Přístup WP4 se neopírá pouze o teoretické znalosti modelovacích metod, ale také o propojení se skutečnými daty z požárních událostí, zásahových zpráv, výpovědí svědků, měření teplot a toxických zplodin nebo fyzických deformací konstrukcí. Výsledky této aktivity přinášejí metodickou oporu pro aplikaci modelování v praxi, včetně souboru doporučení, jakým způsobem je možné získané poznatky efektivně přenášet do procesu ZPP. V této oblasti je obzvláště důležitá schopnost porozumět vlivu jednotlivých parametrů na vývoj požáru a reakci osob, stejně jako vytvoření modelového prostředí, které bude odpovídat reálné situaci.

Součástí výzkumu byla i snaha propojit simulační modelování s praktickými výstupy využitelnými nejen při rekonstrukci již proběhlých požárních událostí, ale i pro predikci potenciálních rizik a slabých míst ve stavebních objektech nebo technologických zařízeních. V této souvislosti se ukázalo, že matematické modelování může hrát důležitou roli nejen v oblasti zjišťování příčin, ale také v oblasti preventivního plánování a optimalizace zásahových postupů.

Očekávané propojení s ostatními WP byla:

- WP1 – podpora postupů v rámci procesu vyšetřování pro zajištění důkazních materiálů in situ,
- WP2 – využití naměřených vstupních dat pro potřeby modelování požáru,
- WP3 – informativní odhad rozvoje požáru velkorozměrových zkoušek, validace výsledků velkorozměrových zkoušek.

Dle harmonogramu projektu je řešení WP4 plánováno na období 03.2021 až 10.2024.

WP4 zahrnuje čtyři dílčí části a to:

- WP4-1 Simulace šíření požáru stavebních objektů – 03.2021 až 06.2022
- WP4-2 Simulace šíření požáru otevřených technologických zařízení – 07.2022 až 12.2023
- WP4-3 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 01.2023 až 10.2024
- WP4-4 Měření vybraných toxických zplodin ve fázi rozvoje požáru 01.2024 až 10.2024

Harmonogram řešení WP4 za období projektu je následující:

Aktivita	2021												2022												2023												2024											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
WP4-1																																																
WP4-2																																																
WP4-3																																																
WP4-4																																																

Každý z těchto bloků byl řešen samostatně, avšak ve vzájemné návaznosti, přičemž klíčovým prvkem úspěchu bylo rovněž efektivní propojení s dalšími pracovními balíčky, zejména s WP1 (zajištění důkazních materiálů), WP2 (naměřená vstupní data) a WP3 (experimentální validace). Celkový harmonogram byl koncipován tak, aby umožnil postupné nasazení nově získaných poznatků do praxe. Prvotní fáze byly zaměřeny na rešeršní a analytickou činnost, následované aplikací metod na reálné scénáře a tvorbou výpočetních modelů.

Z pohledu managementu aktivit byla důležitá zpětná kontrola výstupů a jejich mezioborová validace, např. konzultace s hasiči, stavebními inženýry, specialisty na bezpečnost osob i odborníky na počítačovou simulaci. Tím bylo zajištěno, že výsledky nejsou pouze teoretickým výstupem, ale že mají přímý dopad na praxi a odpovídají potřebám cílové skupiny uživatelů.

WP4-1 – Simulace šíření požáru ve stavebních objektech

Tato část se zaměřila na rozvoj simulačních metod pro modelování vnitřních požárů – například požár bytu, kanceláře, školy nebo obchodního centra. V rámci úvodní rešerše byla provedena analýza dostupných nástrojů, zónových modelů (např. CFAST) a pokročilých CFD modelů (zejména FDS – Fire Dynamics Simulator). Byly vytvořeny reprezentativní scénáře skutečných požárů s důrazem na strukturu palivového zatížení, rozmístění objektů a ventilaci.

Modely byly kalibrovány podle dokumentovaných událostí. V některých případech byly použity výpovědi svědků, záznamy z EPS nebo SHZ. Výsledky modelů, jako časový průběh nárůstu teploty, výskyt kouře nebo viditelnost, byly porovnávány s údaji ze zásahu. Pro tyto účely bylo využito i fotodokumentace, plánová dokumentace staveb a fotogrammetrie. Důležitým výstupem této části byla tvorba standardizovaného postupu, jak připravit kvalitní vstupní data pro modely, včetně odhadu neznámých parametrů, jako je výchozí množství hořlaviny či stav otevřených dveří a oken.

Vedle samotného modelování byla zpracována metodika určení vstupních údajů z místa požáru, včetně doporučení pro technické vybavení (např. použití 3D skenerů, digitální fotogrammetrie, záznamy o poloze konstrukcí a vybavení).

Byly zpracovány případové studie, které ukazují, jak rozdílné mohou být výsledky při různém nastavení vstupních podmínek. To vedlo k návrhu rozhodovacího diagramu pro výběr vhodného typu modelu a jeho parametrizaci. Tyto poznatky byly následně využity i ve fázi vývoje metodiky WP1.

WP4-2 – Simulace šíření požáru v otevřených technologických celcích

Ve druhé části aktivity WP4 byla pozornost zaměřena na specifické scénáře, ve kterých k požáru dochází v otevřených nebo částečně krytých prostorech. Jedná se o prostředí, která jsou z hlediska modelování výjimečně složitá, zejména kvůli proměnlivým klimatickým podmínkám (vítr, teplota okolí, vlhkost, srážky) a častému nedostatku přesných údajů o počátečních podmínkách.

Cílem bylo vytvořit nástroje umožňující modelovat události jako jsou požáry v průmyslových areálech, na skladištích, v přístavištích, na parkovištích nebo při přepravě nebezpečných látek. Klíčovým předpokladem byla schopnost zavést realistické hranice výpočtového prostoru a modelovat dynamiku proudění vně i uvnitř hořících objektů.

Pro tyto účely byly v prostředí FDS definovány pokročilé vstupní podmínky využívající meteorologická data. Tato data byla buď měřena přímo na místě zásahu, nebo získána z blízkých meteorostanic.

Zvláštní pozornost byla věnována modelům, které zahrnují přítomnost hořlavých kapalin, jako jsou například zásobníky paliv, rozlité chemikálie nebo požáry vozidel. Byly zohledněny specifické jevy jako teplotní stratifikace, tvorba toxických zplodin, sekundární výbuchy či proudění horkých plynů podél terénních překážek. Rovněž bylo testováno spojení CFD modelů s modely explozí a přetlakových účinků.

Na základě několika případových studií bylo potvrzeno, že i velmi složité otevřené scénáře je možné modelovat s vysokou mírou realismu, za předpokladu kvalitního sběru vstupních dat. Výstupy těchto simulací byly konzultovány s odborníky HZS, přičemž zpětná vazba vedla k doplnění specifických doporučení pro dokumentaci otevřených požárů a tvorbu vstupních dat.

WP4-3 – Posouzení vlivu požáru na stavební konstrukce

Třetí klíčová oblast aktivity WP4 se zaměřila na hodnocení odezvy stavebních konstrukcí při působení požáru, což je nezbytné pro rekonstrukci zřícení konstrukcí nebo vzniku poškození, které mohly ovlivnit šíření požáru nebo ohrozit osoby. Cílem bylo identifikovat hranice únosnosti základních typů konstrukcí a ověřit, do jaké míry lze pomocí simulací předvídat jejich selhání.

Pro účely této části byly využity výstupy z požárních simulací (např. rozložení teplot a tepelných toků z modelů FDS), které sloužily jako vstupní data pro strukturální analýzy prováděné v programech ANSYS, SAFIR a ABAQUS. Byly sestaveny detailní modely stavebních prvků – stěn, sloupů, stropních desek, vazníků i spojů. Simulace zohlednily jak přestup tepla vedením a sáláním, tak i degradaci mechanických vlastností materiálů (např. ztrátu pevnosti a tuhosti betonu a oceli při zvýšených teplotách).

Souběžně byly provedeny laboratorní zkoušky malorozměrových i reálných konstrukčních prvků v požární peci, čímž bylo umožněno porovnání teoretických předpovědí s naměřenou odezvou konstrukcí. Kromě teplot a deformací byly sledovány také vznikající trhliny, pokles únosnosti a případný náhlý kolaps. Tento přístup umožnil vytvořit databázi typových scénářů konstrukčních poruch, které lze využít při forenzním hodnocení požárních událostí.

Výsledky ukázaly, že i malá odchylka ve vstupních datech (např. nepřesnost v zatížení nebo orientaci konstrukce) může výrazně ovlivnit výstup modelu. Proto byly do metodiky zahrnuty i prvky pravděpodobnostního hodnocení a doporučení, jak vyjádřit míru nejistoty modelových předpovědí. Výstupy této části byly dále konzultovány s odborníky na statiku a požární bezpečnost staveb, to vedlo k návrhu doporučení pro zajišťování dokumentace konstrukcí po požáru.

WP4-4 – Modelování evakuace a pohybu osob v zasaženém prostoru

Tato závěrečná část pracovní aktivity WP4 se věnuje problematice pohybu osob a evakuace v prostředí zasaženém požárem. Modelování evakuace je zásadní pro porozumění tomu, jak lidé reagují na mimořádné

situace, jak se orientují v prostoru za snížené viditelnosti, v přítomnosti kouře nebo při vysoké psychické zátěži, a jak lze jejich chování předvídat a simulovat pomocí dostupných softwarových nástrojů.

V rámci WP4-4 byly analyzovány rozdíly v reakci osob podle věku, fyzické kondice, znalosti prostředí a stresové zátěže. Simulační prostředí bylo postaveno na softwaru Pathfinder, který umožňuje detailní parametrizaci jednotlivých evakuujících osob, včetně jejich rychlosti, reakční doby, schopnosti rozhodování i vnímání rizik.

Výsledky této části přispěly nejen ke zpřesnění odhadů doby potřebné pro opuštění prostor, ale také k identifikaci kritických míst, kde dochází ke shlukování osob, zpomalování nebo nebezpečnému křížení proudů. Byly navrženy úpravy v návrhu únikových cest a doplnění značení v souladu s výsledky modelových analýz.

Součástí WP4-4 byla i spolupráce s psychologickými a behaviorálními specialisty, jejichž poznatky byly využity při interpretaci rozhodovacích strategií a stanovení parametrů modelu. Výsledky byly diskutovány s pracovníky IZS.

Výsledky a přínosy WP4

Výsledky pracovní aktivity WP4 představují jeden z nejkomplexnějších souborů poznatků, který se v oblasti výpočetního modelování požárů a evakuace dosud v českém prostředí podařilo vytvořit. Zásadním přínosem této aktivity je nejen teoretické a metodické rozpracování, ale především přímá návaznost na praktické potřeby zjišťování příčin požárů a propojení se strukturou výstupní metodiky projektu FING.

Během řešení WP4 vznikly konkrétní výstupy, které jsou plně kompatibilní s postupem uvedeným v metodice „Metodika pro zajištění efektivního procesu zjišťování příčin vzniku požárů“ a mají přímé využití ve fázi analýzy, rozhodování i samotného provádění simulací.

Součástí výstupů WP4 je rovněž soubor doporučených otázek pro zadávání modelů a příklady komunikačních scénářů mezi vyšetřovatelem a modelářem, které se staly základem části „Efektivní spolupráce se specialistou“ v metodice. Vznikl tak most mezi požární praxí a výpočetním inženýrstvím, který umožňuje kvalitní, transparentní a opakovatelnou spolupráci.

Zásadním posunem oproti dřívější praxi je skutečnost, že simulační modely již nejsou využívány pouze jako ilustrativní nástroj, ale stávají se metodicky ukotvenou součástí procesu ZPP. Výsledky WP4 byly testovány na reálných případech a v kombinaci s experimentálními podklady WP3 ověřeny z hlediska přesnosti a spolehlivosti.

Navíc byla v rámci WP4 navázána spolupráce se zahraničními partnery a vznikl návrh pro standardizaci formátu výstupních zpráv z modelování v ZPP. To otevírá cestu k širšímu uznání výsledků modelování v právním rámci a k jejich větší akceptaci v rámci znalecké činnosti.

Závěr

Aktivita WP4 přinesla zásadní posun v tom, jak lze využít výpočetní modelování při zjišťování příčin požárů. Ověřila, že simulační nástroje mohou být spolehlivou oporou nejen při rekonstrukci požáru, ale i při modelování evakuace a ověřování různých hypotéz. Testování proběhlo na reálných případech, což zvýšilo důvěryhodnost výstupů.

Díky propojení dat z místa zásahu s modely se daří zachovat věrohodný obraz celé události. Byly vytvořeny přehledné návody, jak připravit vstupy, zvolit vhodný model a jak výsledky správně vyhodnotit.

WP4 tak nabízí praktický přístup, který pomůže nejen vyšetřovatelům a znalcům, ale i projektantům, hasičům a dalším odborníkům. Její přínos spočívá ve větší přesnosti, lepší srozumitelnosti a lepší použitelnosti výsledků při zásazích, v prevenci i při rozhodování po požáru.