

Zak.č.
Z220230461

POSOUZENÍ POŽÁRNÍ
ODOLNOSTI STAVEBNÍCH
KONSTRUKCÍ
VÍCEÚČELOVÝCH OBYTNÝCH
MODULŮ KOMA,
TYP C3/2023

Hodnocení požární odolnosti podle
ČSN 73 0810

Objednavatel : KOMA MODULAR s.r.o.
Říčanská 1191
763 12 Vizovice

Počet výtisků : 3 + 1 autorský

Praha, prosinec 2023

Obsah :

1. Úvod	. . . . .	3
2. Popis posuzovaných konstrukcí	. . . . .	6
3. Kritéria požární odolnosti podle ČSN a EN norem	. . . . .	18
4. Stručné vyhodnocení provedených zkoušek požární odolnosti		22
5. Teoretické výpočty časových průběhů teplot v průřezích posuzovaných konstrukcí	. . . . .	25
6. Posouzení požární odolnosti konstrukcí popsaných v kapitole 2 znázorněných na obrázcích 1 až 9	. . . . .	28
7. Závěr	. . . . .	35

Příloha :

Výpočty časových průběhů teplot posuzovaných konstrukcí vystavených účinkům požáru - 3 úlohy

1. Úvod

1.1. Předmět posudku

Posudek je proveden na základě požadavku ze dne 21.11.2023 a následně uzavřené Smlouvy o provedení výzkumných a experimentálních prací a odborných posudků mezi objednatelem KOMA MODULAR s.r.o. a zhotovitelem PAVUS, a.s.

Předmětem posudku je posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí víceúčelových obytných modulů KOMA typ C3/2023, které mají z vnitřní strany stěn a stropů obklad z laminované dřevotřísky. Posouzení požární odolnosti je provedeno rozšířením výsledků zkoušek teoretickými výpočty teplotních polí v posuzovaných konstrukcích podle ČSN EN 1991-1-2 a ČSN EN 1993-1-2. Tento postup je v souladu s ČSN 73 0810 čl.4.3.c) a ČSN EN 1363-1 článek A.3 Přílohy A.

Předmětem je posouzení následujících konstrukcí :

1. Obvodová stěna
 - exponovaná normovým požárem z vnitřní strany
 - exponovaná vnějším požárem z vnější strany
2. Vnitřní zdvojená stěna jako požárně dělicí konstrukce
3. Zdvojená stropní konstrukce
4. Střešní konstrukce
5. Ocelové sloupy a nosníky chráněné sádkartonovým obkladem z vnitřní strany situované :
 - a) v nároží samostatného kontejneru
 - b) ve stěně dvou sousedních kontejnerů
 - c) ve stropu a střechy dvou sousedních kontejnerů

1.2. Výchozí podklady

Objednatelem posudku byla poskytnuta tato dokumentace :

- /1/ Výkresy jednotlivých konstrukcí kontejneru typu C3/2023
autor Josef Mikulčík 28.11.2023
- /2/ Průvodní zpráva a statický výpočet sestavy kontejnerů, autor
Ing.Lukáš Kouba, srpen 2015 ; shrnutí využití průřezů (aktu-
alizace), autorka Ing.Regina Pešlová, 31.7.2023
- /3/ Protokol o zkoušce požární odolnosti č.Pr-23-2.019 pro výrobek
Nosná stěna - Stěnová konstrukce víceúčelového obytného
kontejneru KOMA, typ C3/2023, PAVUS Veselí n.L., AO 216,
2023-04-27
- /4/ Expertizní posouzení požární odolnosti nosné stěny typ 2023
víceúčelového obytného modulu KOMA, typ C3, PAVUS, a.s.
zakázka č. Z220230356, 12.9.2023
- /5/ Protokol o zkoušce požární odolnosti č.Pr-04-1.02.109
Stropní a podlahová konstrukce víceúčelového obytného
kontejneru KOMA, PAVUS Veselí n.L., AO 216, 29.9.2004

Dále byla použita tato literatura :

- /6/ ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty
- /7/ ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení
- /8/ ČSN EN 1363-1 Zkoušení požární odolnosti -
Část 1 : Základní požadavky
- /9/ ČSN EN 1363-2 Zkoušení požární odolnosti -
Část 2 : Alternativní a doplňkové postupy
- /10/ ČSN EN 1365-1 Zkoušení požární odolnosti nosných prvků -
Část 1 : Stěny
- /11/ ČSN EN 1365-2 Zkoušení požární odolnosti nosných prvků -
Část 2 : Stropy a střechy
- /12/ ČSN EN 13501-2+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a
konstrukcí staveb -
Část 2 : Klasifikace podle výsledků zkoušek
požární odolnosti kromě vzduchotechnických
zařízení
- /13/ ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí -
Část 1-2 : Obecná zatížení - Zatížení kon-
strukcí vystavených účinkům požáru
- /14/ ČSN EN 1993-1-2 Eurokód 3 : Navrhování ocelových konstrukcí -
Část 1-2 : Obecná pravidla - Navrhování kon-
strukcí na účinky požáru

- /15/ Směrnice pro výpočet požární odolnosti ocelových konstrukcí,
VÚPS Praha 1984, autor Jan Karpaš
- /16/ Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, F.Wald a
kol.(spoluautor Karpaš), publikace ČVUT Praha 2005
- /17/ Ochrana stavebních konstrukcí před požárem systémy KNAUF
dle ČSN EN, katalog firmy Knauf Praha
- /18/ Podklady pro projektování a realizaci staveb CETRIS,
Katalog firmy CIDEM Hranice a.s., divize CETRIS
- /19/ Hodnoty požární odolnosti podle Eurokódů, Bauma, Karpaš,
Kuklík, Zoufal, publikace PAVUS a.s. 2009
- /20/ Model Code on Fire Engineering, publikace ECCS TC 3, May 2001
EUROPEAN CONVENTION FOR CONSTRUCTIONAL STEELWORK (spoluúčast
na tvorbě Karpaš)

2. Popis posuzovaných konstrukcí

Základní nosnou ocelovou konstrukci kontejneru typu C3/2023 tvoří :

- podlahový obvodový rám z ocelových otevřených obdélníkových profilů 100x120x3 mm, délky 2950 mm, který je doplněn příčnými ocelovými nosníky tvaru G 80x3 mm v rozteči 625 mm vyplněný vlnou Climowool DF35 (20,0 kg/m³) ;
- stropní (střešní) obvodový rám z ohýbaných ocelových profilů L 200x45 mm tl.4 mm, délky 2950 mm, s integrovanou rýnou průřezu 40x65x85x112x20 mm tl.2 mm, který je doplněn příčnými ocelovými nosníky C 40x50x72x3 mm v rozteči 1000 mm ;
- čtyři rohové sloupky z ocelových ohýbaných profilů L 162x182 mm tl.5 mm, délky 2680 mm s dvojicí ocelových výztuh 60x30x4 mm.

2.1. Obvodová stěna - viz obr.1

Nosná konstrukce stěny sestává z ocelového rámu, který tvoří :

- svislé sloupy průřezu L 162x182 mm tl.5 mm, délky 2680 mm s dvojicí ocelových výztuh 60x30x4 mm ;
- horní nosník z ohýbaného ocelového profilu L 200x45 mm tl.4 mm délky 2950 mm s integrovanou rýnou průřezu 40x65x85x112x20 mm tl.2 mm ;
- dolní nosník z ohýbaného ocelového profilu 120x100 mm délky 2950 mm ze speciálně prolisovaného C profilu 55x100x120x100x25 mm tl.3,0 mm vyplněný vlnou Climowool DF35 (20,0 kg/m³).

Tyto nosné ocelové prvky jsou k sobě přivařeny.

Stěnová konstrukce sestává ze dvou kusů sendvičových panelů a roštu z hranolů z rostlého smrkového dřeva. Dřevěné panely o rozměrech 1378 x 2680 mm sestaveny z horního a dolního hranolu 80x40 mm. Na vnitřní straně je proveden obklad z laminovaných dřevotřískových desek (DTD) Kronospan PE 110 tl.10 mm a na vnější straně je umístěn ocelový pozinkovaný profilovaný plech tl.0,55 mm s výškou vlny 8 mm. Dutina mezi dřevěným roštem je vyplněna minerálně vláknitou izolací Rockwool Rockton Super o tl.80 mm a objemové hmotnosti 43,0 kg/m³.

Uvnitř rohových nosných ocelových sloupů je vložena odpadní PVC

trubka ϕ 63 mm a izolační pásy ze SDK Knauf RED Piano tl.18,0 mm.

Posuzovaná nosná stěna typ 2023 je shodná se zkušebními vzorky /3/, liší se pouze v úpravě doplnění izolace z kamenné vlny Rockwool Rockton Super tloušťky 100 mm do prostoru dutiny mezi horní část stěny a vodorovnou část stropu/střechy. Touto úpravou je odstraněn tepelný a požární most - viz /4/.

Svislý řez nosnou obvodovou stěnou je patrný z obrázku 1.

2.2. Vnitřní zdvojená stěna - viz obr.2

Vnitřní zdvojená stěna slouží jako požárně dělicí konstrukce mezi dvěma požárními úseky prostorů sousedních kontejnerů. Zdvojená požární stěna sestává ze dvou obvodových stěn popsanych ve výše uvedeném odstavci 2.1. Mezi oběma vnějšími konstrukcemi je vzduchová mezera tl.cca 15 mm která je ve střeše uzavřena gumovým těsněním.

Svislý řez zdvojenou stěnou je patrný z obrázku 2.

2.3. Zdvojená stropní konstrukce - viz obr.3

Zdvojenou stropní konstrukci tvoří strop spodního kontejneru a podlaha horního kontejneru.

a) Podlaha horního kontejneru

Nosná konstrukce podlahy sestává z příčných ocelových ohýbaných nosníků tvaru G 80x3 mm uložených na nosném obvodovém rámu. Jejich osová vzdálenost je 625 mm. Spodní plášť tvoří ocelový pozinkovaný plech tl.0,55 mm na kterém je uložena izolace AUSTROTHERM XPS 30 SF tl.20 mm - Austrotherm GmbH (tř.reakce na oheň E). Mezi příčnými nosníky je vložena izolace z minerální vlny Climowool DF 35 tl.80 mm (20 kg/m^3) - výrobce Climowool - Stavebniny KODRLA. Nad izolací je parotěsná fólie tl. 0,15 mm Jutafol N 110 a podlahové cementotřískové desky CETRIS tl.22 mm (Cidem Hranice, a.s.).

b) Střecha spodního kontejneru

Nosná konstrukce střechy sestává z příčných ocelových ohýbaných nosníků tvaru U 72x3 mm uložených na nosném obvodovém rámu. Jejich osová vzdálenost je 1000 mm. Spodní líc tvoří laminované dřevotřískové desky (DTD) Kronospan PE 110 tl.10 mm uložené na dřevěných příčných hranolech 60x40 mm v osových vzdálenostech max. 670 mm. Připevnění DTD ocelovými vruty 4x45 mm v roztečích 250 mm. Na DTD

je uložena parotěsná fólie tl.0,15 mm Jutafol N 110 a tepelná izolace z minerální vlny Climowool DF 35 tl.(60+40) mm (20 kg/m³) - výrobce Climowool - Stavebniny KODRLA. Střešní krytinu tvoří pozinkovaný ocelový trapézový plech T29 tloušťky 0,63 mm.

2.4.a) Střešní konstrukce REW 15 DP3 - viz obr.4

Popis je shodný s popisem střechy spodního kontejneru uvedeného v odstavci 2.3b).

2.4.b) Střešní konstrukce REI 15 DP3 - viz obr.5

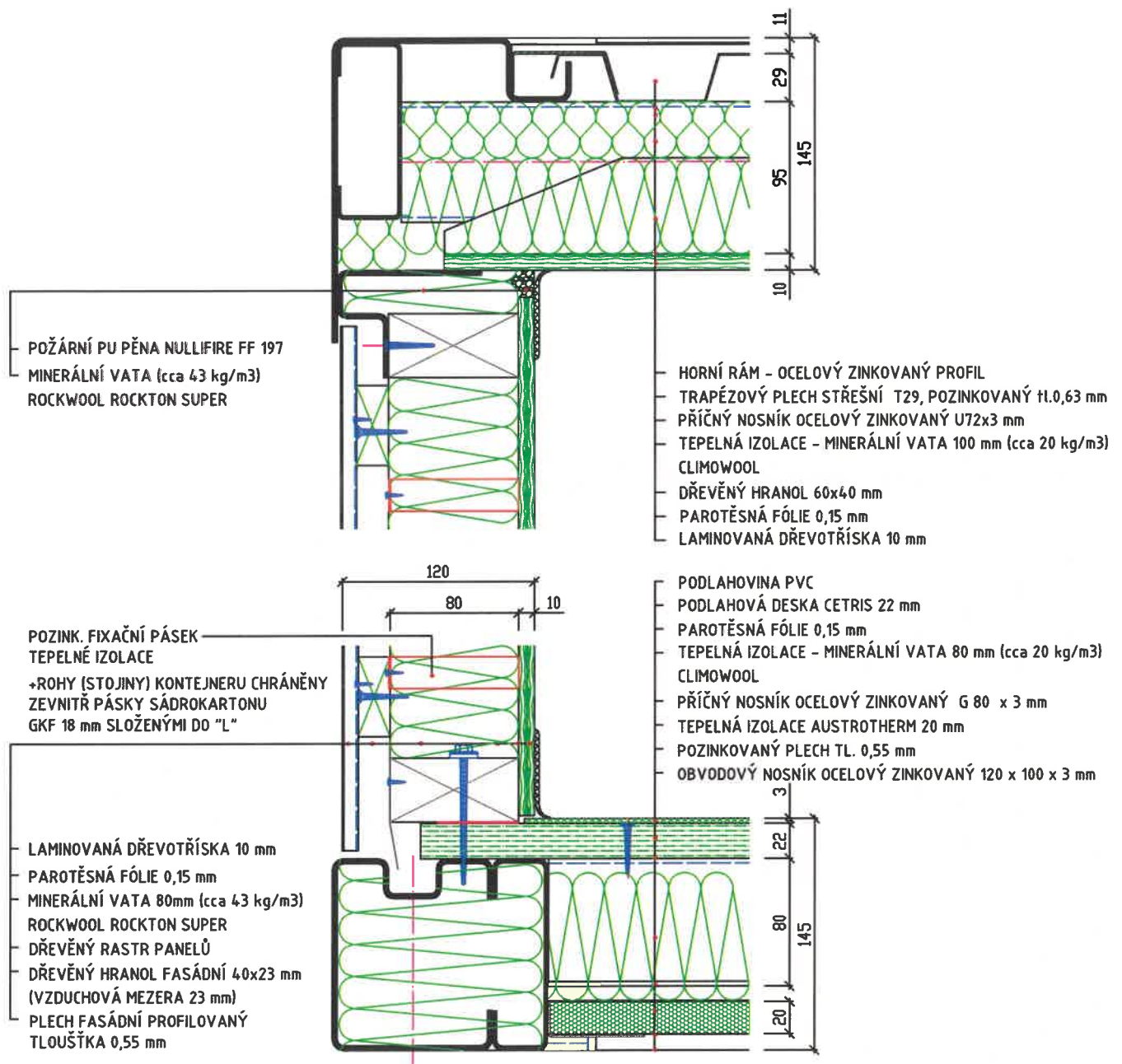
Nosná konstrukce střechy sestává z příčných ocelových ohýbaných nosníků tvaru U 72x3 mm uložených na nosném obvodovém rámu. Jejich osová vzdálenost je 1000 mm. Spodní líc tvoří laminované dřevotřískové desky (DTD) Kronospan PE 110 tl.10 mm uložené na dřevěných příčných hranolech 60x40 mm v osových vzdálenostech max. 670 mm. Připevnění DTD ocelovými vruty 4x45 mm v roztečích 250 mm. Na DTD je uložena parotěsná fólie tl.0,15 mm Jutafol N 110 a tepelná ve dvou vrstvách : Izolace z kamenné vlny Rockwool Rockton Super tloušťky 60 mm + izolace z minerální vlny Climowool DF 35 tloušťky 40 mm. Vrstvy tepelné izolace před vypadnutím zajišťují ocelové pozinkované fixační pásy (0,55x20) mm v rozteči 300 mm. Střešní krytinu tvoří pozinkovaný ocelový trapézový plech T29 tloušťky 0,63 mm.

2.5. Nosná ocelová konstrukce samostatně chráněná

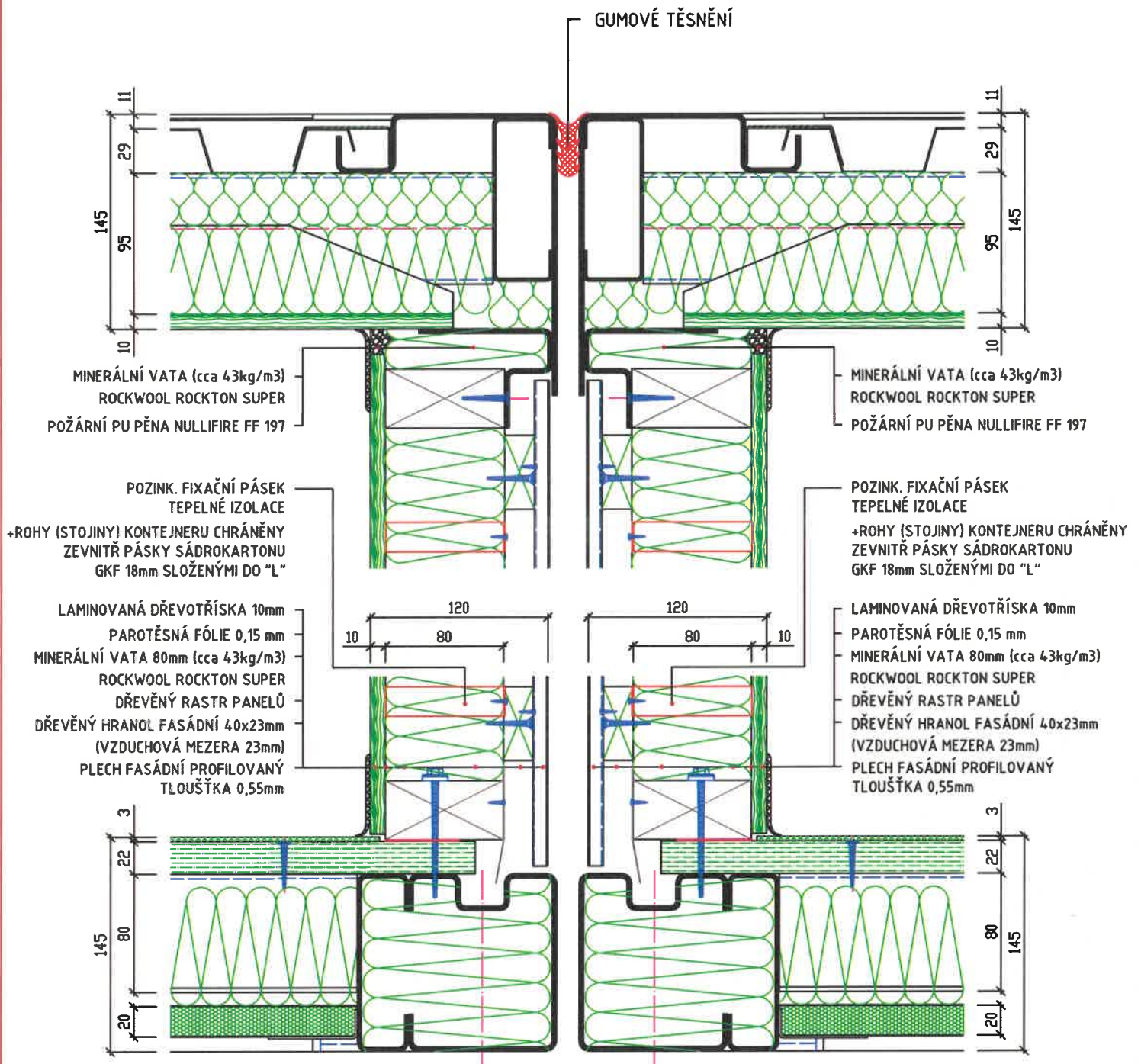
- viz obr.6 až obr.9.

Ocelové sloupy v nároží kontejneru jsou z vnitřní strany chráněné sádrokartonovými deskami Knauf-RED tl.18 mm - viz obr.7, obr.8 a obr.9.

U dvou kontejnerů umístěných vedle sebe, u kterých jsou z důvodu získání většího prostoru vynechány sousedící obvodové stěny, musí být obnažená nosná ocelová konstrukce (dvojice sloupků a stropních rámu) chráněna truhlíkem ze sádrokartonových desek Knauf-RED tloušťky 18 mm - viz obr.6. Z estetických důvodů může být sádrokartonové desky obloženy laminovanými dřevotřískovými deskami.



Typ kontejneru:	C3
Požární odolnost:	STĚNA REW30/REI30min
Izolace:	střecha 100 mm
	stěna 80 mm
	podlaha 80+20 mm



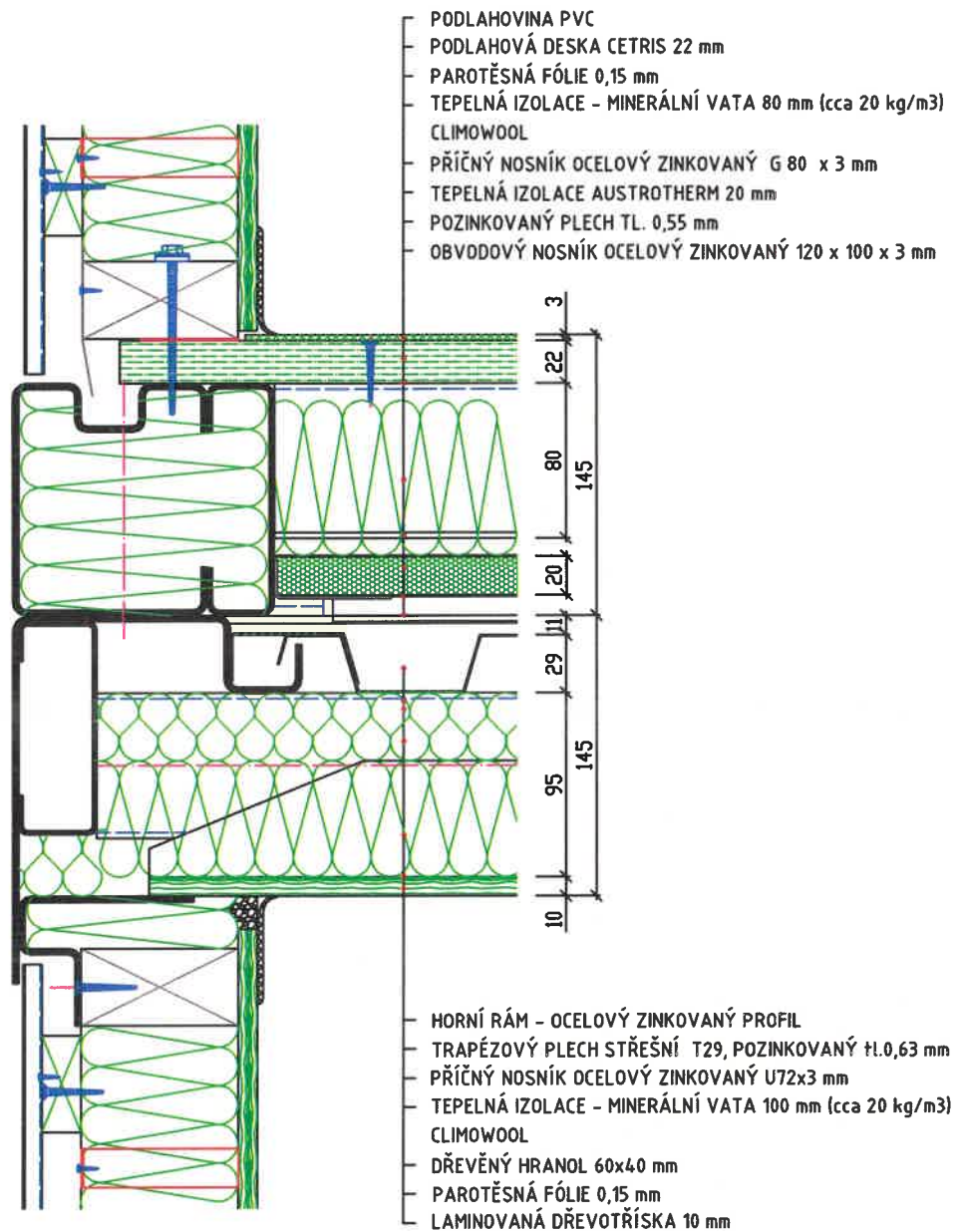
Typ kontejneru:	C3	
Požární odolnost:	STĚNA REI30	min
Izolace:	střecha	100 mm
	stěna	80 mm
	podlaha	80+20 mm

Název řezu: SPOJ - POŽÁRNĚ DĚLÍČÍ STĚNA

Vypracoval: J. MIKULČÍK

Datum: 24.11.2023

KOMA



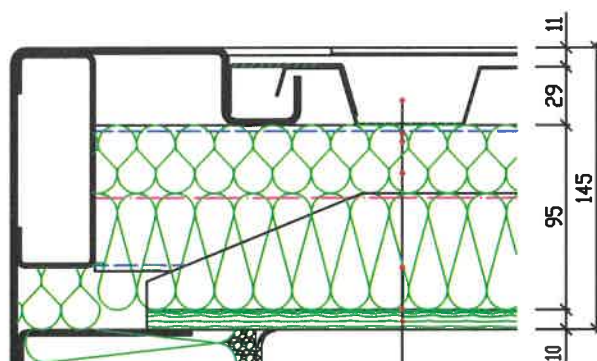
Typ kontejneru:	C3
Požární odolnost:	MEZISTROP REI45 min
Izolace:	střecha 100 mm
	stěna 80 mm
	podlaha 80+20 mm

Název řezu: SPOJ - POŽÁRNĚ DĚLÍCÍ MEZISTROP

Vypracoval: J. MIKULČÍK

Datum: 24.11.2023

KOMA



- HORNÍ RÁM - OCELOVÝ ZINKOVANÝ PROFIL
- TRAPÉZOVÝ PLECH STŘEŠNÍ T29, POZINKOVANÝ tl.0,63 mm
- PŘÍČNÝ NOSNÍK OCELOVÝ ZINKOVANÝ U72x3 mm
- TEPelná IZOLACE - MINERÁLNÍ VATA 100 mm (cca 20 kg/m³) CLIMOWOOL
- DŘEVĚNÝ HRANOL 60x40 mm
- PAROTĚSNÁ FÓLIE 0,15 mm
- LAMINOVANÁ DŘEVOTŘÍSKA 10 mm

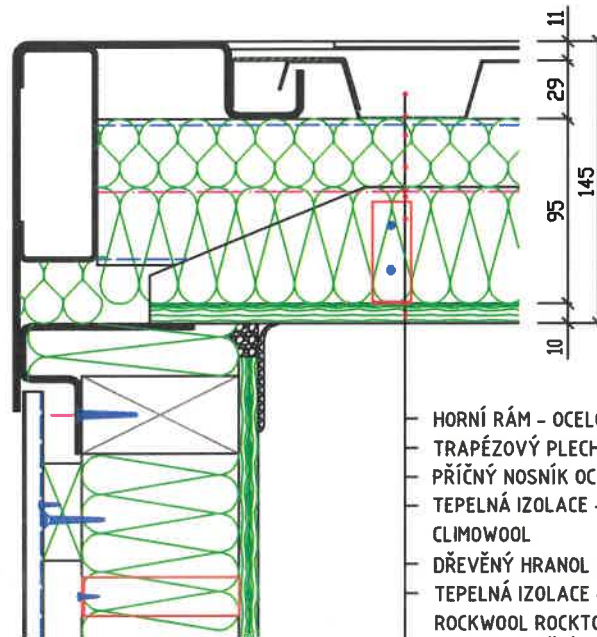
Typ kontejneru:	C3	
Požární odolnost:	STŘECHA REW15	min
IZOLACE:	střecha	100 mm
	stěna	80 mm
	podlaha	80+20 mm

Název řezu: STŘECHA/STĚNA-PŘÍČNÝ

Vypracoval: J. MIKULČÍK

Datum: 24.11.2023

KOMA



- HORNÍ RÁM - OCELOVÝ ZINKOVANÝ PROFIL
- TRAPÉZOVÝ PLECH STŘEŠNÍ T29, POZINKOVANÝ t1,0,63 mm
- PŘÍČNÝ NOSNÍK OCELOVÝ ZINKOVANÝ U72x3 mm
- TEPELNÁ IZOLACE - MINERÁLNÍ VATA 40 mm (cca 20 kg/m²) CLIMOWOOL
- DŘEVĚNÝ HRANOL PŘÍČNÝ 60x40 mm
- TEPELNÁ IZOLACE - MINERÁLNÍ VATA 60 mm (cca 43 kg/m²) ROCKWOOL ROCKTON SUPER
- POZINK. FIXAČNÍ PÁSEK 0,55x20mm TEPELNÉ IZOLACE - ROZTEČ á300 mm
- PAROTĚSNÁ FÓLIE 0,15 mm
- LAMINOVANÁ DŘEVOTŘÍSKA 10 mm

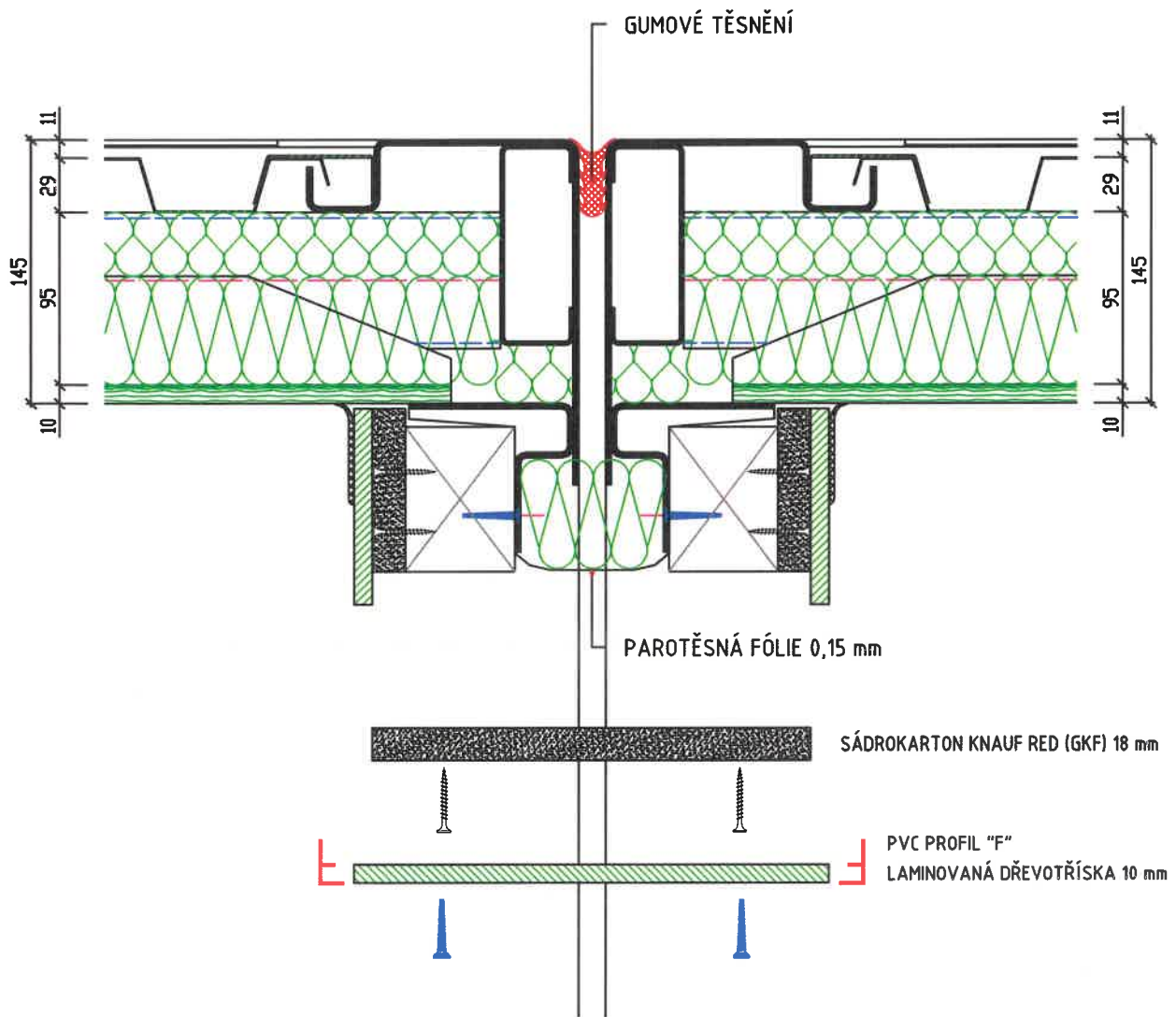
Typ kontejneru:	C3	
Požární odolnost:	STŘECHA REI15	min
Izolace:	střecha	100 mm
	stěna	80 mm
	podlaha	80+20 mm

Název řezu: STŘECHA/STĚNA-PŘÍČNÝ

Vypracoval: J. MIKULČÍK

Datum: 24.11.2023

KOMA



Typ kontejneru:	C3	
Požární odolnost:	R45	min
IZOLACE:	střecha	100 mm
	stěna	80 mm
	podlaha	80+20 mm

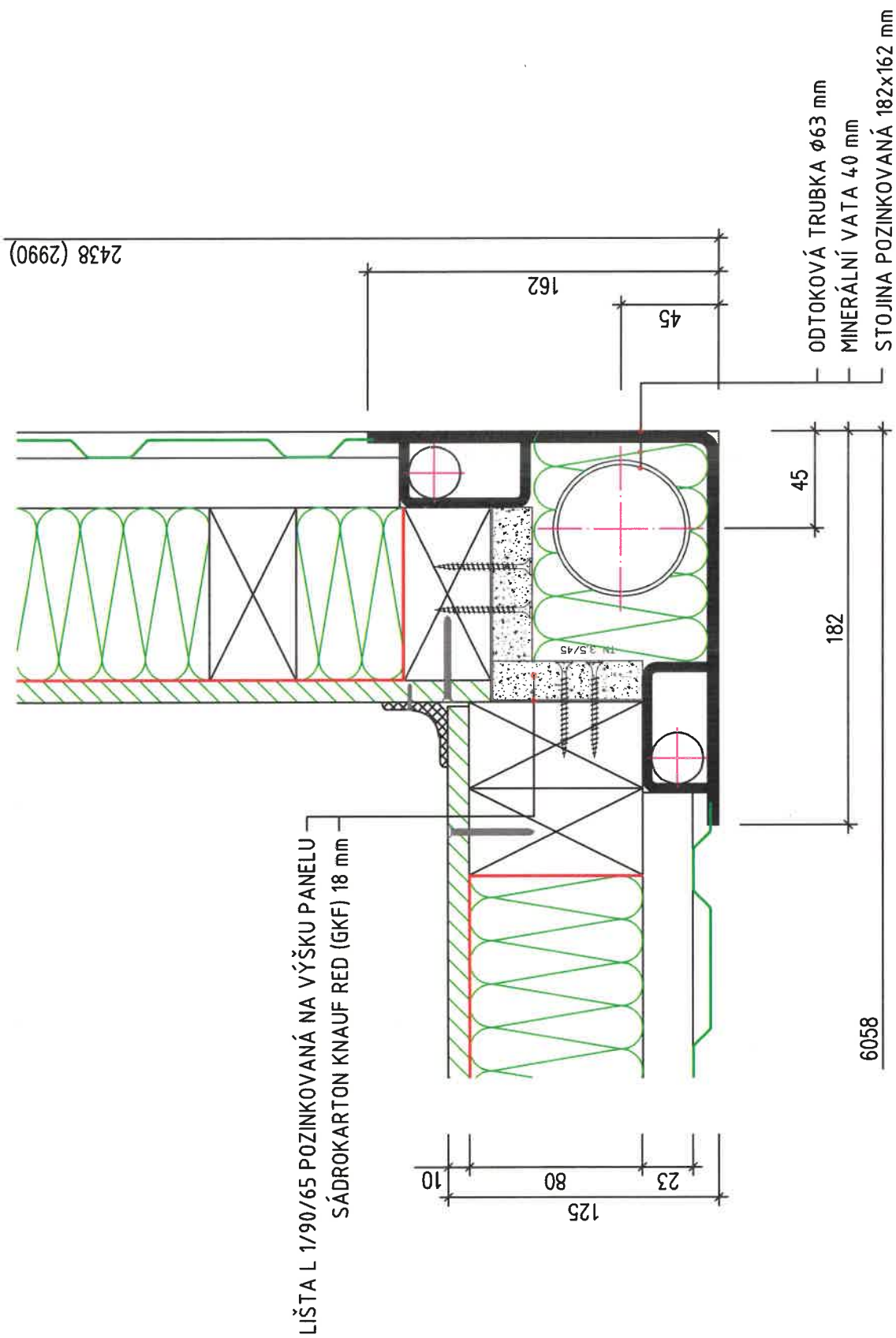
Název řezu: SPOJ STROPNÍ - VERTIKÁLNÍ ŘEZ

Vypracoval: J. MIKULČÍK

Datum: 27.5.2023

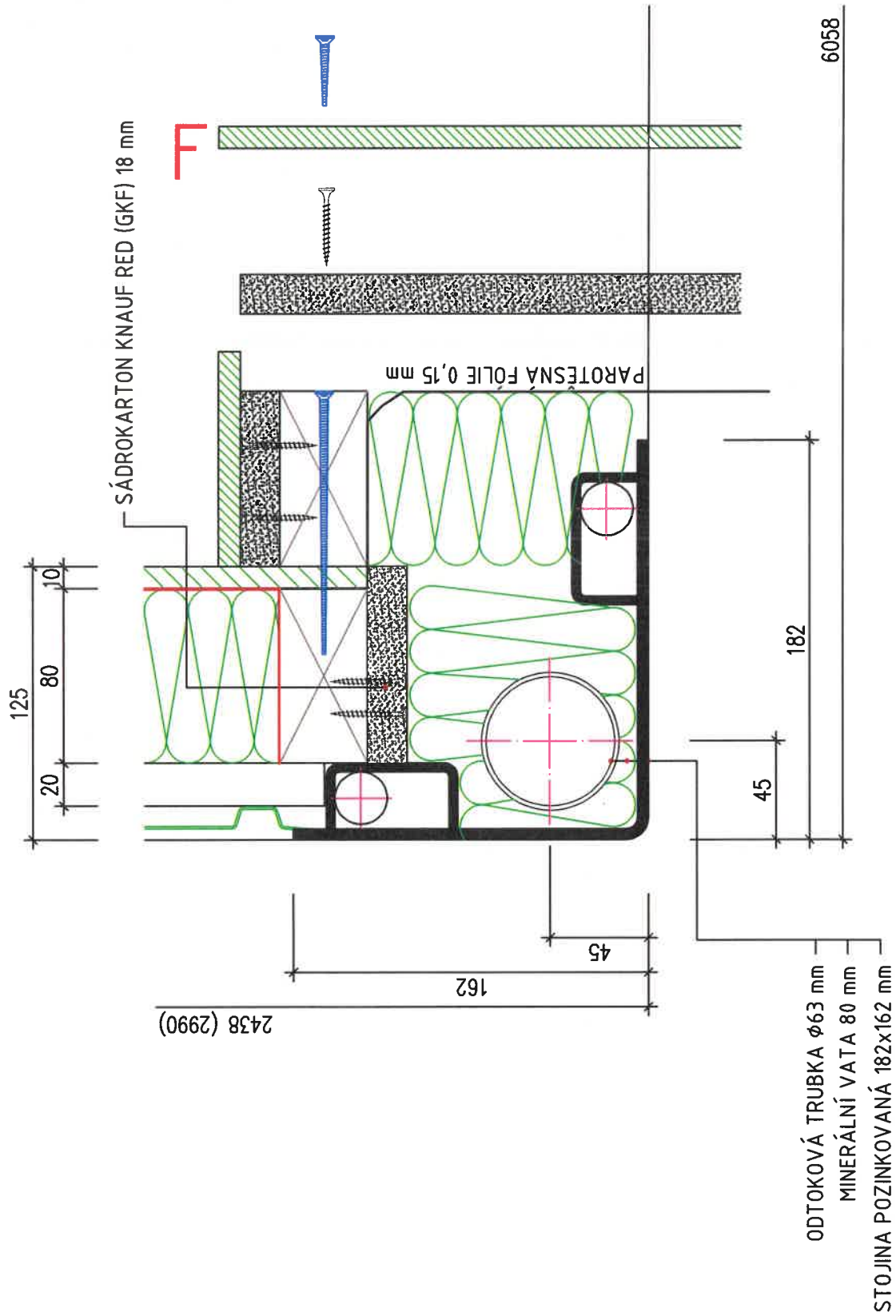
KOMA

OBRÁZEK 7



Typ kontejneru:	C3
Požární odolnost:	R45 min
tloušťka střešní stěny:	100 mm
tloušťka podlahy:	80 mm
tloušťka izolace:	80+20 mm

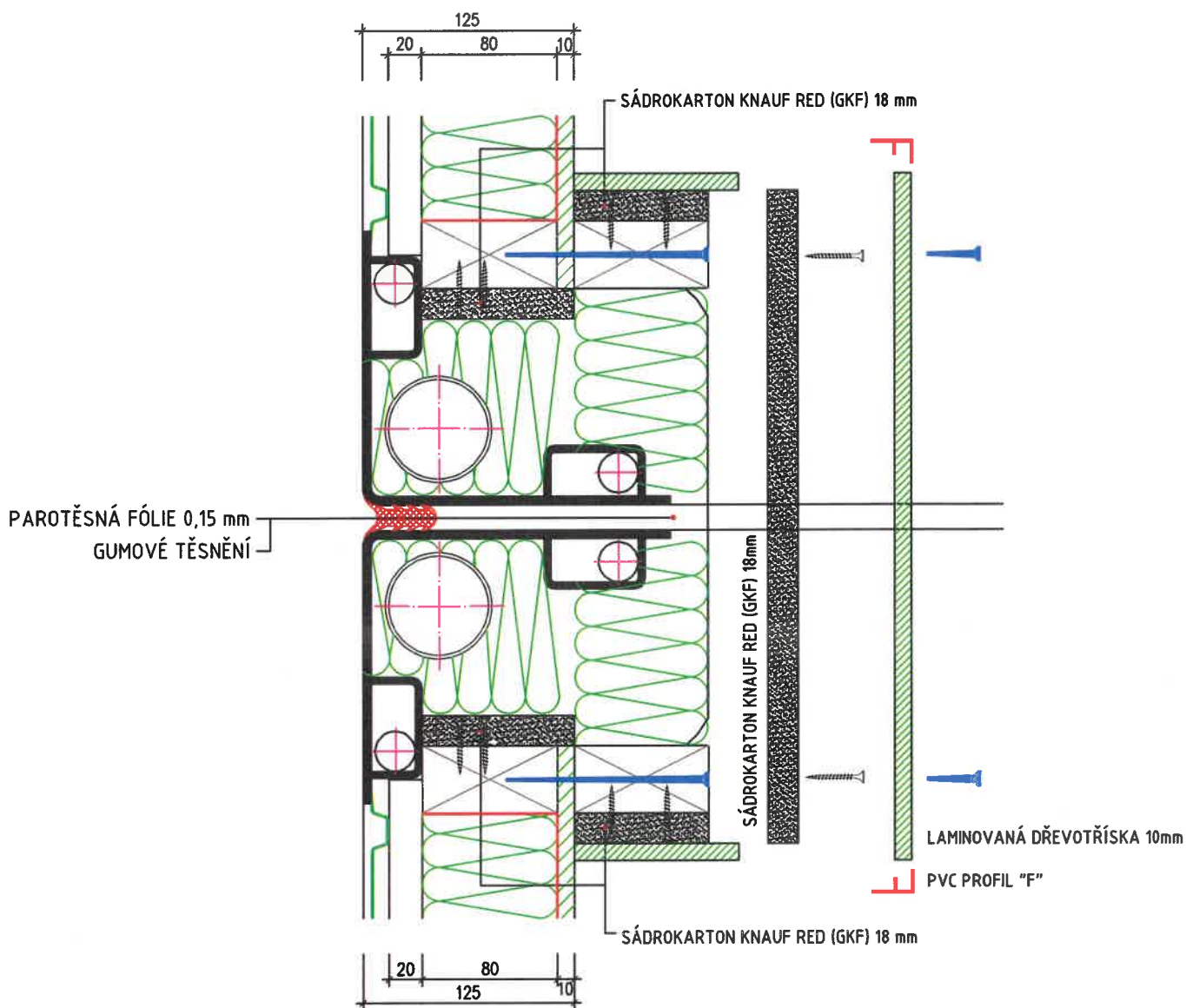
OBRÁZEK 8



Typ kontejnery:	C3	mm
Požární odolnost:	R4,5	mm
tloušťka střeška:	100	mm
tloušťka stěna:	80	mm
tloušťka podlaha:	80+20	mm

Název řezu: **STOJINA - HORIZONTÁLNÍ ŘEZ**
 Vypracoval: **J. MIKULČÍK**
 Datum: **27.11.2023**





Typ kontejneru:	C3	
Požární odolnost:	R45	min
Izolace:	střecha	100 mm
	stěna	80 mm
	podlaha	80+20 mm

Název řezu: SPOJ STĚNOVÝ - HORIZONTÁLNÍ ŘEZ

Vypracoval: J. MIKULČÍK

Datum: 27.11.2023

KOMA

3. Kritéria požární odolnosti podle ČSN a EN norem

3.1. Kritéria požární odolnosti stavebních konstrukcí

Podle ČSN EN 13501-2 : 8/2023 kritéria požární odolnosti stavebních konstrukcí jsou :

- R - ztráta únosnosti nebo stability
- E - porušení celistvosti
- I - překročení mezních teplot na neohřívané straně konstrukce
- W - překročení mezní radiace (hustoty tepelného toku) ve stanoveném místě

3.2. Kritéria dosažení mezních stavů podle ČSN EN 1363-1

Podle ČSN EN 1363-1 : 10/2021 kritéria požární odolnosti stavebních konstrukcí jsou :

- 1) Ztráta únosnosti nebo stability R nastává v okamžiku, kdy nosná konstrukce není schopna nést dané zatížení, nebo kdy se tato konstrukce zřítí.

U ohýbaných prvků se za porušení nosnosti považuje překročení jedné z následujících podmínek :

- mezní průhyb $D_{limit} = L^2/400 d$ [m]
- mezní rychlost průhybu $(dD/dt)_{limit} = L^2/9000 d$ [mm/m]

kde L je světelné rozpětí posuzovaného prvku [mm]

d vzájemná vzdálenost krajních vláken tlačené

a tažené zóny průřezu v nezahřátém stavu [mm]

Pro účely této normy se uvažuje, že k selhání schopnosti nést zkušební zatížení došlo, když :

- měřená deformace $\geq 1,5 \times D_{limit}$ nebo
- nebo D_{limit} a $(dD/dt)_{limit}$ jsou překročeny.

U ocelových konstrukcí může být podle ČSN EN 1993-1-2 tento mezní stav také stanoven dosažením kritické teploty oceli, jejíž velikost je závislá na zatížení prvku za požáru podle vzorce :

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln[(0,9674 \mu_o^{3,833})^{-1} - 1] + 482 \quad \{ 3.1 \}$$

kde μ_o je stupeň statického využití průřezu za požáru.

Podle čl.5.1.3 ČSN 73 0810 - lit./7/, se doporučuje u nosných ocelových konstrukcí uvažovat hodnotu kritické teploty oceli :

$$\theta_{a,cr} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (odpovídá stupni využití } \mu_0 \approx 0,80\text{)}.$$

Podle tabulky III.5.2 evropské publikace ECCS-TC3 - lit./20/, se doporučuje u ocelových konstrukcí střešních plášťů uvažovat hodnotu kritické teploty oceli :

$$\theta_{a,cr} = 640 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (odpovídá stupni využití } \mu_0 \approx 0,35\text{)}.$$

Poznámka : Při kvazistálé kombinaci dominantního zatížení sněhem je střecha zatížena prakticky pouze vlastní vahou.

- 2) **Ztráta celistvosti E** nastává v okamžiku vzniku trhlin, jimiž pronikají produkty hoření nebo plameny v takové míře, že :
 - dojde ke vznícení příkládaného bavlněného polštářku, nebo
 - je možný průchod 6 mm nebo 25 mm měrkou, nebo
 - dojde k souvislému plamennému hoření.
- 3) **Překročení mezních teplot na neohřívané straně I** nastává v okamžiku, kdy se na neohřívané straně zvýší
 - průměrná teplota oproti počáteční o více než o 140 $^{\circ}\text{C}$, nebo
 - teplota kteréhokoliv měřeného místa oproti počáteční o více než 180 $^{\circ}\text{C}$.
- 4) **Překročení mezní radiace (hustoty tepelného toku) W** se posuzuje u obvodových stěn a střechy. U obvodových stěn se podle radiace posuzuje jejich požární otevřenost (viz dále); u střech je kritérium mezní radiace určeno v poznámce k čl.5.2.3 normy ČSN 73 0810 a činí 18,5 kW/m².
Podle normy ČSN EN 1363-2 je z povrchu s teplotou nižší než 300 $^{\circ}\text{C}$ radiace nízká a její prokázání se proto nepožaduje.

3.3. Požární otevřenost obvodových stěn podle ČSN 73 0802

Požární otevřenost obvodových stěn je české specifikum norem řešících požární bezpečnost staveb. Kritéria požární otevřenosti jsou stanovena v čl.8.4 ČSN 73 0802 Změna Z2 : 7/2015.

Požární otevřenost obvodových stěn se posuzuje podle velikosti hustoty tepelného toku na jejich neohřívané straně. Je-li v čase požadované požární odolnosti hustota tepelného toku na vnější straně obvodové stěny :

- větší než 60 kW/m², považuje se stěna za zcela požárně otevřenou plochu,
- mezi 15 až 60 kW/m², považuje se stěna za částečně požárně

- otevřenou plochu,
- menší než 15 kW/m^2 , považuje se stěna za požárně uzavřenou plochu.

Hustotu tepelného toku I_p lze vypočítat z povrchové teploty plochy stěny T_k podle vztahu :

$$I_p = \sigma \cdot E \cdot (T_k + 273,15)^4 \quad [\text{W/m}^2] \quad \{ 3.2 \}$$

kde σ je Stephan-Boltzmannova konstanta ($= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)
 E emisivita povrchu (většinou se počítá s bezpečnou hodnotou $E = 1,0$)

Podle výše uvedeného vztahu získáme pro hraniční hodnoty tepelného toku tyto povrchové teploty stěny : $T_{\max} (15 \text{ kW/m}^2) = 445 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_{\max} (60 \text{ kW/m}^2) = 740 \text{ }^\circ\text{C}$

3.4. Množství tepla uvolněné při hoření vnějšího obkladu stěny

Požární otevřenost ploch obvodových stěn se posuzuje také podle množství tepla uvolněného při hoření jejich vnějšího obkladu.

- Konstrukce obvodových stěn druhu DP1 nebo DP2, které mají z vnější strany obklad z výrobků třídy reakce na oheň B až D, při jehož shoření se uvolní množství tepla :
 - větší než 350 MJ/m^2 , se posuzují jako zcela požárně otevřená plocha,
 - mezi 150 až 350 MJ/m^2 , se posuzují jako částečně požárně otevřená plocha,
 - menší než 150 MJ/m^2 , se posuzují jako požárně uzavřená plocha.
- Konstrukce obvodových stěn druhu DP1 nebo DP2, které mají z vnější strany obklad z výrobků třídy reakce na oheň E či F, se posuzují jako zcela požárně otevřená plocha, pokud se uvolní větší množství tepla než 150 MJ/m^2 .
- Konstrukce obvodových stěn druhu DP3 se posuzují podle hustoty tepelného toku, který při hoření vnějšího obkladu po dobu požadované požární odolnosti vzniká. Je-li tato hustota :
 - větší než 60 kW/m^2 , považuje se stěna za zcela požárně otevřenou plochu,
 - mezi 15 až 60 kW/m^2 , považuje se stěna za částečně požárně otevřenou plochu,
 - menší než 15 kW/m^2 , považuje se stěna za požárně uzavřenou plochu.

3.5. Teplotní křivky podle ČSN EN 1363-1 a ČSN EN 1363-2

Podle čl.5.4.1 normy ČSN 73 0810 se hodnotí požární odolnost obvodových stěn při působení požáru :

- a) z vnitřní strany objektu se směrovou orientací (i->o) ,
- b) z vnější strany objektu se směrovou orientací (i<-o) .

a) Při zkouškách požární odolnosti z vnitřní strany objektu se teplota v peci T_N řídí **normovou teplotní křivkou** (někdy také zvanou jako křivka vnitřního požáru) podle ČSN EN 1363-1, která je dána rovnicí :

$$T_N = T_O + 345 \log(8t + 1) \quad \{ 3.3 \}$$

kde T_O je teplota před počátkem tepelného namáhání,
která se ve výpočtech uvažuje hodnotou 20 °C
t čas od počátku tepelného namáhání v minutách

b) Obvodové stěny, které se nacházejí v požárně nebezpečném prostoru nebo tvoří požární pásy, se musí hodnotit také z vnější strany objektu na účinek teplot podle **křivky vnějšího požáru**. Teplota v peci T_N podle této křivky se řídí rovnicí uvedenou v normě ČSN EN 1363-2 :

$$T_N = T_O + 660 (1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t}) \quad \{ 3.4 \}$$

Význam značek je stejný jako v předešlé rovnici.

V teoretických výpočtech časových průběhů teplot v průřezech posuzovaných konstrukcí se teplota požáru zavádí do výpočtu některou z výše uvedených rovnic.

4. Stručné vyhodnocení provedených zkoušek požární odolnosti

Zkoušky požární odolnosti stavebních konstrukcí kontejnerů KOMA byly provedeny v PAVUS, a.s., zkušebna Veselí nad Lužnicí, AO 216 podle ČSN EN 1365-1 a ČSN EN 1365-2.

V roce 2004 to byly zkoušky zdvojené stropní konstrukce a nosné obvodové stěny typu C2 s obkladem interiérových stěn laminovanou dřevotřískou. V roce 2006 byla provedena zkouška nosné obvodové stěny s nosnou ocelovou konstrukcí typu C3 a s obkladem interiérových stěn dřevotřískovými deskami (PYROEX). V roce 2023 byla provedena zkouška nosné stěny víceúčelového obytného modulu typu C3 / 2023.

Pro účely tohoto posudku je provedeno stručné zhodnocení průběhů a výsledků zkoušek požární odolnosti nosné stěny - lit./3/ a zkoušky stropní a podlahové konstrukce - lit./5/.

4.1. Zkouška požární odolnosti nosné obvodové stěny kontejneru KOMA, typ C3 - lit./3/

Předmětem zkoušky byla nosná obvodová stěna kontejneru, která je shodná s posuzovanou konstrukcí popsanou v odstavci 2.1. s tím rozdílem, že v obou zkušebních vzorcích byl ponechán prostor mezi horní částí stěny a vodorovnou částí stropu prázdný - bez tepelné izolace. V důsledku takto vytvořeného tepelného mostu byla dosaženo při hodnocení požární odolnosti nižšího kritéria I-izolace.

Zkoušky dvou shodných zkušebních vzorků byly provedeny ve dnech 1.2.2023 a 3.2.2023 podle ČSN EN 1365-1.

Vzorek 01 - ohříváný z exteriérové strany dle křivky vnějšího pož. Vzorek 02 - ohříváný z interiérové strany dle křivky vnitř.požáru. Při obou zkouškách byly oba krajní ocelové sloupy zatíženy silou 68,0 kN.

V průběhu zkoušek byla učiněna tato pozorování :

Vzorek 01 - ohříváný z exteriérové strany :

Od 3.minuty byl pozorován únik šedého dýmu, který ve 20.minutě zesílil. Velký únik šedého dýmu je pozorován až do 70.minuty. V 72.minutě je patrný zčernalý povrch DTD v horní části navazujícího úseku stropu.

Ve 30.minutě byla změřena maximální deformace ve vodorovném směru 28 mm a v 70.minutě -21 mm. Zkouška trvala 70 minut, přičemž po tuto dobu byla celistvost zachována.

Vzorek 02 - ohříváný z interiérové strany :

Od 3.minuty byl pozorován únik šedého dýmu, který ve 13.minutě zesílil. DTD postupně uhelnatí a ve 21.minutě jsou desky odpadané. Viditelné jsou svislé hranoly, neporušená je minerálně vláknitá izolace. Ve 43.minutě došlo k trvalému hoření plamene z pravé krajní svislé spáry - porušení kritéria celistvosti vzorku.

Ve 30.minutě byla změřena maximální deformace ve vodorovném směru 22 mm a v 60.minutě -25 mm. Zkouška trvala 62 minut.

Ve 30.minutě zkoušky vzorku 1 byly naměřeny na neohříváném povrchu tyto charakteristické teploty :

- na povrchu DTD desek : $T_{prum} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 124 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na ocelovém rámu vzorku : $T_{max} = 422 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na ocelových sloupech : $T_{prum} = 485 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Ve 30.minutě zkoušky vzorku 2 byly naměřeny na neohříváném povrchu tyto charakteristické teploty :

- na povrchu plechu : $T_{prum} = 132 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 261 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na ocelových sloupech : $T_{prum} = 56 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Vyjádření výsledků zkoušek :

Vzorek 01 - ohříváný z exteriérové strany : R 71/ E 71 /I 20/ W71

Vzorek 02 - ohříváný z interiérové strany : R 61/ E 42 /I 22/ W42

Druh konstrukce : DP3

4.3. Zkouška požární odolnosti zdvojené stropní konstrukce kontejneru KOMA - lit./5/

Předmětem zkoušky byla zdvojená stropní konstrukce příbuzné skladby jako na obrázku 3 s těmito rozdíly : Nosná ocelová konstrukce byla typu C2, ve střešním dílci byla sklovláknitá izolace URSA (16 kg/m^3) stejné tloušťky 100 mm a v podlahovém dílci nebyla izolace AUSTROTHERM XPS 30 SF o tloušťce 20 mm.

Zkouška byla provedena podle ČSN EN 1365-2 dne 6.5.2004.

Vzorek byl při zkoušce exponován ze spodní strany vnitřním normovým požárem. Při zkoušce byla stropní konstrukce zatížena dvěma břemeny, které nahrazovaly rovnoměrné spojitě zatížení $2,50 \text{ kN/m}^2$.

V průběhu zkoušky byla učiněna tato pozorování :

Z exponované strany vzorku :

Od 7.minuty začíná ohořívání DTD desek, od 12.minuty se vytvořil v peci hustý dým a oheň, ve 13.minutě jsou desky v celé ploše odpadlé. Začíná odpadávat tepelná izolace, ve 20.minutě je téměř všechna odpadlá a začínají hořet dřevěné hranoly. Ve 25.minutě hranoly odpadávají, ve 40.minutě se rozžhavují ocelové nosníky a ve 46.minutě se v peci opět tvoří hustý dým, který znemožňuje pozorování.

Z neexponované strany vzorku :

Od 3.minuty nastává po obvodu vzorku únik dýmu, který pak trvá po celou zkoušku. Ve 30.minutě dochází k mírnému průhybu vzorku.

V 55.minutě začíná prohořívát horní DTD deska ve spoji, ale celistvost není porušena. V 62.minutě je překročena mezní rychlost průhybu - ztráta nosnosti.

Zkouška byla ukončena v 64.minutě.

V 15.minutě zkoušky byly naměřeny tyto charakteristické teploty :

- na povrchu podlahy (NS) : $T_{pr} = 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na vnějším povrchu plechu střechy $405,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na povrchu ocelových stropnic střechy $516,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na vnitřním povrchu nosného obvodového rámu střechy $77,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ve 45.minutě zkoušky byly naměřeny tyto charakteristické teploty :

- na povrchu podlahy (NS) : $T_{pr} = 61 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na vnějším povrchu dřevěné podlahy $86 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na vnitřním povrchu ocelových rámu podlahy $604 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

V 60.minutě zkoušky byly naměřeny tyto charakteristické teploty :

- na povrchu podlahy (NS) : $T_{pr} = 86 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{max} = 94 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na vnějším povrchu dřevěné podlahy $86 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- na vnitřním povrchu ocelových rámu podlahy $604 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vyjádření výsledků zkoušky :

R 61, bez porušení obou kritérií (C ; dC/dt)

E 61, bez porušení všech tří kritérií (ocel.měrky, bavlněný polštářek, trvalé plamenné hoření)

I 61, bez porušení obou kritérií (ϕT ; maxT)

Stropní a podlahová konstrukce vykazala požární odolnost REI 60 jako konstrukce druhu DP3.

5. Teoretické výpočty časových průběhů teplot v průřezích posuzovaných konstrukcí

Teoretické posouzení požární odolnosti podle mezních stavů ČSN a EN norem vychází z výpočtu časového průběhu nestacionárního jednosměrného vedení tepla při působení normového požáru na posuzovanou konstrukci.

5.1. Princip výpočtu teplotního pole v konstrukci

Početní řešení teplotního pole vychází z Fourierovy parciální diferenciální rovnice nestacionárního vedení tepla, jejíž tvar je :

$$\frac{dT}{dt} = a \frac{d^2T}{dx^2} , \quad \{ 4.1 \}$$

kde dT je přírůstek teploty [°C]
 dt přírůstek času [s]
 dx tloušťka dílčí vrstvy ohřivaného materiálu [m]
 a součinitel teplotní vodivosti materiálu [m²/s]

Součinitel teplotní vodivosti lze vyjádřit vztahem :

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} , \quad \{ 4.2 \}$$

kde λ je součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]
 c měrné teplo [J/kg.K]
 ρ objemová hmotnost [kg/m³]

Časový interval výpočtu je nutno volit tak, aby pro každý ve výpočtu se vyskytující materiál byla splněna podmínka :

$$dt < \frac{dx_i^2}{2a_i} , \quad \{ 4.3 \}$$

Dosazením rovnice { 4.2 } do rovnice { 4.3 } získáme podmínku pro maximální hodnotu časového kroku výpočtu :

$$dt < \frac{dx_i \cdot c_i \cdot r\acute{o}_i}{2 \cdot \lambda a_i} \quad \{ 4.4 \}$$

V rovnicích { 4.3 } a { 4.4 } značí :

- dx_i - tloušťku dílčí vrstvy i-tého druhu materiálu [m]
 a_i - nejvyšší hodnotu součinitele teplotní vodivosti i-tého druhu materiálu ve vyšetřované teplotní oblasti 20 °C až 1200 °C [m²/s]

Okrajovou podmínku na straně povrchu konstrukce vystavené požáru tvoří výše uvedené rovnice požáru { 3.3 } nebo { 3.4 }, na straně odvrácené uvažujeme jako okrajovou podmínku konstantní teplotu v prostoru 20 °C.

Výpočet teplotního pole probíhá postupně v časových intervalech dt . V každém časovém intervalu se určují teploty v rovinách, oddělujících jednotlivé dílčí vrstvy materiálů.

Detailní sestavy rovnic a postup výpočtu teplotního pole jsou uvedeny ve Směrnici lit./15/ a v publikaci ČVUT lit./16/.

Pro výpočty byl sestaven program TEPLO-REPO 2010, pomocí něhož jsou potřebné výpočty provedeny.

5.2. Tepelné technické parametry použitých materiálů

Tepelné technické parametry oceli jsou převzaty z ČSN EN 1993-1-2 /14/, ostatních materiálů z českých tepelně technických norem a z vlastních výzkumných prací v oblasti teoretických výpočtů.

Ocel

objemová hmotnost	$r\acute{o} = 7850$	kg/m ³
tepelná vodivost	$\lambda = 54 - 0,0333 T$	W/m.K
měrné teplo	$c = 425 + 0,56 T$	J/kg.K
hmotnostní vlhkost	$v = 0$	%

Laminovaná dřevotřísková deska

objemová hmotnost	$r\acute{o} = 800$	kg/m ³
tepelná vodivost	$\lambda = 0,12 + 0,0003 T$	W/m.K
měrné teplo	$c = 1500 + 4 T$	J/kg.K
hmotnostní vlhkost	$v = 7$	%

Minerálně vláknitá izolace (ROCKWOOL Rockton Super)

objemová hmotnost	$\rho = 43$	kg/m ³
tepelná vodivost	$\lambda = 0,035 + 0,00013 T + 0,0000002 T^2$	W/m.K
měrné teplo	$c = 840 + 0,40T$	J/kg.K
hmotnostní vlhkost	$v = 1,0$	%

Minerálněvláknitá izolace (Climowool DF 35)

objemová hmotnost	$\rho = 20$	kg/m ³
tepelná vodivost	$\lambda = 0,04 + 0,0002 T + 0,00000022 T^2$	W/m.K
měrné teplo	$c = 840 + 0,42 T$	J/kg.K
hmotnostní vlhkost	$v = 1,0$	%

Laminovaná dřevotřísková deska má, podle ČSN EN 13501-1, třídu reakci na oheň D, minerálně vláknité izolace mají třídu A1/A2.

5.3. Výpočty

Výpočty byly ověřeny na zkouškách požární odolnosti stěnových a stropních konstrukcí firmy KOMA MODULAR s.r.o. Výsledky získanými z těchto provedených zkoušek bylo třeba rozšířit výpočty v tomto rozsahu :

- Úloha č.1 : Obvodová stěna - úprava vyplněné dutiny MVD mezi svislou stěnou a vodorovnou konstrukcí - vnější požár
Úloha č.2 : Vnitřní zdvojená stěna požárně dělicí - vnitřní požár
Úloha č.3 : Střešní konstrukce - vnitřní požár

Komentář k výpočtům :

- 1) V úloze č.1 je úprava dutiny realizována výplní MVD ROCKWOOL Rockton v tloušťce 100 mm. Tato úprava je uvedena na obrázku 1.
- 2) V úloze č.2 je zaveden do výpočtu druhé stěny čas překročení maximální teploty na neohřívaném povrchu první stěny vystavené požáru z vnitřní strany - viz Pr-23-2.019: Čas 22 minut, teplota 200°C. Předpokládá se, že od 23. minuty je druhá stěna vystavena účinkům působení plného normového požáru podle ČSN EN 1363-1. Tento předpoklad je vysoce na straně bezpečnosti ! Zdvojená stěna je uvedena na obrázku 2.
- 3) V úloze č.3 odpadne DTD v 6. minutě, takže tato deska není ve výpočtu uvažována. Izolace je uvažována ve dvou vrstvách : Rockton tl.60 mm a Climowool tl.40 mm. Stabilizaci obou vrstev zajišťují ocelové fixační pásy (0,55x20) mm v roztečích 300 mm. Střešní konstrukce je uvedena na obrázku 5.

Výše uvedené výpočty jsou doloženy tabelárně v příloze této zprávy.

6. Posouzení požární odolnosti konstrukcí popsaných v kapitole 2 znázorněných na obrázcích 1 až 9

Posouzení požární odolnosti je provedeno rozšířením výsledků zkoušek - lit./3/ a /5/ a teoretickými výpočty podle ČSN EN 1991-1-2 a ČSN EN 1993-1-2. Kromě toho bylo přihlédnuto k výsledkům zkoušek požární odolnosti systémů KNAUF a CETRIS publikovaných v lit./17/, /18/.

6.1. Nosná obvodová stěna - viz obr.1

Posouzení požární odolnosti je provedeno s využitím zkoušek provedených podle ČSN EN 1365-1 a vyhodnocených v protokolu č.Pr-23-2.019 - /3/. Posouzení teplot v místě doplněné izolace z kamenné vlny v prostoru mezi stěnou a stropem je prokázáno výpočtem č.1 doloženým v příloze.

Požadovaná požární odolnost nosné stěny je :

- REW (i->o) 30 DP3 jako požárně uzavřená plocha při působení normového požáru z vnitřní strany podle ČSN EN 1363-1 ;
- REI_{ef} (i<-o) 30 DP3 při působení normového požáru z vnější strany (křivka vnějšího požáru) podle ČSN EN 1363-2.

6.1.a) Působení normového požáru z vnitřní strany stěny podle ČSN EN 1363-1 Odvozeno z průběhu zkoušky /3/ - vzorku 02.

R - Nosnost

Kritická teplota pro nosné ocelové konstrukce, podle článku 5.1.3 ČSN 73 0810 je stanovena hodnotou :

$$\theta_{a,cr} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Podle NA.2.4 článku 4.2.3.6 ČSN EN 1993-1-2 je stanovena v České republice kritická teplota ocelových průřezů třídy 4 :

- pro ohýbané prvky hodnotou : $\theta_{a,cr} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- pro tlačené prvky hodnotou : $\theta_{a,cr} = 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Podle vyjádření statika Ing.Reginy Pešlové z 31.7.2023 jsou všechny ocelové sloupy v 1.NP, 2.NP a 3.NP třídy průřezu 3.

Pro průřezy třídy 3 vyhovuje hodnota : $\theta_{a,cr} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Stěna byla při zkoušce zatížena v ose obou krajních rohových sloupků statickým zatížením velikosti 68,0 kN. Toto zatížení odpovídá úrovni zatížení při požáru podle ČSN EN

1991-1-2 prostorového modulu 1.NP přetíženého dvěma moduly nacházejícími se v 2.NP a 3.NP (nad tímto přízemním modulem).

Ve 30.minutě byla vyhodnocena průměrná teplota na ocelových sloupech 56 °C.

Zkouškou byla prokázána R 61.

Posouzení : 56 °C < 500 °C (kritická teplota oceli)

R 30 < R 61

Vyhovuje R 30

E - Celistvost

Zkouškou byla prokázána E 42

Posouzení : E 30 < E 42

Vyhovuje E 30

W - Radiace

Zkouškou byla prokázána ve 30.minutě na neohřívaném povrchu teplota : $T_{prum-30} = 132 \text{ °C}$; $T_{max-30} = 261 \text{ °C}$.

Ve 30.minutě byla vyhodnocena radiace 0,2 kW/m².

Posouzení : 132 °C < 261 °C < 300 °C

0,2 kW/m² < 15,0 kW/m²

Vyhovuje W 30

jako požárně uzavřená plocha

6.1.b) Působení normového požáru z vnější strany stěny podle ČSN EN 1363-2 Odvozeno z průběhu zkoušky /3/ vzorku 01 a výpočtu č.1 provedeného v kapitole 5.

R - Nosnost

Kritická teplota pro nosné ocelové konstrukce, podle článku 5.1.3 ČSN 73 0810 je stanovena hodnotou :

$\theta_{a,cr} = 500 \text{ °C}$.

Podle vyjádření statika Ing.Reginy Pešlové z 31.7.2023 jsou všechny ocelové sloupy v 1.NP, 2.NP a 3.NP třídy průřezu 3.

Pro průřezy třídy 3 je vyhovující hodnota : $\theta_{a,cr} = 500 \text{ °C}$.

Stěna byla při zkoušce zatížena v ose obou krajních rohových sloupků statickým zatížením velikosti 68,0 kN. Toto zatížení odpovídá úrovni zatížení při požáru podle ČSN EN 1991-1-2 prostorového modulu 1.NP přetíženého dvěma moduly nacházejícími se v 2.NP a 3.NP (nad tímto přízemním modulem).

Ve 30.minutě byla vyhodnocena průměrná teplota na ocelových sloupech 485 °C. Zkouškou byla prokázána R 71.

Posouzení : 485 °C < 500 °C (kritická teplota oceli)

R 30 < R 71

Vyhovuje R 30

E - Celistvost

Zkouškou byla prokázána E 71

Posouzení : E 30 < E 71

Vyhovuje E 30

I - Izolace

Zkouškou byla prokázána ve 30.minutě na neohřívaném povrchu stěny (kromě povrchu ocelových nosníků) :

- průměrná teplota : $T_{\text{prum-30}} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- maximální teplota : $T_{\text{max-30}} = 124 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Již po 22.minutě byly překročeny přírůstky maximálních teplot na termočláncích č. 25, 27 a 29, umístěných na neohřívaném povrchu v blízkosti průřezu horního ocelového nosníku a v místě prázdné dutiny zkušební vzorku stěny - tj. v místech tepelných mostů.

Doplněním do prostoru dutiny mezi horní částí stěny a vodorovné části stropu/střechy je tepelný most odstraněn. Doplněná izolace z minerální vaty Rockwool Rockton Super (43 kg/m^3) je v tloušťce 100 mm. Výpočtem č.1 v části ocelového průřezu a dutiny vyplněné izolací z výše uvedené minerální vaty byla prokázána ve 30. minutě na neohřívaném povrchu charakteristická / maximální teplota :

$T_{\text{NP}} = 157,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Posouzení teplot na neohřívaném povrchu ve 30.minutě :

- průměrná teplota (dle zkoušky) : $45,0 \text{ }^{\circ}\text{C} < (20+140) \text{ }^{\circ}\text{C}$

- maximální teplota (dle výpočtu) : $157,2 \text{ }^{\circ}\text{C} < (20+180) \text{ }^{\circ}\text{C}$

Vyhovuje I 30

6.2. Nosná vnitřní zdvojená stěna jako požárně dělicí konstrukce

- viz obr.2

Posouzení požární odolnosti je provedeno s využitím zkoušky vzorku č.2 provedené podle ČSN EN 1365-1 a vyhodnocené v protokolu č.Pr-23-2.019 - /3/. Podle zkoušky vyhoví tato první stěna R 61/ E 42 / I 22. Posouzení teplot na neohřívaném povrchu druhé stěny je provedeno výpočtem č.2. Požadovaná požární odolnost vnitřní zdvojené stěny je REI 30 DP3.

R - Nosnost

Zkouškou /3/ byla ve 30.minutě vyhodnocena průměrná teplota na ocelových sloupech $56 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Zkouškou byla prokázána R 61.

Posouzení : $56\text{ }^{\circ}\text{C} < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kritická teplota oceli)
R 30 < R 61 Vyhovuje R 30

E - Celistvost

Zkouškou byla prokázána E 42
Posouzení : E 30 < E 42 Vyhovuje E 30

I - Izolace

Výpočtem č.2 byla ve 30.minutě prokázána teplota na neohřívaném povrchu druhé stěny $24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Posouzení : $24,5\text{ }^{\circ}\text{C} < (20+140)\text{ }^{\circ}\text{C} < (20+180)\text{ }^{\circ}\text{C}$ Vyhovuje I 30

6.3. Zdvojená stropní konstrukce - viz obr.3

Požární odolnost zdvojené stropní konstrukce, avšak s nosnou ocelovou konstrukcí typu C2, byla zjištěna zkouškou č. Pr-04-1.02.109 - viz /5/. Ocelové rámy typu C2 a C3 se od sebe tvarově liší nepatrně (součinitelé průřezu jsou prakticky shodné). Skladby jednotlivých vrstev kontejnerů obou typů jsou shodné. Při zkoušce byla použita sklovláknitá izolace URSA (16 kg/m^3) což je horší z hlediska pož.odolnosti než izolace Climowool (20 kg/m^3). Oproti zkušebnímu vzorku /5/ je v podlahovém dílci vložena hořlavá izolace AUSTROTHERM XPS 30 tloušťky 20 mm, která je požárně uzavřena mezi nehořlavými výrobky. S ohledem k její velice nízké plošné hmotnosti (cca $0,4\text{ kg/m}^2$) lze považovat tuto hořlavou izolaci za nepodstatnou. Zkouškou /5/ byla prokázána požární odolnost REI 60. Pro typ C3 je posouzení provedeno pro požární odolnost sníženou o 15 minut (tj na 75 % prokázané hodnoty), což je na straně požární bezpečnosti), t.j. pro požadavek REI 45.

R - Nosnost

Zkouškou /5/ byla ve 45.minutě vyhodnocena průměrná teplota na vnitřním povrchu ocelového rámu : $349\text{ }^{\circ}\text{C}$

Zkouškou byla prokázána R 61.
Posouzení : $349\text{ }^{\circ}\text{C} < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kritická teplota oceli)
R 45 < R 61 Vyhovuje R 45

E - Celistvost

Zkouškou /5/ byla prokázána E 61.

Posouzení : E 45 < E 61

Vyhovuje E 45

I - Izolace

Zkouškou /5/ byla ve 45.minutě vyhodnocena na neohřívaném povrchu podlahy průměrná teplota 61 °C a maximální teplota 75 °C.

Posouzení : 61 °C < 75 °C < (20+140) °C < (20+180) °C.

I 45 < I 61.

Vyhovuje I 45

6.4.a) Střešní konstrukce REW 15 DP3 - viz obr.4

Střešní konstrukci tvoří spodní část zdvojené stropní konstrukce, jejíž požární odolnost byla zjišťována zkouškou /5/.

Při zkoušce bylo předepsáno osazení ještě dalších termočlánků než předepisuje norma, aby byla v průběhu zkoušky zjištěna také teplota střešní konstrukce. I když posuzované stropnice mají nepatrně jiný profil než stropnice při zkoušce, na jejich teplotu tento rozdíl vliv nemá. V posuzované střešní konstrukci je navržena izolace z minerální vlny Climowool DF 35 (20 kg/m³), která je lepší než izolace URSA (16 kg/m³) která byla ve stejné tloušťce 100 mm součástí zkušebního vzorku.

R - Nosnost

Zkouškou /5/ byla v 15.minutě vyhodnocena průměrná teplota na vnitřním povrchu ocelového rámu 77 °C a ocelových nosníků 516 °C.

Posouzení : 77 °C < 516 °C < 560 °C (kritická teplota oceli podle čl.5.1.3 ČSN 73 0810)

Vyhovuje R 15

E - Celistvost

Celistvost střešní konstrukce je zajištěna pozinkovaným ocelovým trapézovým plechem T29 tloušťky 0,63 mm. Plechy jsou vzájemně překryté a kotvené do ocelových stropnic.

Vyhovuje E 15

W - Radiace

Zkouškou byla prokázána v 15.minutě na povrchu střešního plechu teplota 405,6 °C ≈ 679 K. Při polohovém faktoru 1 a emisivitě 0,7 vychází maximální hustota tepelného toku v rovině neohřívaného povrchu střešního pláště $I_{\max} = 8,435 \text{ kW/m}^2$.

Posouzení : $8,435 \text{ kW/m}^2 < 15,00 \text{ kW/m}^2$

Vyhovuje W 15
jako požárně uzavřená plocha

6.4.b) Střešní konstrukce REI 15 DP3 - viz obr.5

Střešní konstrukce tvoří spodní část zdvojené stropní konstrukce, jejíž požární odolnost byla zjišťována zkouškou /5/. Pro dosažení požadavku REI 15 je v posuzované střešní konstrukci navržena izolace z kamenné vlny Rockton v tloušťce 60 mm a nad ní izolace z minerální vlny Climowool DF 35. Tyto izolace jsou z hlediska požární odolnosti lepší než izolace URSA (16 kg/m^3) která byla součástí zkušebního vzorku. Navíc, oproti zkoušce, je izolace stabilizována ocelovými pásky v roztečích 300 mm.

R - Nosnost

Zkouškou /5/ byla v 15.minutě vyhodnocena průměrná teplota na vnitřním povrchu ocelového rámu : $77 \text{ }^\circ\text{C}$

Výpočtem č.3 byla prokázána v 15.minutě teplota ocelových nosníků - stropnic : $439,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Podle ČSN EN 1995-1-2 je odvozen čas porušení laminované dřevotřískové desky tl.10 mm $t_f = 6$ minut. Z tohoto důvodu není deska ve výpočtu uvažována, což je ve prospěch požární bezpečnosti.

Posouzení : $77 \text{ }^\circ\text{C} < 439,7 \text{ }^\circ\text{C} < 500 \text{ }^\circ\text{C} < 560 \text{ }^\circ\text{C}$ (kritická teplota oceli podle čl.5.1.3 ČSN 73 0810). Vyhovuje R 15

E - Celistvost

Celistvost střešní konstrukce je zajištěna pozinkovaným ocelovým trapézovým plechem T29 tloušťky 0,63 mm. Plechy jsou vzájemně překryté a kotvené do ocelových stropnic. Vyhovuje E 15

I - Izolace

Výpočtem č.3 byl v 15.minutě prokázána teplota na neohřívaném povrchu střešního pláště teplota $97,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Posouzení : $97,9 \text{ }^\circ\text{C} < (20+140) \text{ }^\circ\text{C} < (20+180) \text{ }^\circ\text{C}$. Vyhovuje I 15

6.5. Nosná ocelová konstrukce samostatně chráněná - obr.6 až obr.9

Poznámka : Nosné sloupy v nárožích kontejneru (obrázky 7 a 8), byly posouzeny v odstavcích 6.1.a), 6.1.b) a 6.2.

Ve všech případech je navržena ochrana ocelových nosníků (obr.6 a obr.9) obkladem sádkartonovými deskami Knauf-RED tloušťky 18 mm. Nosné ocelové profily jsou z ohýbaného plechu tloušťky 3 mm, takže součinitel průřezu $A_m/V = 333 \text{ m}^{-1}$. Požadovaná požární odolnost činí R 30, nejvýše R 45.

Posouzení podle katalogu Knauf Praha, s.r.o.(aktualizace 11/2023) pro návrhovou teplotu oceli 500 °C :

- Pro požadavek R 45 a $A_m/V = 682 \text{ m}^{-1}$ je potřeba obklad deskami RED (Piano) tloušťky 18,0 mm.
- Pro požadavek R 30 a $A_m/V = 682 \text{ m}^{-1}$ je potřeba obklad deskami RED (Piano) tloušťky 12,5 mm.

Posouzení součinitele průřezu : $682 \text{ m}^{-1} > 333 \text{ m}^{-1}$ Vyhovuje R 30
Vyhovuje R 45

7. Závěr

Předmětem této zprávy bylo posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí víceúčelových obytných modulů KOMA typ C3/2023 které mají z vnitřní strany stěn a stropů obklad z laminované dřevotřísky.

Posouzení bylo provedeno rozšířením výsledků zkoušek provedených podle ČSN EN 1365-1, ČSN EN 1365-2 teoretickými výpočty tepelných polí v posuzovaných konstrukcích podle ČSN EN 1991-1-2 a ČSN EN 1993-1-2. Tento postup je v souladu s ČSN 73 0810 čl.4.3.c) a ČSN EN 1363-1 čl. A.3 Přílohy A.

Popis posuzovaných konstrukcí doplněný devíti obrázky je uveden v kapitole 2. Požární odolnost byla posouzena podle ČSN 73 0810 u těchto stavebních konstrukcí modulů KOMA, typ C3/2023 :

- 1) **Nosná obvodová stěna** - viz obrázek 1 a obrázky 7,8
 - Při působení požáru z **vnitřní strany** podle ČSN EN 1363-1 :
vyhoví REW (i->o) 30 DP3 jako požárně uzavřená plocha.
 - Při působení požáru z **vnější strany** podle ČSN EN 1363-2 :
vyhoví REI_{ef} (i<-o) 30 DP3.

- 2) **Nosná vnitřní zdvojená stěna požárně dělicí** - viz obrázek 2
Při působení požáru z **vnitřní strany** podle ČSN EN 1363-1 :
vyhoví REI 30 DP3.

- 3) **Zdvojená stropní konstrukce** - viz obrázek 3
Při působení požáru ze **spodní strany** podle ČSN EN 1363-1 :
vyhoví REI 45 DP3.

- 4a) **Střešní konstrukce** - viz obrázek 4
Při působení požáru ze **spodní strany** podle ČSN EN 1363-1 :
vyhoví REW 15 DP3 jako požárně uzavřená plocha.

- 4b) **Střešní konstrukce** - viz obrázek 5
Při působení požáru ze **spodní strany** podle ČSN EN 1363-1 :
vyhoví REI 15 DP3.

5) Nosná ocelová konstrukce samostatně chráněná - viz obrázek 6 a obrázek 9

Při působení požáru z vnitřní strany podle ČSN EN 1363-1 :
vyhoví REI 30 DP3.

Tento dokument nenahrazuje schválení typu ani certifikát výrobku. Tato zpráva nahrazuje a zároveň ruší zprávy vydané PAVUS, a.s. : č.zak.515129/Z220150311 ze dne 12.11.2015 a dodatek č.1 - č.zak.515164/Z220150393 ze dne 30.11.2015.

Nedílnou součástí této zprávy jsou tabelární výpočty uvedené v příloze.

Časové omezení platnosti této zprávy jsou 3 roky ode dne jejího vydání, t.j. do 27.12.2026.

Vypracoval :

Schválil :

Karpaš

Tripeš

.....
Ing. Jan K a r p a š, CSc.

.....
Ing. Jan T r i p e š
výkonný ředitel PAVUS a.s.



PAVUS, a.s.
Prosecká 412/74, 190 00 Praha 9
IČ: 60193174; DIČ: CZ60193174
(4)

V Praze dne 27.12.2023

PŘÍLOHA ZAKÁZKY PAVUS a.s.
Z 220230461

VÝPOČTY ČASOVÝCH PRŮBĚHŮ TEPLOT
POSUZOVANÝCH KONSTRUKCÍ
VYSTAVENÝCH ÚČINKŮM POŽÁRU

Úloha č.1 :

Obvodová stěna - úprava vyplněné dutiny MVD mezi svislou stěnou a
vodorovnou konstrukcí

Křivka vnějšího požáru podle ČSN EN 1363-2

Úloha č.2 :

Vnitřní zdvojená požárně dělicí stěna

Normový požár z vnitřní strany podle ČSN EN 1363-1

Úloha č.3 :

Střešní konstrukce

Normový požár z vnitřní strany podle ČSN EN 1363-1

Celkem 6 stran A4

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA
DIFERENCNI METODOU

uloha : EI-ef 30 DP3 cislo = 1
 Vyplnění prostoru dutiny mezi stěnou a stropem MVD ROCKWOOL
 Rockton Super (43 kg/m³) tloušťky 100 mm
 Křivka vnějšího požáru podle ČSN EN 1363-2 působí ze strany
 horního ocelového nosníku

$\alpha_i = 25.000 + .70000 * 5.67E-8 * (a_{TP}^4 - a_{TM}^4) / (TP - TM)$
 $\alpha_e = 9.000 + .00000 * T^{.00000}$
 pocatecni teplota = 20.000 [st. C]
 teplota skoku = 20.000 [st. C]
 doba skoku teploty = .000 [min]

pocet materialu = 2

material cislo : 1
 $\lambda = 54.0000 - .033300 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$
 $c = 425.00 + .560000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$
 $RO = 7850.00 + .000000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$
 tloustka materialu = .00600 [m]
 pomerna vlhkost materialu = .00000 [%]
 pocet vrstev materialu = 2

material cislo : 2
 $\lambda = .0350 + .000130 * T + .2000E-06 * T^2 + .0000E+00 * T^3$
 $c = 840.00 + .400000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$
 $RO = 43.00 + .000000 * T + .0000E+00 * T^2 + .0000E+00 * T^3$
 tloustka materialu = .10000 [m]
 pomerna vlhkost materialu = 1.00000 [%]
 pocet vrstev materialu = 10

interval vypoctu = .10000 [sec]
 interval tisku = 1.00000 [min]
 doba vypoctu = 31.00000 [min]
 mnozstvi vody premenene na paru = 60.00000 [%]
 pozarni krivka : 11 Vnejsi pozar

doba chladnuti = .00000 [min]
 pocet mist tisku = 4
 tisk se provadi pro mista : 1 3 8 13

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA
DIFERENCNI METODOU

uloha : EI-ef 30 DP3 cislo = 1
 Vyplnění prostoru dutiny mezi stěnou a stropem MVD ROCKWOOL
 Rockton Super (43 kg/m³) tloušťky 100 mm
 Křivka vnějšího požáru podle ČSN EN 1363-2 působí ze strany
 horního ocelového nosníku

VYPOCET

pozarni krivka : 11 Vnejsi pozar

doba min	teplota požaru	teplota vrstva 1	teplota vrstva 3	teplota vrstva 8	teplota vrstva 13
		Ohříváný povrch		Neohříváný povrch	
1.0	346.1	43.4	42.7	20.0	20.0
2.0	440.8	86.8	85.7	20.0	20.0
3.0	506.4	136.1	134.7	20.3	20.0
4.0	553.9	194.8	193.1	21.1	20.0
5.0	588.5	254.5	252.7	23.2	20.0
6.0	613.5	312.5	310.6	27.6	20.0
7.0	631.7	366.6	364.7	35.9	20.0
8.0	645.0	415.7	413.8	49.6	20.1
9.0	654.5	459.2	457.4	69.9	20.2
10.0	661.5	497.0	495.2	100.0	20.4
11.0	666.6	529.2	527.6	140.1	20.8
12.0	670.3	556.4	555.0	184.8	21.5
13.0	672.9	579.0	577.8	227.7	22.8
14.0	674.9	597.7	596.6	267.9	24.9
15.0	676.3	613.0	612.1	303.9	28.2
16.0	677.3	625.5	624.7	336.0	33.0
17.0	678.0	635.6	634.9	364.1	40.2
18.0	678.6	643.8	643.2	388.8	47.8
19.0	679.0	650.3	649.8	410.3	60.1
20.0	679.2	655.6	655.2	429.1	73.6
21.0	679.5	659.8	659.5	445.4	86.6
22.0	679.6	663.2	662.9	459.6	98.6
23.0	679.7	665.9	665.7	471.9	107.2
24.0	679.8	668.1	667.9	482.6	119.0
25.0	679.8	669.9	669.7	491.8	128.0
26.0	679.9	671.3	671.1	499.7	135.6
27.0	679.9	672.4	672.2	506.5	142.3
28.0	679.9	673.3	673.2	512.3	148.0
29.0	680.0	674.0	673.9	517.4	152.9
30.0	680.0	674.6	674.5	521.6	157.2

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA
DIFERENCNI METODOU

uloha : REI 30 cislo = 2
 Vnitřní zdvojená stěna - Extrapolace zkoušky PAVUS a.s. č.
 Pr-23-2.019 Zkouškou při požáru z vnitřní strany byla ve
 22.minutě dosažena na neohřívaném povrchu max.T 200 °C
 Normový požár podle ČSN EN 1363-1 působí ze strany první stěny

alfa i = $25.000 + .80000 * 5.67E-8 * (aTP^4 - aTM^4) / (TP - TM)$
 alfa e = $9.000 + .00000 * T ^ .00000$
 pocatecni teplota = 20.000 [st. C]
 teplota skoku = 200.000 [st. C]
 doba skoku teploty = 22.000 [min]

pocet materialu = 3

material cislo : 1
 lambda= $54.0000 - .033300*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 c = $425.00 + .560000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 RO = $7850.00 + .000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 tloustka materialu = .00100 [m]
 pomerna vlhkost materialu = .00000 [%]
 pocet vrstev materialu = 1

material cislo : 2
 lambda= $.0350 + .000130*T + .2000E-06*T^2 + .0000E+00*T^3$
 c = $840.00 + .400000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 RO = $43.00 + .000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 tloustka materialu = .08000 [m]
 pomerna vlhkost materialu = 1.00000 [%]
 pocet vrstev materialu = 10

material cislo : 3
 lambda= $.1200 + .000300*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 c = $1500.00 + 4.000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 RO = $800.00 + .000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3$
 tloustka materialu = .01000 [m]
 pomerna vlhkost materialu = 7.00000 [%]
 pocet vrstev materialu = 2

interval vypoctu = .10000 [sec]
 interval tisku = 1.00000 [min]
 doba vypoctu = 45.00000 [min]
 mnozstvi vody premenene na paru = 60.00000 [%]
 pozarni krivka : 1 standardni pozar : $T=To+345*\log(8*t+1)$

doba chladnuti = .00000 [min]
 pocet mist tisku = 4
 tisk se provadi pro mista : 1 7 12 14

uloha : REI 30

cislo = 2

Vnitřní zdvojená stěna - Extrapolace zkoušky PAVUS a.s. č.

Pr-23-2.019 Zkouškou při požáru z vnitřní strany byla ve
22.minutě dosažena na neohřívaném povrchu max.T 200 °C

Normový požár podle ČSN EN 1363-1 působí ze strany první stěny

VYPOCET

požarní krivka : 1 standardní požar : $T=T_0+345*\log(8*t+1)$

doba teplota teplota teplota teplota teplota
min požaru vrstva 1 vrstva 7 vrstva 12 vrstva 14

		Ohřívaný povrch druhé stěny		Rozhraní MVD/DTD druhé stěny	Neohřívaný povrch druhé stěny
1.0	28.2	21.0	20.0	20.0	20.0
2.0	36.4	23.5	20.0	20.0	20.0
3.0	44.5	27.3	20.0	20.0	20.0
4.0	52.7	32.0	20.1	20.0	20.0
5.0	60.9	37.5	20.4	20.0	20.0
6.0	69.1	43.5	20.8	20.0	20.0
7.0	77.3	50.0	21.4	20.0	20.0
8.0	85.5	56.9	22.2	20.0	20.0
9.0	93.6	64.0	23.3	20.0	20.0
10.0	101.8	71.4	24.6	20.0	20.0
11.0	110.0	79.0	26.2	20.0	20.0
12.0	118.2	86.7	28.1	20.1	20.0
13.0	126.4	94.5	30.3	20.1	20.0
14.0	134.5	100.0	32.8	20.1	20.0
15.0	142.7	104.1	35.6	20.2	20.0
16.0	150.9	113.9	38.5	20.3	20.0
17.0	159.1	123.2	41.6	20.3	20.1
18.0	167.3	132.2	44.9	20.4	20.1
19.0	175.4	141.0	48.3	20.5	20.1
20.0	183.6	149.8	52.1	20.7	20.1
21.0	191.8	158.5	56.2	20.8	20.2
22.0	200.0	167.1	60.1	21.0	20.2
23.0	802.2	530.2	65.5	21.2	20.3
24.0	808.5	694.5	100.0	21.4	20.3
25.0	814.6	764.2	259.3	21.7	20.4
26.0	820.4	794.5	397.7	22.5	20.5
27.0	826.1	809.7	485.2	26.1	20.6
28.0	831.5	819.0	542.2	36.7	21.0
29.0	836.7	826.1	581.8	56.7	22.1
30.0	841.8	832.2	610.5	81.2	24.5

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA
DIFERENCNI METODOU

```

uloha : REI 15                                     cislo = 3
  Střešní konstrukce upravená fixačními pásy průřezu
  (0,55x20) mm v roztečích 300 mm. Pásy stabilizují vrstvy
  tepelné izolace : Rockton tl.60 mm + Climowool tl.40 mm
  Normový požár podle ČSN EN 1363-1 působí ze spodní strany.
*****
alfa i =25.000 + .80000 *5.67E-8 *(aTP^4 - aTM^4) /(TP - TM)
alfa e = 9.000 + .00000 * T ^ .00000
pocatecni teplota      = 20.000 [ st. C ]
teplota skoku          = 20.000 [ st. C ]
doba skoku teploty    = .000 [ min ]
pocet materialu = 3
material cislo : 1
lambda= .0350 + .000130*T + .2000E-06*T^2 + .0000E+00*T^3
c      = 840.00 + .400000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
RO     = 43.00 + .000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
tloustka materialu    = .06000 [ m ]
pomerna vlhkost materialu = 1.00000 [ % ]
pocet vrstev materialu = 6

material cislo : 2
lambda= .0400 + .000200*T + .2200E-06*T^2 + .0000E+00*T^3
c      = 840.00 + .420000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
RO     = 20.00 + .000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
tloustka materialu    = .04000 [ m ]
pomerna vlhkost materialu = 1.00000 [ % ]
pocet vrstev materialu = 4

material cislo : 3
lambda= 54.0000 - .033300*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
c      = 425.00 + .560000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
RO     = 7850.00 + .000000*T + .0000E+00*T^2 + .0000E+00*T^3
tloustka materialu    = .00100 [ m ]
pomerna vlhkost materialu = .00000 [ % ]
pocet vrstev materialu = 1

interval vypoctu      = .02500 [ sec ]
interval tisku        = 1.00000 [ min ]
doba vypoctu         = 16.00000 [ min ]
mnozstvi vody premenene na paru = 60.00000 [ % ]
požarní krivka : 1 standardní požár : T=To+345*log(8*t+1)

doba chladnuti       = .00000 [ min ]
pocet míst tisku     = 3
tisk se provádí pro místa : 1 7 12

```

VYPOCET JEDNOSMERNEHO NESTACIONARNIHO VEDENI TEPLA
DIFERENCNI METODOU

uloha : REI 15 cislo = 3
 Střešní konstrukce upravená fixačními pásy průřezu
 (0,55x20) mm v roztečích 300 mm. Pásy stabilizují vrstvy
 tepelné izolace : Rockton tl.60 mm + Climowool tl.40 mm
 Normový požár podle ČSN EN 1363-1 působí ze spodní strany.

VYPOCET

požarní krivka : 1 standardní požár : $T=T_0+345\cdot\log(8\cdot t+1)$

doba min	teplota požaru	teplota vrstva 1	teplota vrstva 7	teplota vrstva 12
		Ohříváný povrch	Ocelové nosníky	Neohříváný povrch
1.0	349.2	207.4	20.0	20.0
2.0	444.5	381.8	20.1	20.0
3.0	502.3	467.7	21.1	20.0
4.0	543.9	519.8	27.0	20.0
5.0	576.4	557.6	45.0	20.1
6.0	603.1	587.5	80.0	20.3
7.0	625.8	612.4	130.0	21.0
8.0	645.4	633.7	190.7	22.6
9.0	662.8	652.3	244.9	26.1
10.0	678.4	668.9	291.7	32.2
11.0	692.6	683.8	331.4	41.9
12.0	705.5	697.4	365.2	54.3
13.0	717.3	709.8	393.9	68.3
14.0	728.4	721.3	418.5	83.0
15.0	738.6	732.0	439.7	97.9
