

---

## Výzkumná zpráva č. SR12857012 / 12514 / 18

**o výzkumné činnosti na posouzení stavu železobetonových konstrukcí  
zastřešení a balkonu objektu administrativní budovy KrÚ JMK, Žerotínovo  
nám. 1/2, Brno**

---

Objednavatel:

**Atelier 99 s.r.o.  
Purkyňova 71/99 – sídlo  
Bratislavská 918/22 – kancelář  
Brno, Česká republika**

Spolupracovali:

**Doc. Ing. Jiří Brožovský, CSc.  
Ing. Zdeněk Šnirch, Ph.D.  
Ing. Tomáš Jarolím**

V Brně dne: 28. 2. 2018

**Doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.**  
Vedoucí výzkumné skupiny

**JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D.**  
Ředitel Centra AdMaS

## Obsah

1. SITUACE.....	3
1.1. Zadání.....	3
2. NÁLEZ .....	4
2.1. Popis objektu a situace .....	4
2.2. Diagnostické postupy použité při zpracování zprávy .....	5
2.2.1. Posouzení a pasportizace stavu .....	5
2.2.2. Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu a stanovení soudržnosti s podkladem .....	5
2.2.3. Pevnost betonu v tlaku .....	5
2.2.4. Stanovení hloubky karbonatace betonu .....	6
2.2.5. Lokalizace výztuže a tloušťky krycí betonové vrstvy .....	6
2.2.6. Stanovení rozsahu a míry a koroze ocelové výztuže .....	7
2.2.7. Stanovení rozmístění výztužení.....	7
2.2.8. Fotodokumentace.....	9
2.3. Výsledky z místního šetření a provedených zkoušek .....	10
2.3.1. Stanovení základních rozměrů a rozsahu porušení .....	10
2.3.2. Stanovení pevnosti betonu v tlaku .....	15
2.3.3. Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev a soudržnosti s podkladem .....	17
2.3.4. Stanovení hloubky karbonatace betonu .....	18
2.3.5. Stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu .....	18
2.3.6. Stanovení výztužení konstrukcí .....	19
3. ZHODNOCENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÉHO STAVU .....	42
4. ZÁVĚR .....	44

# 1. SITUACE

Na základě objednávky č. zak.: A-18-01/OBJ001 společnosti Atelier 99, s.r.o. ze dne 31. 1. 2018 provedlo Centrum AdMaS při Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební výzkumnou činnost na posouzení stavu železobetonové konstrukce zastřešení a balkonu objektu administrativní budovy KrÚ JMK, Žerotínovo nám. 1/2, Brno.

## 1.1. Zadání

Provedení posouzení stavu železobetonové konstrukce zastřešení a balkonu objektu administrativní budovy KrÚ JMK, Žerotínovo nám. 1/2, Brno. Provedené výzkumné a kontrolní práce jsou následující:

- Místní šetření, vizuální prohlídka, akustické trasování, zmapování rozsahu poruch
- Stanovení hloubky karbonatace povrchu betonů a tloušťky krycí vrstvy betonu nad ocelovou výztuží
- Stanovení pevnosti betonu (betonové desky) nedestruktivně
- Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu
- Nestruktivní ověření polohy, druhu a stavu výztuže + lokální upřesnění destruktivní sondou

Stavebně technický průzkum objektů se uskutečnil v únoru 2018.

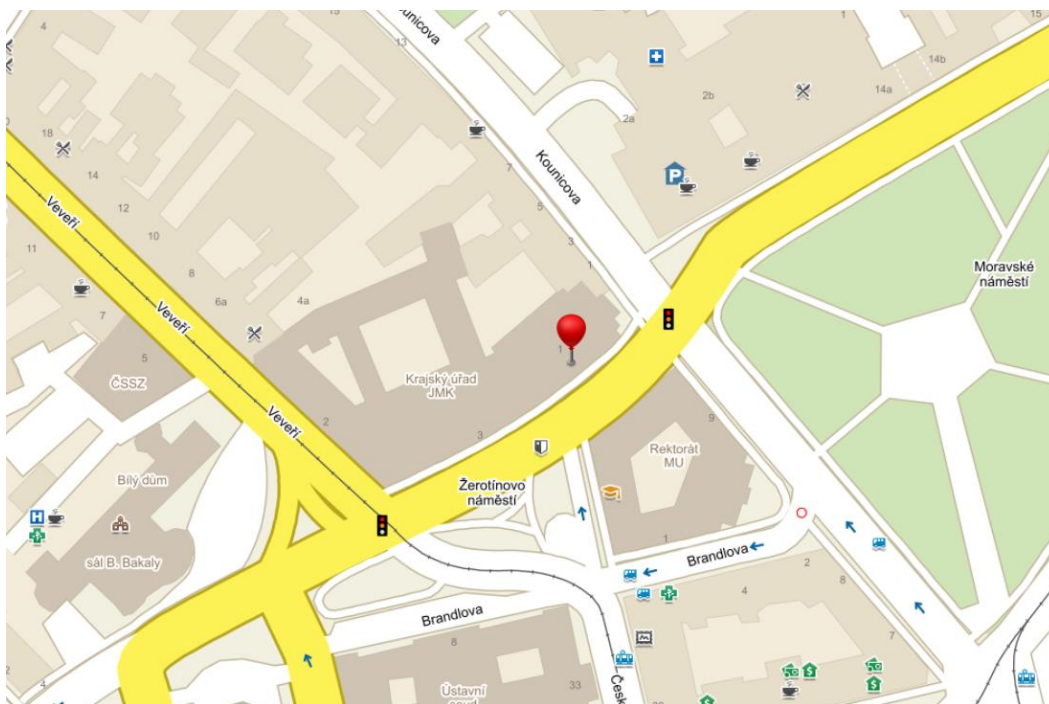


Schéma č. 1: Lokalizace předmětného objektu.

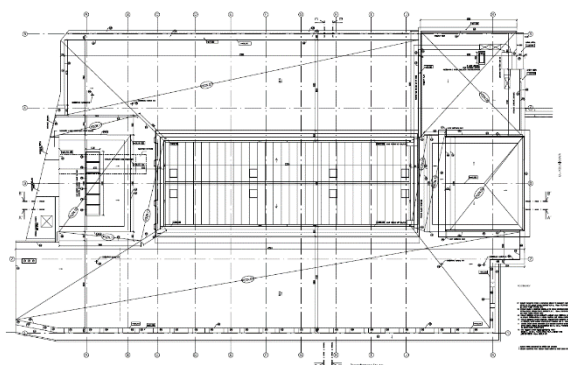


Schéma č. 2: Půdorys objektu.

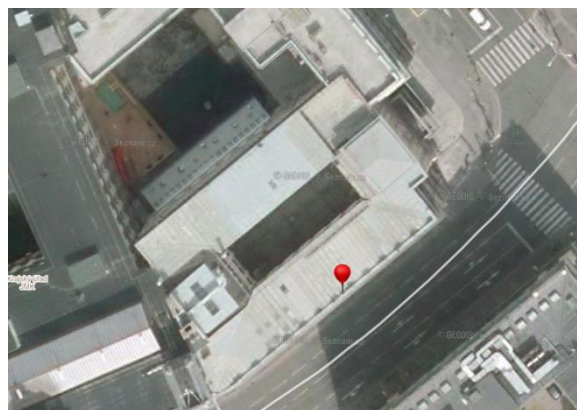


Schéma č. 3: Letecký pohled na objekt.

## 2. NÁLEZ

### 2.1. Popis objektu a situace

Předmětem výzkumné činnosti je zastřešení vstupu z ulice Kounicova, které je provedeno železobetonovou deskou usazenou na obvodové stěně objektu a dvou sloupech ve tvaru soch na schodišti před objektem. Dále je předmětem průzkumu balkon v 2.NP nad zastřešením, jedná se o železobetonovou konzolu vynesenu z obvodového zdiva objektu.

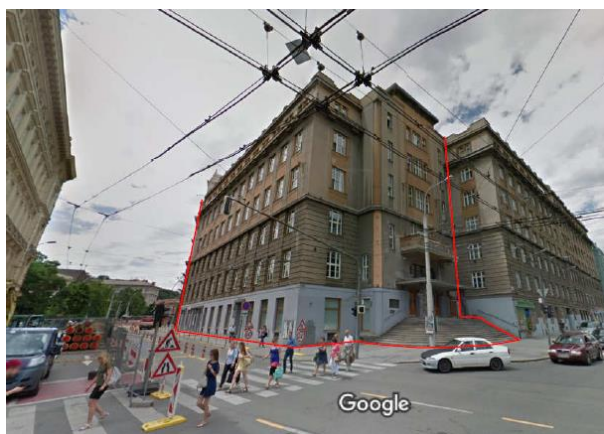


Foto č. 1: Uliční pohled na objekt.



Foto č. 2: Pohled na předmětné konstrukce.

## 2.2. Diagnostické postupy použité při zpracování zprávy

V této kapitole jsou popsány diagnostické postupy stanovení jednotlivých charakteristik zjišťovaných při místním šetření na předmětné konstrukci.

### 2.2.1. Posouzení a pasportizace stavu

Posouzení stavu bylo provedeno vizuální kontrolou 100% povrchu předmětné plochy a metodou akustického trasování na 100% plochy předmětné plochy.

Podstata akustického trasování spočívá ve zjišťování lokalit s narušenou povrchovou vrstvou či nesoudržnou povrchovou vrstvou. Po vyšetřované ploše se přejíždí trasovačem na konci opatřeným ocelovou koulí o průměru cca 45 mm. V místě narušení soudržnosti je při trasování evidován specifický "dutý" zvuk.

### 2.2.2. Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu a stanovení soudržnosti s podkladem

Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu a stanovení soudržnosti omítek s podkladem byla zjišťována, dle ČSN 73 1318 a ČSN EN 1542, přímo na konstrukci pomocí zkušebního přístroje Controls a kruhových terčů o průměru 50 mm. Pro zkoušku byl povrch betonu před nalepením zkušebního terče zbaven prašných nečistot a kolem terče oříznut do hloubky cca 25 mm. Při stanovení soudržnosti omítek s podkladem, nebyl povrch nikterak upravován a kolem terče opět oříznut do podkladu omítek. Po vytvrzení použitého lepidla byl zkušební terč odtrhnut za pomoci zkušebního přístroje Controls při zaznamenání příslušné síly potřebné pro provedení zkoušky. Následně byla pevnost v tahu povrchových vrstev betonu vyjádřena jako poměr síly [N] na plochu zkušebního terče [mm<sup>2</sup>].

### 2.2.3. Pevnost betonu v tlaku

Nedestruktivní zkoušení pevnosti betonu v tlaku a vyhodnocení bylo prováděno v souladu s ustanoveními ČSN 73 1373 „Tvrdoměrné metody zkoušení betonu“

Zkušební zařízení – odrazový tvrdoměr systému Schmidt typu N splňující požadavky ČSN 73 1373.

Příprava zkušebních míst pro zkoušky - zkušební místa byla vybírána a připravována v souladu s ustanovením čl. 6.1.3 ČSN 73 1373, t.j. byla volena místa, kde je beton stejnoměrný bez šterkových míst. Před zkouškou byl povrch betonu na zkušebním místě za sucha obroušen až byla jasně patrná jeho struktura.

Měření - byla provedena nedestruktivně Schmidtovým tvrdoměrem typu N, směr zkoušení vodorovný. Na každém zkušebním místě bylo provedeno minimálně 8 měření hodnoty odrazu.

Stav betonu – beton střechy v době zkoušení byl **přírozně vlhký až vlhký**, tomu odpovídá  $\alpha_w = 1,0$ . Beton balkonu v době zkoušení byl **nasycený vodou**, tomu odpovídá  $\alpha_w = 1,05$ .

Stáří vyšetřovaného betonu dle sdělení objednavatele je **81 let**, tomu odpovídá  $\alpha_t = 0,9$ .

Pevnost v tlaku betonu je charakterizována pevností v tlaku s nezaručenou přesností  $f_{ce}$ . Ke každé hodnotě odrazu na zkušebním místě byla přiřazena hodnota pevnosti v tlaku podle obecného kalibračního vztahu a byla vypočítána průměrná pevnost v tlaku na zkušebním místě. Provede se test na odlehlé hodnoty pevností

v tlaku - jednotlivé hodnoty pevnosti v tlaku na zkušebním místě se od průměrné hodnoty pevnosti v tlaku nesmí lišit o více než  $\pm 20\%$ ; odlehlé hodnoty se vyloučí a vypočítá se znovu průměrná hodnota pevnosti v tlaku na zkušebním místě. Výsledky měření na zkušebním místě se považují za platné jestliže v souboru pevností je minimálně 7 platných hodnot, tj. hodnot, které se neliší od průměru o více než  $\pm 20\%$ .

Zjištěná pevnost v tlaku na zkušebním místě  $f'_{ce}$  se koriguje součinitelem  $\alpha_t$  (zohledňující stáří betonu),  $\alpha_w$  (zohledňuje vlhkost betonu) a  $\alpha_p$  (zohledňuje proteplování betonu prefabrikátu).

Pevnost v tlaku betonu z nedestruktivních zkoušek se vypočítá ze vztahu :

$$f_{ce} = f'_{ce} \cdot \alpha_t \cdot \alpha_w \cdot \alpha_p$$

$f_{ce}$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností určená z obecného kalibračního vztahu a korigována součiniteli zohledňujícími stáří, vlhkost betonu a proteplování betonu
$f'_{ce}$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností určená z obecného kalibračního vztahu
$\alpha_t$	součinitel zohledňující stáří betonu; $\alpha_t = 0,9$ .
$\alpha_w$	součinitel zohledňující stav betonu (beton suchý, přirozeně vlhký a vlhký, $\alpha_w = 1,0$ , Beton nasycený vodou $\alpha_w = 1,05$
$\alpha_p$	součinitel zohledňující proteplování betonu prefabrikátů; $\alpha_t = 0,9$ .

#### 2.2.4 Stanovení hloubky karbonatace betonu

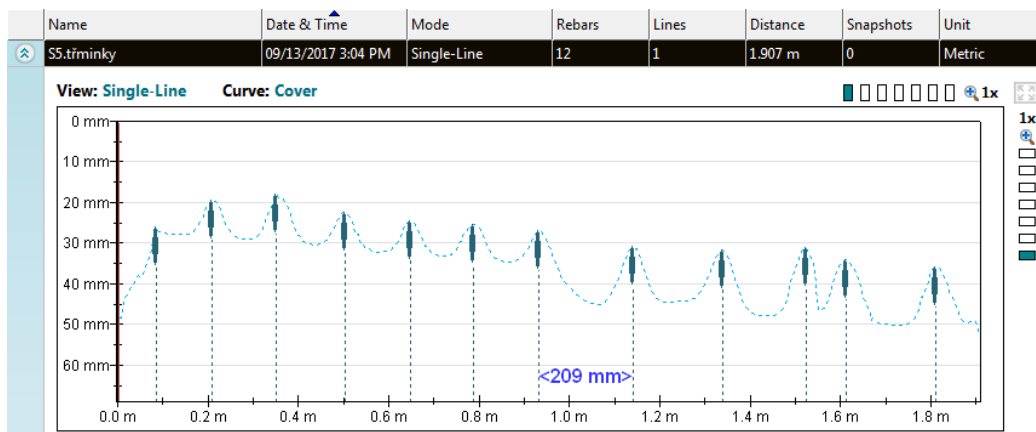
Hloubka karbonatace betonu  $h_{karb}$  byla zjišťována pomocí vrtané sondy, kdy byl roztok fenolftaleinu nanášen na vyvrtaný betonový prach, přičemž byla sledována barevná reakce roztoku fenolftaleinu a betonu. Hloubka karbonatace byla následně zjišťována pomocí hloubkoměru s přesností 1 mm. Případně byl roztok fenolftaleinu nanášen na místa odhaleného povrchu betonu po destruktivních zkouškách do povrchu plochy.

#### 2.2.5. Lokalizace výztuže a tloušťky krycí betonové vrstvy

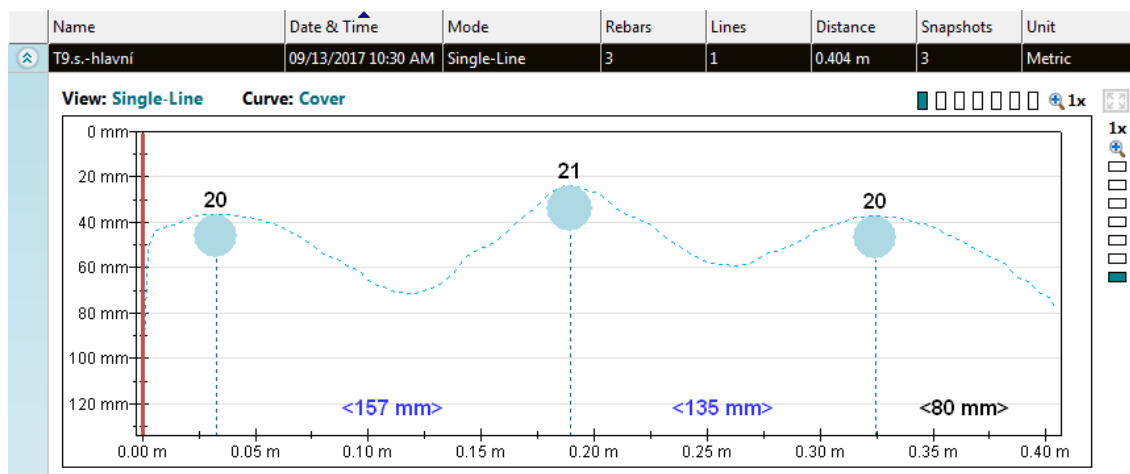
Byla stanovena s využitím elektromagnetické sondy podle ČSN 73 2011. V rámci průzkumu byl přístroj PM-630 využíván k lokalizaci výztuže.



Obr. 1 Profometer PM-630 s dotykovým displejem a integrovanou sondou; svítící šipky pomáhají lokalizovat výztuž, na displeji lze ihned kontrolovat správnost měření pomocí křivek intenzity signálu.



Obr. 2 Příklad nedestruktivního měření roztečí a krytí třmínků ve sloupu S5 přístrojem PM-630. Na skenu je patrná deformace armokoše – krytí třmínků se po výšce sloupu mění.



Obr. 3 Příklad nedestruktivního měření polohy a průměru hlavní nosné výztuže ve středu trámu T9 ze spodního líce trámu. Průměr výztuže změřen jako  $\varnothing 20 - 21$  mm, což v tomto případě přesně odpovídá skutečnému průměru ověřenému sekanou sondou, tedy  $\varnothing 20$  mm (R), a také výkresové dokumentaci [2].

## 2.2.6 Stanovení rozsahu a míry a koroze ocelové výztuže

Bylo stanoveno vizuálně na odhalených ocelových výztužích či v sekaných sondách.

## 2.2.7. Stanovení rozmístění vyztužení

Stanovení bylo provedeno nedestruktivně, s využitím technologie Georadaru a Elektromagnetického indikátoru. Cílem bylo v rozsahu, který tyto metody umožňují, stanovení polohy ocelové výztuže ve výše uvedených prvcích.

V případě stříšky nad vchodem v 1.NP objektu byl průzkum proveden ze spodního líce konstrukce (horní strana konstrukce je pokrytá plechem, a tudíž pro NDT metody nepřístupná), v případě balkonu ve 2. NP byly provedeny skeny jak ze spodní, tak z horní části balkonu.



Georadar (v anglofonní oblasti GPR – ground penetrating radar) je metoda založená na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů (frekvence řádově stovky MHz až jednotky GHz) do zkoumaného prostředí a na následné registraci jejich odrazů od překážek. Dosah georadaru dle prostředí činí až 15 m. Metoda je dnes již standardně využívána k lokalizaci nehomogenit v zemním prostředí (archeologické průzkumy, vyhledávání polohy potrubí apod.), dále k lokalizaci dutin za stěnami a ostěním tunelů, chodeb a stok a v poslední době je metoda využívána pro lokalizaci ocelové výztuže a dalších nehomogenit v betonu při diagnostice železobetonových konstrukcí.

Jak konstrukce zařízení, tak používaný software, jsou přímo určeny pro diagnostiku železobetonu, s předpokládanou možností určit jak polohu ocelových výztuží, tak dalších případných nehomogenit v prvcích betonových konstrukcí. Na rozdíl od klasických georadarů je sonda, určená k pohybu po povrchu konstrukce relativně malá (viz Obr. 4), a pro dokonalé určení polohy i několika objektů ležících nad sebou je osazena trojicí antén. Vzhledem k tomu, že na volbě vysílací frekvence závisí jednak hloubkový dosah zařízení, jednak minimální velikost detekovatelného objektu zvolil výrobce řešení, umožňující detekci objektů s následující přesností:

Hloubka detekce	do 300 mm
Přesnost lokalizace	$\pm 10$ mm
Přesnost určení hloubky	$\pm 10$ mm



*Obr. 4 Sonda přístroje Hilti PS1000, na displeji patrná poloha detekované výztuže v půdorysném schématu i řezech ve dvou, na sebe kolmých rovinách*

Pohybem koleček vozíku sondy je detekován a zaznamenáván její pohyb po povrchu konstrukce. Připojený software poté přímo vytváří na monitoru jak sondy, tak později v počítači nebo dodaném monitoru, přímo vykreslení polohy zachycených objektů, a to buď jako 2D zobrazení (půdorys skenované plochy + řezy ve dvou, na sebe kolmých rovinách), nebo přímo 3D zobrazení skladby zjištěných objektů ve zkoumané části konstrukce).



V praxi lze použít buď jednodušší liniový sken (pohyb sondy jen v jednom směru, zde je použití do jisté míry analogické k užívání magnetického indikátoru výztuže), nebo lze užít plošný sken, kdy sondou pohybujeme po povrchu konstrukce v předem nastaveném rastru buď na ploše 600 x 600 mm, nebo 1200 x 1200 mm.

#### **2.2.8 Fotodokumentace**

Z posuzovaných míst, detailů charakteristických poškození byla pořizována fotodokumentace.

## 2.3. Výsledky z místního šetření a provedených zkoušek

Výsledky z místního šetření a provedených zkoušek na předmětné konstrukci jsou uvedeny v následujících kapitolách.

### 2.3.1. Stanovení základních rozměrů a rozsahu porušení

Základní rozměry konstrukcí jsou uvedeny na následující schématech. Půdorysný rozměr balkonu byl změřen 7900 x 2200 mm, půdorysný rozměr střechy 9770 x 3600 mm.

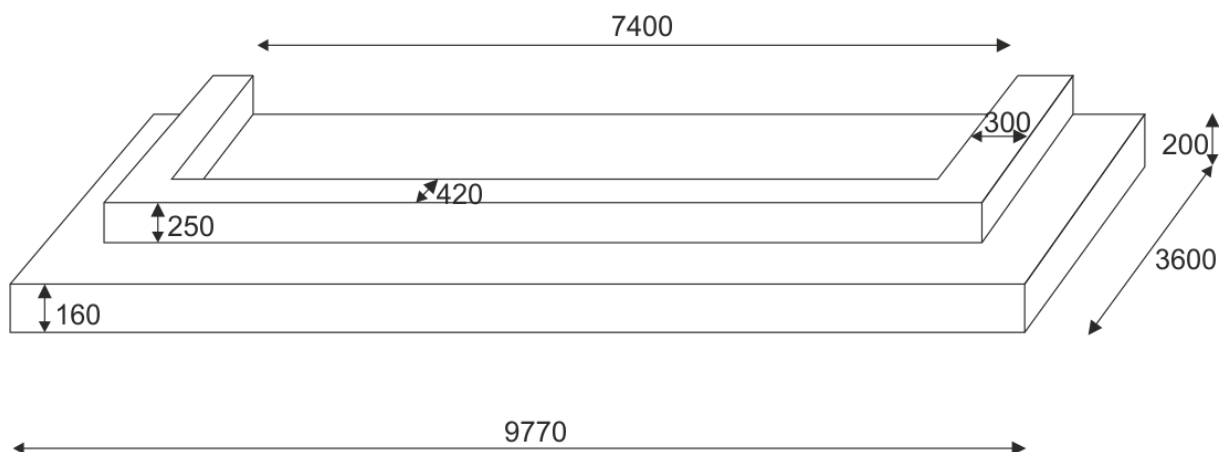


Schéma č. 4: Základní rozměry zastřešení v 1.NP.

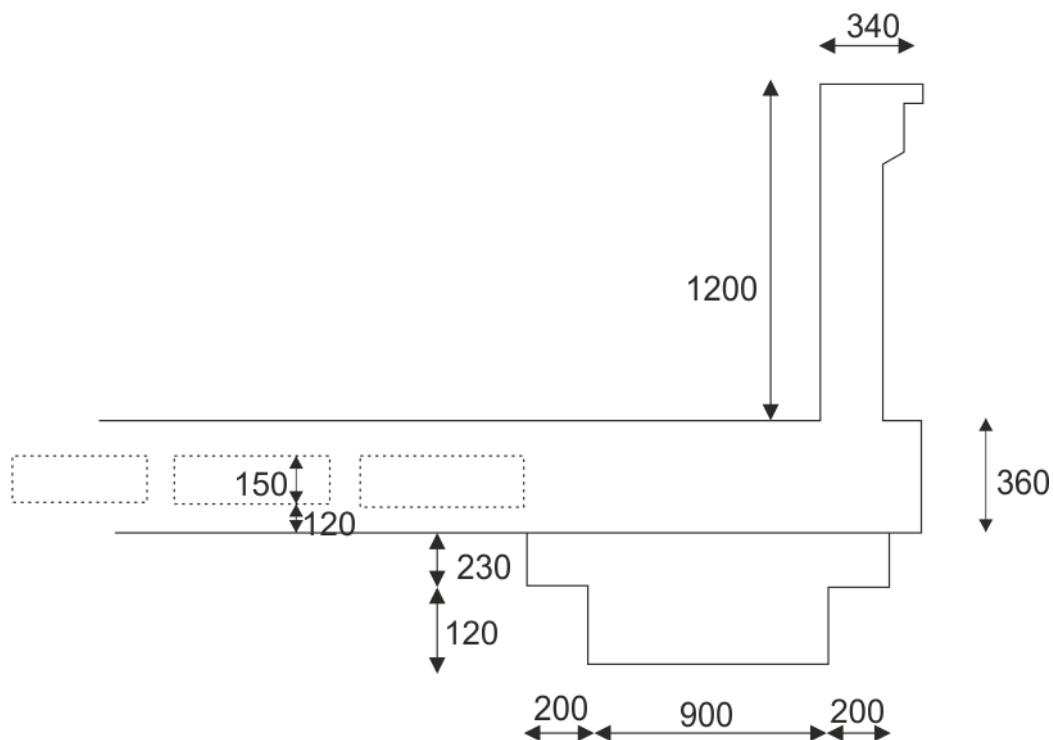


Schéma č. 4: Základní rozměry balkonu v 2.NP – řez podélný.

Výsledky posouzení konstrukcí a narušených povrchů betonu jsou uvedeny níže v textu.

- Na obou posuzovaných konstrukcích dochází k výraznému zatékání do konstrukcí, celkovému nasycení materiálu vodou a degradaci povrchu zejména spodního líce stříšky a balkonu (foto 1 – 12). Na konstrukci střechy na 50% plochy. Na ploše balkonu je bez výrazného zatékání pouze levá část (konzola) balkonu (foto 13)
- Na obou konstrukcích je nefunkční střešní krytina stříšky či pochozí hydroizolace balkonu (foto 14 – 16, 23 a 24).
- Na ŽB desce stříšky v 1.NP. Byla evidována lokalita poruchy betonu v celé tloušťce desky – jedná se o důsledek masivního zatékání a mrazové degradace v místě oslabení konstrukce dřevěným distančním tělískem v betonu (foto 4 a 5).
- Zábradlí balkonu v 2.NP je od obvodového zdiva odděleno trhlinami rozevírajícími se směrem od podlahy balkonů. Je tedy zřejmé, že již dochází k pohybům celé konstrukce balkonu. (foto 17 – 20).
- Deska balkonu je provedena jako dutinová ŽB deska kde jsou dutiny provedeny ztraceným dřevěným bedněním, které je již výraznou dotací vlhkostí do desky zcela ztrouchnivělé a rozpadnuté (foto 21 – 22).



Foto č. 3: Stříška



Foto č. 4: Stříška



Foto č. 5: Stříška



Foto č. 6: Stříška



Foto č. 7: Stříška



Foto č. 8: Balkon



Foto č. 9: Balkon



Foto č. 10: Balkon



Foto č. 11: Balkon



Foto č. 12: Balkon





Foto č. 13: Balkon



Foto č. 14: Rozpad krytiny.



Foto č. 15: Rozpad krytiny.



Foto č. 16: Rozpad krytiny.



Foto č. 17: Balkon

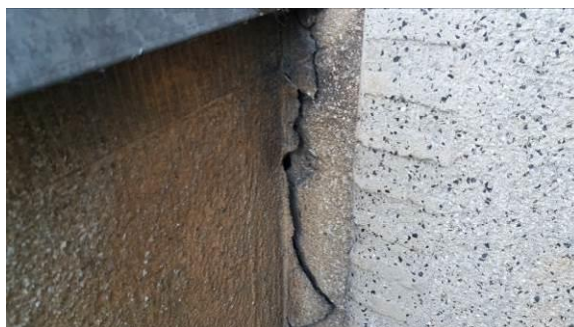


Foto č. 18: Balkon

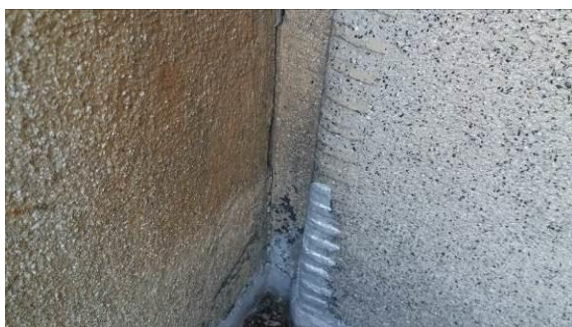


Foto č. 19: Balkon



Foto č. 20: Balkon



Foto č. 21: Balkon - dutina



Foto č. 22: Balkon - dutina



Foto č. 23: Atika na střeše.



Foto č. 24: Oplechování střechy.



### 2.3.2. Stanovení pevnosti betonu v tlaku

Výsledky stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivní metodou jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 1. Výsledky nedestruktivního stanovení pevnosti betonu v tlaku.

BALKON 2.NP													
Zkušební místo	jednotlivé hodnoty odskoků a přiřazené hodnoty pevnosti v tlaku										C	$f_{ce}$ [MPa]	$f_c$ [MPa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P	
1	$a_i$	20	21	20	22	20	21	20	22	22	20	10	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	0	
2	$a_i$	20	21	20	20	22	20	21	21	20		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	
3	$a_i$	22	20	20	20	22	20	21	20	20		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	
4	$a_i$	22	23	20	21	21	20	20	21	20		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	
5	$a_i$	22	20	20	21	21	20	22	20	21		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	
6	$a_i$	22	22	20	21	20	21	22	20	21		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	
7	$a_i$	20	20	21	20	21	22	22	20	21		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	
8	$a_i$	21	20	21	22	22	22	20	21	20		9	NELZE VYHODNOTIT
	$f_{ce,i}$	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)	*)		0	

$f_c$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností určená z obecného kalibračního vztahu a korigována součiniteli zohledňujícími stáří a vlhkost betonu		
$f_{ce}$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností určená z obecného kalibračního vztahu		
$\alpha_t$	součinitel zohledňující stáří betonu		
$\alpha_w$	součinitel zohledňující stav betonu (beton suchý, přirozeně vlhký a vlhký, nasycený vodou)		

$\alpha_w =$	1,0	Přirozeně vlhký a vlhký beton
	1,05	Beton nasycený vodou
$\alpha_t =$	0,90	Stáří betonu nad 360 dnů

C	celkový počet měření na zkušebním místě		
P	počet platných měření na zkušebním místě		
*)	hodnota odrazu Schmidtova tvrdoměru leží pod spodní hranicí obecného kalibračního vztahu, proto nelze přiřadit hodnotu pevnosti v tlaku		

Tabulka 2. Výsledky nedestruktivního stanovení pevnosti betonu v tlaku.

STŘECHA 1.NP														
Zkušební místo	jednotlivé hodnoty odskoků a přiřazené hodnoty pevnosti v tlaku											C P	$f_{ce}$ [MPa]	$f_c$ [MPa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	$a_i$	34	34	29	36	32	36	32	34	32	32	10	22	20
	$f_{ce,i}$	23	23	**) )	26	20	26	20	23	20	20	9		
2	$a_i$	34	34	36	35	33	32	33	34	33	32	10	22	20
	$f_{ce,i}$	23	23	26	25	21	20	21	23	21	20	10		
3	$a_i$	31	32	33	31	32	33	32	33	31	32	10	20	18
	$f_{ce,i}$	18	20	21	18	20	21	20	21	18	20	10		
4	$a_i$	32	30	32	30	32	33	34	33	31	33	10	20	18
	$f_{ce,i}$	20	17	20	17	20	21	23	21	18	21	10		
5	$a_i$	30	31	32	30	32	33	34	31	33	32	10	20	18
	$f_{ce,i}$	17	18	20	17	20	21	23	18	21	20	10		
6	$a_i$	32	32	34	32	32	34	32	30	33	32	10	20	18
	$f_{ce,i}$	20	20	23	20	20	23	20	17	21	20	10		
7	$a_i$	33	33	30	34	32	33	32	30	33	32	10	20	18
	$f_{ce,i}$	21	21	17	23	20	21	20	17	21	20	10		
8	$a_i$	33	30	31	32	33	30	33	34	33	32	10	20	18
	$f_{ce,i}$	21	17	18	20	21	17	21	23	21	20	10		

$f_c$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností určená z obecného kalibračního vztahu a korigována součiniteli zohledňujícími stáří a vlhkost betonu	
$f_{ce}$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností určená z obecného kalibračního vztahu	
$\alpha_t$	součinitel zohledňující stáří betonu	
$\alpha_w$	součinitel zohledňující stav betonu (beton suchý, přirozeně vlhký a vlhký, nasycený vodou)	

$\alpha_w =$	1,0	Přirozeně vlhký a vlhký beton
	1,05	Beton nasycený vodou
$\alpha_t =$	0,90	Stáří betonu nad 360 dnů

C	celkový počet měření na zkušebním místě	
P	počet platných měření na zkušebním místě	

### 2.3.3. Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev a soudržnosti s podkladem

Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu a soudržnosti omítky s podkladem je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 3. Výsledky odtrhových zkoušek Balkon 2.NP

Č.	Povrch	Pevnost v tahu / Soudržnost [MPa]	Místo porušení
T1	Beton	0,4	Povrch betonu
T2		0,3	Povrch betonu
T3		0,2	Beton do hloubky 5mm
Průměr		0,3	
T4	Omítka	0,7	Podklad
T5		1,6	Omítka
T6		0,6	Podklad
T7		1,5	Omítka
Průměr		1,1	

Tabulka 4. Výsledky odtrhových zkoušek Střecha 1.NP

Č.	Povrch	Pevnost v tahu / Soudržnost [MPa]	Místo porušení
T8	Beton	1,9	Beton do hloubky 5mm
T9		1,2	Povrch betonu
T10		1,8	Beton do hloubky 5mm
Průměr		1,6	
T11	Omítka	1,4	Omítka
T12		2,5	Omítka
T13		1,9	Omítka
Průměr		1,9	

Pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu byly měřeny na lokalitách s výrazným zatékáním do konstrukce. Soudržnosti omítky s podkladem pak na lokalitách bez stop po zatékání do konstrukce.

#### 2.3.4. Stanovení hloubky karbonatace betonu

Stanovení hloubky karbonatace betonu je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 5. Stanovení hloubky karbonatace

Část kce	Počet měření	Hloubka karbonatace betonu $h_{kar}$		
		průměrná [mm]	minimální [mm]	maximální [mm]
<b>Střecha 1.NP</b>	5	<b>52</b>	45	60
<b>Balkon 2.NP</b>	5	<b>35</b>	25	59

#### 2.3.5. Stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu

Stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 6. Stanovení tloušťky krycí vrstvy

Část kce	Počet měření	Tloušťka krycí vrstvy		
		průměrná [mm]	minimální [mm]	maximální [mm]
<b>Střecha 1.NP</b>	8	<b>25</b>	16	40
<b>Balkon 2.NP</b>	8	<b>19</b>	15	25

### 2.3.6. Stanovení vyztužení konstrukcí

Stanovení vyztužení konstrukcí je uvedeno v následující kapitole.

#### 2.3.6.1. Stříška nad vchodem v 1. NP

Na spodním líci stříšky byly provedeny celkem 3 sondy, jejich poloha je patrná z Obr. 5. V každé sondě byl proveden plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm a v obou na sebe kolmých směrech liniové skeny elektromagnetickým indikátorem.



Obr. 5 Rozmístění sond na spodním líci konstrukce stříšky nad vchodem z ulice Kounicovy v 1. NP

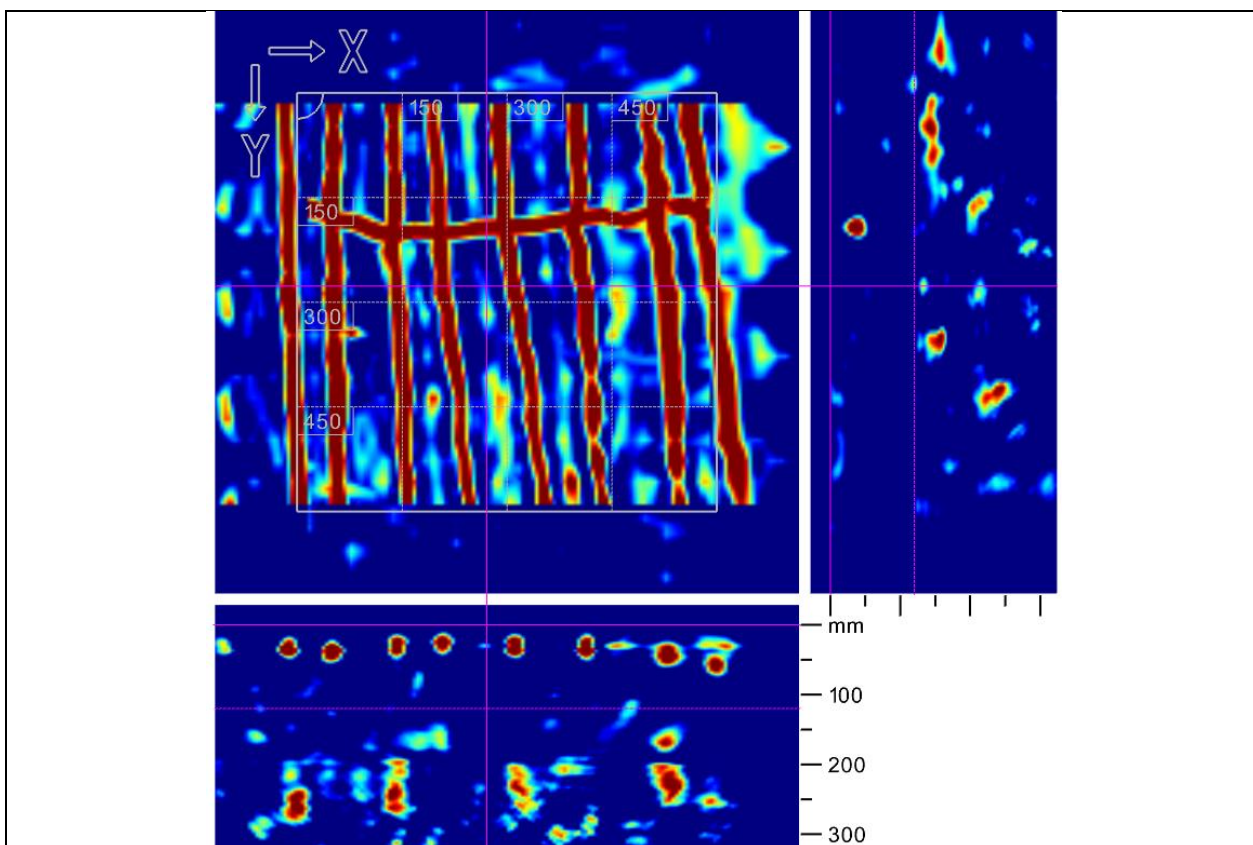
## Sonda KD1

Místo sondy	Deska stříšky ze spodního líce zhruba uprostřed rozpětí, mezi středními a pravými dveřmi (při pohledu z ulice).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže. Výztuž stanovena radarem v ploše 600 x 600 mm a následně středem skenovacího pole ve dvou liniích elektromagnetickým indikátorem. Levý horní bod skenované plochy (vztažný bod) se nacházel 820 mm od štukové ozdoby jdoucí podél fasády budovy.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Poznámka	

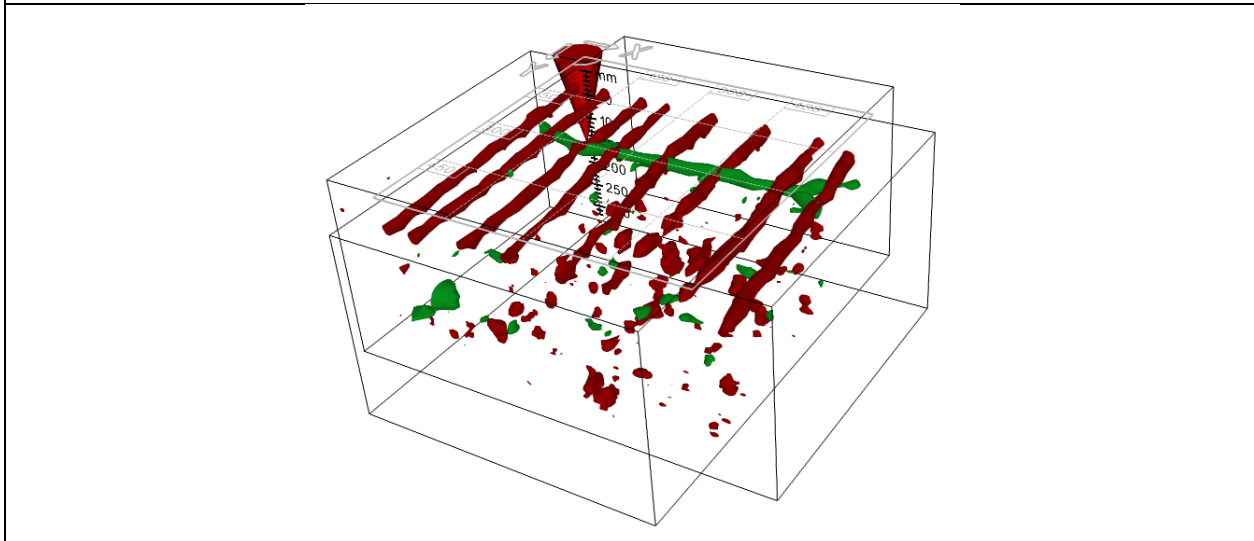


*Obr. 5.1 Místo sondy KD1, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.*

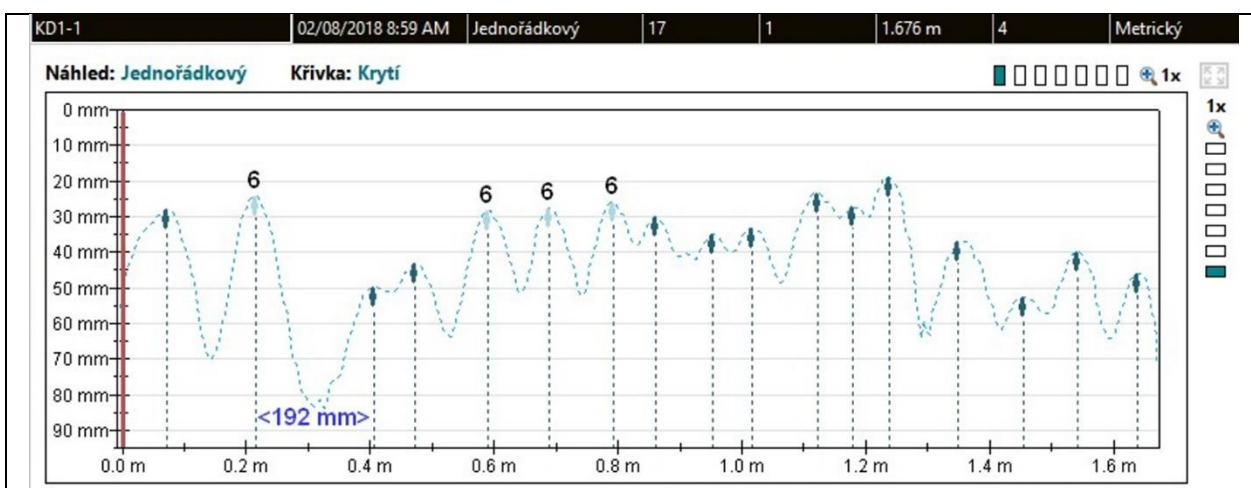




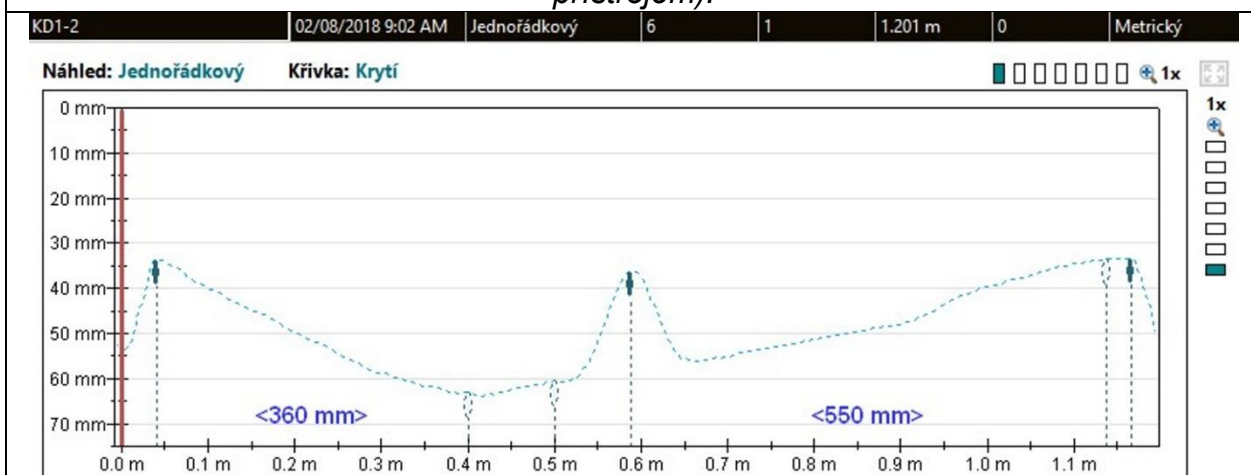
Obr. 5.2 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený ze spodního líce desky v místě sondy KD1. Na skenu je zachyceno celkem 8 prutů hlavní výztuže (jdoucí ve směru kolmo k fasádě, a jedna výztuž rozdělovací. Rozložení výztuže je nepravidelné, krytí se pohybuje mezi 20 a 40 mm. Rozteče hlavní výztuže na okraji skenu blíže fasádě jsou v průměru 90 mm, na kraji vzdálenějším fasádě v průměru 82 mm.



Obr. 5.3 Radarový sken z předchozího obrázku v provedení 3D jasně ukazuje, že nelze určit, která výztuž je blíže povrchu, což je dáno kombinací velmi malých průměrů výztuží a přesnosti určování hloubky při radarovém měření.



Obr. 5.4: Zkušební místo KD1 – liniové měření hlavní výztuže pomocí Profometru PM-630. V délce cca 1,65 m zachyceno celkem 17 prutů hlavní výztuže. Průměrná rozteč cca 100 mm, krytí včetně omítky kolísá od 20 do 50 mm, průměr změřen jako 6 mm, ovšem ve skutečnosti může být menší (jedná se o nejnižší hodnotu udávanou přístrojem).



Obr. 5.5: Zkušební místo KD1 – liniové měření rozdělovací výztuže pomocí Profometru PM-630. Zachycena pouze 1 výztuž uprostřed a potom naznačeny dvě výztuže při okraji štukové ozdoby desky.

### Výsledky stanovení vyztužení v místě KD1

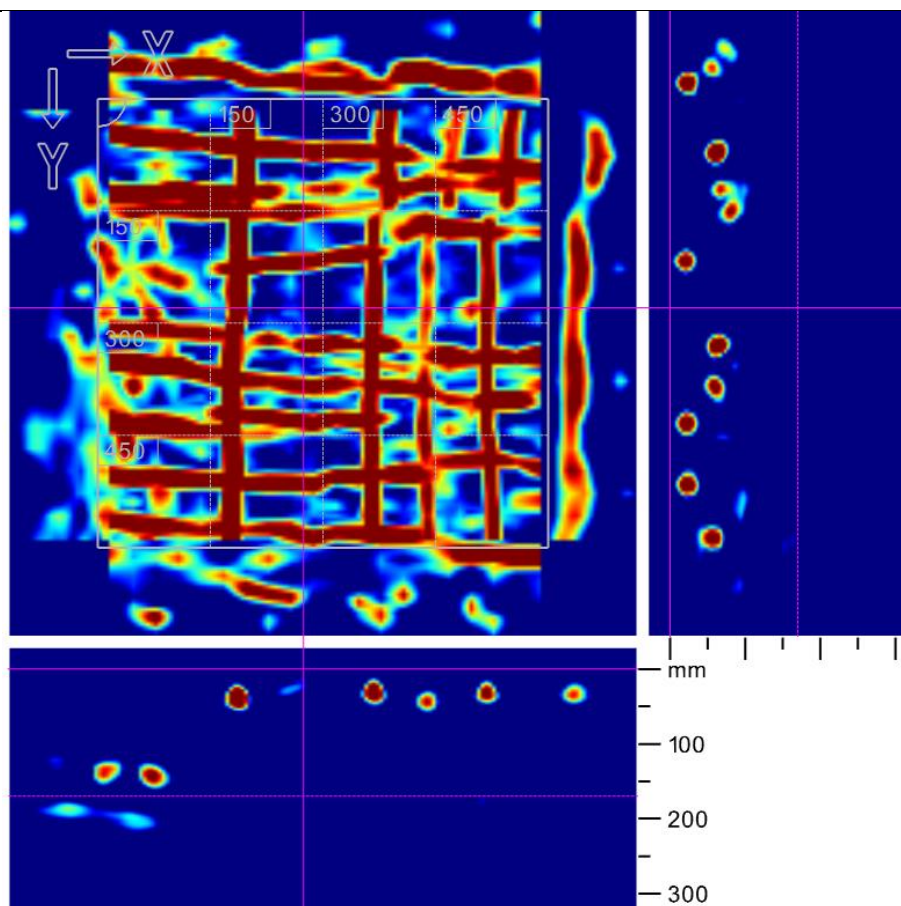
V místě sondy byla při spodním líci desky zjištěna hlavní i rozdělovací výztuž. Průměrná rozteč hlavní výztuže je cca 100 mm, průměrná rozteč rozdělovací výztuže je cca 450 mm. Krytí výztuže se pohybuje mezi 20 a 50 mm. Průměry prutů jsou menší než 6 mm, přesný průměr musí být stanoven sekanou sondou.

## Sonda KD2

Místo sondy	Deska stříšky ze spodního líce u levého okraje (při pohledu z ulice).
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže. Výztuž stanovena radarem v ploše 600 x 600 mm a následně středem skenovacího pole ve dvou liniích elektromagnetickým indikátorem. Levý horní bod skenované plochy (vztažný bod) se nacházel 930 mm od líce fasády, a 815 mm od štukové ozdoby jdoucí kolmo na fasádu.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Poznámka	

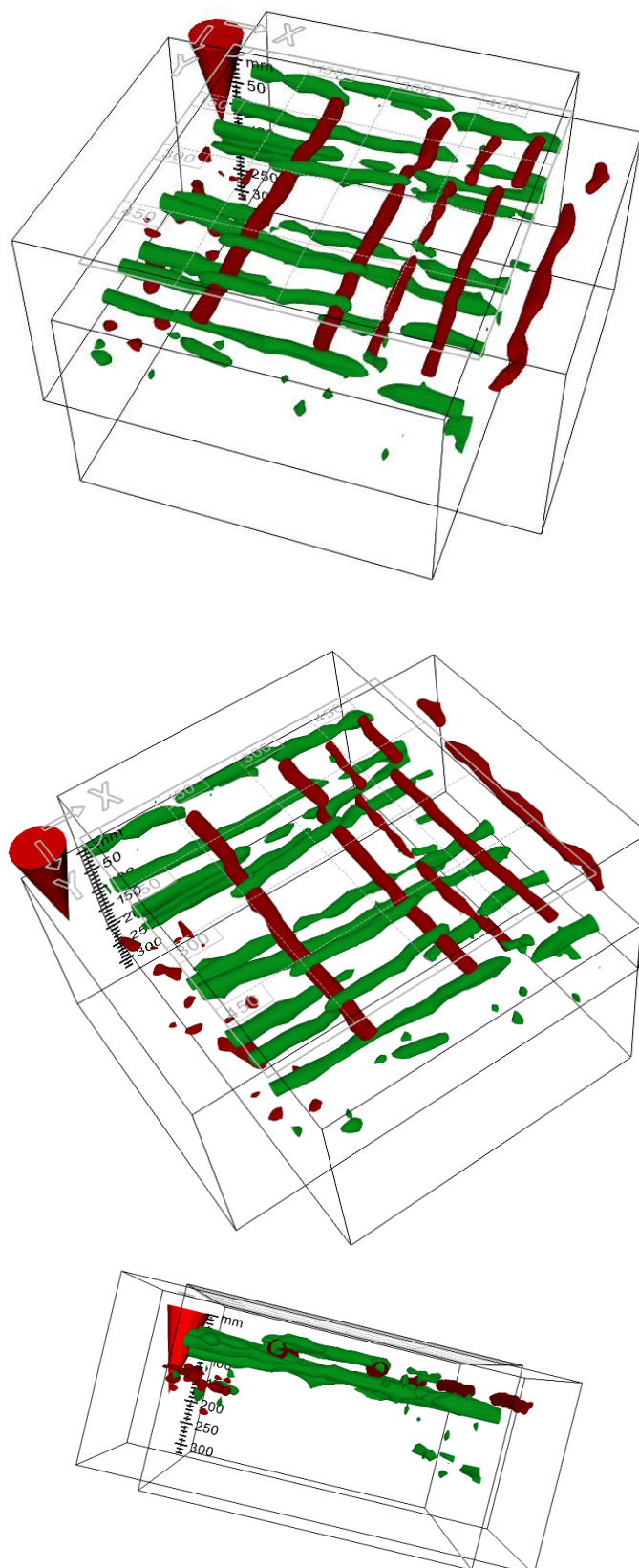


Obr. 5.6 Místo sondy KD2.

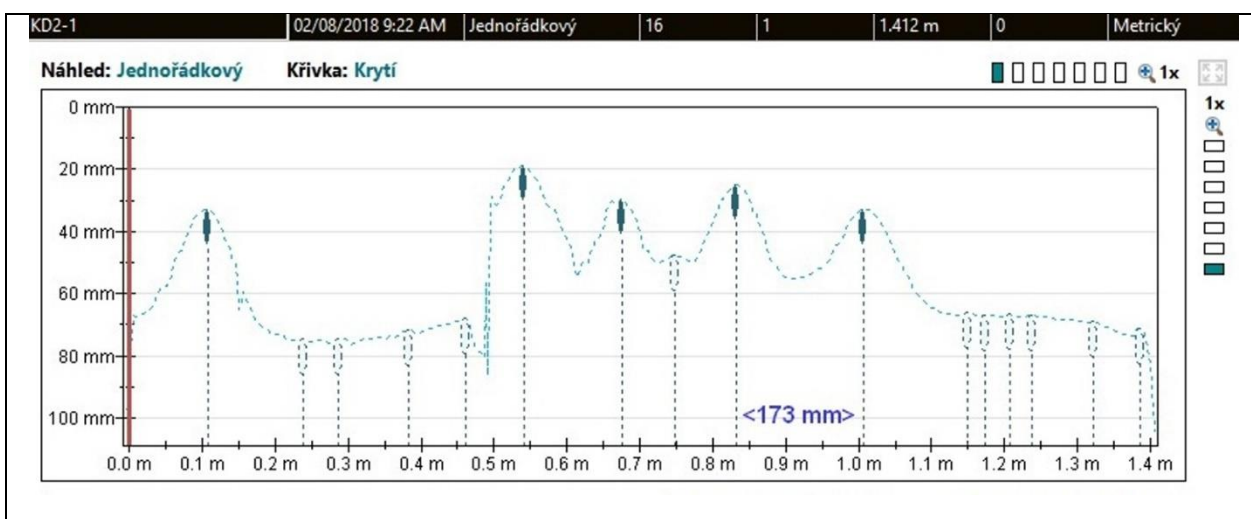


Obr. 5.7 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený ze spodního líce desky v místě sondy KD2. Na skenu jsou zachyceny celkem 4 pruty hlavní výztuže (jdoucí ve směru kolmo k fasádě), a řada výztuží v druhém směru (rovnoběžně s fasádou). Výztuže rovnoběžné s fasádou jsou umístěny ve dvou úrovních, více je patrné v následujícím obrázku. Krytí hlavních výztuží je cca 20 mm, výztuže rovnoběžné s fasádou se nachází nad nimi a pod nimi.

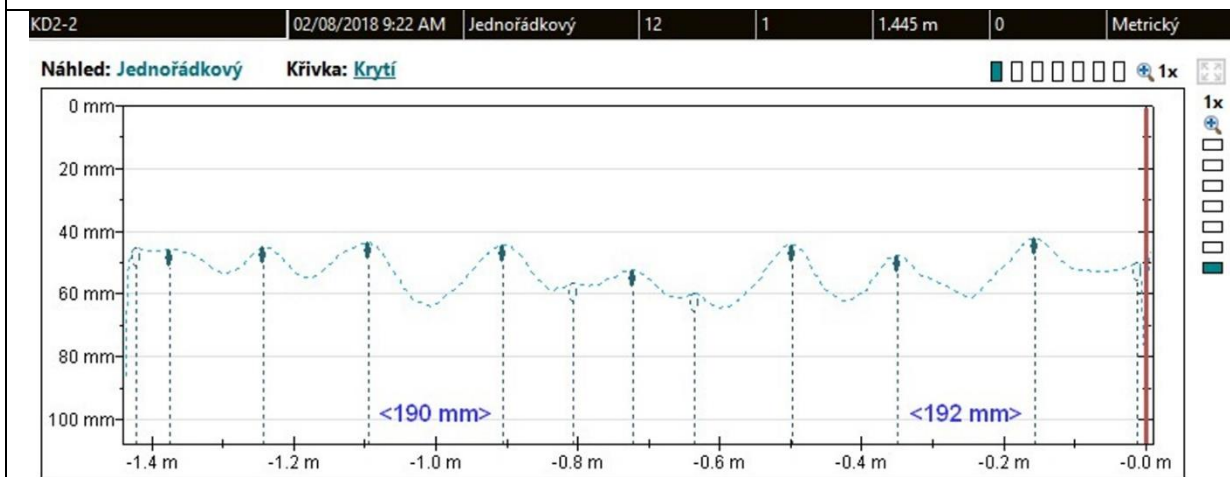




Obr. 5.8 Radarový sken z předchozího obrázku v provedení 3D jasně ukazuje, výztuž jdoucí rovnoběžně s fasádou (zelená) je umístěna ve dvou úrovních, blíže povrchu tvoří jen krátké spony.



Obr. 5.9: Zkušební místo KD2 – liniové měření hlavní výztuže pomocí Profometru PM-630 směrem k okraji balkonu (vpravo). Kromě sporadické výztuže desky zjištěny 4 pruty výztuže v místě pod zábradlím (atikou), na okraji balkonu žádná výztuž nezachycena.



Obr. 5.10: Zkušební místo KD2 – liniové měření rozdělovací výztuže (v příčném směru), vpravo poloha u zdi. Výztuž poměrně pravidelně po 160 mm, krytí cca 40-50 mm. Na skenu nejsou zachyceny spony blíže povrchu, které zachytil radar, neboť linie tohoto měření je minula.

### Výsledky stanovení vyztužení v místě KD1

V místě sondy byla při spodním líci desky zjištěna hlavní i rozdělovací výztuž. Průměry výztuží nemohly být nedestruktivně určeny, bylo by nezbytné provést sekanou sondu.

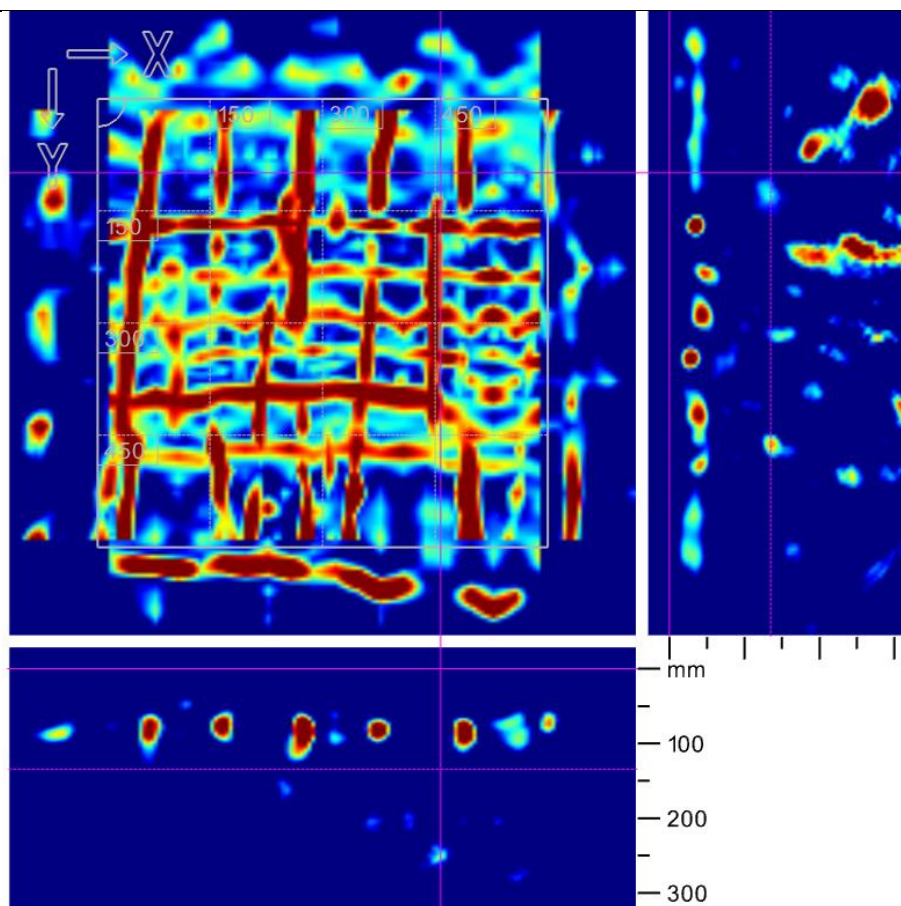


## Sonda KD3

Místo sondy	Levá konzola balkonu ve 2.NP v blízkosti fasády.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže. Výztuž stanovena radarem v ploše 600 x 600 mm a následně středem skenovacího pole ve dvou liniích elektromagnetickým indikátorem. Levý horní bod skenované plochy (vztažný bod) se nacházel 810 mm od druhé štukové ozdoby jdoucí rovnoběžně s fasádou budovy, a skenovaná plocha se nacházela zhruba uprostřed šířky stříšky.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Poznámka	



*Obr. 5.11 Místo sondy KD3, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.*



*Obr. 5.12 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený ze spodního líce desky v místě sondy KD3. Na skenu je zachyceno celkem 5 prutů hlavní výztuže (jdoucí ve směru kolmo k fasádě, a rovnoběžně s fasádou zřejmě 6 prutů výztuže, tvořících vyztužení skrytého průvlaku mezi dvěma podpůrnými sochami. Krytí hlavní výztuže je cca 60 mm, výztuže průvlaku jsou blíže povrchu, krytí cca 30 mm. Rozteče hlavní výztuže jsou v průměru cca 100 mm.*

### **Výsledky stanovení vyztužení v místě KD3**

V místě sondy byla při spodním líci desky zjištěna hlavní výztuž a výztuže skrytého průvlaku.

Průměrná rozteč hlavní výztuže je cca 100 mm, krytí cca 60 mm.

#### 2.4.6.2. Balkon ve 2. NP

Na spodním líci balkonu byly provedeny celkem 3 sondy, jejich poloha je patrná z Obr. 6. V každé sondě byl proveden plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm a v obou na sebe kolmých směrech liniové skeny elektromagnetickým indikátorem.

V totožných místech byly provedeny sondy z horního líce balkonu, zde byl použit pouze radarový sken 600 x 600 mm.



Obr. 6 Rozmístění sond na spodním líci balkonu ve 2. NP. V totožných místech byly provedeny sondy z horního líce balkonové desky.

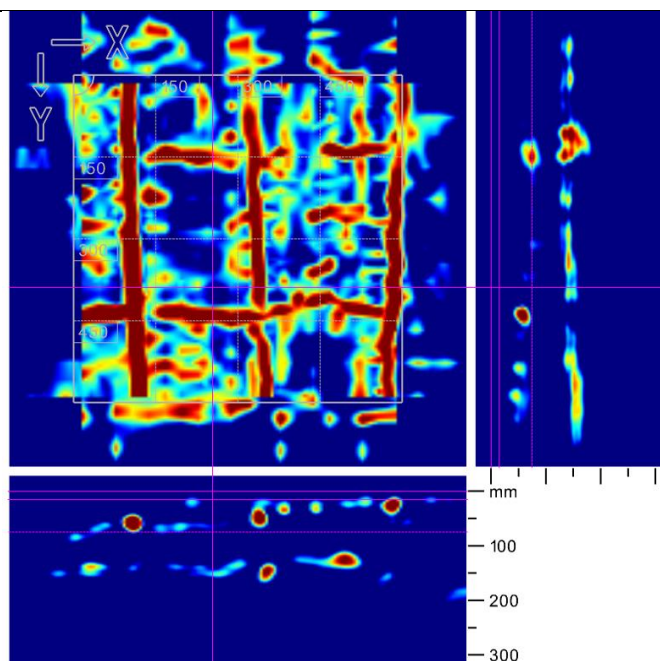
## Sonda KH1

Místo sondy	Levá konzola balkonu ve 2.NP. v blízkosti fasády.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže ze spodní strany konzoly. Výztuž stanovena radarem v ploše 600 x 600 mm a následně středem skenovacího pole ve dvou liniích elektromagnetickým indikátorem. Levý horní bod skenované plochy (vztažný bod) se nacházel 820 mm od fasády budovy a 220 mm od levého okraje konzoly.  Ve stejném místě bylo provedeno měření radarem i horní strany balkonu.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Poznámka	

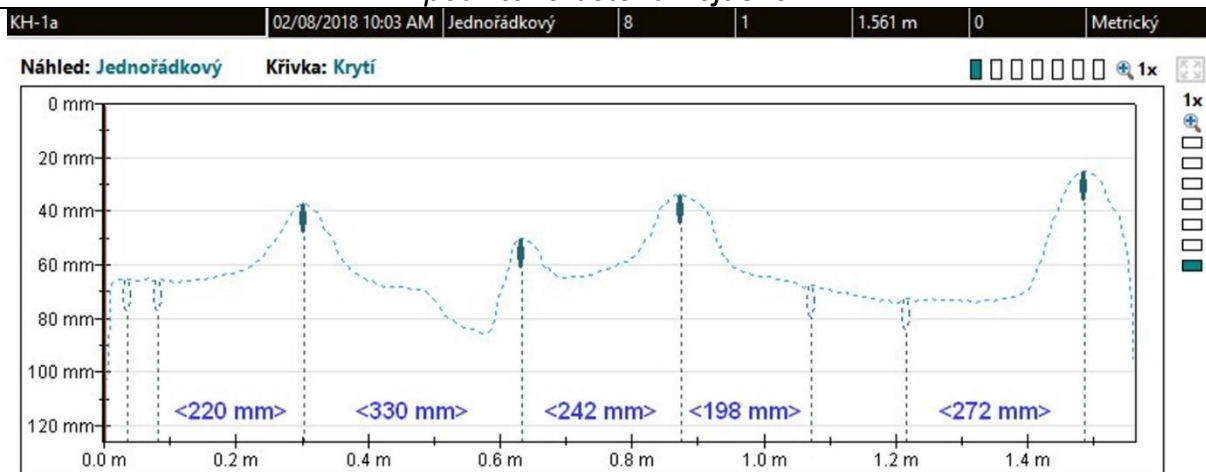


Obr. 6.1 Místo sondy KD3, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.

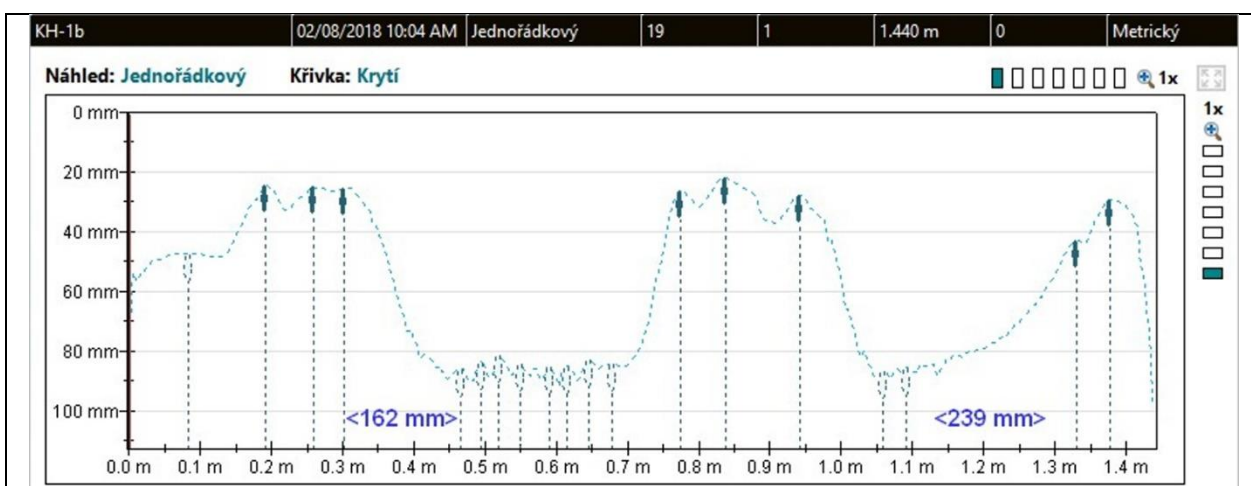




Obr. 6.2 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený ze spodního líce desky v místě sondy KH1. Na skenu jsou zachyceny 3 výztuže blízko povrchu (krytí 20 – 40 mm) v podélném směru konzoly a dvě ve směru příčném. Sken naznačuje existenci dalších výztuží v hloubce cca 130 – 150 mm, ale zobrazení je díky struktuře použitého betonu nejasné.



Obr 6.3: Zkušební místo KH1 – liniové měření hlavní výztuže pomocí Profometru PM-630 v místě u ukotvení konzoly (u zdi). Zde jsou zachyceny 4 výztuže, krytí kolísá od 25 do 50 mm.

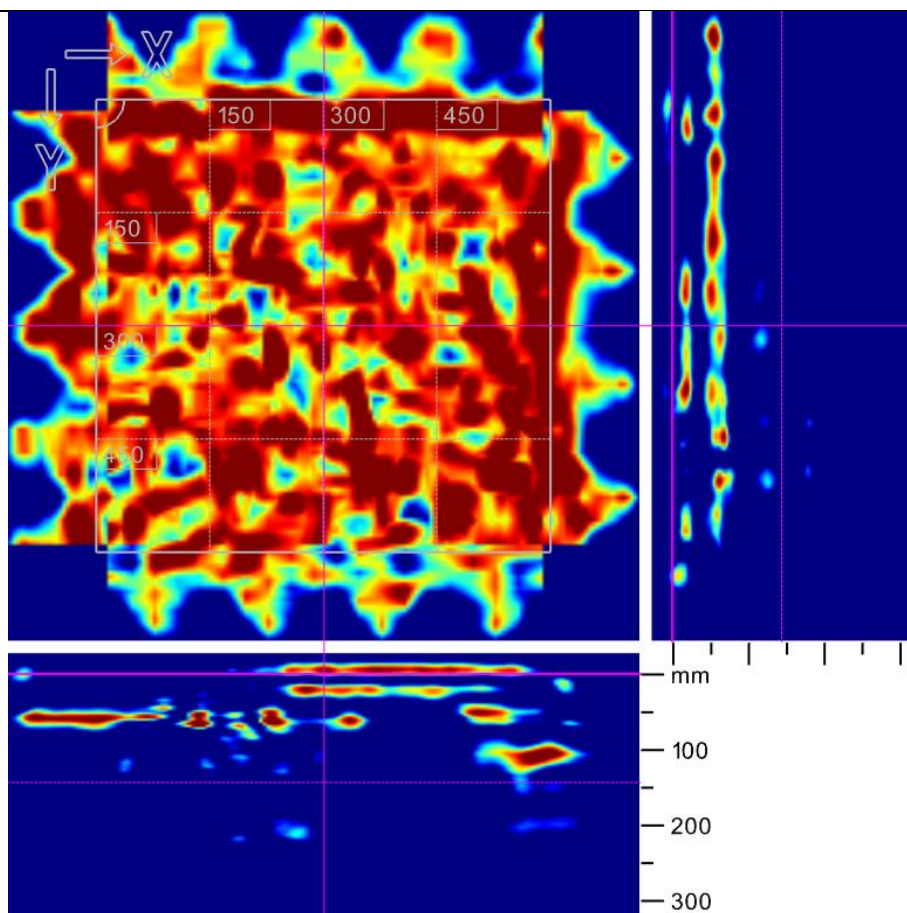


Obr. 6.4: Zkušební místo KH1A – liniové měření hlavní výztuže pomocí Profometru PM-630 u volného konce balkonu. Zachyceny shluky výztuže a mezi nimi volný prostor. Měření odpovídá snad přítomnosti vyztužených žeber.



Obr. 6.5 Místo sondy KH1 z horního líce balkonu, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.



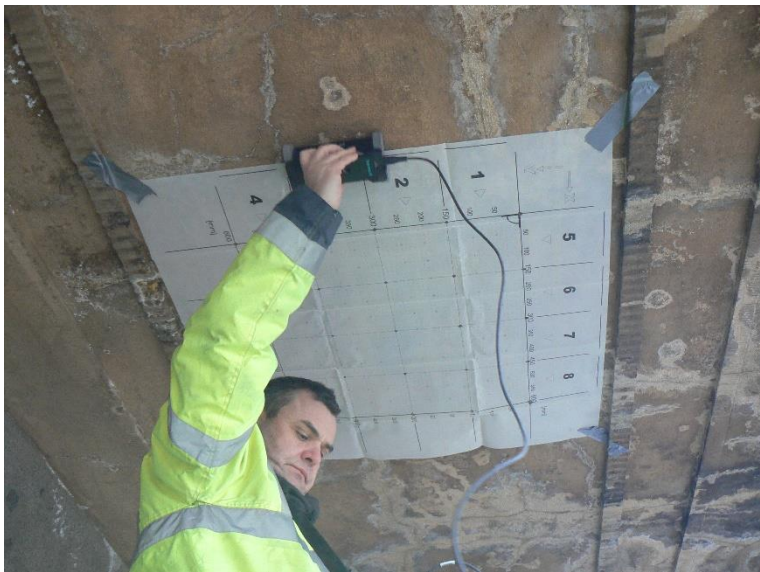


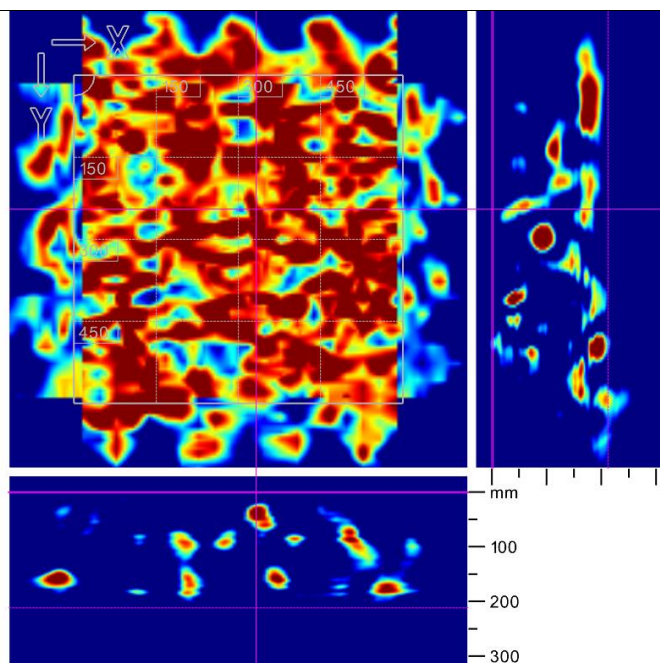
Obr. 6.6 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený v místě sondy KH1 z horního líce balkonu nezobrazil žádnou výztuž, buď se nevyskytuje, nebo je zobrazení ovlivněno vrstvami konstrukce.

### Výsledky stanovení vyztužení v místě KH1

V místě sondy byla při spodním líci konzoly u vetknutí zjištěna hlavní výztuž (4 pruty). Z horního povrchu nebylo žádné vyztužení zjištěno.

Celkové vyztužení prvku je ale z měření zcela nejasné. Lze odhadnout, že prvek je nesen nějakým typem tuhé výztuže (ocelové nosníky), umístěné v horní části konzol, či v konstrukci zábradlí – rám. Pro zjištění by však bylo nutné provést rozsáhlé sekané sondy.

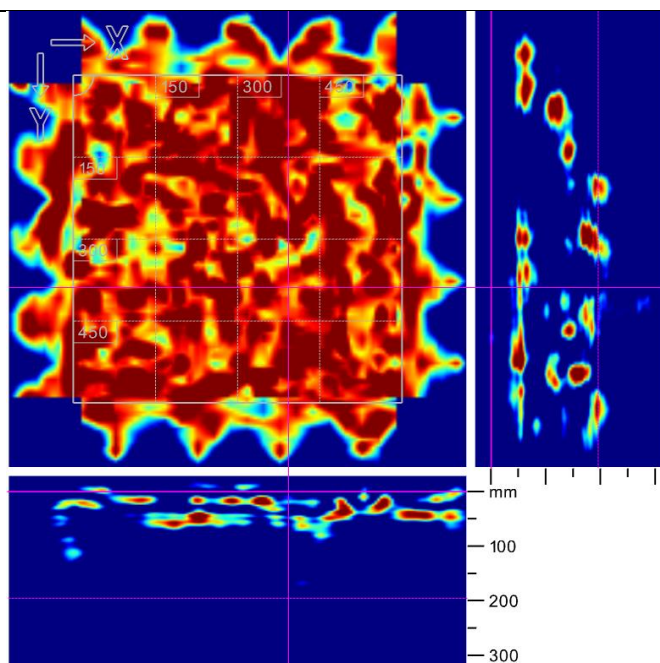
Sonda KH2	
Místo sondy	Deska balkonu v polovině rozpětí mezi konzolami.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže ze spodní strany konzoly. Měření provedeno radarem v ploše 600 x 600 mm a následně středem skenovacího pole ve dvou liniích elektromagnetickým indikátorem. Ve stejném místě bylo provedeno měření radarem i horní strany balkonu.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Poznámka	
	
<p><i>Obr. 6.7 Místo sondy KH2 ze spodního líce prvku, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm a probíhá liniové měření elektromagnetickým indikátorem.</i></p>	



Obr. 6.8 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený ze spodního líce desky v místě sondy KH2. Na skenu není zobrazena žádná výztuž, buď se nevyskytuje, nebo je zobrazení ovlivněno vrstvami konstrukce.



Obr. 6.9 Místo sondy KH2 z horního líce balkonu, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.



*Obr. 6.10 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený v místě sondy KH2 z horního líce balkonu nezobrazil žádnou výztuž, buď se nevyskytuje, nebo je zobrazení ovlivněno vrstvami konstrukce.*

### **Výsledky stanovení vyztužení v místě KH2**

Z horního ani dolního povrchu nebylo žádné vyztužení zjištěno.

Celkové vyztužení prvku je ale z měření zcela nejasné. Lze odhadnout, že prvek je nesen nějakým typem tuhé výztuže (ocelové nosníky), umístěné v horní části konzol, či v konstrukci zábradlí – rám. Pro zjištění by však bylo nutné provést rozsáhlé sekané sondy.



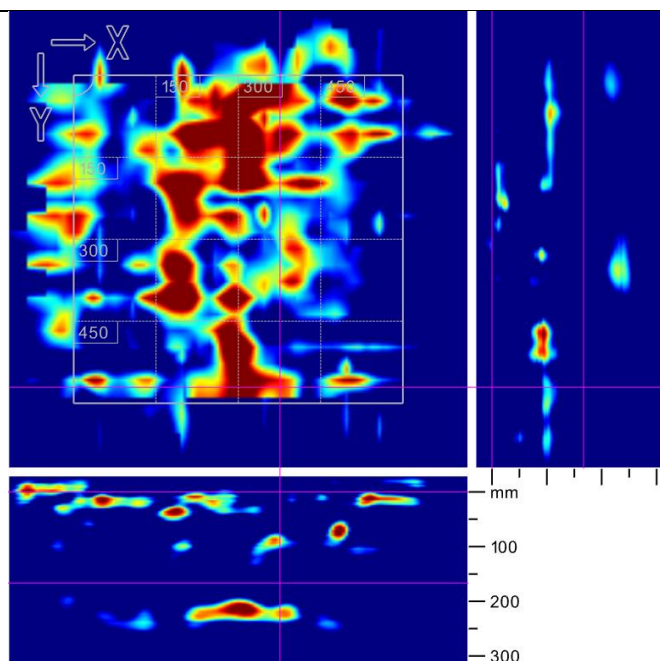
## Sonda KH3

Místo sondy	Pravá konzola balkonu ve 2.NP. v blízkosti fasády.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže ze spodní strany konzoly. Měření provedeno radarem v ploše 600 x 600 mm a následně středem skenovacího pole ve dvou liniích elektromagnetickým indikátorem. Ve stejném místě bylo provedeno měření radarem i horní strany balkonu.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Poznámka	



*Obr. 6.11 Místo sondy KH3 ze spodního líce konzoly, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.*

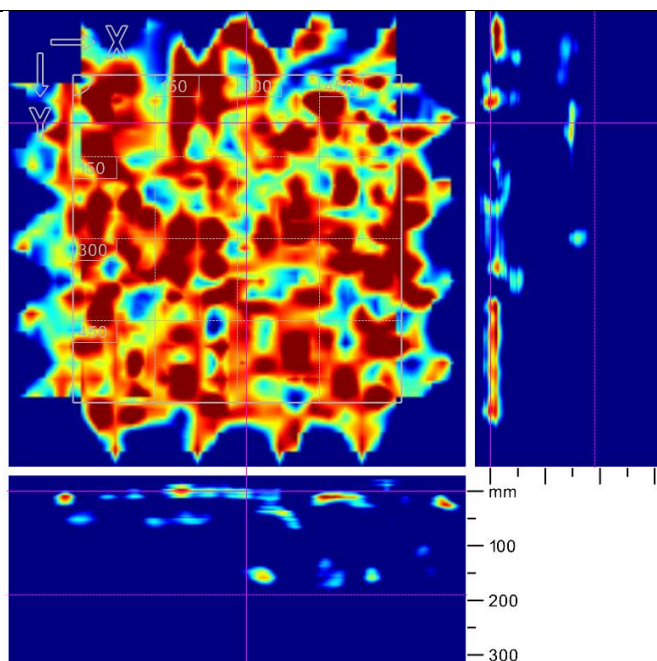




Obr. 6.12 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený ze spodního líce desky v místě sondy KH2. Na skenu není zobrazena žádná měkká výztuž, buď se nevyskytuje, nebo je zobrazení ovlivněno vrstvami konstrukce. V hloubce cca 200 mm pod povrchem je ale detekován objekt, který by mohl být tuhou výztuží v konzole, patrně profilem I.



Obr. 6.13 Místo sondy KH2 z horního líce balkonu, na konstrukci je umístěn rastr pro provedení radarového skenu 600 x 600 mm.



*Obr. 6.14 Plošný radarový sken formátu 600 x 600 mm, pořízený v místě sondy KH3 z horního líce balkonu nezobrazil žádnou výztuž, buď se nevyskytuje, nebo je zobrazení ovlivněno vrstvami konstrukce.*

### **Výsledky stanovení výztužení v místě KH3**

Z horního ani dolního povrchu nebylo žádné vyztužení zjištěno, pouze sken zespodu konzoly naznačil v hloubce cca 200 mm objekt, který by mohl být tuhou výztuží. Celkové vyztužení prvku je ale z měření zcela nejasné. Lze odhadnout, že prvek je nesen nějakým typem tuhé výztuže (ocelové nosníky), umístěné v horní části konzol, či v konstrukci zábradlí – rám. Pro zjištění by však bylo nutné provést rozsáhlé sekané sondy.

### 2.4.6.3. Stav výztuže

Stav a podpis ocelové výztuže odhalené v sekaných sondách je uveden v tabulce níže.

Č.	Kce	Část	Druh	Typ	Ø [mm]	Krytí [mm]	Stav
1	Balkon	ŽB deska	Hlavní	hladká	8	15	PK
2			Pletivo	hladká	2	10	OK
3		Levá Konzola	Hlavní	hladká	10	20	PK
4			Rozdělovací	hladká	5	15	PK
5	Střecha	Pravá strana - zátoky	Hlavní	hladká	5	35	20% úbytek
6			Hlavní	hladká	5	30	PK
7			Rozdělovací	hladká	5	34	PK
8			Hlavní	hladká	10	16	PK
9		Levá strana bez zatékání	Hlavní	hladká	5	25	OK
10			Rozdělovací	hladká	5	29	OK
11			Hlavní	hladká	5	24	OK

PK – povrchová koroze

OK – bez koroze



Foto č. 25: Střecha 1.NP



Foto č. 26: Střecha 1.NP



Foto č. 27: Střecha 1.NP



Foto č. 28: Střecha 1.NP



Foto č. 29: Balkon 2.NP - deska.



Foto č. 30: Balkon 2.NP - konzola.

### 3. ZHODNOCENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÉHO STAVU

Úkolem bylo provedení posouzení stavu předmětných železobetonových konstrukcí střechy a balkonu.

#### **Střecha 1.NP**

- Pevnost betonu v tlaku stanovená pouze nedestruktivní metodou, tedy s nezaručenou přesností vykazovala hodnoty v intervalu 18 – 20 MPa s průměrnou hodnotu 19 MPa.
- Z porovnání výsledků hloubky karbonatace betonu a tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží je zřejmé, že pruty výztužné oceli se nachází v karbonatovaných vrstvách betonu. Výztuž tedy není chráněna proti vzniku koroze vlastní pasivační schopností betonu v okolí výztuže.
- Porušení povrchových vrstev betonu bylo stanoveno v rozsahu do 50% z celkové posuzované plochy.
- Pevnost v tahu povrchových vrstev betonů panelů vykazovala hodnoty v intervalu 1,2 – 1,9 MPa s průměrnou hodnotou 1,6 MPa.
- Soudržnost omítek s podkladem byla stanovena v intervalu 1,7 – 2,5 MPa s průměrnou hodnotu 1,9 MPa.
- Na konstrukci bylo v požadovaném rozsahu zjištěno vyztužení měkkou betonářskou výztuží. Výrazná koroze výztuže byla evidována pouze na zcela odhalené výztuži, ocelová výztuž uložená v betonu vykazovala pouze povrchovou korozi.

Stav povrchu betonové střechy v 1.NP je tedy posouzen jako stav, kdy je nutný sanační zásah pro zachování další životnosti konstrukce. Přičemž konstrukce je stále ve stavu, kdy je možné provést řádný sanační zásah železobetonu a celkovou rekonstrukci konstrukce.

#### **Balkon 2.NP**

- Pevnost betonu v tlaku stanovená pouze nedestruktivní metodou vykazovala nízké hodnoty, jež nelze dle platných předpisu vyhodnotit. Na základě zkušenosti zpracovatelů lze odhadnout pevnosti betonu balkonu na 2 – 4 MPa.
- Z porovnání výsledků hloubky karbonatace betonu a tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží je zřejmé, že pruty výztužné oceli se nachází v karbonatovaných vrstvách betonu. Výztuž tedy není chráněna proti vzniku koroze vlastní pasivační schopností betonu v okolí výztuže.



- Porušení povrchových vrstev betonu bylo stanoveno v rozsahu do 80% z celkové posuzované plochy.
- Pevnost v tahu povrchových vrstev betonů vykazovala hodnoty v intervalu 0,2 – 0,5 MPa s průměrnou hodnotou 0,3 MPa.
- Soudržnost omítek s podkladem byla stanovena v intervalu 0,7 – 1,5 MPa s průměrnou hodnotou 1,1 MPa.
- Vyztužení prvků balkonu ve 2.NP bylo zjištěno jen u spodního líce jedné z konzol, stanovení polohy výztuže v ostatních prvcích bylo mimo možnosti NDT metod.
- Při destruktivní sondě na spodním líci desky byla evidována drátěná nepravidelná síť v hloubce 10-15mm a vyztužení klasickou hladkou betonářskou výztuží  $\varnothing$  10mm s krytím cca 25mm.
- Zábradlí balkonu v 2.NP je od obvodového zdiva odděleno trhlinami rozevírajícími se směrem od podlahy balkónů. Je tedy zřejmé, že již dochází k pohybům celé konstrukce balkonu. Je tedy nutné provést statické posouzení konstrukce.

Pro řádné posouzení pevností betonů, vyztužení a ukotvení balkonu do obvodového zdiva je nutné provést rozsáhlé destruktivní sondy do konstrukce.

Stav betonové konstrukce balkonu v 2.NP je posouzen jako stav, kdy je nutná celková rekonstrukce či výměna celé konstrukce. Konstrukce balkonu v 2.NP je ovšem ve stavu, kdy bude již velmi pravděpodobně velmi problematické (zejména k zjištěným pevnostem betonu) provést řádný sanační zásah železobetonu a celkovou rekonstrukci konstrukce.

## 4. ZÁVĚR

Na základě objednávky č. zak.: A-18-01/OBJ001 společnosti Atelier 99, s.r.o. ze dne 31. 1. 2018 provedlo Centrum AdMaS při Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební výzkumnou činnost na posouzení stavu železobetonové konstrukce zastřešení a balkonu objektu administrativní budovy KrÚ JMK, Žerotínovo nám. 1/2, Brno. Závěry provedeného průzkumu jsou následující.

- Stav betonové střechy v 1.NP je tedy posouzen jako stav, kdy je nutný sanační zásah pro zachování další životnosti konstrukce. Přičemž konstrukce je stále ve stavu, kdy je možné provést řádný sanační zásah železobetonu a celkovou rekonstrukci konstrukce.
- Stav betonové konstrukce balkonu v 2.NP je posouzen jako stav, kdy je nutná celková rekonstrukce či výměna celé konstrukce. Konstrukce balkonu v 2.NP je ovšem ve stavu, kdy bude již velmi pravděpodobně velmi problematické (zejména k zjištěným pevnostem betonu) provést řádný sanační zásah železobetonu a celkovou rekonstrukci konstrukce.
- Pro řádné posouzení pevností betonů, vyztužení a ukotvení balkonu do obvodového zdiva je nutné provést rozsáhlé destruktivní sondy do konstrukce.

**Na základě provedeného předběžného stavebně technického průzkumu, využívajícího pouze nedestruktivní metody, lze stav předmětné konstrukce balónu hodnotit jako zcela nevyhovující až havarijní. Pro objektivní zhodnocení je nutné provést podrobný stavebně technický průzkum a řádné statické posouzení konstrukce. Na jejich základě pak lze definitivně upřesnit (potvrdit či vyvrátit) hodnocení havarijního stavu konstrukce.**

Tato výzkumná zpráva byla vypracována v rámci projektu LO1408 AdMaS UP.

V Brně dne 28. 2. 2018

**Ing. Zdeněk Šnirch, Ph.D.**  
Zpracovatel

**Doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.**  
Vedoucí výzkumné skupiny