

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STABEBNÍ

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE

STUDIJNÍ PROGRAM: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

STUDIJNÍ OBOR: INŽENÝRSKÁ GEODÉZIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**GEODETICKÉ PRÁCE PŘI VÝSTAVBĚ
MOSTNÍ KONSTRUKCE**

VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Rudolf Urban, PhD.

květen 2022

Bc. Lukáš Hošek

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hošek Jméno: Lukáš Osobní číslo: 476920
Zadávající katedra: Speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Inženýrská geodézie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Geodetické práce při výstavbě mostní konstrukce
Název diplomové práce anglicky: Geodetic works during the construction of the bridge structure

Pokyny pro vypracování:

Přehledně popsat veškeré prováděné geodetické práce při výstavbě mostní konstrukce včetně závazných předpisů.
Popsat zvolené metody zaměření dílčích úkonů při výstavbě, včetně posouzení požadované a dosažené přesnosti.
Ukázky výstupních protokolů a grafických příloh.

Seznam doporučené literatury:

Urban, R.: Geodetické práce při měření posunů a deformací stavebních objektů 1. vyd. Praha: CTU Publishing House, 2015. 227 s. ISBN 978-80-01-05786-5.

Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. 336 s. ISBN 978-80-01-05843-5.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 17.2.2022 Termín odevzdání DP v IS KOS: 15.5.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

17.2.2022

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Tímto textem prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval zcela samostatně. Použité zdroje jsou řádně uvedeny v seznamu použité literatury a v textu jsou ocitány dle normy ČNS ISO 690

V Nýrsku dne 14.5.2022

.....

Bc. Lukáš Hošek

Poděkování

Chtěl bych velmi poděkovat mému vedoucímu této diplomové práce doc. Ing. Rudolfu Urbanovi, PhD. za věcné připomínky a rady při konzultacích, rodině a v neposlední řadě také firmě Hrdlička spol. s.r.o.

Abstrakt

Diplomová práce mapuje postup výstavby mostní konstrukce z pohledu geodeta zhotovitele. Pojednává o úkonech v podobě od přípravných pracích, dále přes spodní stavbu, nosnou konstrukci až po svršek sledované mostní konstrukce. Dále pojednává o vypracovaných protokolech prokazující dosaženou přesnost a vypracovaných grafických příloh.

Výsledkem této diplomové práce je detailní popis dílčích geodetických prací, vyhodnocení dosažených přesností vůči požadovaným v podobě protokolů a grafických výstupů dané stavby.

Klíčová slova

Mostní konstrukce, spodní stavba, nosná konstrukce, svršek mostu, vytyčování, kontrolní měření, protokol

Abstract

The thesis maps the construction process of the bridge structure from the point of view of the contractor's surveyor. It deals with operations in the form from preparatory work, further through the substructure, load-bearing structure to the upper of the monitored bridge structure. It also discusses the developed protocols proving the achieved accuracy and developed graphic graphic appendices in the diploma thesis .

The result of this thesis is a detailed description of partial geodetic works, evaluation of the achieved accuracies to those required in the form of protocols and graphic outputs of the construction.

Key words

Bridge structure, substructure, load-bearing structure, bridge superstructure, demarcation, control measurements, protocol

Obsah

Úvod	10
1. Lokalita	11
1.1. Historie města	11
1.2. Městský okruh.....	11
1.2.1. Trasa komunikace sledované stavby	12
1.2.2. Informace o sledovaném stavebním objektu.....	13
2. Geodetická služba v investiční výstavbě	15
2.1. Geodet investora.....	15
2.2. Geodet autora projektu	15
2.3. Geodet zhotovitele.....	15
3. Fáze výstavby	16
3.1. Přípravné práce.....	16
3.2. Zakládání.....	17
3.3. Spodní stavba.....	17
3.4. Nosná konstrukce a mostovka.....	17
3.5. Mostní svršek a mostní vybavení.....	17
4. Geodetické přístroje a pomůcky	18
4.1. Totální stanice Trimble S5.....	18
4.2. Nivelační přístroj Trimble DiNi.....	18
4.3. Ostatní pomůcky	19
5. Výpočetní softwary	20
5.1. Trimble Access v2017.24.....	20
5.2. GROMA 11.0	20
5.3. Microsoft Excel 2019	21
5.4. MGEO 20.....	22
6. Přípravné práce.....	23
6.1. Školení BOZP	23
6.2. Vytyčení záboru stavby	23
6.3. Vytyčovací síť.....	24
6.3.1. Základní vytyčovací síť.....	24
6.3.2. Mikrosíť.....	27
6.4. Příprava a nároky na geodetické měření	31
7. Zakládání.....	35

7.1.	Vytyčení výkopu	35
7.2.	Vytyčení piloty.....	36
7.3.	Vytyčení podkladního betonu.....	36
7.4.	Kontrolní zaměření podkladního betonu	36
8.	Spodní stavba.....	38
8.1.	Opěra	38
8.1.1.	Vytyčení základu opěry na podkladní beton.....	39
8.1.2.	Vytyčení dřívku opěry na výztuž.....	39
8.1.3.	Zaměření skutečného provedení základu opěry	40
8.1.4.	Vytyčení závěrné zídky a mostního křídla	40
8.2.	Pilíř	41
8.2.1.	Vytyčení základu pilíře.....	42
8.2.2.	Vytyčení dřívku pilíře na výztuž	42
8.2.3.	Kontrolní zaměření základu pilíře.....	42
8.2.4.	Vytyčení hlavice pilíře.....	43
8.2.5.	Kontrolní zaměření hlavice pilíře	43
9.	Nosná konstrukce	44
9.1.	Podložiskový bloček.....	44
9.1.1.	Vytyčení podložiskového bločku	45
9.1.2.	Kontrolní zaměření podložiskového bločku.....	45
9.2.	Ložisko.....	46
9.2.1.	Osazování ložiska.....	46
9.3.	Nosná konstrukce a mostovka před betonáží.....	47
9.3.1.	Instalace bednění nosné konstrukce a mostovky betonážního taktu	48
9.3.2.	Kontrolní zaměření bednění mostovky	48
9.3.3.	Vytyčení měřících bodů pro sledování deformací během betonáže	50
9.3.4.	Kontrolní zaměření nivelačních značek pro sledování deformace pilíře během betonáže.....	51
9.3.5.	Kontrolní zaměření výztuže	51
9.4.	Nosná konstrukce a mostovka během betonáže.	53
9.4.1.	Sledování výškové deformace konstrukce posuvné skruže během betonáže	53
9.5.	Nosná konstrukce a mostovka po betonáži	54
9.5.1.	Kontrolní zaměření měřících bodů pro sledování bednění po betonáži ...	55
9.5.2.	Zaměření měřících bodů pro sledování deformací mostovky	55

9.5.3.	Kontrolní zaměření nivelačních značek pro sledování deformací pilíře během betonáže	57
9.5.4.	Zaměření povrchu mostovky.....	57
9.5.5.	Vytyčení oblasti úpravy povrchu mostovky.....	58
9.5.6.	Kontrolní zaměření oblasti úpravy povrchu mostovky	58
10.	Svršek mostu a mostní příslušenství	59
10.1.	Mostní římsa.....	59
10.1.1.	Vytyčení kotvy pro ukotvení mostní římsy.....	59
10.1.2.	Vytyčení mostní římsy.....	60
10.1.3.	Kontrolní zaměření mostní římsy	60
10.2.	Silniční záchytný systém.....	61
10.2.1.	Vytyčení silničních záchytných systémů	61
10.3.	Mostní závěr	62
10.3.1.	Osazení mostního závěru	62
10.4.	Odvodnění	64
10.4.1.	Vytyčení odvodňovače	64
10.5.	Vozovka.....	65
10.5.1.	Kontrolní zaměření vrstev vozovky.....	65
11.	Závěr	66
	Seznam použitých zkratek.....	68
	Seznam příloh na CD	68
	Seznam obrázků	69
	Seznam tabulek	70
	Seznam použitých zdrojů.....	71

Úvod

Mostní konstrukce typu estakády je velice specifické stavební dílo, které vyžaduje vysoké nároky na přesnost. Estakáda je typ mostní konstrukce, která překonává takové území, které by bylo teoreticky možné překonat klasickou pozemní komunikací, ale projekt by v tu chvíli byl o mnoho nákladnější. Estakáda skládající se z opěr a pilířů čítá délku ve stovkách metrů a je doplněna o oblouky s přechodnicemi či o výškové údolnicové oblouky.

Je proto nutné a žádoucí, aby každý stavební komponent byl na staveništi přesně geodeticky určen. Geodetická služba je v případě stavby mostů z pohledu geodeta zhotovitele na staveništi přítomna prakticky nepřetržitě. Veškeré zeměměřické práce je požadováno vykonávat s vysokou přesností a četností, kdy se přesnosti pohybují v řádech milimetrů a vytyčovací řezy jsou od sebe vzdáleny pouhé dva metry. Dále je třeba sledovat deformace různých částí konstrukce již během výstavby, aby již během výstavby byla zaručena bezpečnost a provozuschopnost dané stavby. V neposlední řadě je nutné provádět zaměření skutečného provedení všech stavebních částí po realizaci.

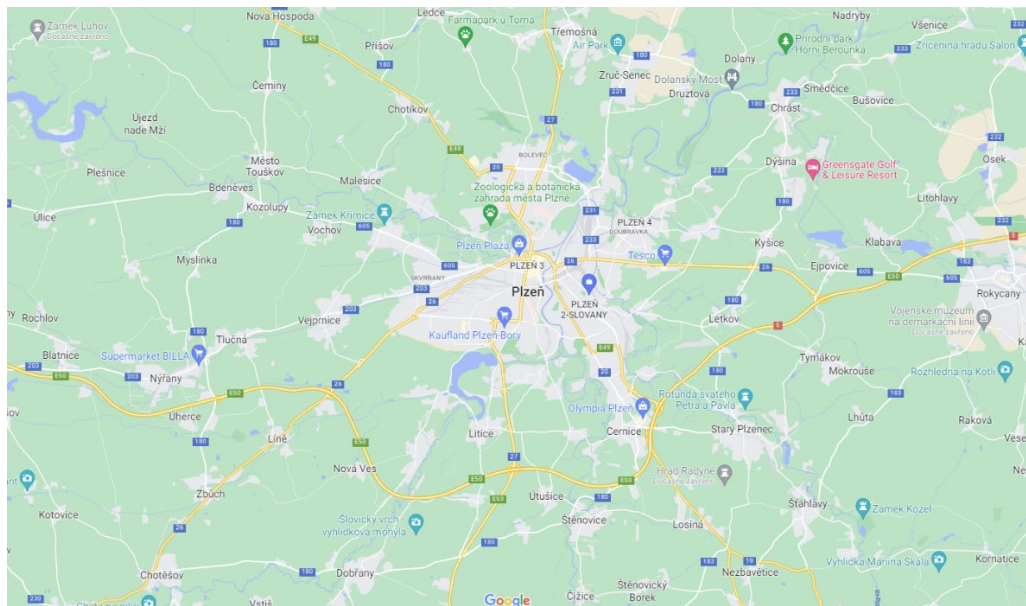
Pro stvrzení kvality výstavby jsou veškeré geodetické výsledky kontrolních měření či zaměření skutečného provedení odevzdávány ve formě speciálních dokumentů, které jsou nazývány jako geodetické protokoly. Dokumenty mají za cíl prokázat dosažené výsledky a potvrdit správnost dle požadovaných právních předpisů. Ty jsou často doplňovány o různé tabulkové či grafické přílohy

Geodetické práce se často odehrávají ve výškách, kde nastává vysoké riziko úrazu. Práce jsou často časově hektické, jelikož je od geodeta mnohdy vyžadováno daný dílec vytyčit, po realizaci co nejdříve kontrolně zaměřit z důvodu šibeničních termínů výstavby a ihned odeslat protokol, aby zhotovitel mohl provést fakturaci. V neposlední řadě v případě mostů nastává vysoká míra odpovědnosti za provedenou práci, jelikož i malá chyba může způsobit katastrofální následky v podobě destrukce.

Pro potřeby vyhotovení této diplomové práce jsem těžil z nabytých zkušeností a skutečností během samotné výstavby, které jsem získal u geodetické firmy Hrdlička spol. s.r.o., která plnila geodetické práce pro zhotovitele stavby. Účastnil jsem se mnoha dílčích geodetických prací při výstavbě samotné estakády, kdy jsem například provedl výpočet vyrovnání bodů části mikrosítě. Dále jsem se podílel na pracích spodní stavby, kdy bylo mnou provedeno vytyčení základů pilířů na podkladní beton, či jsem prováděl asistenci při pracích na hlavici pilířů. Na nosné konstrukci jsem zaměřoval výztuž a povrch mostovky, kde jsem kromě vytyčení dále provedl zaměření jejího povrchu. Po zaměření bylo mnou provedeno vyhodnocení skutečného provedení. Oblasti, které byly detekovány jako nevyhovující jsem vytyčil pro jejich následnou úpravu broušením či stěrkováním. Na mostním svršku jsem provedl vytyčení mostní římsy, kde jsem krom vytyčování mostní římsy v řezech vytyčoval také její kotvy. V neposlední řadě jsem se účastnil prací v rámci sledování, a to měření měřících bodů pro sledování deformací mostovky po betonáži a měření nivelačních značek pro sledování deformací spodní stavby formou přesné nivelace.

1. Lokalita

Sledovaná stavba se nachází na západním území statutárního města Plzně a přilehlých obcí [1]. Od centra města je stavba vzdálená přibližně 10 kilometrů. Městem protékají 4 řeky, konkrétně Mže, Radbuza, Úhlava a Úslava. První zmínka pochází z roku 1183 a město počítá k datu 1.1.2021 přibližně 175 500 obyvatel [2].



Obr. 1 - Lokalizace města Plzně [2]

1.1. Historie města

První zmínka o hradu Plzni pochází z roku 976, který se nacházel na území dnešního Starého Plzece. Dnešní Plzeň byla založena Václavem II. roku 1295. V letech 1599 až 1600 se město stalo dočasně sídlem římského císaře a krále českého Rudolfa II. Během stavovského povstání roku 1918 bylo město obléháno, a nakonec dobyto Mansfeldem. Mohutný rozvoj města nastal v 19. století, kdy například roku 1842 byl založen Měšťanský pivovar. Během II. Světové války zažil strojírenský podnik Škoda, který vznikl v roce 1859, mohutné bombardování. Historické jádro města v gotickém stylu bylo roku 1989 prohlášeno městskou památkovou rezervací. Ve městě se nachází mimo jiné i Západočeská univerzita založená roku 1991 [3].

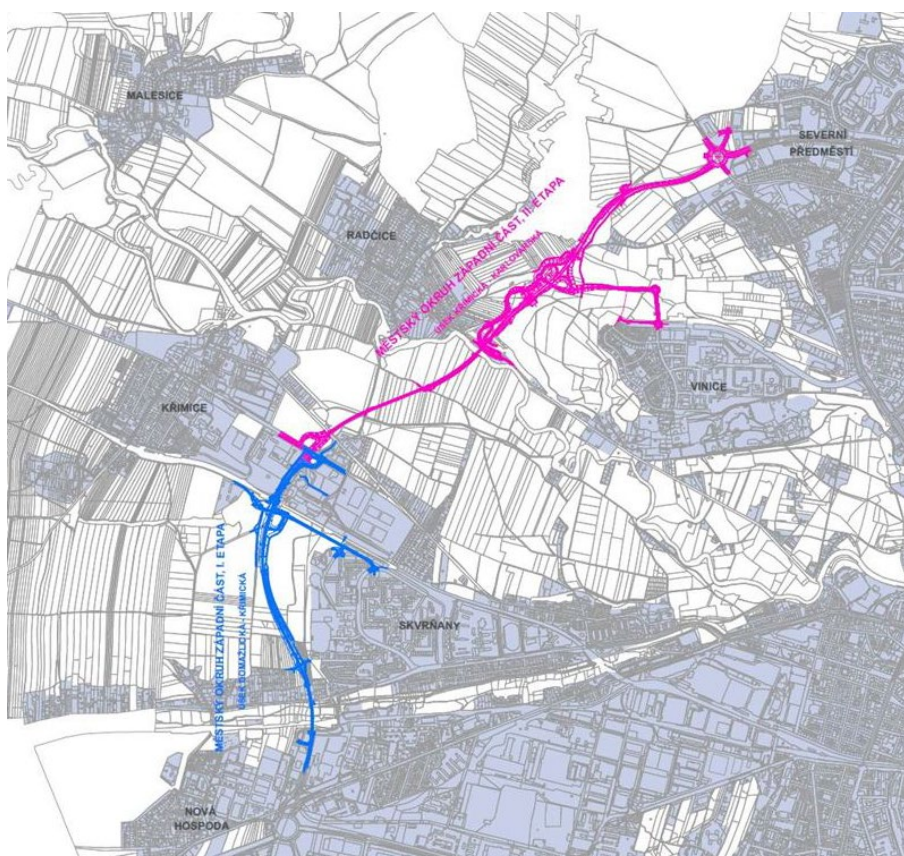
1.2. Městský okruh

Současná síť komunikací ve městě je při dnešním zvyšování intenzity dopravy dosti nešťastně centralizována do centra města. Tento stav způsobuje častou tvorbu kolon a dopravních nehod. Pro odlehčení dopravy v centru města je naplánován městský okruh dělený na východní a západní část. Východní část, která je již z části v okolí Velkého Boleveckého rybníka zprovozněna, připravuje stát v čele s ŘSD. Po dokončení bude východní okruh spojoval sever města s městskou částí Slovany s napojením na již zprovozněný dálniční přivaděč. Západní část je připravována Plzeňským krajem společně se Statutárním městem Plzeň a byla rozdělena na dvě

etapy. První je již v provozu. Druhá etapa je předmětem samotné stavby. Dokončením tohoto úseku dojde k tížené úlevě od tranzitní dopravy a ke snížení zvukových exhalací v centru města, jelikož doprava ze severu se k dálnici D5 dostane po plnohodnotné komunikaci, která prochází výhradně v extravilánu. Okruh bude splňovat také úlohu místního významu, jelikož lidé ze silné obytné zástavby na severu města dojíždí za prací na jih, kde se nachází významná průmyslová oblast Borská pole.

1.2.1. Trasa komunikace sledované stavby

Stavba pod vlastním názvem „Městský okruh úsek Křimická (Chebská) – Karlovarská“ je projektována ve dvoupruhovém uspořádání s výhledovým zkapacitněním. Stavba začíná na mimoúrovňové křižovatce Chebská nacházející se v blízkosti městského obvodu Křimice. Křižovatka je částečně již vystavěna v návaznosti na předešlou etapu. Meandry řeky Mže překlene estakádou v délce přes 1,2 kilometru. Dále se trasa dostává do zářezu v oblasti vrchu Sylván, kde bude vystavěna mimoúrovňová křižovatka Sylván připojující městskou část Vinice a obec Radčice a bude ukončena šestiramennou spirálovitou okružní křižovatkou na styku s ulicemi Studentská, Kotíkovská a silnicí I/20 směřující do Karlových Varů. Hlavní komunikace bude doplněna několika doprovodnými komunikacemi, cyklostezkami, protihlukovými stěnami a třemi biomosty, jelikož trasa prochází významným biokoridorem. Průběh stavby [4] na mapovém podkladu je označen růžovou barvou na Obr. 2. Stavba byla vysoutěžena za 1,71 mld. korun bez DPH. Zakázku získalo konsorcium firem Berger Bohemia a.s. a Metrostav a.s. [5]



Obr. 2 – Trasa západní části městského okruhu [4]

1.2.2. Informace o sledovaném stavebním objektu

Stavební objekt 1202 (dále SO) je typu mostní estakády. Estakáda je pracovně dělena na tři dilatační celky, kde dělení je v projektu stavby označováno jako 1202A, 1202B a 1202C. První dva dilatační celky mají dohromady 32 polí o vzájemném rozpětí do 33 metrů. Výška estakády v těchto částech je projektována 6 až 8 metrů nad terénem. Poslední část má 3 pole o rozpětí až 85 metrů, kde estakáda překonává řeku Mži, místní komunikaci do Radčic a další komunikaci, která vede k mimoúrovňové křižovatce. Jedná se o nejsložitější stavební objekt v rámci celé stavby [4]. Dále bude o technických specifikacích výhradně pojednáváno o stavebním objektu 1202A

SO 1202A je v projektové dokumentaci [6] charakterizován dle normy ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění, odstavci 4 a 5. [7]

Odst. 4.1	Most pozemní komunikace	
Odst. 4.2	Silniční most (estakáda km. 2,723-3,237)	
Odst. 4.3	Most o dvou a více polích (16 polí)	
Odst. 4.4	Most s mostovkou v jedné úrovni	
Odst. 4.5	Most s horní mostovkou	
Odst. 4.6	Most bez přesypávky (s vozovkovým souvrstvím)	
Odst. 4.7	Nepohyblivý most	
Odst. 4.8	Trvalý most	
Odst. 4.10	Směrově v pravotočivém oblouku, v přechodnici a v přímé, podélně ve výškovém údolnicovém oblouku	
Odst. 4.11	Kolmý most	
Odst. 4.12	Betonový most, bez předpjatého betonu	
Odst. 4.14	Deskový trám	
Odst. 4.15	S neomezenou volnou výškou, (s omezením volné výšky pod mostem)	
Odst. 4.16	Most otevřeně uspořádaný	
Odst. 5.3	Světlost mostního otvoru	~23,50 až ~31,30 m
Odst. 5.7	Délka nosné konstrukce	511,40 m
Odst. 5.8	Délka přemostění	509,00 m
Odst. 5.9	Délka mostu	516,92 m
Odst. 5.10	Rozpětí	24,94 + 6 * 32,80 + 32,81 + 29,87 + 32,91 + 32,97 + 4 * 33,00 + 27,39
Odst. 5.11	Křížení	90,0°
Odst. 5.12	Šikmost mostu	kolmý
Odst. 5.13	Šířka mostu	9,78 – 10,05 m
Odst. 5.14	Volná šířka mostu	7,50 m na mostu
Odst. 5.16	Šířka mezi zábradlím	8,80 m
Odst. 5.18	Volná výška na mostě	Neomezená
Odst. 5.19	Výška mostu	9,43 m
Odst. 5.23	Volná výška pod mostem	7,58 m
Odst. 5.25	Mostní průjezdní prostor	4,90 m (ul. Plzeňská) 5,30 m (poľní cesta)
Odst. 5.28	Zatížení	Dle ČSN EN 1991-2 – LM1 vč. LM3

Stavební objekty A a B budou realizovány metodou přesuvné skruže. Poslední objekt pak pomocí letmé betonáže.



Obr. 3 - Vizualizace estakády – pohled na SO 1202B a 1202C [5]

2. Geodetická služba v investiční výstavbě

Dnešní dopravní stavby si prakticky nelze představit bez účasti geodetické služby. Geodetické práce spočívají ve vytyčování jednotlivých stavebních komponentů, ověřování jejich správnosti či výpočty ploch a kubatur. U větších staveb se dost často stává, že na stavbě účinkuje vícero geodetických subjektů. Geodetické služby si objednávají tři strany, a to investor (stavebník), autor projektu (projektant) nebo zhotovitel stavby (dodavatel). Každá strana uplatňuje často protichůdné názory, proto je nutné, aby geodet byl vždy nestranný a zároveň byla uplatněna spolupráce a partnerství mezi jednotlivými stranami.

2.1. Geodet investora

Odpovědný geodet investora má na starosti například přípravu staveniště, zábor stavby či vybudování vytyčovací sítě a v neposlední řadě také kontrolní měření z pohledu investora. Dále přebírá a kontroluje výsledky geodetických prací od dodavatelů staveb, proto je geodet investora mimo jiné nazýván hlavním geodetem stavby (dále HGS).

V případě stavby Západního okruhu města Plzně služby odpovědného geodeta investora provádí společnost Georeal s.r.o.

2.2. Geodet autora projektu

Geodet spolupracující přímo s projektantem. Hlavní úloha spočívá v přípravě stavby. Provádí prvotní zaměření lokality stavby a jejího blízkého okolí v podobě podkladu pro projekt nebo vyhledávání inženýrských sítí. Dostává se na místo stavby tedy jako první. V případě estakády jsou potřeba však i geodetické výsledky přímo z výstavby, protože projektování probíhá částečně v průběhu samotné stavby.

2.3. Geodet zhotovitele

Provádí veškeré činnosti pro potřeby stavitele. Kontroluje základní vytyčovací síť či zaměření skutečného stavu před stavebními úpravami, kde mimo jiné bývá předmětem kontroly toto zaměření oproti zaměření od geodeta autora projektu. Dále tvoří mikrosíť, která slouží k zahuštění vytyčovací sítě v okolí stavebního objektu, kde nestačí základní vytyčovací síť od hlavního geodeta stavby (kde je hustota bodů o mnoho nižší). Největší úloha ovšem spočívá v samotném podrobném vytyčování, provedení kontrolních zaměření dílčích objektů. V neposlední řadě také zaměřuje a zpracovává dokumentaci o skutečném provedení stavby (DSPS) či dokumentuje výměry provedených stavebních prací, které slouží zhotoviteli k fakturaci.

V případě estakády se v této pozici objevují dva subjekty. SO 1202B a 1202C buduje společnost Metrostav a.s., která užívá geodety vlastní. V případě SO 1202A, kde výstavbu provádí Berger Bohemia a.s., funkci geodeta zhotovitele zastupuje společnost Hrdlička spol. s.r.o.

3. Fáze výstavby

V této kapitole budou představeny jednotlivé fáze výstavby sledované mostní konstrukce. Dílčí práce byly rozděleny dle základní představy o dělení prvků mostu, které představuje zakládání, spodní stavba, nosná konstrukce, mostní svršek společně s mostním vybavením a v neposlední řadě také přípravné práce. Období, ve kterém má být estakáda vyhotovena se datuje na přibližně dva a půl roku. V rámci stavby se na staveništi objevilo vícero geodetů jak z pohledů zhotovitele a investora, tak také více geodetických firem v rámci zhotovitele, který si najal vícero geodetických společností. Některé dílčí úkony byly prováděny však i mimo zájmové území, takže bylo nutné práce efektivně korigovat.

Přesnost vytyčování byla stanovena normou ČSN 73 0402-2 (Přesnost vytyčování staveb – Část 2: Vytyčovací odchylky). Dále bylo požadováno veškeré vytyčovací práce provést s připojením na body mikrosítě či ZVS. Měření na stanovisku bylo podmíněno měřením orientací ve dvou polohách dalekohledu se záměrou na jednu z orientací na konci měření. Kontrolní měření je hodnoceno na základě Kontrolního a zkušebního plánu (dále KZP). Vytyčovací body včetně vytyčovacích výkresů dodal autor projektu v rámci realizační dokumentace stavby (RDS). Jednotlivé přesnosti pro vytyčování dle daných fází výstavby jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1 - Přesnost vytyčování mostních konstrukcí dle ČSN 73 0402-2

Fáze	Požadovaná přesnost vytyčení [mm]		
	Příčný směr	Podélný směr	Výška
Zakládání	± 100	± 100	± 50
Spodní stavba	± 30	± 20	± 15
Nosná konstrukce	± 20	± 15	± 10
Svršek a vybavení	± 15	± 10	± 4

3.1. Přípravné práce

V tomto prvotním období bylo nutné provést vytyčení záboru stavby, kde probíhala samotná stavba a na jakém území se mohla pohybovat stavební technika. Dále bylo nutné připravit a určit vytyčovací síť. Síť byla rozdělena na základní vytyčovací síť (ZVS), která je rozmístěna okolo celé stavby. Pro potřeby geodetických prací na mostní konstrukci bylo nutné síť dohustit v okolí dílčího stavebního objektu mikrosítí.

Práce ohledně vytyčení záboru stavby prováděl hlavní geodet stavby. Mikrosít měl na starost geodet operující na sousedním dilatačním celku estakády, tedy geodet z Metrostavu v koordinaci se společností Hrdlička spol., která mikrosít ještě dále pro své potřeby dohušťovala.

3.2. Zakládání

Zakládání mostní konstrukce bylo děleno na dva druhy. V případě opěry se jednalo o štěrkovou loži. Pilíře byly založeny na velkohlubinných pilotách. Pro tyto potřeby bylo nutné vytyčit jednotlivá pažení a osy dílčích pilot. Po vyvrtání pilot a realizaci štěrkového lože bylo dále potřeba vytyčit podkladní beton, na který byla realizována další fáze výstavby. Podkladní beton dále podléhal dokumentaci o skutečném provedení.

Od prací na podkladním betonu již bylo dělení geodetických prací z pohledu zhotovitele dle dílčích dilatačních celků. Stavební objekt SO 1202A měla na starost společnost Hrdlička spol., SO 1202B a 1202C pak geodeti z firmy Metrostav.

3.3. Spodní stavba

Spodní stavbu představuje opěra a pilíře. Opěra je typ konstrukce, která zajišťuje přechod mezi mostní konstrukcí a zemním tělesem. Pilíře vytváří mezilehlou podpěru mostu na volném prostranství, které převádí tlaky z vrchní části mostu do zemního tělesa pod mostem. Požadováno bylo vytyčení či rovnání bednění dílčích komponentů, kde v případě pilíře se jednalo o základ, dřík a hlavici pilíře. V případě opěry se kromě základu a dříku jednalo ještě o mostní křídlo a závěrnou zídku. Kontrolnímu zaměření byly podrobeny základy a hlavice dílčích podpěr.

3.4. Nosná konstrukce a mostovka

Nejdelší časové období spočívalo v práci na nosné konstrukci a mostovce, které dohromady čítalo více než rok. Ty lze dělit do dílčích období, které dělí betonáž, předpínání dané části konstrukce a provedení odbednění čili období před betonáží, po betonáži, po napnutí a po odbednění. Před betonáží byly prováděny dílčí úkony v podobě vytyčení podložiskového bločku a osazení ložiska, které převádí tlaky mezi nosnou konstrukcí a spodní stavbou. Dále bylo rovnáno předpřipravené bednění na konstrukci posuvné skruže. Na bednění bylo třeba vytyčit zárodky odvodňovačů. Před betonáží byla také kontrolně zaměřena výztuž.

V rámci nosné konstrukce probíhaly také sledovací práce z důvodu vznikajících deformací během betonáže nosné konstrukce a její předpínání. Sledováno bylo bednění, mostovka, konstrukce posuvné skruže a spodní stavba. Mostovka a bednění byly sledovány polární metodou, posuvná skruž a spodní stavba formou nivelace.

Po ukončení stavebních prací bylo potřeba provést vyhodnocení sledování a kontrolně zaměřit povrch mostovky, který podléhal zaměření skutečného provedení.

3.5. Mostní svršek a mostní vybavení

Finální práce probíhaly na vyhotovené nosné konstrukci v časovém období čítající přibližně $\frac{3}{4}$ roku. V první řadě bylo nutné vytyčit a kontrolně zaměřit mostní římsu. Dále bylo nutné provést vytyčení prvků silničního záchytného systému, které představuje silniční zábradelní svodidlo, zábradlí a protihluková stěna. Také bylo provedeno osazení mostního závěru, který zajišťuje plynulý přechod mezi zemním tělesem a mostní konstrukcí. Závěrem byly kontrolnímu měření podrobeny jednotlivé asfaltové vrstvy vozovky.

4. Geodetické přístroje a pomůcky

Pro každá geodetická měření je třeba využít speciálních měřících pomůcek. Pro tato měření byly použity přístroje od Americké společnosti Trimble Inc. Přístroje v České republice distribuuje firma Geotronics Praha s.r.o.

4.1. Totální stanice Trimble S5

Pro drtivou většinu geodetických prací byla užitá robotizovaná totální stanice Trimble S5 (v.č. 39610636) v kombinaci s kontrolní jednotkou TSC3. Totální stanice je vyobrazena na Obr. 4. Dle technického popisu přístroje od dodavatele [8] je uváděna přesnost měření úhlů (vodorovných i svislých) 0,3 mgon. Délková přesnost ve standardním měření na odrazný hranol je dle výrobce 1 mm + 2 ppm.



Obr. 4 - Robotizovaná totální stanice [8]

4.2. Nivelační přístroj Trimble DiNi

Pro přesné nivelační práce (Obr. 5) s registrací dat byl použit digitální nivelační přístroj Trimble DiNi 0.3 (v.č. 741859) s 32 násobným zvětšením obrazu v dalekohledu. Přesnost oboustranné nivelace na 1 km udávaná distributorem [9] je 0,3 mm.



Obr. 5 - Digitální nivelační přístroj [9]

4.3. Ostatní pomůcky

Další nepostradatelné pomůcky představují těžké dřevěné stativy. Dále byl potřeba stabilizační materiál, především nastřelovací hřeby, bílý popisovač, odrazné štítky či nivelační značky pro sledování spodní stavby. Jako další příslušenství k přístrojům byla používána karbonová výtyčka k totální stanici či 3 metrová celistvá nivelační lať s čárovým kódem. Pro orientace byly dále využívány samostatné odrazné hranoly, které byly připevňovány na body nucených centrací. Pro přesné vytyčovací práce byl užit speciální 360° minihranol Seco s konstantou 2 mm a 40' libelou určený pro robotizované totální stanice [10].



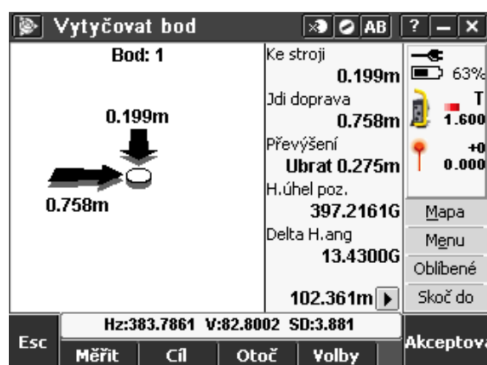
Obr. 6 - 360° minihranol [10]

5. Výpočetní softwary

Geodézie se dnes již neobejde bez výpočetních programů, které dokáží během okamžiku provést veškeré výpočty. Jeden software je polní, který obsahuje kontrolní jednotka totální stanice a zbylé další jsou již ryze počítačové, které provádí geodetické či tabulkové výpočty a jeden grafický software na bázi CAD.

5.1. Trimble Access v2017.24

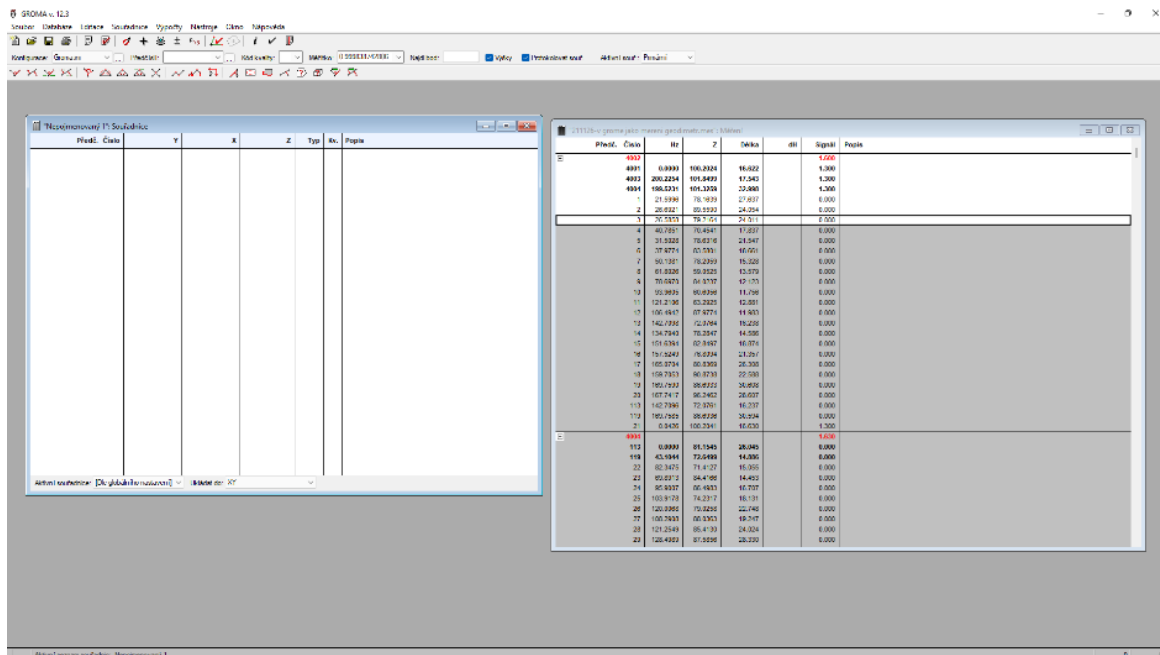
Jedná se o aplikaci [11] v kontrolní jednotce Trimble TSC3. Aplikace nabízí základní řešení v podobě určení stanoviska přístroje do souřadnicového systému jak z pevného bodu, tak z volného stanoviska a následné provádění měření či vytyčování s registrací. Data v případě potřeby lze zpětně editovat. Dále nabízí Cogo funkce, díky kterým lze dopočítat neznámé souřadnice v terénu. Kromě funkce vytyčování bodu byla také hodně využívána funkce vytyčování referenčních přímek, pokud bylo vyžadováno měření v liniích, kde nebyla dostatečná hustota či bylo potřeba vytyčení provést s odsazením. Software dokáže také zpracovat DXF soubory a zobrazit je přímo v mapě. Dále software nabízí mnoho formátů, které lze exportovat pro další zpracování. Nejvíce byl využíván export měřených souřadnic do textového formátu, kdy měřené souřadnice podléhaly dalšímu zpracování již v počítači.



Obr. 7 – Ukázka prostředí SW Trimble Access [12]

5.2. GROMA 11.0

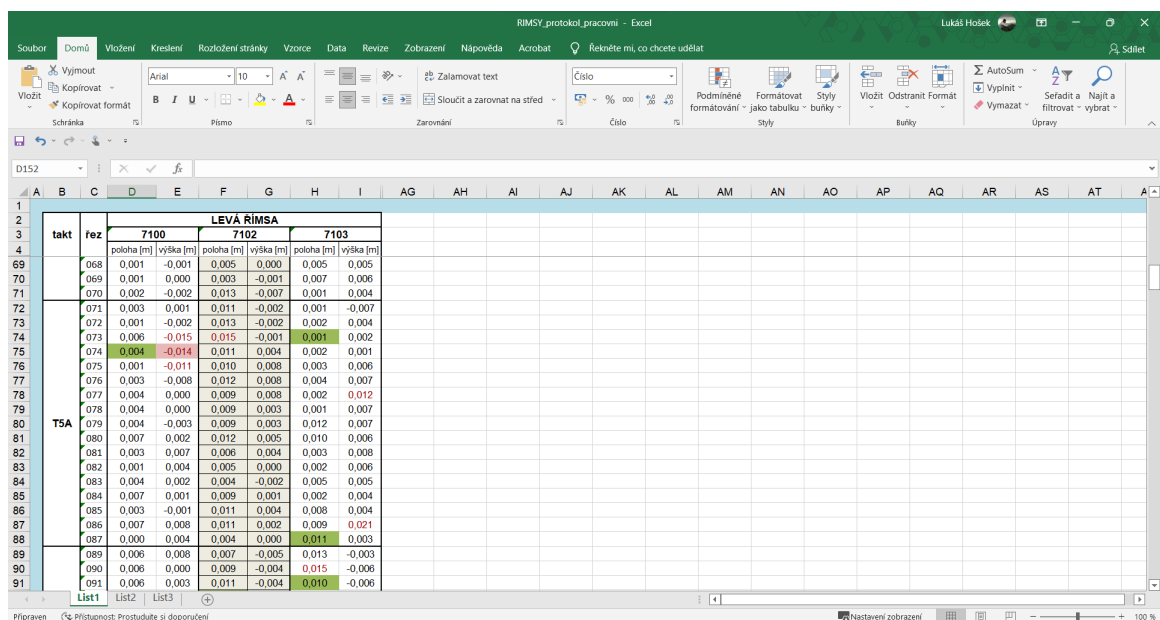
Jedná se o všestranný geodetický program [13] určený pro geodetické výpočty. Software dokáže číst a zpracovávat data různých formátů od většiny výrobců totálních stanic, provést dávkový výpočet, průběh výpočtů zaprotokolovat a výsledky exportovat v textových formátech, xls či DXF souborů pro další zpracování. Software byl využíván pro vyrovnání dohuštěné mikrosítě či potřebné geodetické výpočty či na převod textového souboru se souřadnicemi do formátu CSV.



Obr. 8 - Ukázka prostředí SW GROMA

5.3. Microsoft Excel 2019

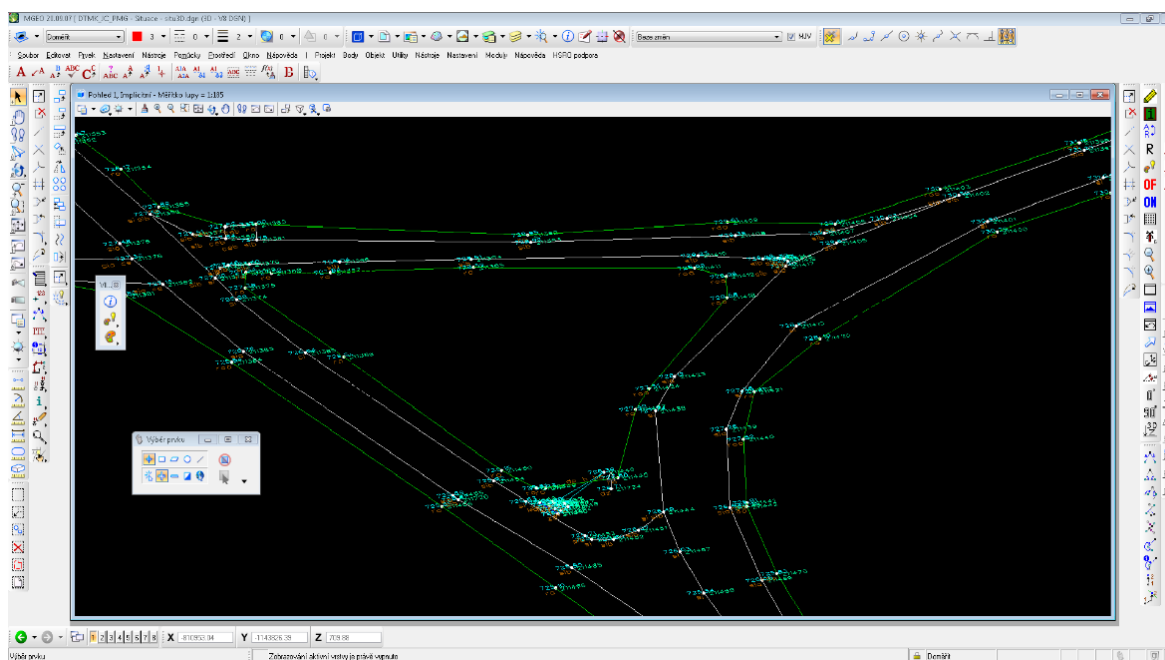
Jedná se o tabulkový balík [14]. V geodézii je nepostradatelný z hlediska různých výpočtů, například výpočet nivelace či výškových rozdílů stavby od projektu. Program je v oběhu od roku 1993 a obsahuje několik stovek výpočetních funkcí. Funkce lze také přímo programovat pomocí maker. Hlavní využití spočívalo ve zpracování kontrolních měření do přehledných geodetických protokolů.



Obr. 9 - Ukázka prostředí Microsoft Excel

5.4. MGEO 20

MGEO je nadstavba grafického softwaru Microstation V8i. Je primárně zaměřen na tvorbu geodetických map velkých měřítek. Primární rozdíl oproti Microstatinu je rozsáhlý soubor automatizovaných činností, díky kterým je kancelářská práce o mnoho rychlejší. Například správa bodů a tvorba šablon. Díky těmto nástrojům stačí pouze načíst seznam souřadnic s předem definovanými řídicími kódy a software provede vykreslení do požadovaných vrstev. Projekty lze tvořit jak ve 2D, tak ve 3D. Veškeré grafické přílohy byly vyhotovovány v tomto softwaru. Dále byl program využíván pro přípravu dat k vytyčení, kde program obsahuje funkci vytvořit bod v připojeném výkresu projektové dokumentace pouhým kliknutím. V případě, že potřebné body nebyly zaslány projektantem.



Obr. 10 - Ukázka prostředí SW MGEO

6. Přípravné práce

Před samotnou výstavbou bylo potřeba provést několik důležitých úkonů. V první řadě je každá osoba před vstupem na staveniště povinna se podrobit školení o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci (BOZP). Dále bylo požadováno vytyčit zábor stavby a vytvořit základní vytyčovací síť (ZVS). Pro další potřeby v okolí stavby mostu bylo nutné zahustit ZVS mikrosítí.

6.1. Školení BOZP

Na každém pracovišti jsou rizika, díky kterým může být ohrožen lidský život. Z tohoto důvodu je nutné a žádoucí, aby každý pracovník byl s jednotlivými riziky obeznámen a proškolen tak, aby rizikům bylo co nejvíce předcházeno. V rámci geodetických prací při výstavbě mostní konstrukce se jedná zejména o práci ve výškách, která je hodně specifická a může snadno dojít ke zranění. Další rizika spočívají v práci pod zavěšeným břemenem či pohybu po staveništi.

Pro zamezení rizik byla proto vytvořena tzv. Analýza rizik – Bezpečnostní instrukce (Příloha 1), která mapuje jednotlivá rizika a udává jejich míru nebezpečí. Dále udává preventivní opatření, která se musí dodržovat. Ty jsou dělena na technická, která například nařizují udržovat staveniště v čistotě, volné okraje mostu zajistit zábradlím atd. a organizační opatření, která například nařizují pracovníky informovat o místních podmínkách. Dále nařizuje každému pracovníkovi nosit osobní ochranné pracovní pomůcky, které představuje reflexní vesta či oblečení, ochranná přilba a pracovní obuv. Dále jsou specifikovány speciální pokyny či zákazy, například zákaz provádění geodetických prací v mlze či práci na pozemní komunikaci za silničního provozu ve snížené viditelnosti.

Každý pracovník na staveništi je povinen se všemi riziky se seznámit, které jsou uvedené v analýze, podrobit se školení a stvrdit své seznámení podpisem. Periodita školení je stanovena na 12 měsíců.

6.2. Vytyčení záboru stavby

Zábor stavby je území, kde se provádí výstavba a pohybuje se stavební technika. Prakticky bylo provedeno vytyčení katastrální hranice parcel, kde se jednalo o trvalý zábor plus nasmlouvané nejbližší potřebné okolí staveniště s vlastníky sousedních pozemků, v tomto případě to byl zábor dočasný. Po ukončení prací musí proběhnout řádná rekultivace. Z hlediska přesnosti postačila pro tyto potřeby přesnost dle katastrální vyhlášky ($\sigma_{XY} = 14 \text{ cm}$). Jednalo se bez úvahy mapování pro potřeby projektu o první geodetický úkon na staveništi. Samotné vytyčení provedl hlavní geodet stavby metodou GNSS-RTK.

6.3. Vytyčovací síť

Každá stavba se neobejde bez bodů o známých souřadnicích, ze kterých následně probíhá vytyčování dílčích objektů. U těchto bodů je kladen vysoký apel na přesnost či na vzájemnou homogenitu, aby následné přesnosti určení volných stanovisek pro vytyčování či kontrolní měření byly ve všech částech stavby podobné, a také na jejich stabilizaci, protože užívání bodů vytyčovací sítě zdaleka nekončí samotnou stavbou.

Vytyčovací síť se v rámci této stavby dělí na 2 fáze. První fáze představuje tzv. základní vytyčovací síť (ZVS), kde jsou body rozmístěné v rámci celé stavby, nicméně pro výstavbu sledovaného mostního objektu je využita skupina bodů z druhé fáze, a to body mikrosítě, které byly založeny v blízkosti samotné estakády a dalších mostních objektů a jsou na ZVS připojeny. Dále bylo provedeno dohuštění mikrosítě pro kvalitnější orientování volných stanovisek a urychlení prací.

6.3.1. Základní vytyčovací síť

Určení základní vytyčovací sítě provedl hlavní geodet stavby. Jedná se o body se středně těžkou stabilizací, kde je ocelový kolík zabetonovaný do vrtu s hloubkou přibližně 1,2 metru. Signalizace a ochranné okolí bylo realizováno individuálně, minimálně však třemi kolíky v kombinaci s výstražnou páskou (Obr. 11). Vzdálenost bodů je okolo 160 metrů kromě oblasti estakády, kde je území zahuštěno mikrosítí. Přímá viditelnost mezi body nebyla podmíněna. Předávací protokol o návrhu a provedení stabilizace ZVS je součástí: Příloha 1



Obr. 11 - Ukázka signalizace a stabilizace bodu ZVS

Pro polohové určení byla využita metoda GNSS-RTK s minimálně třemi observacemi, případně trigonometrickou sítí v zalesněném území. Trigonometrická síť podléhala vyrovnání. Dosažená přesnost v určení polohy bodů metodou RTK je uváděna hlavním geodetem stavby jako $\sigma_{pol} = 20 \text{ mm}$ a přesnost polohy bodů v trigonometrické síti jako $\sigma_{pol} = 10 \text{ mm}$.

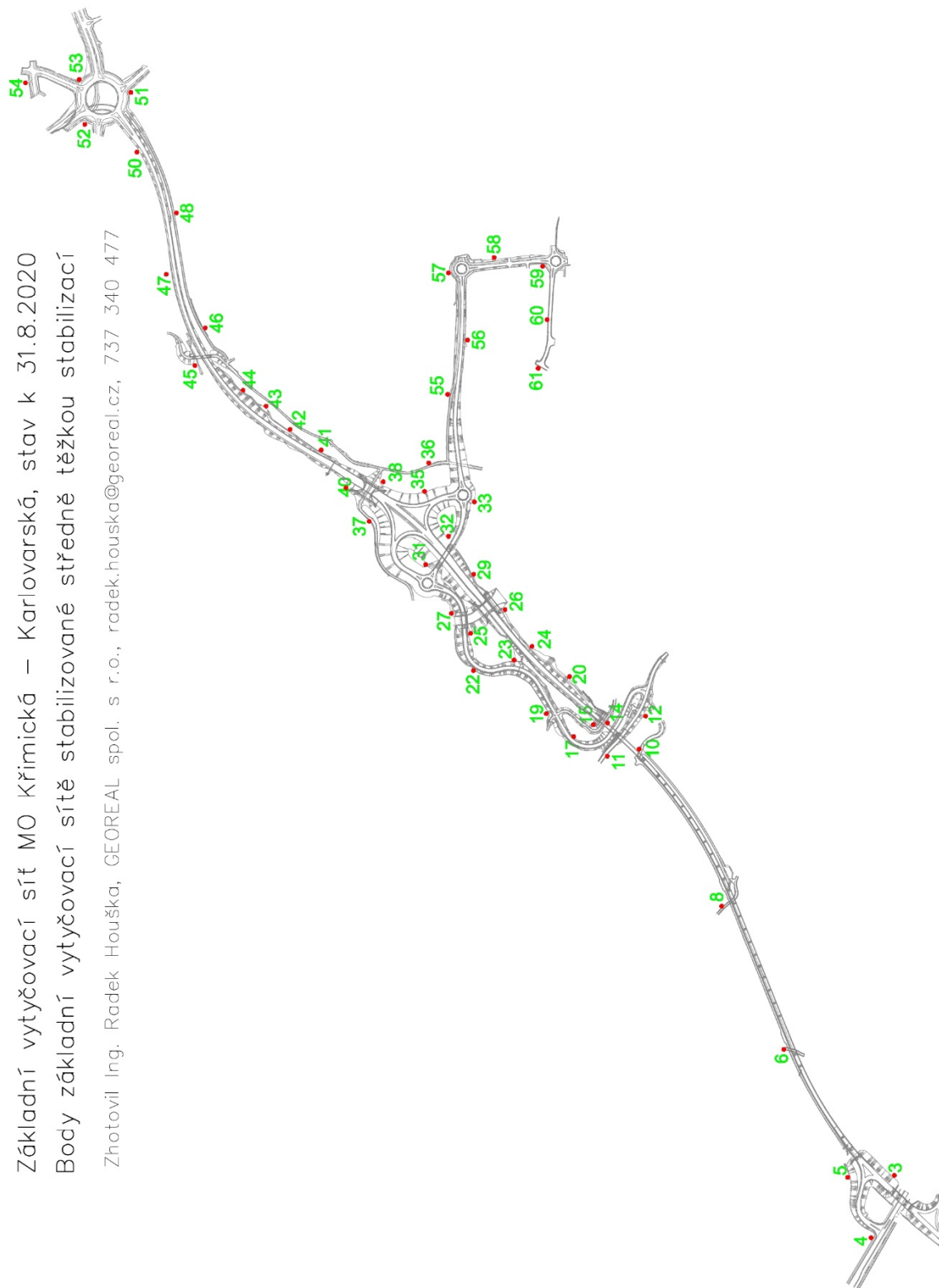
Pro výškové určení sítě byla využita přesná nivelace III. řádu. Jako vztažný nivelační bod byl zvolen bod AH-12.2 (značka na betonové patce stožáru elektrického vedení). Body nepřístupné pro nivelaci byly dourčeny trigonometricky. Přesnost určení výšek bodů určených nivelací je definována mezní odchylkou nivelace jako $\Delta_{max} = 3 * \sqrt{R} \text{ [mm]}$. Trigonometrické určení výšky představuje přesnost $\sigma_H = 5 \text{ mm}$. Souřadnice bodů v blízkosti estakády jsou uvedeny v Tab. 2. Schéma celé ZVS je uvedeno v grafické příloze viz. Obr. 12. Nivelační údaje vztažného bodu jsou součástí: Příloha 3

Tab. 2 – Souřadnice bodů ZVS

Č. bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]	Stabilizace
5003	826 481,348	1 068 412,034	316,952	ZVS
5004	826 629,379	1 068 356,965	320,082	ZVS
5005	826 485,992	1 068 301,341	317,095	ZVS
5006	826 181,753	1 068 149,648	310,822	ZVS
5007	826 194,635	1 068 207,567	311,249	Hřeb v římse
5008	825 841,358	1 068 002,134	310,722	ZVS
5009	825 767,022	1 068 041,168	310,758	Rám šachty
5010	825 467,902	1 067 806,125	310,335	ZVS

Základní vytyčovací síť MO Křimická – Karlovarská, stav k 31.8.2020
Body základní vytyčovací sítě stabilizované středně těžkou stabilizací

Zhotovil Ing. Radek Houška, GEOREAL spol. s r.o., radek.houska@georeal.cz, 737 340 477



Obr. 12 - Schéma základní vytyčovací sítě

6.3.2. Mikrosítě

Určení mikrosítě provedl geodet ze společnosti Metrostav. Z důvodu pozdější realizace sloupků nucených centrací subdodavatelem bylo přistoupeno k vybudování tzv. provizorní sítě (6001–6023), která byla stabilizována štítky na stožárech elektrického vedení či sloupů. Zaměření provizorní sítě proběhlo metodou volných stanovisek s připojením na body ZVS. Vyrovnání bylo následně transformováno shodnostní transformací na body ZVS. Shodnostní transformace byla použita cíleně, a to z důvodu projektování mostních objektů v reálných mírách, které nepodléhají délkovému zkreslení v podobě redukce do nulové hladiny a z vlivu zkreslení S-JTSK. Koeficient délkového zkreslení je tedy 1,00. Obecně lze mikrosítě chápat jako místní souřadnicový systém.

Stabilizace definitivní sítě představuje dvouplášťový sloupek s izolační vrstvou. V zemi je umístěna 6 m dlouhá tyč se záhlvkou, která je propojena s vlastním sloupkem pro eliminaci svislých posunů. Vystrojení sloupku představuje nivelační značku a čep pro umístění odrazného hranolu, případně observační stolek pro umístění přístroje (Obr. 13). Observační stolek je před meteorologickými vlivy ochráněn plastovou krytkou. Sloupky byly dále doplněny o odrazné štítky.



Obr. 13 - Sloupek mikrosítě s observačním stolem

Po vyvrtání a vystrojení sloupků s body byla následně určena definitivní síť formou měření v trigonometrické síti se zaměřením na ostatní body provizorní sítě a bodů ZVS. Jako měřický přístroj byla použita 3" totální stanice Leica TS16 a měřeno bylo ve dvou skupinách. Souřadnice byly následně určeny vyrovnáním volné sítě s opětovným transformováním na ZVS. Vzhledem k dosažené přesnosti vyrovnáním byly výšky

použity z trigonometrického měření. Aposteriorní průměrná směrodatná odchylka po vyrovnání byla vypočtena na hodnoty $\sigma_{pol} = 3,9 \text{ mm}$ a $\sigma_H = 1,3 \text{ mm}$. Souřadnice bodů mikrosítě pro SO 1202 se stabilizací na sloupek jsou uvedeny v tabulce níže, kde Z_1 je nadmořská výška vztažená na výšku šroubu a Z_2 je v případě sloupků vztažena k nivelační značce. U bodů 5201–5218 se jedná o výšku na střed hranolu. Souřadnice štítků jsou součástí Příloha 4.

Tab. 3 - Souřadnice bodů mikrosítě s těžkou stabilizací

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]		Stabilizace
			Z_1	Z_2	
51011	826 442,165	1 068 289,814	317,607	316,803	NUC – observační stolek
51021	826 409,886	1 068 338,867	316,185	315,379	NUC – observační stolek
51031	826 332,120	1 068 269,636	312,977	312,170	NUC – observační stolek
51041	826 189,911	1 068 193,582	312,313	311,492	NUC – observační stolek
51051	826 168,690	1 068 138,222	312,133	311,318	NUC – observační stolek
51061	826 056,745	1 068 247,396	311,424	310,610	NUC – observační stolek
51071	825 909,417	1 068 067,314	310,974	310,157	NUC – observační stolek
51081	825 865,827	1 067 986,203	312,246	311,427	NUC – observační stolek
51091	825 698,487	1 068 067,057	311,712	310,896	NUC – observační stolek
51101	825 611,084	1 067 833,671	311,655	310,843	NUC – observační stolek
51111	825 517,466	1 067 866,706	311,333	310,514	NUC – observační stolek
51121	825 410,502	1 067 691,261	333,467	332,650	NUC – observační stolek
51131	825 400,099	1 067 732,160	329,993	329,169	NUC – observační stolek
5201	826 400,457	1 068 303,870	314,136		NUC – čep na hranol
5202	826 324,742	1 068 239,752	312,623		NUC – čep na hranol
5203	826 263,250	1 068 215,160	312,189		NUC – čep na hranol
5204	826 146,613	1 068 162,634	311,656		NUC – čep na hranol
5205	8261 17,577	1 068 141,668	311,621		NUC – čep na hranol
5206	826 085,317	1 068 137,775	311,246		NUC – čep na hranol
5207	826 024,218	1 068 113,131	311,153		NUC – čep na hranol
5208	825 998,479	1 068 093,639	311,238		NUC – čep na hranol
5209	825 970,615	1 068 091,797	311,239		NUC – čep na hranol
5210	825 881,497	1 068 046,451	311,484		NUC – čep na hranol
5211	825 848,880	1 068 042,617	311,228		NUC – čep na hranol
5212	825 791,254	1 068 010,384	311,172		NUC – čep na hranol

Dohuštění mikrosítě bylo provedeno společností Hrdlička. Jednalo se zejména o odrazné štítky, aby byla během samotného vytyčování zajištěna kvalitnější konfigurace volných stanovisek. Štítky byly umístěny na další stožáry případně na sloupky nucených centrací. Číslování bodů bylo stanoveno od bodu číslo 7001 do 7018. Zaměření proběhlo metodou volných stanovisek s následným vyrovnáním, které jsem prováděl osobně. Vyrovnání proběhlo formou vázané sítě, kde jako pevné body byly stanoveny body určené v rámci výpočtu mikrosítě. Výpočet byl proveden v programu Groma. Aposteriorní průměrná směrodatná odchylka v poloze byla vypočtena jako $\sigma_{pol} = 4,1 \text{ mm}$ a $\sigma_H = 3,9 \text{ mm}$. Vyrovnané souřadnice s dosaženými přesnostmi jsou uvedené v Tab. 4.

Tab. 4 - Souřadnice bodů dohušťující mikrosítě

Číslo bodu	Vyrovnané souřadnice [m]			Dosažená přesnost [mm]		Stabilizace
	Y	X	Z	σ_{pol}	σ_z	
7001	825 924,8342	1 068 000,5495	313,1210	4,90	1,87	Štítek
7002	826 020,3228	1 067 922,9381	313,1616	5,65	2,08	Štítek
7003	826 109,2057	1 067 989,7731	313,5112	4,42	1,86	Štítek
7004	826 198,6418	1 068 043,5054	313,4264	5,34	2,08	Štítek
7005	826 056,7249	1 068 247,2681	311,3375	2,56	4,07	Štítek
7006	826 056,8363	1 068 247,3120	311,3488	3,65	5,19	Štítek
7007	826 168,5737	1 068 138,2660	312,0422	2,95	3,61	Štítek
7008	826 168,7259	1 068 138,3412	312,0451	2,49	3,18	Štítek
7009	826 189,8036	1 068 193,5112	312,2404	3,36	3,87	Štítek
7010	826 190,0343	1 068 193,5802	312,2293	4,51	5,18	Štítek
7011	826 200,7204	1 068 045,1564	313,4839	4,34	4,72	Štítek
7012	826 236,8972	1 068 046,9058	313,8522	3,66	4,28	Štítek
7013	826 339,0309	1 068 093,2016	313,8404	2,74	3,83	Štítek
7014	826 391,8141	1 068 133,2819	313,7504	4,47	5,13	Štítek
7015	826 391,8753	1 068 133,3058	313,7443	5,69	5,35	Štítek
7016	826 223,0488	1 068 305,3780	314,3507	4,21	5,13	Štítek
7017	826 222,8434	1 068 305,3433	314,3453	5,54	5,13	Štítek
7018	826 420,4175	1 068 365,8794	319,7555	3,95	4,19	Štítek

Grafická příloha společně s ostatními body mikrosítě a základní vytyčovací sítě je zobrazena na Obr. 14 a v Příloha 5.



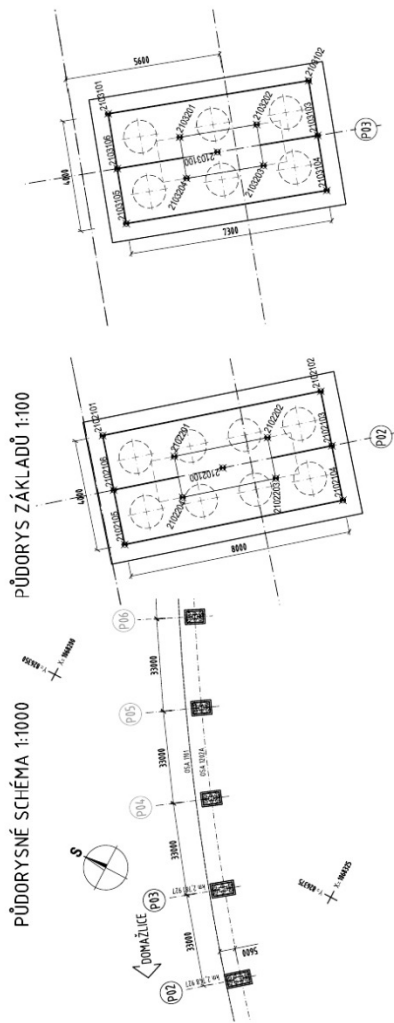
Obr. 14 - Schéma mikrosítě

6.4. Příprava a nároky na geodetické měření

Přesnost vytyčování je podmíněna normou ČSN 73 0402-2, konkrétně kapitola 6.6 zabývající se mosty. Dílčí přesnosti jsou děleny dle jednotlivých fází výstavby a jsou uvedeny přesnosti pro vytyčení v podélném, příčném a výškovém směru. První kategorie náleží výkopovým pracím ($\pm 100 \text{ mm}$, $\pm 100 \text{ mm}$, $\pm 50 \text{ mm}$), druhou fází představuje spodní stavba s přesnostmi ($\pm 30 \text{ mm}$, $\pm 20 \text{ mm}$, $\pm 15 \text{ mm}$) následovaná nosnou konstrukcí společně s mostovkou ($\pm 20 \text{ mm}$, $\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$) a poslední kategorie spadá pro mostní svršek a vybavení ($\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$, $\pm 4 \text{ mm}$).

Dále bylo požadováno veškeré měřické práce provést s připojením na body mikrosítě či ZVS s měřením orientací ve dvou polohách dalekohledu. Ukončení měření na stanovisku podléhalo opětovnou záměrou na některý bod mikrosítě, kde bylo použito pro zjištění konkrétních odchylek vytyčení dané orientace.

Vytyčovací výkresy podléhají určitým nárokům a náležitostem. Všeobecně obsahují půdorys v určitém měřítku s označenými vytyčovacími body a kótami pro měření kontrolních oměrných a rozpisku, kde jsou uvedeny zodpovědné osoby, název stavby, stupeň dokumentace a v neposlední řadě také datum vyhotovení, které je z důvodu možných aktualizací projektu zásadní. Pro mostní konstrukce výkres navíc obsahuje i obecné řezy, kde jsou označovány výšky (Z_1, Z_2, \dots), protože mnohdy je pro jeden polohový bod výšek několik. V případě nosné konstrukce bylo také nutno uvést, zda výšky byly upraveny o vliv nadvýšení posuvnou skruží či nikoliv. Vytyčovacímu výkresu také podléhá příloha v podobě tabulky s vytyčovacími souřadnicemi, protože vytyčovacích bodů je v určitých fázích mnoho a do výkresu by se bohužel přímo nevešly. Ukázka vytyčovacího výkresu je uvedena na další straně na Obr. 15.

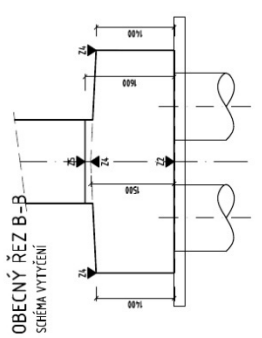
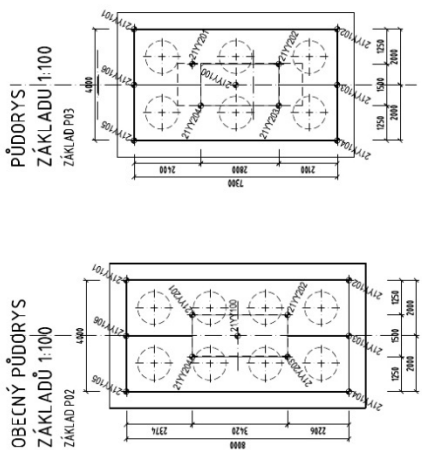


- POZNÁMKY:**
- VYTĚNĚNÍ KONSTRUKCE BŮDE PROVÁDĚNO Z VYTÝČOVACÍHO BODU PŘIMĚŘENĚ, KONKRETNÍ PŮDORU UŘÍ ZHODNĚL.
 - ŘEŠENÍ KAMENNÝCH ZÁKLADŮ BŮDE VYKONÁVÁNO VE SPOLUPRÁCI S VÝTVŮRNÍM ÚSTAVEM STAVBY A VĚŠKOVÉ SÍTĚ V ROZSAHU STAVBY OBECNÍHO DOPRAVNÍHO STANOVISKA OCHRANNÉ PÁSMO, PŘÍPADNĚ PŘEVŮSTĚ KEDY PŘEČÍCHÁ.
 - PŮDORŮS HODNODNÍ OSTATNÍCH OBSTÁČEK, KOMUNIKACÍ A SÍTÍ.
 - VYTĚNĚNÍ CHARAKTERISTICKÝCH BODŮ ČERNÉ A HLAVNÍCH VÝŠKOVÝCH BODŮ BŮDE PROVÁDĚNO S PŘESNOSTÍ JDE ČSN 73 604-2.
 - MEZNI VYTÝČOVACÍ ODCITKYMA PODROBNĚJI BODŮ MÍSTU IV SOULADU S ČSN 73 612-9

POKŮLAK	PRŮHLA	VÝŠKOVÁ
ZEMĚ PŮLZE	± 30mm	± 50mm
SPŮDNÍ STAVBA	± 30mm	± 50mm
KAMENNÁ KONSTRUKCE	± 30mm	± 50mm
SVĚRŠEK MÍSTU	± 5mm	± 5mm
		± 4mm

KÓDOVÁNÍ VYTÝČOVACÍCH BODŮ

- XXYYZZ ... KOD VYTÝČ.BODU
 XX. KONSTRUKČNÍ ČÁSTI ZÁKLADY
 YY. ÚČELO PODROBNĚJI ŘEZU STRANY (HRAVNÍ LINE)
 ZZ. ÚČELO POROVNĚNÍ BODU



Obr. 15 - Ukázka vytyčovacího výkresu

<p>Č. 1</p> <p>Č. 2</p> <p>Č. 3</p> <p>Č. 4</p> <p>Č. 5</p> <p>Č. 6</p> <p>Č. 7</p> <p>Č. 8</p> <p>Č. 9</p> <p>Č. 10</p> <p>Č. 11</p> <p>Č. 12</p> <p>Č. 13</p> <p>Č. 14</p> <p>Č. 15</p> <p>Č. 16</p> <p>Č. 17</p> <p>Č. 18</p> <p>Č. 19</p> <p>Č. 20</p> <p>Č. 21</p> <p>Č. 22</p> <p>Č. 23</p> <p>Č. 24</p> <p>Č. 25</p> <p>Č. 26</p> <p>Č. 27</p> <p>Č. 28</p> <p>Č. 29</p> <p>Č. 30</p> <p>Č. 31</p> <p>Č. 32</p> <p>Č. 33</p> <p>Č. 34</p> <p>Č. 35</p> <p>Č. 36</p> <p>Č. 37</p> <p>Č. 38</p> <p>Č. 39</p> <p>Č. 40</p> <p>Č. 41</p> <p>Č. 42</p> <p>Č. 43</p> <p>Č. 44</p> <p>Č. 45</p> <p>Č. 46</p> <p>Č. 47</p> <p>Č. 48</p> <p>Č. 49</p> <p>Č. 50</p> <p>Č. 51</p> <p>Č. 52</p> <p>Č. 53</p> <p>Č. 54</p> <p>Č. 55</p> <p>Č. 56</p> <p>Č. 57</p> <p>Č. 58</p> <p>Č. 59</p> <p>Č. 60</p> <p>Č. 61</p> <p>Č. 62</p> <p>Č. 63</p> <p>Č. 64</p> <p>Č. 65</p> <p>Č. 66</p> <p>Č. 67</p> <p>Č. 68</p> <p>Č. 69</p> <p>Č. 70</p> <p>Č. 71</p> <p>Č. 72</p> <p>Č. 73</p> <p>Č. 74</p> <p>Č. 75</p> <p>Č. 76</p> <p>Č. 77</p> <p>Č. 78</p> <p>Č. 79</p> <p>Č. 80</p> <p>Č. 81</p> <p>Č. 82</p> <p>Č. 83</p> <p>Č. 84</p> <p>Č. 85</p> <p>Č. 86</p> <p>Č. 87</p> <p>Č. 88</p> <p>Č. 89</p> <p>Č. 90</p> <p>Č. 91</p> <p>Č. 92</p> <p>Č. 93</p> <p>Č. 94</p> <p>Č. 95</p> <p>Č. 96</p> <p>Č. 97</p> <p>Č. 98</p> <p>Č. 99</p> <p>Č. 100</p>	<p>Č. 101</p> <p>Č. 102</p> <p>Č. 103</p> <p>Č. 104</p> <p>Č. 105</p> <p>Č. 106</p> <p>Č. 107</p> <p>Č. 108</p> <p>Č. 109</p> <p>Č. 110</p> <p>Č. 111</p> <p>Č. 112</p> <p>Č. 113</p> <p>Č. 114</p> <p>Č. 115</p> <p>Č. 116</p> <p>Č. 117</p> <p>Č. 118</p> <p>Č. 119</p> <p>Č. 120</p> <p>Č. 121</p> <p>Č. 122</p> <p>Č. 123</p> <p>Č. 124</p> <p>Č. 125</p> <p>Č. 126</p> <p>Č. 127</p> <p>Č. 128</p> <p>Č. 129</p> <p>Č. 130</p> <p>Č. 131</p> <p>Č. 132</p> <p>Č. 133</p> <p>Č. 134</p> <p>Č. 135</p> <p>Č. 136</p> <p>Č. 137</p> <p>Č. 138</p> <p>Č. 139</p> <p>Č. 140</p> <p>Č. 141</p> <p>Č. 142</p> <p>Č. 143</p> <p>Č. 144</p> <p>Č. 145</p> <p>Č. 146</p> <p>Č. 147</p> <p>Č. 148</p> <p>Č. 149</p> <p>Č. 150</p> <p>Č. 151</p> <p>Č. 152</p> <p>Č. 153</p> <p>Č. 154</p> <p>Č. 155</p> <p>Č. 156</p> <p>Č. 157</p> <p>Č. 158</p> <p>Č. 159</p> <p>Č. 160</p> <p>Č. 161</p> <p>Č. 162</p> <p>Č. 163</p> <p>Č. 164</p> <p>Č. 165</p> <p>Č. 166</p> <p>Č. 167</p> <p>Č. 168</p> <p>Č. 169</p> <p>Č. 170</p> <p>Č. 171</p> <p>Č. 172</p> <p>Č. 173</p> <p>Č. 174</p> <p>Č. 175</p> <p>Č. 176</p> <p>Č. 177</p> <p>Č. 178</p> <p>Č. 179</p> <p>Č. 180</p> <p>Č. 181</p> <p>Č. 182</p> <p>Č. 183</p> <p>Č. 184</p> <p>Č. 185</p> <p>Č. 186</p> <p>Č. 187</p> <p>Č. 188</p> <p>Č. 189</p> <p>Č. 190</p> <p>Č. 191</p> <p>Č. 192</p> <p>Č. 193</p> <p>Č. 194</p> <p>Č. 195</p> <p>Č. 196</p> <p>Č. 197</p> <p>Č. 198</p> <p>Č. 199</p> <p>Č. 200</p>	<p>Č. 201</p> <p>Č. 202</p> <p>Č. 203</p> <p>Č. 204</p> <p>Č. 205</p> <p>Č. 206</p> <p>Č. 207</p> <p>Č. 208</p> <p>Č. 209</p> <p>Č. 210</p> <p>Č. 211</p> <p>Č. 212</p> <p>Č. 213</p> <p>Č. 214</p> <p>Č. 215</p> <p>Č. 216</p> <p>Č. 217</p> <p>Č. 218</p> <p>Č. 219</p> <p>Č. 220</p> <p>Č. 221</p> <p>Č. 222</p> <p>Č. 223</p> <p>Č. 224</p> <p>Č. 225</p> <p>Č. 226</p> <p>Č. 227</p> <p>Č. 228</p> <p>Č. 229</p> <p>Č. 230</p> <p>Č. 231</p> <p>Č. 232</p> <p>Č. 233</p> <p>Č. 234</p> <p>Č. 235</p> <p>Č. 236</p> <p>Č. 237</p> <p>Č. 238</p> <p>Č. 239</p> <p>Č. 240</p> <p>Č. 241</p> <p>Č. 242</p> <p>Č. 243</p> <p>Č. 244</p> <p>Č. 245</p> <p>Č. 246</p> <p>Č. 247</p> <p>Č. 248</p> <p>Č. 249</p> <p>Č. 250</p> <p>Č. 251</p> <p>Č. 252</p> <p>Č. 253</p> <p>Č. 254</p> <p>Č. 255</p> <p>Č. 256</p> <p>Č. 257</p> <p>Č. 258</p> <p>Č. 259</p> <p>Č. 260</p> <p>Č. 261</p> <p>Č. 262</p> <p>Č. 263</p> <p>Č. 264</p> <p>Č. 265</p> <p>Č. 266</p> <p>Č. 267</p> <p>Č. 268</p> <p>Č. 269</p> <p>Č. 270</p> <p>Č. 271</p> <p>Č. 272</p> <p>Č. 273</p> <p>Č. 274</p> <p>Č. 275</p> <p>Č. 276</p> <p>Č. 277</p> <p>Č. 278</p> <p>Č. 279</p> <p>Č. 280</p> <p>Č. 281</p> <p>Č. 282</p> <p>Č. 283</p> <p>Č. 284</p> <p>Č. 285</p> <p>Č. 286</p> <p>Č. 287</p> <p>Č. 288</p> <p>Č. 289</p> <p>Č. 290</p> <p>Č. 291</p> <p>Č. 292</p> <p>Č. 293</p> <p>Č. 294</p> <p>Č. 295</p> <p>Č. 296</p> <p>Č. 297</p> <p>Č. 298</p> <p>Č. 299</p> <p>Č. 300</p>	<p>Č. 301</p> <p>Č. 302</p> <p>Č. 303</p> <p>Č. 304</p> <p>Č. 305</p> <p>Č. 306</p> <p>Č. 307</p> <p>Č. 308</p> <p>Č. 309</p> <p>Č. 310</p> <p>Č. 311</p> <p>Č. 312</p> <p>Č. 313</p> <p>Č. 314</p> <p>Č. 315</p> <p>Č. 316</p> <p>Č. 317</p> <p>Č. 318</p> <p>Č. 319</p> <p>Č. 320</p> <p>Č. 321</p> <p>Č. 322</p> <p>Č. 323</p> <p>Č. 324</p> <p>Č. 325</p> <p>Č. 326</p> <p>Č. 327</p> <p>Č. 328</p> <p>Č. 329</p> <p>Č. 330</p> <p>Č. 331</p> <p>Č. 332</p> <p>Č. 333</p> <p>Č. 334</p> <p>Č. 335</p> <p>Č. 336</p> <p>Č. 337</p> <p>Č. 338</p> <p>Č. 339</p> <p>Č. 340</p> <p>Č. 341</p> <p>Č. 342</p> <p>Č. 343</p> <p>Č. 344</p> <p>Č. 345</p> <p>Č. 346</p> <p>Č. 347</p> <p>Č. 348</p> <p>Č. 349</p> <p>Č. 350</p> <p>Č. 351</p> <p>Č. 352</p> <p>Č. 353</p> <p>Č. 354</p> <p>Č. 355</p> <p>Č. 356</p> <p>Č. 357</p> <p>Č. 358</p> <p>Č. 359</p> <p>Č. 360</p> <p>Č. 361</p> <p>Č. 362</p> <p>Č. 363</p> <p>Č. 364</p> <p>Č. 365</p> <p>Č. 366</p> <p>Č. 367</p> <p>Č. 368</p> <p>Č. 369</p> <p>Č. 370</p> <p>Č. 371</p> <p>Č. 372</p> <p>Č. 373</p> <p>Č. 374</p> <p>Č. 375</p> <p>Č. 376</p> <p>Č. 377</p> <p>Č. 378</p> <p>Č. 379</p> <p>Č. 380</p> <p>Č. 381</p> <p>Č. 382</p> <p>Č. 383</p> <p>Č. 384</p> <p>Č. 385</p> <p>Č. 386</p> <p>Č. 387</p> <p>Č. 388</p> <p>Č. 389</p> <p>Č. 390</p> <p>Č. 391</p> <p>Č. 392</p> <p>Č. 393</p> <p>Č. 394</p> <p>Č. 395</p> <p>Č. 396</p> <p>Č. 397</p> <p>Č. 398</p> <p>Č. 399</p> <p>Č. 400</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Pro vysoký počet podrobných bodů bylo nutno klást vysoký apel na vhodně zvolené číslování bodů. Bylo tedy nutné užít k vytyčovací bodům předčíslení, které je specifikováno níže

XXYYZZZ

Kde:

XX ... konstrukční část

YY ... Číslo podpory

ZZZ ...Vlastní číslo bodu či řezu

Jednotlivé konstrukční části jsou uvedené v Tab. 5. Číslo podpory se vztahuje k číslu konkrétního pilíře či opěry. Například bod č. 2102101 označuje lomový bod základu pilíře PO2. Další bod č. 5040198 označuje lomový bod nosné konstrukce v řezu č. 198.

Tab. 5 - Konstrukční skupiny

Číslo konstrukční skupiny	Popis
00	Osy
10	Výkopy
11	Vnitřní obrys pažení štětovnic
12	Šablona pro vrtání pilot
13	Podkladní beton
20	Piloty
21	Základy
30	Spodní stavba
40	Ložiska
50	Nosná konstrukce
60	Dilatace, mostní závěr
70	Římsy, vozovka
80	Mostní vybavení
90	Zábradlí, svodidla

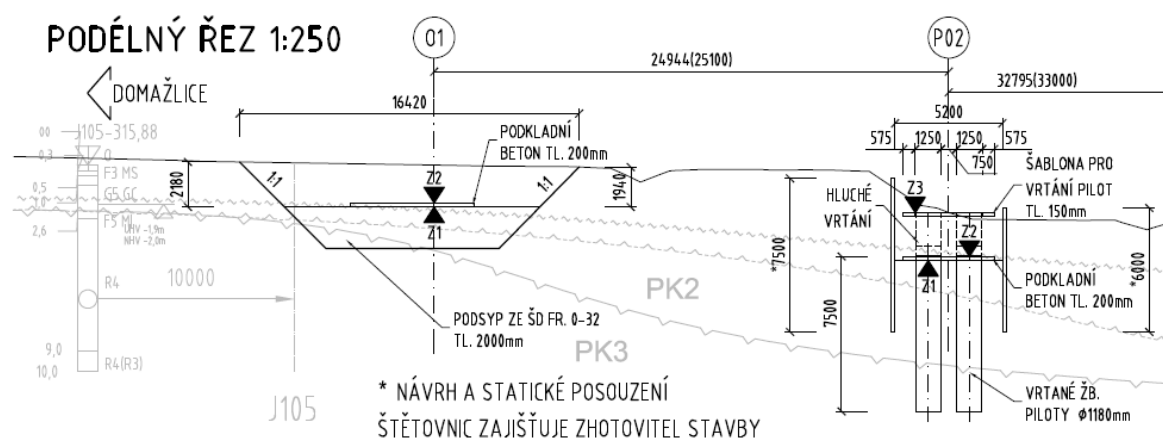
Kontrolní měření je hodnoceno na základě Kontrolního a zkušebního plánu (dále KZP). Jedná se o dokument, kterým zhotovitel ručí za předepsanou kvalitu dané stavby. Jsou v něm uvedené veškeré požadované kontroly či zkoušky, jaká odborná osoba má zkoušku provést a kdo za daný výsledek ručí a datum vyhotovení KZP. Vytyčovací body včetně vytyčovacích výkresů dodal autor projektu v rámci realizační dokumentace stavby (RDS). Ukázka kontrolního a zkušebního plánu je uvedena na další straně, konkrétně na Obr. 16.

7. Zakládání

Každý stavební objekt, most nevyjímaje potřebuje ideální založení stavby. V případě estakády bylo využito založení dvojího typu, a to plošné založení u opěry a piloty v případě pilířů.

Plošné založení opěry OP1 je řešeno přes vrstvu roznášejícího polštáře ze štěrkodrti. Nejprve byly provedeny výkopové práce, poté zasypání výkopu štěrkodrtí v požadované tloušťce 2 metry a na štěrkodrt byla provedena betonáž podkladního betonu o tloušťce 20 centimetrů.

Zakládání pilířů je založeno na hlubinných vrtaných velkopřůměrových pilotách. Vrtání pilot proběhlo ze šablon na stávajících výškách terénu s využitím hluchého vrtání, jelikož podkladní beton pro základ pilíře je projektován pod úroveň terénu.



Obr. 17 - Podélný řez plošným založením a hlubinným vrtáním z pohledu projektové dokumentace

Mezní vytyčovací odchylka podrobných bodů pro zemní práce byla stanovena dle normy ČSN 73 0402-2, kde v podélném směru je požadovaná mezní odchylka $\pm 100 \text{ mm}$ v příčném směru a podélném směru. Ve směru výškovém byla stanovena mezní odchylka na $\pm 50 \text{ mm}$. Dále byla užitá také přesnost podrobných bodů pro spodní stavbu, která je udávána rovněž jako mezní vytyčovací odchylka, a to v podélném směru jako $\pm 30 \text{ mm}$, v příčném $\pm 20 \text{ mm}$ a ve výškovém $\pm 15 \text{ mm}$.

Vytyčení výkopů a pilot provedl geodet z firmy Metrostav. Práce na vytyčení a kontrolním zaměření podkladního betonu již prováděla společnost Hrdlička spol., kde jsem se na dílčích pracích osobně zúčastnil.

7.1. Vytyčení výkopu

Vytyčení bylo provedeno z vytyčovacího výkresu (Příloha 6) pomocí prostorové polární metody. Přesnost vytyčení byla zvolena dle normy ČSN 73 0402-2 pro zemní práce ($\pm 100 \text{ mm}$, $\pm 100 \text{ mm}$, $\pm 50 \text{ mm}$). Jako stabilizace vytyčeného bodu byl zvolen dřevěný kolík s reflexním nátěrem. Vytyčována byla jak poloha, tak výška, kde byl výškový rozdíl mezi vytyčovaným bodem a skutečností (hloubka výkopu) zapsán na kolík fixem.

7.2. Vytyčení piloty

Nejprve bylo provedeno vytyčení pažení, a to pomocí vnějšího obrysu pažení štětovnic (Obr. 18). Štětovnice primárně slouží k zadržování vody, aby následně provedený výkop byl co nejméně zatížen průsaky. To bylo realizováno s přesností pro zemní práce ($\pm 100\text{ mm}, \pm 100\text{ mm}, \pm 50\text{ mm}$). Po zapažení území byla vytyčena betonová šablona pro vrtání pilot na úrovni stávajícího terénu. Dále byly vytyčeny v případě potřeby osy jednotlivých vrtů pilot. Vytyčovací výkres je součástí: Příloha 6.



Obr. 18 - Ukázka pažení pomocí štětovnic [17]

7.3. Vytyčení podkladního betonu

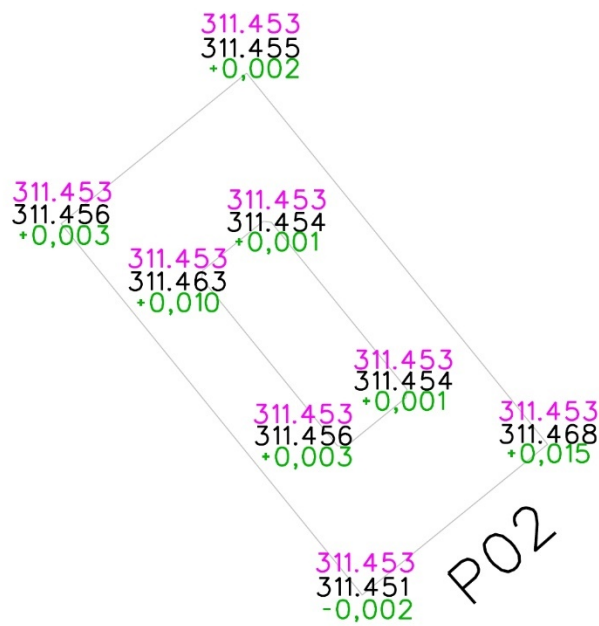
Po provedení betonáže pilot a jejich zatvrdnutí byly provedeny výkopové práce pro betonáž podkladního betonu. Poté následovalo vytyčení podkladního betonu, kde byla přesnost vytyčení pro spodní stavbu ($\pm 30\text{ mm}, \pm 20\text{ mm}, \pm 15\text{ mm}$). Vytyčení bylo stabilizováno na betonářskou ocelovou tyč tzv. roxor. Výška byla označena na roxor barevnou páskou. Vytyčovací souřadnice jsou obsaženy v Příloha 6.

7.4. Kontrolní zaměření podkladního betonu

Dle KZP bylo požadováno zkontrolovat dodržení výšky podkladního betonu. Požadovaný parametr byl stanoven jako rozdíl mezi provedenou betonáží a projektem na 20 mm . Jako výstup z provedené kontroly byl požadován geodetický protokol s grafickým znázorněním v podobě porovnání výšek jednotlivých sledovaných bodů. Měření bylo provedeno prostorovou polární metodou s připojením na body mikrosítě. Ukázka výsledků z pilíře P02 je obsažena v Tab. 6 a Obr. 19. Geodetický protokol s grafickou přílohou je součástí: Příloha 7.

Tab. 6 - Kontrolní zaměření výšek podkladního betonu

Číslo bodu v PD	Nadmořská výška [m]		Odchylka [m]	
	Projektovaná	Zaměřená		
Pilíř P02	2102101	311,453	311,455	0,002
	2102102	311,453	311,468	0,015
	2102104	311,453	311,451	-0,002
	2102105	311,453	311,456	0,003



308.724 projektovaná výška podkl. betonu pilíře
308.715 zaměřená výška podkl. betonu pilíře
-0,005 odchylka od projektované výšky PB

HRDLIČKA spol. s r. o.	Akce: Městský okruh, úsek Křimická-Karlovarská v Plzni Estakáda přes inundační území řeky Mže v km 2,723-3,939	Stavební objekt: SO 1202A
	Obsah: Kontrolní zaměření výšky podkl. betonu pilíře P02	Měřítko: 1:100

Obr. 19 - Grafické znázornění kontrolního zaměření výšek podkladního betonu

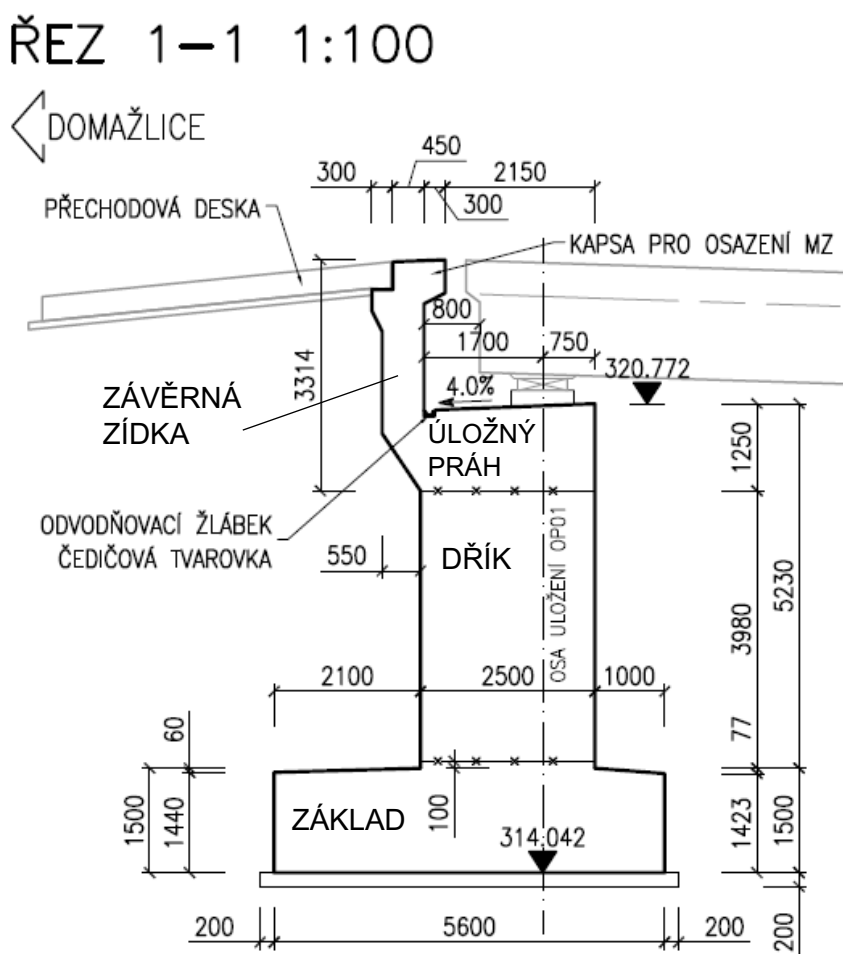
8. Spodní stavba

Spodní stavba z funkčního hlediska nepostradatelně patří k důležitým součástím mostního objektu. Mostní objekt SO 1202A tvoří železobetonová opěra OP1 s rovnoběžnými křídly a podpěry dále představuje 16 monolitických železobetonových pilířů (PO2 až P17). V podkapitolách níže bude detailně pojednáno o jednotlivých částech opěry a pilířů, provedení jejich vytyčení a následném kontrolním měření.

Mezní vytyčovací odchylka podrobných bodů spodní stavby byla stanovena normou ČSN 73 0402-2, kde v podélném směru je požadovaná mezní odchylka $\pm 30 \text{ mm}$ v příčném směru $\pm 20 \text{ mm}$ a ve směru výškovém $\pm 15 \text{ mm}$

8.1. Opěra

Jedná se o krajní podpěru mostní konstrukce. Opěra převádí podporové tlaky nosné konstrukce do základové spáry, dále zachycuje zemní tlak násypu a umožňuje uložení přechodové desky, díky které je vytvořen plynulý přechod vozovky mezi mostní konstrukcí a zemním tělesem [18]. Opěra je tvořena základovým blokem, dříkem, úložným prahem, závěrnou zídou a dvěma rovnoběžnými křídly. Opěra je již navržena pro výhledové zkapacitnění městského okruhu. Vytyčovací výkres pro spodní stavbu opěry OP1 je součástí Příloha 8.

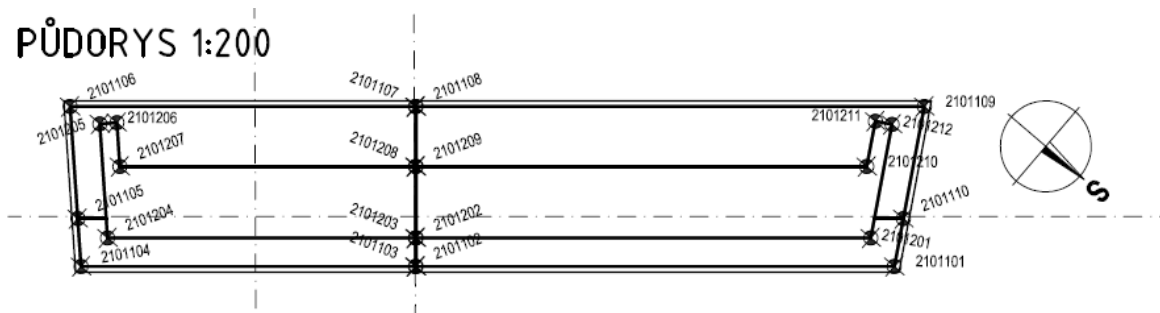


Obr. 20 - Řez opěrou OP1 z pohledu projektové dokumentace

8.1.1. Vytyčení základu opěry na podkladní beton

Základ byl navržen jako lichoběžníkový s výškou 1,43 m. Vytyčení bylo provedeno na základě RDS (Příloha 8). Jako přesnost byla uvažována kategorie pro spodní stavbu ($\pm 30 \text{ mm}, \pm 20 \text{ mm}, \pm 15 \text{ mm}$). Jako stabilizace vytyčených bodů byly zvoleny nastřelovací hřeby se signalizací pomocí signalizační barvy. Pro vytyčování na podkladní beton byl zvolen všesměrný minihranol Seco pro přesnější výsledky vytyčení.

Před betonáží bylo potřeba provést rovnání bednění, kdy rovnání probíhalo způsobem vytyčení bodu základu na horních rozích a v případě potřeby bylo bednění dorovnáno pomocí utahování či povolování do požadované polohy.



Obr. 21 - Půdorys s vytyčovacími body dle projektové dokumentace

8.1.2. Vytyčení dříku opěry na výztuž

Dřík představuje lidským okem nejcharakterističtější část podpěry. Vytyčení dříku proběhlo na již připravenou výztuž pro betonáž základu s přesností pro spodní stavbu ($\pm 30 \text{ mm}, \pm 20 \text{ mm}, \pm 15 \text{ mm}$), pomocí prostorové polární metody, kde byl užit minihranol. Signalizace byla provedena speciálním bílým popisovačem. Před provedením betonáže byla provedena kontrola bednění s následným dorovnáním.



Obr. 22 - Opěra OP1 během výstavby

8.1.3. Zaměření skutečného provedení základu opěry

Po provedení betonáže základu a dříku proběhlo kontrolní zaměření. Dle KZP byla stanovena tolerance dle normy ČSN EN 13670 a Technickými kvalitativními podmínkami staveb (TKP 1) v poloze max. $\pm 25 \text{ mm}$, ve výšce $\pm 20 \text{ mm}$. Kontrola proběhla ve vytyčovacích bodech dle RDS. Odchytky pro základ jsou uvedeny v Tab. 7. V nevyhovujících parametrech byla následně provedena úprava konstrukce. Jako výstup byl vyhotoven geodetický protokol, který je součástí: Příloha 9

Tab. 7 – Zaměření skutečného stavu základu opěry

Č. bodu dle PD	Projektované souřadnice [m]			Měřené souřadnice [m]			Rozdíl [m]	
	Y	X	Z	Y	X	Z	Δ_{pol}	Δ_h
2101101	826448,272	1068307,784	315,472	826448,275	1068307,789	315,463	0,006	0,009
2101102	826437,326	1068320,530	315,472	826437,321	1068320,521	315,452	0,010	0,020
2101104	826429,660	1068329,455	315,472	826429,650	1068329,455	315,408	0,010	0,064
2101106	826433,654	1068333,397	315,472	826433,650	1068333,381	315,431	0,016	0,041
2101107	826441,558	1068324,197	315,472	826441,562	1068324,185	315,471	0,013	0,001
2101109	826453,205	1068310,632	315,472	826453,182	1068310,634	315,445	0,023	0,024

8.1.4. Vytyčení závěrné zídky a mostního křídla

Na nejvyšší části opěry se nachází úložný práh, na který plynule navazuje závěrná zídka (Obr. 23). Na úložném prahu jsou uložena ložiska, která drží nosnou konstrukci. Závěrná zídka zajišťuje rozhraní mezi nosnou konstrukcí mostu a zemním tělesem. Vytyčení probíhalo průběžně, protože dokončení závěrné zídky bylo provedeno až po celkovém předepnutí nosné konstrukce.



Obr. 23 - Závěrná zídka a úložný práh opěry OP1

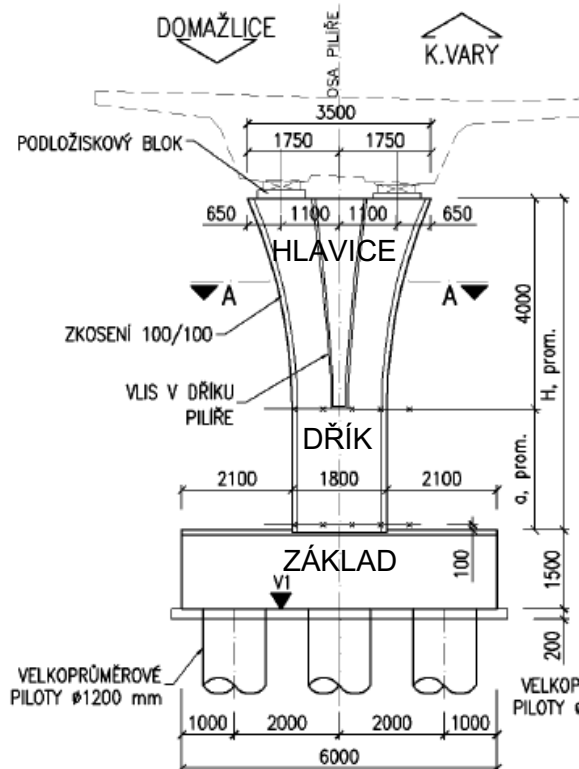
Poslední část opěry představuje mostní křídlo. Jedná se o monolitickou železobetonovou konstrukci, která drží boční svah terénu, aby nedošlo k sesuvu. Geodetické práce v obou případech znamenaly vytyčení bednění a po montáži jeho následné rovnání dle projektové dokumentace.

Vytyčení proběhlo v podobném duchu jako u předchozích prvků spodní stavby, kde pomocí prostorové polární metody z volného stanoviska s připojením na mikrosít stavby byly vytyčeny lomové body prvků konstrukce. Signalizace byla provedena popisovačem s vyznačením výšky.

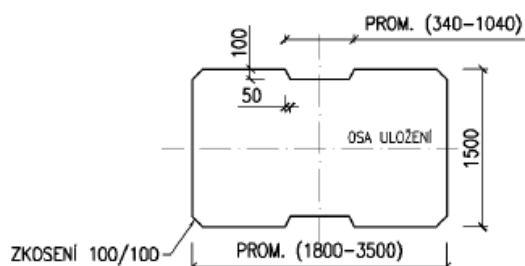
8.2. Pilíř

Pilíř představuje mezilehlou podpěru mostní konstrukce na volném prostranství. Pilíře byly navrženy jako jednodříkové v obdélníkového tvaru, které mají zkošené hrany. Každý pilíř je založen na hlubinných pilotách. Počet pilot u jednotlivých pilířů je 6 až 9 dle velikosti pilíře. Každý pilíř je umístěn na podkladním betonu. Soustavu pilíře představuje základ pilíře, dřík a hlavice. Vytyčovací údaje jsou součástí Příloha 10.

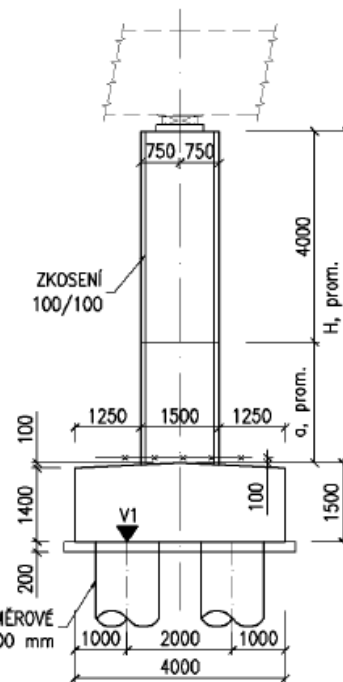
P02–P09,P11–P16
POHLED "P" 1:100



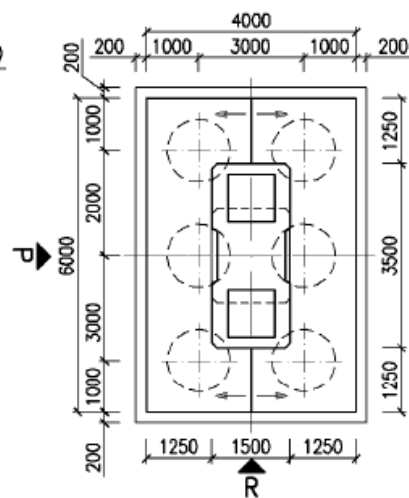
ŘEZ A-A DŘÍKEM 1:50



POHLED "R"



PŮDORYS 1:100



Obr. 24 - Schéma tvaru pilíře z pohledu projektové dokumentace

8.2.1. Vytyčení základu pilíře

Vytyčení základu pilíře proběhlo obdobným způsobem jako v případě opěry. Základ pilíře má obdélníkový tvar a je vysoký 1,40 metru. Vytyčení bylo provedeno prostorovou polární metodou s připojením na mikrosít a vytyčené body byly stabilizovány nástřelnými hřeby. Jako přesnost vytyčení byla zvolena přesnost pro spodní stavbu.

8.2.2. Vytyčení dřívku pilíře na výztuž

Po sestavení výztuže základu pilíře bylo provedeno vytyčení dřívku pilíře. Dřívky jednotlivých pilířů byly navrženy s proměnlivou výškou dle projektové dokumentace. Vytyčení bylo označeno bílým popisovačem. Na Obr. 25 je ukázka výztuže základu pilíře a zárodku dřívku.



Obr. 25 - Zárodek dřívku na výztuži základu pilíře

8.2.3. Kontrolní zaměření základu pilíře

Po provedení betonáže základu bylo provedeno kontrolní zaměření. Posuzovaná přesnost byla stanovena dle KZP, kde tolerance byla stanovena normou ČSN EN 13670 a TKP 1 na stejné hodnoty jako v případě opěry. Polohová tolerance byla stanovena max. ± 25 mm, ve výšce ± 20 mm. Tabulka s porovnáním sledovaných bodů dle projektové dokumentace pro pilíř P16 a skutečnosti je uvedena v Tab. 8. Porovnání dalších pilířů je součástí geodetického protokolu, který je obsažen v Příloha 11.

Tab. 8 – Zaměření skutečného stavu základu pilíře

Č. bodu dle PD	Projektované souřadnice [m]			Měřené souřadnice [m]			Rozdíl [m]		
	Y	X	Z	Y	X	Z	Δ_{pol}	Δ_h	
Pilíř P16	2116101	826 009,612	1 068 099,688	309,621	826 009,633	1 068 099,680	309,619	0,022	0,002
	2116102	826 007,398	1 068 105,242	309,626	826 007,392	1 068 105,246	309,619	0,007	0,007
	2116104	826 011,093	1 068 106,735	309,623	826 011,103	1 068 106,739	309,619	0,011	0,004
	2116105	826 013,335	1 068 101,177	309,611	826 013,343	1 068 101,173	309,619	0,009	-0,008

8.2.4. Vytyčení hlavice pilíře

Hlavice pilíře představuje tvar obdélníkového průřezu s rozšiřující velikostí po oblouku o poloměru 10 m. Jedná se o nejméně výraznější konstrukční část pilíře. Rozšíření je proměnlivé. Výška hlavice je u všech pilířů stejná a to 4 m. Dále je hlavice doplněna o prolis na delší straně. Vytyčení vrchní části hlavice pilíře bylo provedeno na základě rovnání bednění. Nejprve ze dřívku bylo dle projektové dokumentace připraveno bednění. Roh bednění byl kontrolně zaměřen a následně byl určen rozdíl oproti projektu. Na základě výsledku bylo bednění upraveno, postup byl opakován, dokud nebyla splněna přesnost pro spodní stavbu ($\pm 30 \text{ mm}$, $\pm 20 \text{ mm}$, $\pm 15 \text{ mm}$).



Obr. 26 - Rovnání bednění hlavice pilíře

8.2.5. Kontrolní zaměření hlavice pilíře

Po provedení betonáže hlavice pilíře bylo provedeno kontrolní zaměření. Dle KZP byla tolerance stanovena na stejné hodnoty jako v případě základu pilíře, kde předmětem kontroly byly čtyři vytyčovací body dle projektové dokumentace s polohovou tolerancí max. $\pm 25 \text{ mm}$ a výškovou $\pm 20 \text{ mm}$. V Tab. 9 je uvedena ukázka výsledků z pilíře P16. Výsledky z dalších pilířů jsou součástí Příloha 11.

Tab. 9 - Zaměření skutečného stavu hlavice pilíře

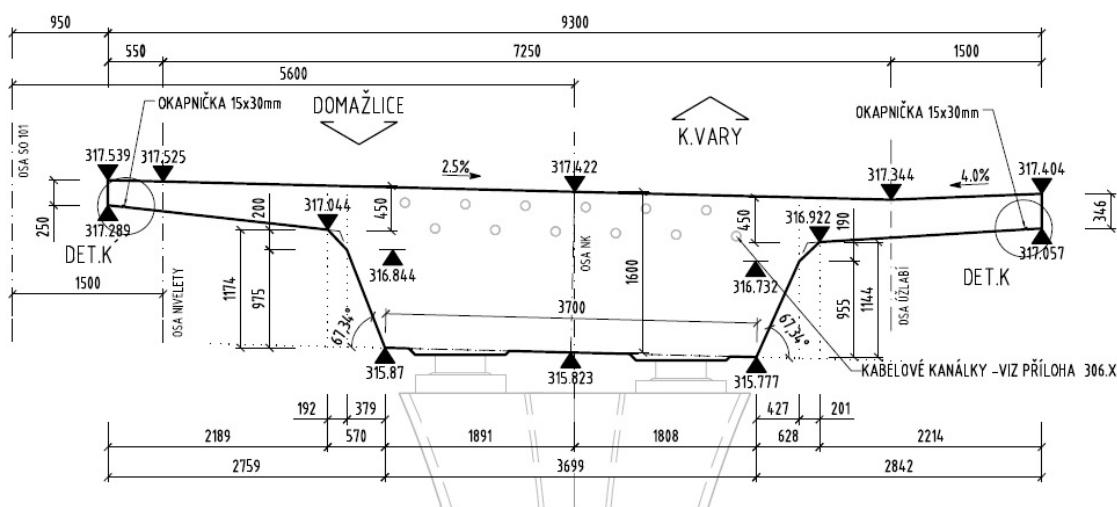
Č. bodu dle PD	Projektované souřadnice [m]			Měřené souřadnice [m]			Rozdíl [m]		
	Y	X	Z	Y	X	Z	Δ_{pot}	Δ_h	
Pilíř P16	3016201	826 010,314	1 068 101,319	315,238	826 010,325	1 068 101,306	315,249	0,017	-0,011
	3016202	826 009,023	1 068 104,544	315,244	826 009,018	1 068 104,553	315,249	0,010	-0,005
	3016203	826 010,402	1 068 105,096	315,250	826 010,410	1 068 105,113	315,249	0,019	0,001
	3016204	826 011,702	1 068 101,878	315,234	826 011,717	1 068 101,866	315,249	0,019	-0,015

9. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce zajišťuje statickou funkci, například přenesení zatížení, zachování stability či tvaru. Nosná konstrukce byla navržena jako předpjatý spojitý trám o proměnlivých rozpětích. Konstrukční výška trámu byla navržena na 1,6 metru. K nosné konstrukci se dále přiřazují ložiskové bločky, ložiska a mostovka. Betonáž byla rozdělena do jednotlivých betonářských taktů (T1A – T16A). Betonáže byly provedeny metodou posuvné skruže. Jedná se o metodu, kdy na ocelové konstrukci je předpřipraveno bednění. Po úpravě a dílčích pracích před betonáží se provede samotná betonáž. Po betonáži a předepnutí se konstrukce posuvné skruže spustí dolů a pomocí hydraulických válců je posunuta na další betonážní takt a vyzvednuta do požadované výšky. Mostovka byla navržena s jednostranným sklonem 2,5%. Na nižší straně v příčném řezu je z důvodu odvodnění navržen protispád o velikosti 4% v délce 1,7 metru. Na mostu je navržen údolnicový oblouk o poloměru 6 000 metrů.

Mezní vytyčovací odchylky pro nosnou konstrukci jsou dle normy ČSN 73 0420-2 již přísnější. Konkrétně v podélném směru byla mezní požadovaná odchylka stanovena na 20 mm ve směru příčném 15 mm a ve výšce 10 mm. Během stavby nosné konstrukce bylo dále prováděno vytyčování některých částí mostního vybavení, konkrétně odvodňovačů. Vytyčovací výkres společně s vytyčovacími body je součástí Příloha 12.

ŘEZ 1-1 1:50



Obr. 27 - Řez nosnou konstrukcí z pohledu projektové dokumentace

9.1. Podložiskový bloček

Podložiskový bloček slouží jako plocha pro umístění ložiska. Jedná se o monolitickou konstrukci čtvercového tvaru. Hlavní úloha podložiskového bločku spočívá v případné výměně ložiska, kdy musí být dostatečná světlá výška mezi úložným prahem a nosnou konstrukcí, aby výměna byla proveditelná. Na opěře OP1 a pilířích PO2 až P16 se jednalo o dvojice bločků. V případě pilíře P17, kde se nachází rozhraní dilatačních celků A a B byly navrženy 4 bločky pro 4 ložiska.

9.1.1. Vytyčení podložiskového bločku

Vytyčení bločku (Obr. 28) na hlavici pilíře či na úložný práh opěry proběhlo prostorovou polární metodou z volného stanoviska s připojením na mikrosít stavby. Přesnost vytyčení byla stanovena normou v podobě ($\pm 20 \text{ mm}$, $\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$). Signalizace byla provedena bílým popisovačem.



Obr. 28 – Podložiskový bloček před osazením ložiska

9.1.2. Kontrolní zaměření podložiskového bločku

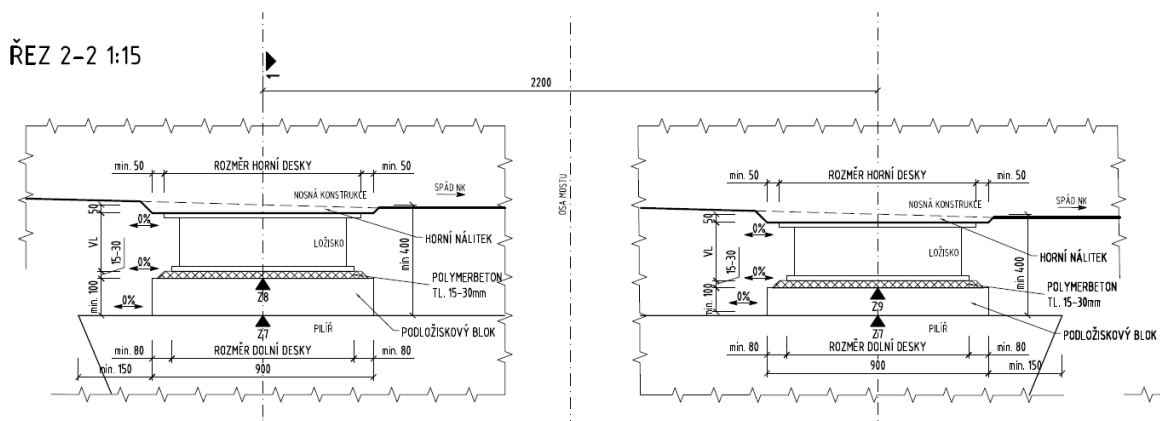
Po provedení betonáže bylo provedeno zaměření skutečného stavu podložiskového bločku. K zaměření byla použita prostorová polární metoda. Dle KZP byl požadovaný parametr stanoven na maximální odchylku polohy v půdorysu na $\pm 20 \text{ mm}$ a ve výšce $\pm 10 \text{ mm}$. Hodnoty pro opěru OP1 a pilíře PO2 jsou uvedeny v tabulce níže (Tab. 10). Výsledky dalších pilířů jsou součástí geodetického protokolu, který je součástí Příloha 13.

Tab. 10 - Zaměření skutečného stavu podložiskového bločku

Č. bodu dle PD	Projektované souřadnice [m]			Měřené souřadnice [m]			Rozdíl [m]		
	Y	X	Z	Y	X	Z	Δ_{pot}	Δ_h	
Opěra OP1	4001100.1	826437,612	1068323,574	320,972	826437,612	1068323,577	320,975	0,003	-0,003
	4001100.2	826436,929	1068322,987	320,972	826436,934	1068322,984	320,971	0,006	0,001
	4001100.3	826436,342	1068323,670	320,972	826436,345	1068323,673	320,975	0,004	-0,003
	4001100.4	826437,025	1068324,257	320,972	826437,021	1068324,264	320,974	0,008	-0,002
Opěra OP1	4001200.1	826434,895	1068326,738	320,889	826434,893	1068326,740	320,897	0,003	-0,008
	4001200.2	826434,212	1068326,151	320,889	826434,212	1068326,155	320,896	0,004	-0,007
	4001200.3	826433,625	1068326,834	320,889	826433,628	1068326,836	320,895	0,004	-0,006
	4001200.4	826434,308	1068327,421	320,889	826434,301	1068327,426	320,896	0,009	-0,007
Pilíř PO2	4002100.1	826418,287	1068307,650	320,162	826418,282	1068307,654	320,171	0,006	-0,009
	4002100.2	826417,588	1068307,083	320,162	826417,584	1068307,080	320,170	0,005	-0,008
	4002100.3	826417,021	1068307,782	320,162	826417,022	1068307,785	320,170	0,003	-0,008
	4002100.4	826417,720	1068308,349	320,162	826417,722	1068308,353	320,172	0,004	-0,010
Pilíř PO2	4002200.1	826415,880	1068310,616	320,073	826415,881	1068310,606	320,080	0,010	-0,007
	4002200.2	826415,181	1068310,049	320,073	826415,178	1068310,062	320,079	0,013	-0,006
	4002200.3	826414,614	1068310,748	320,073	826414,621	1068310,748	320,076	0,007	-0,003
	4002200.4	826415,313	1068311,315	320,073	826415,322	1068311,313	320,081	0,009	-0,008

9.2. Ložisko

Mostní ložisko zajišťuje přenos svislých i vodorovných sil z nosné konstrukce do podpěr mostu a zajišťuje volný průběh deformací způsobených extrémními vlivy, například ze změny teploty, dotvarování nebo poklesu. Ložiska byla navržena jako hrncová, která jsou vyplněna elastomerem. Navrženo bylo dohromady 34 ložisek, z toho 1 kus byl pevný, 1 ložisko příčně, 16 podélně a 16 kusů všesměrně pohyblivé.



Obr. 29- Řez ložiskem z pohledu projektové dokumentace

9.2.1. Osazování ložiska

Ložisko bylo osazováno (Obr. 30) na vyrovnávací vrstvu plastmalty o tloušťce 20 mm. Po položení ložiska byla kontrolována poloha a výška rohů na horní desce. Po zaměření rohu byly dopočítány odchylky od projektované polohy a ložisko bylo následně posunuto. Vysoký apel byl brán zejména na výšku, kdy ložisko nesmělo být nižší, než byla výška projektována. Po urovnání ložiska bylo provedeno jeho natočení.



Obr. 30 – Osazování ložiska

Přesnost usazení ložisek byla stanovena dle kontrolního a zkušebního plánu. Požadovaný parametr uložení v poloze byl stanoven na hodnotu $\pm 20 \text{ mm}$, výškové uložení nesmělo překročit parametr $+ 10 \text{ mm}$ u $- 0 \text{ mm}$, ložisko tedy nesmělo být usazeno níže, než bylo projektováno. Kontrolou prošly osy stran ložisek po natočení. Dále byl kontrolován sklon uložení ložiska, kde požadovaná přesnost sklonu byla stanovena na $\pm 0,3 \%$. Tato tolerance v přepočtu na délkovou míru například při délce osy jednoho metru odpovídá hodnotě 3 mm. Výšková kontrola je uvedena v Tab. 11.

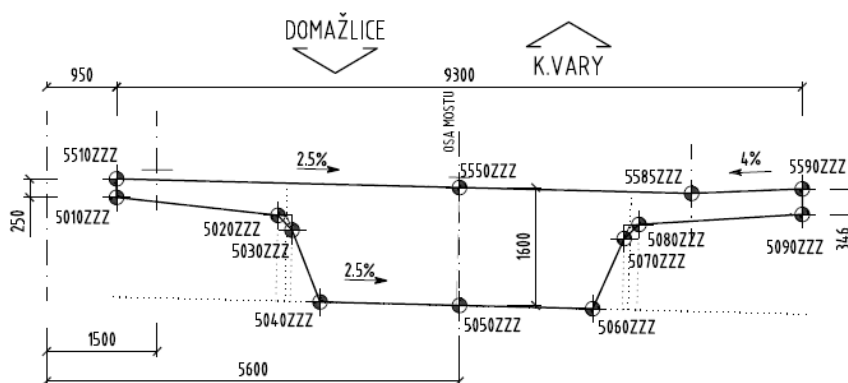
Tab. 11 – Výškové uložení ložiska

Č. bodu dle PD	Výška [m]		Rozdíl [m]	Vzdálenost [m]	Sklon [%]		Rozdíl [%]
	Projektovaná	Měřená			Projektovaný	Vypočtený	
Opěra OP1	4001100.1	321,186	321,186	0,000	0,493	0,00	0,00
	4001100.3	321,186	321,186	0,000			
	4001100.2	321,186	321,186	0,000	1,017	0,00	0,00
	4001100.4	321,186	321,186	0,000			
	4001200.1	321,082	321,083	0,001	0,461	0,00	0,22
	4001200.3	321,082	321,084	0,002			
	4001200.2	321,082	321,083	0,001	0,901	0,00	0,11
	4001200.4	321,082	321,082	0,000			
Piliř P02	4002100.1	320,399	320,399	0,000	0,769	0,00	0,00
	4002100.3	320,399	320,399	0,000			
	4002100.2	320,399	320,401	0,002	1,187	0,00	0,08
	4002100.4	320,399	320,400	0,001			
	4002200.1	320,292	320,293	0,001	0,645	0,00	0,16
	4002200.3	320,292	320,294	0,002			
	4002200.2	320,292	320,292	0,000	1,047	0,00	0,10
	4002200.4	320,292	320,293	0,001			

9.3. Nosná konstrukce a mostovka před betonáží

V této kapitole bude pojednáno o provedených pracích na nosné konstrukci a mostovce před provedením betonáže. Veškeré práce byly prováděny na posuvné skruži, na které byla připravena spodní část bednění. Práce představovalo rovnání bednění, určení konce taktu, kontrolu výztuže, vytyčení kontrolních měřících bodů atd.

VYTYČOVACÍ SCHÉMA OBECNÉHO TVARU 1:75



Obr. 31 - Řez nosnou konstrukcí a mostovkou z pohledu projektové dokumentace

Jednotlivá měření byla prováděna v profilech o vzájemném rozpětí 2 metry. Vytyčovací body byly vztahovány k lomům konstrukce. Jako vytyčované výšky byly užívány výšky s nadvýšením. Tyto výšky byly projektovány z důvodu spuštění skruže po provedené betonáži.

9.3.1. Instalace bednění nosné konstrukce a mostovky betonážního taktu

Prvotní práce na nosné konstrukci představovalo rovnání bednění. Bednění bylo předpřipraveno na přesuvné skruži. Pro ověření polohy a výšky bednění byly využity vytyčovací body v jednotlivých řezech, viz. (Obr. 31). Po ověření bylo s bedněním, v podobě laminátových desek, manipulováno v nevyhovujících směrech tak, aby byla splněna požadovaná přesnost. Ta se odvíjela od přesnosti pro nosnou konstrukci.

Další geodetický úkon spočíval v podobě vytyčení spodního rohu okraje mostovky z pohledu příčného řezu. Po vytyčení okraje vozovky byla instalována další část bednění, která představovala výšku mostovky. Na levé straně o výšce 250 mm a na straně pravé o výšce 346 mm. Poslední část vytyčování ohledně instalace bednění představovalo vytyčení konce betonářského taktu. Z tohoto vytyčení byla následně instalována čela bednění. Přesnost prací byla stanovena na hodnoty definovanými normou v podobě: $\pm 20 \text{ mm}$, $\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$.

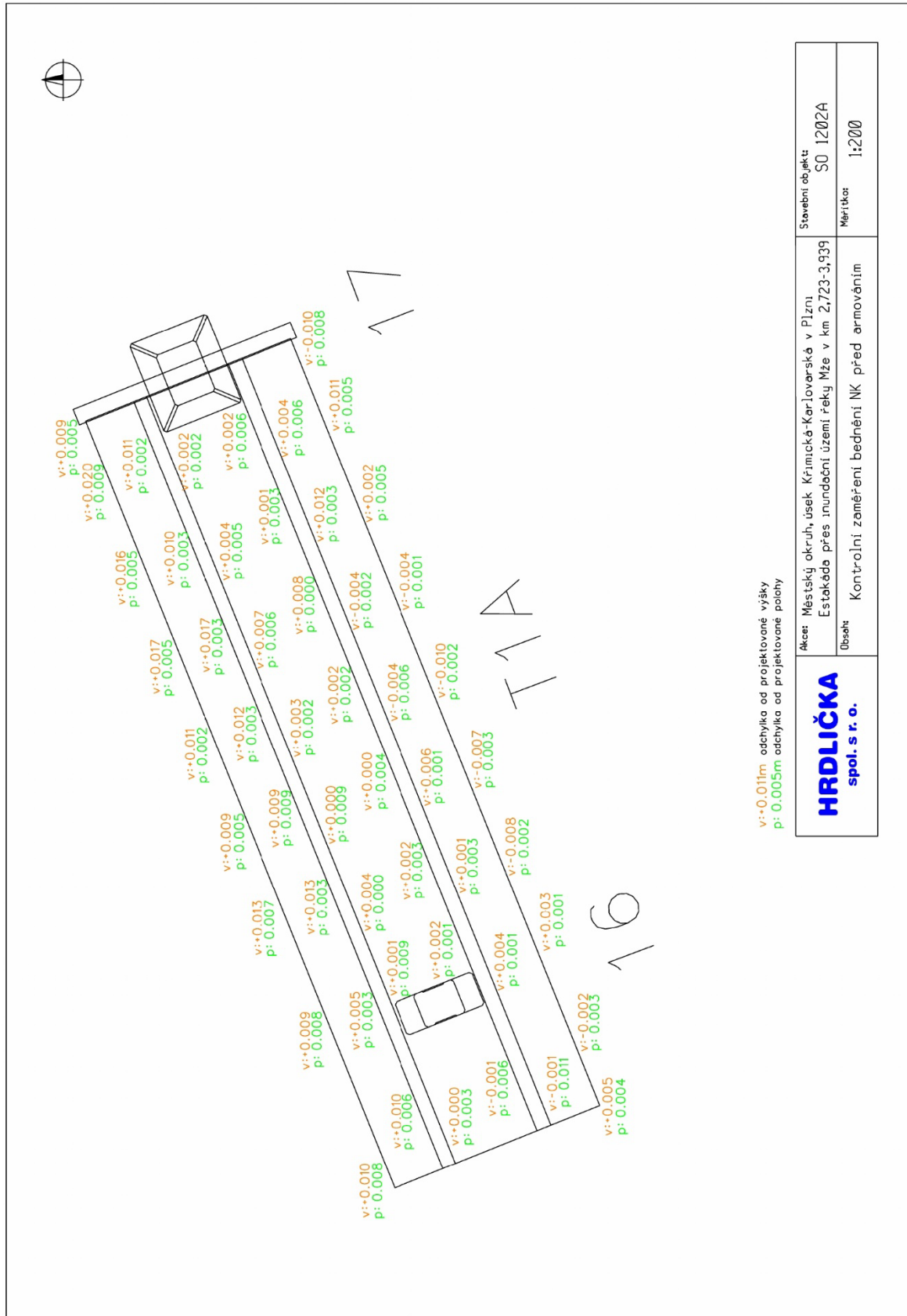
9.3.2. Kontrolní zaměření bednění mostovky

Po instalaci bednění bylo provedeno kontrolní zaměření bednění nosné konstrukce a mostovky (Obr. 32) před armováním. Předmětem kontroly byly profily betonážního taktu po 4 metrech a kontrolou také prošla čela bednění taktu. Profil se skládal z konce mostovky, horních a dolních rohů nosné konstrukce.



Obr. 32 - Pohled na bednění betonážního taktu nosné konstrukce

Kontrolována byla odchylka od projektované výšky a odchylka od projektované polohy, kde mezní hodnota v poloze a výšce byla stanovena na 20 mm . Výsledky byly vyhotoveny v grafické podobě. Ukázka grafického výstupu je uvedena na další straně (Obr. 33). Kompletní výsledky jsou uvedeny v Příloha 14.

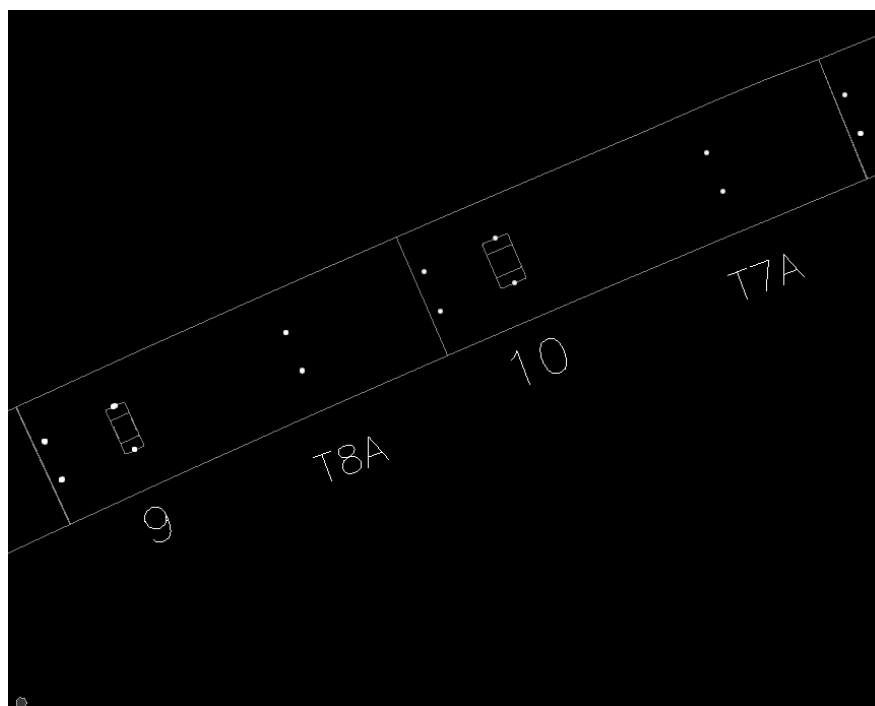


Obr. 33 - Kontrolní zaměření bednění nosné konstrukce před armováním

9.3.3. Vytyčení měřících bodů pro sledování deformací během betonáže

Během výstavby mostní konstrukce bylo prováděno sledování výškových deformací nosné konstrukce během výstavby. Pravidla pro měření deformací byla přejata z příkazu ŘSD 3/2014 – Metodický pokyn pro sledování výškového přetvoření mostů [19]. Předmětem sledování byl pokles bednění při provádění betonářských a dalších pracích na nosné konstrukci. Jedná se o dočasné měřické značky, které nebudou součástí definitivních kontrolních bodů po zprovoznění estakády. Pro tato měření byla zvolena polární metoda.

Pro sledování v rámci jednoho betonářského taktu bylo zvoleno dohromady 12 bodů. První dvojice se nachází v oblasti uprostřed mezi 2 podpěrami. Další se nachází přímo nad podpěrou a poslední dvojice na konci betonářského taktu. Dalších 6 bodů představuje předešlý betonážní takt ve stejném duchu. Schéma je uvedeno na Obr. 34.

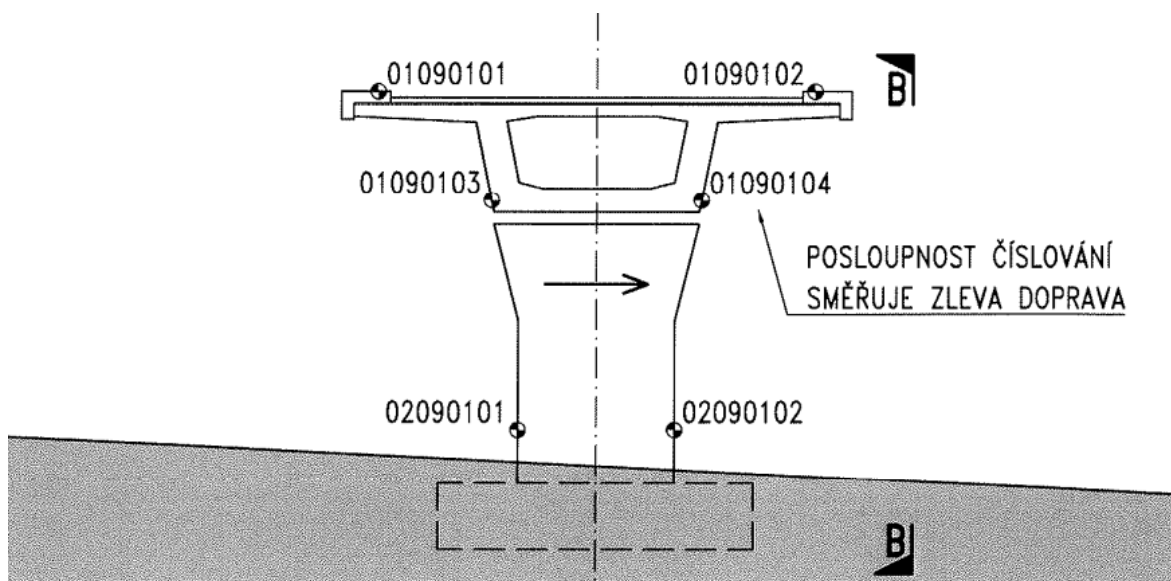


Obr. 34 - Schéma rozmístění měřících bodů

Sledování bylo rozděleno do několika etap a fází. První fáze spočívala ve sledování výškové změny bednění vlivem betonáže. Nejprve bylo nutné vytyčit měřící body na bednění, kde byla následně zaměřena nadmořská výška. Poté byla instalována ochranná trubka kolmo nahoru z důvodu proveditelnosti další etapy měření. Po zaměření výšky bednění po betonáži byla první fáze ukončena a vyhodnocena. Druhá fáze byla započata určením výšky hřebu v okolí měřícího bodu pro sledování mostovky. Další etapa byla měřena po napnutí nosné konstrukce předpínací výztuží. Vyhodnocení deformací mostovky bylo provedeno po zaměření finální etapy, která byla situována po odbednění.

9.3.4. Kontrolní zaměření nivelačních značek pro sledování deformace pilíře během betonáže

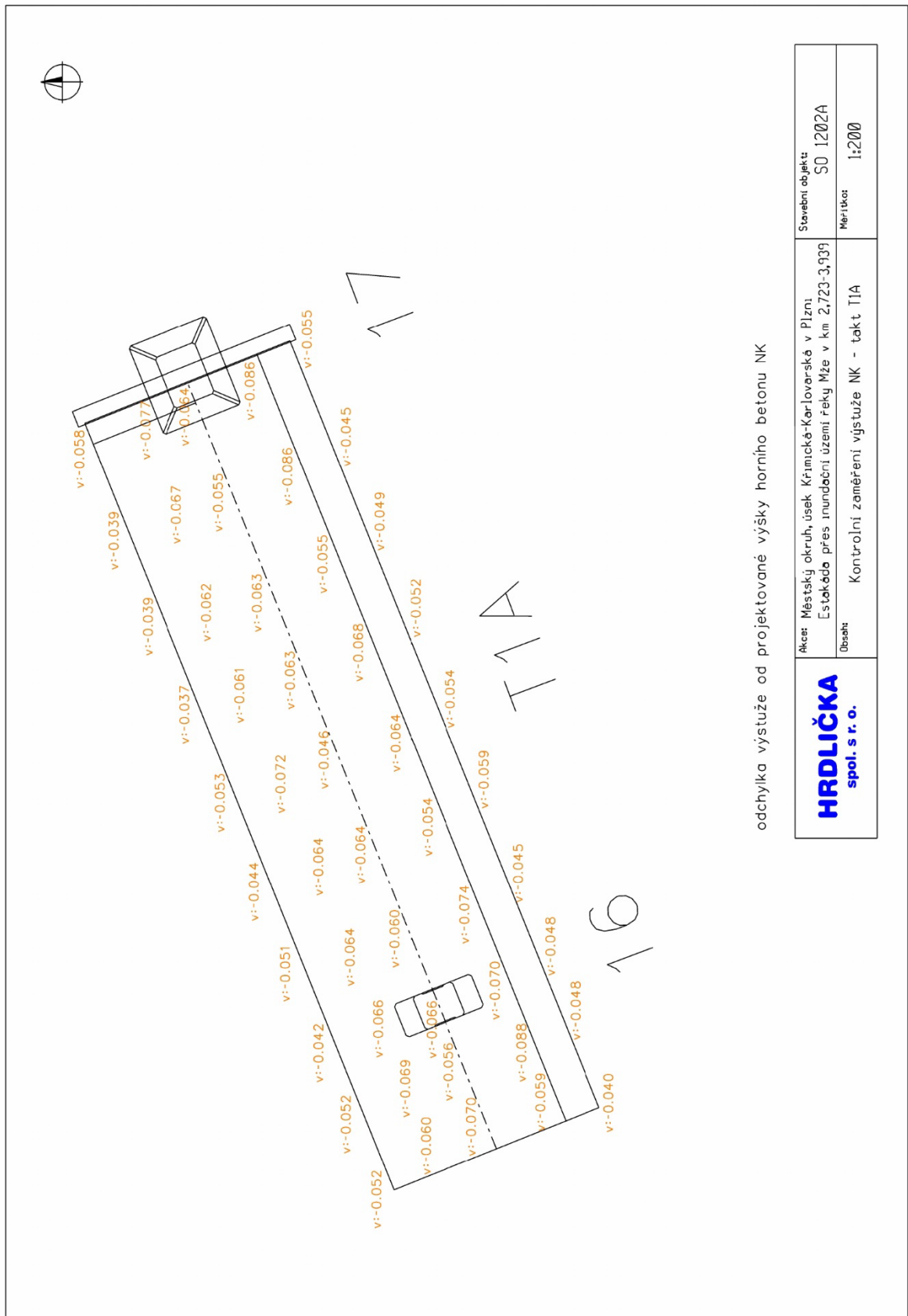
Další sledování výškových deformací bylo prováděno na jednotlivých podpěrách. Dle příkazu ŘSD č. 3/2014 [19] byly jednotlivé pilíře a opěra vybaveny nivelačními značkami. Předmětem kontroly byla výšková deformace podpěr během stavebních prací na nosné konstrukci. Měřící značky budou součástí definitivních kontrolních bodů po uvedení mostní konstrukce do provozu. Pro toto sledování bylo užito metody přesné nivelace. Měření bylo provedeno ve třech etapách. Nultá etapa představovala měření před betonáží taktu, a druhá po vylití taktu a třetí po napnutí nosné konstrukce předpínací výztuží. Schéma umístění značek je vyobrazeno na Obr. 35.



Obr. 35 - Schéma rozmístění značek v řezu dle příkazu PŘ č.3/2014 [19]

9.3.5. Kontrolní zaměření výztuže

Před litím betonážního taktu byla provedena ještě jedna kontrola. Kontrola spočívala ve výškovém zaměření výztuže. Armovaná výztuž byla aplikována po instalaci trubek odvodňovačů, měřících bodů, kanálků pro předpínací výztuž a dalších komponentů nosné konstrukce. Předmětem kontroly byla výšková odchylka armatury od projektované výšky horní částí mostovky, kdy očekávaná odchylka dle PD byla 5 cm. Tolerovaná odchylka byla stanovena od 3,5 do 8 cm. Výsledky byly vyhotoveny v grafické podobě. Grafická ukázka taktu T1A je uvedena na další straně (Obr. 36). Kompletní výstup je obsažen v Příloha 15.



Obr. 36 - Kontrolní zaměření výstuže nosné konstrukce

9.4. Nosná konstrukce a mostovka během betonáže.

Nyní bude poreferováno o geodetických pracích během lití nosné konstrukce betonem, kdy předmětem bylo výhradně sledování deformací během betonáže, kdy byla zvolena metoda posuvné skruže (Obr. 37). Jedná se o ocelovou konstrukci, která je tvořena bednicím stolem, hlavními příhradovými nosníky a hydraulickými lisami [20].



Obr. 37 - Posuvná skruž [20]

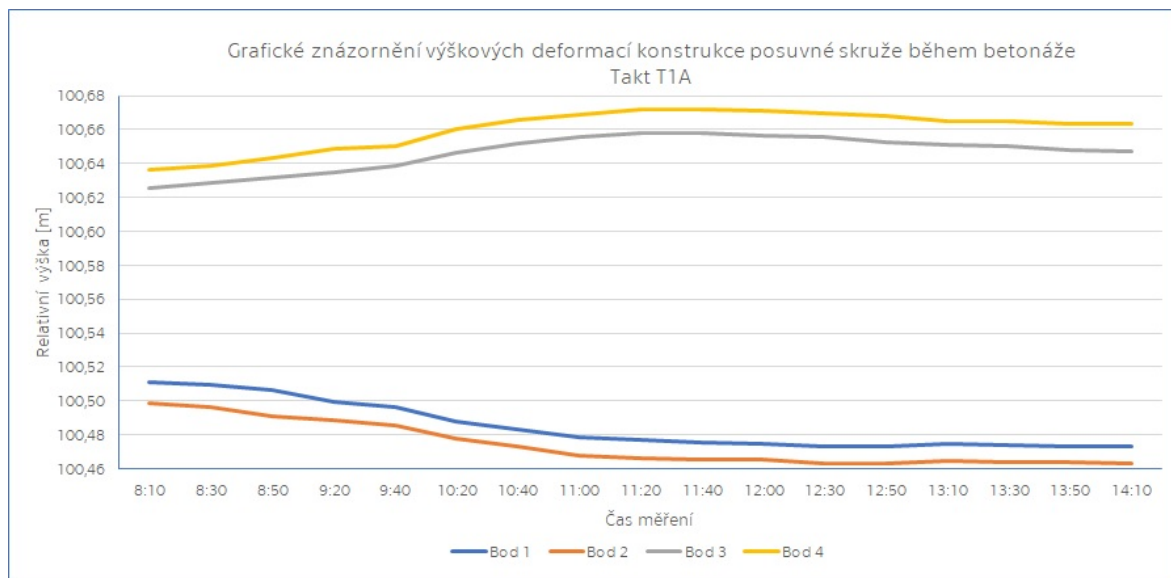
9.4.1. Sledování výškové deformace konstrukce posuvné skruže během betonáže

Během betonování bylo požadováno průběžné výškové měření deformace v podobě poklesu konstrukce posuvné skruže a celé nosné konstrukce s mostovkou. Přistoupeno bylo k metodě přesné nivelace. Pro sledování byly určeny 4 body přímo na konstrukci posuvné skruže a 1 kontrolní bod mikrosítě s etapovým měřením každých cca. 20 minut. Měření sledovaných bodů probíhalo přes otočenou lať směrem nahoru. Výsledky sledování v rámci betonáže taktu T1A z data 18.2.2021 jsou uvedeny v Tab. 12. Měření výšek proběhlo v relativním výškovém systému.

Tab. 12 – Sledování výškových deformací konstrukce posuvné skruže (Takt T1A)

Čas	Relativní výška [m]				
	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Kontrolní bod
8:10	100,5109	100,4983	100,6258	100,6360	99,3530
8:30	100,5094	100,4965	100,6284	100,6390	99,3528
8:50	100,5065	100,4909	100,6314	100,6433	99,3532
9:20	100,4996	100,4887	100,6350	100,6484	99,3534
9:40	100,4964	100,4855	100,6388	100,6506	99,3535
10:20	100,4879	100,4774	100,6467	100,6605	99,3538
10:40	100,4833	100,4730	100,6521	100,6658	99,3536
11:00	100,4787	100,4680	100,6555	100,6688	99,3530
11:20	100,4772	100,4661	100,6580	100,6717	99,3537
11:40	100,4755	100,4656	100,6581	100,6720	99,3534
12:00	100,4748	100,4652	100,6568	100,6709	99,3538
12:30	100,4732	100,4634	100,6553	100,6696	99,3537
12:50	100,4728	100,4633	100,6525	100,6680	99,3539
13:10	100,4744	100,4643	100,6509	100,6652	99,3533
13:30	100,4736	100,4637	100,6499	100,6650	99,3537
13:50	100,4733	100,4641	100,6482	100,6630	99,3533
14:10	100,4735	100,4634	100,6475	100,6631	99,3532

Z výsledků je patrné, že body 1 a 2 během betonování poklesly v řádu jednotek centimetrů. Naopak body 3 a 4 se nadzdvihly. Průběh deformace v čase je vyobrazen v grafu (Obr. 38).



Obr. 38 - Grafické znázornění výškových deformací

9.5. Nosná konstrukce a mostovka po betonáži

Po dokončení betonáže byly práce na mostovce dále děleny na tři časová období. První bylo po samotném dokončení betonáže, další období spočívalo po napnutí nosné konstrukce předpínací výztuží a na závěr po spuštění posuvné skruže, která byla následně posunuta na další betonážní takt. První dvě měřická období byla situována hlavně pro měření deformací. Po spuštění skruže bylo dále pracováno již s výškami bez nadvýšení a bylo provedeno zaměření skutečného provedení povrchu mostovky.



Obr. 39 - Nosná konstrukce a mostovka po odbednění

9.5.1. Kontrolní zaměření měřících bodů pro sledování bednění po betonáži

Krátce po provedení betonáže bylo nutné nejprve měřící body najít, jelikož trubka, která byly zajištěna lepicí páskou, byla pokryta vrstvou betonu. Nalezení proběhlo formou vytyčení bodu. Vlastní měření deformace proběhlo až po zatvrdnutí betonu. Pro zaměření deformace spodní části bednění byl použit roxor o známé výšce, který byl vložen do trubky, a totální stanice v kombinaci s minihranolem. Během aplikace této metody bohužel došlo v několika případech k zanesení trubky betonem. Roxor tedy nebylo možné dostat až na bednění. Několik bodů tedy bylo ze sledování následně vyloučeno. Tabulka s výsledky pro takt T2A je uvedena v Tab. 13. Grafické znázornění s umístěním měřících bodů je uveden na Obr. 40.

Tab. 13 – Vyhodnocení výškových deformací bednění

	ČB	Měřené nadmořské výšky [m]		Rozdíl [m]
		Před betonáží	Po betonáží	
T2A	F021	315,822	315,843	0,021
	F022	315,890	315,928	0,038
	F023	315,744	315,748	0,004
	F024	315,798	315,836	0,038
	F025	315,765	315,705	-0,060
	F026	315,837	315,783	-0,054

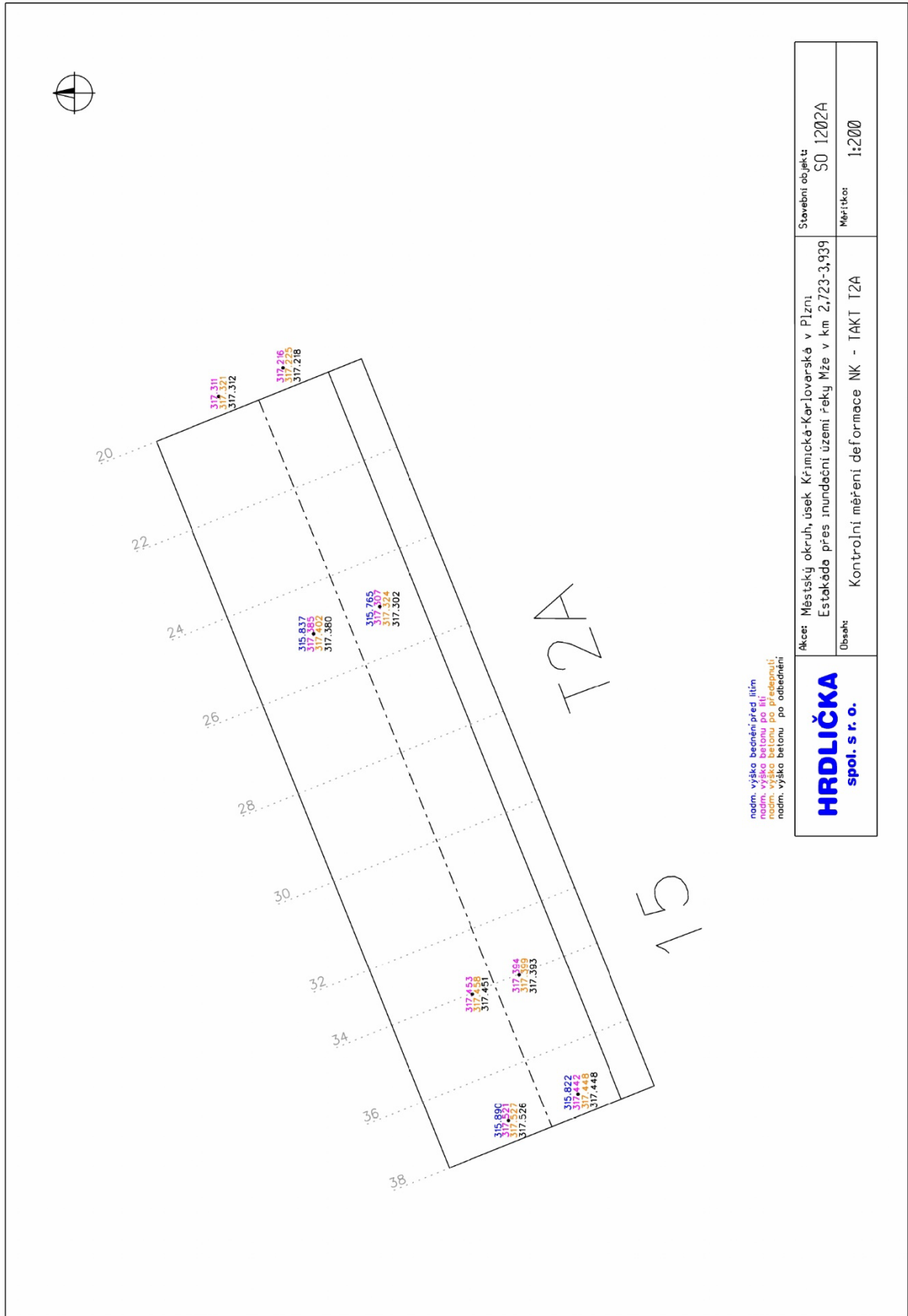
9.5.2. Zaměření měřících bodů pro sledování deformací mostovky

Pro sledování deformací mostovky byly zvoleny body v těsné blízkosti měřících bodů pro sledování bednění, které byly zatlučeny do již zatvrdnutého betonu.

První etapa spočívala v určení prvotní výšky hřebu. Další etapa měření následovala po napnutí nosné konstrukce předpínací výztuží. Poslední etapa sledování byla provedena po odbednění nosné konstrukce s mostovkou. Následně bylo sledování vyhodnocováno. Vyhodnocení deformací bylo odesláno projektantovi stavby, který na základě výsledků sledování navrhl výšky bodů pro další betonážní takt. Ukázka vyhodnocení sledování deformace mostovky taktu T2A je uvedena v Tab. 14. a dále na Obr. 40.

Tab. 14 – Vyhodnocení výškových deformací mostovky

Takt	ČB	Měřené nadmořské výšky [m]			Vyhodnocení [m]		
		Před napnutím [1]	Po napnutí [2]	Po odbednění [3]	[2] - [1]	[3] - [2]	[3] - [1]
T1A	F011	317,216	317,225	317,218	0,009	-0,007	0,002
	F012	317,311	317,321	317,312	0,010	-0,009	0,001
T2A	F021	317,442	317,448	317,448	0,006	0,000	0,006
	F022	317,521	317,527	317,526	0,006	-0,001	0,005
	F023	317,394	317,399	317,393	0,005	-0,006	-0,001
	F024	317,453	317,458	317,451	0,005	-0,007	-0,002
	F025	317,307	317,324	317,302	0,017	-0,022	-0,005
	F026	317,385	317,402	317,380	0,017	-0,022	-0,005



Obr. 40 - Kontrolní měření deformace nosné konstrukce

9.5.3. Kontrolní zaměření nivelačních značek pro sledování deformací pilíře během betonáže

Po provedení betonáže betonážního taktu byly dotčené podpěry nivelovány ve třech etapách. První představovala stav před betonáží, druhá po betonáži a poslední po napnutí. Po provedení nivelace byl vyhodnocen pokles pilíře. Předmětem nivelace byla jedna ze dvojice nivelačních značek dotčených pilířů nosnou konstrukci procházející betonáží. Dále byl nivelován předchozí pilíř a následující pilíř. Výsledky deformací z betonáže taktu T4A jsou vyobrazeny v Tab. 15.

Tab. 15 - Vyhodnocení výškových deformací pilířů během betonáže taktu T4A

Pilíř	ČB	Měřené nadmořské výšky [m]			Vyhodnocení [m]		
		Před betonáží [1]	Po betonáží [2]	Po napnutí [3]	[2] - [1]	[3] - [2]	[3] - [1]
P15	15.02	311,6539	311,6549	311,6544	0,0010	-0,0005	0,0005
P14	14.02	311,6475	311,6468	311,6469	-0,0007	0,0001	-0,0006
P13	13.02	311,5865	311,5855	311,5850	-0,0010	-0,0005	-0,0015
P12	12.02	311,7527	311,7531	311,7520	0,0004	-0,0011	-0,0007

9.5.4. Zaměření povrchu mostovky

Po odbednění a spuštění skruže bylo provedeno zaměření skutečného provedení povrchu mostovky. Měření probíhalo v řezech po dvou metrech. Jednotlivé řezy se skládaly z pěti bodů. Konkrétně z okrajů mostovky, z osy estakády a úžlabí. Dle KZP byly sledovány tyto parametry: Dodržení polohy a výšek s max. odchylkou $\pm 20 \text{ mm}$ a nerovnost povrchu v max. dovolené odchylce $\pm 8 \text{ mm}/2 \text{ m}$.

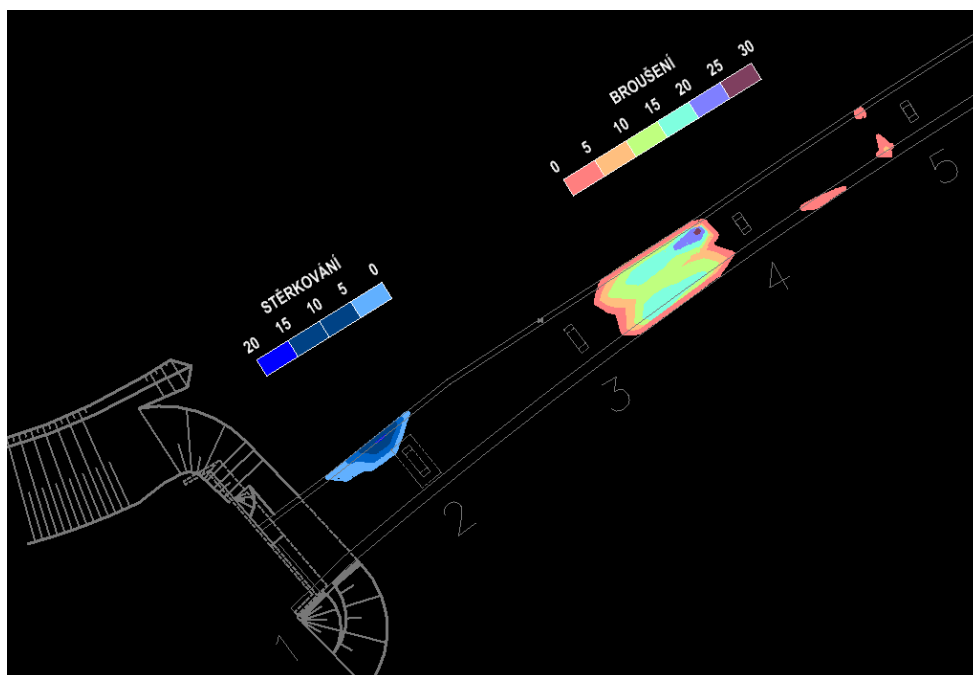
Kompletní seznam souřadnic byl odeslán projektantovi stavby. Do geodetického protokolu vstupoval každý třetí řez. Tabulka s výsledky ze zaměření mostovky betonážního taktu T1A je obsažen v Tab. 16. Odchytky jsou počítány k projektovaným výškám bez nadvýšení. Výsledky z dalších betonážních taktů jsou součástí Příloha 16.

Tab. 16 - Zaměření skutečného stavu mostovky

Takt	Řez	Pravý okraj		Úžlabí	Osa	Levý okraj	
		Poloha [m]	Výška [m]	Výška [m]	Výška [m]	Poloha [m]	Výška [m]
T1A	002	0,003	0,011	-0,008	-0,003	0,012	0,010
	005	0,013	0,010	0,010	0,019	0,017	0,010
	008	0,001	0,005	0,013	0,013	0,015	-0,005
	011	0,009	0,008	0,000	0,005	0,015	0,008
	014	0,006	0,034	0,018	0,019	0,018	0,019
	018	0,013	0,031	0,019	0,017	0,017	0,019

9.5.5. Vytyčení oblasti úpravy povrchu mostovky

V případě nedodržení parametrů dle KZP bylo přistoupeno k úpravě povrchu mostovky. Jednalo se o broušení nevyhovujících oblastí či o stěrkování. Nevyhovující místa určená k přepracování detekoval projektant. Na tomto základě bylo připraveno vytyčení oblastí. Oblasti pro broušení/stěrkování byly děleny o úpravy v požadované výšce po 5 mm (viz. Obr. 41). Jednotlivé lokace byly polohově vytyčeny. Přesnost vytyčení byla určena na hodnoty ($\pm 20\text{ mm}$, $\pm 15\text{ mm}$, $\pm 10\text{ mm}$).



Obr. 41 – Detekované oblasti k úpravě povrchu mostovky

9.5.6. Kontrolní zaměření oblasti úpravy povrchu mostovky

Po úpravách povrchu vozovky byla vyžadována opětovná kontrola. Měření probíhala opět v řezech po dvou metrech, avšak pouze v oblastech, kde probíhala úprava. Výšky byly kontrolovány dle stejných parametrů, tedy ve výšce $\pm 20\text{ mm}$ a v rovinnosti s maximální dovolenou odchylkou $\pm 8\text{ mm}/2\text{ m}$

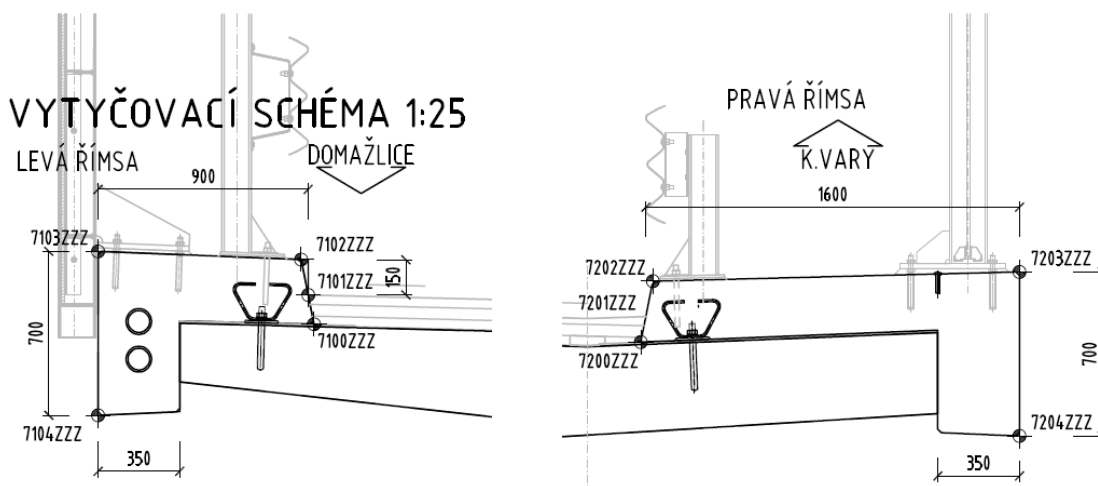
10. Svršek mostu a mostní příslušenství

Poslední součásti mostní konstrukce představují prvky svršku a mostního vybavení. Svršek mostu se skládá z mostní římsy a povrchu vozovky, který je navržen jako asfaltový o dvou konstrukčních vrstvách. Mostní příslušenství v případě estakády tvoří silniční zachytý systém, který obsahuje silniční svodidla, zábradlí a protihlukovou stěnu, aby okolí nebylo zatěžováno hlukovými exhalacemi. Další vybavení představují mostní závěry, které zajišťují plynulý přechod z pevného terénu na mostní konstrukci či mezi jednotlivými dilatačními úseky mostu. Neméně důležité jsou prvky odvodnění z důvodu bezpečnosti dopravního provozu na mostě a také k předejití tvorby koroze částí výztuže.

Přesnost vytyčení svršku mostu a jeho vybavení patří k vůbec nepřísnejší. Dle normy je požadovaná mezní odchylka vytyčení v podélném směru $\pm 15 \text{ mm}$, v příčném směru $\pm 10 \text{ mm}$ a ve směru výškovém je rovna $\pm 4 \text{ mm}$.

10.1. Mostní římsa

Jedná se o prvek, který uchycuje silniční zachytý systém. Dále tvoří zvýšenou obrubu a na jedné straně tvoří také chodník. V případě sledované stavby se jedná o monolitickou konstrukci. Ukotvení římsy je zajištěno pomocí římsových kotev ve tvaru mašlí, které jsou navrtané do horního povrchu mostovky. Levá mostní římsa dle návrhu nese zábradelní svodidlo a protihlukovou stěnu, pravá pak mostní svodidlo a zábradlí. Ukázka navržené mostní římsy je uvedena níže na Obr. 42. Vytyčovací údaje jsou součástí Příloha 17.



Obr. 42 - Průřez mostní římsou dle projektové dokumentace

10.1.1. Vytyčení kotvy pro ukotvení mostní římsy

První úkon spočíval ve vytyčení uchycovací římsové kotvy. Na levé římsě, která je dle návrhu více zatížena, bylo naprojektováno vzájemné rozpětí kotev 0,75 metru na straně pravé pak 1,125 metru. Vytyčovány byly středové svislé osy jednotlivých kotev s přesností ($\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$, $\pm 4 \text{ mm}$). Vytyčování probíhalo na již připravenou ochrannou izolaci, kde signalizace vytyčených bodů byla provedena bílým signalizačním popisovačem.

10.1.2. Vytyčení mostní římsy

Po uložení kotev bylo přistoupeno k vytyčení samotné mostní římsy. Vytyčení bylo provedeno v profilech po 2 metrech. Každý profil obsahoval tři vytyčovací body. První bod (spodní část obruby na nosné konstrukci) představoval pouze polohu. Druhý bod nacházející se na horní části obruby podléhal pouze výškovému vytyčení. Poslední bod se nacházel na zadní části římsy. Jelikož se jednalo o bod mimo nosnou konstrukci, bylo nutné přistoupit k délkovému odsazení. U tohoto bodu byla vytyčována i výška. Dále bylo nutné také polohově vytyčit dilatační spáry. Vytyčení bylo provedeno s přesností ($\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$, $\pm 4 \text{ mm}$). Ukázka vytyčeného profilu je uvedena na Obr. 43.



Obr. 43 - Ukázka z vytyčování mostní římsy

10.1.3. Kontrolní zaměření mostní římsy

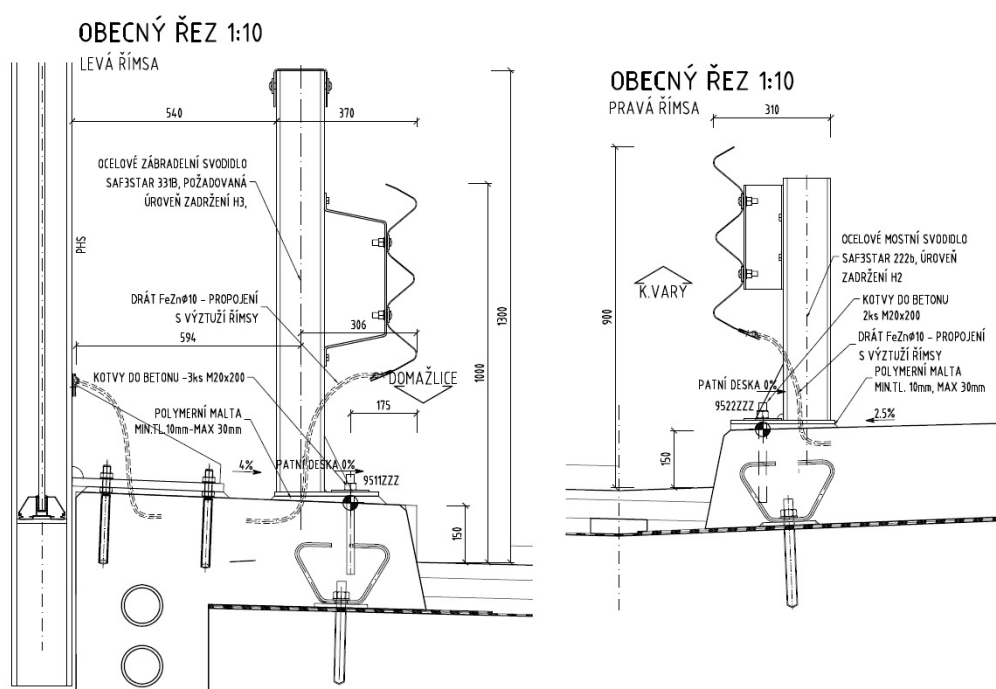
Po betonáži mostní římsy následovalo zaměření skutečného provedení. Jako kontrolní místa byly stanoveny vytyčované body v jednotlivých řezech. Dle KZP byla kontrolována poloha, kde požadovaný parametr byl $\pm 15 \text{ mm}$, parametr výšek stanovoval maximální odchylku $\pm 10 \text{ mm}$ a nerovnost povrchu představovaly dvě hodnoty a to $6 \text{ mm}/2 \text{ m}$ a $15 \text{ mm}/16 \text{ m}$. Ukázka výstupu z kontrolního zaměření je uvedena níže v Tab. 17. V případě nevyhovujících parametrů bylo přistoupeno ke konstrukční úpravě mostní římsy v podobě broušení betonu. Z důvodu nedokončených stavebních prací po odevzdání diplomové práce je v Příloha 18 obsažen geodetický protokol pouze pro část z celkové délky mostní římsy.

Tab. 17 - Kontrolní zaměření mostní římsy

takt	řez	Kontrolní body římsy					
		7100		7102		7103	
		poloha [m]	výška [m]	poloha [m]	výška [m]	poloha [m]	výška [m]
T1A	008	0,004	-0,010	0,014	0,001	0,014	-0,001
	010	0,008	-0,007	0,013	-0,002	0,009	0,001
	012	0,007	-0,002	0,016	-0,001	0,012	-0,005
	013	0,009	0,008	0,000	0,005	0,013	0,008
	014	0,004	0,010	0,014	0,004	0,011	-0,001

10.2. Silniční záchytný systém

Každý most obsahuje systémy, které zajišťují bezpečný provoz. V případě estakády se jedná o svodidla na každé straně v blízkosti obruby. Na pravé straně je za svodidly navrženo ocelové zábradlí s protihlukovou výplní. Na straně levé je z důvodu blízkosti estakády k zástavbě Pizeň – Křimice navržena protihluková stěna o výšce 2,5 metru, aby zástavba nebyla zatížena hlukovými exhalacemi z provozu na mostní komunikaci. Ukázka vytyčovacíh bodů v případě svodidel je obsažena na Obr. 44. Detailní informace jsou uvedeny v Příloha 19. Z důvodu realizace zábradlí a protihlukové stěny po termínu odevzdání diplomové práce nebylo vytyčení těchto systému předmětem této diplomové práce.



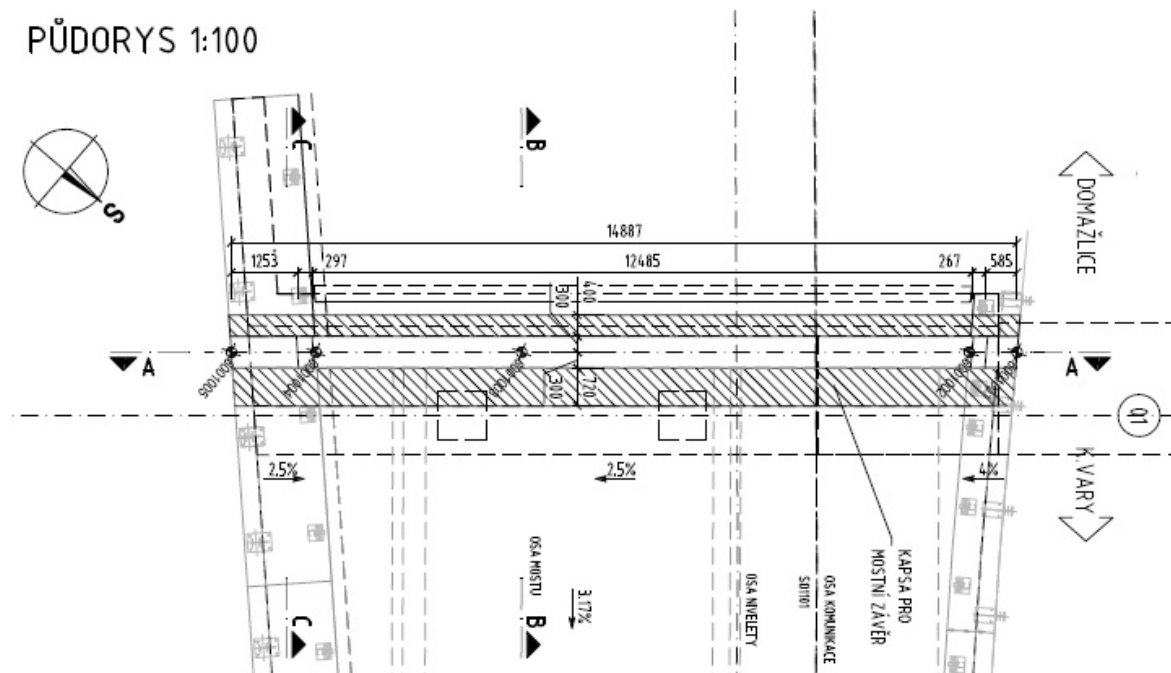
Obr. 44 - Řez zábradelními svodidly dle projektové dokumentace

10.2.1. Vytyčení silničních záchytných systémů

Vytyčovací bod svodidla byl určen v podobě prostřední osy vrtání otvoru pro uchycení patní desky. Vzájemná vzdálenost mezi sloupky činila dle návrhu na straně levé 1,5 metru, na straně pravé pak 2,25 metru. U dilatačních spár byla svodidla dle projektu přerušena. Vytyčován byl každý desátý sloupek svodidla s přesností ($\pm 15 \text{ mm}$, $\pm 10 \text{ mm}$, $\pm 4 \text{ mm}$). Vytyčení zábradlí a protihlukové stěny bude provedeno obdobným způsobem.

10.3. Mostní závěr

Mostní závěr zajišťuje zakrytí dilatačních spár a plynulý přechod mezi pevninou a mostní konstrukcí. Další mostní závěr zakrývá dilataci mezi částmi estakády A a B na opěře P17. Mostní závěry dále umožňují předepsané posuny stavebních objektů. Dále závěry musí zajistit jejich vodotěsnost a konstrukce musí být speciální pro snížení hluchnosti. Na obrázku níže je uveden závěr na opěře OP1 společně s vytyčovacími body. Vytyčovací údaje jsou obsaženy v Příloha 20.



Obr. 45 - Půdorys mostního závěru na OP1 z pohledu projektové dokumentace

10.3.1. Osazení mostního závěru

Tento geodetický úkon patřil k vůbec nejnáročnějším v rámci celé stavby. Přesnost osazení vycházela z předepsaných přesností vytyčení pro svršek mostu ($\pm 15 \text{ mm}, \pm 10 \text{ mm}, \pm 4 \text{ mm}$). Vysoký apel byl v tomto případě brán zejména na výškovou přesnost. První sledovaná hodnota spočívala v kontrole projektované a osazené výšky. Jako posuzovací body byly určeny body v ose závěru viz. Obr. 45. Maximální dovolená odchylka osazení oproti projektu byla stanovena na 4 mm . Výsledky jsou obsaženy v Tab. 18.

Tab. 18 - Výškové odchylky mostního závěru

	Č. bodu dle PD	Výška [m]		Rozdíl [m]
		Projektovaná	Měřená	
M. závěr P17	6017001	317,533	317,532	-0,001
	6017002	317,347	317,349	0,002
	6017003	317,245	317,245	0,000
	6017004	317,160	317,162	0,002
	6017005	317,349	317,353	0,004

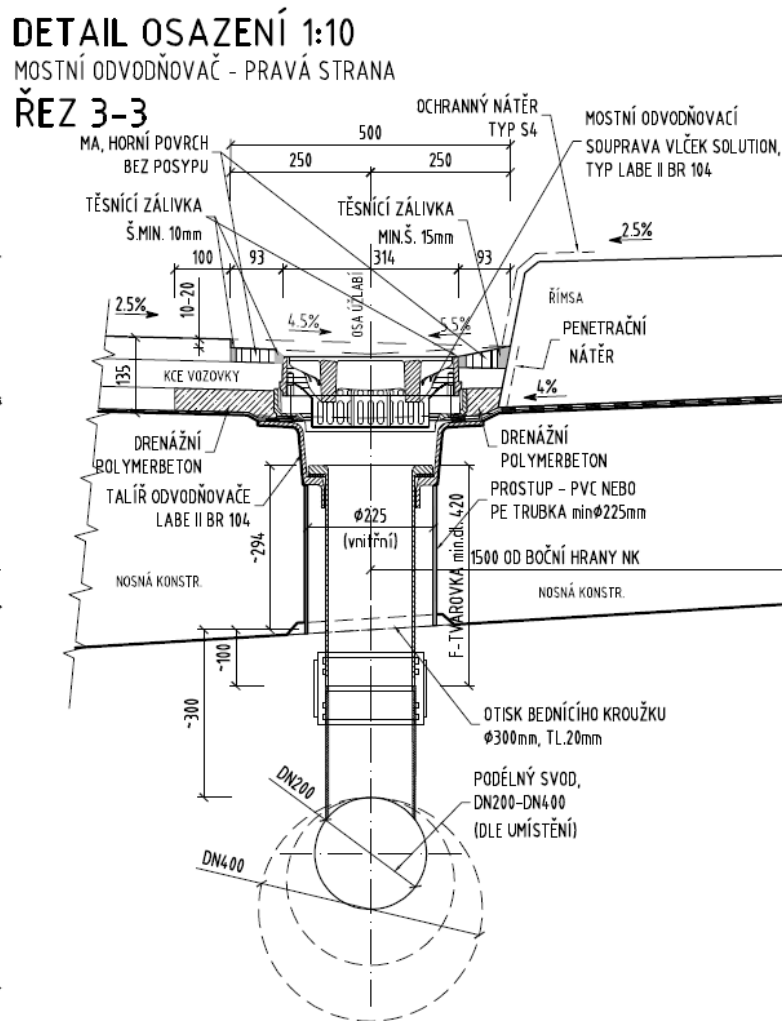
Další sledovací kritérium byly podélné a příčné sklony. Jako sledovací místa pro podélné sklony byly určeny levá a pravá strana vozovky plus obě římsy. Příčné sklony byly kontrolovány v řezech vytyčovacích bodů mostního závěru. Měření bylo provedeno digitálním sklonoměrem a kontrolu provedl při osazení stavbyvedoucí. Mezní odchylka byla stanovena na $\pm 0,2\%$. Osazený mostní závěr mezi dilatačními celky estakády A a B, konkrétně na pilíři P17 je vyobrazen na Obr. 46.



Obr. 46 - Osazený mostní závěr

10.4.Odvodnění

Na řádné odvodnění mostních konstrukcí je kladen vysoký apel z důvodu možné havárie, například degradace betonu a následné koroze výztuže. U mostních konstrukcí je odvodnění realizováno přes podélné a příčné sklony mostovky, kde u níže položené obruby se voda dostává do odvodňovačů. Jedná se o PVC či nerezovou trubku vedenou kolmým směrem skrz mostovku, kde na povrchu mostovky je ohraničena mříží. Z odvodňovačů voda dále ústí do sběrného potrubí, kterým je voda dopravena do kanalizačních šachet či do silničního příkopu. Řez odvodňovačem je uveden na Obr. 47.



Obr. 47 - Řez mostním odvodňovačem z pohledu projektové dokumentace

10.4.1. Vytyčení odvodňovače

Samotné vytyčení odvodňovače proběhlo před betonáží nosné konstrukce. Vytyčení bylo provedeno formou svislé osy odvodňovače na bednění mostovky. Z bodu osy byla následně instalována trubka odvodňovače směrem vzhůru do výšky povrchu mostovky. Přesnost vytyčení osy odvodňovače byla stanovena dle přesností pro svršek mostů dle ČSN 73 0420-2 a to s mezní vytyčovací odchylkou v podélném směru 15 mm a ve směru příčném 10 mm. Osazení vrchní části odvodňovače bude provedeno před pokládkou vozovky.

10.5.Vozovka

Vozovka je navržena jako asfaltová o třívrstvé skladbě s celkovou tloušťkou 135 mm. První vrstva je označována jako ochranná, kde vrstva zejména chrání izolaci, na kterou je vrstva pokládána a tloušťka vrstvy byla stanovena na 40 mm. Prostřední vrstva se nazývá vrstvou ložnou a její hlavní funkce spočívá v projmutí namáhání dopravním zatížením a odvést jej do níže položené vrstvy a nosné konstrukce. Její tloušťka byla navržena na 60 mm. Poslední vrstva je obrusná, po které se uskutečňuje doprava a je přímo vystavena klimatickým vlivům. Tato vrstva je tedy z pohledu kvality nejlepší. Tloušťka vrstvy byla navržena na 35 mm.

10.5.1. Kontrolní zaměření vrstev vozovky

Dle TKP 7 [21] a ČSN 73 6121 [22] je požadovaná geodetická kontrola v několika aspektech. První aspekt spočívá ve výšce vrstvy, která musí splnit maximální odchylku vůči projektu $\pm 5 \text{ mm}$. V rámci řezu jsou posuzována tři kontrolní místa. První bod je sledován v ose mostu a další dva body jsou v části obruby mostní římsy. Další sledovaný parametr je příčný sklon vrstvy. Maximální přípustná odchylka od navrženého sklonu o velikosti 2,5% činí $\pm 0,4 \%$. V rámci řezu je sklon sledován vždy mezi osou mostu a oběma okraji vozovky. Poslední kontrolovaná vlastnost asfaltových vrstev je tloušťka vrstvy. Dle normy je minimální dovolená odchylka od projektované tloušťky $h_{min} = 0,8 * h$ a maximální dovolená odchylka vůči projektu byla stanovena na $h_{max} = 1,5 * h$. Současně tloušťka vrstvy musí splnit parametr $h_{\phi} = 0,9 * h$. Četnost kontrol byla stanovena v řezech po 4 metrech.

Z důvodu realizace asfaltových vrstev po termínu odevzdání diplomové práce nebylo vlastní měření předmětem diplomové práce.

11. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že byly představeny geodetické práce při výstavbě mostní konstrukce typu estakády a požadované výstupy z kontrolních měření v rámci dilatačního úseku A. Estakáda a další stavební objekty dané stavby při otevření uzavřou západní část Plzeňského městského okruhu.

Vlastním geodetickým pracím předcházely přípravné práce, například proškolením se v bezpečnosti práce, seznámením se s projektovou dokumentací a požadovanými mezními vytyčovacími odchylkami, které byly dělené dle konstrukčních částí mostu. V rámci příprav bylo také nutné provést vytyčení záboru stavby a určit v okolí estakády mikrosít pro potřeby měřických prací, která podléhala vyrovnání metodou MNČ s dosaženou a posteriori směrodatnou odchylkou $\sigma_{pol} = 3,9 \text{ mm}$ a $\sigma_H = 1,3 \text{ mm}$.

Prvotní měřické práce v rámci mostu spočívaly v zakládání spodní stavby, které představovalo vytyčení výkopů a os vrtů pilot. Následovalo vytyčení podkladního betonu, které bylo podrobena prvnímu kontrolnímu zaměření, které spočívalo v kontrole nadmořské výšky betonu, kde se dosažená výška vůči výšce projektované mohla lišit o maximálně **20 mm**.

Následovalo budování spodní stavby estakády, kde podpěry mostu představovala opěra a 16 pilířů. Vytyčeny byly jednotlivé základy, dříky a hlavice pilířů a u opěry závěrná zídka a křídlo. Kontrolním zaměření byly podrobena základy a hlavice jednotlivých pilířů, kde maximální polohová tolerance byla určena na základě závazných předpisů s hodnotami v poloze $\pm 25 \text{ mm}$ a $\pm 20 \text{ mm}$.

Největší část geodetických prací byla situována na nosné konstrukci a mostovce. Prvotní práce probíhaly na podložiskovém bločku. Bloček podléhal po realizaci kontrole o skutečném provedení a musel splňovat požadovanou přesnost vůči projektu, kdy maximální tolerance v poloze byla stanovena na $\pm 20 \text{ mm}$ a ve výšce na $\pm 10 \text{ mm}$. Následovalo poměrně náročné osazování mostního ložiska, kdy se při osazování kontrolovala přesnost uložení. Kontrola parametrů spočívala v kontrole polohy, kdy odchylka byla stejná jako v případě ložiskového bločku. Rozdíl spočíval ve výškové kontrole, kdy odchylka nesměla překročit parametr $+ 10 \text{ mm}$ u 0 mm a zároveň byl kontrolován sklon s přípustnou odchylkou $\pm 0,3\%$.

Po osazení ložisek a instalaci posuvné skruže bylo prováděno geodetické měření na bednění v podobě jeho rovnání a kontrolním zaměření, kontroly výztuže, vytyčení odvodňovačů. Dále bylo prováděno sledování na spodní stavbě, bednění či povrchu mostovky a také byla sledována konstrukce posuvné skruže.

Po ukončení stavebních prací na nosné konstrukci a mostovce bylo prováděno vyhodnocení sledování a také bylo provedeno zaměření skutečného provedení, které bylo aplikováno na povrchu mostovky. Požadovaná kvalita byla posuzována ve výšce, kde tolerance byla určena na $\pm 20 \text{ mm}$ a rovinnost, kdy musel být splněn parametr $\pm 8 \text{ mm}/2 \text{ m}$. V nevyhovujících částech bylo přistoupeno k povrchové úpravě, kde bylo nutné vytyčit oblast úpravy a také provést následné zaměření.

Finální práce se odehrávaly na svršku mostu a aplikaci mostního příslušenství. Nejprve byla realizována mostní římsa. Při této konstrukci byly kromě vlastní římsy vytyčovány také kotvy, které římsu ukotvují. Mostní římsa navíc podléhala kontrole skutečného provedení, kde tolerance byla stanovena na hodnoty $\pm 15 \text{ mm}$ v poloze, $\pm 10 \text{ mm}$ ve výšce a v rovinnosti na $6 \text{ mm}/2 \text{ m}$ U $15 \text{ mm}/16 \text{ m}$. Dále bylo provedeno vytyčení zábradelního svodidla a osazení mostního závěru, kdy rozdíl výšky osazeného závěru nesměl být vůči projektované výšce větší než 4 mm a musely být dodrženy projektované sklony, kdy mezní rozdíl byl stanoven na $\pm 0,2 \%$.

Vzhledem k termínu odevzdání diplomové práce, kdy práce byla odevzdána dříve, než dokončení výstavby estakády, nebylo předmětem této práce vytyčení protihlukové stěny, zábradlí a kontrolní měření asfaltových vrstev vozovky. Bylo přistoupeno ke stanovení mezních vytyčovacích odchylek a k určení posuzovacích kritérií v rámci kontrol vozovky dle platných závazných předpisů.

Geodetické práce při výstavbě mostní konstrukce lze klasifikovat jako velmi zajímavé, co se do členitosti stavby týče, avšak jsou velmi náročné z hlediska času, množství měření a požadované přesnosti. Taktéž je nutné uvažovat rizika práce, kdy se jedná zejména o práci ve výškách. Výsledná práce může být přínosná v budoucí realizaci zkapacitnění městského okruhu, kdy bude vystavována totožná mostní konstrukce v těsné blízkosti jakožto druhý jízdní pás.

Seznam použitých zkratk

S-JTSK	Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
DSPS	Dokumentace o skutečném provedení stavby
SO	Stavební objekt
HGS	Hlavní geodet stavby
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
DKM	Digitální katastrální mapa
ZVS	Základní vytyčovací síť
RDS	Realizační dokumentace stavby
PD	Projektová dokumentace
ČSN	Česká státní norma
KZP	Kontrolní a zkušební plán
TDS	Technický dozor stavby
TKP	Technické kvalitativní podmínky staveb

Seznam příloh na CD

Příloha 1	Analýza rizik – Geodetické práce
Příloha 2	Protokol o návrhu a stabilizace bodů základní vytyčovací sítě
Příloha 3	Nivelační údaje bodu AH 12.2
Příloha 4	Seznam souřadnic bodů ZVS a mikrosítě
Příloha 5	Schéma vytyčovací sítě
Příloha 6	Vytyčovací výkres – zakládání
Příloha 7	Geodetický protokol o kontrolním zaměření podkladního betonu.
Příloha 8	Vytyčovací výkres – základy opěry OP1
Příloha 9	Geodetický protokol o kontrolním zaměření základu opěry OP1
Příloha 10	Vytyčovací výkres – základy pilířů
Příloha 11	Geodetický protokol o kontrolním zaměření základu a hlavice pilíře
Příloha 12	Vytyčovací výkres – nosná konstrukce
Příloha 13	Geodetický protokol o kontrolním zaměření podložiskových bločků
Příloha 14	Kontrolní zaměření bednění mostovky
Příloha 15	Kontrolní zaměření výztuže
Příloha 16	Geodetický protokol o kontrolním zaměření mostovky
Příloha 17	Vytyčovací výkres – mostní římsa
Příloha 18	Geodetický protokol o kontrolním zaměření mostní římsy
Příloha 19	Vytyčovací výkres – zábradelní svodidlo
Příloha 20	Vytyčovací výkres – mostní závěr

Seznam obrázků

- Obr. 1 - Lokalizace města Plzně [2]
- Obr. 2 – Trasa západní části městského okruhu [4]
- Obr. 3 - Vizualizace estakády – pohled na SO 1202B a 1202C [5]
- Obr. 4 - Robotizovaná totální stanice [8]
- Obr. 5 - Digitální nivelační přístroj [9]
- Obr. 6 - 360° minihranol [10]
- Obr. 7 – Ukázka prostředí SW Trimble Access [12][11]
- Obr. 8 - Ukázka prostředí SW GROMA
- Obr. 9 - Ukázka prostředí Microsoft Excel
- Obr. 10 - Ukázka prostředí SW MGEO
- Obr. 11 - Ukázka signalizace a stabilizace bodu ZVS
- Obr. 12 - Schéma základní vytyčovací sítě
- Obr. 13 - Sloupek mikrosítě s observačním stolkem
- Obr. 14 - Schéma mikrosítě
- Obr. 15 - Ukázka vytyčovacího výkresu
- Obr. 16 - Ukázka KZP
- Obr. 17 - Podélný řez plošným založením a hlubinným vrtáním z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 18 - Ukázka pažení pomocí štětovnic [17]
- Obr. 19 - Grafické znázornění kontrolního zaměření výšek podkladního betonu
- Obr. 20 - Řez opěrou OP1 z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 21 - Půdorys s vytyčovacími body dle projektové dokumentace
- Obr. 22 - Opěra OP1 během výstavby
- Obr. 23 - Závěrná zídka a úložný práh opěry OP1
- Obr. 24 - Schéma tvaru pilíře z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 25 - Zárodek dřívku na výztuži základu pilíře
- Obr. 26 - Rovnání bednění hlavice pilíře
- Obr. 27 - Řez nosnou konstrukcí z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 28 – Podožiskový bloček před osazením ložiska
- Obr. 29- Řez ložiskem z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 30 – Osazování ložiska
- Obr. 31 - Řez nosnou konstrukcí a mostovkou z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 32 - Pohled na bednění betonážního taktu nosné konstrukce
- Obr. 33 - Kontrolní zaměření bednění nosné konstrukce před armováním

- Obr. 34 - Schéma rozmístění měřících bodů
- Obr. 35 - Schéma rozmístění značek v řezu dle příkazu PŘ č.3/2014 [19]
- Obr. 36 - Kontrolní zaměření výztuže nosné konstrukce
- Obr. 37 - Posuvná skruž [20]
- Obr. 38 - Grafické znázornění výškových deformací
- Obr. 39 - Nosná konstrukce a mostovka po odbednění
- Obr. 40 - Kontrolní měření deformace nosné konstrukce
- Obr. 41 – Detekované oblasti k úpravě povrchu mostovky
- Obr. 42 - Průřez mostní římsou dle projektové dokumentace
- Obr. 43 - Ukázka z vytyčování mostní římsy
- Obr. 44 - Řez zábradelními svodidly dle projektové dokumentace
- Obr. 45 - Půdorys mostního závěru na OP1 z pohledu projektové dokumentace
- Obr. 46 - Osazený mostní závěr
- Obr. 47 - Řez mostním odvodňovačem z pohledu projektové dokumentace

Seznam tabulek

- Tab. 1 - Přesnost vytyčování mostních konstrukcí dle ČSN 73 0402-2
- Tab. 2 – Souřadnice bodů ZVS
- Tab. 3 - Souřadnice bodů mikrosítě s těžkou stabilizací
- Tab. 4 - Souřadnice bodů dohušťující mikrosítě
- Tab. 5 - Konstrukční skupiny
- Tab. 6 - Kontrolní zaměření výšek podkladního betonu
- Tab. 7 – Zaměření skutečného stavu základu opěry
- Tab. 8 – Zaměření skutečného stavu základu pilíře
- Tab. 9 - Zaměření skutečného stavu hlavice pilíře
- Tab. 10 - Zaměření skutečného stavu podložiskového bločku
- Tab. 11 – Výškové uložení ložiska
- Tab. 12 – Sledování výškových deformací konstrukce posuvné skruže (Takt T1A)
- Tab. 13 – Vyhodnocení výškových deformací bednění
- Tab. 14 – Vyhodnocení výškových deformací mostovky
- Tab. 15 - Vyhodnocení výškových deformací pilířů během betonáže taktu T4A
- Tab. 16 - Zaměření skutečného stavu mostovky
- Tab. 17 - Kontrolní zaměření mostní římsy
- Tab. 18 - Výškové odchylky mostního závěru

Seznam použitých zdrojů

- [1] Lokalizace města Plzeň. Google maps [online]. San Francisco: Google, 2022 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/Plzen>
- [2] Počet obyvatel v obcích – k 1.1.2021 [online]. Praha: Český statistický úřad, 2021 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112021>
- [3] Po stopách historie města. Město Plzeň [online]. Plzeň: Město Plzeň, 2018 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://www.plzen.eu/o-meste/historie/po-stopach-historie>
- [4] Městský okruh. Správa a údržba silnic Plzeňského kraje [online]. Plzeň: SÚSPK, 2022 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <http://www.suspk.eu/reference/mestsky-okruh>
- [5] V Plzni začala stavba městského okruhu v úseku Křimická – Karlovarská [online]. Plzeň: Město Plzeň, 2020 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.plzen.eu/o-meste/aktuality/aktuality-z-mesta/v-plzni-zacala-stavba-mestskeho-okruhu-v-useku-krimicka-karlovarska.aspx>
- [6] Projektová dokumentace pro provádění stavby: Technická zpráva. Liberec, 2019.
- [7] ČSN 73 6200 *Mosty – Terminologie a třídění*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [8] Technické parametry – Trimble S5. GEOTRONICS Praha [online]. Praha: Geotronics, 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2021/04/022516-153G-cs-CZ_TrimbleS5_DS_A4_0121_LR-1.pdf
- [9] Technické parametry – Trimble DiNi 0.3. GEOTRONICS Praha [online]. Praha: Geotronics, 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://geotronics.cz/geodezie/nivelace/digitalni-nivelacni-pristroje/trimble-dini/>
- [10] Technické parametry - 360° minihranol Seco. G-Shop [online]. Bratislava: Geotronics, 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.g-shop.sk/360-odrazove-hranoly/specialna-360-minihranolova-zostava-517.html>
- [11] Trimble Access. GEOTRONICS Praha [online]. Praha: Geotronics, 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://geotronics.cz/geodezie/software/trimble-access/>
- [12] Trimble Access – Manuál. MMGEO [online]. Boskovice: MMGEO, 2015 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/114816811-Rychly-manual-pro-uzivatele-software-trimble-access-v-totalnich-stanicich-listopad-2015-mm.html>
- [13] Groma [online]. Praha: Geoline spol., 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/>
- [14] Microsoft Excel. Microsoft [online]. Redmond: Microsoft, 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/excel>
- [15] Geoprohlížeč ČÚZK. ČÚZK [online]. Praha: ČÚZK, 2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

- [16] ČSN 73 0420-2. *Přesnost vytyčování staveb: Část 2 - Vytyčovací odchylky*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002.
- [17] Michal Børud, 2017, Zapouštění štetovnic na Ostravici 2, YouTube video. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=9bdkTCTMJA0&t=543s>
- [18] Panáček J.: *Betonové mosty I – modul M03 – Spodní stavba a příslušenství mostních objektů*
- [19] PŘ. č. 3/2014: *Metodický pokyn pro sledování výškového přetvoření mostů*. In: . Praha: ŘSD, 2014, ročník 2014, číslo 3. [cit. 2022-05-05] Dostupné také z: <https://www.rsd.cz/documents/20125/45516/PPR%2B0314.pdf/a60f9112-4f46-82a8-c61b-42ce5203df6f?t=1641557956753>
- [20] Posuvná skruž pro betonáž mostu. Michna&Perháč s.r.o. [online]. Brno: Michna&Perháč, 2021 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <https://www.mpce.cz/l/posuvna-skruz-pro-betonaz-mostu/>
- [21] TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ: *Kapitola 7 HUTNĚNÉ ASFALTOVÉ VRSTVY*. Politika jakosti pozemních komunikací [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2008, duben 2008 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_7.pdf
- [22] ČSN 73 6121: *Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.