



**ZPRÁVA O PROVEDENÍ
STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU OBJEKTU
KRAJSKÉHO ÚŘADU JIHOMORAVSKÉHO KRAJE
NA ŽEROTÍNOVĚ NÁMĚSTÍ 3 V BRNĚ**



Brno, leden 2025

Vstupní údaje:

Zhotovitel : Průzkumy staveb, s.r.o.
Lísky 1000/44
624 00 BRNO

Řešitelé : Ing. Bronislav Šlapanský, autorizovaný inženýr
Ing. Lukáš Bernard
Antonín Vebr
Ing. Petr Růžička

Kooperace : Ing. Dušan Šponer
Lísky 1000/44
624 00 BRNO

Ing. Jiří Marek
Lochenice 162
503 02 LOCHENICE

Filip Svoboda
Hraničky 95/5
664 41 TROUBSKO

doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební - Ústav stavebního zkušebnictví
Veveří 95
602 00 BRNO

Objednatel : Jihomoravský kraj
Žerotínovo nám. 3
601 82 BRNO

Obsah:

	strana
1.0 Úvod	4
2.0 Podklady	4
3.0 Stručný popis objektu	4
4.0 Pevnost betonu střešních konstrukcí	5
5.0 Zjištění tvaru a výztuže ŽB střešních konstrukcí	7
5.1 Zjištěné vady a poruchy a další skutečnosti	19
6.0 Střešní konstrukce s ocelovými vazníky	20
6.1 Zjištěné vady a poruchy	20
7.0 Závěr	20
Příloha č.1 - Fotodokumentace	21
Příloha č.2 - Protokol o zkouškách betonu odebraného z konstrukce	
Výkresová dokumentace	

1.0 Úvod

Na základě požadavku objednatele byl proveden stavebně technický průzkum (dále jen STP) budovy Krajského úřadu Jihomoravského kraje na Žerotínově náměstí 3 v Brně z důvodu získání podkladů pro následné projekční práce osazení fotovoltaických panelů na střeše objektu.

V rámci STP bylo provedeno zjištění typu a skladby střech, pevnosti betonu v tlaku, tvaru a vyztužení ŽB monolitických vodorovných nosných konstrukcí. Dále bylo provedeno zaměření ocelových příhradových vazníků, provedena fotodokumentace zkoumaných konstrukcí, provedených sond, zjištěných viditelných vad a poruch.

V době provádění tohoto STP byl objekt ve 4. podlaží plně využíván pro kancelářský provoz, takže s ohledem na tuto skutečnost musel být průzkum proveden částečně omezeně a ohleduplně k provozu. Vzhledem k tomu, že byly ŽB stropní konstrukce skryty za betonovými i ŽB podhledy, místy navíc i za dalšími sádkartonovými podhledy, nebylo možno např. vzorky z ŽB trámů, zjišťovat ohyby výztuží v ŽB prvcích atd. I přes tato omezení jsme se snažili získat co nejvíce podkladů pro možné posouzení stropních (střešních) konstrukcí.

2.0 Podklady

- [1] nabídka prací zaslaná ze dne 17.12.2024
- [2] objednávka prací č.JMK018339/24/OKŘ/OBJ ze dne 03.01.2025
- [3] zaměření stávajícího stavu, poskytl objednatel, 2025
- [4] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- [5] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení
- [6] Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Dimitrij Pume, František Čermák a kol., Praha 1993
- [7] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [8] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
- [9] Protokol o zkouškách vzorků betonu odebraných z konstrukce, Brno, Žerotínovo nám. 3, zpracovatel VUT Brno Fakulta stavební - Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno, leden 2025
- [10] Zpráva o provedení STP objektu Žerotínovo nám. 3/5, Brno - střešní konstrukce, zpracovatel A.Ha. & spol., stavební průzkumy, Kounicova 67, 602 00 Brno, květen 1992
- [11] STP průzkum střešních plášťů KÚ JmK na Žerotínově nám. 3 v Brně, zpracovatel Průzkumy staveb s.r.o., srpen 2019
- [12] místní šetření konaná v lednu 2025

3.0 Stručný popis objektu

Historická budova byla postavena v roce 1907. Jedná se o šestipodlažní objekt nepravidelného půdorysu se čtvercovým vnitřním nádvořím. Původní dispoziční řešení zůstalo v podstatě zachováno, stavební změny, ke kterým došlo během užívání, se vodorovných ani svislých nosných konstrukcí téměř nedotkly.

Lze tedy předpokládat, že námi zkoumané dvouplášťové střešní konstrukce jsou ještě původní, byly jen v horním plášti dodatečně zatepleny a opatřeny novou fóliovou krytinou, viz foto č.0 na titulním listě a foto č.1.

Střešní konstrukce nad kanceláři jsou převážně provedeny jako ŽB monolitické trámové stropy, přičemž proměnná výška trámů vytváří sklon střešního pláště. Většinou se jedná o střechy pultové, nad jedním schodištěm i o střeche sedlovou. Spád střech je velice mírný. Ze spodní strany jsou zavěšeny původní podhledy provedené ze sádrovápenných omítek nahazovaných na pletivo vynášené jednak trámy a jednak závěsy kotvenými do ŽB desek mezi trámy. Závěsy jsou vždy ze dvou drátů Ø 2 mm a jsou v rastru cca 600 x 600 mm, např. foto č.4 - 6, 46, 47. Tloušťka omítek se pohybuje v rozmezí cca 30 - 50 mm. Pod některými těmito stropy byly ještě dodatečně provedeny podhledy ze sádrokartonových desek, foto č.8.

Střešní konstrukce nad chodbami jsou provedeny jako ŽB monolitické deskové stropy, přičemž šikmo uložené desky vytváří sklon střešního pláště a navazují na ŽB trámové stropy popsané výše, např. foto č.9, 16. Desky nad chodbou a desky mezi trámy jsou ve stejné rovině a mají i obdobnou tloušťku. Lze předpokládat, že byly betonovány současně a jsou spojitě. Ze spodní strany jsou u těchto stropů nad chodbami provedeny pochozí ŽB moniérky (ŽB desky tl. cca 50 mm), které jsou ze spodní strany zomítané. Vzniklý mezistřešní prostor byl ještě na mnoha místech podélně rozdělen svislou ŽB příčkou, která je zmonolitněna jak s horní střešní deskou, tak i se spodní moniérkou, foto č.24, 32. Tyto střešní desky jsou někdy umístěny v dolní části pultových střech, někdy v jejích horních částech.

Nad sálem a přilehlých místnostech ve východním křídle je střešní konstrukce provedena z ocelových příhradových vazníků sedlového tvaru, foto č.74 - 77. Vazníky jsou provedeny z ocelových válcovaných profilů, spoje jsou nýtované. Diagonály a krajní stojiny jsou z rovnoramenných L profilů, horní pás z nerovnoramenných L profilů, dolní pás pak z U profilů. Všechny prvky jsou vždy zdvojené. Styky jsou provedeny přes styčnickové plechy nepravidelných tvarů tloušťky 10 mm. Jednotlivé prvky horních i dolních pásnic jsou vždy dvěma nýtovými spoji vzájemně propojeny nejen ve styčnicích, ale i v poli. Na horních pásech vazníků jsou po vlašsku položeny krokve z ocelových válcovaných I profilů, na jejichž horní pás byla vybetonována ŽB monolitická deska vynášející střešní plášť a v současné době i solární kolektory na ohřev vody, foto č.71, 72. Podhledy jsou provedeny dvěma způsoby. U první varianty jsou mezi vazníky provedeny v úrovni dolní pásnice (ocelový válcovaný profil U č.120) ŽB desky tloušťky cca 110 - 120 mm, které jsou ze spodní strany zomítané. U druhé varianty jsou mezi vazníky na dolní přírubu dolní pásnice položeny ocelové válcované I profily č.120, mezi kterými je na pletivu provedena tenká moniérka tloušťky cca 50 mm, která je ze spodní strany zomítaná. Ze spodní strany těchto podhledů jsou pravděpodobně ještě podvlečeny další ocelové nosníky přichycené k dolní pásnici vazníků silnými vazacími dráty a vytvářející kazetový podhled.

Nosná konstrukce střech nad 3 rohovými věžemi je provedena z monolitických ŽB desek, které jsou vynášeny obvodovým zdívkem nebo ze spodní strany přiznanými ocelovými válcovanými I profily, foto č.62, 65, 69.

Střešní plášť je na všech zkoumaných střeších proveden obdobně. Na ŽB deskách stropních (střešních) konstrukcích je provedeno zateplení z polyuretanových desek a plynosilikátových desek, na kterých je provedena hydroizolace z asfaltových pásů. Tato skladba střešní konstrukce pochází pravděpodobně z rekonstrukce provedené v roce 1992 - 93. Dodatečně pak na ní byla provedena nová hydroizolační vrstva ze střešní fólie Rhepanol (z polyisobutylénu).

Ostatní konstrukce nebyly předmětem tohoto STP, a proto nejsou dále popisovány.

4.0 Pevnost betonu střešních konstrukcí

Pro potřeby případného statického posouzení objektu byla u vodorovných střešních ŽB monolitických nosných konstrukcí nad posledním podlažím stanovena pevnost betonu v tlaku.

V rámci STP byly nejprve provedeny nedestruktivní zkoušky pevností betonu desek Schmidovým tvrdoměrem typu NR na celkem 34 zkušebních místech kvůli případnému zjištění rozdílů mezi jednotlivými částmi vodorovných nosných konstrukcí. Záznamy o zkouškách provedených v rámci tohoto průzkumu byly vyhodnoceny podle obecného kalibračního vztahu z ČSN 73 1373. Vyhodnocení zkoušek Schmidovým tvrdoměrem je uloženo u zhotovitele průzkumu.

Vzhledem ke zjištění podobných výsledků odrazů v rámci celé střešní konstrukce bez větších odchylek, bylo následně přistoupeno k odběru celkem 20 vzorků, jádrových vývrtů jmenovitého průměru 75 mm (dále značených **N1 - N20**) rovnoměrně rozmístěných po objektu. Tyto vzorky sloužily jako zkušební tělesa pro destruktivní zkoušky v lisu za účelem stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku ŽB střešních konstrukcí objektu hodnocených jako jeden celek.

Vývrtu si převzal doc. Ing. Petr Cikrle, PhD., který z nich připravil zkušební tělesa a u nich zjistil rozměry, hmotnost, stanovil objemovou hmotnost, provedl pevnostní zkoušku v lisu, ultrazvukové měření, vyhodnotil dynamický modul pružnosti, sledoval karbonataci betonu vzorků atd., blíže viz příloha č.2 této zprávy [9].

Jednotlivé krychelné pevnosti v tlaku $f_{c,1:1}$ [N/mm²] zkušebních vzorků přepočítaných na válcovou pevnost $f_{c,is,2:1}$ [N/mm²] jsou uvedeny v následující tabulce č.1.

Tabulka č.1 - Pevnost betonu v tlaku $f_{c,1:1}$ (krychelná) a $f_{c,is,2:1}$ (válcová)

Prvek	Podlaží	Zkušební místo	Pevnost $f_{c,1:1}$ [N/mm ²]	faktor CLF [-]	Pevnost $f_{c,is,2:1}$ [N/mm ²]
Deska	6.NP	N1	32,2	0,82	26,4
		N2	31,2	0,82	25,6
		N3	24,6	0,82	20,2
		N4	26,9	0,82	22,1
		N5	30,3	0,82	24,8
		N6	35,4	0,82	29,0
		N7	33,2	0,82	27,2
		N8	34,0	0,82	27,9
		N9	29,2	0,82	23,9
		N10	33,1	0,82	27,2
		N11	30,0	0,82	24,6
		N12	33,6	0,82	27,5
		N13	23,1	0,82	18,9
		N14	vzorek vyřazen		
		N15	25,4	0,82	20,8
		N16	25,1	0,82	20,6
		N17	34,3	0,82	28,1
		N18	30,4	0,82	24,9
		N19	37,2	0,82	30,5
		N20	27,4	0,82	22,5

Pevnost betonu byla vyhodnocována pomocí devatenácti vzorků betonu odebraných z konstrukce dle ČSN EN 13791, podrobný postup výpočtu viz příloha č.2 a [9].

Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku monolitických železobetonových střešních konstrukcí vyšla na hodnotu $f_{ck,is} = 19,0 \text{ MPa}$, což odpovídá pevnostní třídě **C 16/20**. Vzhledem k tomu, že měly výsledky malý rozptyl pevností (beton je homogenní), doporučujeme s touto třídou betonu uvažovat u všech ŽB prvků střešní konstrukce. Nově provedenými zkouškami se nám tak potvrdily výsledky zjištěné již v minulosti, v letech 1992 a 2019, viz [10] a [11].

Rozptyl pevností betonu byl celoplošně ověřován ještě i pomocí nedestruktivních zkoušek Schmidovým tvrdoměrem typu N. Výsledky na jednotlivých místech měly velice malý rozptyl a jsou archivovány u zpracovatele této zprávy. Vzhledem k poměrně velkému počtu destruktivních zkoušek nebyly tyto méně přesné nedestruktivní zkoušky vyhodnocovány.

Zjištěné objemové hmotnosti vzorků betonu byly v rozmezí 2205 - 2333 kg/m³, průměrná hodnota je 2260 kg/m³, blíže viz příloha č.2.

Na vzorcích bylo dále provedeno ultrazvukové měření. Z objemových hmotností a rychlostí ultrazvuku byly vyhodnoceny dynamické moduly pružnosti betonu vzorků. Vzorky N1 - N20 mají hodnoty 22,1 - 35,2 GPa, průměrný dynamický modul pružnosti je 28,7 GPa, blíže viz příloha č.2.

Karbonatace betonu byla zjišťována informativním barevným testem s pomocí lihového roztoku fenolftaleinu po rozdrčení zkušebních těles. Bylo ověřeno, že hloubka karbonatace byla u jednotlivých vzorků velmi rozdílná, od 5 mm až po celý průřez, blíže viz příloha č.2.

Beton je vzhledem k době výstavby poměrně kvalitní a homogenní (měl i u všech odebraných vzorků podobnou strukturu), a to i přesto, že byla místy zjištěna šterková „hnízda“ (nedokonalé ztuhlý beton), foto č.4, 28, 29, 39, 40, 45, 48, 60.

5.0 Zjištění tvaru a výztuže ŽB střešních konstrukcí

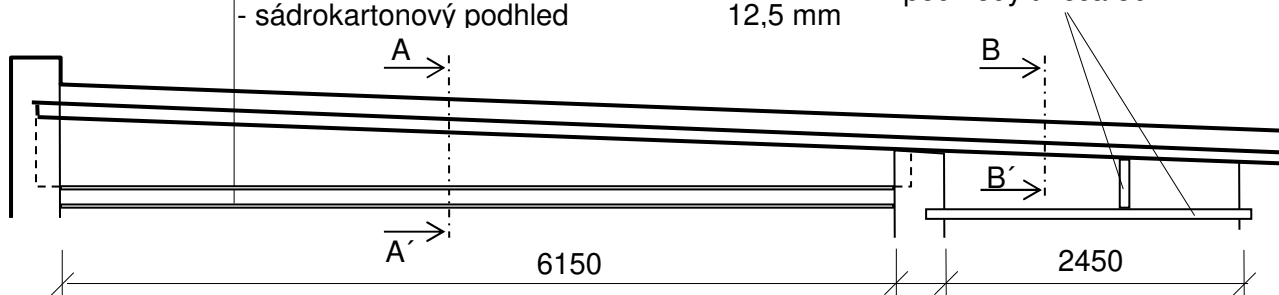
U vybraných hlavních typických nosných ŽB prvků byl zjišťován tvar, druh a množství použité výztuže elektromagnetickým indikátorem Profometer a následným osekáním krycí vrstvy betonu.

Umístění sond viz výkresová dokumentace. Zjištěné skutečnosti jsou patrné z následujících schematických obrázků a z fotodokumentace v Příloze č.1 této zprávy.

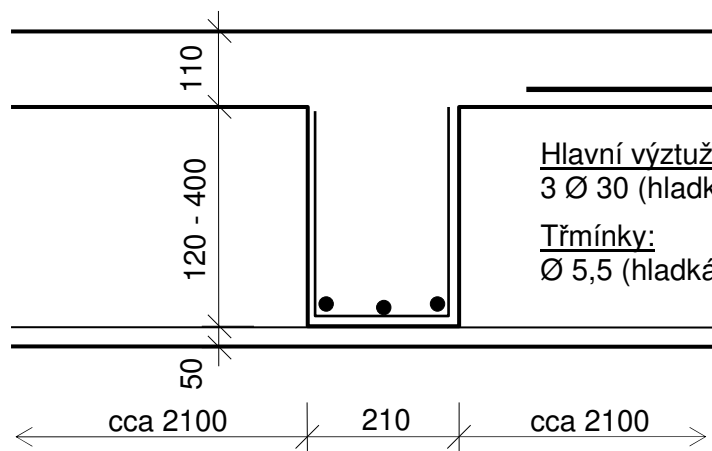
A1 ŽB trémový strop nad 4.patrem, foto č. 2 - 9

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| - střešní fólie Rhepanol | 2 mm |
| - geotextílie | 2 mm |
| - asfaltové pásy | 10 mm |
| - plynosilikátové desky s výztuží | 110 mm |
| - asfaltový pás | 5 mm |
| - deska z polyuretanové pěny | 75 mm |
| - asfaltový pás | 5 mm |
| - ŽB deska trémového stropu | 100 mm |
| - vzduchová mezera | 120 - 400 mm |
| - omítka na pletivu | 50 mm |
| - vzduchová mezera | 300 mm |
| - sádkokartonový podhled | 12,5 mm |

ŽB monolitické příčky a
podhledy tl. cca 50 mm



Řez A - A'



Hlavní výztuž desky:

Ø 7 (hladká, kruhová) á 90 mm, krytí 0 - 5 mm

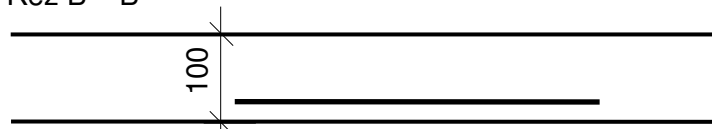
Hlavní výztuž trámu:

3 Ø 30 (hladká, kruhová), krytí 20 - 25 mm

Třmínky:

Ø 5,5 (hladká, kruhová), á cca 250 mm

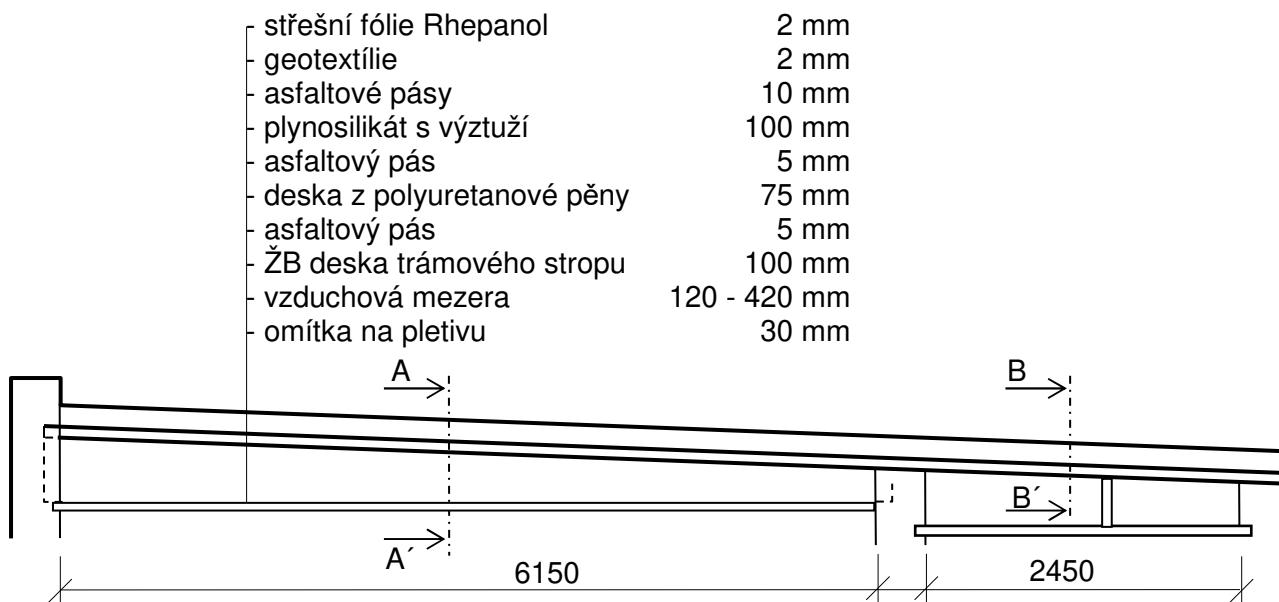
Řez B - B'



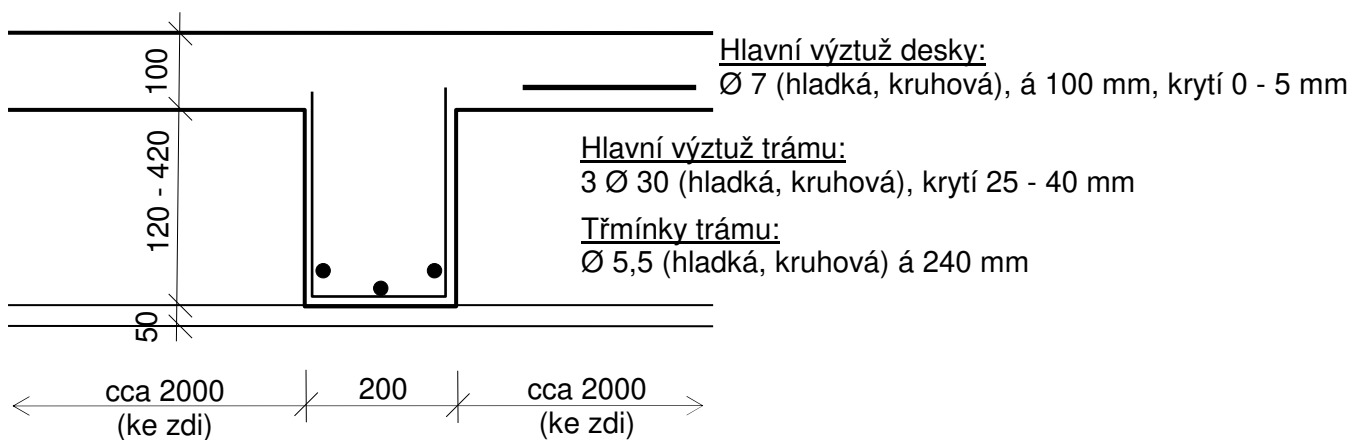
Hlavní výztuž desky pod střešním pláštěm:

Ø 7 (hladká, kruhová), krytí 0 - 5 mm, á 110 mm

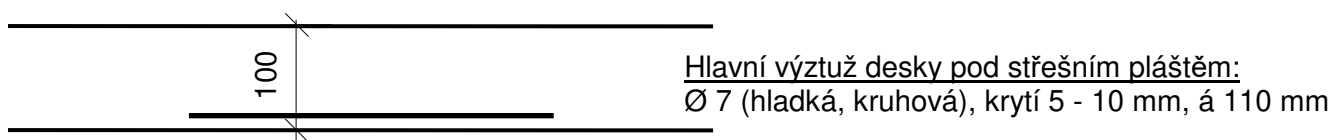
A2 ŽB trémový strop nad 4.patrem, foto č.10 - 16



Řez A - A'

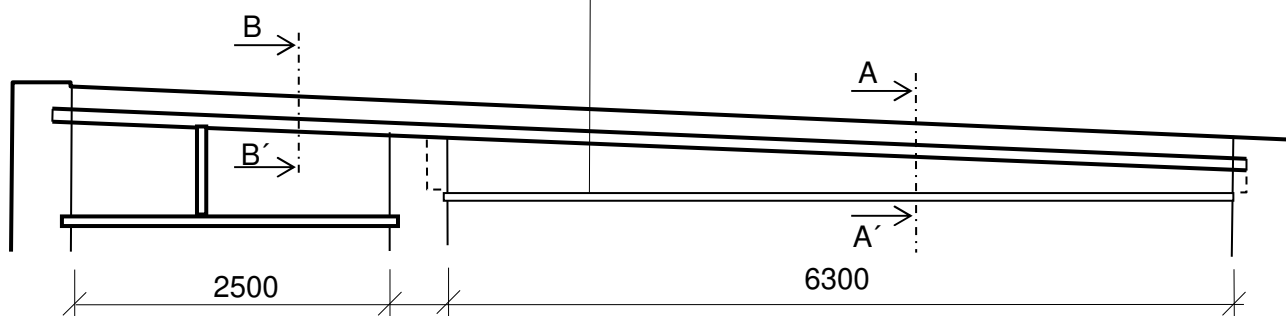


Řez B - B'

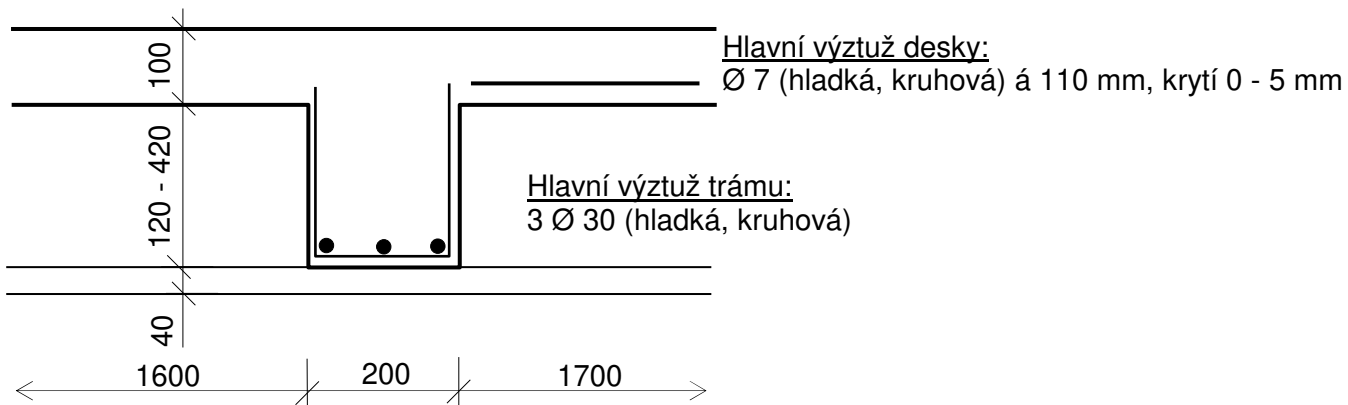


A3 ŽB trémový strop nad 4. patrem, foto č.17, 18

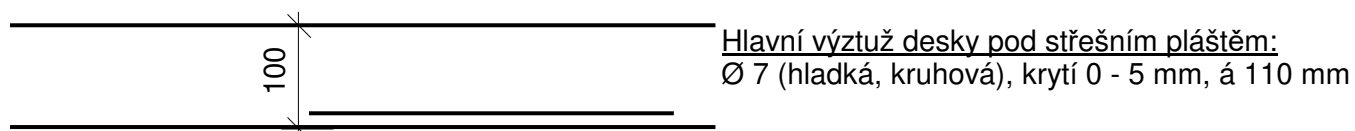
- střešní fólie Rhepanol	2 mm
- geotextílie	2 mm
- asfaltové pásy	10 mm
- plynosilikát s výztuží	100 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- deska z polyuretanové pěny	70 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- ŽB deska trémového stropu	100 mm
- vzduchová mezera	120 - 420 mm
- omítka na pletivu	40 mm



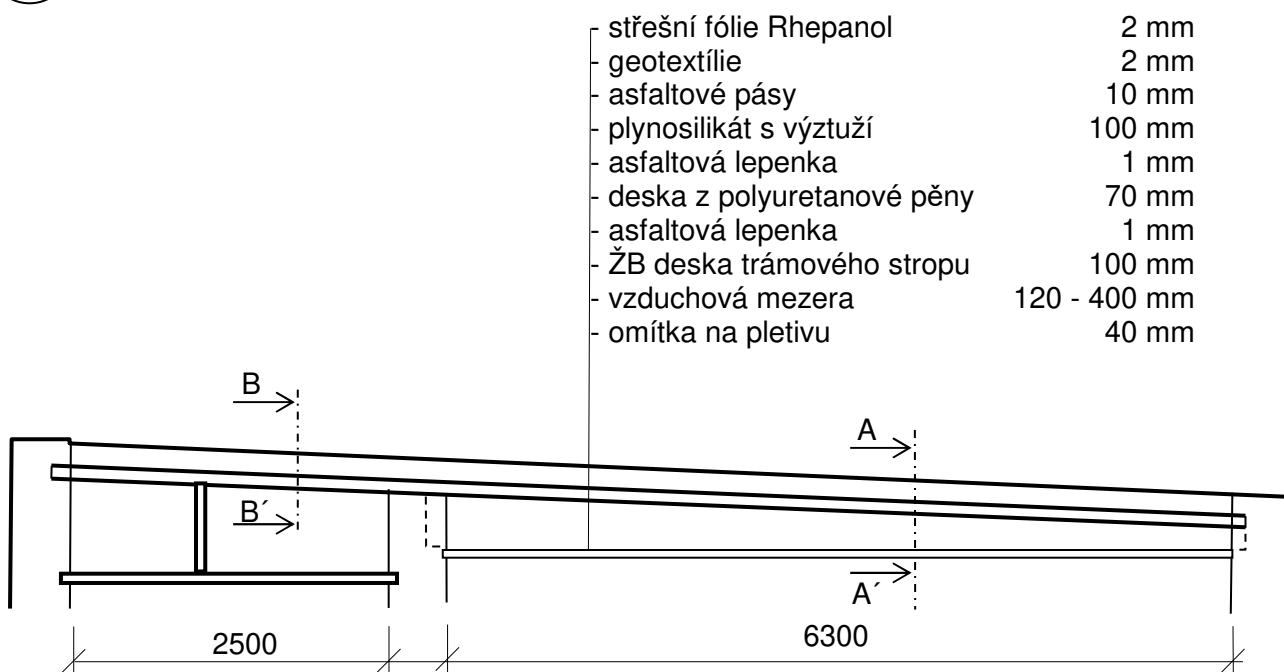
Řez A – A'



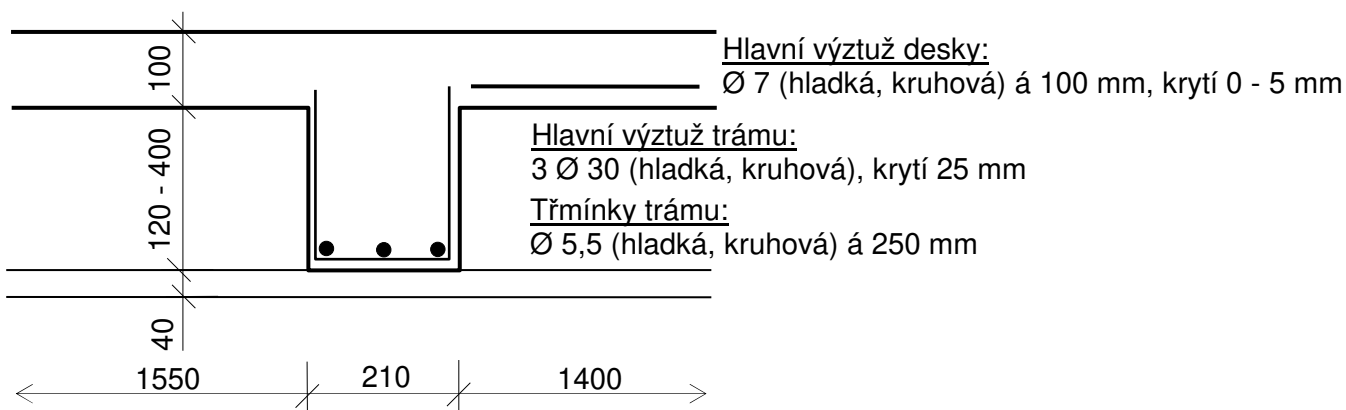
Řez B – B'



A4 ŽB trémový strop nad 4. patrem, foto č.19 - 25



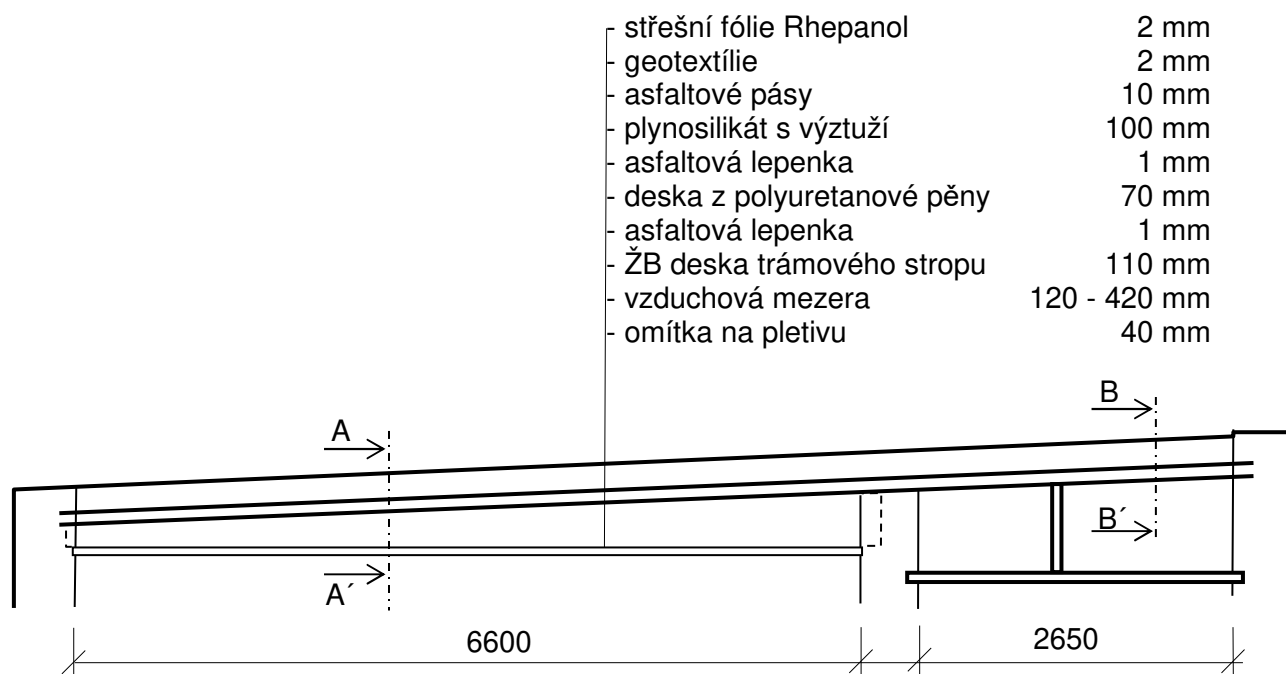
Řez A – A'



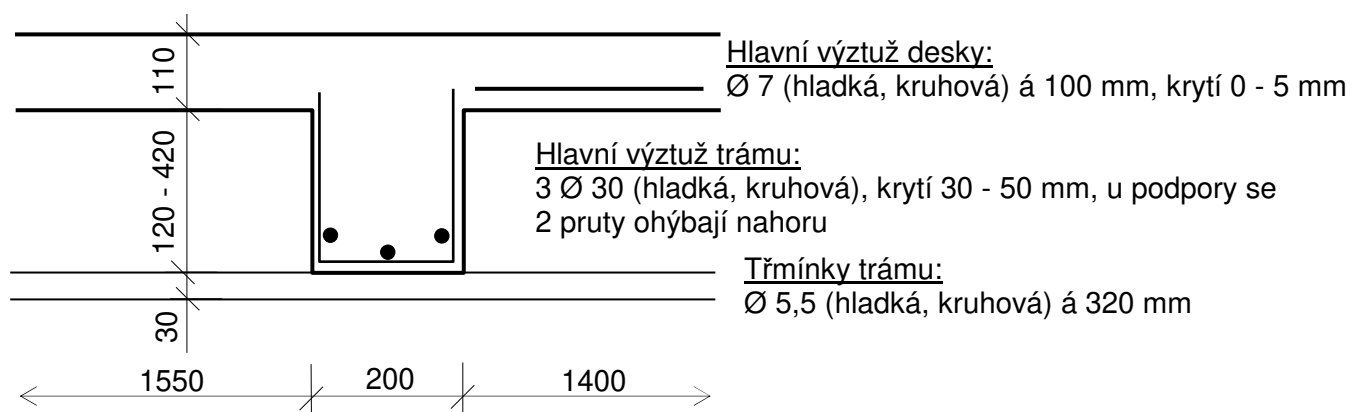
Řez B – B'



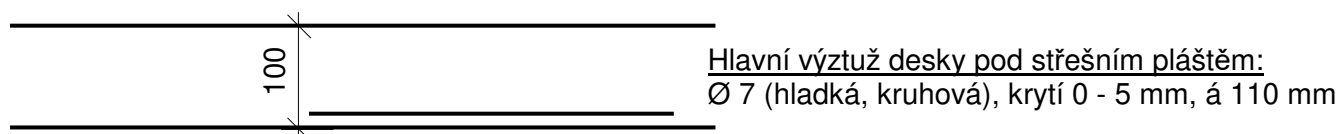
A5 ŽB trémový strop nad 4. patrem, foto č.26 - 34



Řez A – A'

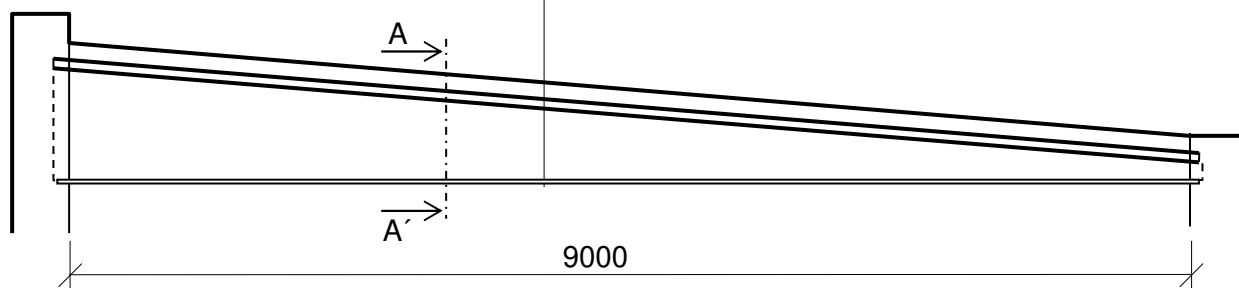


Řez B – B'

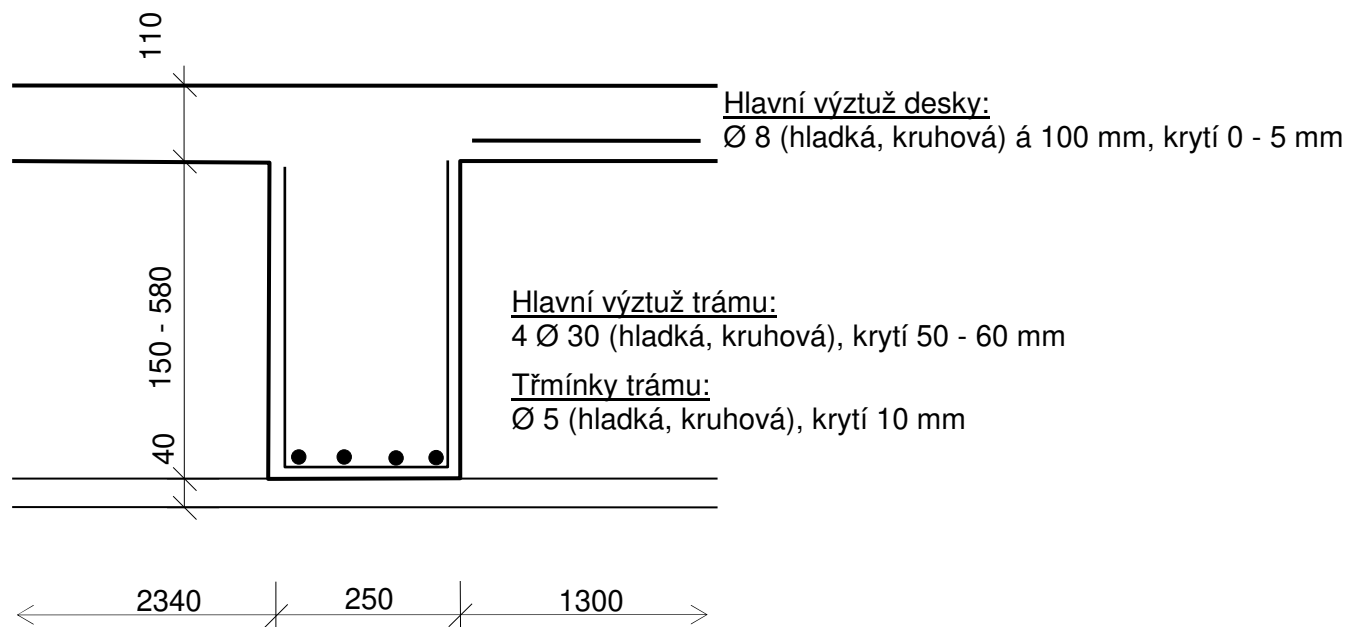


A6 ŽB trémový strop nad 4.NP, foto č.35 - 42

- střešní fólie Rhepanol	2 mm
- geotextílie	2 mm
- asfaltové pásy	10 mm
- plynosilikát s výztuží	100 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- deska z polyuretanové pěny	70 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- ŽB deska trémového stropu	110 mm
- vzduchová mezera	150 - 580 mm
- omítka na pletivu	40 mm

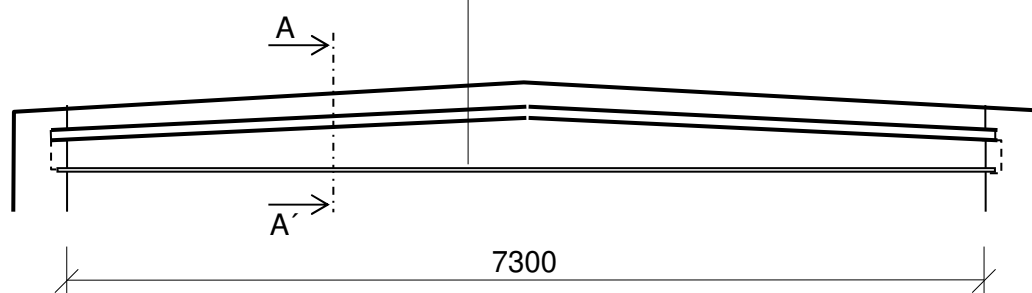


Řez A - A'

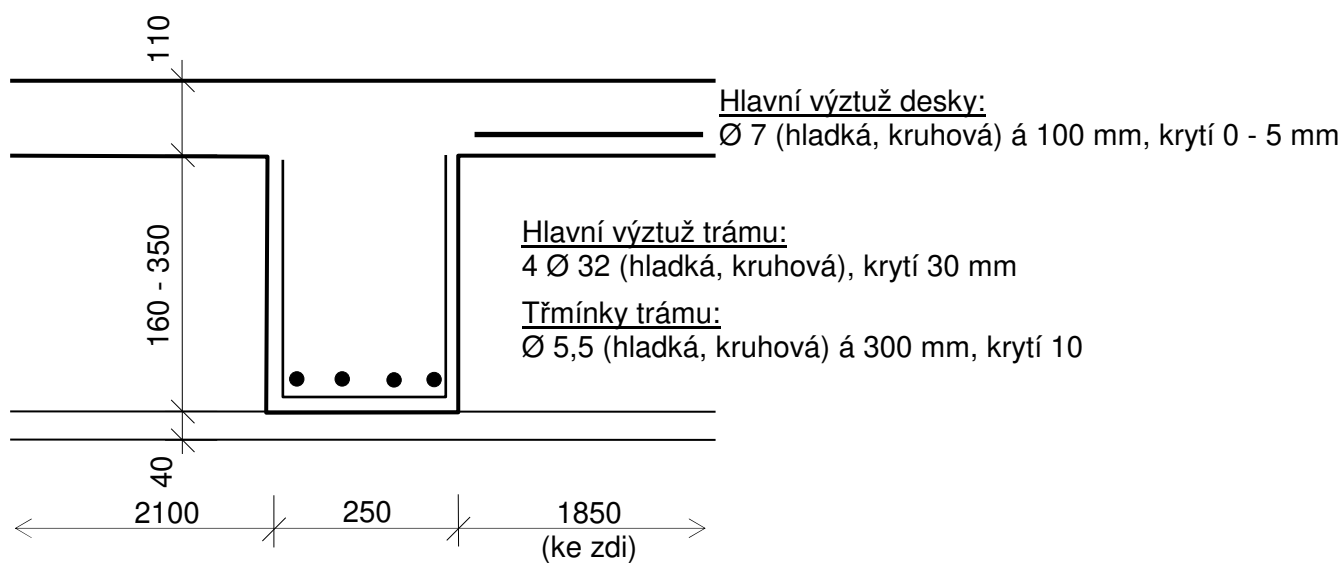


A7 ŽB trémový strop nad 4.patrem, foto č.43 - 49

- střešní fólie Rhepanol	2 mm
- geotextílie	2 mm
- asfaltové pásy	10 mm
- plynosilikát s výztuží	100 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- deska z polyuretanové pěny	70 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- ŽB deska trémového stropu	110 mm
- vzduchová mezera	160 - 350 mm
- omítka na pletivu	40 mm

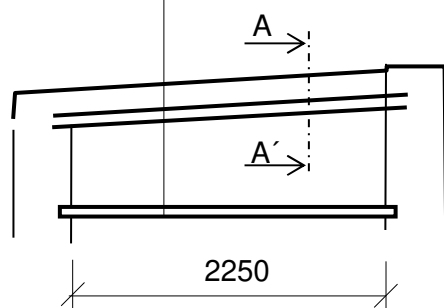


Řez A - A'

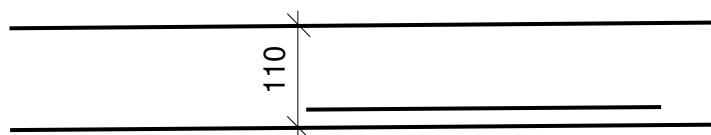


A8 ŽB deskový strop nad 4.patrem, foto č.50, 51

střešní fólie Rhepanol	2 mm
geotextílie	2 mm
asfaltové pásy	10 mm
plynosilikát s výztuží	100 mm
asfaltová lepenka	1 mm
deska z polyuretanové pěny	70 mm
asfaltová lepenka	1 mm
ŽB deska	110 mm
vzduchová mezera	
ŽB moniérka podhledu	odhad 50 mm
vápenná omítka	odhad 15 mm



Řez A – A'

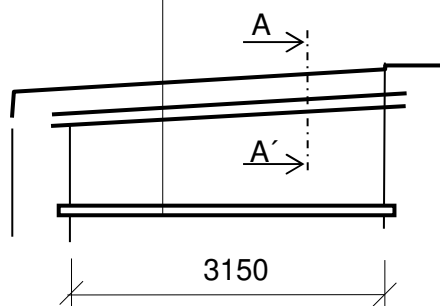


Hlavní výztuž desky pod střešním pláštěm:

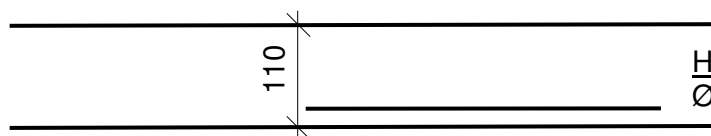
Ø 7 (hladká, kruhová), krytí 0 - 5 mm, á 100 mm

A9 ŽB deskový strop nad 4. patrem, foto č.52 - 56

- střešní fólie Rhepanol	2 mm
- geotextílie	2 mm
- asfaltové pásy	10 mm
- plynosilikát s výztuží	95 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- deska z polyuretanové pěny	70 mm
- asfaltová lepenka	1 mm
- ŽB deska	110 mm
- vzduchová mezera	
- ŽB moniérka podhledu	odhad 50 mm
- vápenná omítka	odhad 15 mm



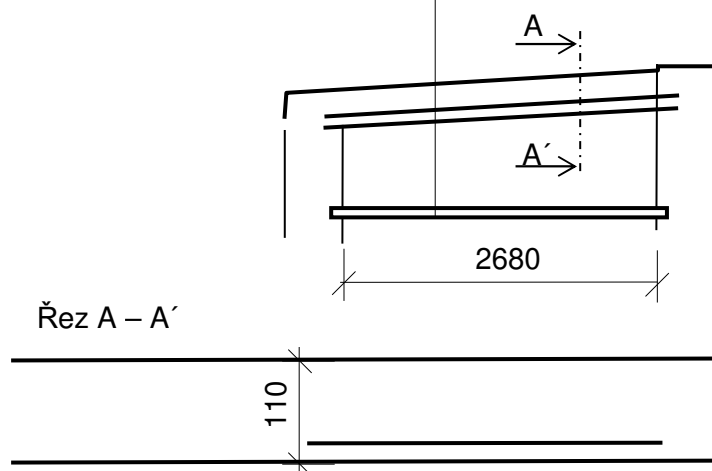
Řez A – A'



Hlavní výztuž desky pod střešním pláštěm:
Ø 7 (hladká, kruhová), krytí 0 - 5 mm, á 100 mm

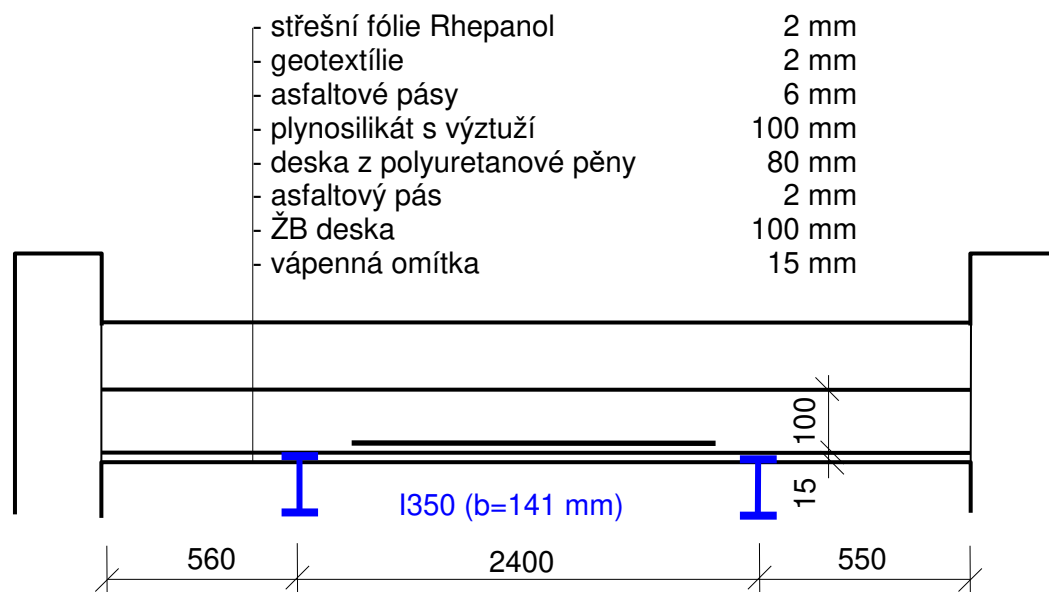
A10 ŽB deskový strop nad 4. patrem, foto č.57 - 60

střešní fólie Rhepanol	2 mm
geotextílie	2 mm
asfaltové pásy	10 mm
plynosilikát s výztuží	100 mm
asfaltová lepenka	1 mm
deska z polyuretanové pěny	70 mm
asfaltová lepenka	1 mm
ŽB deska	110 mm
vzduchová mezera	
ŽB moniérka podhledu	odhad 60 mm
vápenná omítka	odhad 15 mm



Hlavní výztuž desky pod střešním pláštěm:
 Ø 7 (hladká, kruhová), krytí 0 - 5 mm, á 100 mm
Výztuž je napadena výraznou hloubkovou
korozí a nemá soudržnost s betonem, foto
č.59, 60 !

A11 ŽB trémový strop nad 5.patrem, foto č.61 - 63



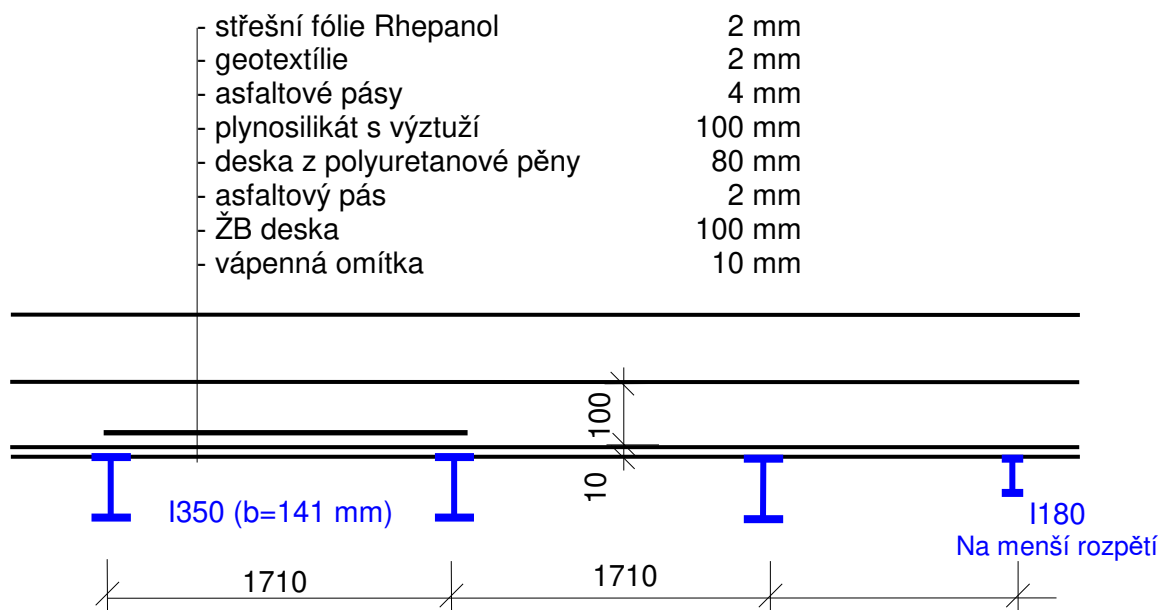
Hlavní výztuž desky:

Ø 7 (hladká, kruhová), á 100 mm, krytí 10

Rozdělovací výztuž:

Ø 5 (hladká, kruhová), á 300 mm, krytí 17 mm

A12 ŽB trémový strop nad 5.patrem, foto č.64 - 66



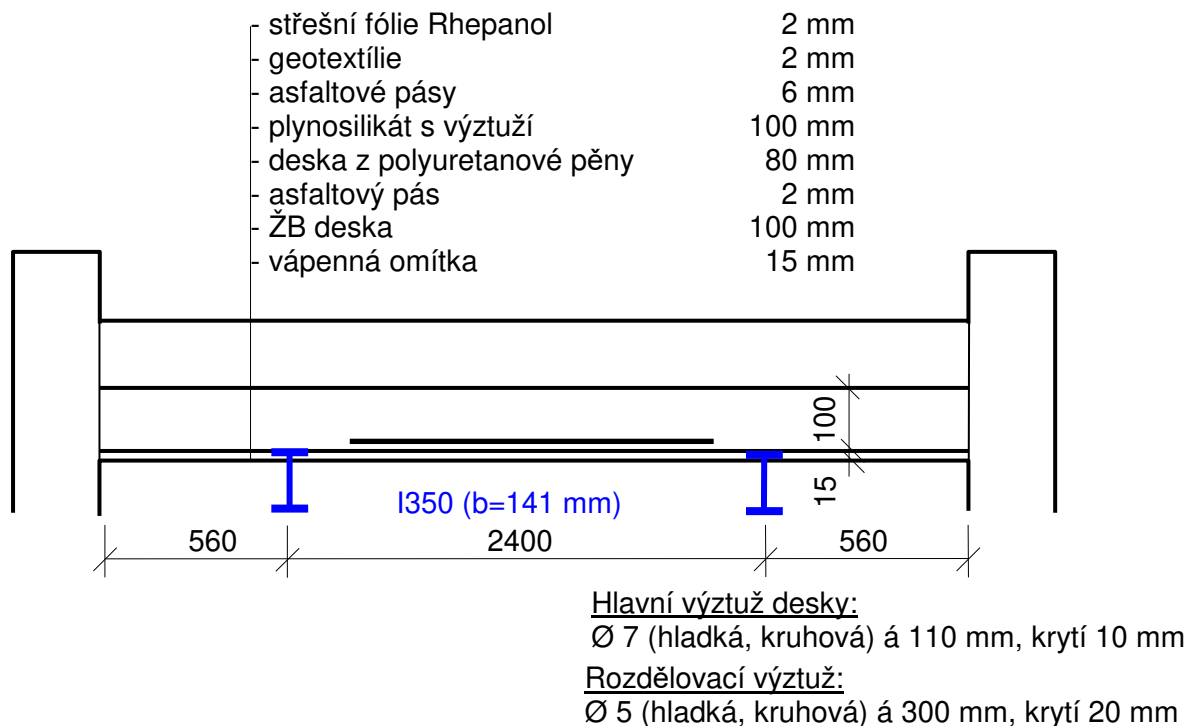
Hlavní výztuž:

Ø 7 (hladká, kruhová), á 110 mm, krytí 18

Rozdělovací výztuž:

Ø 5 (hladká, kruhová), á 280 mm, krytí 25 mm

A13 ŽB trémový strop nad 5.patrem, foto č.67 - 70



5.1 Zjištěné vady a poruchy a další skutečnosti

- Téměř všechny střešní desky mají obdobnou tloušťku (100 - 110 mm) i obdobné vyztužení bez ohledu na jejich světlost - většinou Ø 7 á 100 - 110 mm.
- Jako výztuž ŽB prvků byla všude použita hladká kruhová.
- Výztuž téměř všech trámů je rovněž obdobná. Byly většinou použity 3 Ø 30, výjimečně u atypických prvků 4 Ø 30. Výztuž trámů má podstatně lepší krytí výztuže než desky.
- Místy (u sondy A9) byla výztuž z desky vytržena při provádění prostupů instalací, foto č.56.
- Výztuž ŽB desek má na mnoha místech nedostatečné nebo žádné krytí betonem a je napadena většinou povrchovou korozí, foto č.25, 48, 54 - 57, 77, 81, 82. Výjimečně (např. u sondy A10) byla zjištěna i koroze hloubková, foto č.59, 60.
- Místy byla výztuž desek dodatečně vysekána, aby na ní mohly být zavěšeny vazací dráty vynášející pohledy, foto č.40, 41.
- V místě sondy A5 byla pravděpodobně dodatečně provedena větrací šachta a byla zde přerušena stropní deska i nosná výztuž. Její ponechaná část byla podezděna a podepřena ocelovými I profily a ŽB konzolami, foto č.33, 34. I přesto, že vše vypadá jako provizorní řešení, nezdá se, že by zde došlo k poklesům střešní konstrukce.
- U objektu bylo v minulosti (pravděpodobně při rekonstrukci v roce 1993) provedeno zateplení střech v úrovni horních plášťů. Vznikl tak poměrně velký nevyužívaný mezistřešní prostor, který je nutno vytápět, dochází zde k tepelným únikům.
- Střešní fóliová krytina Rhepanol již začíná být místy porušená a musí být často místně opravená, začíná přes ni již zatékat.

6.0 Střešní konstrukce s ocelovými vazníky

Byla provedena vizuální prohlídka většiny dostupných hlavních prvků ocelových příhradových vazníků, vaznic i nosných prvků podhledů. U ocelových příhradových vazníků bylo provedeno jejich zaměření včetně dimenzí jednotlivých prvků. Zjištěné rozměry prvků a také počty a velikosti nýtů, skladby podhledů i střešního pláště jsou zakresleny a popsány ve výkresové dokumentaci v příloze této zprávy.

6.1 Zjištěné vady a poruchy

- Byla provedena prohlídka téměř celého mezistřešního prostoru, nepřístupné byly jen některé části za vzduchotechnickým potrubím.
- Nikde nebyly zjištěny viditelné deformace vazníků. Nebyly zjištěny žádné deformované (zkroucené, vyboulené apod.) prvky.
- Nikde nebyly zjištěny chybějící či uvolněné spojovací prostředky (nýty ani šrouby).
- Nátěry ocelové konstrukce jsou již „strávené“, pravděpodobně nebyly nikdy obnovované a jsou ještě původní.
- Téměř nikde nebyla zjištěna hloubková koroze, na mnoha místech je však již patrna koroze povrchová, foto č.74 - 79. Hloubková koroze (důlková, zatím ne plátková) byla zjištěna jen místně, foto č.80.
- Betonové střešní desky mají malé nebo dokonce místy i žádné krytí betonem. Některé pruty jsou již napadeny i výraznou korozí a ztratily soudržnost s betonovou deskou, foto č.81, 82. Vyztužení i tloušťka ŽB desek je obdobná jako u dalších střech v ostatních křídlech objektu.
- Struktura betonu i zjištěné pevnostní charakteristiky jsou obdobné jako u dalších střech, proto je možno uvažovat s třídou pevnosti betonu **C 16/20**.
- Horní plášť střechy (ŽB desky) byl v minulosti přitížen solárními panely na ohřev teplé vody, foto č.72.
- U ŽB desek ale nebyly zjištěny žádné závažné statické poruchy - zvýšené průhyby, trhliny apod.
- Střešní plášť je obdobný, jako na dalších křídlech v objektu - tepelná izolace z polyuretanových a plynosilikátových desek, střešní krytina z fólie Rhepanol, blíže viz výkresová dokumentace a foto č.72, 73.

7.0 Závěr

Na základě výsledků stavebně technického průzkumu lze konstatovat, že objekt je ve stavu, který odpovídá jeho stáří a pravděpodobně průměrně prováděné údržbě před větší rekonstrukcí provedenou začátkem 90. let minulého století.

Nejsou na něm patrný žádné závažné viditelné statické vady a poruchy - průhyby, trhliny, uvolněné spoje či deformace ocelových prvků apod.

Zvláštní pozornost doporučujeme věnovat, kromě malého krytí výztuže ŽB desek, i střešní krytině.

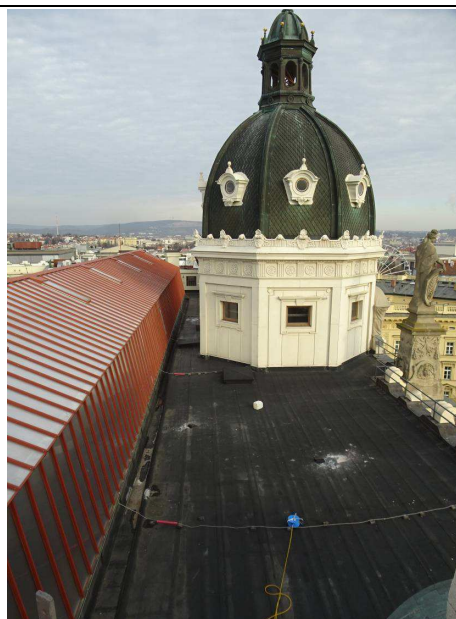
Poznatky zjištěné tímto STP budou využity v následných projekčních pracích rekonstrukce střešních plášťů a při zjištění možnosti osazení fotovoltaických panelů.

Příloha č.1 - Fotodokumentace

1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.



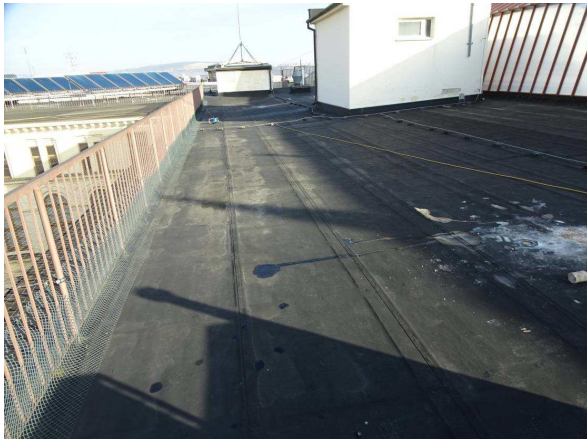
15.



16.



17.



18.



19.



20.



21.



22.



23.



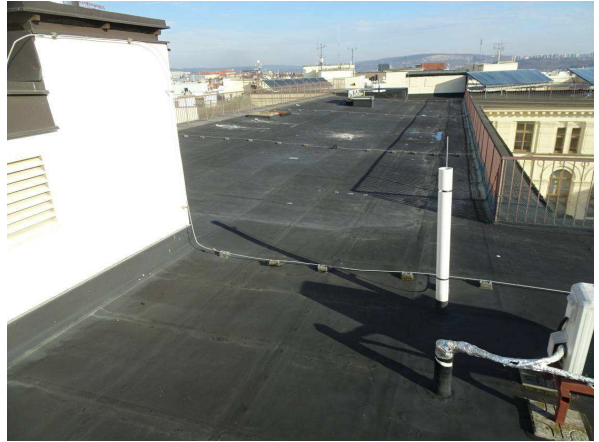
24.



25.



26.



27.



28.



29.



30.



31.



32.



33.



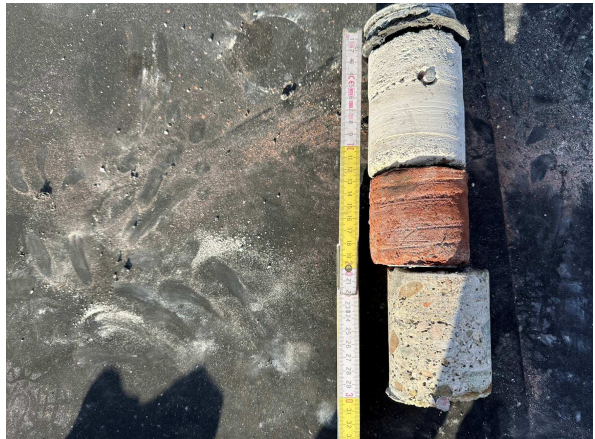
34.



35.



36.



37.



38.



39.



40.



41.



42.



43.



44.



45.



46.



47.



48.



49.



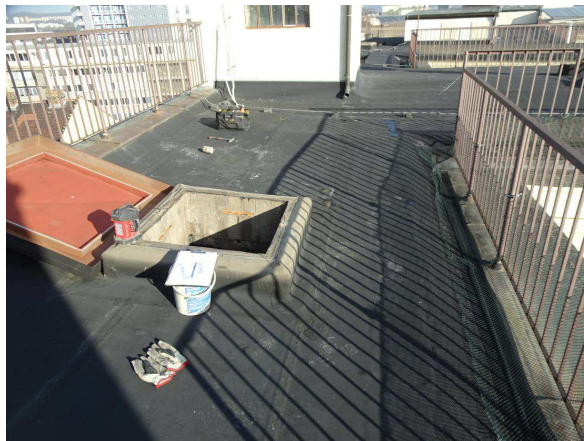
50.



51.



52.



53.



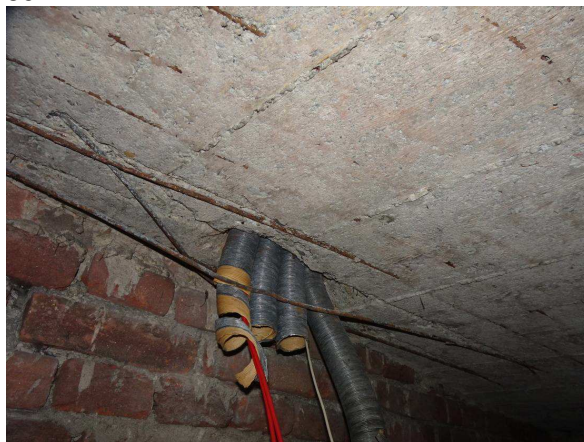
54.



55.



56.



57.



58.



59.



60.



61.



62.



63.



64.



65.



66.



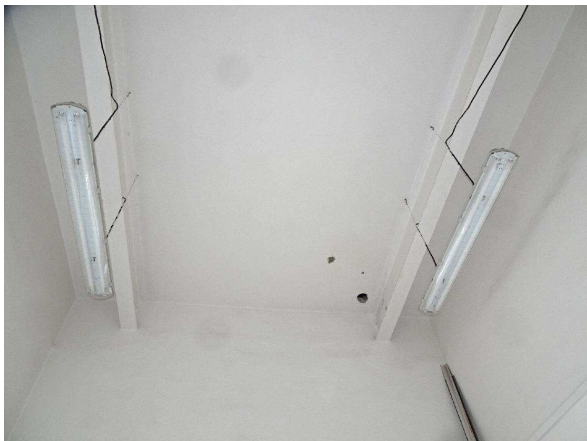
67.



68.



69.



70.



71.



72.



73.



74.



75.



76.



77.



78.



79.



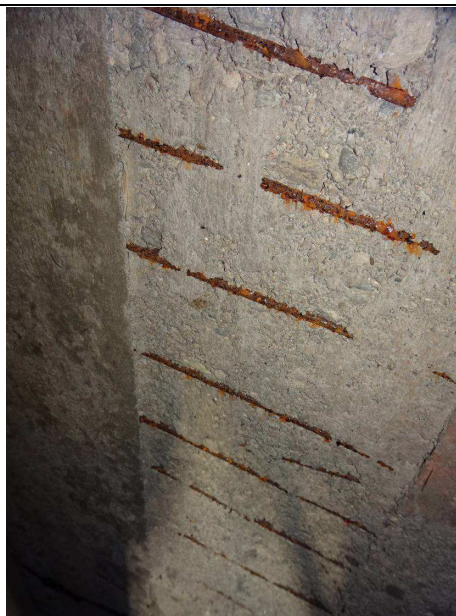
80.



81.



82.





HS122454190_4

Protokol o zkouškách vzorků betonu odebraných z konstrukce

Objekt: **Brno, Žerotínovo nám. 3**

Objednatel: **Průzkumy staveb, s.r.o., Brno**

Zkušební laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.

Protokol smí být bez souhlasu zkušební laboratoře reprodukován výhradně celý, protokol nebo jeho části nesmějí být měněny.

Tento protokol obsahuje 11 stran textu a je vypracován ve 4 tištěných vyhotoveních a v elektronické podobě (paré „0“).

doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

odpovědný řešitel



prof. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

vedoucí Ústavu stavebního zkušebnictví

Počet vyhotovení: **4**

Vyhotovení číslo: **0**

Zpracováno dne: 16. 1. 2025

1. ÚVODNÍ ČÁST

1.1. Údaje o zpracovateli

Pracoviště řešitele: Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební - Ústav stavebního zkušebnictví
Veveří 95, 602 00 Brno
IČ: 00216305
DIČ: CZ00216305

Vedoucí pracoviště: prof. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Odpovědný řešitel: doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.
+420 603 769 194
petr.cikrle@vut.cz

1.2. Údaje o objednateli

Objednatel: Průzkumy staveb s.r.o.
Lísky 1000/44, 624 00 Brno
IČ: 292 68 125
DČ: CZ 292 68 125
Zastoupený: Ing. Bronislav Šlapanský
Objednávka: Písemná objednávka ze dne 4. 12. 2024, upřesněná 13. 1. 2025.
Předmět řešení: Laboratorní zkoušky betonu na vývrtech o průměru \varnothing 75 mm ze sloupů a průvlaků objektu Bezručova 22 v Brně.

1.3. Zkušební předpisy a postupy

Zkoušky byly provedeny podle platných norem:

ČSN 73 1371	Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu. Praha: ČNI, 2011.
ČSN 73 2011	Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí. Praha: ČNI, 2012.
ČSN EN 12504-1	Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku. Praha: ČNI, 2021.
ČSN EN 12390-3	Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles. Praha: ČNI, 2020.
ČSN EN 12390-7	Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu. Praha: ČNI, 2020.
ČSN EN 13791	Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích. Praha: ČNI, 2021.
ČSN EN 206 + A2	Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: ČNI, 2021.

2. Výsledky zkoušek betonu vývrtů

2.1 Údaje o vzorcích betonu

Vzorky do laboratoře dodal objednatel zkoušek. Bylo dodáno celkem 21 jádrových vývrtů z betonu o jmenovitém průměru \varnothing 75 mm, označených N 1 až N 21 – viz obr. 1 až obr. 5. Vývrtky byly odebrány ze stropních desek.



Obr. 1: Zkušební vzorky N 1 až N 4 v délkách 100, 85, 85 a 110 mm odebrané z desek.
Vzorek N 3 je vizuálně horší kvality (vysoká pórovitost).



Obr. 2: Zkušební vzorky N 5 až N 8 v délkách 105, 95, 110 a 100 mm odebrané z desek.



Obr. 3: Zkušební vzorky N 9 až N 12 v délkách 110, 95, 95 a 100 mm odebrané z desek.



Obr. 4: Zkušební vzorky N 13 až N 16 v délkách 105, 100, 90 a 105 mm odebrané z desek. Vzorek N 14 je vizuálně horší kvality (dutinky na styku větších zrn kameniva).



Obr. 5: Zkušební vzorky N 17 až N 21 v délkách 100, 105, 90, 90 a 90 mm odebrané z desek. Vzorek N 21 byl šikmo odlomen a nemohlo z něj být vyrobeno těleso se štíhlostí 1:1.

2.2 Zkoušky betonu vývrtů

Z každého jádrového vývrtu (s výjimkou krátkého vzorku N 21) bylo vyrobeno právě jedno zkušební těleso se štíhlostním poměrem 1:1 (s přípustnou tolerancí $\pm 0,10$) pro stanovení objemové hmotnosti, dynamického modulu pružnosti a pevnosti v tlaku. Zkušební tělesa jsou dokumentována na obr. 6 až obr. 8.



Obr. 6: Zkušební tělesa ve tvaru válce 1:1 vyrobená ze vzorků N 1 až N 8.



Obr. 7: Zkušební tělesa ve tvaru válce 1:1 vyrobená ze vzorků N 9 až N 16.



Obr. 8: Zkušební tělesa ve tvaru válce 1:1 vyrobená ze vzorků N 17 až N 20.

Charakteristiky zkušebních těles jsou uvedeny v tab. 1. Objemová hmotnost D_r je ve stavu, jak byly dodány do laboratoře (s přirozenou vlhkostí).

Tab. 1: Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu

Označení tělesa	Prvek/podlaží	Průměr d	Výška h	Hmotnost m_r	Objemová hm. přirozená D_r
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]
N 1	deska	73,8	74,9	726,8	2268
N 2		73,9	74,4	711,0	2228
N 3		73,6	74,6	701,5	2210
N 4		73,9	74,4	711,1	2228
N 5		73,8	74,6	710,7	2227
N 6		73,9	74,3	737,3	2314
N 7		73,9	74,4	715,2	2241
N 8		73,8	74,5	709,4	2226
N 9		73,8	74,4	707,5	2223
N 10		73,8	74,5	715,4	2245
N 11		73,7	73,4	723,5	2311
N 12		73,6	74,2	722,1	2287
N 13		73,6	74,2	707,8	2242
N 14		73,6	74,7	700,9	2205
N 15		73,6	74,9	722,0	2266
N 16		73,5	74,7	738,9	2331
N 17		73,7	73,9	735,6	2333
N 18		73,7	74,4	740,1	2332
N 19		73,7	74,4	710,3	2238
N 20		73,7	74,5	713,0	2243
<i>Minimum</i>					2205
Průměr					2260

Objemová hmotnost betonu se pohybovala od 2205 kg/m³ do 2333 kg/m³, s průměrnou hodnotou 2260 kg/m³, což odpovídá obyčejnému hutnému betonu.

Výsledky ultrazvukové měření jsou uvedeny v tab. 2. Ze zjištěné rychlosti šíření ultrazvukového vlnění byly vypočteny hodnoty dynamického modulu pružnosti E_{cu} a z nich následně odhadnuty hodnoty statického modulu pružnosti E_c . Pro odhad statického modulu pružnosti byl dle ČSN 73 2011 použit zmenšovací součinitel $\kappa_u = 0,76$, podle pevnosti v tlaku betonu.

Tab. 2: Ultrazvuková měření na vzorcích betonu

Označení tělesa	Rychlost UZ vlnění v_L [m/s]				Modul pruž. E_{cu} [GPa]	Modul pruž. E_c [GPa]
	"1"	"2"	"3"	Průměr	dynamický	statický - odhad
N 1	3745	3802	3783	3780	29,2	22,2
N 2	3758	3720	3720	3730	27,9	21,2
N 3	3639	3587	3621	3620	26,1	19,8
N 4	3957	3979	3957	3960	31,4	23,9
N 5	3845	3845	3826	3840	29,6	22,5
N 6	4128	4105	4105	4110	35,2	26,7
N 7	3979	3875	3937	3930	31,2	23,7
N 8	3763	3840	3652	3750	28,2	21,4
N 9	3493	3509	3509	3500	24,5	18,6
N 10	3860	3725	3582	3720	28,0	21,2
N 11	3904	3823	3884	3870	31,2	23,7
N 12	3585	3585	3602	3590	26,5	20,2
N 13	3484	3500	3484	3490	24,6	18,7
N 14	3792	3870	3831	3830	29,1	22,1
N 15	3300	3285	3285	3290	22,1	16,8
N 16	3662	3574	3609	3610	27,3	20,8
N 17	3640	3587	3437	3550	26,5	20,1
N 18	3875	3916	3957	3920	32,3	24,5
N 19	3979	3979	3979	3980	31,9	24,2
N 20	3942	3901	3901	3910	30,9	23,5
<i>Minimum</i>				3290	22,1	16,8
Průměr				3750	28,7	21,8

Výsledky ultrazvukových měření ukázaly určité rozdíly mezi vzorky, dané zejména rozdílnou pórovitostí. Průměrná hodnota rychlosti šíření ultrazvukového vlnění 3750 m/s značí beton dobré kvality. Hodnoty dynamického i statického modulu pružnosti betonu jsou mírně nižší, odpovídají však stáří betonu a použitému druhu kameniva.

Výsledky zkoušek pevnosti v tlaku betonu ve stavu jak byl dodán (po kondicionování na přirozenou vlhkost) jsou uvedeny v tab. 3. Pevnost v tlaku byla dle nové normy ČSN 12504-1 stanovena jako pevnost $f_{c,1:1}$, tedy na tělesech se štíhlostním poměrem 1:1 (krychelná), avšak následně byla přepočtena na $f_{c,is}$ ($f_{c,2:1}$) pomocí součinitele $CLF = 0,82$.

Tab. 3 Pevnost v tlaku betonu stropní konstrukce $f_{c,1:1}$ (krychelná) a $f_{c,2:1} = f_{c,is}$ (válcová)

Označení tělesa	maxim. síla F	štíhlost λ	pevnost $f_{c,1:1}$ ($f_{c,cube}$)	faktor CLF	pevnost $f_{c,is,2:1}$ ($f_{c,cyl}$)
	[kN]	[-]	[MPa]	[-]	[MPa]
N 1	137,8	1,01	32,2	0,82	26,4
N 2	134,0	1,01	31,2	0,82	25,6
N 3	104,8	1,01	24,6	0,82	20,2
N 4	115,5	1,01	26,9	0,82	22,1
N 5	129,6	1,01	30,3	0,82	24,8
N 6	151,7	1,01	35,4	0,82	29,0
N 7	142,2	1,01	33,2	0,82	27,2
N 8	145,4	1,01	34,0	0,82	27,9
N 9	124,8	1,01	29,2	0,82	23,9
N 10	141,8	1,01	33,1	0,82	27,2
N 11	128,0	1,00	30,0	0,82	24,6
N 12	142,9	1,01	33,6	0,82	27,5
N 13	98,1	1,01	23,1	0,82	18,9
N 14	Vzorek vyřazen - nekorektní porušení vlivem kameniva				-
N 15	107,9	1,02	25,4	0,82	20,8
N 16	106,4	1,02	25,1	0,82	20,6
N 17	146,3	1,00	34,3	0,82	28,1
N 18	129,6	1,01	30,4	0,82	24,9
N 19	158,8	1,01	37,2	0,82	30,5
N 20	116,9	1,01	27,4	0,82	22,5
Minimum			23,1		18,9
Průměr			30,3		24,9

Poznámka: U vzorku N 14 došlo k nekorektnímu způsobu porušení (ČSN EN 12390-1) vlivem shluku větších zrn hrubého kameniva. Z toho důvodu byl vzorek ze souboru vyřazen.

Pevnost v tlaku betonu in situ $f_{c,is}$ ($f_{c,2:1}$) sice vyšla u jednotlivých vzorků mírně rozdílně, od 18,9 MPa do 30,5 MPa, avšak na základě hodnoty variačního součinitele $V_x = 13,3 \%$ lze beton označit jako **rovnoměrný** (ČSN 73 2011, $V_{x,max} = 16,0 \%$).

2.3 Hloubka karbonatace betonu

Na krajních dolních odřezcích ze vzorků betonu byl na čerstvém lomu proveden fenolftaleinový test hloubky karbonatace betonu, kdy na zkarbonatovaném betonu nenastane po nastříkání roztokem fenolftaleinu žádná reakce, zatímco zdravý beton zčernalí – viz obr. 9.

Většina vzorků byla při vrtání odlomena v konstrukci, takže neobsahovala spodní část desky. Z toho důvodu nebylo přesné stanovení hloubky karbonatace možné, avšak zkouška byla přesto provedena z důvodu zjištění charakteru karbonatace – viz obr. 10 až obr. 14.



Obr. 9: Fenolftaleinový test na čerstvých řezech krajních částí betonových vzorků N 4, N 5, N 7, N 8, N 9 a N 10 (další vzorky neobsahovaly spodní stranu desky nebo byl odřezek velmi krátký a při řezání se rozpadl). Karbonatace u zkoušených vzorků postoupila do hloubky větší než tloušťka odřezku, s výjimkou N 8. Proto byla doměřena po rozdrcení těles v lisu.



Obr. 10: Fenolftaleinový test provedený po rozdrcení zkušebních těles N 1 až N 4. Zatímco u vzorků N 1 a N 2 je po celé výšce průřezu $\text{pH} \geq 9,5$, u vzorku N 3 je zkarbonatován celý průřez desky, u vzorku N 4 téměř celý průřez.



Obr. 11: Fenolftaleinový test provedený po rozdrcení zkušebních těles N 5 až N 8. U vzorků N 5 a N 7 je zkarbonatován téměř celý průřez, u vzorků N 6 a N 8 jen část průřezu.



Obr. 12: Fenolftaleinový test provedený po rozdrčení zkušebních těles N 9 až N 12. Beton vzorku N 10 je zkarbonatován v celém průřezu.



Obr. 13: Fenolftaleinový test provedený po rozdrčení zkušebních těles N 13 až N 16. Beton vzorku N 15 je zkarbonatován prakticky v celém průřezu.



Obr. 14: Fenolftaleinový test provedený po rozdrčení zkušebních těles N 17 až N 20. U vzorků N 19 a N 20 karbonatace postupovala shora a zasáhla prakticky celý průřez.

Na základě fenolftaleinového testu lze konstatovat, že hloubka karbonatace je velmi rozdílná, zřejmě v závislosti na umístění desky v konstrukci, omítce, přítomnosti podhledů, apod. Přibližně v polovině případů se pohybovala od 5 mm do 20 mm, ve zbývajících polovině případů byl zasážen prakticky celý průřez. Na pevnost v tlaku to prozatím nemá vliv, pouze je zde zvýšené riziko koroze výztuže (v případech zvýšené vlhkosti).

2.4 Vyhodnocení zkoušek betonu

Vzhledem ke skutečnosti, že beton zkušební oblasti byl velmi podobný z hlediska složení (lišil se pouze pórovitostí a obsahem hrubého kameniva), byla charakteristická pevnost v tlaku betonu konstrukce podle ČSN EN 13791 stanovena pro celou konstrukci společně. Charakteristická pevnost v tlaku in situ $f_{ck,is}$ se podle této normy odhadne jako menší hodnota ze dvou výpočtů (kritérií pro průměrnou hodnotu a minimální hodnotu):

$$f_{ck,is} = f_{c,m(n)is} - k_n s = 24,9 - 1,776 \times 3,303 = \mathbf{19,0 \text{ MPa}} \text{ (rozhodující kritérium);}$$
$$f_{ck,is} = f_{c,is,lowest} + M = 18,9 + 3 = 21,9 \text{ MPa.}$$

kde

- $f_{ck,is}$ je charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci ($f_{c,2:1}$, válcová),
- $f_{c,m(n),is}$ je průměrná pevnost betonu v tlaku (válcová) stanovená na n počtu vývrtů,
- $f_{c,is,lowest}$ je nejmenší pevnost v tlaku (válcová) zjištěná na vývrtech,
- s je celková směrodatná odchylka pevností vývrtů nebo hodnota směrodatné odchylky odpovídající variačnímu koeficientu 8 % (bere se vyšší z hodnot);
- k_n je součinitel závislý na počtu vývrtů n , uvedený v ČSN EN 13791 ($k_n = 1,776$ pro $n = 19$).
- M je hodnota založená na hodnotě $f_{c,is,lowest}$ ($M = 3 \text{ MPa}$).

Charakteristická pevnost v tlaku in situ (válcová) pro celou konstrukci $f_{ck,is} = \mathbf{19,0 \text{ MPa}}$, betonu desek je možné přiřadit **pevnostní třídu C 16/20**.

Podle variačního součinitele pro celý soubor, který vyšel $V_x = 13,3 \%$, je beton **rovnoměrný**, neboť podle ČSN 73 2011 je $V_{x,max} = 16,0 \%$. Z toho plyne, že hodnocení pro celou oblast společně je korektní.






3. Závěr

Na 20 jádrových vývrtech z betonu desek v objektu Žerotínovo nám. 3 v Brně byly stanoveny vlastnosti betonu – objemová hmotnost betonu, dynamický ultrazvukový modul pružnosti (z něho proveden výpočet odhad statického modulu pružnosti), hloubka a charakter karbonatce a pevnost v tlaku betonu. Výsledky dosažené na jednotlivých zkušebních tělesech jsou uvedeny v tab. 1 až tab. 3 tohoto protokolu.

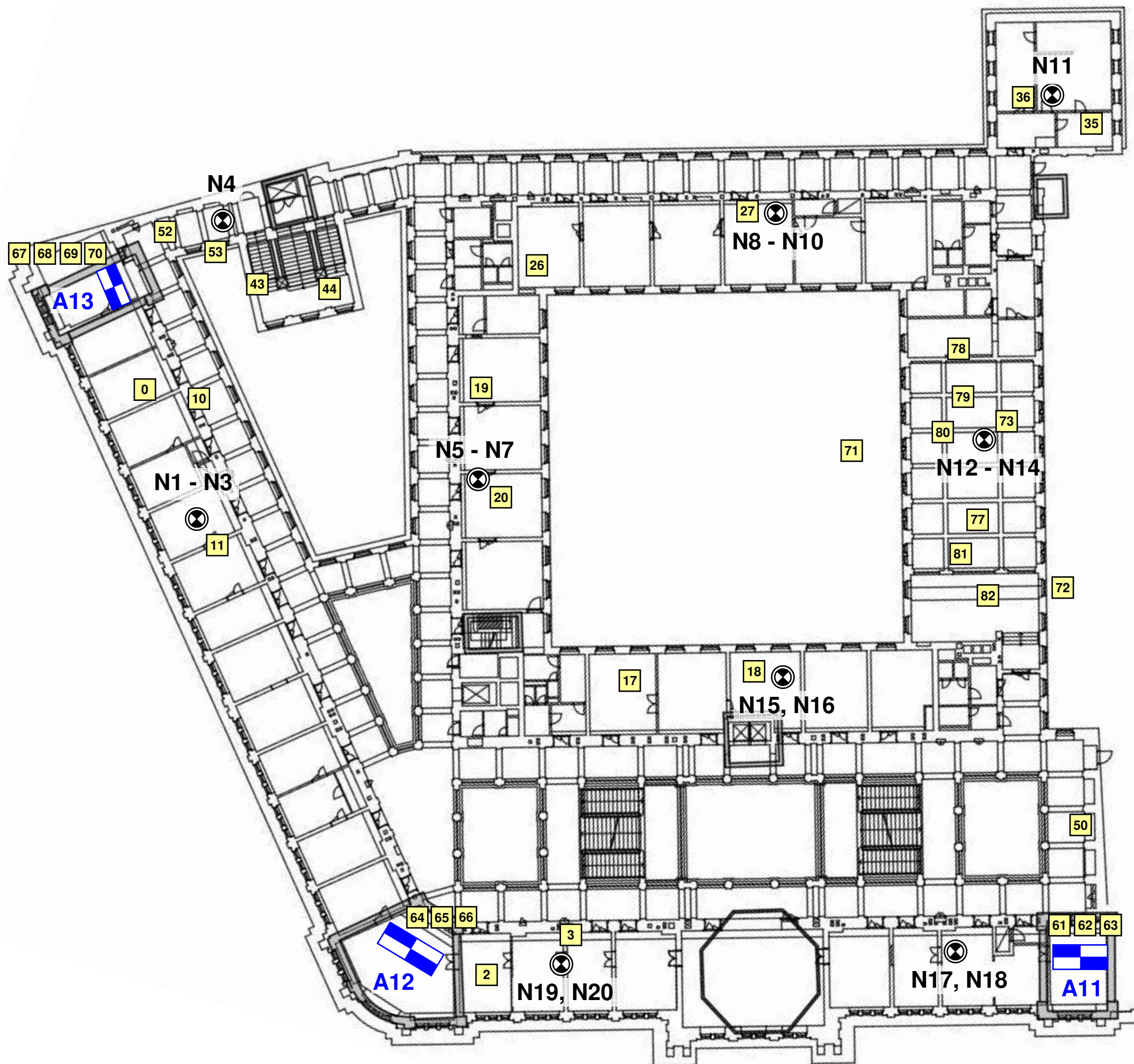
Výsledky zkoušek pevnosti v tlaku vykazovaly poměrně dobrý rozptyl, beton byl hodnocen jako **rovnoměrný**. Charakteristická pevnost v tlaku betonu in situ (válcová) vyšla pro celou konstrukci $f_{ck,is} = \mathbf{19,0 \text{ MPa}}$, což odpovídá **pevnostní třídě C 16/20**.



LEGENDA:

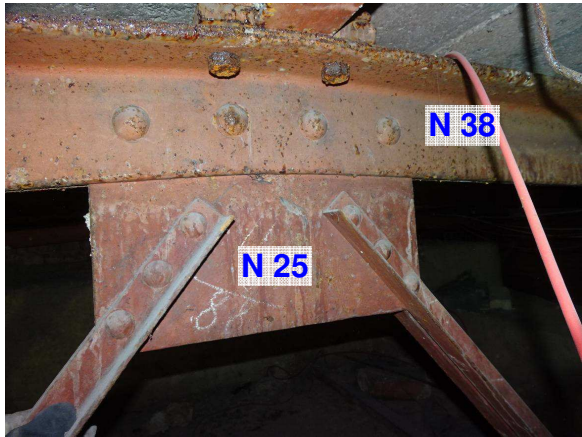
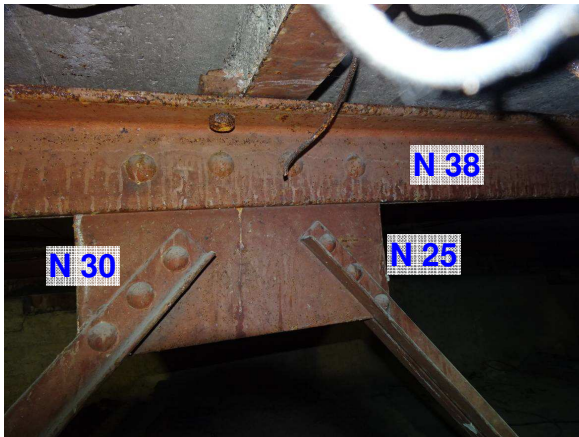
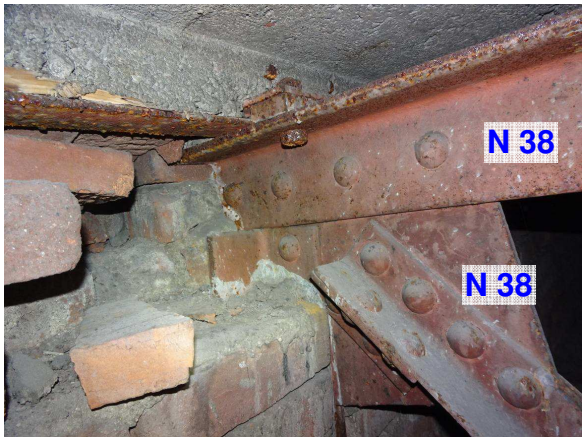
-  Sondy do ŽB monolitických stropních konstrukcí - určení skladby, tvaru a výztuže, sondy A1 - A13.
-  Sondy do ŽB nosných konstrukcí - zjištění pevnosti Schmidovým tvrdoměrem N (D - desky), zkušební místa 1D - 34D.
-  Sondy do ŽB nosných konstrukcí - zjištění skladby střech a pevnosti betonu zkouškou v lise, zkušební místa N1 - N20.
-  Sondy do ŽB monolitických stropních konstrukcí a zaměření ocelové střešní konstrukce - určení skladby, tvaru a výztuže ŽB desky, tvaru a dimenzí jednotlivých prvků ocelového příhradového vazníku, sonda OK1.
-  Fotodokumentace.





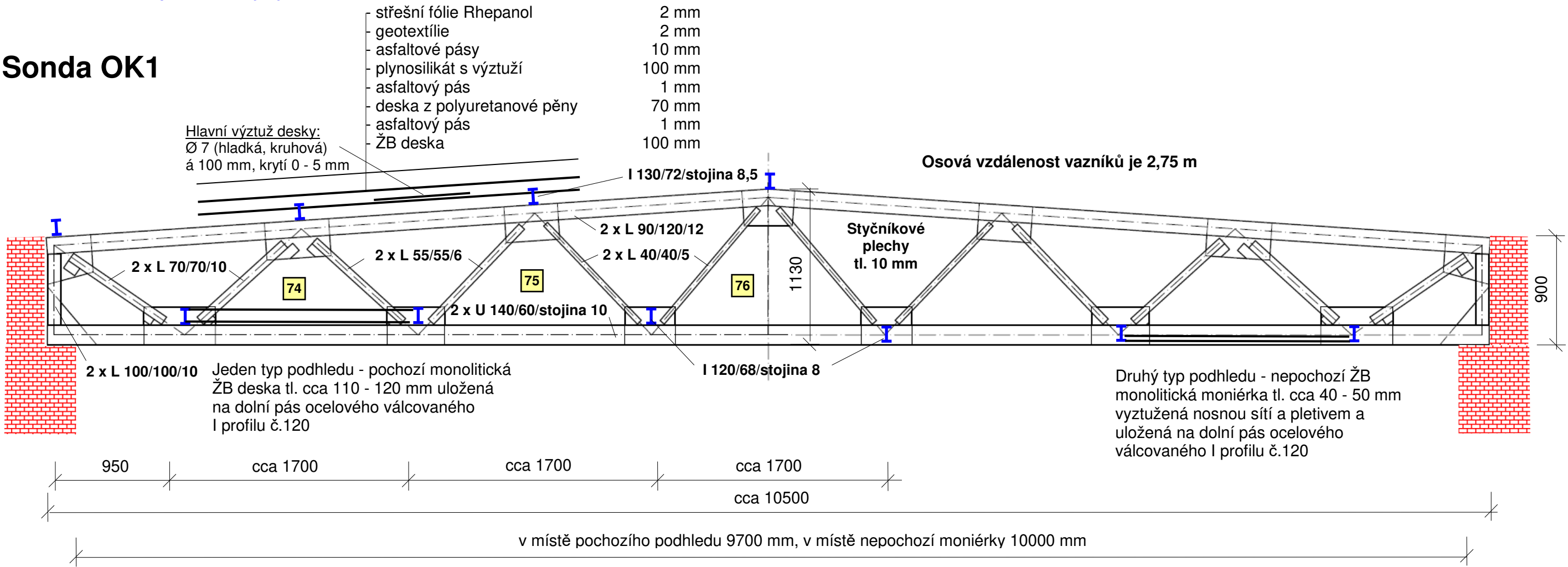
LEGENDA: Je na výkrese č.1.

Brno, Žerotínovo nám. 3
 Půdorysy věží - umístění sond
 Výkres č.2



N 38 - průměr hlavy nýtů

Sonda OK1



N 38 - průměr hlavy nýtů

