

**Akce:** **Posouzení možného přetížení pojižděné  
střechy garáží u objektu Městské vily v  
Litomyšli**

**Místo:** Městské vily v Litomyšli (SO 05 - Garáže)  
Z. Kopala  
570 01 Litomyšl

**Stupeň:** odborný posudek

**Zakázka číslo:** z23001

**Počet stran:** 27

V Praze dne 26.06.2023

Vypracoval: Ing. Richard Valenta, Ph.D.

Zodp. proj.: Ing. Richard Valenta, Ph.D.



ATELIER  
**DEK**

**HITEST**  
HI-TECH STRUCTURES

HITEST s.r.o.  
Národních hrdinů 41  
190 12 Praha 9

DEKPROJEKT s. r. o.  
Tiskařská 10/257  
108 00 Praha 10

☎ GSM: +420 777 286 240  
✉ [richard.valenta@hitest.cz](mailto:richard.valenta@hitest.cz)

**OBSAH**

1. ÚVOD.....	3
2. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....	3
3. PODKLADY A POUŽITÁ LITERATURA .....	4
3.1. Normy a předpisy .....	4
3.2. Základní podklady a informace.....	4
4. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE .....	5
5. ZJIŠTĚNÝ STAV.....	7
5.1. Vizuální kontrola.....	7
5.2. Nedestruktivní ověření pevnosti betonu.....	9
5.3. Provedené skeny výztuže .....	10
5.4. Provedené sondážní práce .....	15
5.5. Zjištěné relevantní skutečnosti z dostupné dokumentace.....	15
5.5.1. Zatížitelnost.....	15
5.5.2. Konstrukční řešení.....	16
6. POSUDEK.....	17
6.1. Srovnání předpokladů návrhu a skutečného provedení .....	17
6.2. Stanovení snížené únosnosti vlivem utopení výztuže .....	18
6.2.1. Deska .....	18
6.2.2. Průvlak.....	20
6.2.3. Deska – analýza – utopená výztuž bez nabetonávky .....	21
6.2.4. Průvlak – analýza – utopená výztuž bez nabetonávky .....	24
6.3. Zjištěné trhliny.....	25
6.4. Vliv zatékání a obsahu chloridových iontů .....	25
7. VYHODNOCENÍ, ZÁVĚR .....	26

## 1. ÚVOD

Předmětem řešení je odborné posouzení pojížděné střešní konstrukce parkovacího objektu z hlediska jejího možného přetížení v rámci sanace hydroizolační pojížděné vrstvy.

## 2. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Akce:	Posouzení možného přetížení pojížděné střechy garáží u objektu Městské vily v Litomyšli
Místo:	Městské vily v Litomyšli (SO 05 - Garáže) Z. Kopala 570 01 Litomyšl
Objednatel:	Město Litomyšl Bří Šťastných 1000 570 01 Litomyšl IČ: 00276944
Generální dodavatel:	DEKPROJEKT s.r.o. Tiskařská 10/257 108 00 Praha 10 – Malešice IČ: 27642411
Dodavatel části:	HITEST s.r.o. Národních hrdinů 41 190 12 Praha 9 IČ: 28970063
Stupeň:	odborný posudek
Vypracoval:	Ing. Richard Valenta, Ph.D.
Spolupráce:	Ing. David Čítek, Ph.D.
Autorizoval:	Ing. Richard Valenta, Ph.D.

### 3. PODKLADY A POUŽITÁ LITERATURA

#### 3.1. Normy a předpisy

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [3] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] ČSN ISO 13822: Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.
- [5] ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb.
- [6] ČSN EN 206+A1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.
- [7] ČSN EN 12504-2 – Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem.
- [8] ČSN EN 13 791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích.
- [9] ČSN 73 1373: Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.

#### 3.2. Základní podklady a informace

- [10] Místní šetření provedené dne 03.06.2023 Ing. Richardem Valentou, Ph.D. a Ing. Davidem Čítkem, Ph.D.
- [11] Základní informace předané objednatelem.
- [12] Projekt pro stavební řízení a výběr zhotovitele: Městské vily v Litomyšli (U nemocnice) – SO 05 – GARÁŽE:
  - a. Stavební část, Ing. Pavla Tmejová, 04/2012.
  - b. Konstrukční část, Ing. Karel Škeřík, 04/2012.
- [13] Poruchy pojižděné hydroizolační stěrky na střeše garáží v Litomyšli, Ing. David Vyleťal, DEKPROJEKT s.r.o., 08/2022.



## 4. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o samostatně stojící parkovací objekt situovaný v mírně svažitém terénu, do kterého je objekt částečně zapuštěn. Jedná se o jednopodlažní objekt s parkovacími plochami situovanými do spodního podlaží a na střechu objektu. Objekt má půdorysně obdélníkový tvar s opsanými rozměry 28,9 x 16,8 m. Přístup do obou podlaží respektuje svažité terén, vjezd na střešní nekrytou parkovací plochu je ze západní strany, pro pěší pak i z jižní strany, vjezd do krytých garáží ve spodním podlaží je pak z východní strany objektu. Letecký snímek oblasti s řešeným objektem je zobrazen na Obr. 1. Pohled na samotný objekt je na Obr. 2

Nosná konstrukce objektu je monolitická železobetonová. Pojížděná stropní konstrukce je tvořená příčně pnutou deskou ve spádu směrem k podélné ose objektu, tloušťka desky je konstantní 250 mm, pouze u podélných obvodových stěn je tloušťky 260 mm. Stropní deska je podpírána dvojicí vnitřních podélných průvlaků šířky 500 mm a výšky 435 mm pod spodním lícem desky a dále pak je vetknutá do podélných obvodových stěn. Nad okenními otvory a vjezdem



Obr. 1 Letecký snímek oblasti s vyznačeným řešeným objektem (zdroj [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))



Obr. 2 Severovýchodní pohled na objekt



do garáží jsou provedeny průvlaky tvořené i obvodovým zábradlím střechy. V místě svodů v ose objektu jsou okolo prostupů instalovány svařované rámy z ocelových úhelníků. Spodní výztuž je vyhnuta a horní navařena na tyto rámy.

Obvodové stěny jsou tloušťky 400 mm, vzhledem k spádu střešní desky mají příčné stěny proměnou výšku, výška podélných stěn je konstantní. Meziokenní sloupy severní fasády mají šířku 250 mm. Vnitřní sloupy jsou obdélníkového průřezu 250 x 500 mm, podpírají podélné průvlaky a jsou v rastru (5,5-5,0-7,5-5,0-5,5 m) x 6,8 m.

Založení objektu je realizováno na desce tloušťky 350 mm vyztužené podélnými žebry pod vnitřními sloupy šířky 700 mm a výšky 400 mm pod spodním lícem desky.

V původním návrhu byla dle obou částí projektové dokumentace [12]a,b na stropní desce uvažována vrstva litého asfaltu, která byla dle ručně upraveného výkresu řezu stavební části nahrazena povlakovým hydroizolačním systémem Conicei.

Výše uvedený popis vychází z podkladů [12].



**Obr. 3 Vnitřní pohled na konstrukci objektu**

## 5. ZJIŠTĚNÝ STAV

V rámci místního šetření byla provedena vizuální kontrola konstrukce, skenování výztuže vybraných oblastí a provedení lokální sondáže k výztuži za účelem ověření jejího typu a průměru a kontrolní ověření nedestruktivní pevnosti betonu.

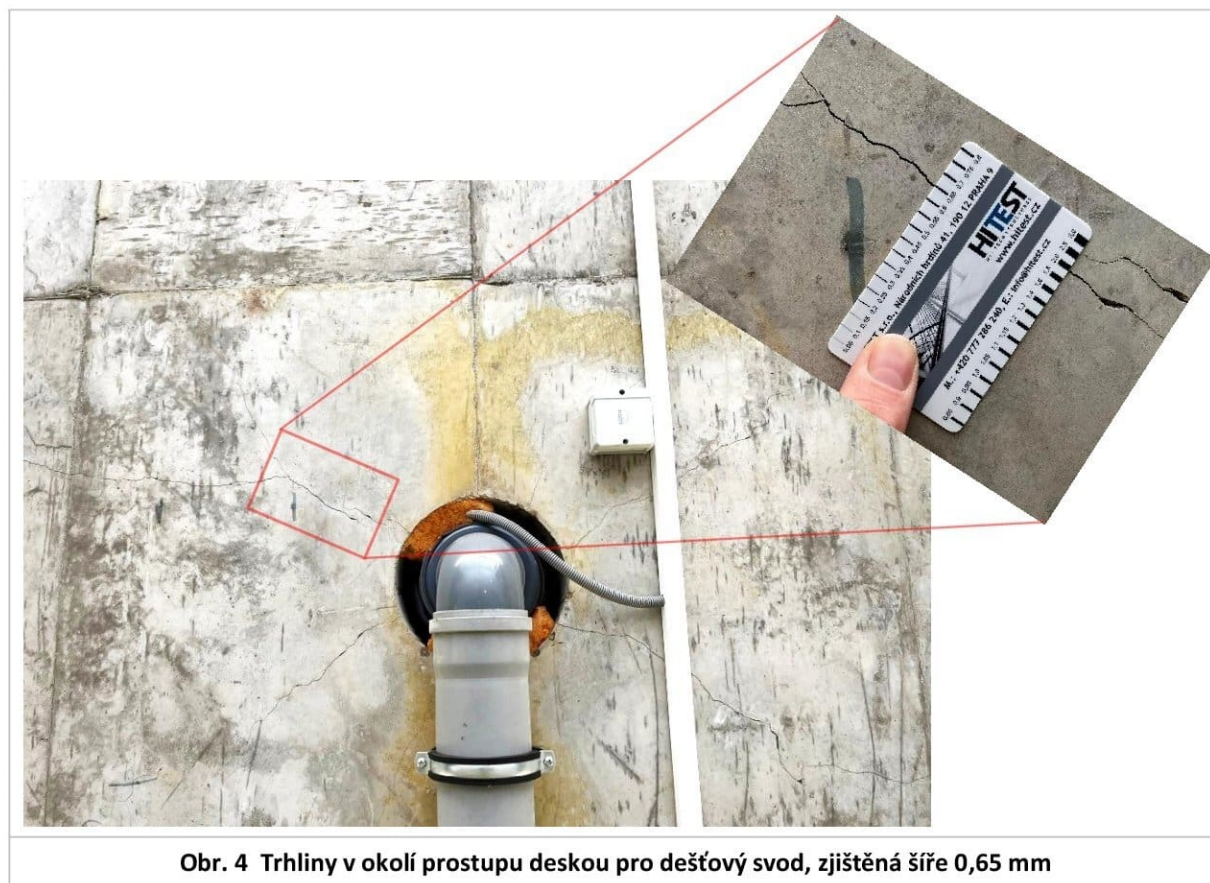
### 5.1. Vizuální kontrola

Při vizuální kontrole byl ověřen stav konstrukce a její základní rozměry. Změřené namátkově vybrané rozměry odpovídají výše uvedenému popisu konstrukce, pohled na konstrukci je zobrazen na Obr. 3.

Ze spodního líce stropu byly zjištěny nadměrné trhliny zejména v okolí prostupů od svodů, viz fotografie na Obr. 4. Z prostupů vychází charakteristické trhliny zjištěné šíře až 0,65 mm. Na stropu se dále vyskytují pro monolitickou konstrukci charakteristické další trhliny.

Zjištěny byly svislé trhliny i na průvlacích obvyklých šířek. Zároveň byla zjištěna v jistých oblastech horizontální trhlina bočního líce průvlaku u jeho styku se stropní konstrukcí, změřená šířka trhliny byla až 0,9 mm.

Na spodním líci byly zjištěny projevy zatékání v podobě výluhů v okolí trhlín, viz reprezentativní oblast zachycená na Obr. 5.



Obr. 4 Trhliny v okolí prostupu deskou pro dešťový svod, zjištěná šíře 0,65 mm





**Obr. 5** Projevy zatékání skrz trhlinu stropu – výluhy, vlhkostní mapa



**Obr. 6** Pohled na horní povrch parkingu na střeše (zdroj [13])

V povrchové hydroizolační vrstvě pojížděné střechy byla lokalizována řada poruch umožňující migraci dešťové vody do konstrukce. Poruchy jsou podrobně popsány v posudku [13]. Dochází k odlupování hydroizolační vrstvy v ploše a v oblastech vložených ocelových plechů do desky během výstavby pravděpodobně za účelem vytvoření požadovaného spádu a rozháňek. V hydroizolační vrstvě byly ale zjištěny trhliny v celé ploše. Zároveň na konstrukci byly provedeny neúspěšné pokusy o sanaci, hydroizolační stěrka je v těchto oblastech vyřízlá.



## 5.2. Nedestruktivní ověření pevnosti betonu

Pro nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku byla použita tvrdoměrná metoda Schmidtova tvrdoměru (typu N-34). Zkoušky a jejich vyhodnocení byly provedeny v souladu s ČSN 73 1373 [9], ČSN EN 12504-2 [7] a ČSN ISO 13822 [4].

Metoda je založena na principu pružného rázu dvou těles. Při zkoušce krychelné pevnosti betonu v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem se zjišťuje velikost odrazu a úderného ocelového beranu vyvolaného pružinou od ocelového razníku opřené o povrch betonu. Měřeným parametrem je tedy velikost odrazu a zachycená ukazatelem na stupnici umístěné na pouzdru tvrdoměru.

Velikost odrazu  $\alpha$  je závislá na pružnosti a tvrdosti betonu. Naměřené hodnoty odrazu  $\alpha$  se převedou dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 [9] na krychelnou pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností  $f_{be}$ , která se vynásobí součiniteli  $\alpha_t$  a  $\alpha_w$  zohledňujícími stáří a vlhkost betonu.

Zpracování výsledků pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku  $f_{ck, cube}$ , resp. pevnostní třídy betonu, bylo provedeno dle ČSN ISO 13822 [4] a ČSN EN 13791 [8].

Bylo provedeno celkem 9 sad měření na stropu a průvlacích, přičemž beton zkoumaných částí dle vyhodnocených nedestruktivních zkoušek splňuje požadavky pevnostní třídy C 30/37.

### Určení zaručené pevnosti betonu v tlaku dle ČSN 73 2011

Součinitel stáří	$\alpha_t = 0,90$
Součinitel vlivu vlhkosti	$\alpha_w = 1,00$
Součinitel upřesnění	$\alpha = 1,00$

### Stropní konstrukce

Zkušební místo	Část konstrukce	Průměrný odraz	Neupřesněná pevnost $f_{be}$ [MPa]	Upřesněná pevnost $f_{be} \cdot \alpha_t \cdot \alpha_w$ [MPa]
SCH01	deska	53	58	52,2
SCH02	deska	51	54	48,6
SCH03	deska	52	56	50,4
SCH04	deska	53	58	52,2
SCH05	deska	51	54	48,6
SCH06	průvlak	52	56	50,4
SCH07	průvlak	52	56	50,4
SCH08	průvlak	53	58	52,2
SCH09	průvlak	51	54	48,6

### Statistické vyhodnocení charakteristické pevnosti:

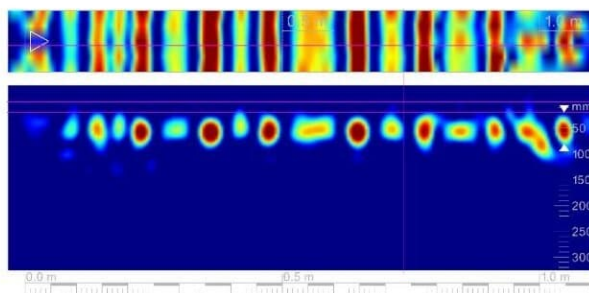
$$f_{ck,js} = \bar{f}_{m(n)js} - \beta_n \cdot s_r$$

Počet platných zkušebních míst	9,0
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	50,4
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	48,6
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	52,2
Výběrová směrodatná odchylka $s_x$	1,56
Reziduální směrodatná odchylka $s_{rez}$	2,50
Výběrová směrodatná odchylka $s_r$	2,95
Variační koeficient [%]	3,1 < 14
Posouzení rovnoměrnosti	vyhoví
Součinitel odhadu 5% kvantilu $\beta_n$ (neznámý $V_x$ ):	1,96
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck,js}$ [MPa]	44,6
Třída betonu dle ČSN EN 206+A2 - nová ČSN EN 13 791	C 30/37

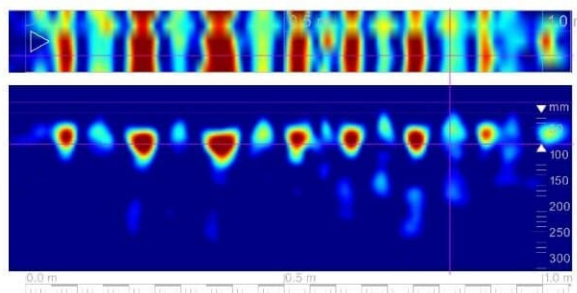
### 5.3. Provedené skeny výztuže

Skeny výztuže byly jsou prováděny průběžně při provádění sond a pro ověření výztuže na místě, vybrané skeny výztuže jsou zaznamenány níže.

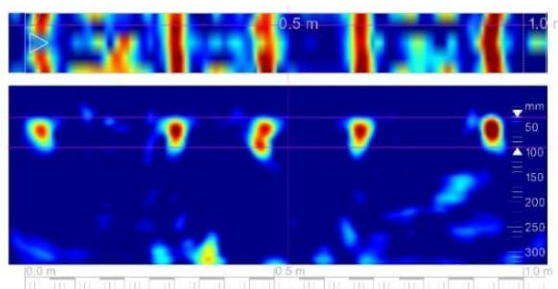
Přístroj pracuje na principu vysílání elektromagnetických pulzů do konstrukce. Výstupem registrace odrazů el. pulzů od nehomogenit materiálu je plošný sken s příčným řezem dané konstrukce. Zkoumaný povrch konstrukce je pojížděn skenerem a hloubkový sken konstrukce je v dané lokalitě zaznamenáván a následně vyhodnocován. K orientačnímu stanovení polohy a tloušťky krytí výztuže na vnějších površích jednotlivých konstrukcí bylo použito softwarového rozhraní Hilti PROFIS PS 1000. Výstupem skeneru je zobrazená poloha výztuže (kolmé na směr pojezdu skeneru) jak po výšce skenu, tak v různé hloubce. Přístroj HILTI PS 1000 pracuje s maximální detekční hloubkou 300 mm. Přesnost indikace hloubky menší než 100 mm je  $\pm 10$  mm. Při hloubce nad 100 mm je přesnost  $\pm 15\%$ . Přesnost lokalizace je  $\pm 10$  mm. Polohy výztuže jsou pouze informativní vzhledem k danému rozptylu měřených hodnot.



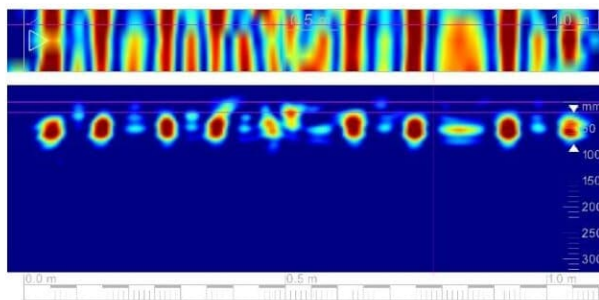
**SC1 – výztuž desky – rozteč 100-120 mm, 8-9 prutů na metr běžný, krytí výztuže 30 – 35 mm, podélný sken, středové pole u průvlaku**



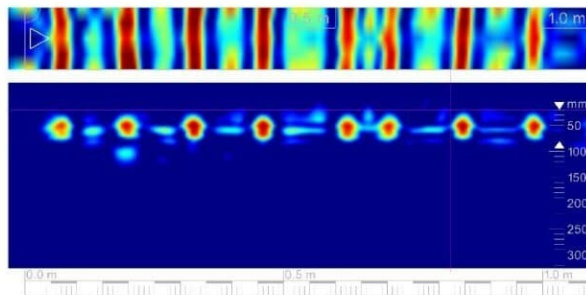
**SC2 – výztuž desky – rozteč 90-120 mm, 8 prutů na metr běžný, krytí výztuže 40 – 50 mm, podélný sken, středové pole**



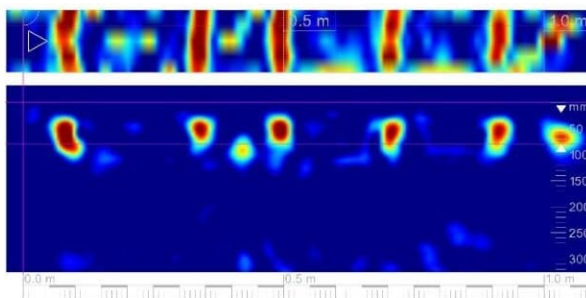
**SC3 – výztuž desky – rozteč 150-210 mm, 5 prutů na metr běžný, krytí výztuže 30 – 40 mm, podélný sken, krajní pole**



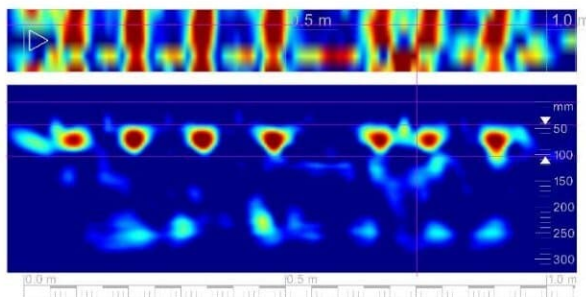
**SC4 – výztuž desky – rozteč 90-130 mm, 8-9 prutů na metr běžný, krytí výztuže 25 – 35 mm, podélný sken, středové pole**



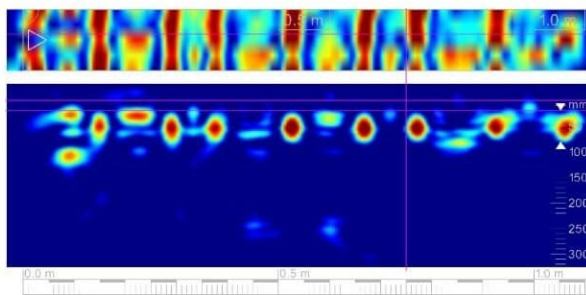
**SC5 – výztuž desky – rozteč 70-120 mm, 8 prutů na metr běžný, krytí výztuže 25 – 35 mm, podélný sken, středové pole**



**SC6 – výztuž desky – rozteč 140-240 mm, 5-6 prutů na metr běžný, krytí výztuže 20 – 25 mm, podélný sken, krajní pole**

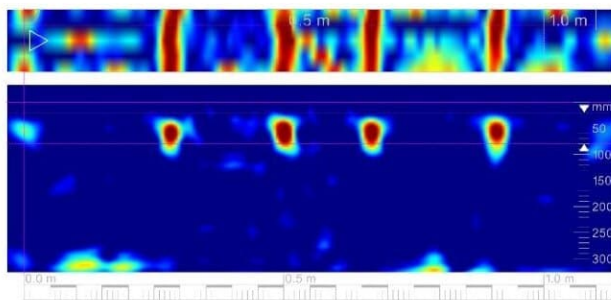


**SC7 – výztuž desky – rozteč 90-150 mm, 7-8 prutů na metr běžný, krytí výztuže 40 – 50 mm, podélný sken, středové pole**

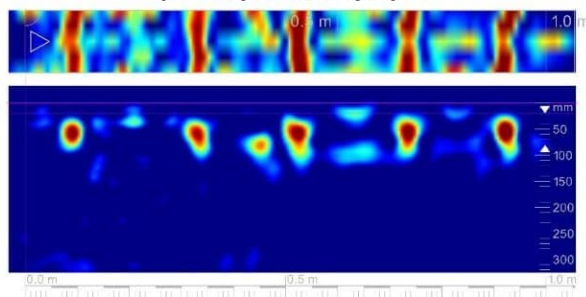


**SC8 – výztuž desky – rozteč 90-140 mm, 8 prutů na metr běžný, krytí výztuže 30 – 40 mm, podélný sken, středové pole**

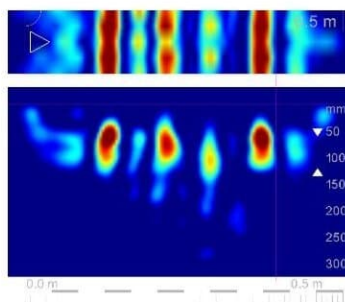




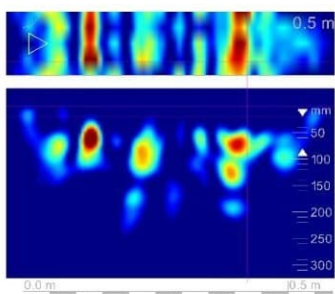
**SC9 – výztuž desky – rozteč 160-240 mm, 5 prutů na metr běžný, krytí výztuže 25 – 30 mm, podélný sken, krajní pole**



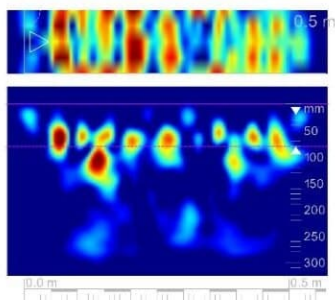
**SC10 – výztuž desky – rozteč 180-220 mm, 5 prutů na metr běžný, krytí výztuže 30 – 40 mm, podélný sken, krajní pole**



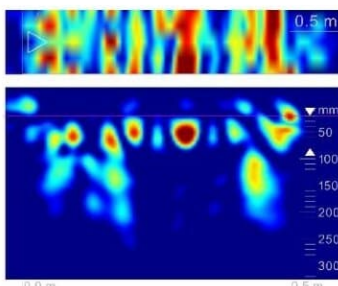
**SC11 – výztuž trámu, krytí výztuže 35 – 55 mm, spodní příčný sken**



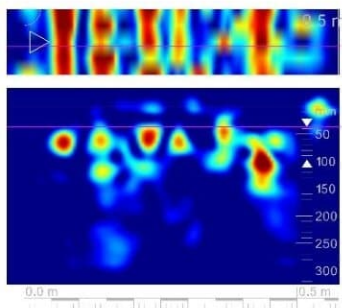
**SC12 – výztuž trámu, krytí výztuže 30 – 45 mm, spodní příčný sken**



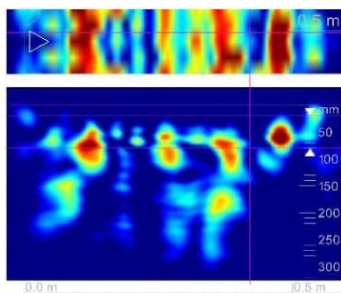
**SC13 – výztuž trámu, krytí výztuže 30 – 45 mm, spodní příčný sken**



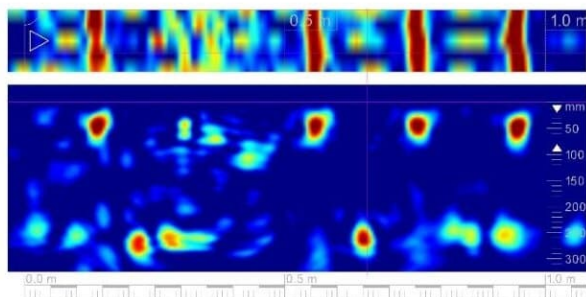
**SC14 – výztuž trámu – krytí výztuže 30 – 40 mm, spodní příčný sken**



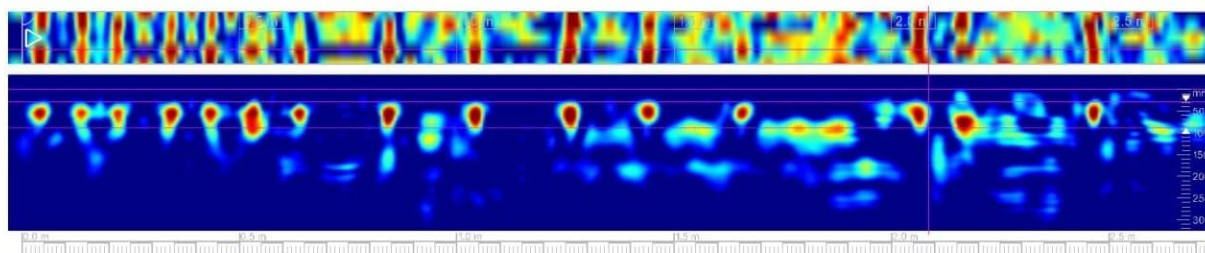
**SC15 – výztuž desky – rozteč 100-140 mm, krytí výztuže 30 – 35 mm, spodní příčný sken**



**SC16 – výztuž desky – rozteč 100-140 mm, krytí výztuže 30 – 35 mm, spodní příčný sken**

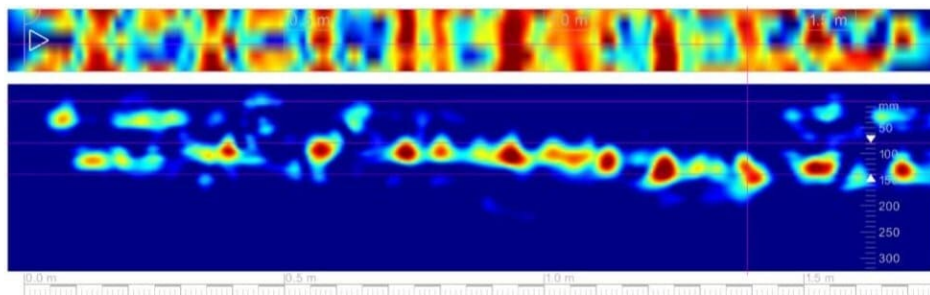


**SC17 – výztuž trámu – třmínky, rozteč 190-210 mm, krytí výztuže 20 – 30 mm, boční sken třmínků**

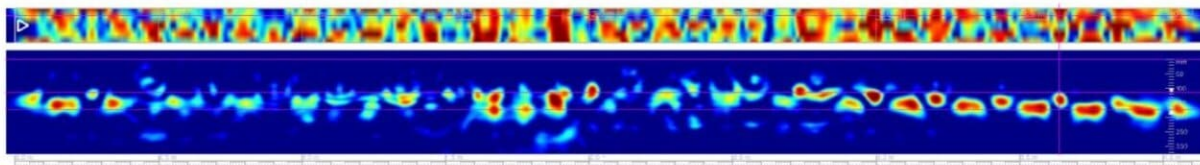


**SC18 – výztuž trámu – třmínky, rozteč u sloupu cca 10ks/m, v poli cca 5ks/m, krytí výztuže 20 – 35 mm, boční sken třmínků**

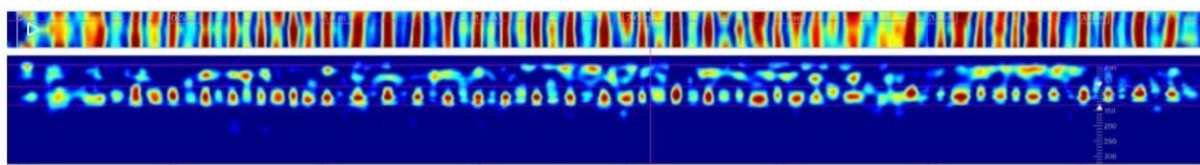




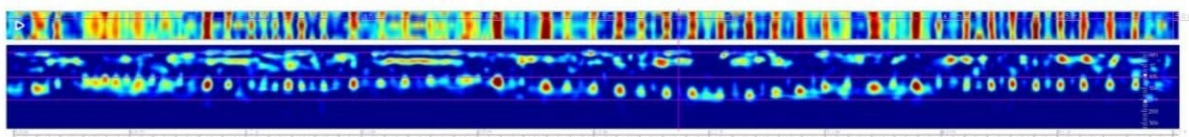
**SC19 – horní výztuž desky – rozteč 100-140 mm, krytí výztuže 80 – 110 mm, příčný sken přes sloup**



**SC20 – horní výztuž desky – krytí výztuže 100 – 160 mm, příčný sken přes průvlak**



**SC21 – horní výztuž desky – krytí výztuže 80 – 100 mm, podélný sken středové polě**



**SC22 – horní výztuž desky – krytí výztuže 100 – 170 mm, podélný sken krajní polě**

Provedenými skeny ze spodního líce nebyl prokázán rozpor mezi výkresovou dokumentací výztuže stropní desky a průvlaků [12]b a skutečně zjištěným stavem. Zjištěné počty výztužných prutů odpovídají ve zkoumaných oblastech navrženému počtu výztuže. Průměry výztuže ani kvalita výztuže nelze pomocí skeneru ověřit.

Skeny provedené z horního líce stropní desky vykazují značné krytí horní výztuže. Dle polohy skenu bylo zjištěno krytí 80-170 mm. V tomto krytí je zahrnuta mocnost hydroizolačního souvrství (cca 10 mm) a případné spádové vrstvy a případné nejistoty měření.

Nosná konstrukce byla navržena ve spádu k ose objektu. Nicméně byly v konstrukci zjištěné osazené plechy vytvářející rozháňky k svodům. Mocnost této nabetonávky nebyla ověřena, může ovlivnit výše uvedené krytí. Nicméně měření u atiky a obvodový otvor neprokázalo žádnou nabetonávku, zjištěná tloušťka desky byla cca 260 mm, což odpovídá projektové dokumentaci. Nabetonávku v podobě rozháněk lze očekávat pouze v případně rozháněk ve středovém poli.



## 5.4. Provedené sondážní práce

Byly celkem provedeny čtyři sondy k výztuži konstrukce.

Sonda S01 byla provedena ve středovém poli desky z jejího spodního líce v poli u vjezdu do objektu v oblasti skenu SC01. Sondou byla zjištěna výztuž R12 v osově vzdálenosti 90-140 mm s krytím 30 mm. Toto odpovídá dokumentaci.

Sonda S02 byla provedena v oblasti skenu SC03, tzn. ze spodního líce desky v krajním poli desky v části u stěny u vjezdu. Zastižena byla výztuž R12 v osově vzdálenosti 180-190-230 mm, krytí výztuže bylo 25 mm. Toto odpovídá dokumentaci.

Sonda S03 byla provedena provedena v podélném průvlaku z jeho spodního líce uprostřed druhého pole od vjezdu. Zastižena byla podélná spodní výztuž 8 x R20, krytí výztuže bylo 30 mm.

Sonda S04 byla provedena provedena v podélném průvlaku z jeho spodního líce uprostřed pole v ose objektu. Zastižena byla podélná spodní výztuž 8(9) x R20, krytí výztuže bylo 30 mm. Výztuž byla zakryta, bylo rozhodnuto o neprovádění větší sondy.



Obr. 7 Provedené sondy S01 a S02

## 5.5. Zjištěné relevantní skutečnosti z dostupné dokumentace

### 5.5.1. Zatížitelnost

Dle konstrukční části dokumentace [12]b je stropní deska navržena pro následující zatížení:

#### Stálé zatížení:

ŽB monolitická deska	6,25 kN/m <sup>2</sup>
betonová mazanina (50-250 mm)	5,00 kN/m <sup>2</sup>
ochranná vrstva ABSII tl. 40 mm	1,00 kN/m <sup>2</sup>
pojízdná vrstva ABSII tl. 60 mm	1,50 kN/m <sup>2</sup>

Nahodilé zatížení:

užitné 5,00 kN/m<sup>2</sup>

### 5.5.2. Konstrukční řešení

Stropní deska byla navržena jako spojitá o třech polích.

Beton desky a průvlaků je uvažován C25/30.

Deska:

Tloušťka desky je uvažována 250 mm, krytí výztuže pak 25 mm.

Výztuž:

spodní výztuž krajní pole:	5x R12 / bm
spodní výztuž středové pole:	8x R12 / bm
horní výztuž nad průvlakem:	10x R12 / bm
rozdělovací výztuž:	5x R12 / bm

Průvlak:

Vlastní tíha průvlaku je uvažována hodnotou 4,4 kN/m.

Zatěžovací šíře stropem je uvažována hodnotou 7,0 m.

Spodní výztuž:

1. pole	8x R20
2. pole	6x R20
3. pole	9x R20

Horní výztuž:

obvodová stěna	9x R20
1. sloup	9x R20
2. sloup	13x R20

## 6. POSUDEK

### 6.1. Srovnání předpokladů návrhu a skutečného provedení

Beton stanovený na základě orientační nedestruktivní zkoušky pomocí Schmidtova tvrdoměru (typ N-34) odpovídá předpokladům návrhu. Zjištěná třída C30/37 je vyšší, než bylo uvažováno ve statickém výpočtu (C25/30).

Skenováním výztuže spolu s provedenými sondami nebyl ve zkoumaných oblastech zjištěn rozpor mezi navrženou výztuží a skutečně provedenou výztuží s výjimkou horního krytí, viz další odstavec.

Skeny výztuže z horního líce vykazují výrazně větší krytí horní výztuže než bylo předpokládáno v návrhu. Zjištěné krytí včetně krycí vrstvy se pohybuje v rozmezí 80-170 mm. V uvedeném krytí je zahrnuta mocnost hydroizolační stěrky cca 10 mm.

Sken SC20 a SC19 (příčné skeny) byly provedeny v úrovni střešních vtoků, kde by případná rozháňka neměla být provedena. Přesto vykazují stejně jako všechny ostatní skeny nadlimitní krytí výztuže. Měřením tloušťky desky u atiky nebylo provedení nabetonávky na nosné desce prokázáno, změřená tloušťka desky po odečtení hydroizolační stěrky vycházela 260 mm.

V tomto posudku je uvažováno zvýšené krytí horní výztuže, konkrétně 70-160 mm. Ve variantě I. se předpokládá, že při výstavbě došlo k nekázni a k tzv. utopení horní výztuže.

Dále oproti předpokladům statického výpočtu nebyla realizována pojížděná asfaltová vrstva mocností 100 mm a tíhy  $2,5 \text{ kN/m}^2$  a pravděpodobně ani betonová mazanina tl. 50-250 mm uvažované tíhy  $5,0 \text{ kN/m}^2$ .

Zároveň je v konstrukční části projektu uvažováno s užitným zatížením  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Pokud by byl na parking uvažován vjezd pouze osobních vozů, uvažuje se zatížení  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . V tom případě musí být ale zakázán vjezd vozidlům nad 3,5 t jako je vůz požární techniky, popelářských vozů atd.

V případě, že by byla horní výztuž uložena ve správné poloze, na nosné části desky je provedena ve skenovaných oblastech nabetonávka o mocnosti 40 – 140 mm. Tato ale měřením potvrzena nebyla. Toto je v posudku uvažováno jako varianta II.

Této variantě nahrává skutečnost, že je nepravděpodobné utopení výztuže přes oblasti průvlaků, kde je poloha výztuže daná výškou trmínků. Přes tuto oblast je příčně veden sken SC19 a SC20, u obou skenů je patrná oblast s nadvýšením výztuže indikující pravděpodobně oblast průvlaku. Záleží na uložení výztuže, ale vzhledem ke skutečnosti, že trmínky mají výšku 620 mm a vzhledem ke krytí podélně spodní výztuže 25 mm, vychází skutečné krytí horní podélné výztuže průvlaku 50-60 mm.

Ze zjištěných dat nelze stanovit, která varianta na stavbě nastala.



## 6.2. Stanovení snížené únosnosti vlivem utopení výztuže

Utopením horní výztuže dochází ke snížení únosnosti konstrukce (desky i průvlaků) proti záporným momentům (nadpodporové momenty). Momentová únosnost v poli je touto nekázní ovlivněna minimálně.

### 6.2.1. Deska

Navržený stav – R12/100 mm, krytí 25 mm:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	B 500 B
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\varepsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	25 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	tahová $\emptyset$	12 mm
b	1000 mm	počet n	10,00 -
h	250 mm	osová vzd.	100 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	36,88 mm	$\sigma_{cp}$	0,000 MPa
d	219 mm	k	1,96 -
$\xi$	0,17	$v_{min}$	0,479 MPa
$\rho$	0,005164 -	$V_{Rd,c}$	120,57 kN
$M_{Rd}$	100,43 kN.m		

Zjištěný stav – R12/100 mm, krytí 70 mm:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	B 500 B
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\varepsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	70 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	tahová $\emptyset$	12 mm
b	1000 mm	počet n	10,00 -
h	250 mm	osová vzd.	100 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	36,88 mm	$\sigma_{cp}$	0,000 MPa
d	174 mm	k	2,00 -
$\xi$	0,21	$v_{min}$	0,495 MPa
$\rho$	0,0065 -	$V_{Rd,c}$	105,77 kN
$M_{Rd}$	78,31 kN.m		

Zjištěný stav – R12/100 mm, krytí 110 mm:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	B 500 B
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\varepsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	110 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	tahová $\varnothing$	12 mm
b	1000 mm	počet n	10,00 -
h	250 mm	osová vzd.	100 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	36,88 mm	$\sigma_{cp}$	0,000 MPa
d	134 mm	k	2,00 -
$\xi$	0,28	$v_{min}$	0,495 MPa
$\rho$	0,00844 -		
$M_{Rd}$	58,64 kN.m	$V_{Rd,c}$	88,87 kN

Zjištěný stav – R12/100 mm, krytí 150 mm:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	B 500 B
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\varepsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	150 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	tahová $\varnothing$	12 mm
b	1000 mm	počet n	10,00 -
h	250 mm	osová vzd.	100 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	36,88 mm	$\sigma_{cp}$	0,000 MPa
d	94 mm	k	2,00 -
$\xi$	0,39	$v_{min}$	0,495 MPa
$\rho$	0,012032 -		
$M_{Rd}$	38,97 kN.m	$V_{Rd,c}$	70,16 kN

Porovnání degradace únosnosti nadpodporového momentu desky vlivem utopení výztuže:

POROVNÁNÍ ÚNOSNOSTI	$M_{Rd}$		$V_{Rd,c}$	
	[kN.m]	[%]	[kN]	[%]
krytí $c = 25$ mm	100,4	100%	120,6	100%
krytí $c = 70$ mm	78,3	78%	105,8	88%
krytí $c = 110$ mm	58,6	58%	88,9	74%
krytí $c = 150$ mm	39,0	39%	70,2	58%

Z uvedené analýzy je zřejmé, že degradace únosnosti průřezu vlivem utopení horní výztuže je značná.

### 6.2.2. Průvlak

Navržený stav – 13xR20, krytí 30 mm:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	10 505 (R)
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\epsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	30 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	tahová $\emptyset$	20 mm
b	500 mm	počet n	13 -
h	680 mm	třmínky $\emptyset$	8 mm
		střižnost	4 -
		s	100 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	266,35 mm	$v_1$	0,54 -
d	632 mm	$v_{Rd,w}$	1,75 MPa
$\xi$	0,42	$\cot(\Theta)$	2,036582
$\rho$	0,012924 -	$\rho_w$	0,004021 -
$M_{Rd}$	933,05 kN.m	$V_{Rd,s}$	1012,66 kN

Zjištěný stav – 13xR20, krytí 150 mm:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	10 505 (R)
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\epsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	150 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	tahová $\emptyset$	20 mm
b	500 mm	počet n	13 -
h	680 mm	třmínky $\emptyset$	8 mm
		střižnost	4 -
		s	100 mm



Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	266,35 mm	$v_1$	0,54 -
d	512 mm	$v_{Rd,w}$	1,75 MPa
$\xi$	0,52	$\cot(\Theta)$	2,036582
$\rho$	0,015953 -	$\rho_w$	0,004021 -
$M_{Rd}$	<b>719,97 kN.m</b>	$V_{Rd,s}$	<b>820,38 kN</b>

Porovnání degradace únosnosti nadpodporového momentu průvlaku vlivem utopení výztuže:

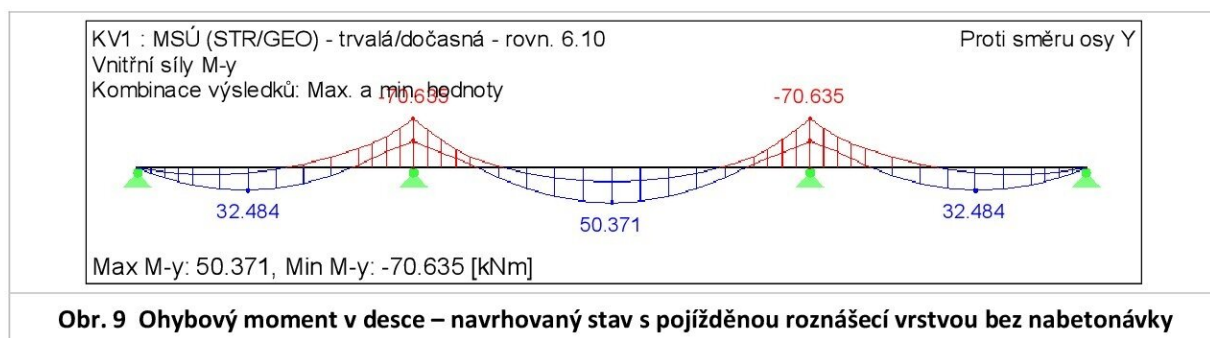
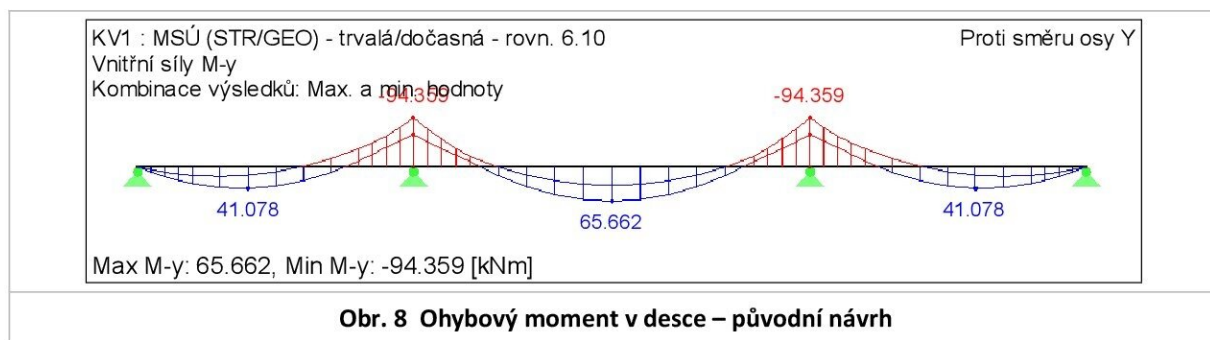
POROVNÁNÍ ÚNOSNOSTI	$M_{Rd}$		$V_{Rd,c}$	
	[kN.m]	[%]	[kN]	[%]
krytí c = 30 mm	933,1	100%	1012,7	100%
krytí c = 70 mm	862,0	92%	948,6	94%
krytí c = 110 mm	791,0	85%	884,5	87%
krytí c = 150 mm	720,0	77%	820,4	81%

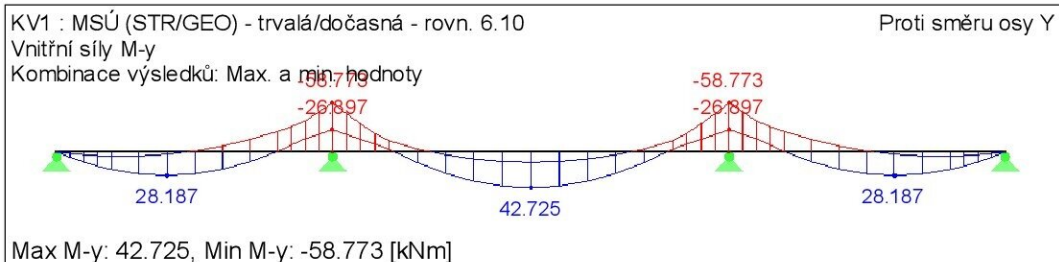
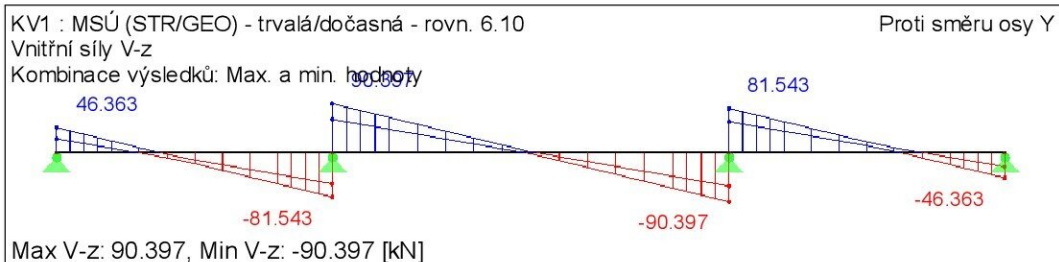
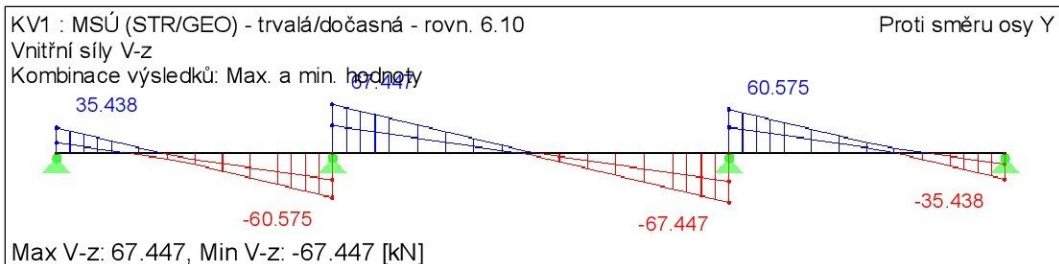
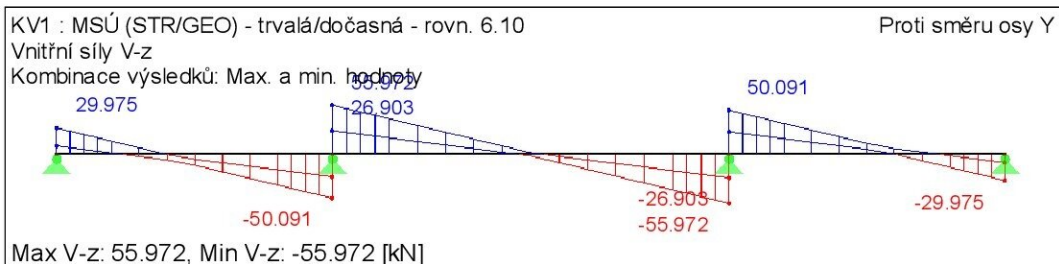
Degradace únosnosti průřezu průvlaku vlivem utopení horní výztuže je menší než u desky, nicméně není nezanedbatelná.

### 6.2.3. Deska – analýza – utopená výztuž bez nabetonávky

Na Obr. 8 je zachycen průběh ohybového momentu odpovídající původnímu návrhu, výsledné hodnoty jsou zcela v souladu se statickým výpočtem [12]b.

Na Obr. 9 je zachycen průběh ohybového momentu odpovídající navrhovanému stavu s přitížením pojížděné roznášecí vrstvy o hmotnosti max. 250 kg/m<sup>2</sup> bez nabetonávky stropu.



**Obr. 10 Ohybový moment v desce – stávající stav bez uvažované nabetonávky****Obr. 11 Posouvající síla v desce – původní návrh****Obr. 12 Posouvající síla v desce – navrhovaný stav s pojižděnou roznášecí vrstvou bez nabetonávky****Obr. 13 Posouvající síla v desce – stávající stav bez uvažované nabetonávky**

Únosnost desky v krajním poli – kladný ohybový moment:

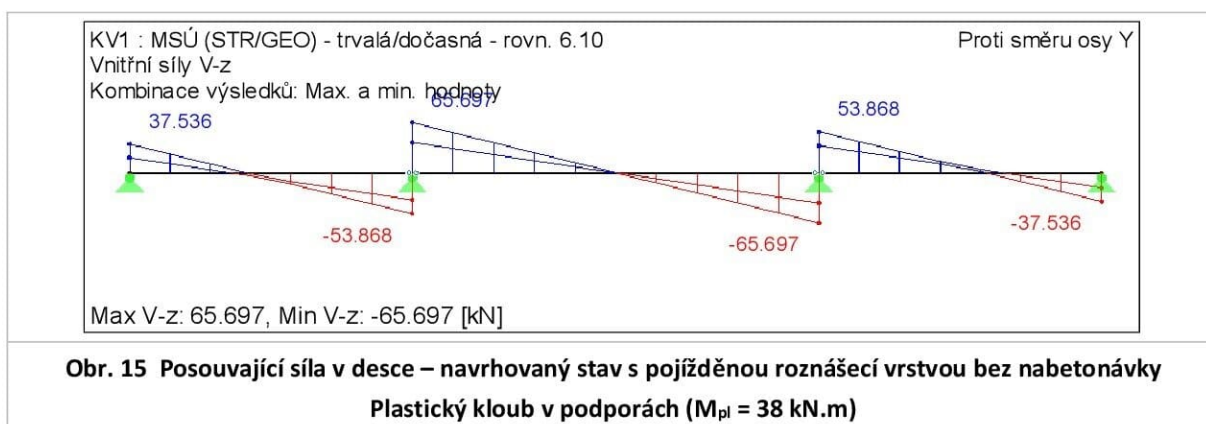
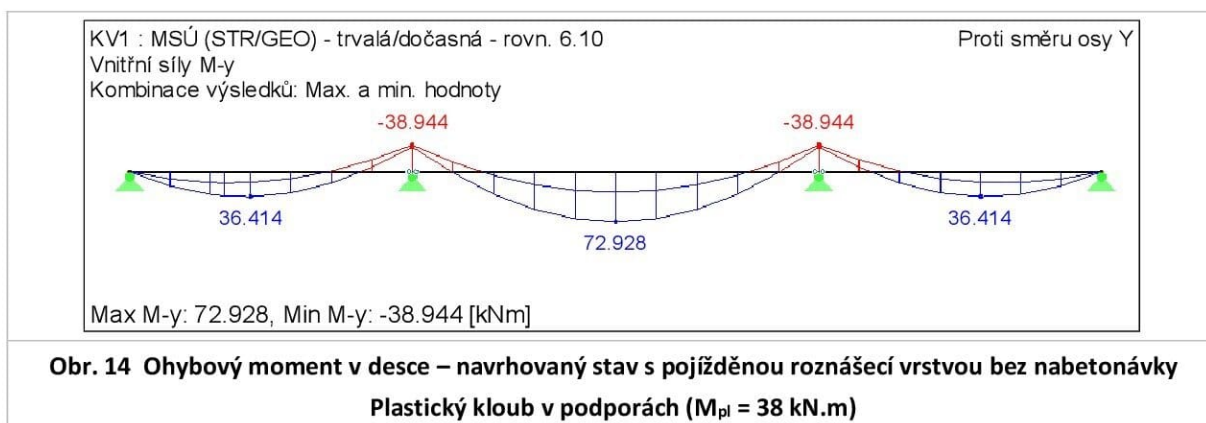
Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	B 500 B
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\varepsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	25 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	<b>tahová <math>\varnothing</math></b>	12 mm
b	1000 mm	počet n	5,00 -
h	250 mm	osová vzd.	200 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	18,44 mm	$\sigma_{cp}$	0,000 MPa
d	219 mm	k	1,96 -
$\xi$	0,08	$v_{min}$	0,479 MPa
$\rho$	0,002582 -		
<b><math>M_{Rd}</math></b>	<b>52,03 kN.m</b>	<b><math>V_{Rd,c}</math></b>	<b>104,81 kN</b>

Únosnost desky ve středovém poli – kladný ohybový moment:

Návrh betonového průřezu		Návrh výztuže	
beton	C 25/30	ocel	B 500 B
$f_{cd}$	16,67 MPa	$f_{yd}$	434,78 MPa
$\varepsilon_{cu3}$	3,5 ‰	krytí	25 mm
$E_{cm}$	31 000 MPa	<b>tahová <math>\varnothing</math></b>	12 mm
b	1000 mm	počet n	8,00 -
h	250 mm	osová vzd.	125 mm
Posouzení - OHYB		Posouzení - SMYK	
x	29,50 mm	$\sigma_{cp}$	0,000 MPa
d	219 mm	k	1,96 -
$\xi$	0,13	$v_{min}$	0,479 MPa
$\rho$	0,004131 -		
<b><math>M_{Rd}</math></b>	<b>81,51 kN.m</b>	<b><math>V_{Rd,c}</math></b>	<b>111,92 kN</b>



Vnitřní síly desky s uvážením plastického kloubu v nadpodporových oblastech dle nejslabší únosnosti pro krytí 150 mm (na straně bezpečné) s uvážením pojížděné roznášecí vrstvy o hmotnosti max. 250 kg/m<sup>2</sup> bez uvážení nabetonávky jsou zobrazeny na Obr. 14 a Obr. 15. Velmi obdobného výsledku dosáhneme při uvážení průřezu výšky 150 mm pro záporné momenty a 250 mm pro kladné ohybové momenty. Pouze natočení průřezu je při uvažování plastických kloubů nespojitě, zatímco při uvážení nelineárního průřezu je spojitě a natočení se realizuje ve větší oblasti. Tímto byla verifikována oprávněnost zvoleného přístupu.



Při uvážení redistribuce odpovídající zjištěnému stavu s utopenou výztuží jsou zjištěné hodnoty desky v navrhovaném stavu vyhovující, deska je schopna přenášet jak mezipodporové tak i podporové její namáhání (porovnání výsledků s tabulkami výše).

#### 6.2.4. Průvlak – analýza – utopená výztuž bez nabetonávky

Původní uvažované návrhové zatížení:

$$(g+q)_{d,původní} = (13,75 * 1,35 + 5,0 * 1,5) * 7,0 + 4,4 * 1,35 = 188.38 \text{ kN/m}^2$$

Navrhované návrhové zatížení bez uvažování betonové nabetonávky:

$$(g+q)_{d,původní} = (8,75 * 1,35 + 5,0 * 1,5) * 7,0 + 4,4 * 1,35 = 141.13 \text{ kN/m}^2$$

Navrhovaný stav ve variantě bez uvažované nabetonávky s krycí vrstvou o hmotnosti  $250 \text{ kg/m}^2$  vyvolává zatížení průvaku o velikosti  $141.13/188.38 = 75\%$  původního uvažovaného zatížení na průvlak v původním posudku. Dle odstavce 6.2.4 utopením výztuže (krytí  $c = 150 \text{ mm}$ ) dojde k ponížení jeho únosnosti max. na 77%. Průvlak je vyhovující.

### 6.3. Zjištěné trhliny

Zjištěné trhliny přesahující hodnotu  $0,3 \text{ mm}$  jsou trhlinami nadlimitními. Trhliny pravděpodobně vznikly technologickou nekázní (špatná směs, ošetřování, nevhodné podmínky při betonáži) způsobující nadměrné smrštění spolu s dalšími namáháními konstrukce (silovým, tepelným).

Za účelem obnovení strukturální integrity (statická funkce) a ochrany výztuže a betonu uvnitř průřezu proti další degradaci je navržena injektáž trhlín šíře nad  $0,3 \text{ mm}$  nízkoviskózní injektážní pryskyřicí. Zvolený injektážní systém musí být určen pro vyplnění trhlín se statickou funkcí.

### 6.4. Vliv zatékání a obsahu chloridových iontů

Vlivem nefunkčního hydroizolačního systému dochází k vnikání vody do konstrukce, voda protéká zejména skrz trhliny v betonu. V zimním období obsahuje vnesená voda agresivní chloridové ionty obsažené v posypových solích.

Prosakující voda skrz beton vynáší rozpustné složky pojiva  $\text{Ca(OH)}_2$ , což se projevuje tvorbou karbonátu bílé barvy na povrchu betonu, tzv. výkvěty ( $\text{CaCO}_3$ ). Hlavní negativní důsledek této skutečnosti je snižování pevnosti samotného betonu.

Přítomnost chloridových iontů nad určitou limitní hranici významně zvyšuje riziko koroze výztuže i v případě dostatečné krycí vrstvy betonu. Tyto limity jsou uvedeny např. v tab. ČSN EN 206 [6]. Pro železobetonové konstrukce je tento limit 0,4%.

Vysoký obsah chloridů v betonu způsobuje depasivaci výztuže, čímž může následně docházet k její korozi. Tato skutečnost významně snižuje životnost konstrukce, neboť při korozi výztuže dochází ke snížení únosnosti a bezpečnosti celé konstrukce.

Je zřejmé, že v oblastech masivního zatékání dochází k velmi významné kontaminaci betonu chloridovými ionty vodou z parkovacích ploch na střeše objektu obsahující rozpuštěné posypové soli.

Pronikání vody do nosných konstrukcí má negativní vliv na únosnost a potažmo i bezpečnost celé konstrukce a snižuje její životnost. Tento stav je obecně nepřijatelný a je nutné efektivně zabránit dalšímu přímému negativnímu působení vody na nosnou konstrukci.



K rozvoji koroze nosné výztuže stropní desky může při trvání výše uvedených negativních skutečností dojít ve velmi krátkém čase. Odhaduji, že ke staticky významnému oslabení výztuže v místě koroze může dojít na základě zkušeností s obdobnými konstrukcemi do přibližně 10 let, v případě souhry nepříznivých faktorů toto může nastat podstatně dříve.

## 7. VYHODNOCENÍ, ZÁVĚR

Z hlediska konstrukce stropu je bezpodmínečně nutné dalšímu zatékání do konstrukce zabránit. Tohoto lze docílit funkční hydroizolační vrstvou na horním povrchu.

Dále je nutné provést statickou injektáž nadlimitních trhlin.

Z hlediska přetížení byly uvažovány dvě varianty stávajícího stavu konstrukce. Na základě informací získaných při místním šetření a studiem podkladů nebylo možné s jistotou stanovit, zda horní výztuž je v betonové desce utopená (provedené velmi velké krytí výztuže), nebo je na betonové desce provedené ve spádu vytvořena další betonová nabetonávka. Provedené měření se přiklání k první variantě, nicméně v době průzkumu se jednalo o vedlejší měření, neboť výsledky skenů nebyly na místě jednoznačné a průkazné.

Jsou tedy posouzeny dvě možné varianty stávajícího stavu:

- I. Výztuž je utopená v betonu (max. 150 mm od horního líce betonu), na nosné betonové desce není provedena nabetonávka, hydroizolační stěrka je přímo na nosné konstrukci.
- II. Výztuž je osazená správně dle projektu, na nosné betonové desce je provedena nabetonávka, hydroizolační stěrka je aplikovaná na nabetonávce.

V obou případech je uvažováno s odstraněním stávající hydroizolační stěrky až na soudržný beton, vytvoření nového hydroizolačního souvrství a pojiždění desky o maximální celkové tíže 2,5 kN/m<sup>2</sup>.

Takto provedená skladba je ve výše uvedených případech stávajícího stavu vyhovující dle následujícího oddůvodnění pro jednotlivé varianty:

- I. Nadměrným krytím horní výztuže (max. 150 mm) došlo k výraznému snížení únosnosti u záporných nadpodporových momentů. Nicméně při uvážení nižšího zatížení vlivem neprovedení nabetonávky a s uvážením omezené únosnosti a tuhosti desky v nadpodporových oblastech a plnou únosností v mezipodporových oblastech je deska i pro navrhovaný stav vyhovující, viz odstavec 6.2. U průvlnu je redukce únosnosti vlivem jeho výšky menší (max. 23%), zatížení průvlnu v navrhovaném stavu je o 25% nižší než bylo uvažováno v návrhu, průvln je tedy také vyhovující.
- II. V případě, že byla provedena nabetonávka a výztuž byla osazena ve správné poloze (sken zaznamenává i nabetonávku), je navrhovaný stav vyhovující, v návrhu bylo s touto vrstvou uvažováno.



V rámci přípravných prací bude ověřen stav konstrukce, bude zjištěna skladba stropu např. provedením vývrtu či vrtu a změřením celkové jeho tloušťky, případně toto může být provedeno i geotechnickým měřením. Autor správy bude s tímto zjištěním seznámen.

Tento posudek vychází z podkladů a informací, které jsme měli při zpracování k dispozici. Hodnotí a poukazuje na příčiny stávajícího stavu a dává obecná doporučení pro řešení současného stavu.

Zpracovatel zprávy si vyhrazuje právo na korekce závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které nebyly známy při zpracování tohoto posudku.

V Praze dne 26.06.2023



Ing. Richard Valenta, Ph.D.