



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Zörkler Jméno: Michael Osobní číslo: 424221

Zadávací katedra: K 133 Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem

Název diplomové práce anglicky: The design of reconstruction of Benesuv bridge in Usti nad Labem

Pokyny pro vypracování:

Základní popis stávající mostní konstrukce, její stav a nutné opravy

Možnosti rekonstrukce a její rozsah

Návrh železobetonové předpjaté mostovky plnící funkci táhla

Postup realizace rekonstrukce, statické ověření

Základní výkresová dokumentace

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 4.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

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 nutné 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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem

The design of reconstruction of Benes bridge in Ústí nad Labem

Vypracoval: Michael Zörkler

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.

Leden 2019

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Mladé Boleslavi, 6. ledna 2019

.....
Bc. Michael Zörkler

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych v této části poděkoval vedoucímu práce panu doc. Lukáši Vráblíkovi za spolupráci a rady, které mi dával při konzultacích, za čas, který mi věnoval a pomohl mi se v dané problematice lépe orientovat. Chtěl bych touto cestou poděkovat i kanceláři V-CON, s.r.o. za poskytnuté podklady a konzultace, a v neposlední řadě i kolektivu kanceláře Finley Engineering Group, jmenovitě Jindrovi, Vojtovi, Jirkovi, Honzovi a Helče za poskytnutí všech nástrojů, prostoru a vytvoření příjemné atmosféry pro tvorbu této diplomové práce. Na závěr patří poděkování i mým rodičům a blízkým za to, že mi umožnili nerušeně pracovat a za jejich psychickou i materiální podporu po dobu celého mého studia.

ABSTRAKT

ZÖRKLER, Michael. Návrh opravy mostu Edvarda Beneše v Ústí nad Labem. Praha, 2019. Diplomová práce. České vysoké učení technické, Fakulta stavební

Cílem této diplomové práce je návrh rekonstrukce mostu Edvarda Beneše v Ústí nad Labem, zjištění stavu současné konstrukce, vytvoření variant řešení a posoudit vybranou variantu a ověřit její statické chování.

Práce je rozdělena do tří částí. První část se věnuje historii mostu, popisu stávajícího stavu, možnostmi rekonstrukce z hlediska konstrukčního a finančního, popisu zvolené varianty s postupem výstavby a zabývá se jejím modelováním. Problematika je zaměřena především na náhradu táhla oblouku. Druhá část se věnuje statické analýze konstrukce a posouzením mostovky a oblouku. Třetí část se skládá z výkresové dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

obloukový most, Josef Melan, rekonstrukce, nýtovaný, fáze výstavby, ocel, předpjatý beton, most přes Labe, Ústí nad Labem

ABSTRACT

ZÖRKLER, Michael. The design of reconstruction of Benesuv bridge in Usti nad Labem. Prague, 2019. Master's Thesis. Czech technical university, Faculty of civil engineering

The aim of this thesis is the design of reconstruction of Edvard Beneš bridge in Ústí nad Labem, determination of the state of current construction and to create the solution variants. Assess the selected option and verify its static behavior.

The thesis is divided into three parts. The first part is focused on history of the Beneš bridge, description of the current state, the possibilities of reconstruction from a constructional and financial point of view, description of the selected variant with the proces of construction and its modeling. The main focus is in the replacement of the arc rod. The second part deals with the static analysis of the construction and assessment of the bridge deck and arc. The third part include common drawings.

KEY WORDS

arch bridge, Josef Melan, repair, rivited, construction stage analysis, steel, post-tension concrete, Elbe bridge, Usti nad Labem



OBSAH

OBSAH.....	5
TEXTOVÁ A TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1. ÚVOD.....	11
2. REŠERŠE.....	12
2.1. Historie.....	12
2.1.1. Období Rakouska-Uherska (do roku 1918).....	12
2.1.2. Období První republiky (1918-1938).....	12
PŘÍPRAVA STAVBY.....	13
STAVBA MOSTU.....	13
2.1.3. Období po roce 1938.....	16
2.2. Stávající stav.....	19
2.2.1. Obecný popis mostu.....	19
2.2.2. Popis konstrukčních prvků.....	20
OBECNÝ POPIS KONSTRUKCE.....	20
POUŽITÉ MATERIÁLY.....	20
STŘEDNÍ POLE – OBLOUKOVÁ ČÁST A KONZOLA.....	21
VLOŽENÉ POLE.....	22
2.3. Varianty řešení rekonstrukce.....	24
2.3.1. Přepočítání stávající konstrukce.....	24
2.3.2. Varianta 1 – Zesílení a oprava stávající konstrukce.....	25
2.3.3. Varianta 2 – Ocelová ortotropní mostovka.....	27
2.3.4. Varianta 3 – Mostovka z předpjatého betonu.....	29
2.3.5. Varianta 4 – Spřažená ocelobetonová mostovka.....	31
2.3.6. Zhodnocení variant.....	33
Varianta č.1	33
Zesílení a oprava stávající konstrukce.....	33
Varianta č.2	33
Ocelová ortotropní mostovka.....	33



Varianta č.3	34
Zesílení a oprava stávající konstrukce.....	34
Varianta č.4	34
Spřažená ocelobetonová mostovka	34
3. NOVÝ STAV.....	35
3.1. Obecný popis a technické údaje.....	35
3.2. Použité materiály	35
3.3. Návrh nového stavu.....	36
3.3.1. Návrh mostovky – Oblouková část	36
3.3.1.1. HMOTNOST NOVÉ MOSTOVKY	37
3.3.1.2. NÁVRH PŘEDPÍNACÍ SÍLY	38
3.3.1.3. OVĚŘENÍ TUHOSTI MOSTOVKY	41
3.3.1.4. ZÁVĚR	41
3.3.2. Návrh mostovky – Krajní pole	42
3.3.2.1. STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL	43
3.3.2.2. NÁVRH PŘEDPĚTÍ.....	43
3.3.2.3. ZÁVĚR	45
3.4. Postup výstavby mostu.....	46
3.4.1. Úvod	46
3.4.2. Popis jednotlivých fází výstavby	46
4. VÝPOČETNÍ MODEL.....	54
4.1. SOFiSTiK.....	54
4.1.1. SOFiPLUS	54
4.1.2. Popis jednotlivých prvků konstrukce	55
4.2. Analýza konstrukce	59
4.2.1. Zatížení	59
4.2.2. Předpětí	61
4.2.3. CSM - Postup výstavby.....	62
4.2.4. Výsledky	68
VÝPOČTOVÁ ČÁST	71



5. PARAMETRY PRO VÝPOČET	73
5.1. Charakteristiky materiálů – Stávající stav	74
5.1.1. Konstrukční ocel	74
5.2. Charakteristiky materiálů – Nový stav	74
5.2.1. Beton	74
5.2.2. Betonářská výztuž	75
5.2.3. Předpínací výztuž – Systém VSL International, Ltd.	75
5.2.4. Konstrukční ocel	75
5.3. Součinitele materiálů	76
6. ZATÍŽENÍ	77
6.1. Stálá zatížení	77
6.1.1. Vlastní tíha	77
6.1.1.1. OBJEMOVÉ TÍHY MATERIÁLŮ	77
6.1.2. Ostatní stálé – Nový stav	77
6.2. Proměnná zatížení	78
6.2.1. Zatížení dopravou	78
6.2.1.1. MODEL LM1	78
6.2.2. Zatížení větrem	79
6.2.3. Zatížení chodci	80
6.3. Předpětí	80
6.4. Dotvarování a smršťování betonu	81
6.5. Součinitele zatížení	81
6.6. Zatěžovací stavy	82
7. POSOUZENÍ OBLOUKU	95
7.1. Průřezové charakteristiky	95
7.2. Posouzení oblouku a vnitřní síly	98
7.3. ULS – Vzpěr oblouku	128
7.3.1. Vybočení oblouku ve své rovině	128



7.3.2.	Vybočení oblouku ze své roviny	129
7.4.	ULS – Smyk	131
7.5.	ULS – Ohyb	131
7.6.	ULS – Interakce Vzpěr+Ohyb	132
7.7.	SLS – Normálová napětí v oblouku	133
8.	POSOUZENÍ MOSTOVKY	134
8.1.	Stanovení krytí pro betonářskou výztuž	134
8.1.1.	Minimální krycí vrstva betonu dle ČSN EN 1992	134
8.1.2.	Minimální krycí vrstva dle požadavků TKP 18	134
8.1.3.	Nominální krycí vrstva	134
8.2.	Posouzení mostovky	135
8.2.1.	Vykreslení napětí	135
8.2.2.	SLS – Uvedení do provozu – kvazistálá kombinace	151
8.2.3.	SLS – Uvedení do provozu – častá kombinace	151
8.2.4.	SLS – Uvedení do provozu – charakteristická kombinace	151
8.2.5.	SLS – Konec životnosti – kvazistálá kombinace	151
8.2.6.	SLS – Konec životnosti – častá kombinace	151
8.2.7.	SLS – Konec životnosti – charakteristická kombinace	151
9.	ZÁVĚR	153
10.	POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA	154
10.1.	Normy a předpisy	154
10.2.	Literatura	154
10.3.	Internetové stránky	155
10.4.	Použité programy	155
11.	SEZNAM OBRÁZKŮ	155
12.	SEZNAM TABULEK	158



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem

TEXTOVÁ A TEORETICKÁ ČÁST



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem



1. ÚVOD

Tato diplomová práce se věnuje problematice řešení rekonstrukce mostu dr. Edvarda Beneše v Ústí nad Labem z roku 1936. Nýtovaná ocelová konstrukce složená z ocelového oblouku s táhlem, závěsy a s klasickou mostovkou z příčníků a podélníků, podpírající železobetonovou desku již vykazuje značná oslabení a problémy. Současný stav konstrukce je nevyhovující. Po vypracování podrobného průzkumu mostu a stanovení jeho zatížitelnosti bylo přikročeno k omezení dopravy na mostě. Informace o stavu mostu a jeho nosné konstrukce budou pokladem pro vytvoření variant rekonstrukce.

Práce je rozdělená na dílčí části. V úvodní části se práce věnuje historii mostu, stávajícímu stavu mostu a variantám řešení rekonstrukce s analýzou jejich pozitiv a negativ. Z prezentovaných variant bude vybrána jedna, která bude rozpracována podrobněji v přibližném rozsahu pro stupeň DSP. Pro statickou analýzu bude vytvořen výpočetní model konstrukce, z něhož budou získány vnitřní síly a napětí v konstrukci. Posouzení bude provedeno pro střední pole mostu, tj. pro ocelový oblouk a betonovou mostovku. Bude ověřeno, zda tyto části vyhovují všem zatěžovacím stavům a jsou schopné ze statického hlediska fungovat. Poslední částí budou přehledné výkresy konstrukce, výkres betonové konstrukce a výkres postupu výstavby.



2. REŠERŠE

2.1. Historie

2.1.1. Období Rakouska-Uherska (do roku 1918)

Z Ústí nad Labem se v průběhu 19. století stalo vyspělé průmyslové město. Významnou roli hrálo lodní doprava a lodní stavitelství, pivovarnictví, chemický průmysl a těžba uhlí. O významu tohoto města v této době svědčí i vytvoření železničního spojení s Prahou a Drážďany a to již v roce 1851. Tato trať vedla podél levého břehu Labe a je i dodnes jednou z hlavních železničních tratí v České republice.

Při stavbě trati Rakouské severozápadní dráhy, která vedla podél pravého labského břehu, vznikla potřeba vytvoření přemostění mezi Střekovem a Ústím. V důsledku toho byl postaven v letech 1871-1872 první most přes Labe v Ústí nad Labem. Jednalo se o kombinovaný dvoupatrový příhradový ocelový most, který sloužil ve svém prvním patře pěším a povozům, po druhém patře vedla železniční trať.



Obrázek 1 - První železniční most v Ústí nad Labem (okolo r. 1900)

S prudkým rozvojem automobilové, nákladní i autobusové dopravy přestal tento první labský most vyhovovat. Těžké podmínky měly jak nákladní vozy, tak i autobusy, jelikož musely na most najíždět velmi prudkými oblouky. Proto se začalo uvažovat o stavbě nového silničního mostu, který by tento problém vyřešil. O stavbě nového mostu se začalo uvažovat již v roce 1908, pro jeho realizaci však nebyly v té době finanční prostředky.

2.1.2. Období První republiky (1918-1938)

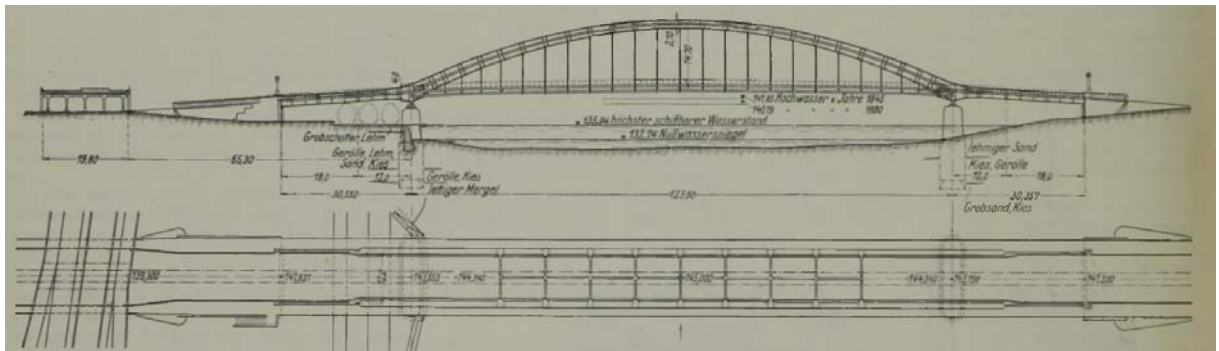
Na myšlenku vytvoření nového městského silničního mostu se navázalo v roce 1920. Městský stavební úřad v Ústí nad Labem nechal vyhotovit generální projekt stavby, avšak v období po první světové válce se musel ve městě řešit nedostatek bytů, a tím pádem se stavba nového mostu o pár let posunula.



PŘÍPRAVA STAVBY

V období mezi lety 1926-1931 se již začalo s přípravou projektu. Byl vytvořen městský výbor pro stavbu mostu, jehož cílem bylo celý projekt řídit a zajistit jeho financování. Bylo uvažováno o dvou variantách přemostění, železobetonový nebo ocelový obloukový most. Přestože by byla železobetonová konstrukce o téměř 3 000 000 Kčs levnější, z důvodu agresivního ústeckého ovzduší zvítězila varianta s ocelovou konstrukcí.

Vytvořením podrobné projektové dokumentace byl pověřen věhlasný a v té době renomovaný rakouský profesor Ing. Josef Melan (1853-1941), který je známý svým patentem obloukových betonových mostů, u nichž výztuž tvoří ocelové příhradové nosníky. Jeho mosty lze nalézt ve Spojených státech amerických a ve státech bývalého Rakouska-Uherska. Snad nejznámější je Dračí most v Lublani z roku 1901.



Obrázek 2 – Návrh mostu dr. Edvarda Beneše, Josef Melan (1929)

STAVBA MOSTU

Stavba započala na začátku roku 1934. Do stavby se zapojilo kromě zavedených firem i mnoho místních stavebních společností a továren. Mezi hlavní společnosti podílející se na stavbě mostu patřily:

Vítkovické důlní a železářské společnosti – montážní díly oblouku, závěsů a částí mostovky

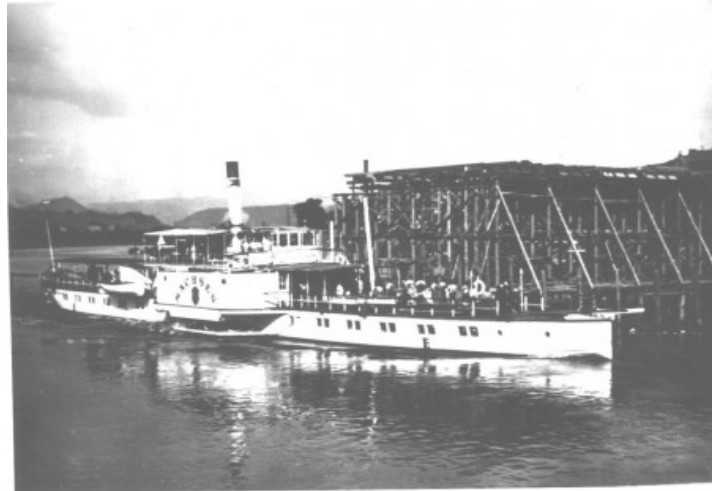
Bratři Prášilové & spol. - příčníky

akciová společnost Georg Schicht – chodníkové konzoly a zábradlí

Pittel & Brausswetter, Köhler a spol. - zakládání

Na jaře 1934 se začalo s budováním základů mostů na střekovské straně. Bylo zvoleno založení na hlubinných kesonech, ve kterých se pracovalo 24 hodin denně. Postupovalo se rychlostí 30cm/den. Poté co pracovníci narazili na čedičové podloží, bylo nutné horninu odstřelovat. Komory byly poté vyskládány žulovými kvádry a vybetonovány.

Před zahájením montáže ocelové konstrukce a stavbou pilířů bylo nutno sanovat prostor na ústecké straně. V souvislosti s tím vzniklo nové náměstí (dnes známé jako Předmostí). Upravilo ústecké nábřeží, vystavělo provizorní dřevěné lešení a postavila se hráz pro regulaci vody v okolí stavby. Pro lodní dopravu byl ponechán 30 m široký plavební prostor, který překlenovala provizorní ocelová konstrukce.



Obrázek 3 – Stavba mostního pilíře (1934)

Montáž nosné konstrukce započala v květnu roku 1935. Konstrukce středního pole se skládala z několika montážních dílů, které byly nejprve provizorně spojeny šroubovými spoji, sestaveny a až poté snýtovány. Po sestavení středního pole byla přidána i pole krajní (vložená). Celkem se na mostě nachází více než 140 000 nýtů. Ocelová nosná konstrukce mostu byla dokončena v září 1935.



Obrázek 4 – Montáž ocelové konstrukce (1935)

Zbývaly už jen práce na mostním svršku. Na již hotovou konstrukci byla vylita železobetonová deska se zesílením ve střední části. Byly položeny izolační vrstvy vozovky, živичné vrstvy vozovky a cementový potěr. Do vozovky byly položeny i kolejnice tramvajové dráhy. Povrch vozovky tvořily dřevěné hranoly, z důvodu zmenšení hmotnosti. Za deště býval tento povrch velmi kluzký a stával se příčinou mnoha dopravních nehod.

Zatěžovací zkouška byla provedena 27. července 1936. Na most najelo 8 tramvajových vozů, 8 nákladních vlečných vozů, kropicí vůz a dva parní válce o celkové hmotnosti 28 tun. Most zvládl zkoušku bez problémů. Byla provedena i technicko-policejní zkouška tramvajového svršku.



Obrázek 5 – Slavnostní otevření mostu 9.srpna 1936

Most byl slavnostně otevřen 9. srpna 1936 za účasti vzácných hostů. Na Předmostí byla postavena tribuna a celé náměstí bylo vyzdobeno státními symboly, a střekovskými a ústeckými prapory. Nejprve zazněla československá státní hymna, kterou následovaly projevy ústeckého starosty Leopolda Pötzla, střekovského starosty Vincence Řepky a ministerského rady dr. Karla Žižky z ministerstva veřejných prací. V nelehké době roku 1936 se snažili řečníci upozornit na to, jak symbolický je tento most právě pro toto město. Mluvili nejen o spojení dvou obcí ale i o vzájemném porozumění mezi Čechy a Němci. Pozdější události ukázaly, že přání starostů a ministerského rady naplněny nebyly.



Obrázek 6 – Tramvajový provoz na mostě

Následně nic nebránilo tomu, aby byl mostu uveden do provozu. Stavba mostu trvala necelé 2,5 roku. Celkové náklady činily více než 20 mil. Kčs. Most se zařadil mezi tehdejší největší mosty v Československu.

Zajímavosti:

- průměrná hodinová mzda pro pomocné dělníky na stavbě byla 3,45 Kčs, pro specializované profese 4,51 Kč
- den po otevření se na mostě začalo platit mýto: motocykl 1,50 Kč, osobní automobil 2,50 Kč, chodci a pasažéři 20 haléřů, nákladní automobil 3,50 Kč; mýto bylo zrušeno v říjnu 1938



2.1.3. Období po roce 1938

Po přijetí Mnichovské dohody Československem v září 1938 se město Ústí nad Labem, společně s dalšími částmi pohraničí, stalo součástí nacistického Německa. V důsledku toho byl most poprvé přejmenován. Dostal název Hermann-Göring Brücke.



Obrázek 7 – Obsazení města německou armádou (1938)

Ke konci války v dubnu 1945 se Ústí stalo obětí několika spojeneckých náletů. V důsledku toho byla zničena téměř pětina města. Předměstská část Ostrov byla zničena úplně, těžce byly poškozeny ústecké kostely, taktéž železniční budovy a koleje, ušetřen nebyl ani železniční most z roku 1872. Byl provizorně opraven a v roce 1958 rozebrán a nahrazen. Most Hermanna Göringa poničen nebyl. Po válce bylo mostu vráceno pojmenování po prezidentu Benešovi.

V červenci roku 1945 se na mostě udála jedna z velmi tragických událostí čerstvé poválečné doby, tzv. Ústecký masakr. Po výbuchu muničního skladu v Krásném Březně vypukly násilnosti na německém obyvatelstvu. Páchaly ho především Revoluční gardy společně s civilním obyvatelstvem. Na Předmostí a také přímo na mostě bylo zabito přibližně 50 lidí. O hanebnosti tohoto činu svědčí i shození ženy přímo z mostu a to společně s jejím kočárkem, ve kterém se nacházelo malé dítě.

V roce 1952 byl most podruhé přejmenován. Dostal jméno po řeckém odbojáři a vůdčím představiteli Řecké Komunistické strany Nikosi Belojanisovi, který byl ve stejný rok v důsledku tehdejší politické situace v Řecku popraven.



Obrázek 8 – Pohled na ústecké mosty

V průběhu 60. let byl postupně ukončován provoz tramvají v Ústí nad Labem. Okolo roku 1968 byla zrušena trať do Střekova, a tím zmizely tramvaje i z mostu Nikose Belojanise. Tramvajový provoz byl definitivně zrušen v roce 1970.



Obrázek 9 – Noční pohled na ústecké mosty

V roce 1975 byly na mostě provedeny drobné úpravy. Zejména výměna dilatačních závěrů.

Již druhé vrácení původního názvu mostu proběhlo v roce 1990. Název Most dr. Edvarda Beneše zůstává až dodnes.

V roce 1994 proběhla velká rekonstrukce mostu. Byly zesíleny podélníky, vyměněny závěry a rozšířeny ložiskové bločky.

V současné době proběhlo na mostě několik drobných oprav mezi lety 2017-2018. Na mostě je nyní povolen vjezd pouze vozidlům do 3,5t a provoz autobusů a trolejbusů je pouze jednosměrný, řízený SSZ na obou koncích mostu. Vyhrazený pruh pro autobusy a trolejbusy se nachází uprostřed mostu. Most čeká velká



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem

rekonstrukce, která předpokládá zachování ocelového oblouku a převážné části závěsů. Rekonstrukce by měla být zahájena a dokončena během několika let.



Obrázek 10 – Pohled na most (současnost)



Obrázek 11 – Pohled na ocelový oblouk (současnost)

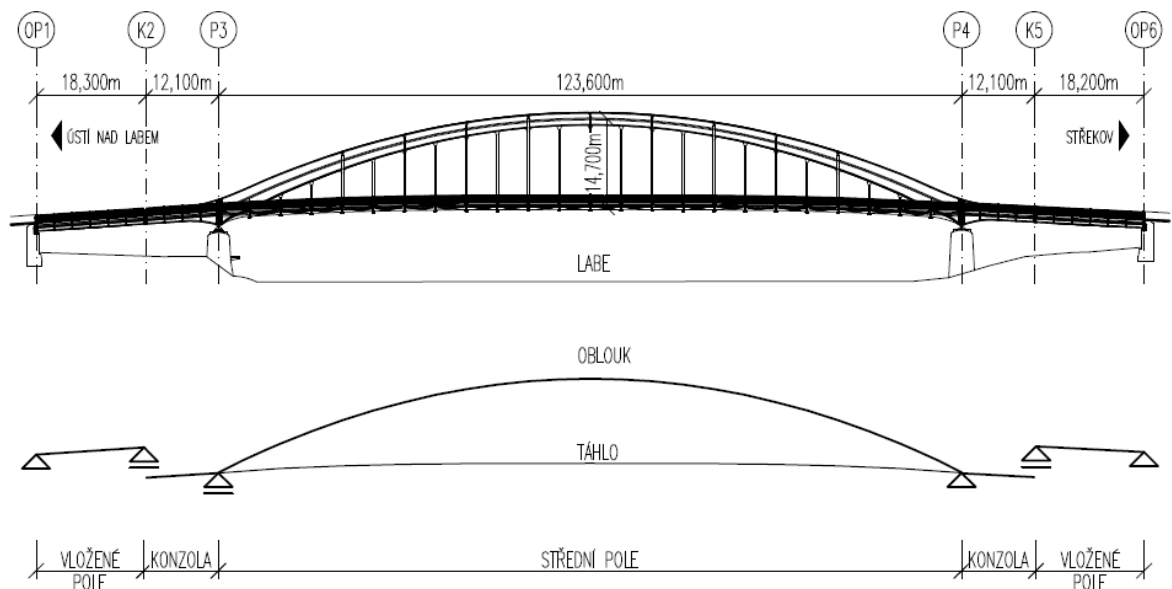


2.2. Stávající stav

2.2.1. Obecný popis mostu

Most dr. Edvarda Beneše se nachází v Ústí nad Labem, kde přemostňuje ulici Přístavní (součást silnice I/62), řeku Labe a střekovské nádbřeží. Spojuje centrum Ústí nad Labem s městskou částí Ústí nad Labem-Střekov. Jedná se historicky o druhý most v Ústí.

Z technického hlediska je most tvořen dvěma na sobě závislými konstrukcemi. Hlavní částí nosné konstrukce je oblouk s převislými konzolami na obou stranách, na nich jsou uloženy trámové konstrukce krajních polí. Rozpětí jednotlivých polí je 18,3m+12,1m+123,6m+12,1m+18,2m, celková délka nosné konstrukce činí 184,3m a celková délka mostu je 213,91m.



Obrázek 12 – Schema konstrukce

Most převádí osobní a trolejbusovou dopravu, po stranách mostu se na kozolách nachází prostor pro pěší a cyklisty. Šířka mezi zvýšenými obrubami je 9,615m, šířka chodníků je na levé straně 3,975m a na pravé straně 4,01m. Do prostoru chodníků zasahují lokálně konce závěsů šířkou 1,5m. Celková šířka mostu je 17,605m.

Hlavní technické údaje mostu:

Délka mostu	213,91m
Délka nosné konstrukce mostu	184,3m
Rozpětí krajního pole	18,3m a 18,2m
Rozpětí oblouku	123,6m
Vzěpětí oblouku	14,7m



Vzdálenost příčníků v krajním poli	3,0m
Vzdálenost příčníků na oblouku	5,150m
Celková šířka mostu	17,065m

2.2.2. Popis konstrukčních prvků

OBECNÝ POPIS KONSTRUKCE

Celá konstrukce mostu je nýtovaná. Skládá se z jednotlivých plechů spojených úhelníky nebo příložkami na pásnicích nebo stojinách. Tím se stává celá konstrukce velice složitá a komplikovaná. Na konstrukci je vidět i použití různých typů válcovaných profilů pro stejné nebo podobné konstrukční prvky. Typicky u podélníků nebo dolního podélného ztužení (zavětrování). Typické je taktéž u všech prvků rozdělení materiálu z hlediska namáhání. Průřezy uprostřed pole mají silné pásnice na rozdíl od průřezů u podpor. Mostovka mostu je klasická s příčnými a zapuštěnými podélníky.

POUŽITÉ MATERIÁLY

Dle Diagnostického průzkumu mostu, který byl proveden v roce 2016 společností Diagnostika stavebních konstrukcí, s.r.o., jsou na konstrukci použité následující materiály:

<u>Ocel třídy C38:</u>	mez kluzu	$f_y = 250 \text{ MPa}$
	mez pevnosti	$f_u = 380 \text{ MPa}$
	zábradlí, chodníkové konzoly, zavětrování	
<hr/>		
<u>Ocel třídy St48:</u>	mez kluzu	$f_y = 360 \text{ MPa}$
	mez pevnosti	$f_u = 560 \text{ MPa}$
	hlavní nosníky vložených polí, závěsy, příčle horního ztužení, příčnický, podélníky	
<hr/>		
<u>Ocel třídy St52:</u>	mez kluzu	$f_y = 350 \text{ MPa}$
	mez pevnosti	$f_u = 540 \text{ MPa}$
	oblouk, konzola oblouku, táhlo	
<hr/>		
<u>Beton C2/5:</u>	charakteristická válcová pevnost	$f_{c,k} = 2 \text{ MPa}$
	opěry	
<hr/>		
<u>Beton C12/15:</u>	charakteristická válcová pevnost	$f_{c,k} = 12 \text{ MPa}$
	deska mostovky	
<hr/>		

Výztuž – ocel třídy C37: mez kluzu $f_y = 230 \text{ MPa}$



mez pevnosti

$f_u = 370 \text{ MPa}$

STŘEDNÍ POLE – OBLOUKOVÁ ČÁST A KONZOLA

Hlavní částí je oblouk s převislými konzolami, který je tvořen ocelovým průřezem tvaru TT. Stěny jsou z plechu tl. 20mm proměnné výšky. V patě oblouku má výšku 3574 mm a ve vrcholu oblouku 2100mm. Horní pásnice má stálou tloušťku 36mm (3 plechy tl. 12mm). Spodní pásnice mají proměnnou tloušťku od 65mm v patě oblouku ke 30mm ve vrcholu oblouku. Ve střední přechodové části je tloušťka 45mm. Použity jsou plech tl. 10 a 15mm. Celková výška průřezu oblouku je v patě 4000mm ve vrcholu 2166mm.

Konzoly jsou poměrně jednodušší. Tvoří je pouze čtyři plechy. Horní pásnice je z plechu tl. 12mm, stojiny z plechu tl. 20mm a dolní pásnice z plechu tl. 15mm. Na konci konzoly má průřez výšku 2427mm, který je přibližně 6,5m stálý a poté nabíhá ve tvaru paraboly nad pilíř.

Závěsy mostu jsou tvořeny ocelovým I profilem výšky 830mm, který se rozšiřuje ve své spodní části u příčníků až na 1500mm. Skládá se z plechu tl. 11mm, lemovaným čtveřicí úhelníků. V horní části při napojení na oblouk se rozšiřuje a napojuje na horní příčný nosník. Závěs společně s tímto nosníkem vytváří rámové ztužení oblouku.

Táhlo oblouku má tvar hranaté „osmičky“. Skládá se z pěti bočních plechů tl. 20mm a 16mm, které tvoří boční části táhla. Vzájemně jsou tyto boční části spojeny po částech plechy v horní, střední i spodní části – jako členěný prut. Spojení je umožněno pomocí osmi úhelníků.

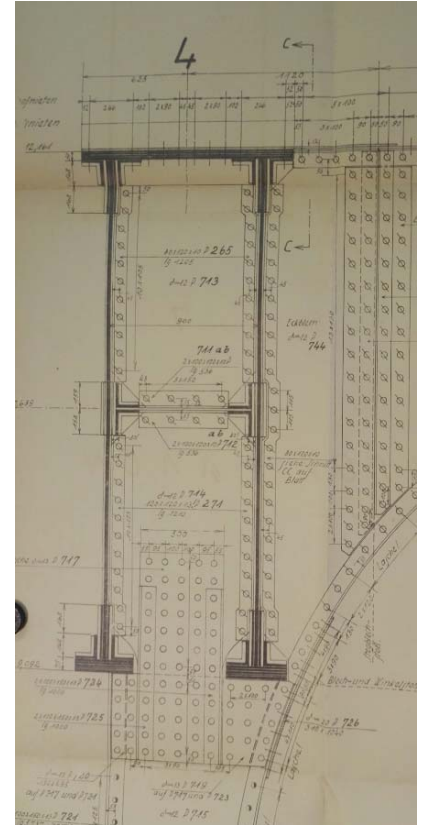
Příčnky jsou tvořeny průřezem tvaru I. Stojina je z plechu výšky 1050mm a tl. 12mm. Horní a dolní pásnice je odstupňovaná. Horní pásnice má výšku uprostřed rozpětí 30mm (3 plechy tl. 10mm) v místě spojení se závěsem 10 mm. Dolní pásnice má výšku uprostřed rozpětí 30mm (3 plechy tl. 10mm) v místě spojení se závěsem 20 mm.

Podélníky jsou původně z ocelových válcovaných profilů IPN 300-360 v obloukové části a z IPN 260 na konzole. Po rekonstrukci mostu v roce 1994 bylo na obloukové části 5 středních podélníků zesíleno svařencem tvaru I proměnné výšky s otvorem pro průchod podélného zavětrování a nebo ocelovým profilem I (prostřední podélní). Na konzole jsou zesíleny všechny podélníky kromě krajních. Podélníky jsou zde zesíleny válcovanými profily I160 nebo I180.

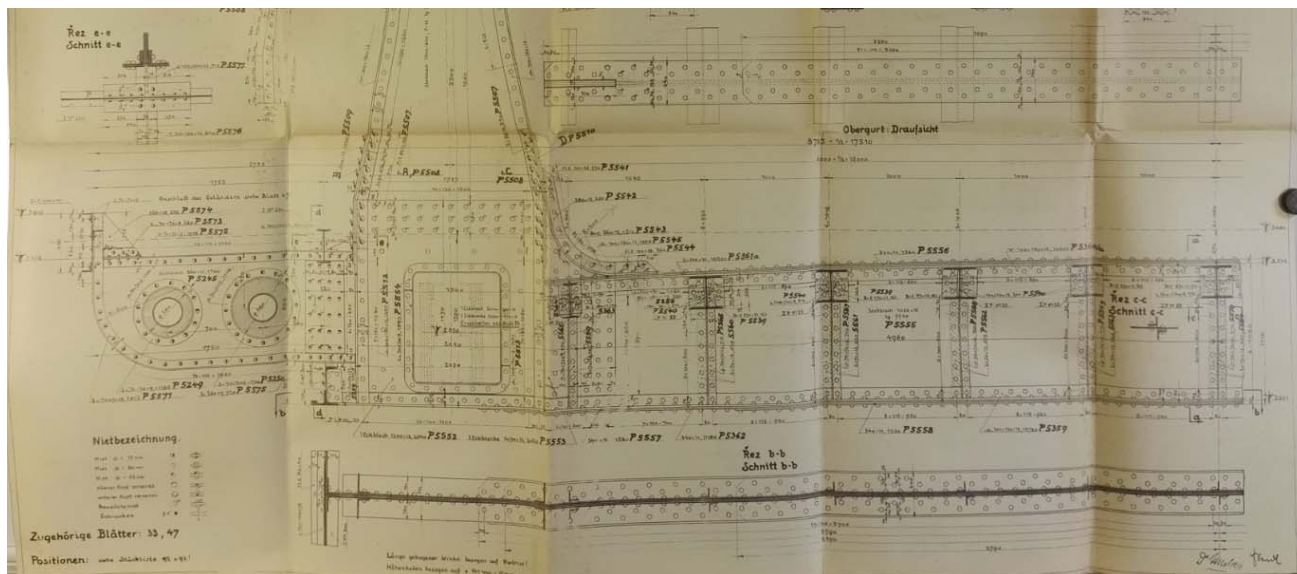
Vodorovné dolní ztužení mostu v obloukové části je tvořeno dvojicí profilů U220. Na konzole je tvořeno dvojicí úhelníků různých profilů (L80x8, L80x9, L80x120x10, L160x140x10).

Deska mostovky je železobetonová s tloušťkou 145 mm na krajích, uprostřed zesílená na tloušťku 205 mm. Stojiny podélníků jsou plně zakryty betonem. V těchto místech je deska tlustá až 305 mm. Na desce mostovky je položen spádový beton se sklonem 2%.

Skladba vozovky se skládá ze dvou asfaltových vrstev tl. 60mm a hydroizolace tl. 10mm.



Obrázek 13 – Průřez ocelového oblouku



Obrázek 14 – Typický příčný řez mostovkou

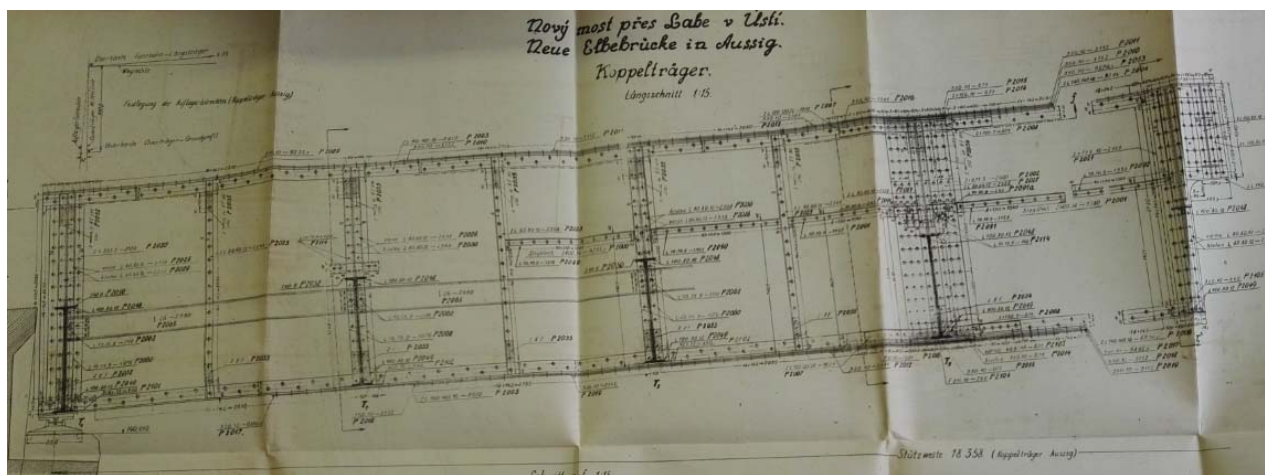
VLOŽENÉ POLE

Hlavní nosníky vloženého pole jsou tvořeny ocelovým I profilem s proměnnou tloušťkou horní a dolní pásnice. Stojina je tvořena plechem tl. 14 mm a výšky 2400mm. Pásnice jsou tvořeny až pěti plechy o tl. 10mm. Všechny prvky jsou spojené úhelníky. Výška hlavního nosníku se pohybuje mezi 2440 až 2500mm.

Příčníky jsou tvořeny průřezem tvaru I. Stojina je z plechu výšky 1100mm a tl. 11mm. Horní a dolní pásnice je odstupňovaná. Horní i dolní pásnice má výšku uprostřed rozpětí 27mm (3 plechy tl. 9mm).

Podélníky na vloženém poli jsou tvořené válcovanými profily IPN 260 nebo IPN 280. Stejně jako na konzole byly během rekonstrukce zesíleny válcovanými profily I 160 nebo I 200.

Vodorovné dolní ztužení mostu na vloženém poli je tvořeno dvojicí úhelníků různých profilů (L70x9, L80x10, L80x100x100).



Obrázek 15 - Hlavní nosník vloženého pole



2.3. Varianty řešení rekonstrukce

2.3.1. Přepočet stávající konstrukce

Dle podkladů z přepočtu zatížitelnosti mostu jsou stanoveny tyto hodnoty zatížitelnosti:

PRVEK	ČÁST MOSTU	V_N [T]	V_R [T]	$V_{R,1}$ [T]	V_E [T]
		NORMÁLNÍ ZATÍŽITELNOST	VÝHRADNÍ ZATÍŽITELNOST	VÝHRADNÍ ZATÍŽITELNOST	VÝJIMEČNÁ ZATÍŽITELNOST
ŽB DESKA MOSTOVKY	Střední pole	8	13,5	10,1	36
	Konzola	11	11,5	8,6	68
	Vložené pole	10	11,5	8,6	67
OBLOUK		38,8	167	-	350
KONZOLA		61,6	156	-	367
HLAVNÍ NOSNÍK VLOŽENÉ POLE		78,8	174	-	540
TÁHLO		64,3	328	-	786
ZÁVĚSY		11,2	28,3	-	70,4
KONCOVÝ PŘÍČNÍK	Konzola	16,4	37,1	-	203,1
	Vložené pole	33,4	57,6	-	253,6
PODÉLNÍKY		31,3	43,4	-	184,5

Z uvedených hodnot je patrné, že z hlediska zatížitelnosti je na tom nejhůře železobetonová deska mostovky, která pro normální zatížitelnost nedosahuje ve středním poli ani 10t. Proto v současné době je provoz na mostě omezen. Smí po něm přejíždět pouze automobily do 3,5t a provoz trojebusů po mostě je veden ve vyhrazeném pruhu v ose mostu a pouze jednosměrně.

Varianty řešení rekonstrukce se tím pádem zaměřují na hledání vhodné náhrady současné mostovky a úpravou konstrukce do té podoby, aby vytvořila kompaktní konstrukční celek.



2.3.2. Varianta 1 – Zesílení a oprava stávající konstrukce

První varianta, která by se dala nazvat „ekonomická“, by počítala se zachováním stávající konstrukce v celém rozsahu a rekonstrukce by se zabývala pouze výměnou nebo zesílením těch částí konstrukce, které to vyžadují. Stávající železobetonová deska mostovky by se nahradila novou. Tvořila by ji železobetonová deska u betonu třídy C30/37 a tl. 300mm. Společně s tím by došlo k zesílení a opravě konců závěsů u mostovky, položení nových vrstev vozovky a k výměně stávajícího ocelového zábradlí.

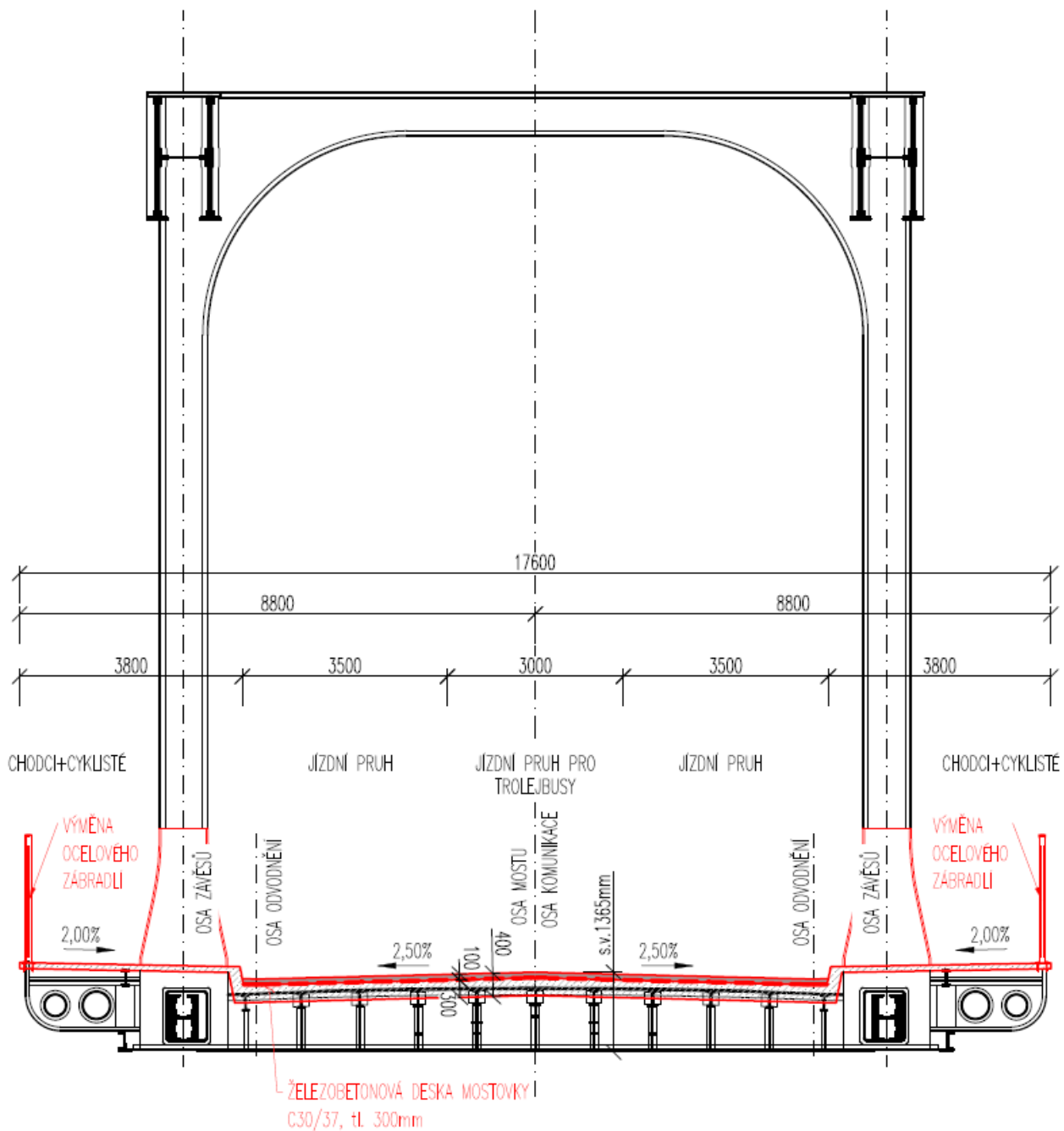
Na opěrách a na pilířích by došlo k repasování ocelových ložisek, opěry by byly sanovány, případně ubourány a dostavěny. V místech, kde to bude vyžadováno by se otryskala nosná konstrukce a byla by natřena novou PKO.

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	Cena za MJ	Cena
<u>bourané části:</u>						
V1-B-1	Betonová deska mostovky	2.65m ² *184.3m	M3	488.40	CZK 4 710	CZK 2 300 340
V1-B-2	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.73	CZK 3 170	CZK 78 386
<u>sanované části:</u>						
V1-S-1	Ocelová konstrukce vložených polí	589.36m ² *50%	M2	294.68	CZK 1 810	CZK 533 371
V1-S-2	Ocelový oblouk	1418.48m ² *50%	M2	709.24	CZK 1 810	CZK 1 283 724
<u>nové části:</u>						
V1-N-1	Betonová deska mostovky tl. 300 mm	3.94m ² /0.2m * 184.3m	M2	3630.71	CZK 9 812	CZK 35 624 527
V1-N-2	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.73	CZK 68 840	CZK 1 702 241
					CELKEM	CZK 41 522 589

Tabulka 1 - Náklady rekonstrukce - Varianta 1

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	MJ/t	Hmotnost [t]
<u>stávající konstrukce:</u>						
V1-S-1	Stávající mostovka		T	1664.58	1	1664.58
<u>bourané části:</u>						
V1-B-1	Betonová deska mostovky	2.65m ² *147.82m	M3	391.72	2.5	-979.31
V1-B-2	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.73	1	-24.73
<u>nové části:</u>						
V1-N-1	Betonová deska mostovky tl. 300 mm	2.92m ² /0.2m * 147.82m	M2	2158.32	0.5	1079.16
V1-N-2	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.73	1	24.73
					CELKEM	1764 tun

Tabulka 2 - Hmotnost mostovky na oblouku - Varianta 1



Obrázek 17 - Vzorový příčný řez - Varianta 1



2.3.3. Varianta 2 – Ocelová ortotropní mostovka

Druhá varianta, která by se dala nazvat „ocelářská“, by představovala náhradu konců závěsů a celé mostovky. Ta by se skládala z ortotropní ocelové desky, tvořené plechem tl. 14mm, vyztužené podélnými výztuhami. Mostovka by byla podélně podepřena ocelovými příčnicemi. V rámci zachování původního vzhledu mostu by měl příčník proměnnou výšku přibližně od 1000mm do 200mm.

Vložená pole mostu by byla snesena a byla by nahrazena ocelovou trémovou konstrukcí s dolní mostovkou, která by byla připojena na stávající konzoly oblouku. Tím by byla vytvořena spojitá konstrukce o třech polích.

Pokud to bude třeba, počítalo by se i se sanací pilířů a s přestavbou opěr. Ložiska na opěrách by byla úplně vyměněna, na pilířích by byla repasována. V této variantě by se taktéž počítalo s výměnou ocelového zábradlí, natřením konstrukce novou PKO a položením nových vrstev vozovky.

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	Cena za MJ	Cena
<u>bourané části:</u>						
V2-B-1	Betonová deska mostovky	$2.65m^2 \cdot 184.3m$	M3	488.395	CZK 4 710	CZK 2 300 340
V2-B-2	Ocelové části konců závěsů	$42ks \cdot 0.03m^2 \cdot 2.5m \cdot 7.85t/m^3$	T	24.7	CZK 3 170	CZK 78 386
V2-B-3	Vložená pole	2*66.16t	T	132.3	CZK 3 170	CZK 419 454
V2-B-4	Stávající mostovka	1664.58t	T	1664.6	CZK 3 170	CZK 5 276 719
<u>sanované části:</u>						
V2-S-1	Ocelový oblouk	$1418.48m^2 \cdot 50\%$	M2	709.24	CZK 1 810	CZK 1 283 724
<u>nové části:</u>						
V2-N-1	Ocelové části konců závěsů	$42ks \cdot 0.03m^2 \cdot 2.5m \cdot 7.85t/m^3$	T	24.73	CZK 68 840	CZK 1 702 241
V2-N-2	Ocelová mostovka	$39m \cdot 0.014m \cdot 184.3m \cdot 7.85t/m^3$	T	789.93	CZK 68 840	CZK 54 378 659
V2-N-3	Ocelové příčnicí	$39ks \cdot 0.024m^2 \cdot 17.1m \cdot 7.85t/m^3$	T	125.64	CZK 68 840	CZK 8 649 330
V2-N-4	Ocelové nosníky	$4ks \cdot 0.069m^2 \cdot 30.5m \cdot 7.85t/m^3$	T	66.08	CZK 68 840	CZK 4 549 037
V2-N-5	Betonové římsy	$2ks \cdot 0.98m^2 \cdot 184.3m$	M3	361.228	CZK 18 039	CZK 6 516 192
					CELKEM	CZK 85 154 083

Tabulka 3 - Náklady rekonstrukce - Varianta 2

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	MJ/t	Hmotnost [t]
<u>nové části:</u>						
V2-N-1	Ocelová mostovka	$39m \cdot 0.014m \cdot 147.82m \cdot 7.85t/m^3$	T	633.57	1	633.57
V2-N-2	Ocelové příčnicí	$21ks \cdot 0.024m^2 \cdot 17.1m \cdot 7.85t/m^3$	T	67.65	1	67.65
V2-N-3	Betonové římsy	$2ks \cdot 0.98m^2 \cdot 147.82m$	M3	289.73	2.5	724.32
					CELKEM	1425.54 tun

Tabulka 4 - Hmotnost mostovky na oblouku - Varianta 2



ČVUT

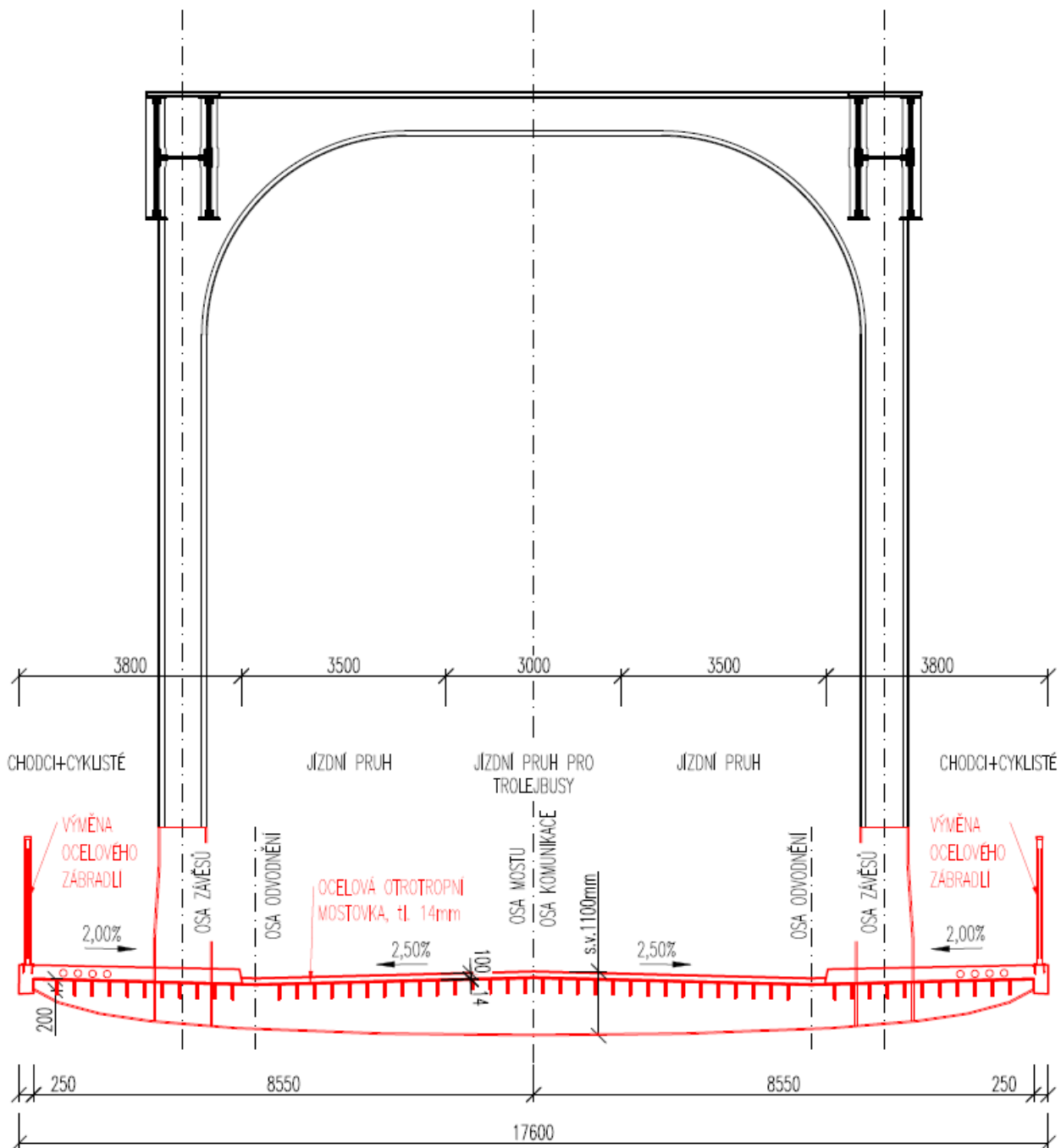
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem



Obrázek 18 - Vzorový příčný řez - Varianta 2



2.3.4. Varianta 3 – Mostovka z předpjatého betonu

Třetí varianta řešení, která by se dala nazvat „futuristickou“, by stejně jako předchozí představovala náhradu konců závěsů a celé mostovky. Mostovka by byla tvořena deskou tl. 250mm a dvěma masivními podélníky, které by nahrazovaly táhlo oblouku, z předpjatého betonu, a dvěma chodníkovými konzolami. Mostovka by byla podepřena ocelovými příčnicí v místech závěsů oblouku.

Vložená pole mostu by byla snesena a byla by nahrazena trémovou konstrukcí z předpjatého betonu. Tím by byla vytvořena spojitá konstrukce o třech polích.

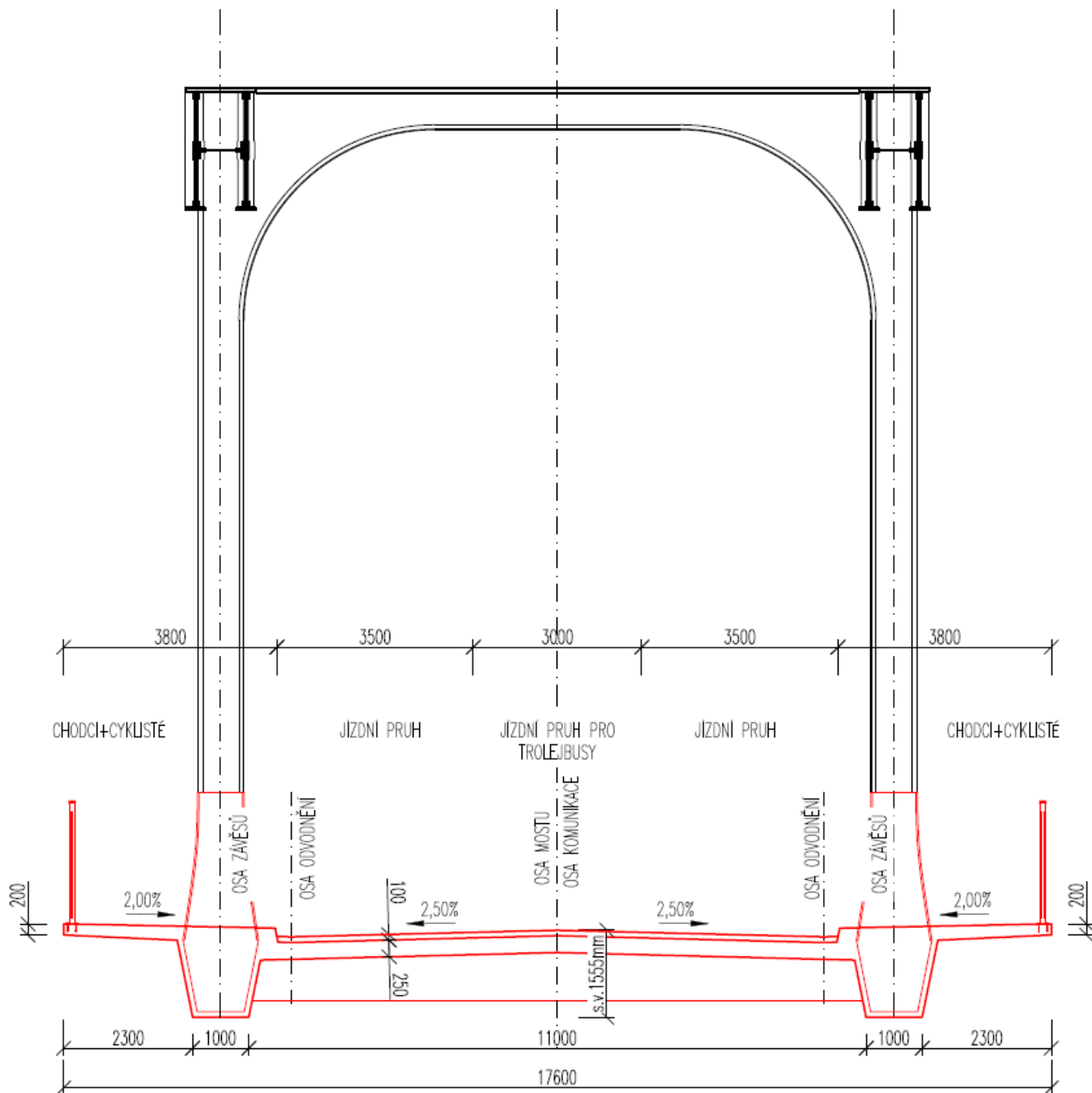
Pokud to bude třeba, počítalo by se i se sanací pilířů a s přestavbou opěr. Ložiska na opěrách by byla úplně vyměněna, na pilířích by byla repasována. V této variantě by se taktéž počítalo s výměnou ocelového zábradlí, natřením konstrukce novou PKO a položením nových vrstev vozovky.

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	Cena za MJ	Cena
<u>bourané části:</u>						
V3-B-1	Betonová deska mostovky	2.65m ² *184.3m	M3	488.395	CZK 4 710	CZK 2 300 340
V3-B-2	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.7	CZK 3 170	CZK 78 386
V3-B-3	Vložená pole	2*66.16t	T	132.3	CZK 3 170	CZK 419 454
V3-B-4	Stávající mostovka	1664.58t	T	1664.6	CZK 3 170	CZK 5 276 719
<u>sanované části:</u>						
V3-S-1	Ocelový oblouk	1418.48m ² *50%	M2	709.24	CZK 1 810	CZK 1 283 724
<u>nové části:</u>						
V3-N-1	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.73	CZK 68 840	CZK 1 702 241
V3-N-2	Táhlo z předpjatého betonu	2ks*3.21m ² /5.645m*123.7m	M2	141	CZK 12 420	CZK 1 747 279
V3-N-3	Ocelové příčnicí	39ks*0.024m ² *17.1m*7.85t/m ³	T	125.64	CZK 3 170	CZK 398 291
V3-N-4	Deska z předpjatého betonu tl.250mm	10.1m*184.3m	M2	1861	CZK 13 266	CZK 24 693 730
V3-N-5	Nosníky z předpjatého betonu	2ks*2.5m ² /1m*184.3m	M2	922	CZK 12 420	CZK 11 445 030
					CELKEM	CZK 49 345 196

Tabulka 5 - Náklady rekonstrukce - Varianta 3

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	MJ/t	Hmotnost [t]
<u>nové části:</u>						
V3-N-1	Táhlo z předpjatého betonu	2ks*3.21m ² /5.645m*147.82m	M2	168	14.1125	2372.51
V3-N-2	Ocelové příčnicí	21ks*0.024m ² *17.1m*7.85t/m ³	T	67.65	1	67.65
V3-N-3	Deska z předpjatého betonu tl.250mm	10.1m*147.82m	M2	1493	0.625	933.11
					CELKEM	3373.28 tun

Tabulka 6 - Hmotnost mostovky na oblouku – Varianta 3



Obrázek 19 - Vzorový příčný řez - Varianta 3



2.3.5. Varianta 4 – Spřažená ocelobetonová mostovka

Čtvrtá varianta řešení, která by se dala nazvat „modernizovaná“, by stejně jako předchozí představovala náhradu konců závěsů a celé mostovky. Konce závěsů by byly přivařeny na ocelový příčníky. Celá konstrukce by byla v podélném směru vyztužena spřaženou betonovou deskou tl.300mm.

Vložená pole mostu by byla snesena a byla by nahrazena ocelovou trémovou konstrukcí s dolní mostovkou, která by byla připojena na stávající konzoly oblouku. Tím by byla vytvořena spojitá konstrukce o třech polích.

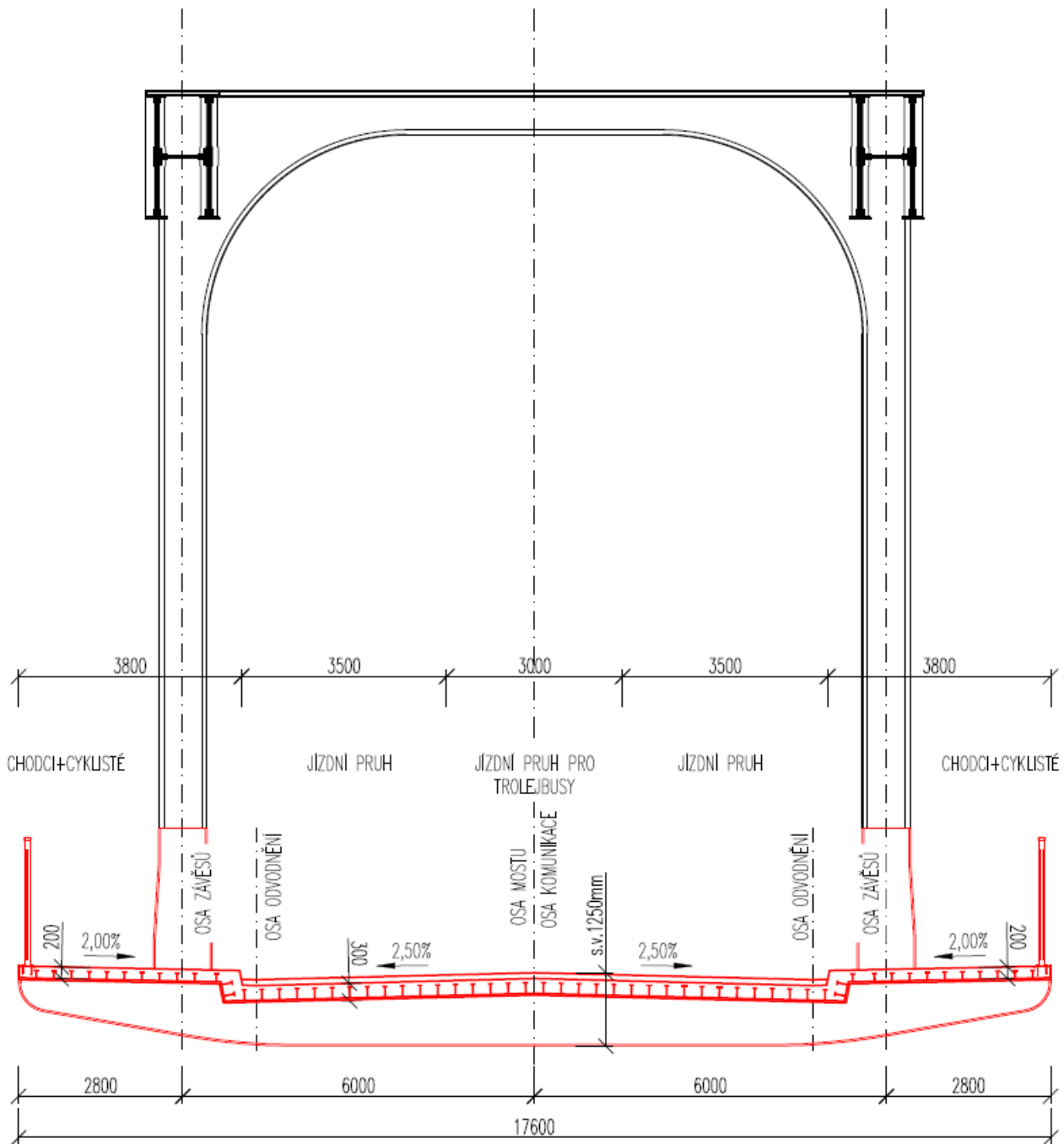
Pokud to bude třeba, počítalo by se i se sanací pilířů a s přestavbou opěr. Ložiska na opěrách by byla úplně vyměněna, na pilířích by byla repasována. V této variantě by se taktéž počítalo s výměnou ocelového zábradlí, natřením konstrukce novou PKO a položením nových vrstev vozovky.

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	Cena za MJ	Cena
<u>bourané části:</u>						
V4-B-1	Betonová deska mostovky	2.65m ² *184.3m	M3	488.395	CZK 4 710	CZK 2 300 340
V4-B-2	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.7	CZK 3 170	CZK 78 386
V4-B-3	Vložená pole	2*66.16t	T	132.3	CZK 3 170	CZK 419 454
V4-B-4	Stávající mostovka	1664.58t	T	1664.6	CZK 3 170	CZK 5 276 719
<u>sanované části:</u>						
V4-S-1	Ocelový oblouk	1418.48m ² *50%	M2	709.24	CZK 1 810	CZK 1 283 724
<u>nové části:</u>						
V4-N-1	Ocelové části konců závěsů	42ks*0.03m ² *2.5m*7.85t/m ³	T	24.73	CZK 68 840	CZK 1 702 241
V4-N-2	Spřažená ocelobetonová konstrukce	17.6m*183.4m	M2	3227.84	CZK 19 147	CZK 61 803 452
					CELKEM	CZK 72 864 318

Tabulka 7 - Náklady rekonstrukce - Varianta 4

#	Objekt	Poznámka	MJ	Počet MJ	MJ/t	Hmotnost [t]
V4-N-1	Ocelové příčníky	21ks*0.024m ² *17.1m*7.85t/m ³	T	67.65	1	67.65
V4-N-2	Betonová deska mostovky	4.223m ² *147.82m	M3	624.24	2.5	1560.61
					CELKEM	1628.26 tun

Tabulka 8 - Hmotnost mostovky na oblouku - Varianta 4



Obrázek 20 - Vzorový příčný řez - Varianta 4



2.3.6. Zhodnocení variant

<u>Varianta č.1</u>	<u>Zesílení a oprava stávající konstrukce</u>	
Hmotnost nové konstrukce	1764 tun	1.06
Hmotnost stávající konstrukce	1664.58 tun	
Cenové náklady rekonstrukce	41 522 589 Kč	
<u>Výhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• nižší pořizovací náklady• kratší doba rekonstrukce• menší zásah do stávající konstrukce	
<u>Nevýhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• krátká životnost konstrukce – 30-50 let• krátkodobá návratnost investice	
<u>Komentář:</u>	Zesílením a opravou stávající konstrukce by došlo pouze k odložení komplexního řešení rekonstrukce o nejvýše 50 let. Následně by mohla být nová konstrukce řešena jednou z následujících variant.	

<u>Varianta č.2</u>	<u>Ocelová ortotropní mostovka</u>	
Hmotnost nové konstrukce	1425.54 tun	0.86
Hmotnost stávající konstrukce	1664.58 tun	
Cenové náklady rekonstrukce	85 154 083 Kč	
<u>Výhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• nižší hmotnost nové konstrukce• jednodušší detaily připojení nové konstrukce na stávající• klasické a elegantní řešení• rychlost výstavby	
<u>Nevýhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• vysoké pořizovací náklady• obtížná svařitelnost oceli stávající konstrukce	
<u>Komentář:</u>	Toto řešení by přineslo spolehlivou a jednoduchou konstrukci, která by odpovídala modernímu pojetí obloukového mostu s dolní mostovkou. Všechna pozitiva takové konstrukce bohužel přebíjí velmi vysoké pořizovací náklady oproti jiným variantám.	



<u>Varianta č.3</u>	<u>Zesílení a oprava stávající konstrukce</u>	
Hmotnost nové konstrukce	3373.28 tun	2.03
Hmotnost stávající konstrukce	1664.58 tun	
Cenové náklady rekonstrukce		49 345 196 Kč
<u>Výhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• nízké pořizovací náklady• sváření konstrukce pouze v omezeném množství• progresivnější řešení rekonstrukce	
<u>Nevýhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• velká hmotnost nové konstrukce• postup výstavby - bednění konstrukce	
<u>Komentář:</u>	Velice progresivní moderní řešení rekonstrukce s využitím předpjatého betonu. Kombinace předpjatého táhla a tenké desky mostovky přináší velmi účinnou náhradu stávající konstrukce. Bezesporu nejnižší pořizovací náklady a taktéž nejtěžší konstrukce.	

<u>Varianta č.4</u>	<u>Spřažená ocelobetonová mostovka</u>	
Hmotnost nové konstrukce	1628.26 tun	0.98
Hmotnost stávající konstrukce	1664.58 tun	
Cenové náklady rekonstrukce		72 864 318 Kč
<u>Výhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• nižší hmotnost nové konstrukce• jednodušší detaily připojení nové konstrukce na stávající• klasické a elegantní řešení• levnější řešení oproti variantě č.2• nižší hmotnost oproti variantě č.3	
<u>Nevýhody:</u>	<ul style="list-style-type: none">• vysoké pořizovací náklady• obtížná svařitelnost oceli stávající konstrukce	
<u>Komentář:</u>	Kompromisní řešení mezi variantou s ortotropní mostovkou a předpjatým betonem. Kombinuje v sobě výhody i nevýhody obou typů řešení.	



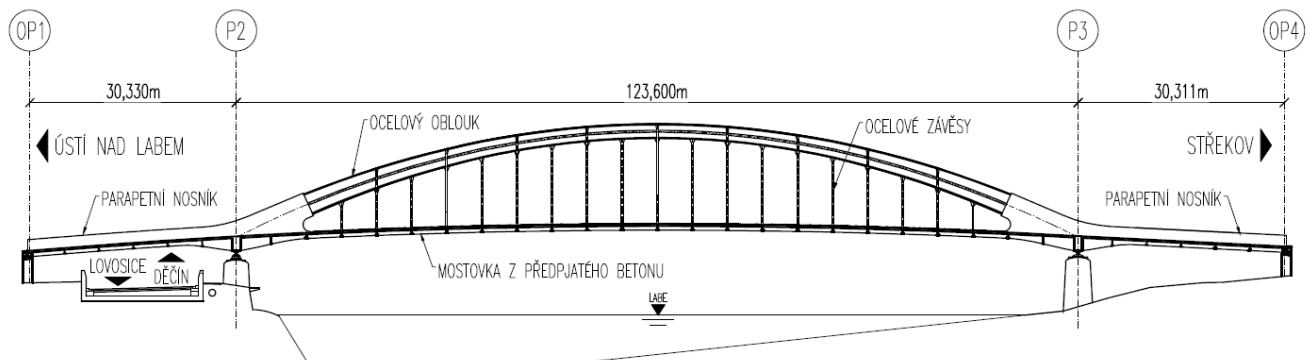
3. NOVÝ STAV

3.1. Obecný popis a technické údaje

Popis nosné konstrukce mostu je rozebrán v části 2.4. Zde budou uvedeny jen doplňující informace s obrázky a technickými údaji.

Nosná konstrukce se bude skládat z krajního pole o rozpětí 30,33m a 30,31m, hlavní pole bude mít rozpětí 123,6m. Ze statického hlediska se bude jednat o spojitý nosník o třech polích. Z původních částí bude zachován pouze oblouk se závěsy. Vzhledem ke změně nivelety a lepšímu napojení na novou konstrukci, budou odstraněny i konce závěsů. Pilíře mostu se ponechají stávající, krajní opěry budou kompletně zbourány a budou nahrazeny novými železobetonovými.

Nosná konstrukce krajních polí bude tvořit tzv. parapetní nosník s výškou trámu 2,5 m, který plynule přejde do podporové části nad pilířem a vytvoří napojení oblouku na novou betonovou část. Ve střední části, tvořené ocelovým obloukem a závěsy, trám zcela zanikne a zbyde po něm pouze jeho dolní část, která bude tvořit táhlo oblouku. Mostovka ve střední části bude mít výšku 1,0m.



Obrázek 21 - Schema konstrukce - Nový stav

3.2. Použité materiály

Ocel třídy S420N

mez kluzu pro $t \leq 40\text{mm}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$
mez pevnosti pro $t \leq 40\text{mm}$	$f_u = 520 \text{ MPa}$
mez kluzu pro $t > 40\text{mm}$	$f_y = 390 \text{ MPa}$
mez pevnosti pro $t > 40\text{mm}$	$f_u = 500 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E = 210\,000 \text{ MPa}$

Beton třídy C45/55

charakteristická válcová pevnost betonu (po 28 dnech)	$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$
charakteristická krychelná pevnost (po 28 dnech)	$f_{ck} = 55 \text{ MPa}$



střední hodnota modulu pružnosti

$$E_{cm} = 36\,000 \text{ MPa}$$

Beton třídy C25/30

charakteristická válcová pevnost betonu (po 28 dnech)

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

charakteristická krychelná pevnost (po 28 dnech)

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

střední hodnota modulu pružnosti

$$E_{cm} = 31\,000 \text{ MPa}$$

Betonářská výztuž B500B

mez kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

modul pružnosti

$$E_s = 200\,000 \text{ MPa}$$

Předpínací výztuž Y1860-S7-15,7 (předpínací systém VSL)

mez pevnosti

$$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$$

smluvní mez kluzu

$$f_{p,0.1,k} = 1637 \text{ MPa}$$

modul pružnosti

$$E_p = 195\,000 \text{ MPa}$$

3.3. Návrh nového stavu

3.3.1. Návrh mostovky – Oblouková část

Pro návrh tvaru mostovky a jejích dimenzí byla zásadní její hmotnost. Beton jako základní materiál má velkou vlastní tíhu. Hmotnost lze redukovat ubíráním hmoty mostovky současně s úpravou předpínací síly v trámu a v desce mostovky. Základní částí je deska mostovky, pro kterou byla zvolena tloušťka pouze 250 mm. V části, kde se deska napojuje na trám bude vytvořen náběh na délku 2,15m a deska získá tloušťku 0,4m. Krajiní konzola bude mít na kraji tloušťku 200 mm a v místě napojení na trám 250 mm.

Šířka mostovky byla zvolena vzhledem k příčnému uspořádání na mostě. Jsou požadovány dva jednosměrné pruhy pro vozidla (3,5 m) jeden obousměrný jízdní pruh pro trolejbusy (3,0m) a pruh pro chodce a cyklisty na konzolách (min. 2,0m). Vzhledem k rozměrům závěsů oblouku jeho vzdálenosti od hrany obruby (1,55m) a šířky pro zábradlí (0,25m) byla zvolena šířka konstrukce 17,6m.

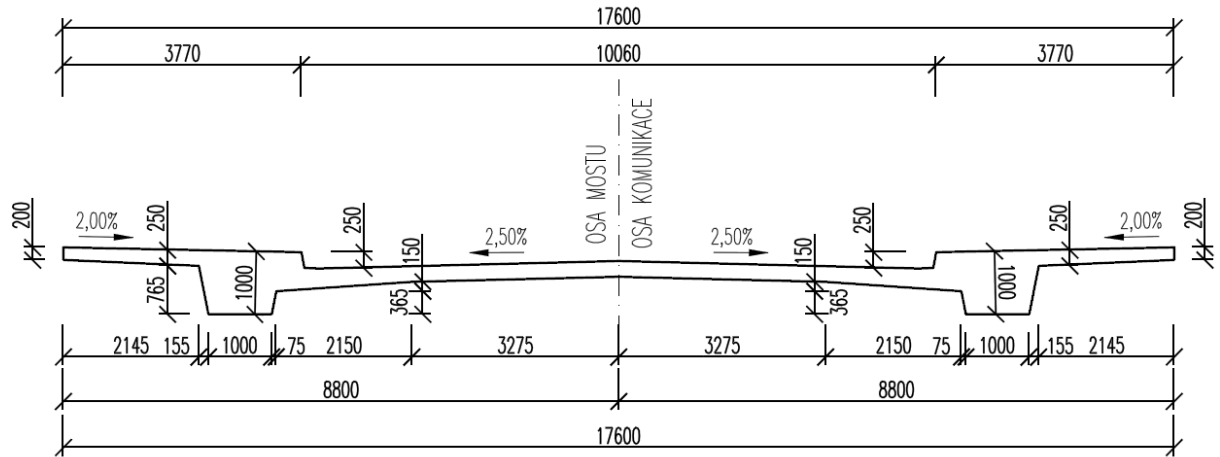
Navržená mostovka musí splnit tři parametry. Vlastní tíha nové konstrukce (důležitá pro tvar konstrukce) musí být co nejmenší, aby nedošlo k nadměrnému přetížení stávajícího oblouku. Cílem je dosáhnout poměru tíhy nové konstrukce ku tíze stávající konstrukce mostovky 1,5 a nižší. Předpínací síla v mostovce musí být taková, aby přenesla vodorovné síly z oblouku. Posledním důležitým parametrem je tuhost nové konstrukce. Ta musí být taková, aby zabránila nadměrným vodorovným deformacím konstrukce.

Z mnoha variant byl vybrán tento tvar konstrukce. Jeho předběžné ověření je prezentováno dále.

Ověření základních dimenzí a přenosu sil je stanoveno podle základních analytických vztahů pro výpočet oblouku s táhlem. Jsou použity vztahy ze Statických tabulek.



3.3.1.1. HMOTNOST NOVÉ MOSTOVKY



Obrázek 22 - Tvar mostovky

#	Název	n	A	L	V
		[-]	[m ²]	[m]	[m ³]
1	Deska mostovky tl. 250 mm	1	1.575	147.82	232.81
2	Ocelové příčnicky (30x350,10x750)	23	0.018	11	4.55
3	Ocelová konzola (20x200,10x300)	46	0.007	2.1	0.67
4	Táhlo	2	2.398	147.82	708.94

Tabulka 9 - Výpočet objemu jednotlivých částí mostovky

	V	γ	m
	[m ³]	[t/m ³]	[t]
<u>hmotnost nových částí:</u>			
Deska mostovky tl. 250 mm	232.81	2.6	605.3
Ocelové příčnicky	4.55	7.85	35.75
Ocelová konzola	0.67	7.85	5.31
Táhlo	708.94	2.6	1843
CELKEM			2489

Tabulka 10 - Výpočet hmotnosti nové mostovky

Poměr hmotností: $\frac{2489}{1665} = \underline{1.495}$



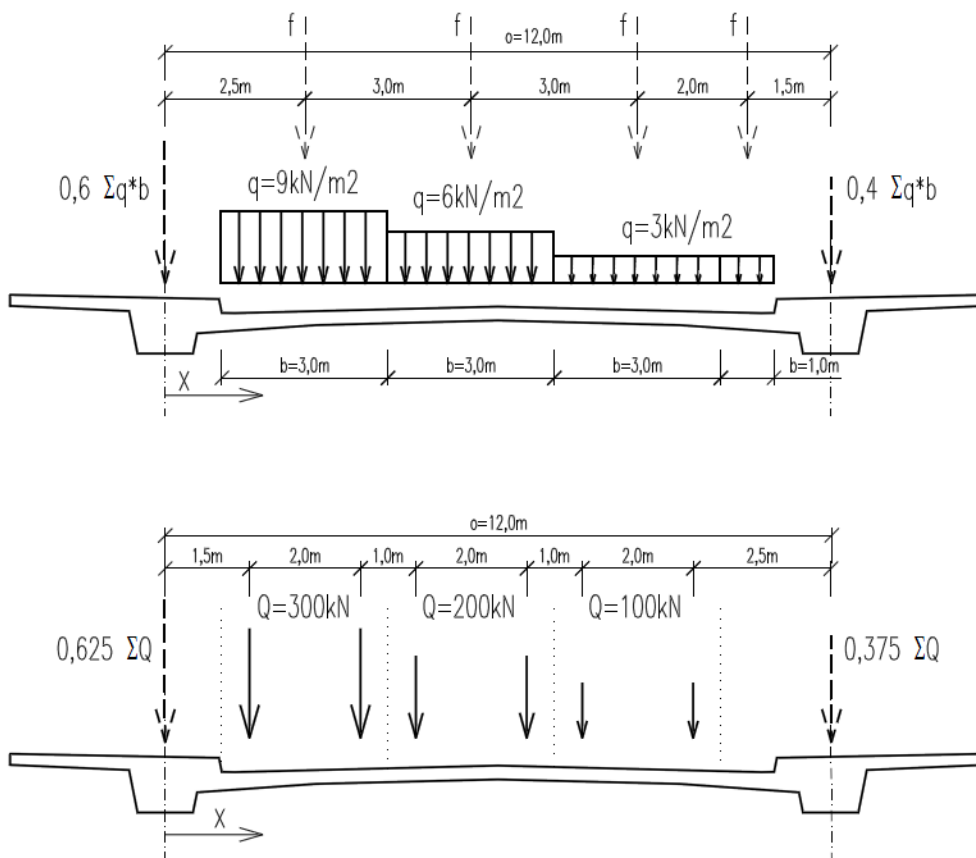
3.3.1.2. NÁVRH PŘEDPÍNAČÍ SÍLY

Stálá zatížení

	m	G _k	L	γ	b	t	A	g _k
	[t]	[kN]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[m]	[m ²]	[kN/m]
<u>Střední pole:</u>								
Ocelový oblouk	615.59	6155.9	123.6	-	-	-	-	49.80
Konzoly	197.83	1978.3	123.6	-	-	-	-	16.01
Závěsy	84.318	843.18	123.6	-	-	-	-	6.82
Příče	25.499	254.99	123.6	-	-	-	-	2.06
<u>Mostovka:</u>								
Betonová mostovka z předpjatého betonu	2525.8	25258	123.6	-	-	-	-	204.35
<u>Vozovka:</u>								
Asfaltová vrstva				25	12	0.95	11.4	285
Izolace				22	12	0.05	0.6	13.2
Stálé zatížení celkem								577.25 kN/m
Zatížení na jeden oblouk								g = 288.62 kN/m

Tabulka 11 - Stálá zatížení

Zatížení dopravou – LM1



Obrázek 23 - Zatížení dopravou - LM1

Uniformly distributed load:



i	q [kN/m ²]	b [m]	f [kN/m]	x [m]	o [m]	Q _{UDL,i} [kN/m]
1	9	3	27	2.5	12	21.375
2	6	3	18	5.5	12	9.75
3	3	3	9	8.5	12	2.625
ostatní	3	1	3	10.5	12	0.375

q_{UDL} = 34.125 kN/m

Tandem system:

i	Q [kN]	b [m]	F [kN]	x [m]	o [m]	Q _{TS,i} [kN]
1L	300	-	300	1.5	12	262.5
1P	300	-	300	3.5	12	212.5
2L	200	-	200	4.5	12	125
2P	200	-	200	6.5	12	91.667
3L	100	-	100	7.5	12	37.5
3P	100	-	100	9.5	12	20.833

Q_{TS} = 750 kN

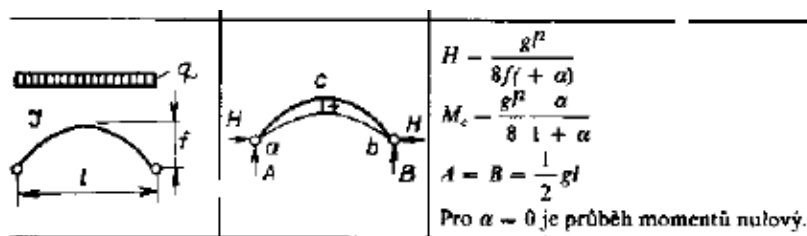
Tabulka 12 - Zatížení dopravou - LM1

Geometrické charakteristiky oblouku

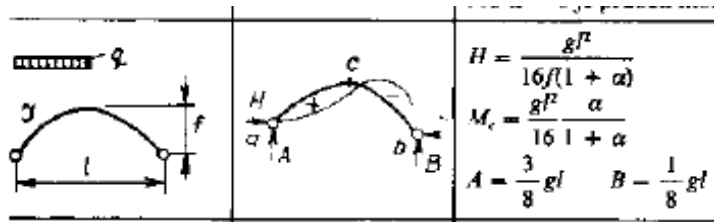
rozpětí oblouku	L = 123.6 m
vzepětí oblouku	f = 14.7 m
plocha oblouku ve vrcholu	A _a = 0.221 m ²
moment setrvačnosti oblouku ve vrcholu	I _a = 0.1461 m ⁴

parametr α :
$$\alpha = \frac{15 \cdot I_a}{8 \cdot f^2 \cdot A_a} = \frac{15 \cdot 0.1461}{8 \cdot 216.09 \cdot 0.221} = 0.0057$$

Vodorovné síly na oblouku

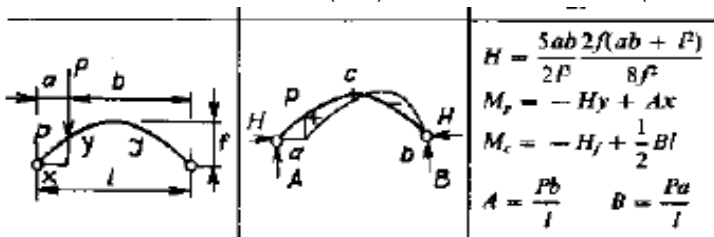


horizontální síla:
$$H_g = \frac{q \cdot l^2}{8 f (1 + \alpha)} = \frac{288.62 \cdot 15277}{117.6 \cdot (1 + 0.0057)} = 37280 \text{ kN}$$



horizontální síla:

$$H_{q,UDL} = \frac{q \cdot L^2}{16f(1+\alpha)} = \frac{34.125 \cdot 15277}{235.2 \cdot (1 + 0.0057)} = \underline{\underline{2203.9 \text{ kN}}}$$



horizontální síla:

$$H_{q,1} = \frac{5 \cdot ab \cdot 2f \cdot (ab + L^2)}{2 \cdot L^3 \cdot 8f^2} \cdot Q = \frac{14322 \cdot 29.4 \cdot 18141}{3776465 \cdot 1729} \cdot 750 = \underline{\underline{877.56 \text{ kN}}}$$

$$H_{q,2} = \frac{5 \cdot ab \cdot 2f \cdot (ab + L^2)}{2 \cdot L^3 \cdot 8f^2} \cdot Q = \frac{14920 \cdot 29.4 \cdot 2984.1}{3776465 \cdot 1729} \cdot 750 = \underline{\underline{150.38 \text{ kN}}}$$

$$H_{q,TS} = \underline{\underline{1027.9 \text{ kN}}}$$

Návrh předpětí

Návrh: 4 kabely 37x15.7 + 2 kabely 22x15.7

Počet kabelů	Počet lan	Ztráty [%]	F _p [MN]	F _p [MN]
4 ks	37x15.7	25%	10.323	30.969
2 ks	22x15.7	25%	6.138	9.207
			40.176	MN

Posouzení napětí v mostovce

častá kombinace zatížení:

$$H = H_g + \psi_{1,i} \cdot H_{q,i} = 37280 + 770.95 + 881.55 = \underline{\underline{38932 \text{ kN}}}$$

$$\sigma = \frac{P}{A_c} \quad "+" \quad \frac{H}{A_c} = \frac{-40.18}{4.89} \quad "+" \quad \frac{38.932}{4.89} = -0.25 \text{ MPa}$$

posouzení napětí:

$\sigma_{min} \leq 0$	$\sigma_{max} \leq f_{ck}$
$-0.25 \text{ MPa} \leq 0 \text{ MPa}$	$-0.25 \text{ MPa} \leq 45 \text{ MPa}$
VYHOVUJE	VYHOVUJE

charakteristická komb. zatížení:

$$H = H_g + H_{q,i} = 37280 + 1027.9 + 2203.9 = \underline{\underline{40512 \text{ kN}}}$$



$$\sigma = \frac{P}{A_c} \quad "+" \quad \frac{H}{A_c} = \frac{-40.18}{4.89} \quad "+" \quad \frac{40.512}{4.89} = 0.07 \text{ MPa}$$

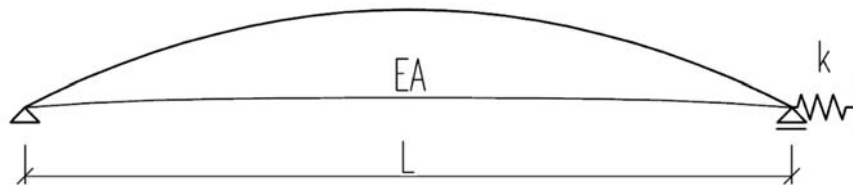
posouzení napětí:

$$\sigma_{\min} \leq f_{ctk} \quad \sigma_{\max} \leq f_{ck}$$
$$\underline{0.07 \text{ MPa}} \leq \underline{2.66 \text{ MPa}} \quad \underline{0.07 \text{ MPa}} \leq \underline{45 \text{ MPa}}$$

VYHOVUJE **VYHOVUJE**

3.3.1.3. OVĚŘENÍ TUHOSTI MOSTOVKY

Předpokládá se pružné uložení s vodorovnou tuhostí rovnou EA/L (tuhost taženého/tlačeného prutu). Tato tuhost je ještě zmenšena o 10% vlivem nezapojení částí okolo kotev předpětí do působení mostovky.



Obrázek 24 – Návrh mostovky – Ověření tuhosti – Statické schema

tuhost mostovky:

$$k = \frac{0,9 \cdot EA}{L} = \frac{0,9 \cdot 36283 \cdot 6.465}{123.6} = \underline{1708 \text{ MN/m}}$$

vodorovná def.:

$$\Delta = \frac{\Delta P}{k} = \frac{2896}{1708} = \underline{1.7 \text{ mm}}$$

3.3.1.4. ZÁVĚR

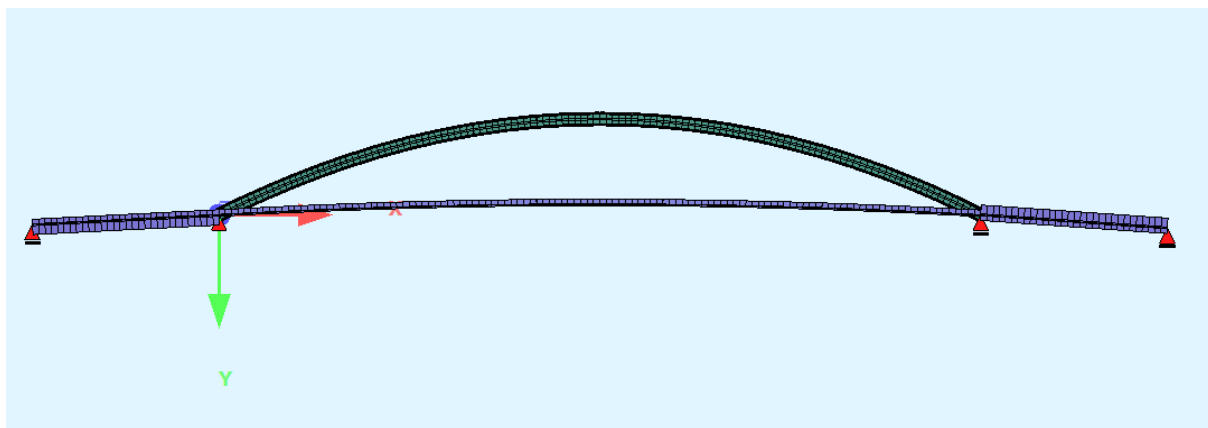
Předběžným výpočtem bylo ověřeno, že konstrukce v navrženém tvaru, uspořádání a s navrženým počtem předpínacích kabelů je schopna přenášet vodorovné síly od oblouku a může být použita jako náhrada současného táhla.



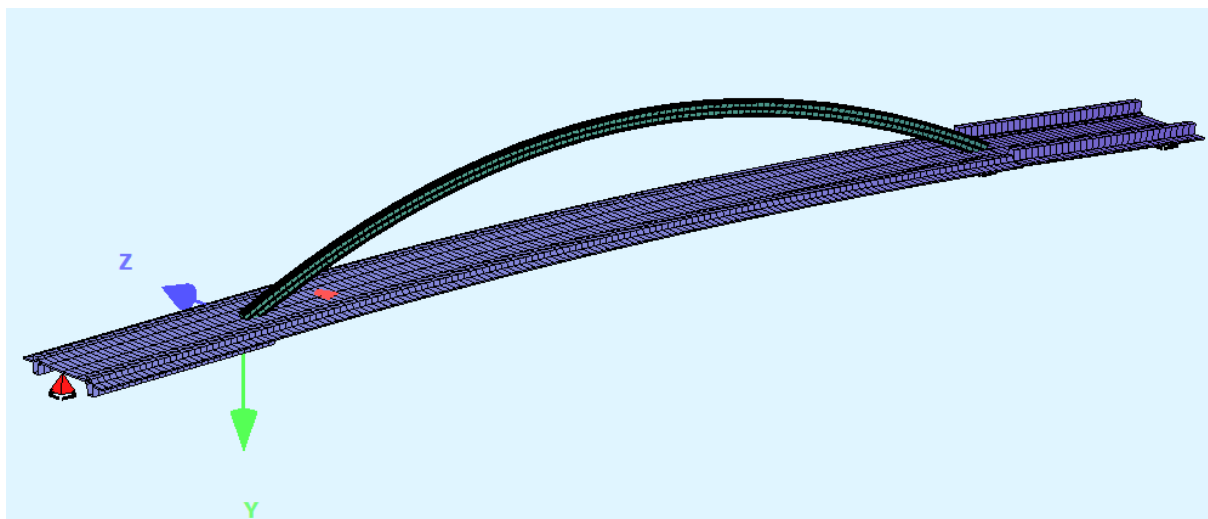
3.3.2. Návrh mostovky – Krajiní pole

Krajiní pole by měli nahradit stávající konzolu oblouku a vložená pole. Hlavní parametry tvaru mostovky jsou stejné, pouze trám mostovky bude mít větší výšku a to v poli 2,5m a 4,415m nad pilířem.

Pro výpočet vnitřních sil byl použit dvourozměrný výpočetní model, který se skládal z oblouku, táhla a krajiních polí nosné konstrukce. Použit byl výpočetní program SOFiSTiK. Zatížení a ohybové momenty použité pro návrh jsou zobrazeny na následujících stranách.



Obrázek 25 - Návrh mostovky - krajiní pole - výpočetní model



Obrázek 26 - Návrh mostovky - krajiní pole - průřezy



3.3.2.1. STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL

Pro výpočet je použita charakteristická kombinace zatížení dle ČSN EN 1991. Pro určení zatížení jednoho trámu jsou použity součinitele roznášení.

pro stálé zatížení: $k_g = \frac{1}{2} = \underline{0.5}$

pro LM1-UDL: $k_{UDL} = \frac{q_{UDL}}{\Sigma q_{UDL}} = \frac{34.125}{57} = \underline{0.6}$

pro LM1-TS: $k_{TS} = \frac{Q_{TS}}{\Sigma Q_{UDL}} = \frac{750}{1200} = \underline{0.625}$

M_v - Ohybové momenty

PRŮŘEZ V POLI	M_y [MNm]	k	M_y [MNm]
Stálé zatížení	16.898	0.5	8.45
LM1-UDL	6.041	0.6	3.62
LM1-TS	14.24	0.625	8.90
CELKEM			20.966 MNm

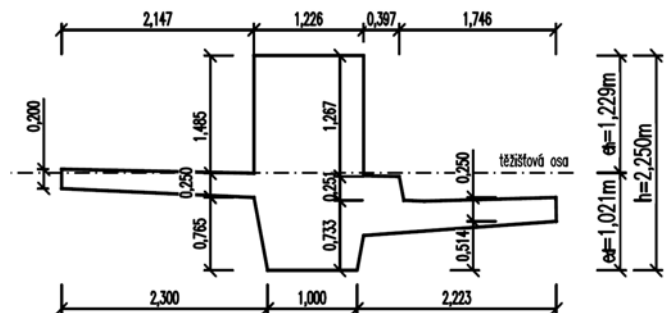
PRŮŘEZ NAD PODPOROU	M_y [MNm]	k	M_y [MNm]
Stálé zatížení	126.1	0.5	63.05
LM1-UDL	12.408	0.6	7.43
LM1-TS	18.353	0.625	11.47
CELKEM			81.949 MNm

3.3.2.2. NÁVRH PŘEDPĚTÍ

Pro průřezy nad podporou a v poli byly vypočteny v programu AutoCAD průřezové charakteristiky. Počítá se pouze s efektivními částmi průřezu mostovky.

Průřezové charakteristiky

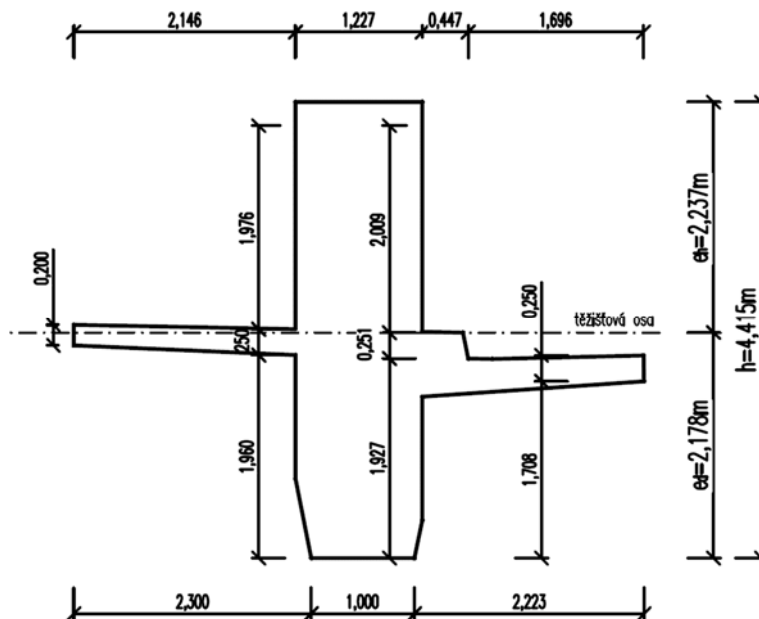
PRŮŘEZ V POLI	
výška průřezu	2.5 m
těžiště	1.382 m
plocha	4.23 m ²
moment setrvačnosti	3.85 m ⁴
excentricita horní	1.382 m
excentricita dolní	1.118 m
průřezový modul	2.7858 m ³
průřezový modul	3.4436 m ³





PRŮŘEZ NAD PODPOROU

výška průřezu	4.415	m
těžiště	2.237	m
plocha	6.58	m ²
moment setrvačnosti	8.6359	m ⁴
excentricita horní	2.237	m
excentricita dolní	2.178	m
průřezový modul	3.8605	m ³
průřezový modul	3.9651	m ³



Návrh předpětí – průřez v poli

Návrh: 2 kabely 37x15.7

Počet kabelů	Počet lan	Ztráty [%]	F _{p,1} [MN]	F _p [MN]	e [m]	M _p [MN]
2 ks	37x15.7	25%	10.323	15.485	0.85	13.162

Návrh předpětí – průřez nad podporou

Návrh: 4 kabely 37x15.7

Počet kabelů	Počet lan	Ztráty [%]	F _{p,1} [MN]	F _p [MN]	e [m]	M _p [MN]
4 ks	37x15.7	25%	10.323	30.969	1.85	57.293

Posouzení napětí v trámu mostovky – průřez v poli

častá kombinace

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_h} \quad "+" \quad \frac{M}{W_h} = \frac{-15.4}{4.23} \quad "+" \quad \frac{-13.16}{-2.786} \quad "+" \quad \frac{16.571}{-2.786} = \underline{\underline{-4.88}} \text{ MPa}$$

častá kombinace

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_d} \quad "+" \quad \frac{M}{W_d} = \frac{-15.4}{4.23} \quad "+" \quad \frac{-13.16}{3.4436} \quad "+" \quad \frac{16.571}{3.4436} = \underline{\underline{-2.67}} \text{ MPa}$$

charakteristická kombinace:

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_h} \quad "+" \quad \frac{M}{W_h} = \frac{-15.4}{4.23} \quad "+" \quad \frac{-13.16}{-2.786} \quad "+" \quad \frac{20.966}{-2.786} = \underline{\underline{-6.46}} \text{ MPa}$$



charakteristická kombinace:

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_d} \quad "+" \quad \frac{M}{W_d} = \frac{-15.4}{4.23} \quad "+" \quad \frac{-13.16}{3.4436} \quad "+" \quad \frac{20.966}{3.4436} = \underline{\underline{-1.39}} \quad \text{MPa}$$

Posouzení napětí v trámu mostovky – průřez nad podporou

častá kombinace

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_h} \quad "+" \quad \frac{M}{W_h} = \frac{-30.9}{6.58} \quad "+" \quad \frac{60.39}{-3.86} \quad "+" \quad \frac{-74.62}{-3.86} = \underline{\underline{-1.02}} \quad \text{MPa}$$

častá kombinace

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_d} \quad "+" \quad \frac{M}{W_d} = \frac{-30.9}{6.58} \quad "+" \quad \frac{60.39}{3.9651} \quad "+" \quad \frac{-74.62}{3.9651} = \underline{\underline{-8.30}} \quad \text{MPa}$$

charakteristická kombinace:

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_h} \quad "+" \quad \frac{M}{W_h} = \frac{-30.9}{6.58} \quad "+" \quad \frac{60.39}{-3.86} \quad "+" \quad \frac{-81.95}{-3.86} = \underline{\underline{0.88}} \quad \text{MPa}$$

charakteristická kombinace:

$$\sigma = \frac{N_p}{A} \quad "+" \quad \frac{M_p}{W_d} \quad "+" \quad \frac{M}{W_d} = \frac{-30.9}{6.58} \quad "+" \quad \frac{60.39}{3.9651} \quad "+" \quad \frac{-81.95}{3.9651} = \underline{\underline{-10.1}} \quad \text{MPa}$$

3.3.2.3. ZÁVĚR

Ve fázi předběžného posouzení průřezů trámu krajních polí byly ověřeny jeho základní rozměry a byla posouzena napětí v trámu na konci životnosti mostu. Z výpočtů je patrné, že lze využít předpínací výztuže z táhla oblouku a pokračovat se stejnými lany přes pilíř až do krajních polí.



3.4. Postup výstavby mostu

3.4.1. Úvod

Základním problémem pro určení postupu výstavby je náhrada táhla oblouku, které musí být společně s celou mostovkou odstraněno. Tím dojde ke změně statického působení celé konstrukce a vodorovné síly z oblouku se poté budou přenášet zejména do spodní stavby, která na takové síly není navržena. Možností řešení je několik. V průběhu zpracování této práce se uvažovalo o několika možnostech.

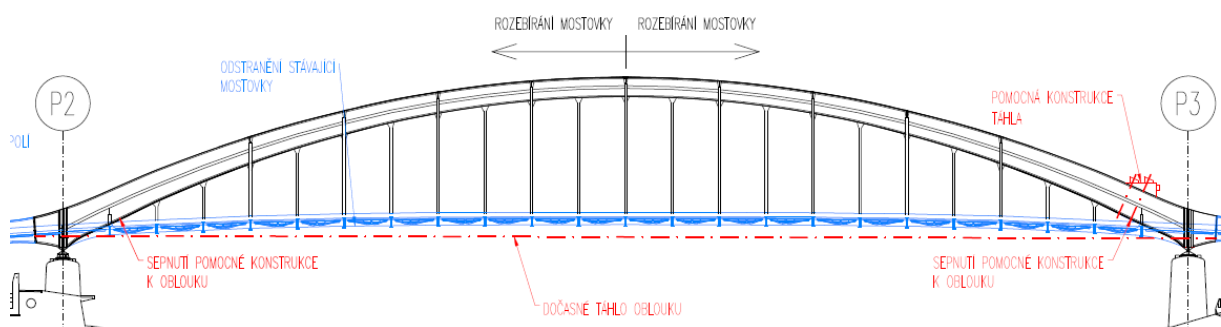
Možnost č.1) Výstavba podpěrných šikmých vzpěr, které by podpíraly pilíře mostu společně se zablokováním ložisek na ústeckém pilíři. Tím by došlo k rozeprání obloukové konstrukce a zajištění stability v montážních fázích. Problémem této možnosti realizace je ústecká strana mostu. Prostor pod krajním polem nedovoluje takovou realizaci. Nábřeží je postavené velmi vysoko a realizace vzpěr v takových podmínkách je velmi obtížná.

Možnost č.2) Postupné nahrazování prvků táhla novými ocelovými podélníky, které by pak zůstaly zabetonované v mostovce. Problematickou částí tohoto postupu je samotná výměna. Bylo by třeba vytvořit ještě provizorní rozeprání při samotné výměně. Z tohoto hlediska se jeví tento postup jako velmi pracný.

Možnost č.3) Provizorní sepnutí oblouku mimo současné táhlo a mimo pracovní prostor. Provizorní konstrukce by se skládala z náhradního táhla, tvořeného buď lany nebo tyčovými prvky a z rámu, který by tvořil kotvení táhla. Tento rám by se s ohledem na obtížnou svařitelnost stávajícího oblouku musel připnout ke konstrukci předpínacími tyčemi. Úskalím tohoto postupu je možné ovlivnění namáhání oblouku.

Možnost č.4) Provizorní sepnutí konstrukce táhlem v úrovni nad ložisky. Zde by se dalo využít konzol oblouku pro zakotvení táhla. Vcelku jednoduché řešení naráží na možnou otázku přesné realizace.

Předmětem této práce není přímo zvolit jednu z metod, ale udělat rozvahu nad možnými variantami řešení a ty popsat a ověřit, že mohou fungovat. Zde proto zavádím jisté zjednodušení a uvažuji možnost č.4 s očekáváním že efekt bude mít tato varianta stejný jako všechny ostatní možnosti (kromě 3))



Obrázek 27 - Postup výstavby - náhrada stávajícího táhla

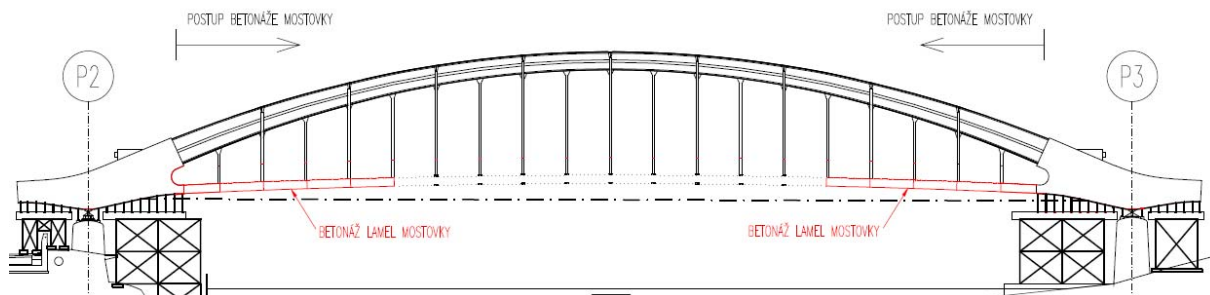
3.4.2. Popis jednotlivých fází výstavby

V přípravné fázi výstavby by se vybudovalo zázemí staveniště a proběhly by přípravné práce. Následně by byla smontována provizorní ráma, na který by se připojilo provizorní táhlo. Poté by již mohlo začít rozebírání mostovky a to tím způsobem, že první by byla vybourána část uprostřed rozpětí a postupovalo by se symetricky až k podpěrám. V každé fázi by se nejprve vybourala betonová deska mostovky a následně by se



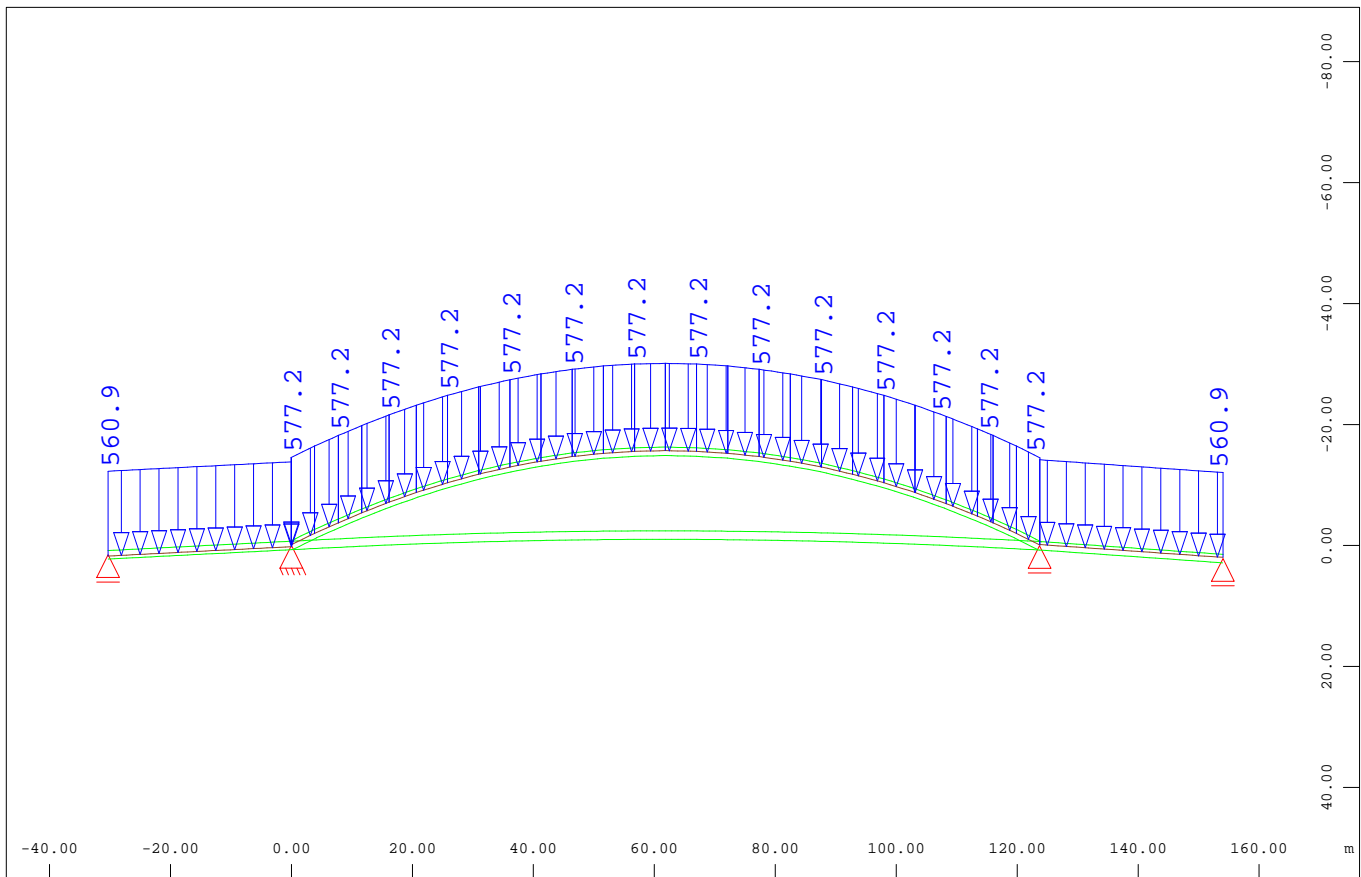
rozebraly jednotlivé prvky mostovky. Na konci každé fáze by došlo k připojení nových částí závěsů a nových příčníků. Následně by byla snesena vložená pole mostu a k úpravě konzol.

Následujícím krokem by byla betonáž nové konstrukce. Postup by byl velmi obdobný jako při letmé betonáži. Postupovalo by se symetricky od podpěr až ke středu mostu. Nejprve by se vybetonoval zárodek nad pilíři s přesahy do obou polí. Poté co by beton získal potřebnou pevnost, přesunulo by se bednění do následujícího taktu. Délka jedné lamely by byla na vzdálenost závěsů, tj. 5,150m.

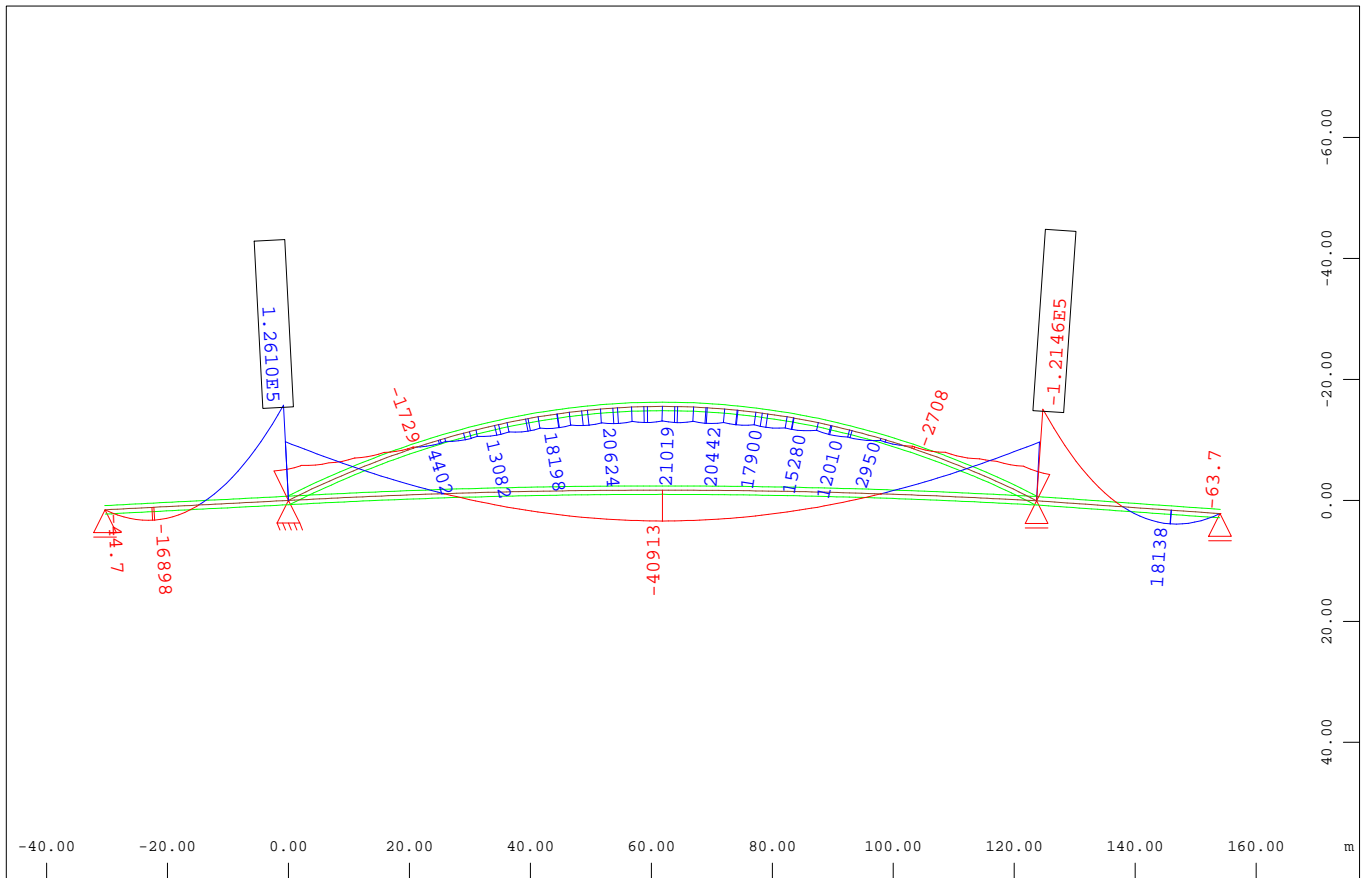


Obrázek 28 - Postup výstavby - betonáž lamel mostovky

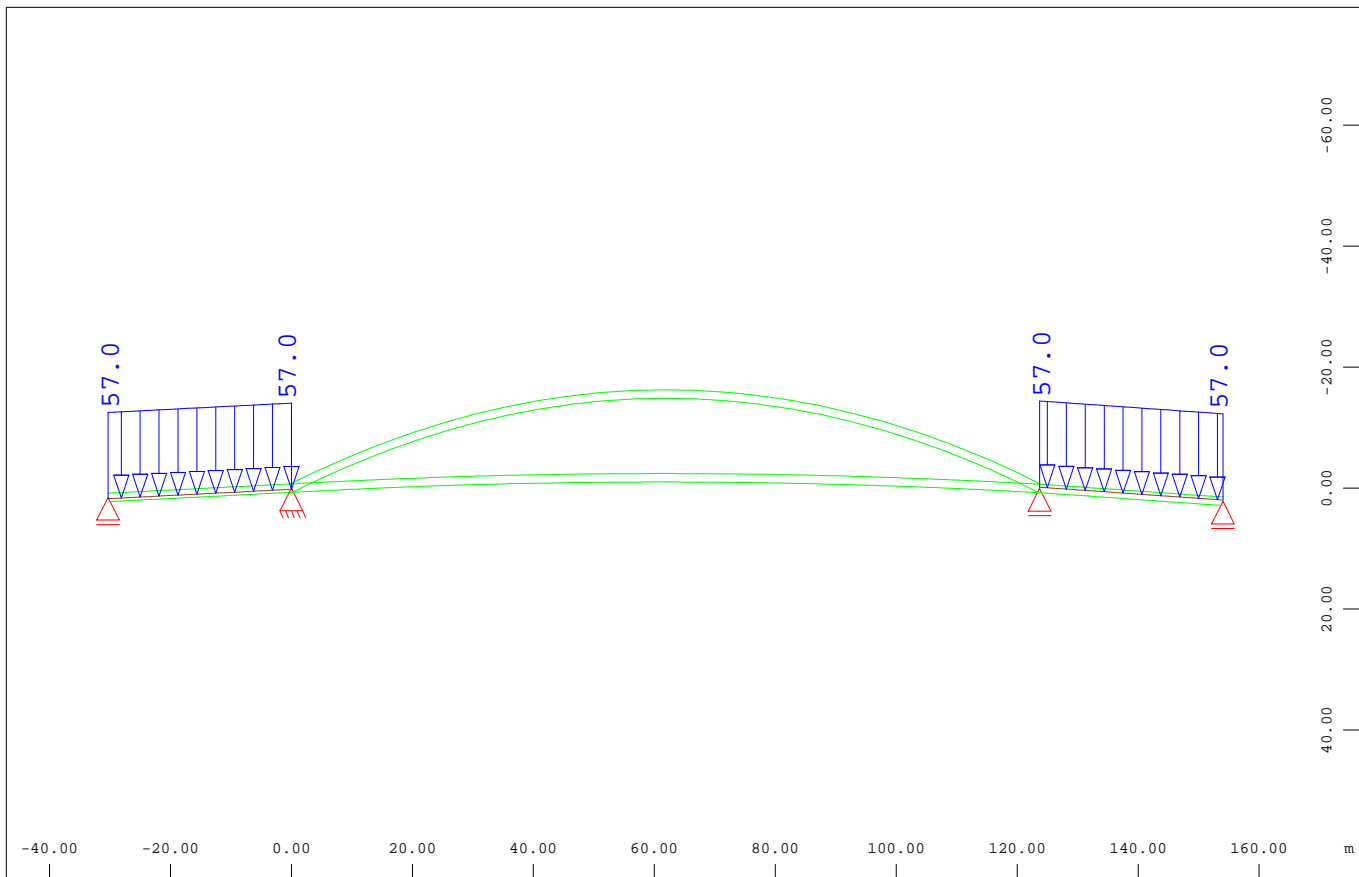
Po dokončení středního pole by zbývalo pouze na pevné skruži vybetonovat krajní pole, osadit zábradlí, položit vrstvy vozovky a osadit mostní závěry a ložiska.



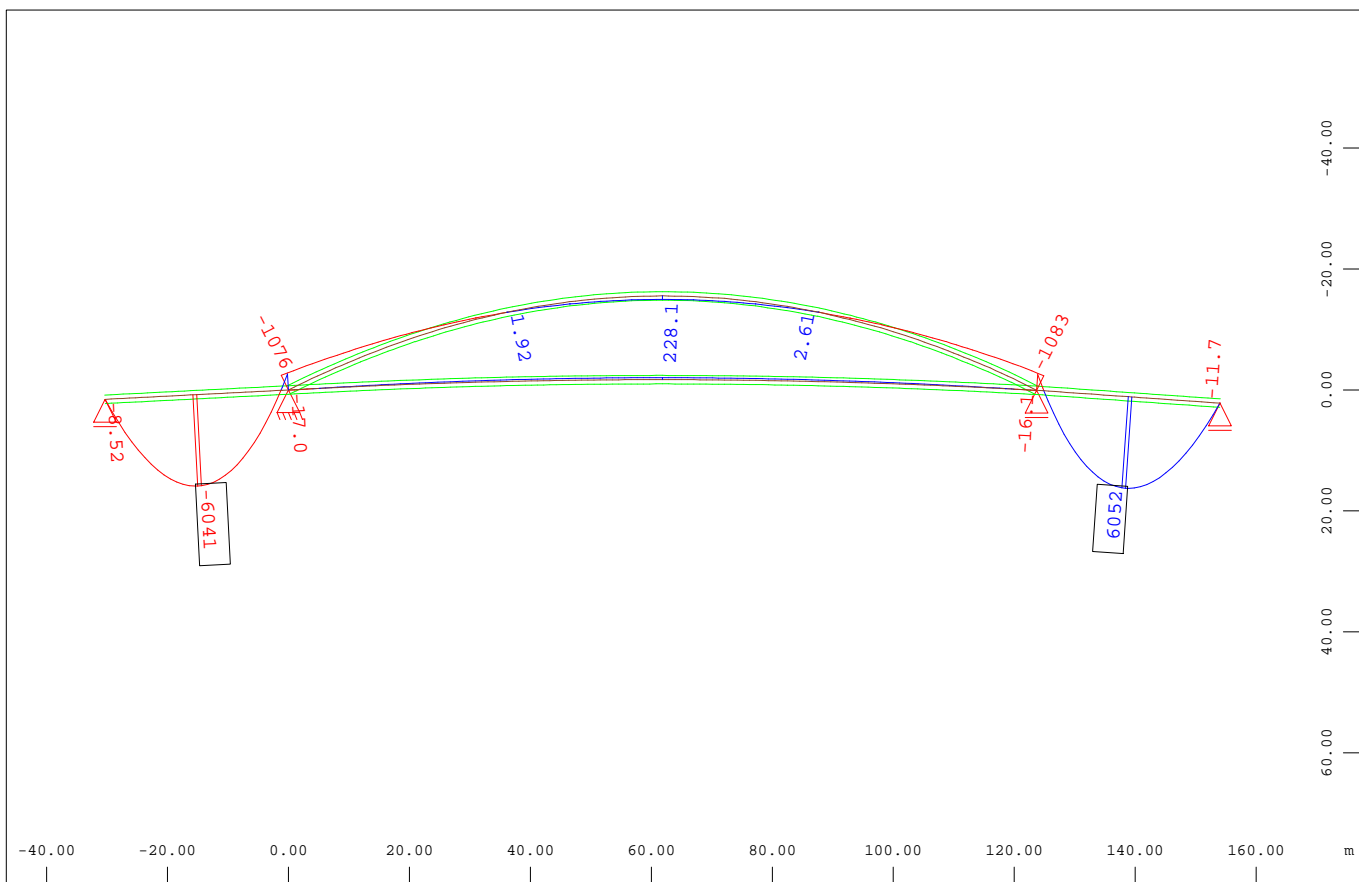
All loads, Loadcase 1 STALE ZATIZENI , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global Y (Unit=500.0 kN/m ∇) (Max=577.2) M 1 : 1250



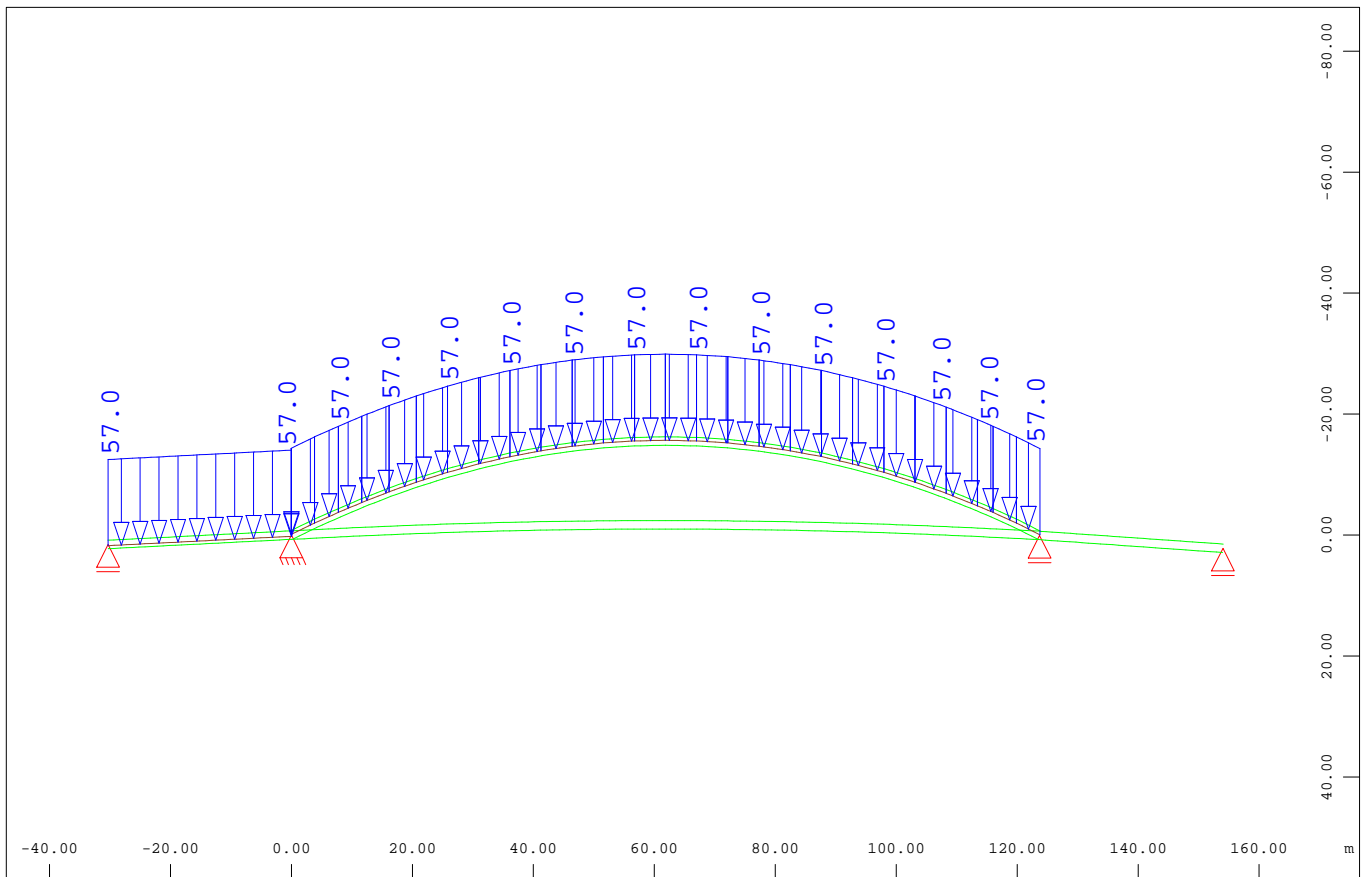
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 1 STALE ZATIZENI , 1 cm 3D = 1.0000e+05 kNm (Min=-1.2146e+05) (Max= 1.2610e+05) M 1 : 1250



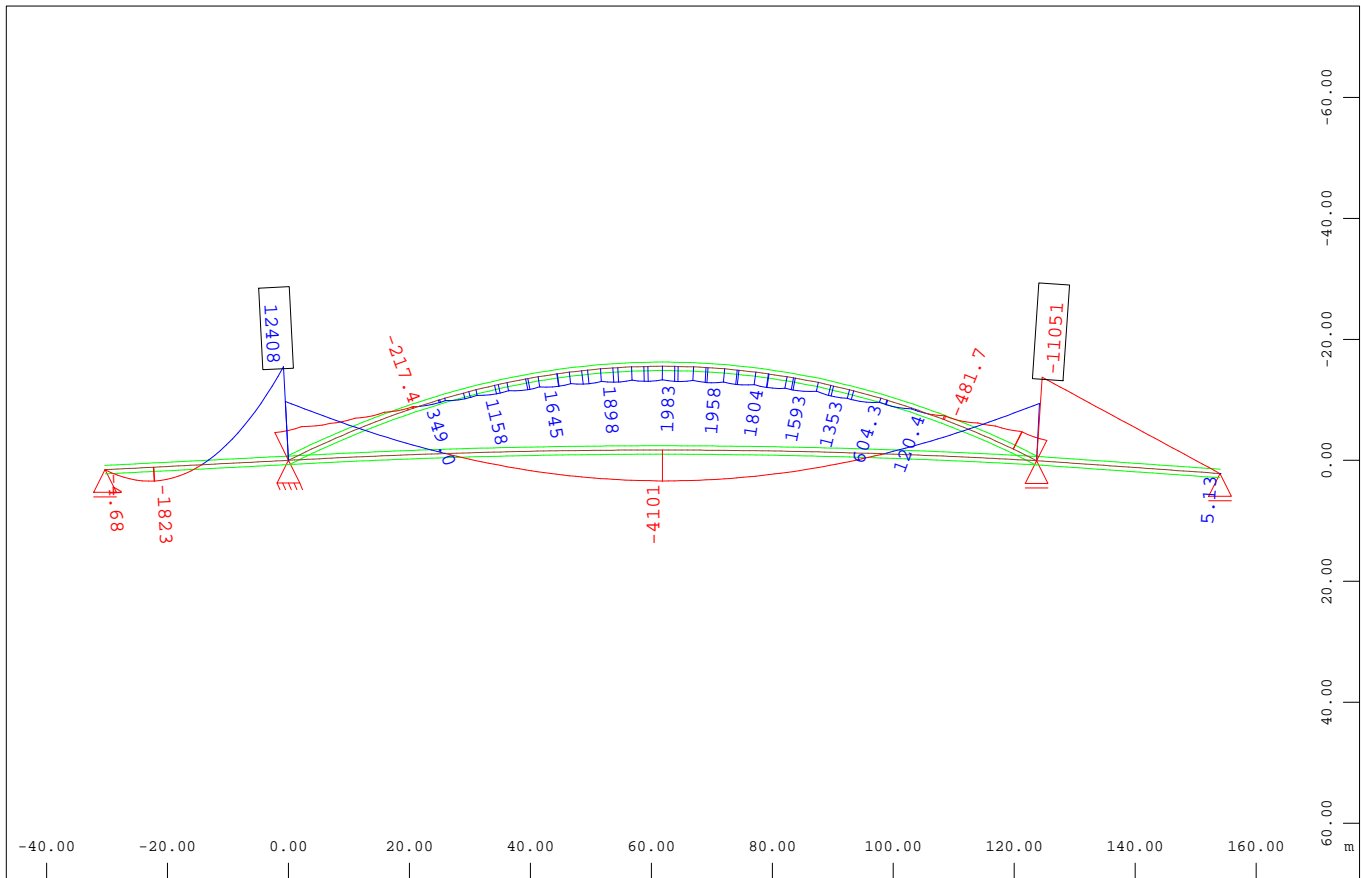
All loads, Loadcase 2 DOPRAVA UDL 1 , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global Y (Unit=50.0 kN/m \blacktriangledown) (Max=57.0) M 1 : 1250



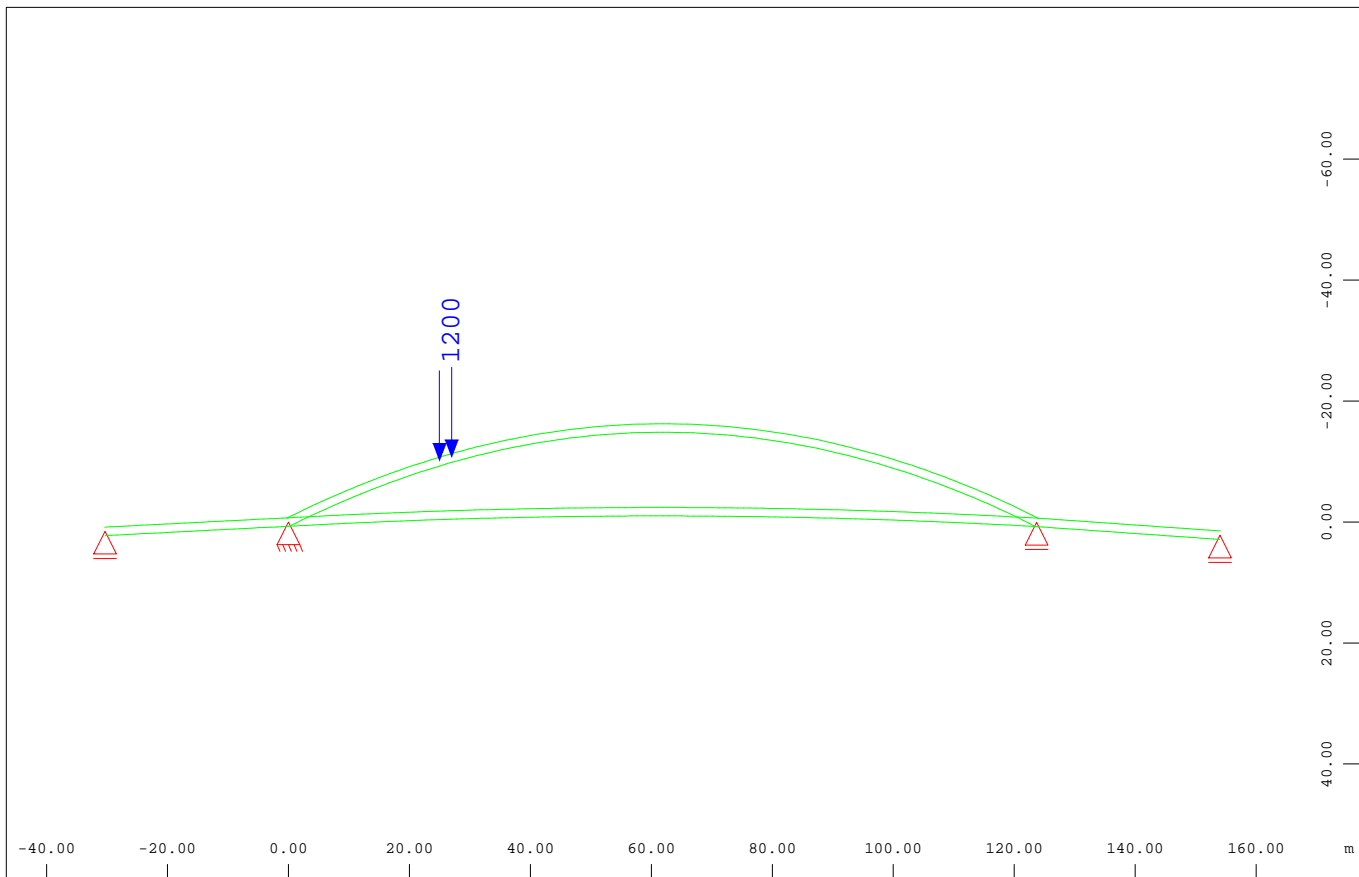
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 2 DOPRAVA UDL 1 , 1 cm 3D = 5000. kNm (Min=-6041.) (Max=6052.) M 1 : 1250



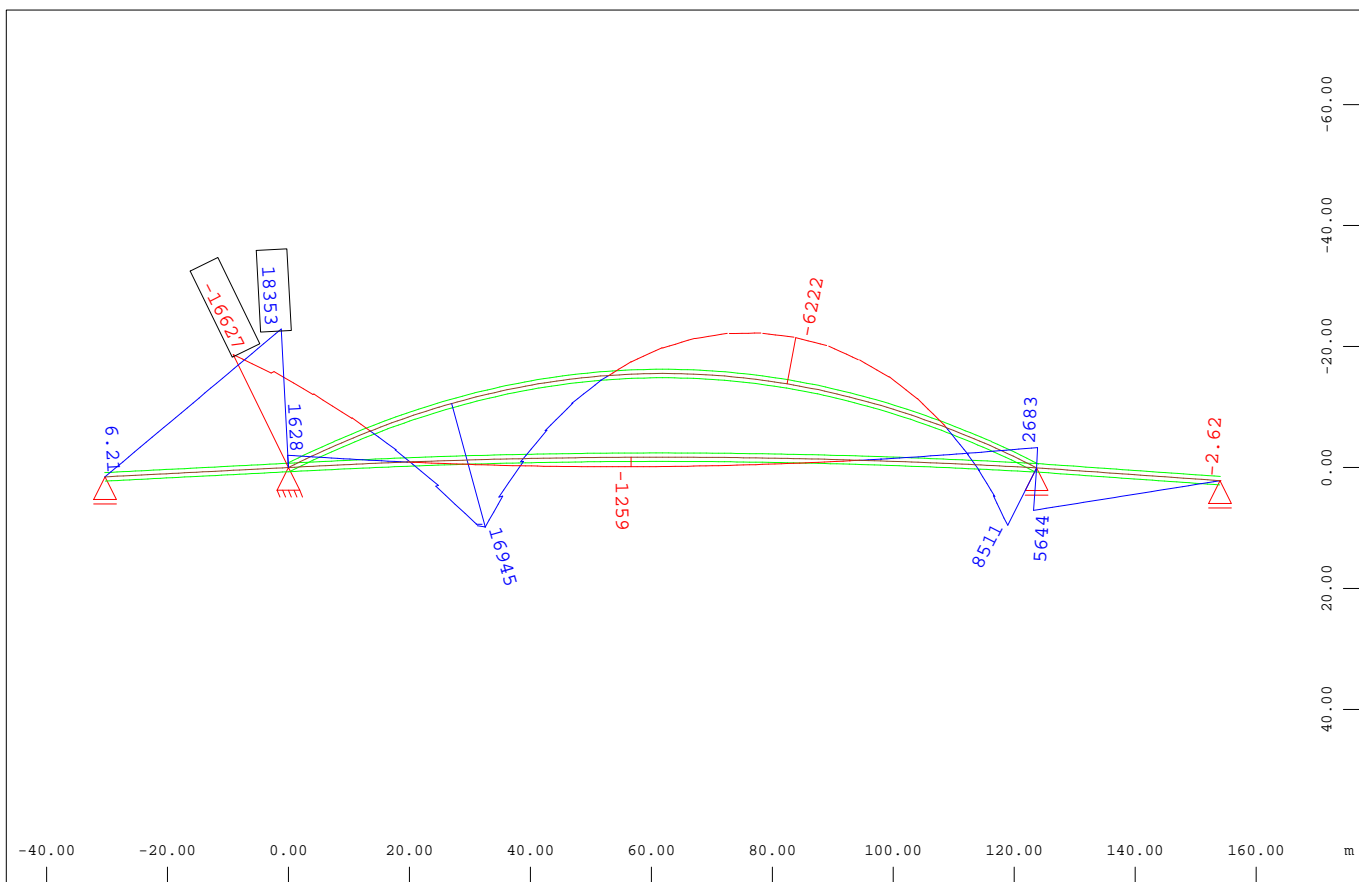
All loads, Loadcase 3 DOPRAVA UDL 2 , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global Y (Unit=50.0 kN/m ∇) (Max=57.0) M 1 : 1250



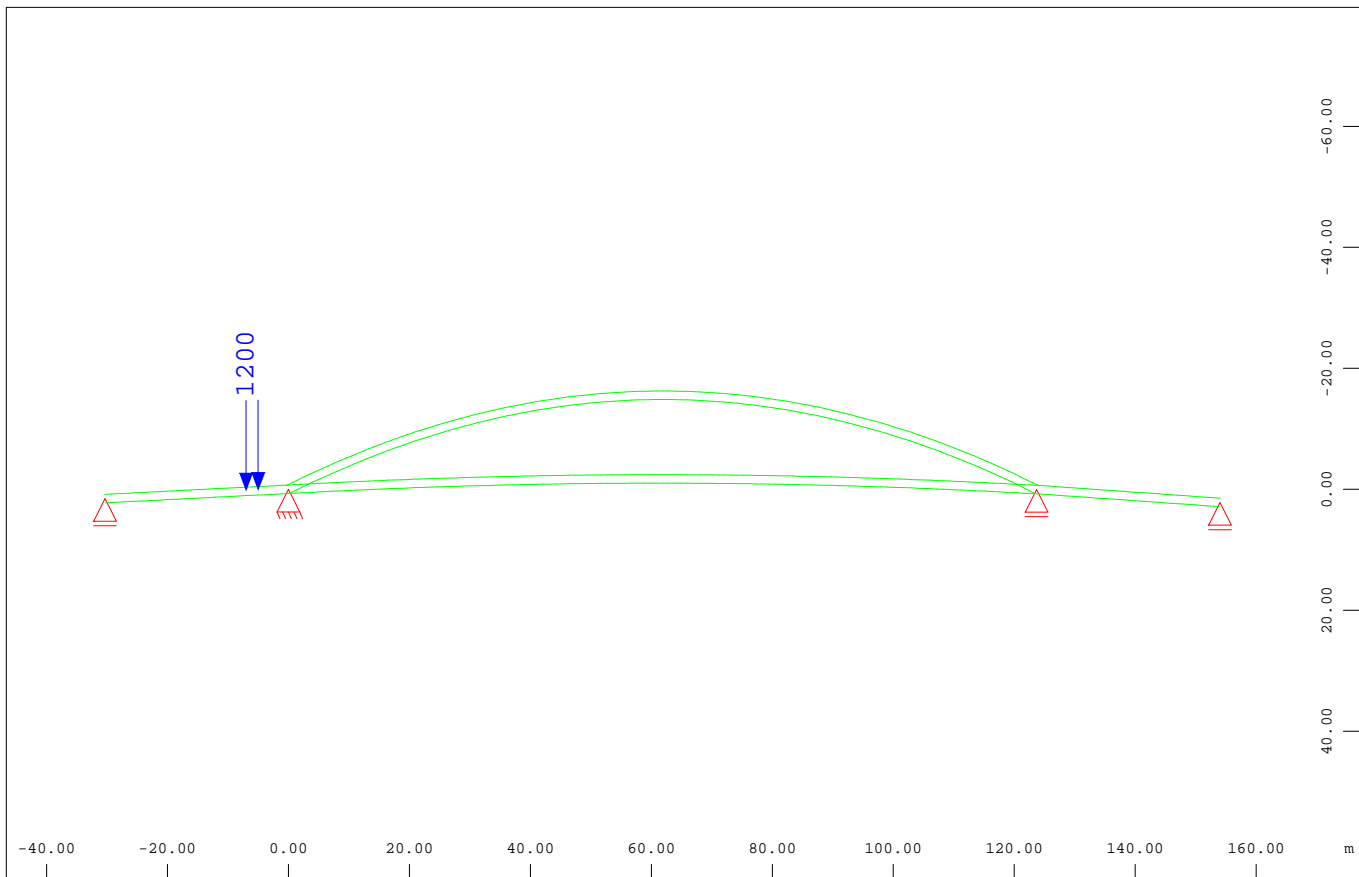
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 3 DOPRAVA UDL 2 , 1 cm 3D = 10000. kNm (Min=-11051.) (Max=12408.) M 1 : 1250



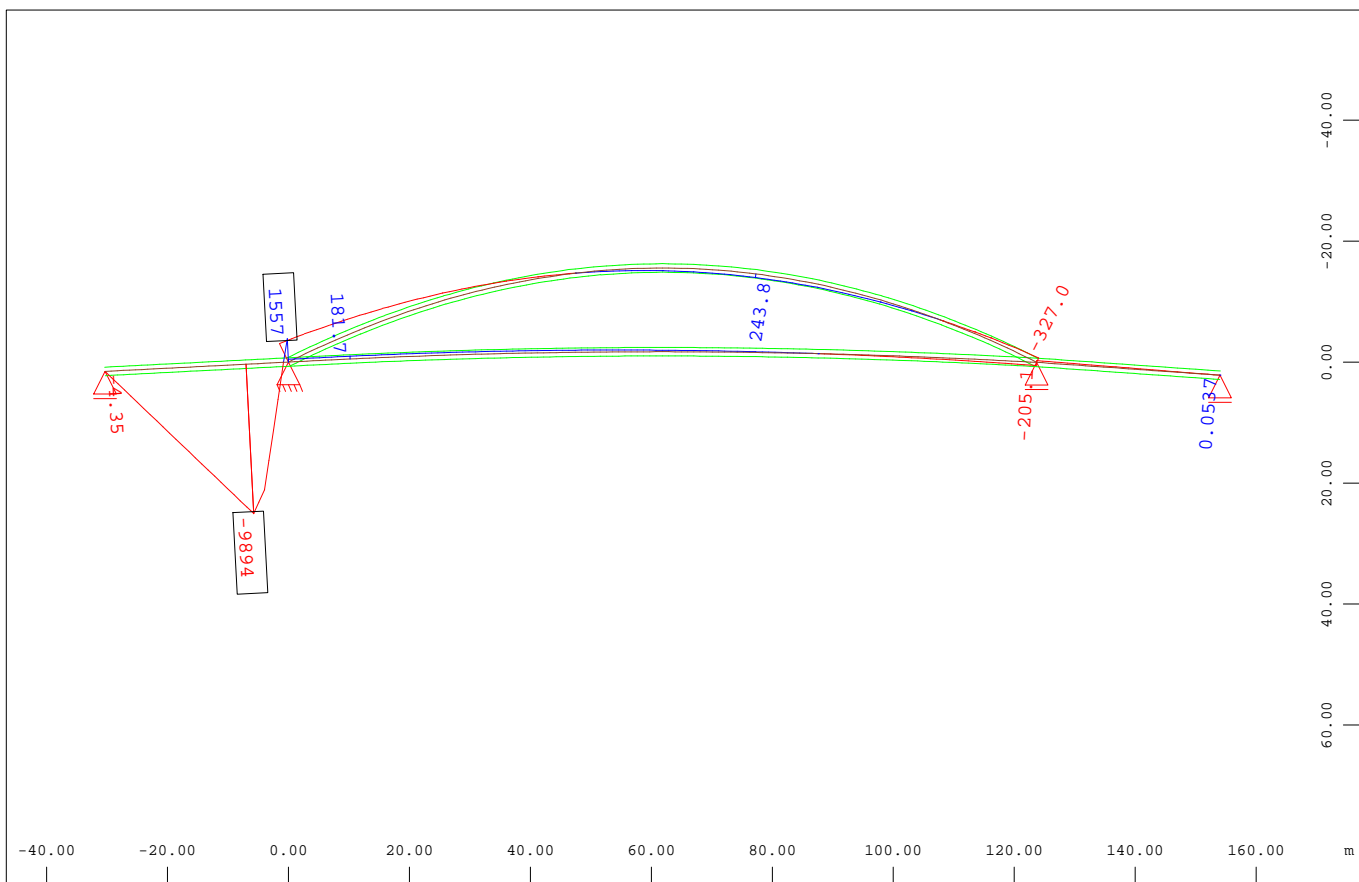
All loads, Loadcase 4 DOPRAVA TS 2 , (1 cm 3D = unit) Beam single load (force) vector M 1 : 1250
 (Unit=1000. kN (Max=1200.))



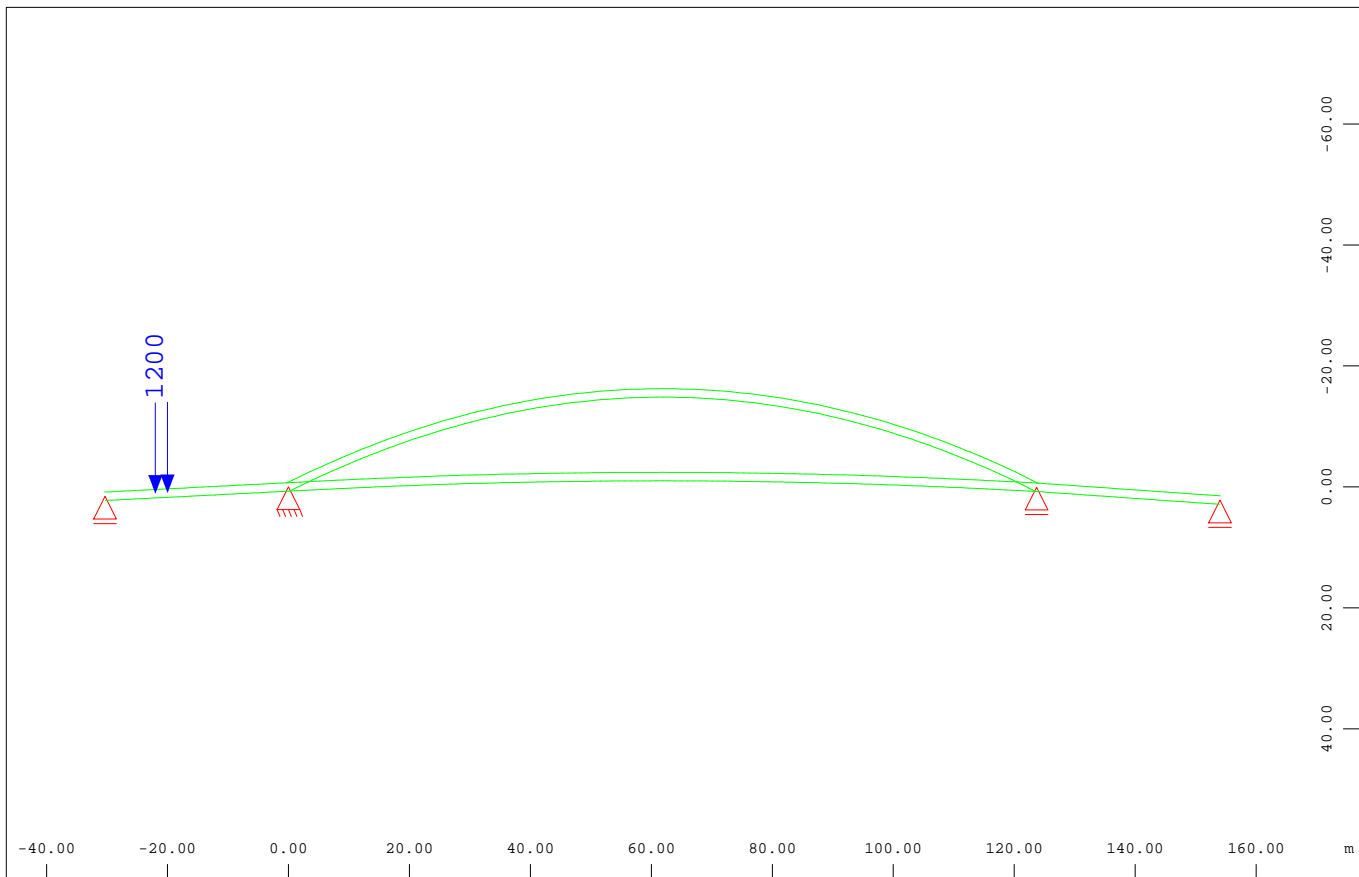
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 4 DOPRAVA TS 2 , 1 cm 3D = 10000. kNm M 1 : 1250
 (Min=-16627.) (Max=18353.)



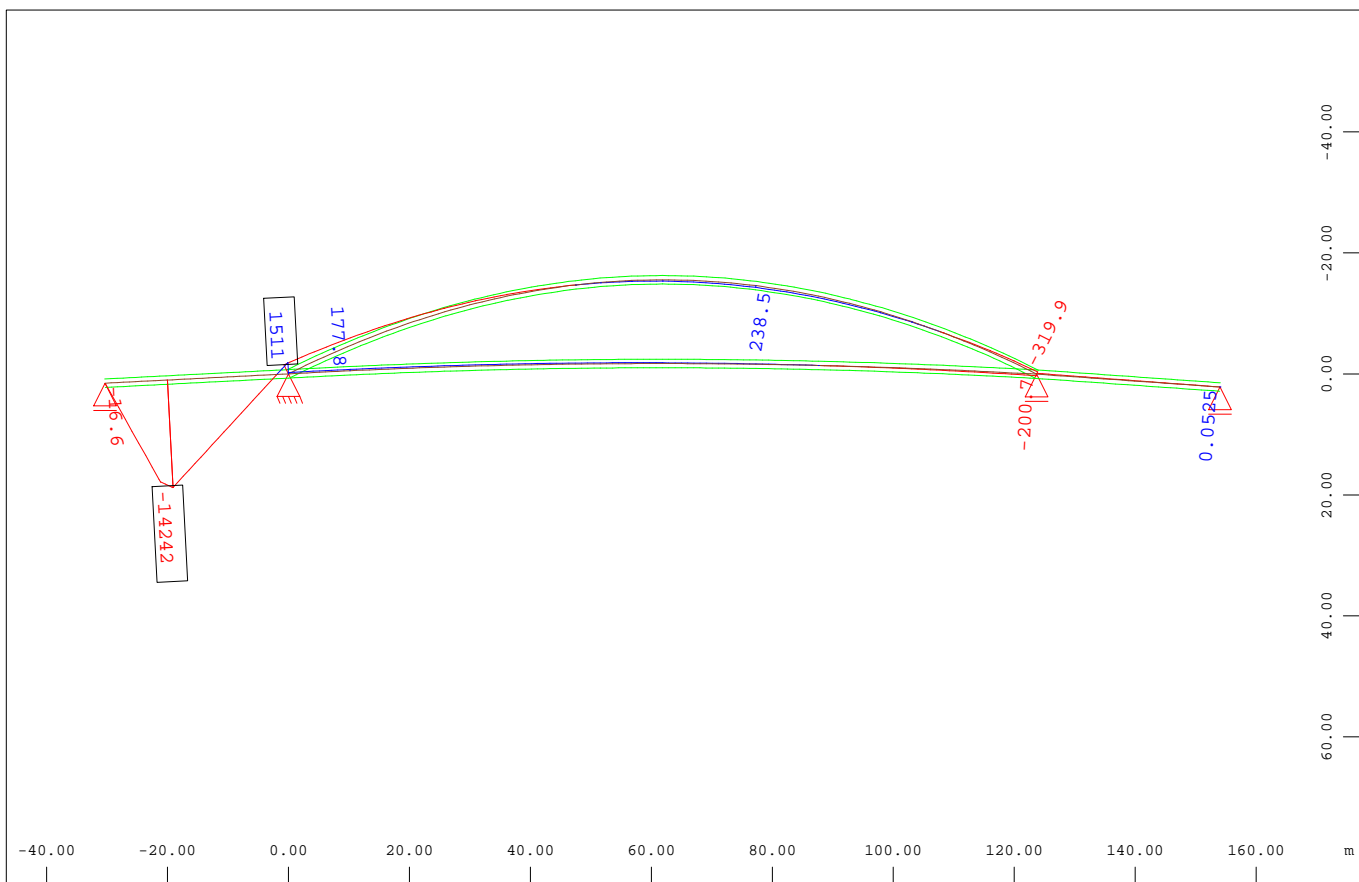
All loads, Loadcase 5 DOPRAVA TS 2.1 , (1 cm 3D = unit) Beam single load (force) vector M 1 : 1250
 (Unit=1000. kN (Max=1200.))



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5 DOPRAVA TS 2.1 , 1 cm 3D = 5000. kNm M 1 : 1250
 (Min=-9894.) (Max=1557.)



All loads, Loadcase 6 DOPRAVA TS 1 , (1 cm 3D = unit) Beam single load (force) vector M 1 : 1250
 (Unit=1000. kN \blacktriangleright) (Max=1200.)



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6 DOPRAVA TS 1 , 1 cm 3D = 10000. kNm M 1 : 1250
 (Min=-14242.) (Max=1511.)



4. VÝPOČETNÍ MODEL

4.1. SOFiSTiK

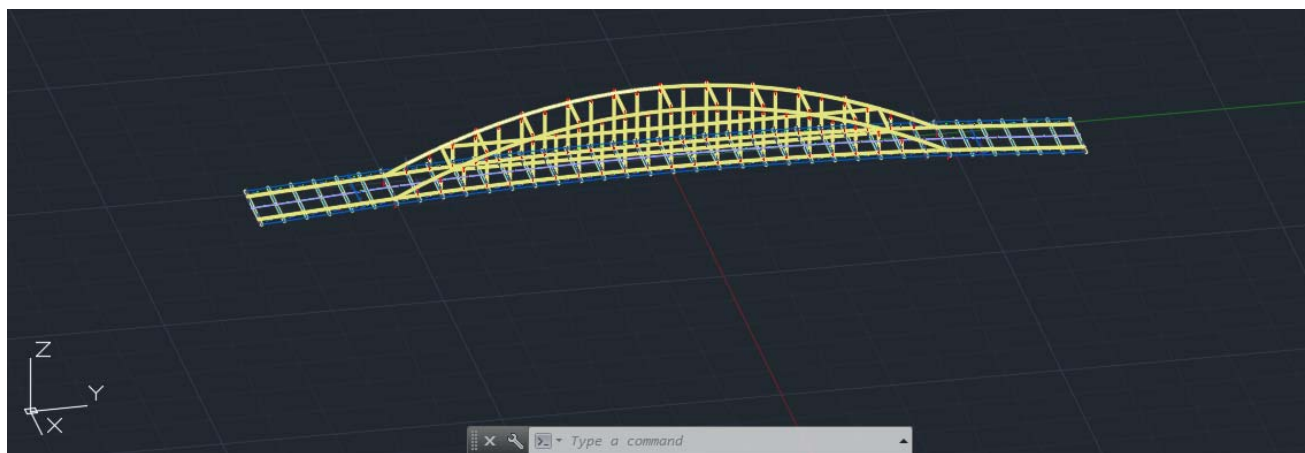
Výpočetní model byl vytvořen s ohledem na statické působení konstrukce a také s ohledem na postup výstavby. Pro modelování a analýzu konstrukce byl zvolen program SOFiSTiK. Tento program je velmi účinným nástrojem pro analýzu konstrukcí metodou konečných prvků s časově závislou analýzou. Má v sobě implementované běžně používané normy na navrhování (např. EC10, MC10, ...) a několik přídatných modulů pro tvorbu předpětí, zatěžování nebo mesh do FEM modelu.

Modelování analýza byla provedena následujícím postupem:

- 1) Vytvoření *Structural Elements* v programu SOFiPLUS
- 2) Vytvoření FEM modelu
- 3) Zadání skupin zatížení (*ACT*) a zatěžovacích stavů (*LC*)
- 4) Zadání předpínacích kabelů v modulu *TENDON* a zadání jejich aktivace pro *CSM*
- 5) Zadání a analýza postupu výstavby konstrukce v modulu *CSM – Construction Stages Manager*
- 6) Aplikace a analýza pohyblivého zatížení v modulu *ELLA – Ext. Live Load Analysis*
- 7) Zadání výpočet kombinací vnitřních sil v modulu *MAXIMA* → Max, Min - N , V_z , M_y (pro posouzení oblouku)
- 8) Zadání a výpočet napětí v konstrukci v modulu *AQB* → σ_x (pro posouzení mostovky)

4.1.1. SOFiPLUS

Samotný model byl vytvořen v dodatkovém programu SOFiPLUS. Jedná se o přídatný modul do AutoCADu, ve kterém se vytváření průřezy, zadávají materiály a pomocí *Structural elements* vytváření prvků typu *Beam* nebo deskových prvků typu *Quad*. Elementy typu *Brick* je možné taktéž vytvořit, ty však nejsou pro tento případ potřebné. Dalšími použitými prvky jsou propojení pomocí *Point constraint* a *Point link*, jejichž kombinací je možno vytvořit polotuhá ramena.



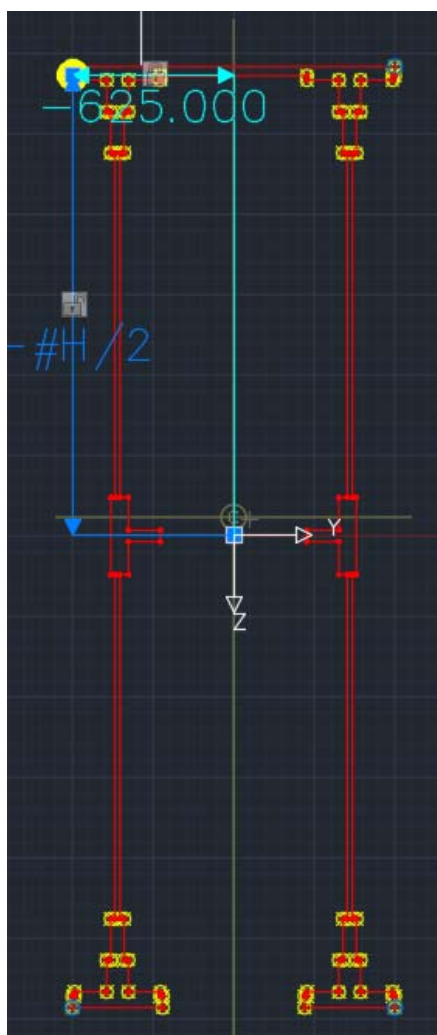
Obrázek 29 - Výpočetní model v prostředí SOFiPLUS



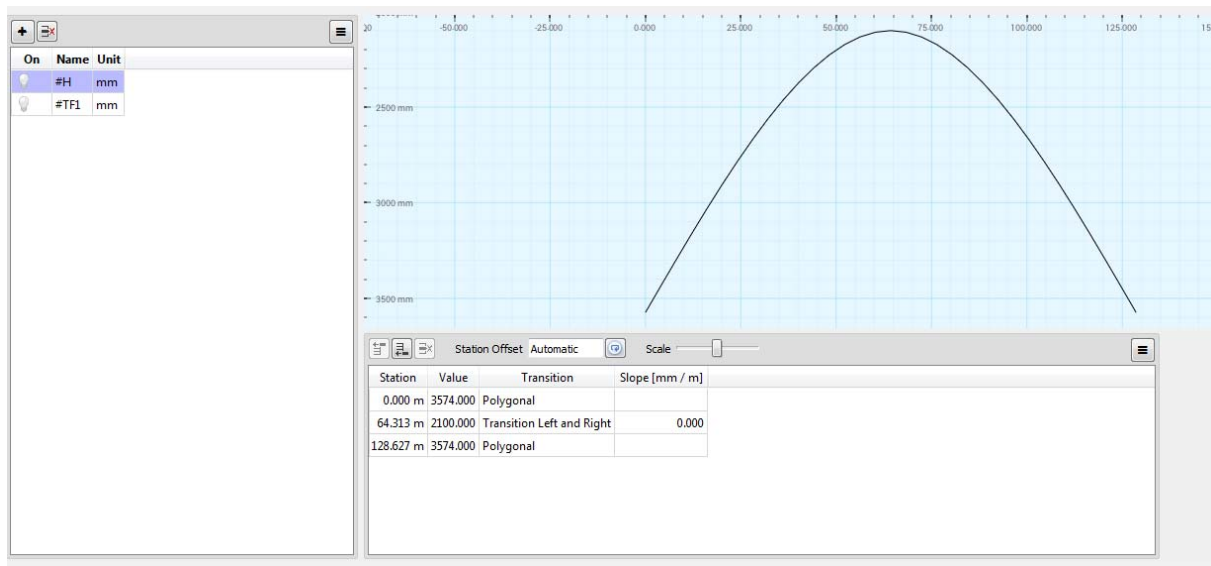
4.1.2. Popis jednotlivých prvků konstrukce

Model se skládá většinou z prutových prvků typu *Beam*. Přesněji oblouk, příčle, závěsy, příčníky, trámy mostovky, dočasná konstrukce táhla. Elementy typu *Quad* jsou použity jen pro účely roznosu zatížení.

Hlavním prvkem konstrukce je oblouk. Ten je modelován jako prut s proměnným průřezem. V SOFiPLUSU je vytvořena osa oblouku. Ta má teoretické rozpětí 123,6m a je podepřena na obou stranách pružinami s vysokou tuhostí (pružiny byly použity pouze z hlediska jednoduššího modelování konstrukce) a teoretické vzepětí 15,6m. Osa typu *Axis* má v sobě zadány proměnné prvky průřezu. Průřez oblouku je modelován obecně s označením proměnných a stálých rozměrů. Element typu *Beam* s vlastnostmi průřezu je pak přiřazen své ose.

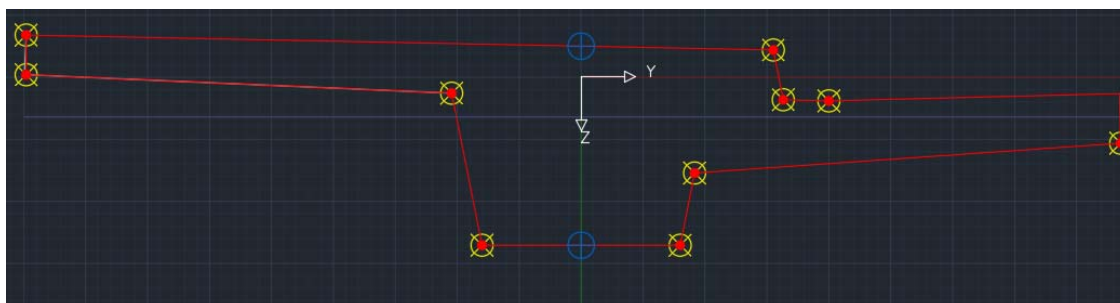


Obrázek 30 - Průřez oblouku s nastaveným proměnným parametrem #H

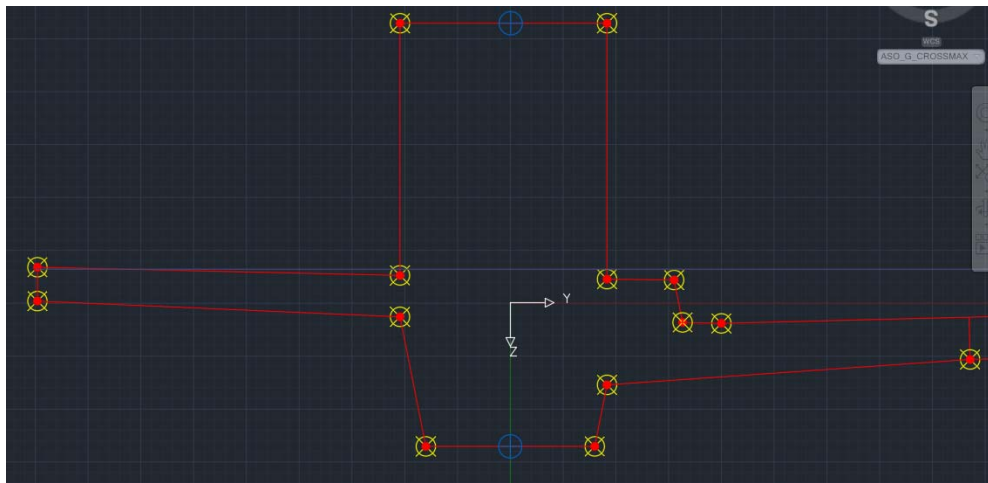


Obrázek 31 - Zadání proměnného parametru #H-výšky průřezu

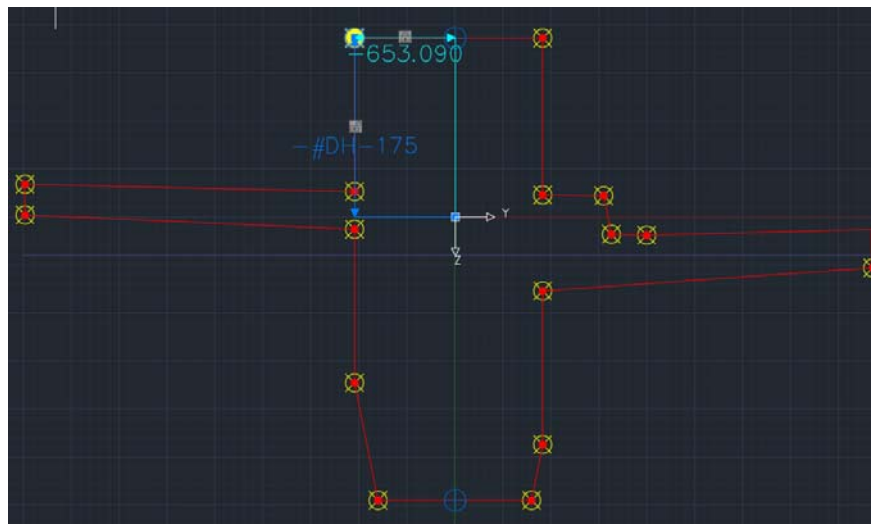
Další důležitým prvkem je modelování mostovky. Ta je modelována po dílčích částech. Trám mostovky je tvořen obdobně jako oblouk. Má definovanou svoji osu, které je přiřazen element typu *Beam* s charakteristikami a proměnnými rozměry. Celý trám je rozdělen na tři části. Dvě části jsou konstantní, reprezentované průřezy bez proměnných parametrů, část nad pilířem je modelována jako proměnná.



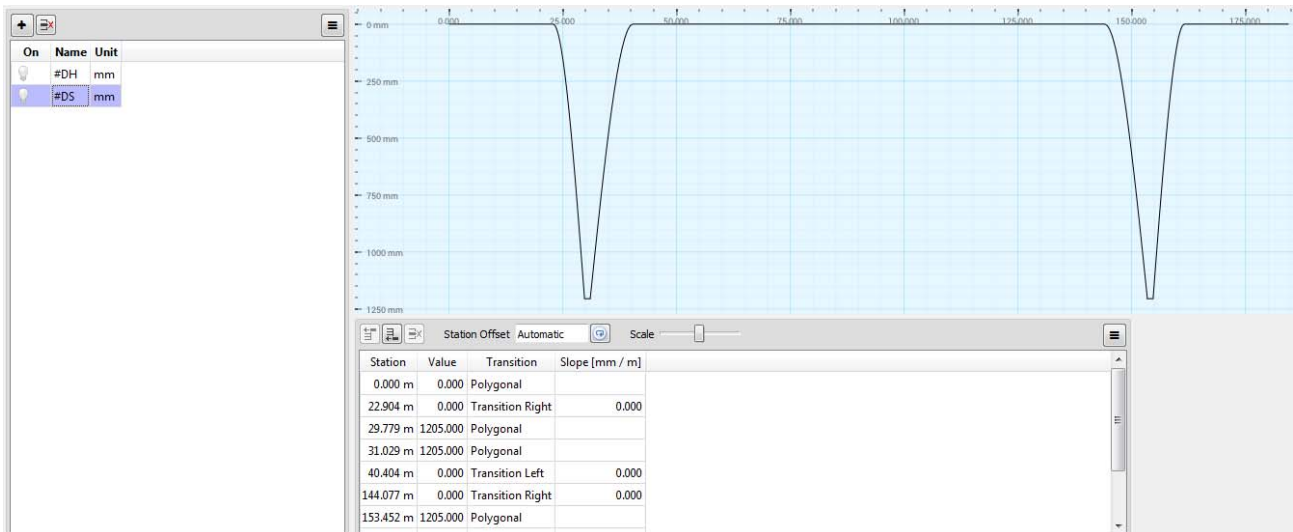
Obrázek 32 - Průřez trámu mostovky ve středním poli – konstantní



Obrázek 33 - Průřez trámu mostovky v krajním poli – konstantní



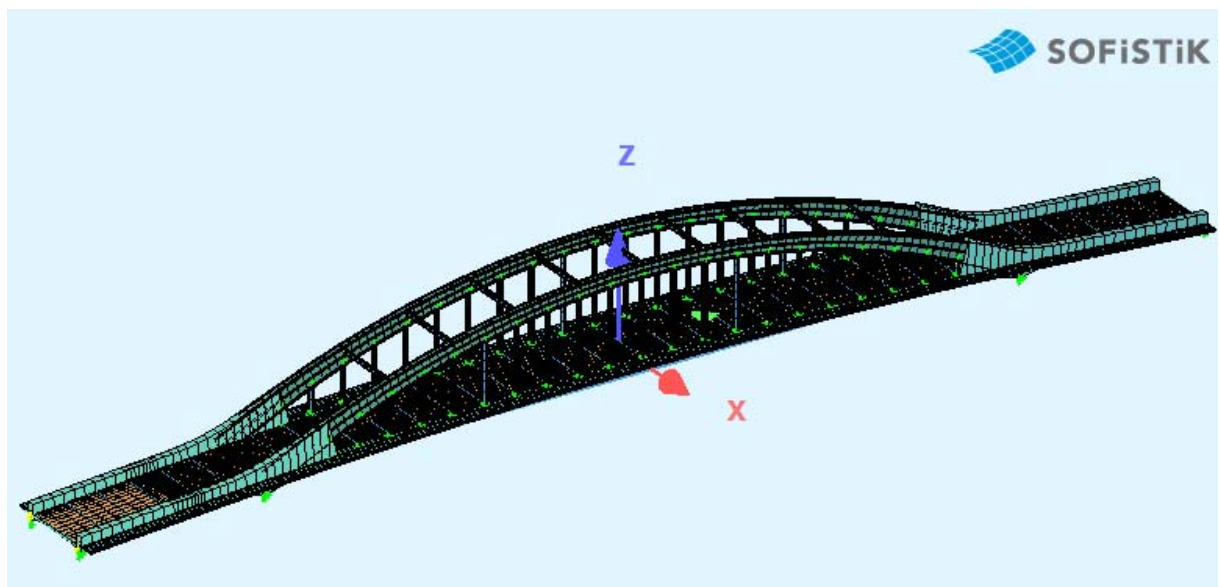
Obrázek 34 - Průřez trámu mostovky nad pilířem - proměnný parametr #DH



Obrázek 35 - Zadání proměnného parametru #DH

Přes závěsy, které jsou taktéž tvořené *Beam* elementy, je trám mostovky spojen s obloukem. V příčném směru jsou modelovány rovině mostovky příčnice a rovině oblouku příčle jako pruty s ocelovým průřezem. Pouze koncovým příčnicům jsou přiřazeny průřezy betonové.

Pro potřeby zatěžování konstrukce je modelována deska mostovky v celé šíři, která má nulovou vlastní tíhu a působí pouze v příčném směru. Tato fiktivní deska slouží pro roznoš zatížení na jednotlivé *Beam* elementy a pro pojezd zatížení v modulu *ELLA – Ext. Live Load Analysis*. Pro účely modulu *ELLA* je modelována i samostatná osa mostu typu *Axis*.



Obrázek 36 - FEM model konstrukce

Následně byly všechny elementy převedeny do FEM modelu.



4.2. Analýza konstrukce

4.2.1. Zatížení

Všechna zatížení se aplikují na konstrukci pomocí modulu *SOFILOAD*. Ten do paměti uloží všechny zatěžovací stavy (*LC – load case*) a nebo skupiny zatížení (*ACT – actions*) a následně s nimi pracuje. Všechna zatížení byla zadávána přes textový editor *Teddy 2018*.

```
+PROG SOFILOAD urs:17.1  
head
```

```
ACT G_1 GAMU 1.35 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'VLASTNI TIHA'  
ACT G_2 GAMU 1.35 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'OSTATNI STALE'  
ACT P_1 GAMU 1.00 GAMF 1.00 PART P SUP PERM TITL 'PREDPETI'  
ACT C_1 GAMU 1.00 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'C+S EOC'  
ACT C_2 GAMU 1.20 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'C+S EOL'  
ACT LL_Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.75 PSI1 0.75 PSI2 0.0 TITL 'DOPRAVA - LM1-Q'  
ACT LL_U GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'DOPRAVA - LM1-UDL'  
ACT W GAMU 1.50 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.60 PSI1 0.20 PSI2 0.0 TITL 'VITR'  
ACT Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'CHODCI'  
-  
end
```

End of File

Obrázek 38 - Zadání skupin zatížení a součinitelů zatížení

```
+PROG SOFILOAD urs:11.1  
head  
  
LC 11 TYPE G_2 TITL 'OSTATNI STALE'  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 2.49 X1 -5 Y1 -92.19 Z1 0 P2 2.49 X2 5 Y2 -92.19 Z2 0 P3 2.49  
END  
  
+PROG SOFILOAD urs:11.2  
HEAD  
LC 12 TYPE Q TITL 'CHODCI-KRAJNI POLE 1'  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 -8.8 Y1 -92.19 Z1 0 P2 5 X2 -6.525 Y2 -92.19 Z2 0 P3 5 X3  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 8.8 Y1 -92.19 Z1 0 P2 5 X2 6.525 Y2 -92.19 Z2 0 P3 5 X3 6  
end  
  
+PROG SOFILOAD urs:11.5  
head  
LC 13 TYPE Q TITL 'CHODCI-STREDNI POLE 1'  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 -8.8 Y1 -61.8 Z1 0 P2 5 X2 -6.525 Y2 -61.8 Z2 0 P3 5 X3 -  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 8.8 Y1 -61.8 Z1 0 P2 5 X2 6.525 Y2 -61.8 Z2 0 P3 5 X3 6.5  
end  
  
+PROG SOFILOAD urs:11.6  
head  
LC 14 TYPE Q TITL 'CHODCI-STREDNI POLE 2'  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 -8.8 Y1 -61.8 Z1 0 P2 5 X2 -6.525 Y2 -61.8 Z2 0 P3 5 X3 -  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 8.8 Y1 -61.8 Z1 0 P2 5 X2 6.525 Y2 -61.8 Z2 0 P3 5 X3 6.5  
end  
  
+PROG SOFILOAD urs:11.7  
HEAD  
LC 15 TYPE Q TITL 'CHODCI-KRAJNI POLE 2'  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 -8.8 Y1 92.19 Z1 0 P2 5 X2 -6.525 Y2 92.19 Z2 0 P3 5 X3 -  
AREA PROJ ZZ WIDE 10 TYPE PG P1 5 X1 8.8 Y1 92.19 Z1 0 P2 5 X2 6.525 Y2 92.19 Z2 0 P3 5 X3 6.5  
end
```

Obrázek 37 – Příklad zadání zatěžovací stavů (LC)



```
+PROG SOFILOAD urs:16.1
head

LANE AXIS WL -5 WR 5 YLA -8.8 YRA 8.8

LANE AXIS.1 WL -5 WR -2
LANE AXIS.2 WL -2 WR 1
LANE AXIS.3 WL 1 WR 4
LANE AXIS.4 WL 4 WR 5

LANE AXIS.11 WL 2 WR 5
LANE AXIS.12 WL -1 WR 2
LANE AXIS.13 WL -4 WR -1
LANE AXIS.14 WL -5 WR -4

LANE AXIS.21 WL -5 WR 5

LC NO 1201 TYPE NONE TITL 'EN 1991-2 Load model LM1'
  TRAI LM1 P1 300 P2 300 P4 9 P5 3 WIDT 3

LC NO 1202 TYPE NONE TITL 'EN 1991-2 Load model LM1'
  TRAI LM1 P1 200 P2 200 P4 6 P5 3 WIDT 3

LC NO 1203 TYPE NONE TITL 'EN 1991-2 Load model LM1'
  TRAI LM1 P1 100 P2 100 P4 3 P5 3 WIDT 3

end
```

Obrázek 39 - Zadání zatížení modelem LM1

```
+PROG ELLA urs:16.2
head

SIZE URS 0 HDIV 2
ECHO FULL OFF
$SHOW SNO AXIS TYPE BEAM x (1 50 1) ETYP ALL
APPL FULL

LSEL AXIS INT 5 DZ 1

CALC N LMAX 1 LMIN 2
CALC VY LMAX 3 LMIN 4
CALC VZ LMAX 5 LMIN 6
CALC MY LMAX 7 LMIN 8
CALC MZ LMAX 9 LMIN 10
CALC MT LMAX 11 LMIN 12

SAVE LCB 2000 TYPE LL_Q TITL 'EN 1991-2 Load model LM1 - Q'
CASE 1 GRP GR0
  POSL AXIS.1 TRAI 1201 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.2 TRAI 1202 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.3 TRAI 1203 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.4 P 3
CASE 2 GRP GR0
  POSL AXIS.11 TRAI 1201 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.12 TRAI 1202 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.13 TRAI 1203 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.14 P 3

SAVE LCB 2010 TYPE LL_U TITL 'EN 1991-2 Load model LM1 - UDL'
CASE 1 GRP GRU
  POSL AXIS.1 TRAI 1201 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.2 TRAI 1202 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.3 TRAI 1203 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.4 P 3
CASE 2 GRP GRU
  POSL AXIS.11 TRAI 1201 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.12 TRAI 1202 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.13 TRAI 1203 OPT LIM YEX 0 P 0 SYNC ON
  POSL AXIS.14 P 3

end
```

Obrázek 40 - Zadání pohyblivého zatížení



4.2.2. Předpětí

Zadávání geometrie předpínacích kabelů, jejich charakteristik a fáze výstavby, ve které se aktivují, se zadávají v modulu *TENDON*. SOFiSTiK má v sobě implementovanou knihovnu různých systémů předpínání, který obsahuje informace o jednotlivých typech kabelů a jejich charakteristikách. Pro analýzu byly vybrány kabely společnosti *VSL International Ltd.* 6-22 150mm² 15.7 a 6-37 150mm² 15.7 z oceli Y1860. Program *TENDON* dle zadané geometrie a způsobu předpínání vypočítá ztráty předpětí a dle výpočtové normy stanoví napětí v kabelech. Ty jsou pak následně použity pro analýzu v *CSM*.

```
+prog tendon urs:14.1
HEAD

AXES NOH 1 TYPE REF3 'ML'

TGEO 1 NOH 1 NOPS 2 TITL 'L37-H1-1'
PTUV S U V RV KIND TYPE=REF3
0 -0.25 0.045 - FIX
11.25 -0.25 0.495 25 -
22.904 -0.25 -0.81 - FIX

CS ICS1 410 ICS2 411
PSIG KIND LE ANWS 'TS' K1 0.8 K2 0.9 K3 0.75 K4 0.85
TEND NOT 1 NOG 1 NTEN 1 LC 31

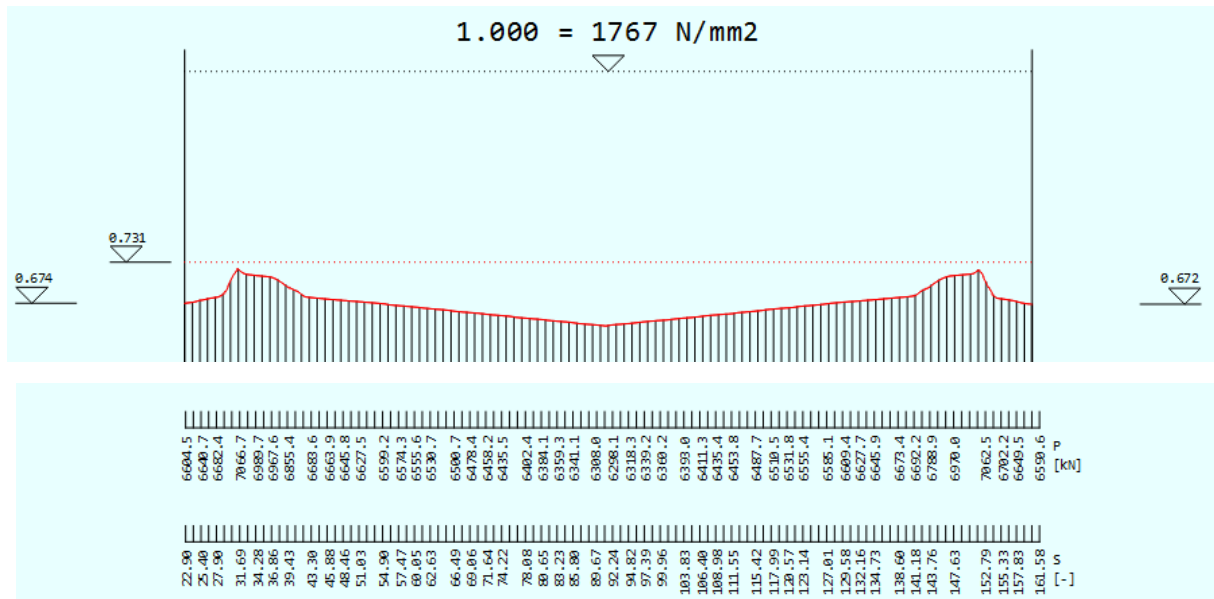
TGEO 2 NOH 1 NOPS 2 TITL 'L37-H1-2'
PTUV S U V RV KIND TYPE=REF3
22.904 -0.25 -0.81 - FIX
30.404 -0.25 -1.655 10 -
40.404 -0.25 0.045 25 -
144.077 -0.25 0.045 25 -
154.077 -0.25 -1.655 10 -
161.577 -0.25 -0.81 - FIX

CS ICS1 220 ICS2 221
PSIG KIND RILE ANWS 'TS' K1 0.8 K2 0.9 K3 0.75 K4 0.85
TEND NOT 2 NOG 2 NTEN 1 LC 32

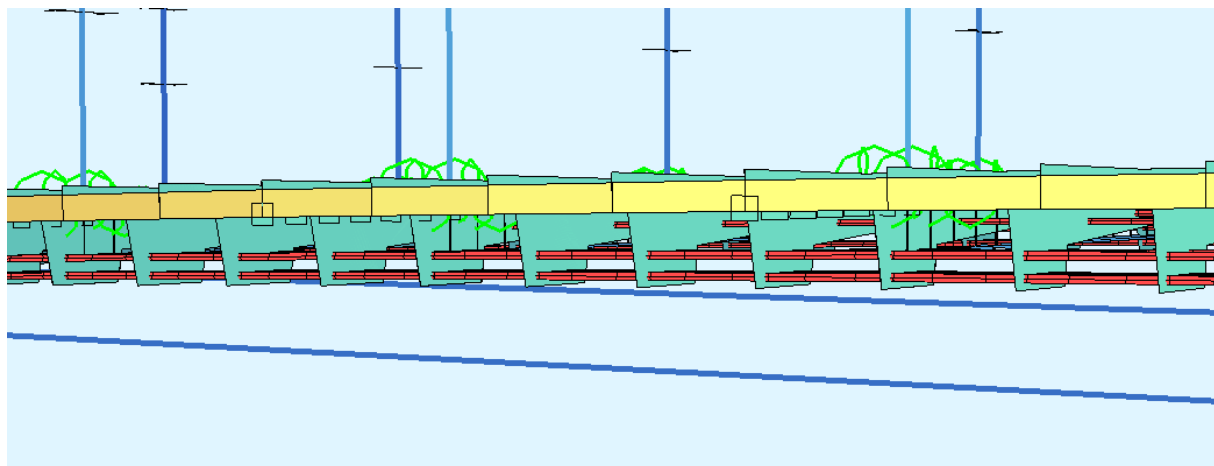
TGEO 3 NOH 1 NOPS 2 TITL 'L37-H1-3'
PTUV S U V RV KIND TYPE=REF3
161.577 -0.25 -0.81 - FIX
173.231 -0.25 0.495 25 -
184.481 -0.25 0.045 - FIX

CS ICS1 410 ICS2 411
PSIG KIND RI ANWS 'TS' K1 0.8 K2 0.9 K3 0.75 K4 0.85
TEND NOT 3 NOG 3 NTEN 1 LC 33
```

Obrázek 41 - Zadání geometrie a charakteristik kabelů



Obrázek 42 – Ukázka výstupu o průběhu napětí v kabelu

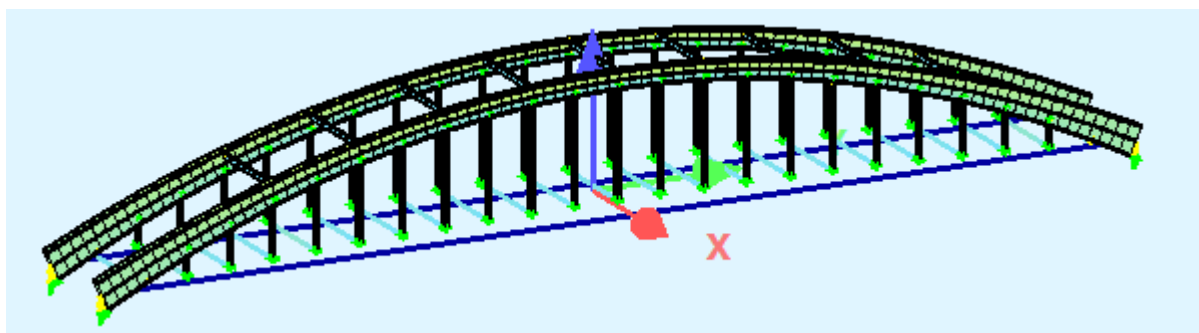


Obrázek 43 - Vizualizace předpínacích kabelů v mostovce

4.2.3. CSM - Postup výstavby

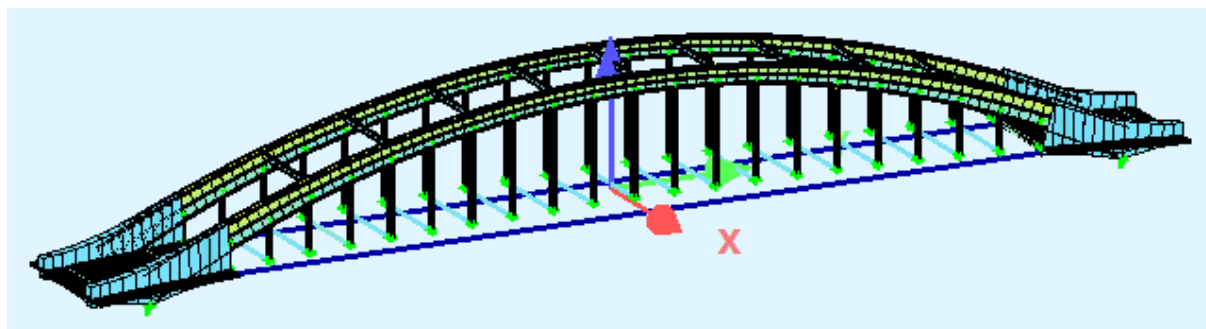
Jednoduchý modul, který zpracovává a analyzuje fáze výstavby. Postupně zapíná a vypíná skupiny elementů *Groups* a v každém kroku vypočte vnitřní síly, změnu vnitřních sil a napětí. Umožňuje zároveň analýzu dotvarování a smršťování betonu, jelikož má v sobě implementovány modely dotvarování a smršťování. Zde byl použit postup z *EC10*. Na závěr vytvoří několik výstupů. Matici tuhosti konstrukce pro další analýzu, vnitřní síly na konci výstavby a napětí na konci výstavby. Uvažované kroky a doba jejich trvání je zobrazena níže.

#	Čas [dny]	Název fáze výstavby	Doba trvání [dny]	Stáří betonu při odbednění [dny]	Doba ošetřování [dny]	Poznámky
100	0	OCELOVA KONSTRUKCE	0	-	-	Počáteční fáze bez stávající mostovky a s provizorním táhlem

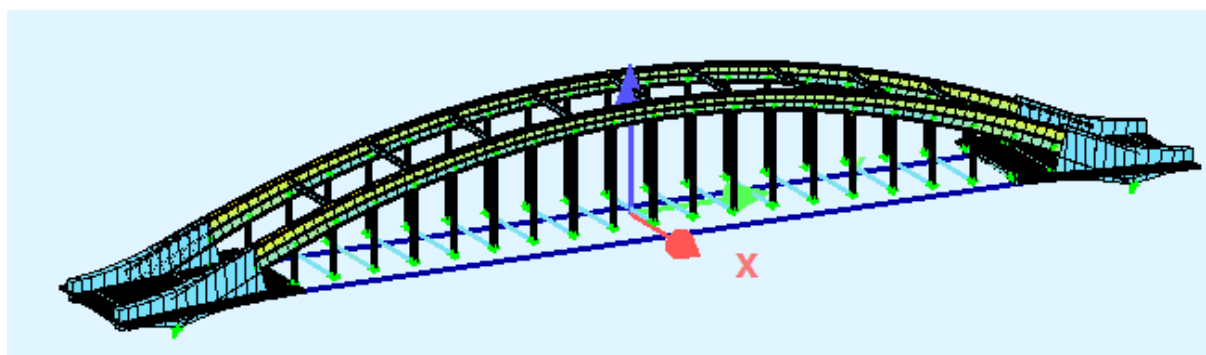


Obrázek 44 - Postup výstavby Fáze 100

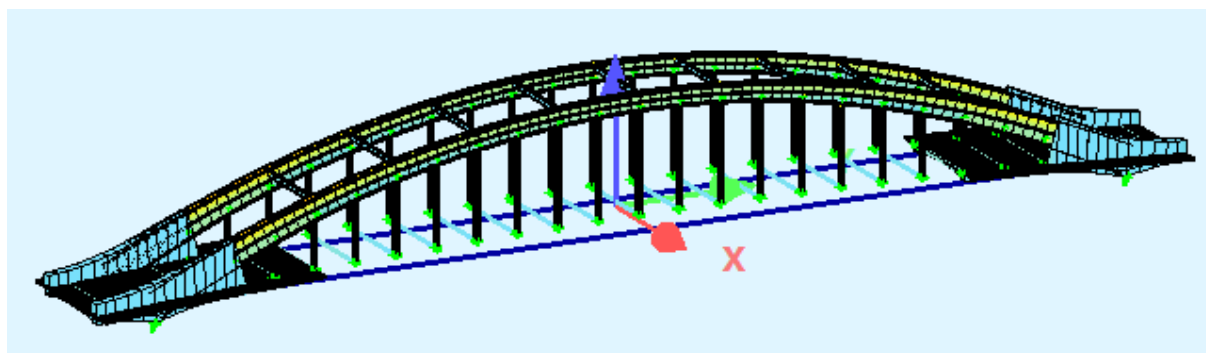
#	Čas [dny]	Název fáze výstavby	Doba trvání [dny]	Stáří		Poznámky
				betonu při odbednění [dny]	Doba ošetřování [dny]	
110	0	BETONAZ OBLOUK1	0	7	3	Betonáž zárodku
111	0	C+S 1	7	-	-	Dotvarování a smršťování
120	7	BETONAZ OBLOUK2	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
121	7	C+S 2	7	-	-	Dotvarování a smršťování
130	14	BETONAZ OBLOUK3	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
131	14	C+S 3	7	-	-	Dotvarování a smršťování
140	21	BETONAZ OBLOUK4	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
141	21	C+S 4	7	-	-	Dotvarování a smršťování
150	28	BETONAZ OBLOUK5	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
151	28	C+S 5	7	-	-	Dotvarování a smršťování
160	35	BETONAZ OBLOUK6	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
161	35	C+S 6	7	-	-	Dotvarování a smršťování
170	42	BETONAZ OBLOUK7	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
171	42	C+S 7	7	-	-	Dotvarování a smršťování
180	49	BETONAZ OBLOUK8	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
181	49	C+S 8	7	-	-	Dotvarování a smršťování
190	56	BETONAZ OBLOUK9	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
191	56	C+S 9	7	-	-	Dotvarování a smršťování
200	63	BETONAZ OBLOUK10	0	7	3	Betonáž lamely mostovky
201	63	C+S 10	7	-	-	Dotvarování a smršťování
210	70	BETONAZ OBLOUK11	0	7	3	Betonáž lamely mostovky



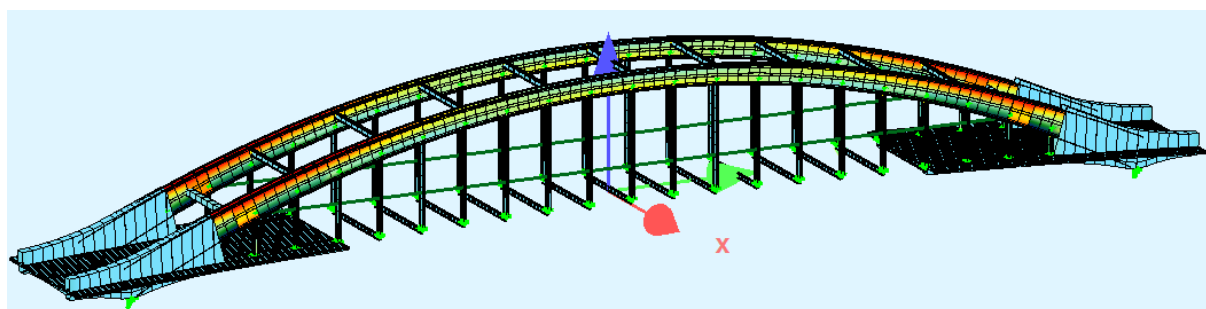
Obrázek 45 - Postup výstavby fáze 110-111



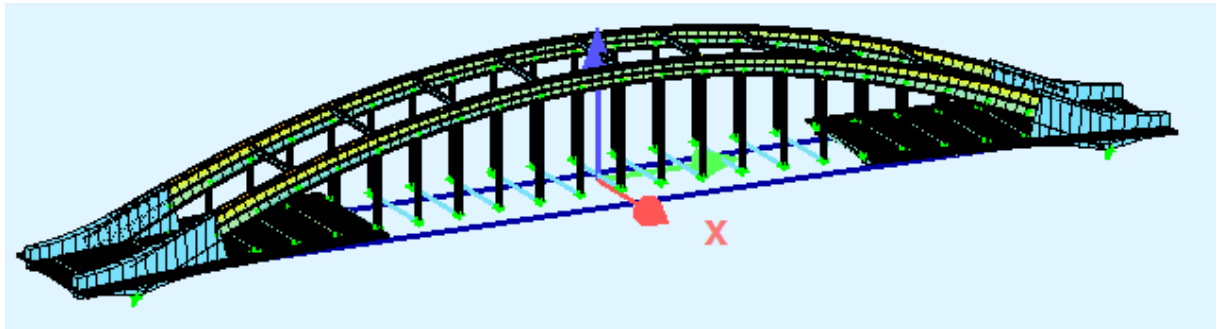
Obrázek 46 - Postup výstavby fáze 120-121



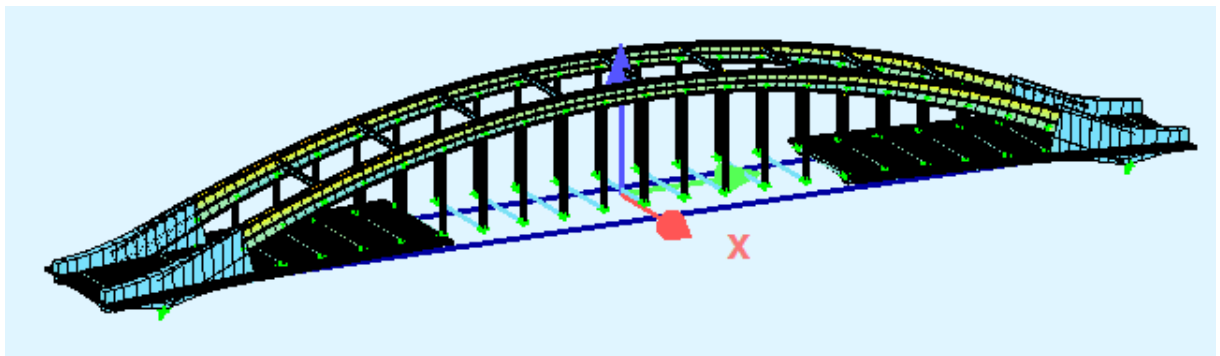
Obrázek 47 - Postup výstavby fáze 130-131



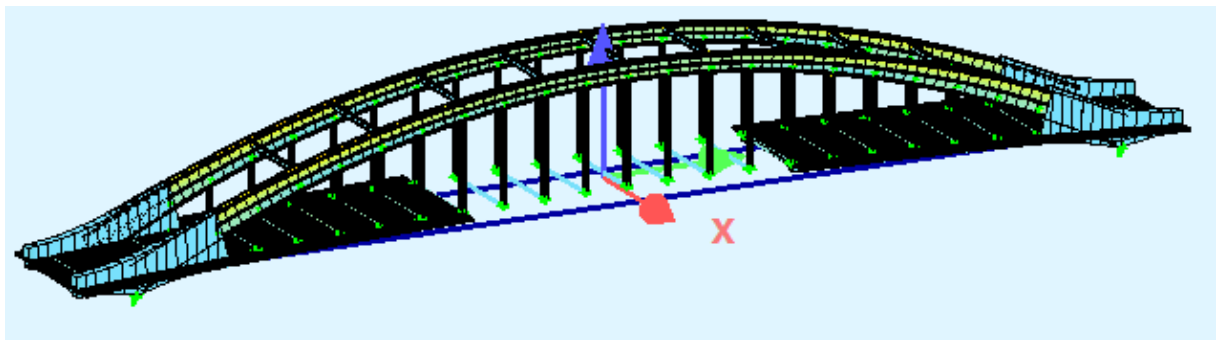
Obrázek 48 - Postup výstavby fáze 140-141



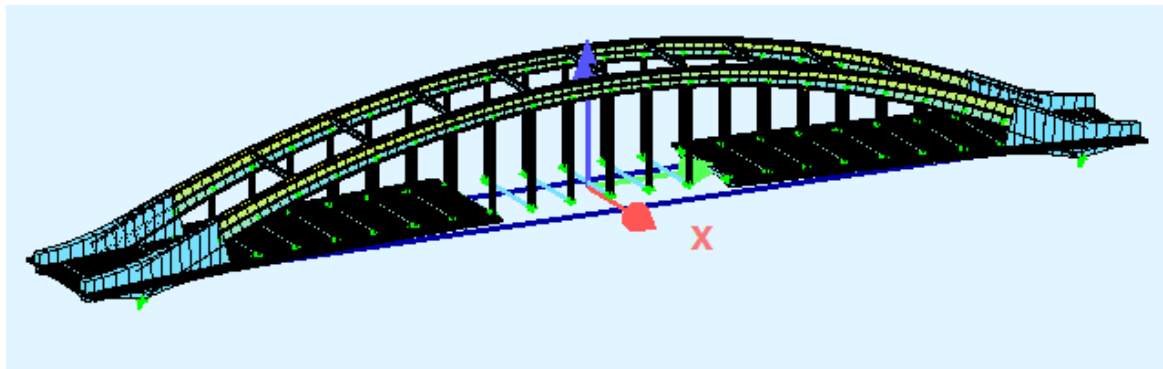
Obrázek 49 - Postup výstavby fáze 150-151



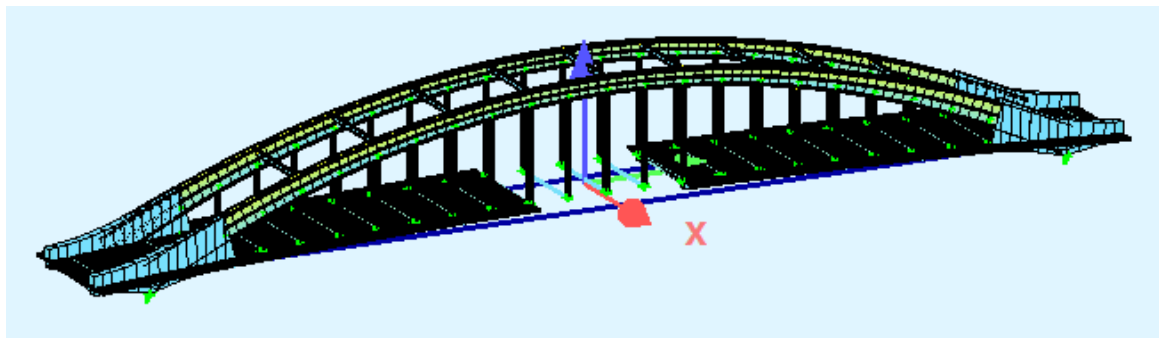
Obrázek 50 - Postup výstavby fáze 160-161



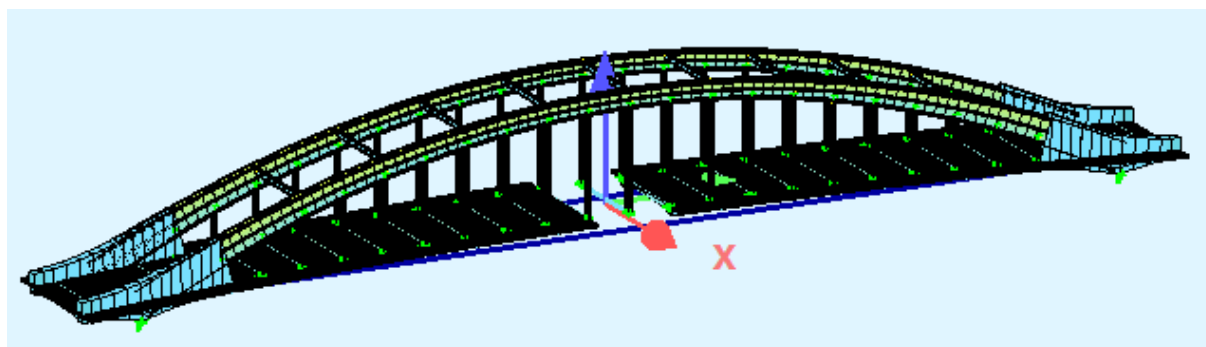
Obrázek 51 - Postup výstavby fáze 170-171



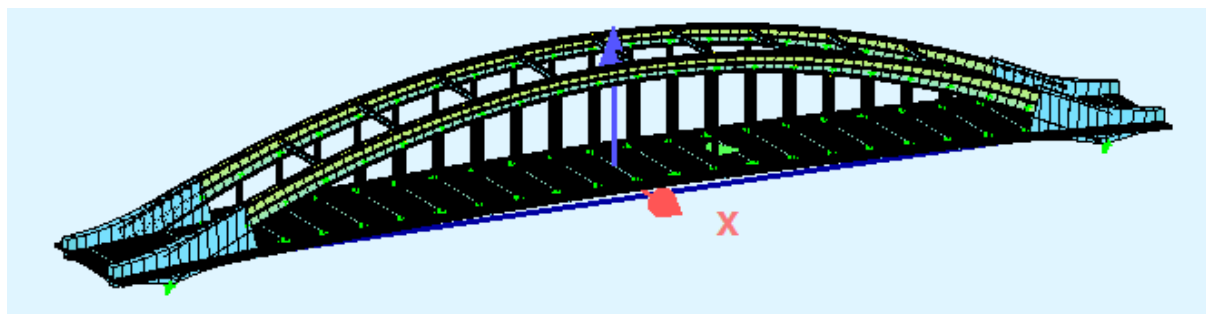
Obrázek 52 - Postup výstavby fáze 180-181



Obrázek 53 - Postup výstavby fáze 190-191



Obrázek 54 - Postup výstavby fáze 200-201

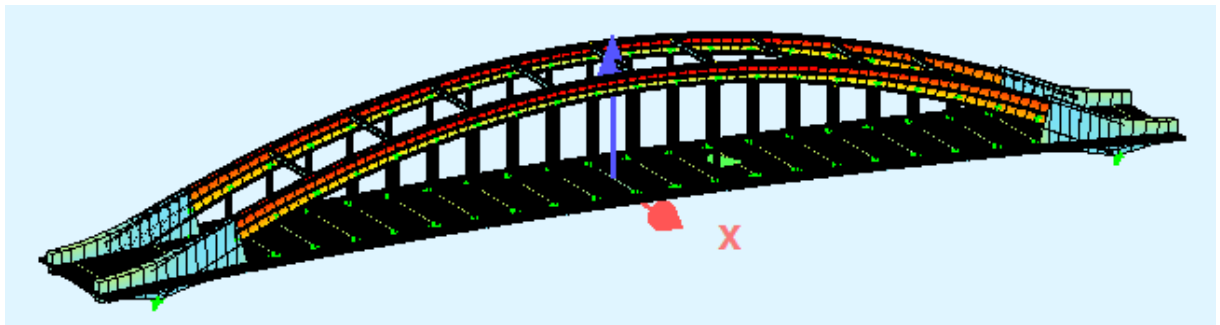


Obrázek 55 - Postup výstavby fáze 210-211

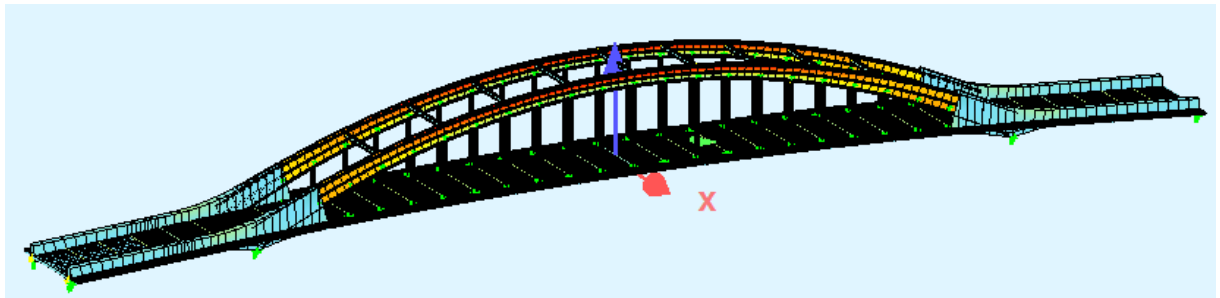
#	Čas [dny]	Název fáze výstavby	Doba trvání [dny]	Stáří betonu při odbednění [dny]	Doba ošetřování [dny]	Poznámky
219	70	ODSTRANENÍ TAHLA	0	-	-	
220	70	PREDPETI1	0	-	-	
230	70	C+S 11 BETONAZ KRAJNICH	7	-	-	Dotvarování a smršťování
400	77	POLI	0	-	-	
410	77	PREDPETI2	0	-	-	
420	77	C+S KRAJNI POLE	7	-	-	Dotvarování a smršťování
500	84	C+S OS	7	-	-	Dotvarování a smršťování
510	91	OSTATNÍ STÁLE	0	-	-	Pokládka vozovky



600	91	C+S EOC	30	-	-	Dotvarování a smršťování
-	121	<i>UVEDENÍ DO PROVOZU</i>	-	-	-	
700	121	C+S EOL	36500	-	-	Dotvarování a smršťování
-	36621	<i>KONEC ŽIVOTNOSTI</i>	-	-	-	



Obrázek 56 - Postup výstavby fáze 219-230



Obrázek 57 - Postup výstavby fáze 400-700



```
-PROG CSM urs:20.1
head

CTRL ASE TEXT 'CTRL WARP 1'
CTRL ASE TEXT 'CTRL WARN 507'

CTRL EIGE EN10
CS 100 TYPE G_1 TITL 'OCELOVA KONSTRUKCE'
  GRP 5,60,61,62,63,65,66 ICS1 100
  GRP 64 ICS1 100 ATIL 219

CS 110 TYPE G_1 TITL 'BETONAZ OBLOUK1'
  GRP 70 ICS1 110 T0 7 TS 3
  GRP 90 ICS1 110 QEMX 1E-6
  GRP 110 ICS1 110
CS 111 TYPE C_1 TITL 'C+S 1' RH 'TEMP' TEMP 20 T 7 NCRE 1

CS 120 TYPE G_1 TITL 'BETONAZ OBLOUK2'
  GRP 71 ICS1 120 T0 7 TS 3
  GRP 91 ICS1 120 QEMX 1E-6
  GRP 111 ICS1 120
CS 121 TYPE C_1 TITL 'C+S 2' RH 'TEMP' TEMP 20 T 7 NCRE 1

CS 130 TYPE G_1 TITL 'BETONAZ OBLOUK3'
  GRP 72 ICS1 130 T0 7 TS 3
  GRP 92 ICS1 130 QEMX 1E-6
  GRP 112 ICS1 130
CS 131 TYPE C_1 TITL 'C+S 3' RH 'TEMP' TEMP 20 T 7 NCRE 1
```

Obrázek 58 - Zadání fází výstavby

4.2.4. Výsledky

Pro výpočet konstrukce byla použita lineární analýza, kterou provádí modul *ASE – Advanced Solver Engine* a byly stanoveny pouze elastická napětí v modulu *AQB*. Kombinace vnitřních sil vytvořil modul *MAXIMA* a to jak pro ULS tak i pro SLS. Tyto síly jsou následně použity pro posouzení oblouku. Napětí jsou pak použita pro posouzení mostovky.

```
+PROG ASE urs:8.4
head

$ ZATIZENI VETREM
LC 21
LC 22
LC 23
LC 25
LC 26
LC 27

end

+PROG ASE urs:8.5
head

$ ZATIZENI CHODCI
LC 12

end
```

Obrázek 59 - Zadání pro lineární analýzu - vítr, chodci



```
+PROG MAXIMA urs:12.3
ECHO FACT YES

HEAD

COMB 201 EXTR DESI TITL 'ULS-EOL'
ACT G_1 GAMU 1.35 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'VLASTNI TIHA'
#include max_act_g
ACT G_2 GAMU 1.35 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'OSTATNI STALE'
#include max_act_g
ACT P GAMU 1.00 GAMF 1.00 PART P SUP PERM TITL 'PREDPETI'
#include max_act_p
ACT C_2 GAMU 1.20 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'C+S EOL'
#include max_act_c
ACT LL_Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.75 PSI1 0.75 PSI2 0.0 TITL 'TRAFFIC - LM1-Q'
ACT LL_U GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'TRAFFIC - LM1-UDL'
ACT Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'CHODCI'
ACT W GAMU 1.50 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.60 PSI1 0.20 PSI2 0.0 TITL 'VITR'

SUPP 201 EXTR MAMI ETYP BEAM TYPE N,VZ,MY LC 11000 TITL 'KOMBINACE-ULS-EOL'

END
```

Obrázek 60 - Zadání pro výpočet návrhových vnitřní sil – ULS

```
+PROG MAXIMA urs:12.1
ECHO FACT YES

HEAD

COMB 400 EXTR PERM TITL 'SLS-EOC-PERM'
ACT G_1 GAMU 1.35 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'VLASTNI TIHA'
#include max_act_g
ACT G_2 GAMU 1.35 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'OSTATNI STALE'
#include max_act_g
ACT P GAMU 1.00 GAMF 1.00 PART P SUP PERM TITL 'PREDPETI'
#include max_act_p
ACT C_1 GAMU 1.00 GAMF 1.00 PART G SUP PERM TITL 'C+S EOC'
#include max_act_c
ACT LL_Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.75 PSI1 0.75 PSI2 0.0 TITL 'TRAFFIC - LM1-Q'
ACT LL_U GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'TRAFFIC - LM1-UDL'
ACT Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'CHODCI'
ACT W GAMU 1.50 GAMF 0.00 PART Q SUP EXCL PSI0 0.60 PSI1 0.20 PSI2 0.0 TITL 'VITR'

SUPP 400 EXTR MAMI ETYP BEAM TYPE N,VZ,MY LC 20000 TITL 'SLS-EOC-PERM'

END
```

Obrázek 61 - Zadání pro výpočet kombinace vnitřních sil - kvazistálá kombinace – SLS

```
+PROG AQB urs:23.2
head

NORM EN 1992-2004

BEAM GRP 69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81

#INCLUDE $(PROJECT)_CSMLF.DAT

LC TYPE LL_Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 APAR Q SUP EXCL PSI0 0.75 PSI1 0.75 PSI2 0.0 TITL 'DOPRAVA - LM1-Q'
LC TYPE LL_U GAMU 1.35 GAMF 0.00 APAR Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'DOPRAVA - LM1-UDL'
LC TYPE W GAMU 1.50 GAMF 0.00 APAR Q SUP EXCL PSI0 0.60 PSI1 0.20 PSI2 0.0 TITL 'VITR'
LC TYPE Q GAMU 1.35 GAMF 0.00 APAR Q SUP EXCL PSI0 0.40 PSI1 0.40 PSI2 0.0 TITL 'CHODCI'

COMB EXTR LC1 LC2 LC3 LC4 LC5 LC6
MAXP G_1 G_2 P_1 C_1 LL_Q
AND LL_U Q W
MINP G_1 G_2 P_1 C_1 LL_Q
AND LL_U Q W

COMB GMAX LCST 60000 TITL 'SLS EOC QUASI'

STRE E
end
```

Obrázek 62 - Zadání pro výpočet napětí - častá kombinace - SLS



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem

VÝPOČTOVÁ ČÁST



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

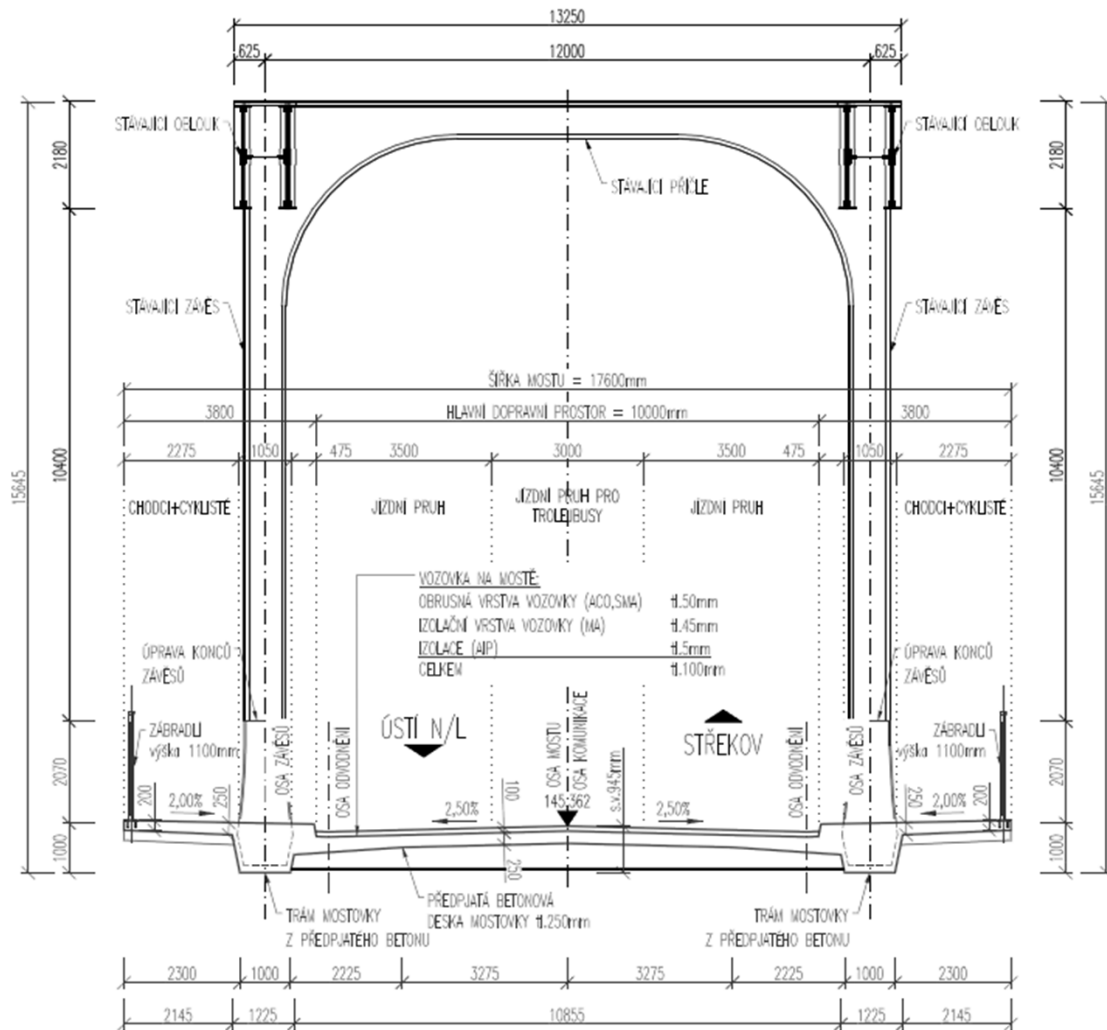
Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh opravy Benešova mostu v Ústí nad Labem

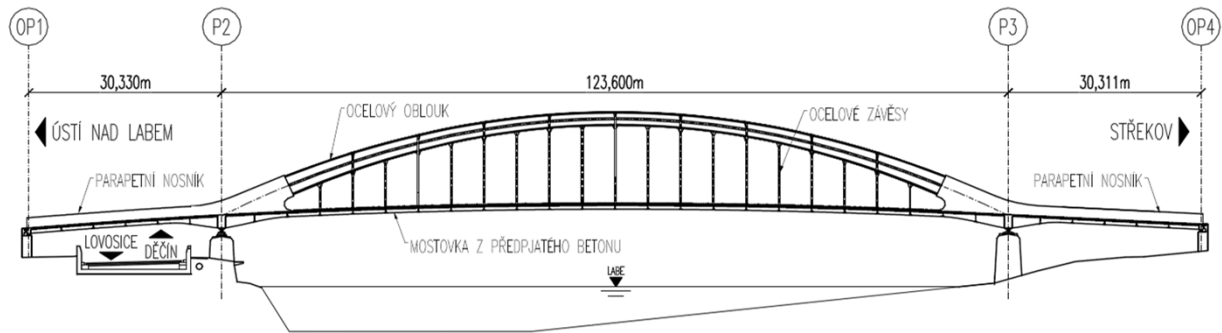
5. PARAMETRY PRO VÝPOČET

ROZMĚRY KONSTRUKCE

Rozpětí oblouku	L = 123.6 m
Vzepětí oblouku	f = 15.605 m
Rozpětí krajního pole - Ústí	L ₁ = 30.33 m
Rozpětí krajního pole - Střekov	L ₂ = 30.31 m
Šířka mostu	b = 17.6 m
Výška mostu - oblouk	h = 15.7 m
Výška mostu - krajní pole	h = 2.5 m
Vzdálenost příčníků na oblouku	p = 5.155 m
Vzdálenost příčníků na krajním poli	p ₁ = 5.055 m
Vzdálenost příčníků na krajním poli	p ₂ = 5.050 m
Vzdálenost mezi oblouky	o = 12 m



Obázek 63 - Příčný řez konstrukcí



Obázek 64 - Pohled na konstrukci

5.1. Charakteristiky materiálů - Stávající stav

5.1.1. Konstrukční ocel

OBLOUK - HLAVNÍ NOSNÍK, TÁHLO

třída oceli:	St52	dle [17]
$f_y =$	350 MPa	charakteristická mez kluzu
$f_u =$	540 MPa	charakteristická mez kluzu

5.2. Charakteristiky materiálů - Nový stav

5.2.1. Beton

DESKA MOSTOVKY

charakteristiky pro stáří betonu $t = 28$ dní:

třída pevnosti:	C 45/55	dle [7]
$f_{ck} =$	45 MPa	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
$f_{cm} =$	53 MPa	střední pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm} =$	3.8 MPa	střední pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{ctk,0,05} =$	2.7 MPa	dolní charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{ctk,0,95} =$	4.9 MPa	horní charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$E_{cm} =$	36 GPa	střední hodnota modulu pružnosti

SPODNÍ STAVBA

charakteristiky pro stáří betonu $t = 28$ dní:

třída pevnosti:	C 25/30	dle [7]
$f_{ck} =$	25 MPa	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
$f_{cm} =$	33 MPa	střední pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm} =$	2.6 MPa	střední pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{ctk,0,05} =$	1.8 MPa	dolní charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{ctk,0,95} =$	3.3 MPa	horní charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$E_{cm} =$	31 GPa	střední hodnota modulu pružnosti

5.2.2. Betonářská výztuž

označení: B500B

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ charakteristická hodnota meze kluzu

5.2.3. Předpínací výztuž - Systém VSL International, Ltd.

předpínací výztuž ze sedmipramencových lan; průměr 15,7 mm

označení: Y1860S6-15,7 dle [12]

$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$ charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu
 $f_{p,0,1,k} = 1637 \text{ MPa}$ smluvní mez kluzu
 $E_p = 195 \text{ GPa}$ modul pružnosti předpínací oceli
 $\phi_{p,nom} = 15.7 \text{ mm}$ nominální průměr
 $A_1 = 150 \text{ mm}^2$ plocha jednoho lana

5.2.4. Konstrukční ocel

třída oceli: S420 dle [9] kap.3, tab.3.1.

pro $t \leq 40 \text{ mm}$ $f_y = 420 \text{ MPa}$ charakteristická mez kluzu
 pro $t > 40 \text{ mm}$ $f_y = 520 \text{ MPa}$ charakteristická mez kluzu
 pro $t \leq 40 \text{ mm}$ $f_u = 390 \text{ MPa}$ charakteristická mez pevnosti
 pro $t > 40 \text{ mm}$ $f_u = 500 \text{ MPa}$ charakteristická mez pevnosti

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.75$$

dle [9] kap.3.2.6.

$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ hustota
 $E = 210 \text{ GPa}$ modul pružnosti
 $G = 81 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku
 $\nu = 0.3$ Poissonovo číslo
 $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ součinitel teplotní roztažnosti

5.3. Součinitele materiálů

KONSTRUKČNÍ OCEL

dle [9]

únosnost průřezů třídy 1,2,3,4	$\gamma_{M0} = 1.00$
únosnost průřezů při posuzování stability	$\gamma_{M1} = 1.00$
únosnost oslabeného průřezu v tahu	$\gamma_{M2} = 1.25$
posouzení v MSP	$\gamma_{M,ser} = 1.00$

BETON

dle [7]

trvalé a dočasné návrhové situace	$\gamma_c = 1.50$
mimořádné návrhové situace	$\gamma_c = 1.20$
vliv dlouhodobých změn na pevnost v tlaku	$\alpha_{cc} = 1.00$
vliv dlouhodobých změn na pevnost v tahu	$\alpha_{ct} = 1.00$

BETONÁŘSKÁ OCEL

dle [7]

trvalé a dočasné návrhové situace	$\gamma_s = 1.15$
mimořádné návrhové situace	$\gamma_s = 1.00$

6. ZATÍŽENÍ

6.1. Stálá zatížení

6.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce je automaticky počítána v programu [C]

6.1.1.1. Objemové tíhy materiálů

STAVEBNÍ MATERIÁLY - KOVY

dle [2] tab. A.4

Ocel $\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$

STAVEBNÍ MATERIÁLY - BETON A MALTA

dle [2] tab. A.1

Beton - prostý $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

Železobeton $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Železobeton - mokrý $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$

Předpjatý beton $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$

MATERIÁLY PRO MOSTY

dle [2] tab. A.6

Litý asfalt a asfaltový beton $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Asfaltový mastix $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$

Izolace $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$

OSTATNÍ

Zábradlí $g_k = 1.0 \text{ kN/m}$

6.1.2. Ostatní stálé zatížení - Nový stav

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY

Vozovkové souvrství:

Vrstva z asfaltového betonu (ACO, SMA)

γ [kN/m ³]	t [m]	$g-g_{0,k}$ [kN/m ²]	$g-g_{0,k}$ [kN/m]
----------------------------------	----------	-------------------------------------	-----------------------

25.0	0.095	2.38	-
------	-------	-------------	---

Izolace (AIP)

22.0	0.005	0.11	-
------	-------	-------------	---

Vozovkové souvrství celkem

		2.49	kN/m²
--	--	-------------	-------------------------

Zábradlí

-	-	-	1.0
---	---	---	-----

6.2. Proměnná zatížení

6.2.1. Zatížení dopravou

6.2.1.1. Model LM1

dle [6]

ROZDĚLENÍ DO ZATĚŽOVACÍCH PRUHŮ

dle [6] kap. 4.2.3.

celková šířka zatěžovacího pruhu: $w = 10.000 \text{ m}$

šířka zatěžovacích pruhů: $w_i = 3.000 \text{ m}$

počet zatěžovacích pruhů: $n = 3$

šířka zbývající plochy: $w_r = 1.000 \text{ m}$

HODNOTY REGULAČNÍCH SOUČINITELŮ

dle [6] NA ed. A:2012, tab. NA.2.1

skupina pozemní komunikace:

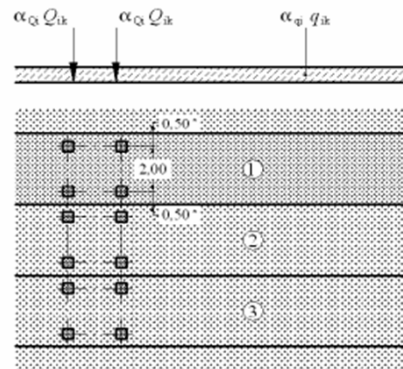
1 všechny komunikace s výjimkou komunikací ve skupině 2

hodnoty regulačních součinitelů:

$$\alpha_{Q1} = 1.0 \quad \alpha_{Q2} = 1.0 \quad \alpha_{Q3} = 1.0 \quad \alpha_{q1} = 1.0 \quad \alpha_{q2} = 2.4 \quad \alpha_{q(i>2)} = 1.2 \quad \alpha_{qr} = 1.2$$

HODNOTY ZATÍŽENÍ

Umístění	Dvojnápřava (TS)			Rovn. zatížení (UDL)		
	α_{Qi} [-]	Q_{ik} [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_{ik}$ [kN]	α_{qi} [-]	q_{ik} [kN/m ²]	$\alpha_{qi} \cdot q_{ik}$ [kN/m ²]
pruh č. 1	1.0	300	300	1.0	9	9.0
pruh č. 2	1.0	200	200	2.4	2.5	6.0
pruh č. 3	1.0	100	100	1.2	2.5	3.0
ostatní pruh	-	0	-	1.2	2.5	3.0
zbývající plocha	-	0	-	1.2	2.5	3.0



Obrázek 65 - Zatížení dopravou - LM1

6.2.2. Zatížení větrem

dle [3]

VĚTRNÁ OBLAST: II	Ústí nad Labem, Ústecký kraj
$v_{b,0} = 25$ m/s	základní rychlost větru dle Mapy větrných oblastí pro Českou republiku
$C_{dir} = 1.1$	
$C_{season} = 1.0$	

základní rychlos větru - provozní fáze:

$$v_b = C_{season} * v_{b,0} = 1.1 * 25 = \underline{27.5 \text{ m/s}}$$

součinitel orografie: $C_0(z) = 1.0$

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenosti jsou větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.

KATEGORIE TERÉNU: IV $z = 12.5$ m výška mostovky nad terémem

referenční výška z_e : $z_e = 12.50$ m

součinitel drsnosti terénu:

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{1}{0,05}\right)^{0,07} = 0,23$$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 * \ln\left(\frac{12,5}{1}\right) = 0,59$$

charakteristická střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r * c_0 * v_b = 16.28 \text{ m/s}$$

součinitel síly - střední pole:

$$b = 17.600 \text{ m}$$

$$d_{tot} = 15.700 \text{ m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 1.12$$

$$c_{f,x,0} = 2.36$$

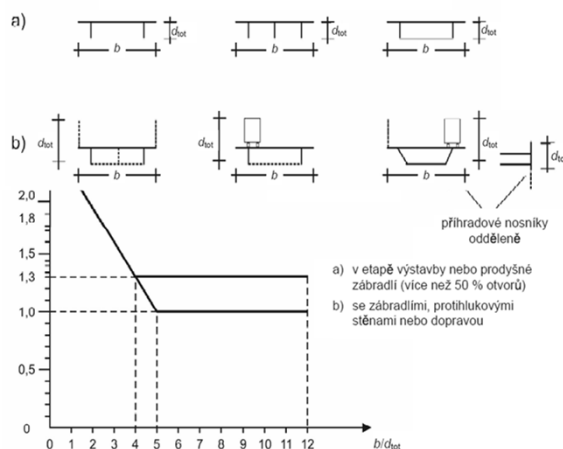
součinitel síly - střední pole:

$$b = 17.600 \text{ m}$$

$$d_{tot} = 2.500 \text{ m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 7.04$$

$$c_{f,x,0} = 1.00$$



Obrázek 66 - Součinitel síly $c_{f,x,0}$

součinitel síly - svislý směr: $c_{f,z} = \underline{0.90}$

součinitel expoziční c_e : KATEGORIE TERÉNU: IV

dle [3] obr 4.2.

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.

$c_e(z) = \underline{1.3}$

ZATÍŽENÍ VĚTREM

hustota vzduchu	$\rho = 1.25$	kg/m ³	
referenční šířka - střední pole	$b_{ref} = 15.7$	m	pro příčný směr
referenční šířka - krajní pole	$b_{ref} = 2.5$	m	pro příčný směr

zatížení větrem - střední pole - příčný směr:

$$f_{w,k} = 0,5 * \rho * v_b^2 * C * b_{ref} = 0.5 * 1.25 * 756.25 * 3.0649 * 15.7$$

$$f_{w,k} = 22744 \text{ N/m}$$

$$f_{w,k} = \underline{\underline{22.744 \text{ kN/m}}} \quad \text{pro oblouk} \quad f_{w,k} = \underline{\underline{11.372 \text{ kN/m}}}$$

zatížení větrem - krajní pole - příčný směr:

$$f_{w,k} = 0,5 * \rho * v_b^2 * C * b_{ref} = 0.5 * 1.25 * 756.25 * 1.3 * 2.5$$

$$f_{w,k} = 1536.1 \text{ N/m}$$

$$f_{w,k} = \underline{\underline{1.536 \text{ kN/m}}}$$

zatížení větrem - svislý směr

$$f_{w,k} = 0,5 * \rho * v_b^2 * C = 0.5 * 1.25 * 756.25 * 1.17$$

$$f_{w,k} = 553.01 \text{ N/m}$$

$$f_{w,k} = \underline{\underline{0.553 \text{ kN/m}}}$$

6.2.3. Zatížení chodci

Zatížení chodci je modelováno jako plošné rovnoměrné zatížení v pruhu pro chodce s hodnotou 5 kN/m²

6.3. Předpětí

Zadáno do programu [C] s rámci výpočtu jsou analyzovány krátkodobé ztráty předpětím i ztráty vlivem dotvarování i smršťování a ztráty relaxací.

6.4. Dotvarování a smršťování betonu

Pro analýzu dotvarování a smršťování je použita časová analýza v programu [C] a stanovení smršťování se řídí pravidly dle [7]

Výpočet součinitelů dotvarování

VSTUPNÍ ÚDAJE PRO VÝPOČET

relativní vlhkost okolního prostředí: RH = 70 %
teplota okolního prostředí: T = 20 °C

ČASOVÉ ÚDAJE

doba ošetřování betonových částí TS = 3 dny
doba počátku dotvarování (odbednění) TS = 7 dní

6.5. Součinitele zatížení

dle [2]

Pro výpočet kombinací vnitřních sil a napětí jsou použity následující součinitelé.

#	Název v programu <i>SOFILOAD</i>	γ_F	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
		[-]	[-]	[-]	[-]
G_1	VLASTNÍ TIHA	1.35	-	-	-
G_2	OSTATNÍ STÁLE	1.35	-	-	-
P_1	PREDPETI	1.00	-	-	-
C_1	C+S EOC	1.00	-	-	-
C_2	C+S EOL	1.20	-	-	-
LL_Q	DOPRAVA - LM-Q	1.35	0.75	0.75	0.00
LL_U	DOPRAVA - LM-U	1.35	0.40	0.40	0.00
W	VITR	1.50	0.60	0.20	0.00
Q	CHODCI	1.35	0.40	0.40	0.00

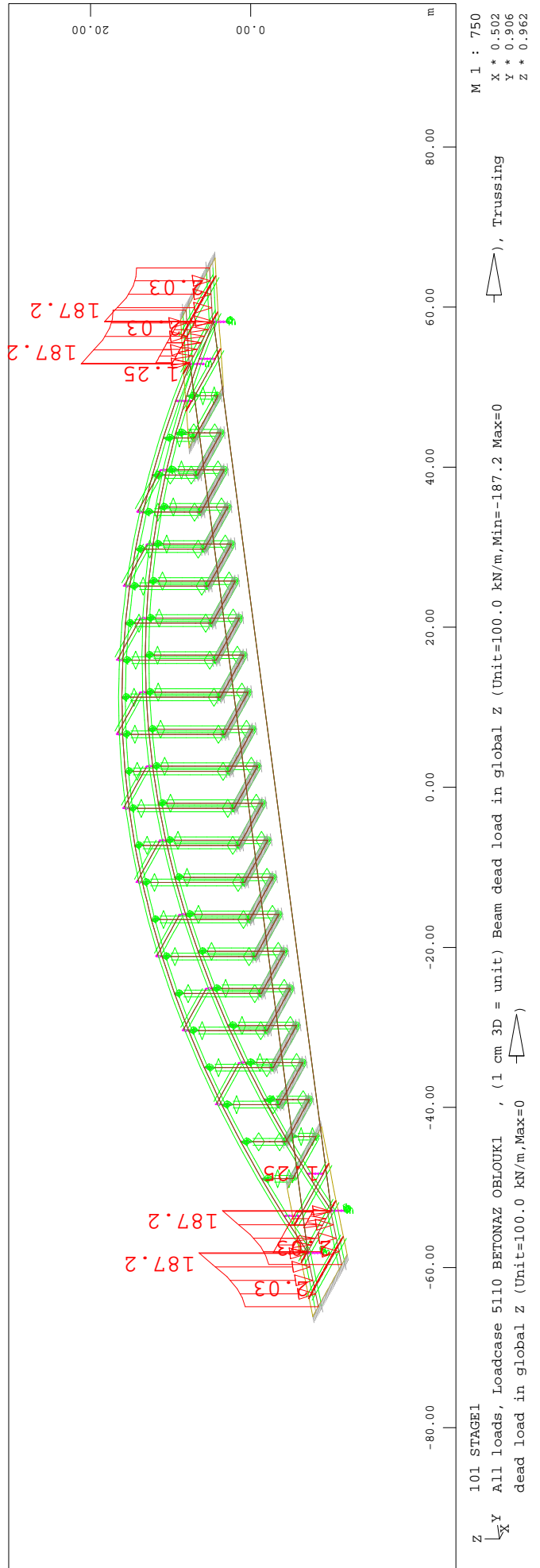
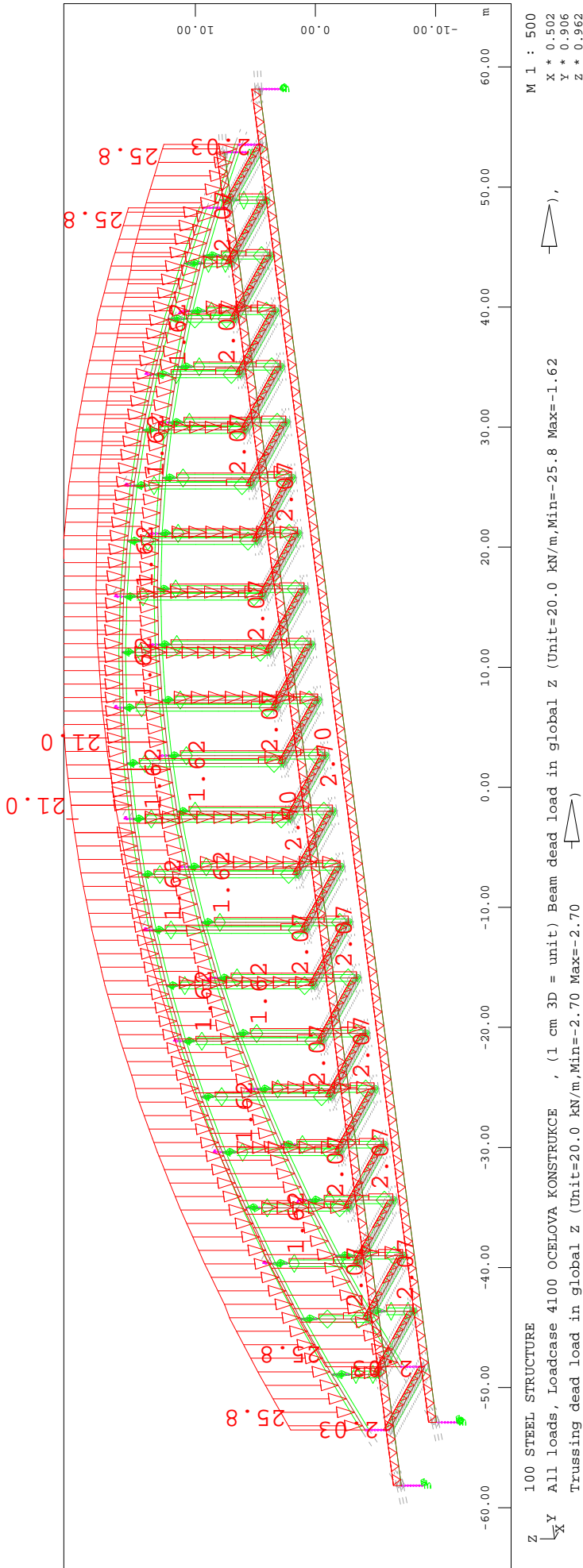
Tabulka 13 - Součinitele zatížení

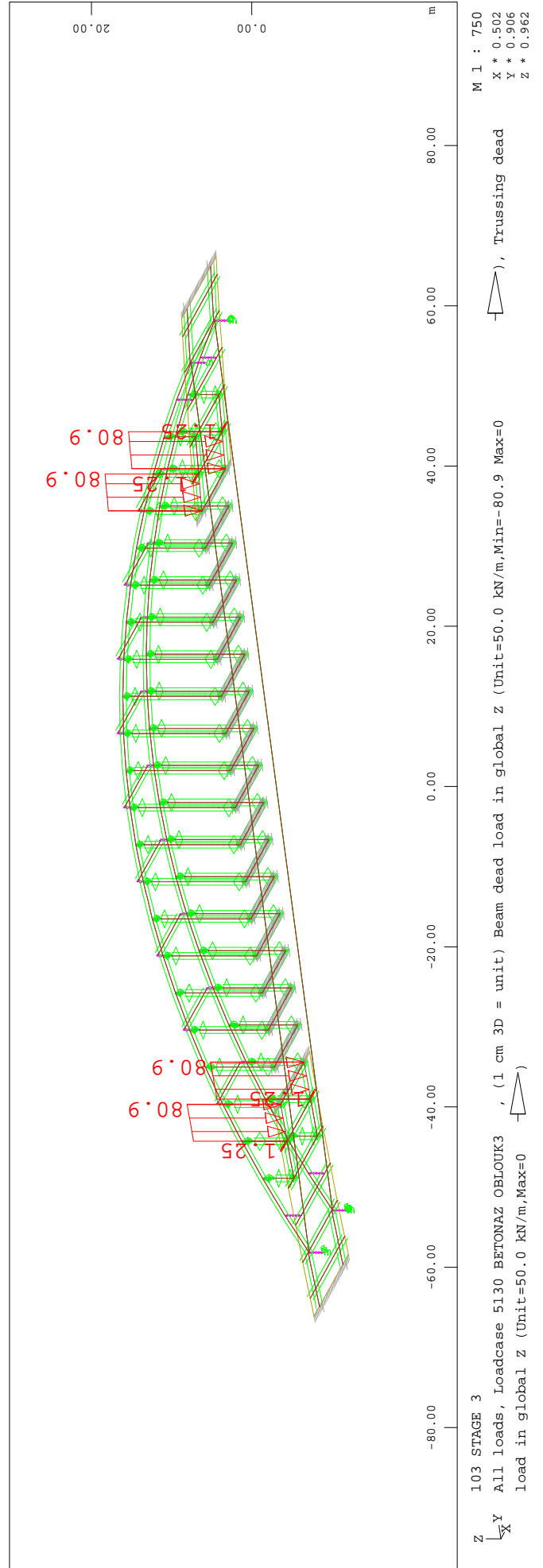
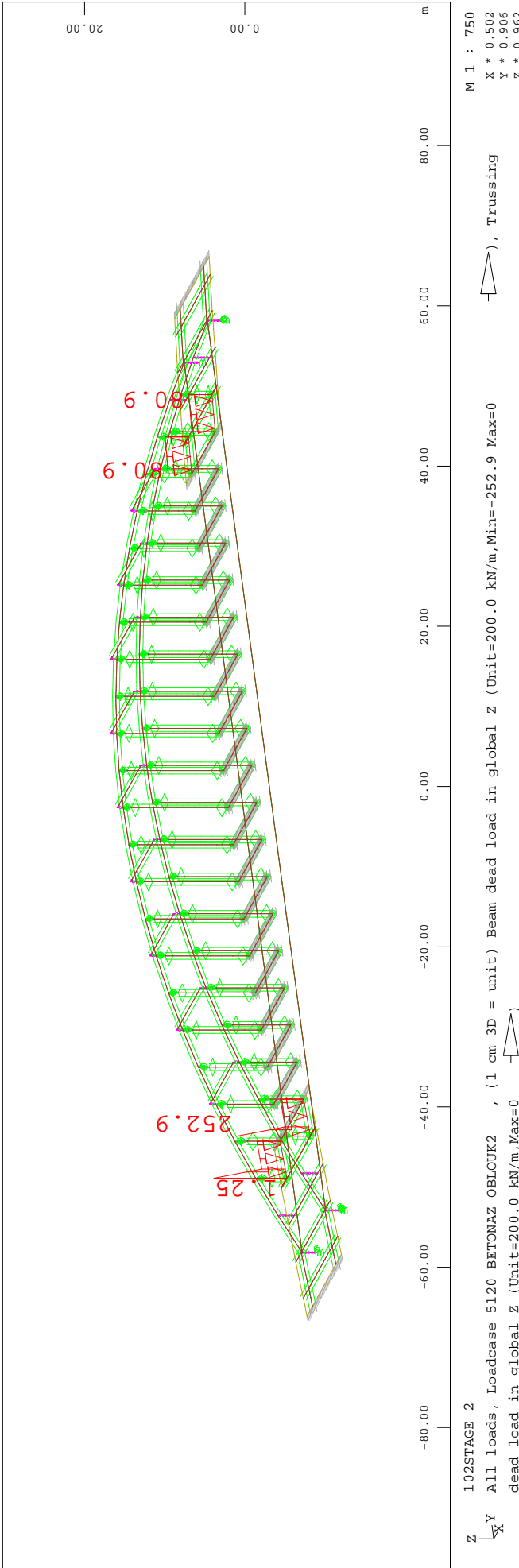
6.5. Zatěžovací stavy

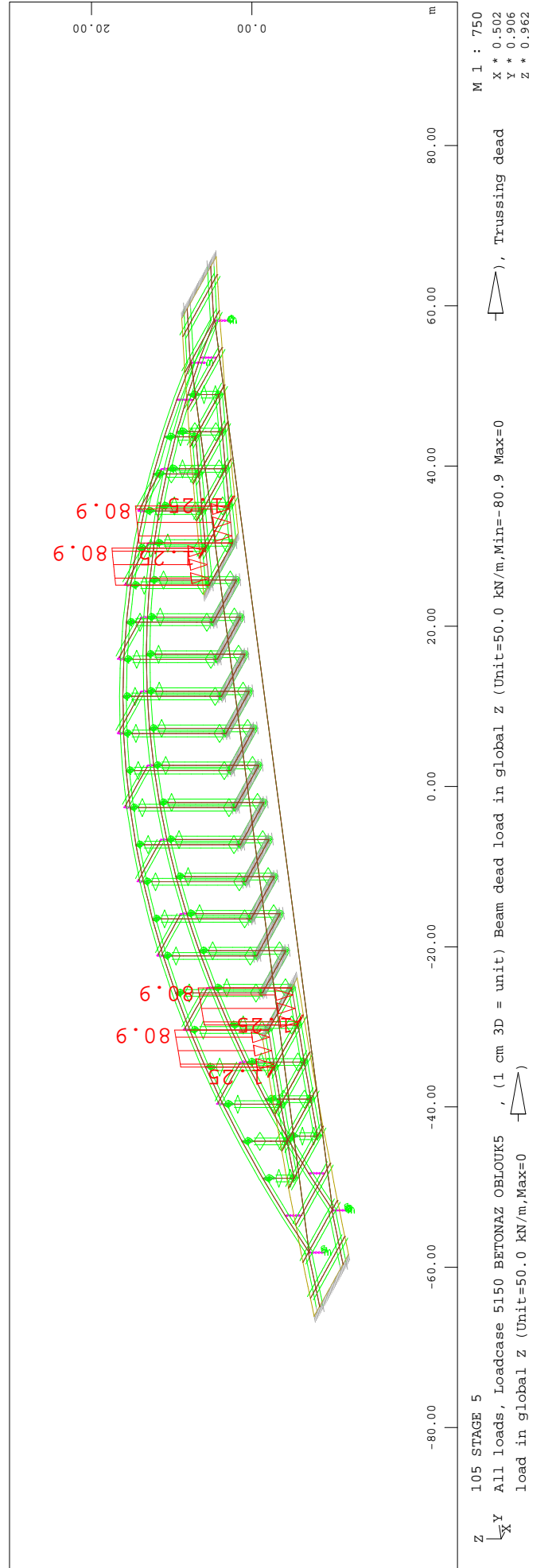
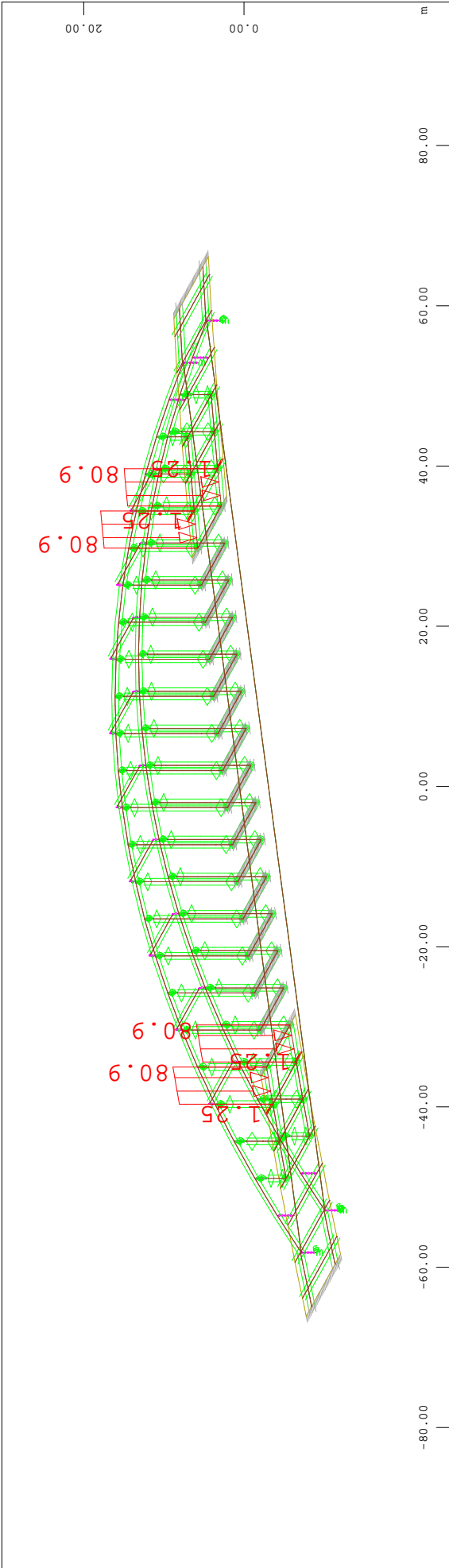
výstupy z programu [C] z přídatného modulu *WinGraf* pro zobrazení výsledků.

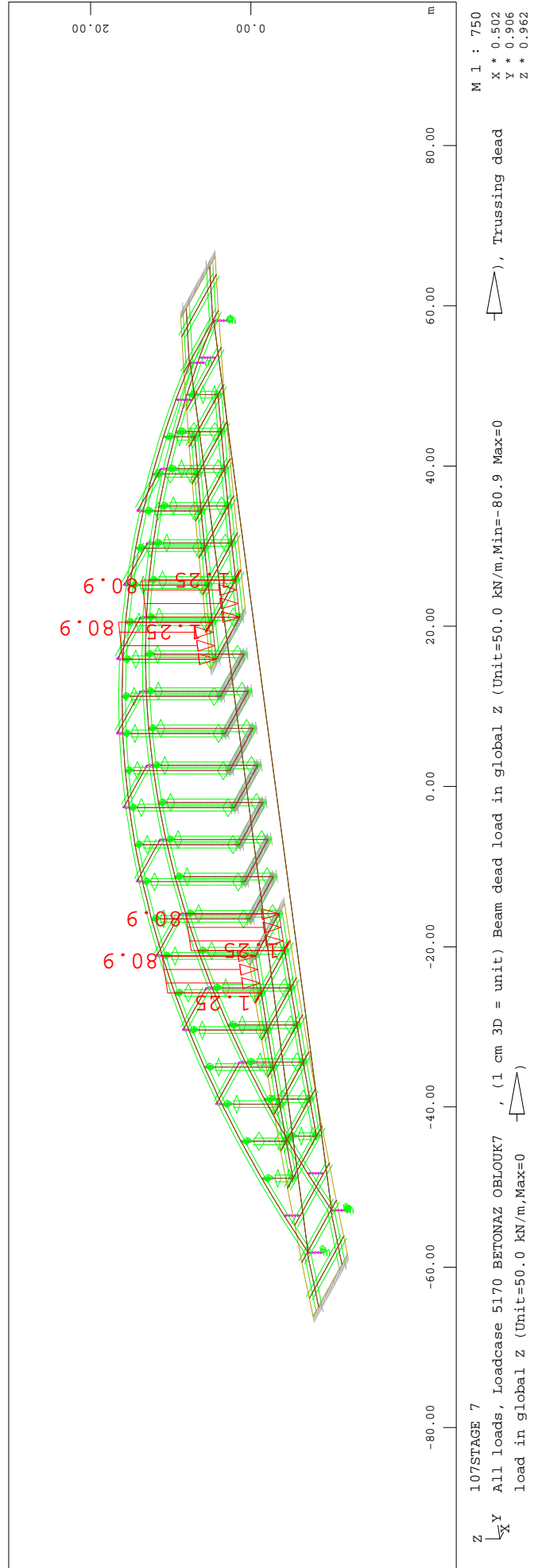
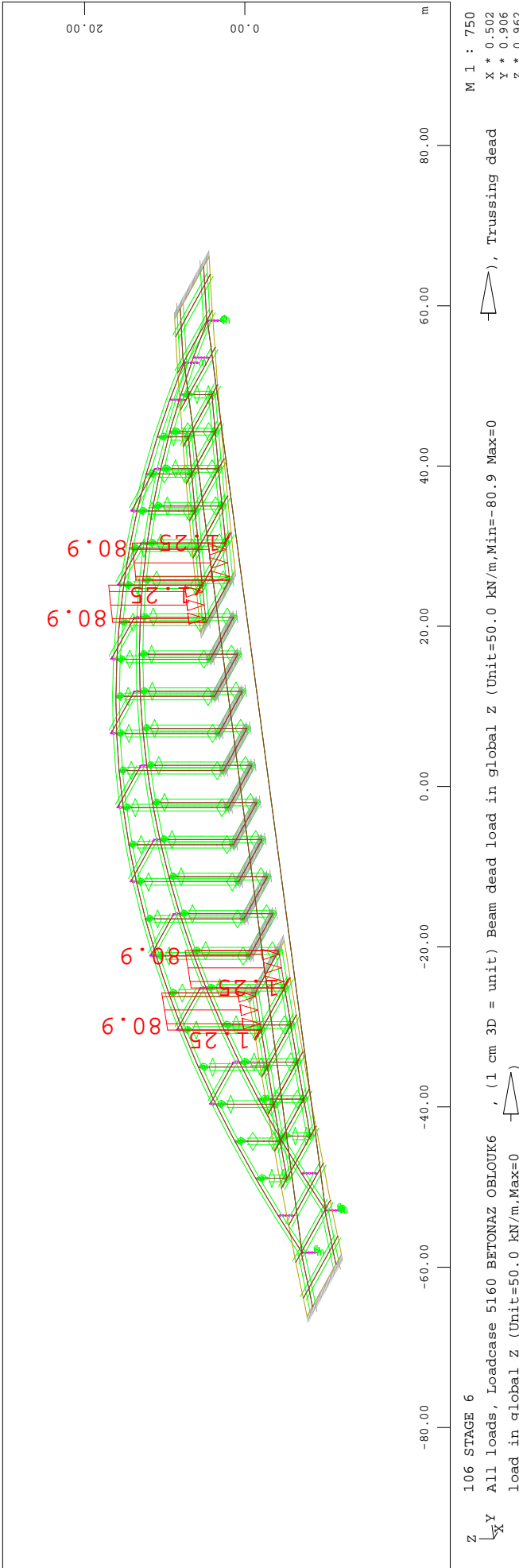
SEZNAM ZOBRAZOVANÝCH ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

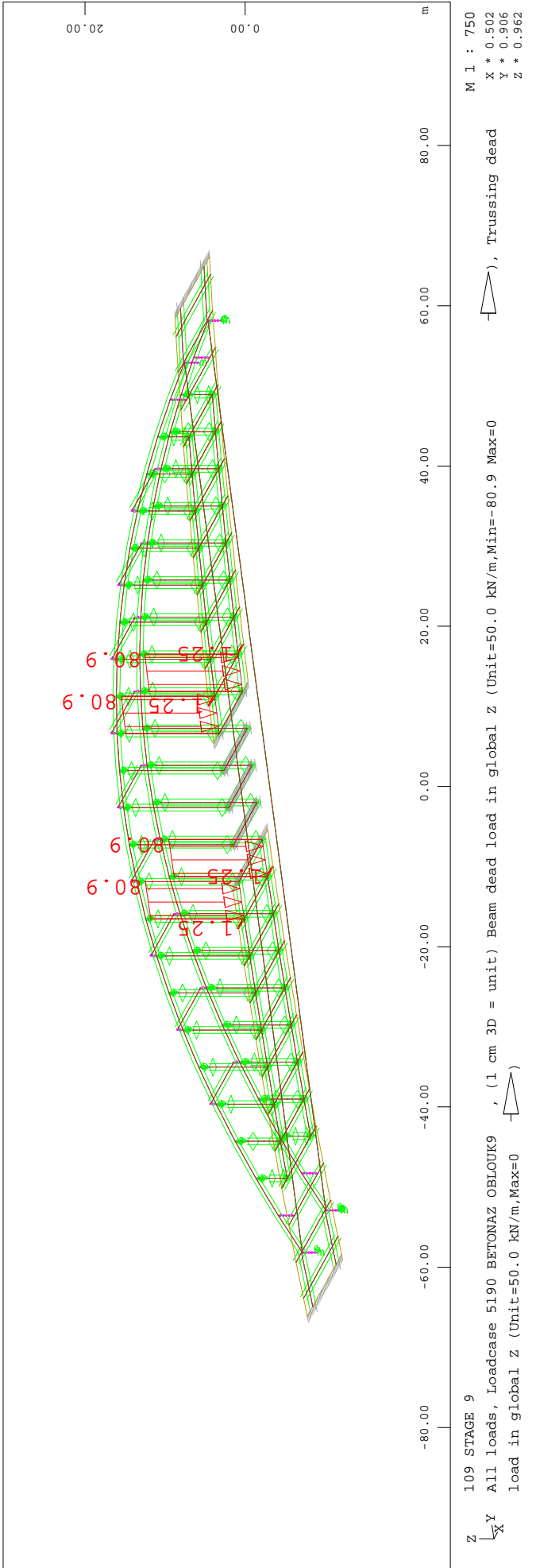
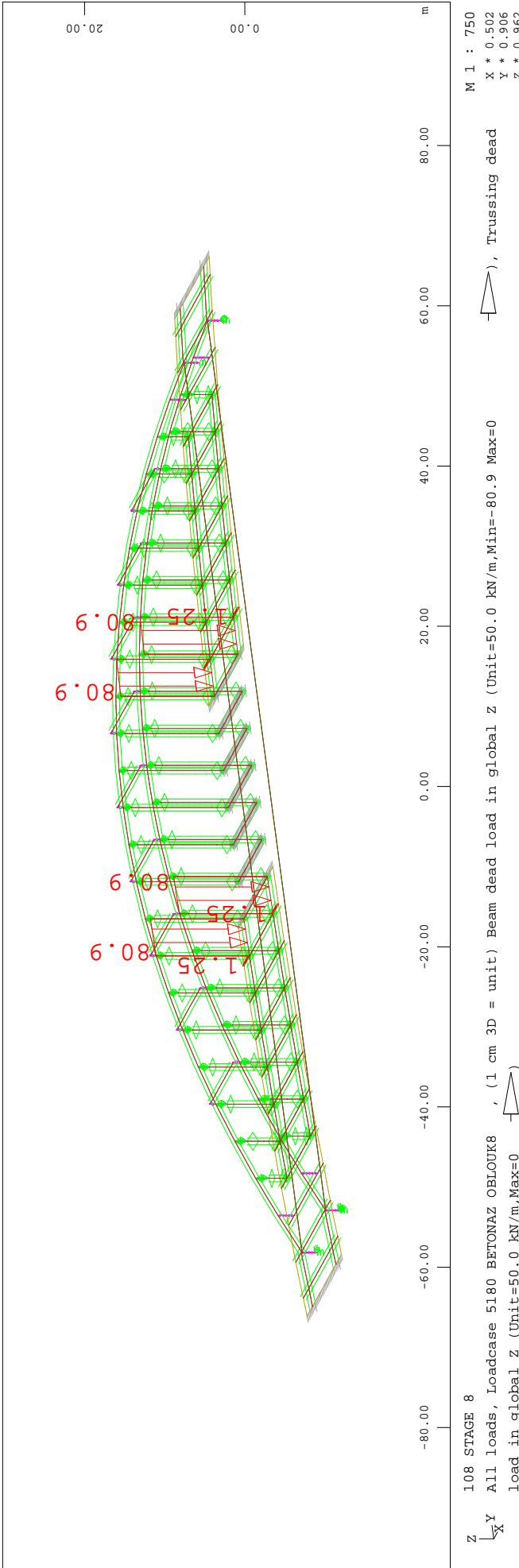
STÁLÁ ZATÍŽENÍ PŘI VÝSTAVBĚ	100 STEEL STRUCTURE
	101 STAGE 1
	102 STAGE 2
	103 STAGE 3
	104 STAGE 4
	105 STAGE 5
	106 STAGE 6
	107 STAGE 7
	108 STAGE 8
	109 STAGE 9
	110 STAGE 10
PŘEDPĚTÍ	111 STAGE 11
STÁLÁ ZATÍŽENÍ PŘI VÝSTAVBĚ	WHOLE BRIDGE 3D
OSTATNÍ STÁLE	
ZATÍŽENÍ CHODCI	
ZATÍŽENÍ VĚTREM	

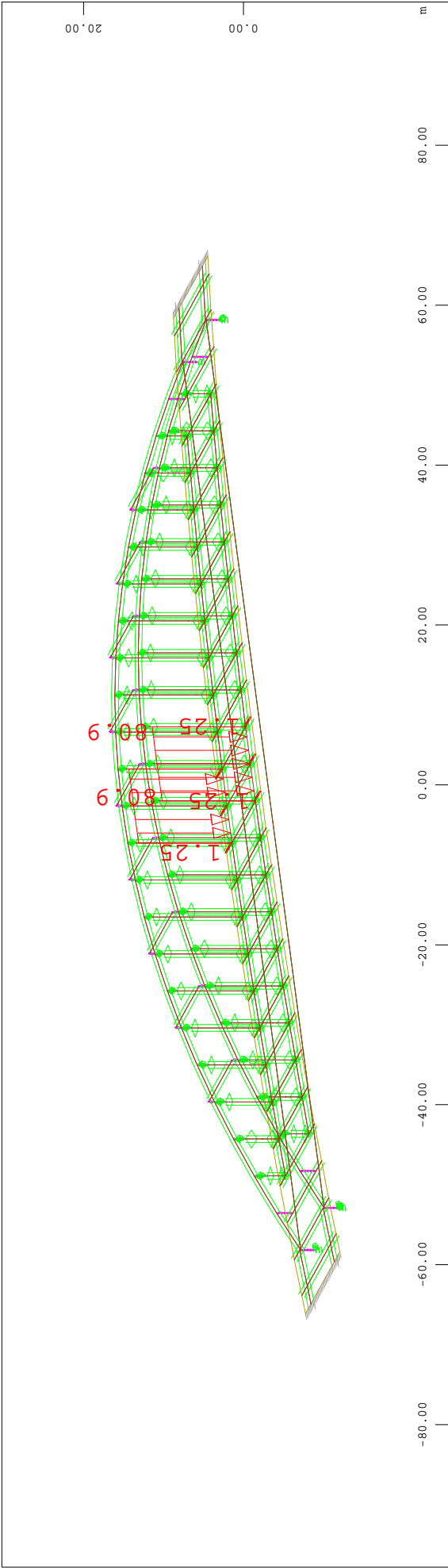




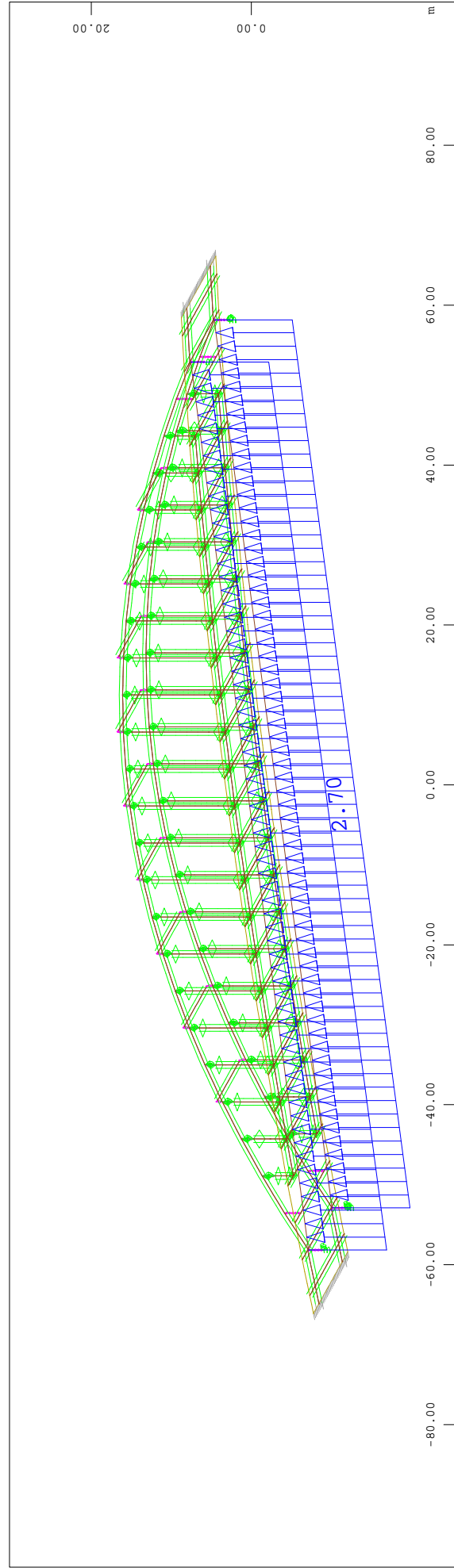




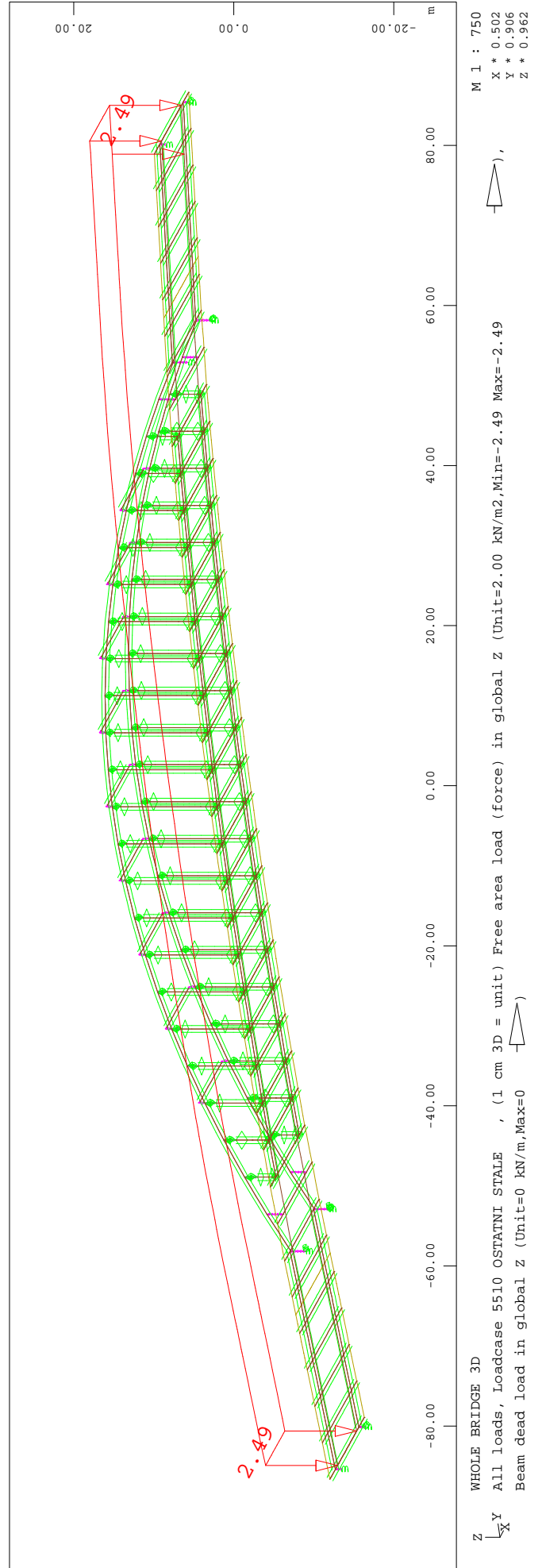
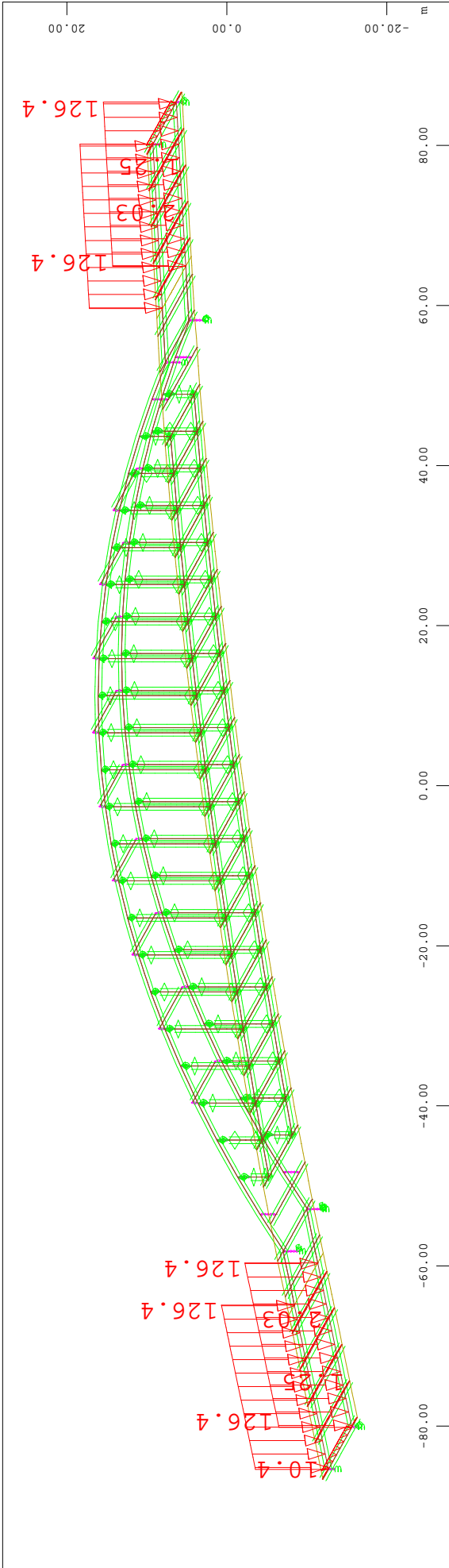


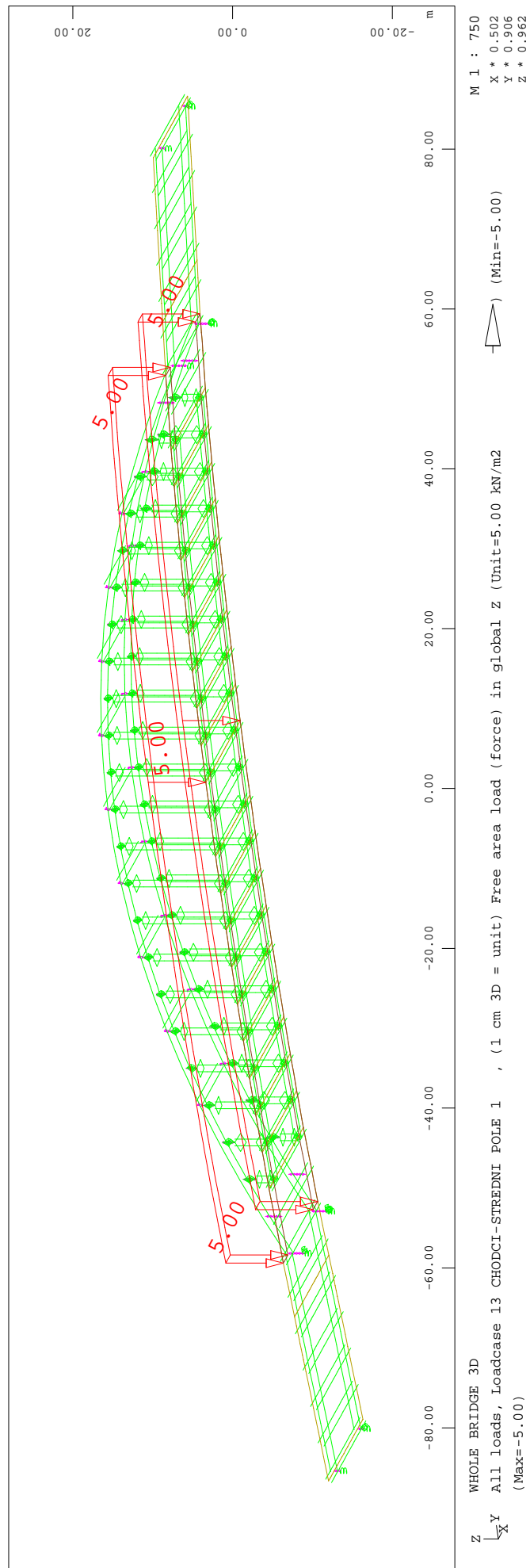
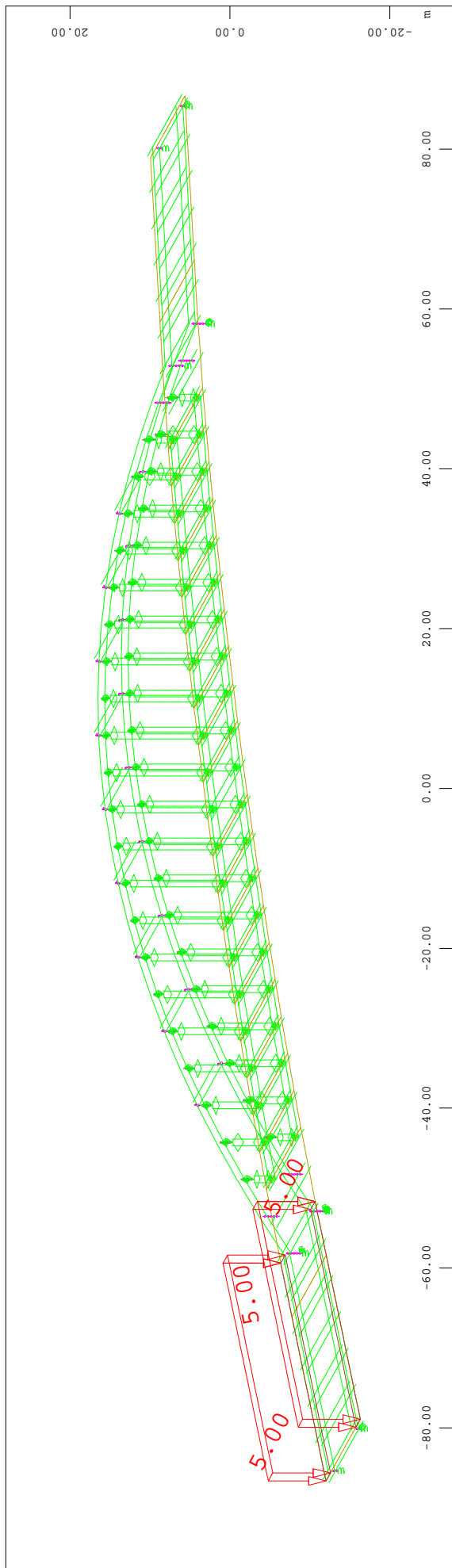


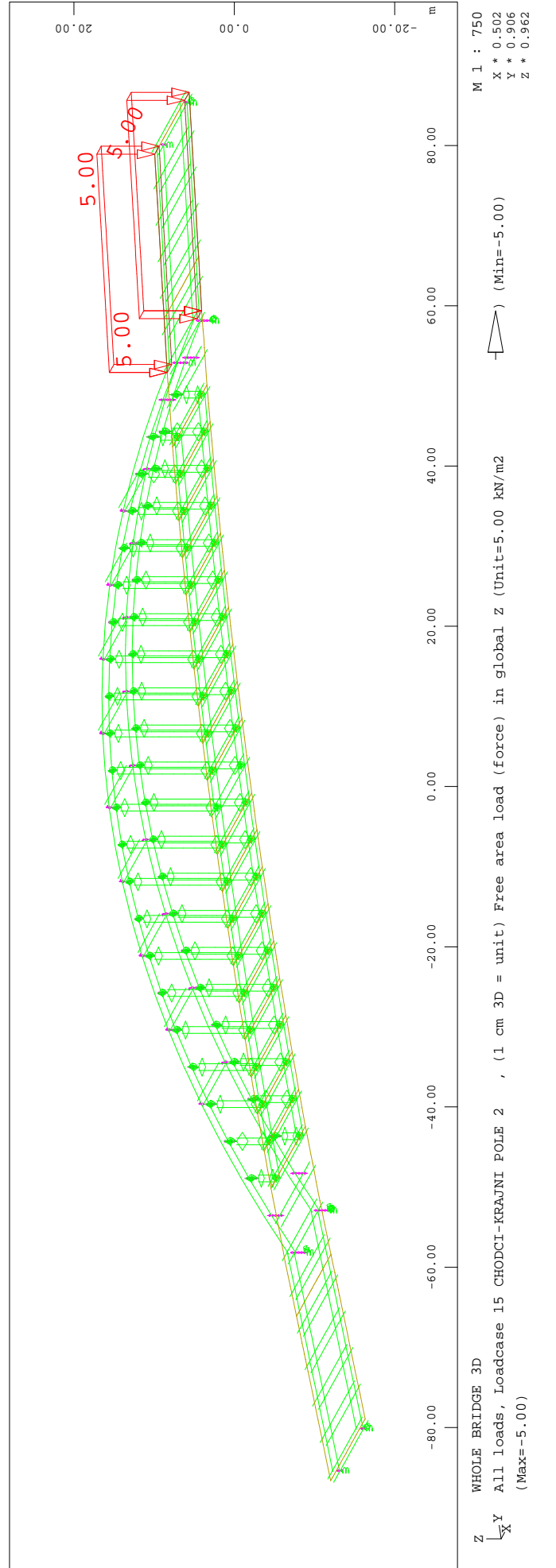
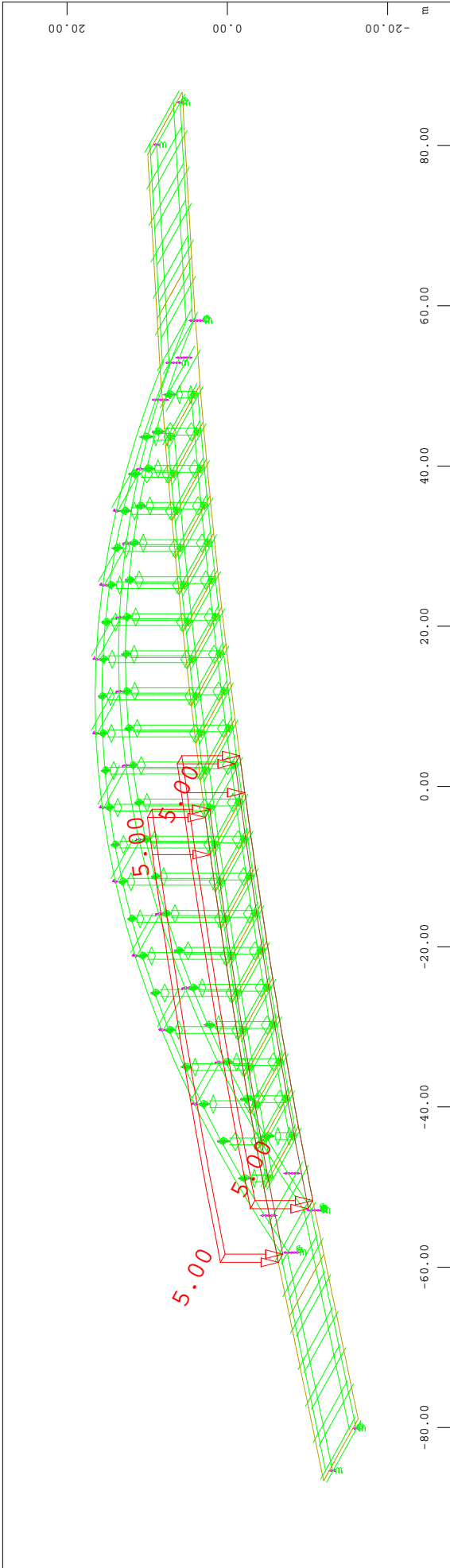
Z 110 STAGE 10
 All loads, Loadcase 5210 BETONAZ OBLOUK11 , (1 cm 3D = unit) Beam dead load in global Z (Unit=50.0 kN/m, Min=-80.9 Max=0)
 dead load in global Z (Unit=50.0 kN/m, Max=0)

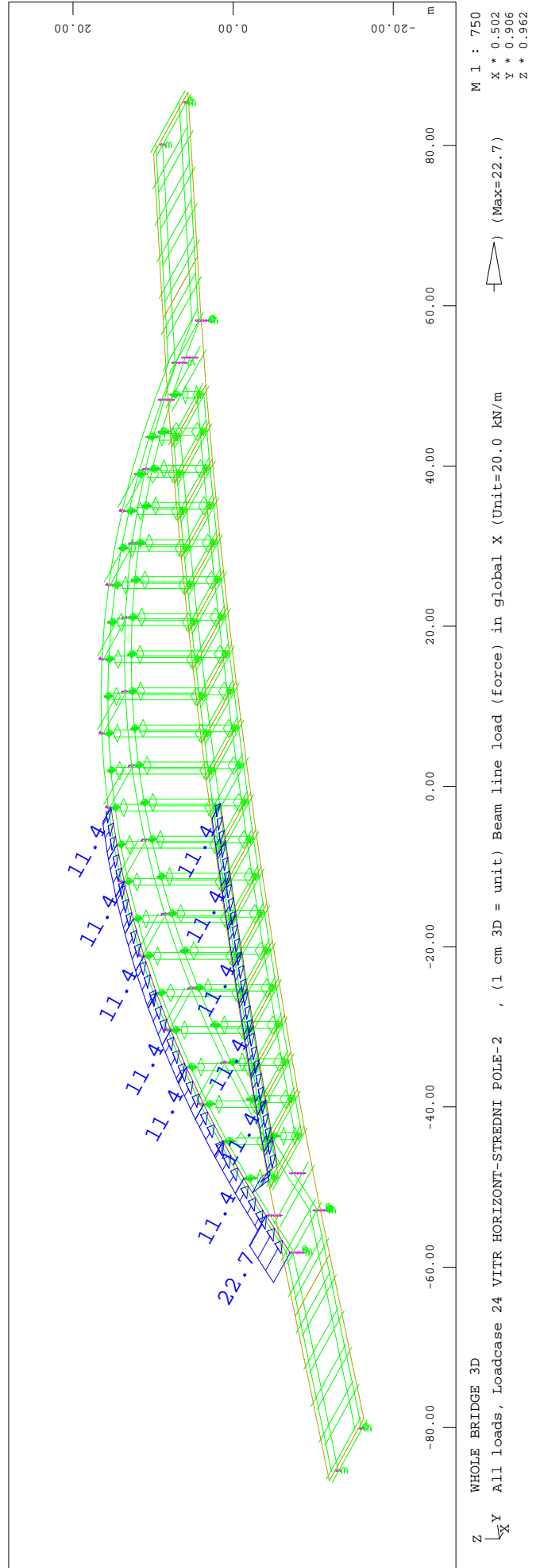
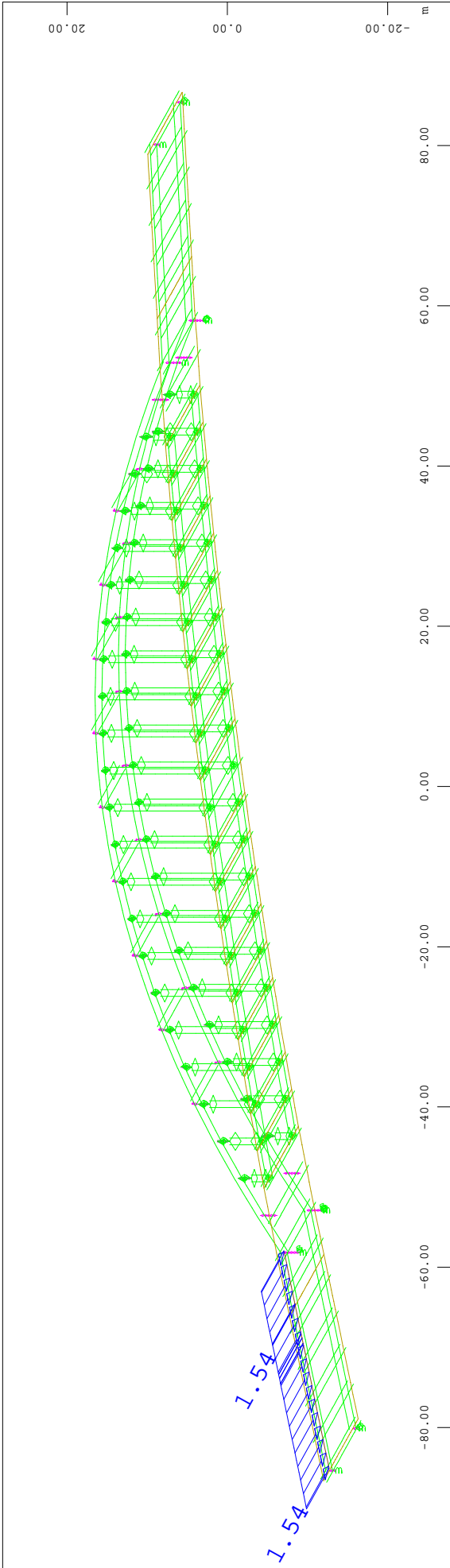


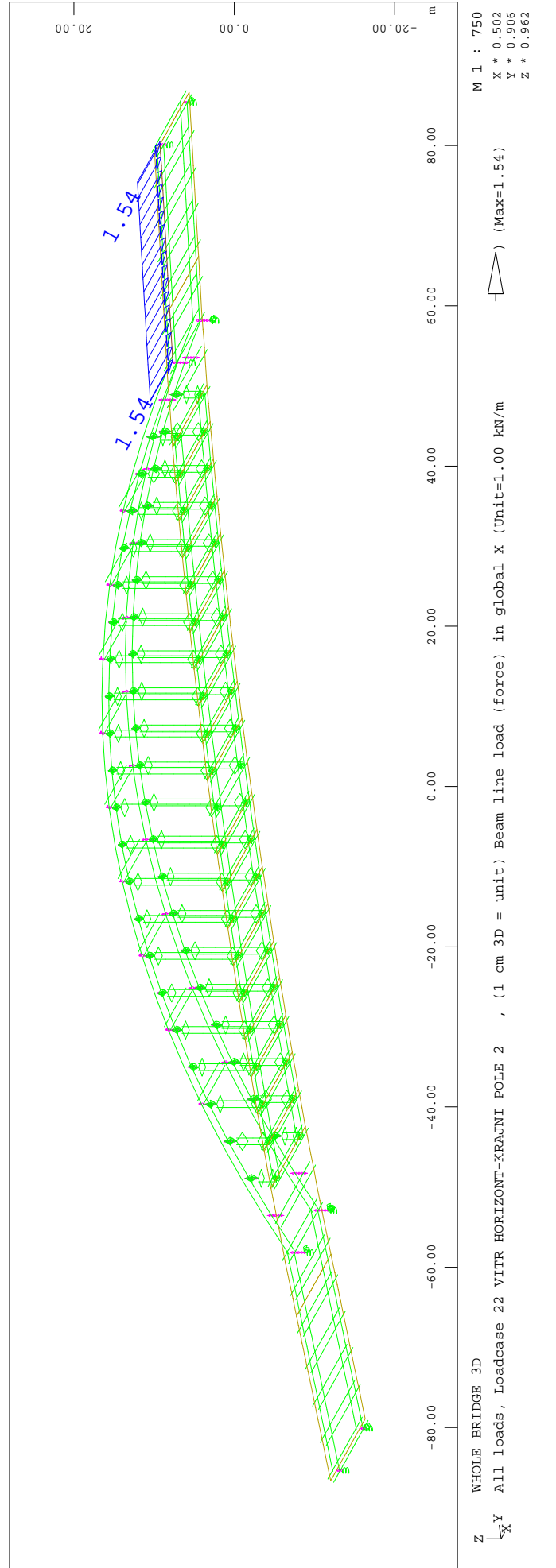
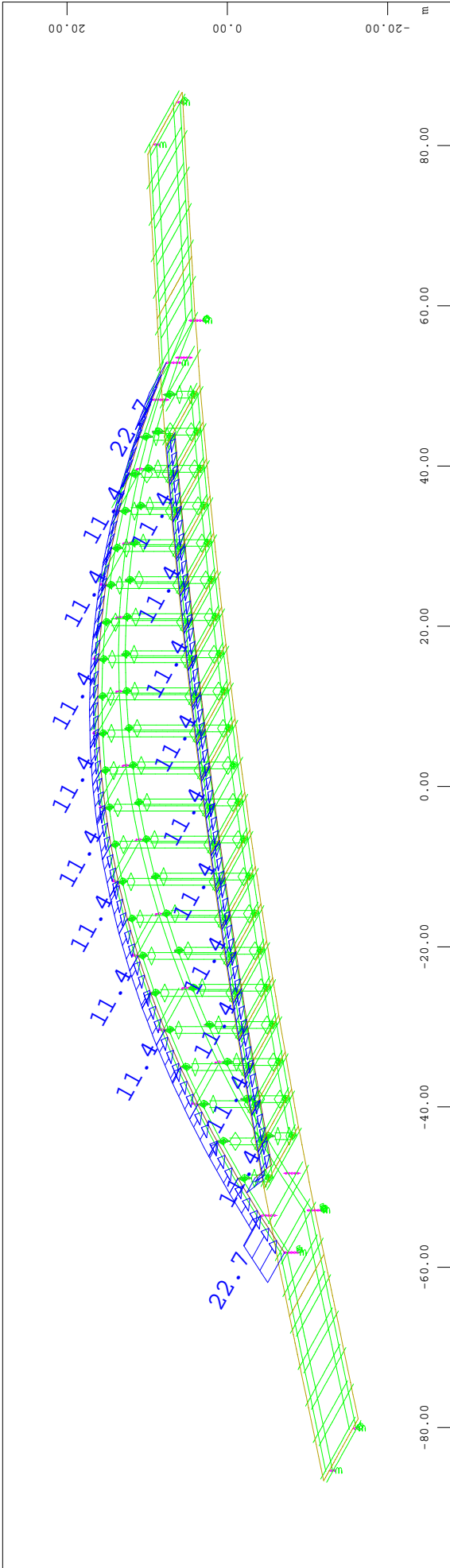
Z 111 STAGE 11
 All loads, Loadcase 5220 PREDPETII , (1 cm 3D = unit) Beam dead load in global Z (Unit=2.00 kN/m, Max=0)
 Z (Unit=2.00 kN/m, Max=2.70)

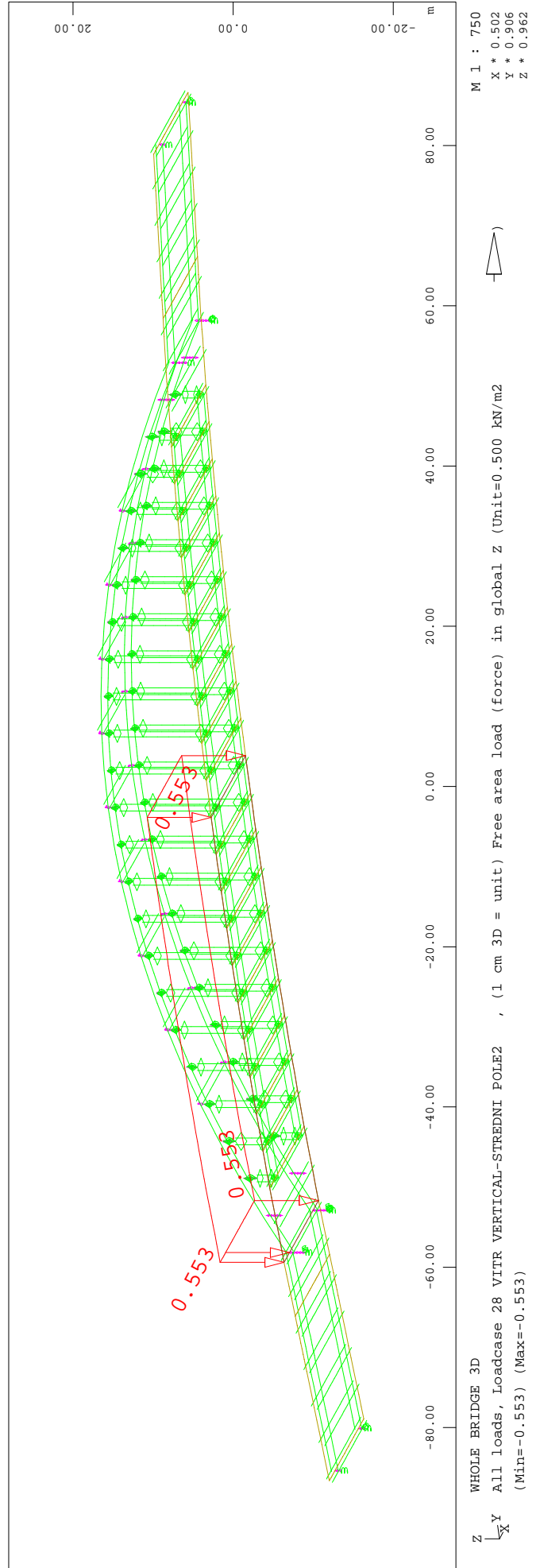
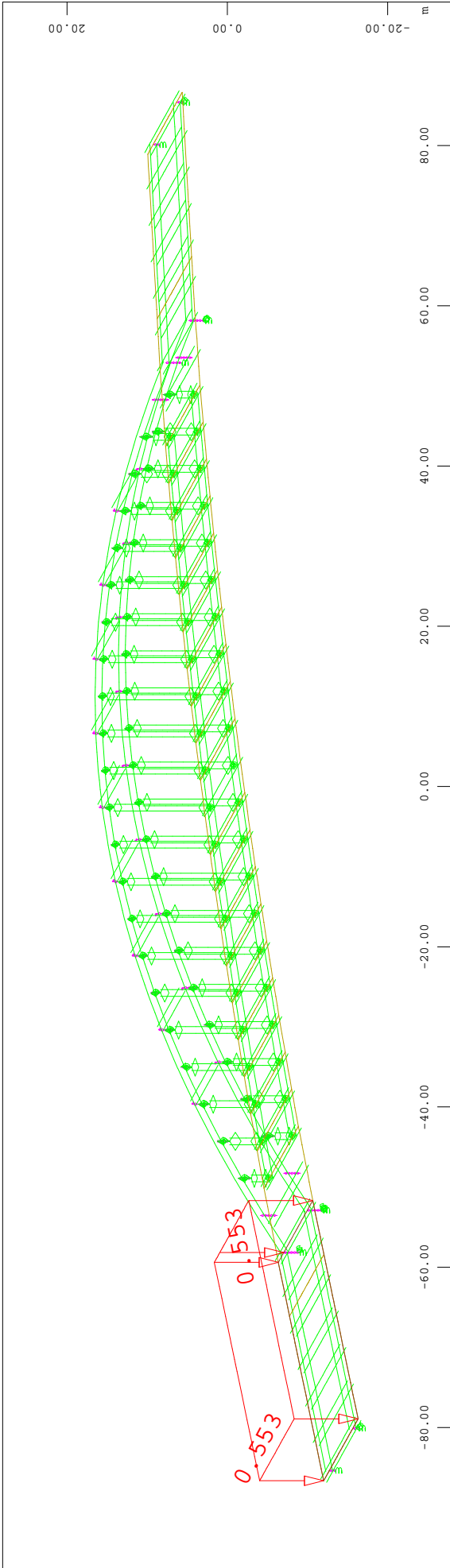


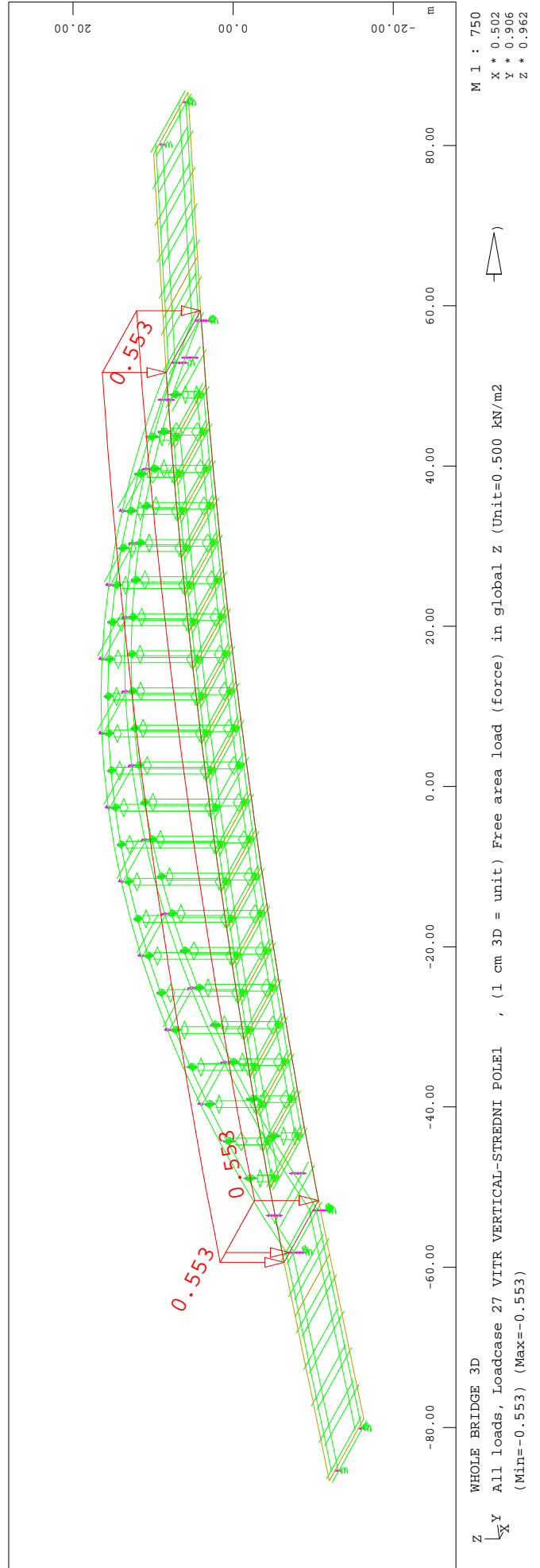
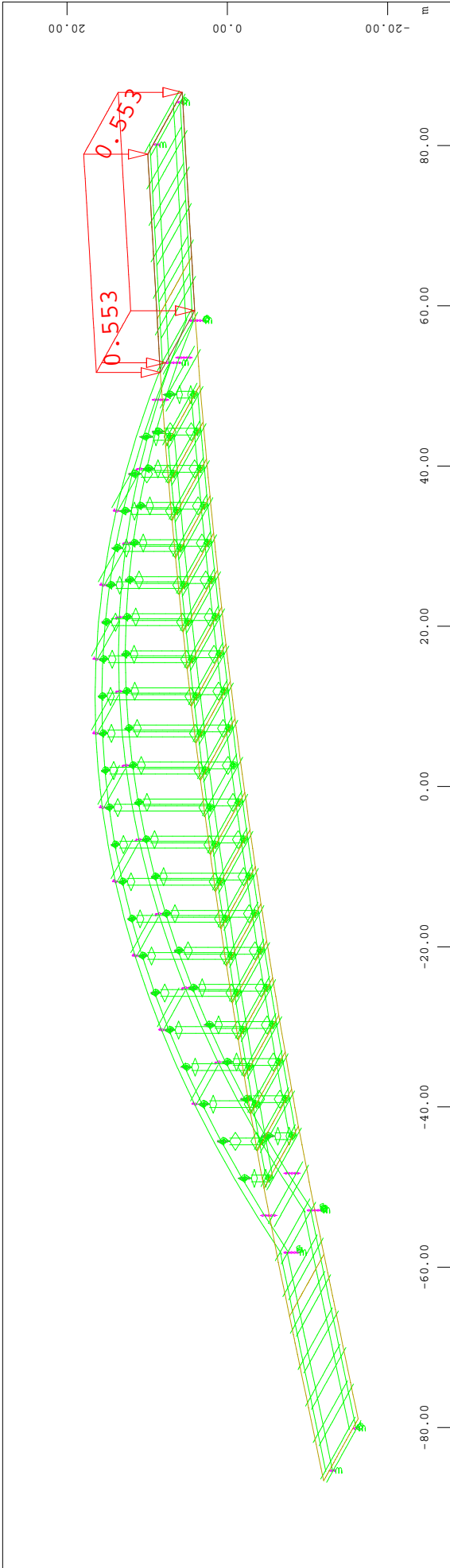










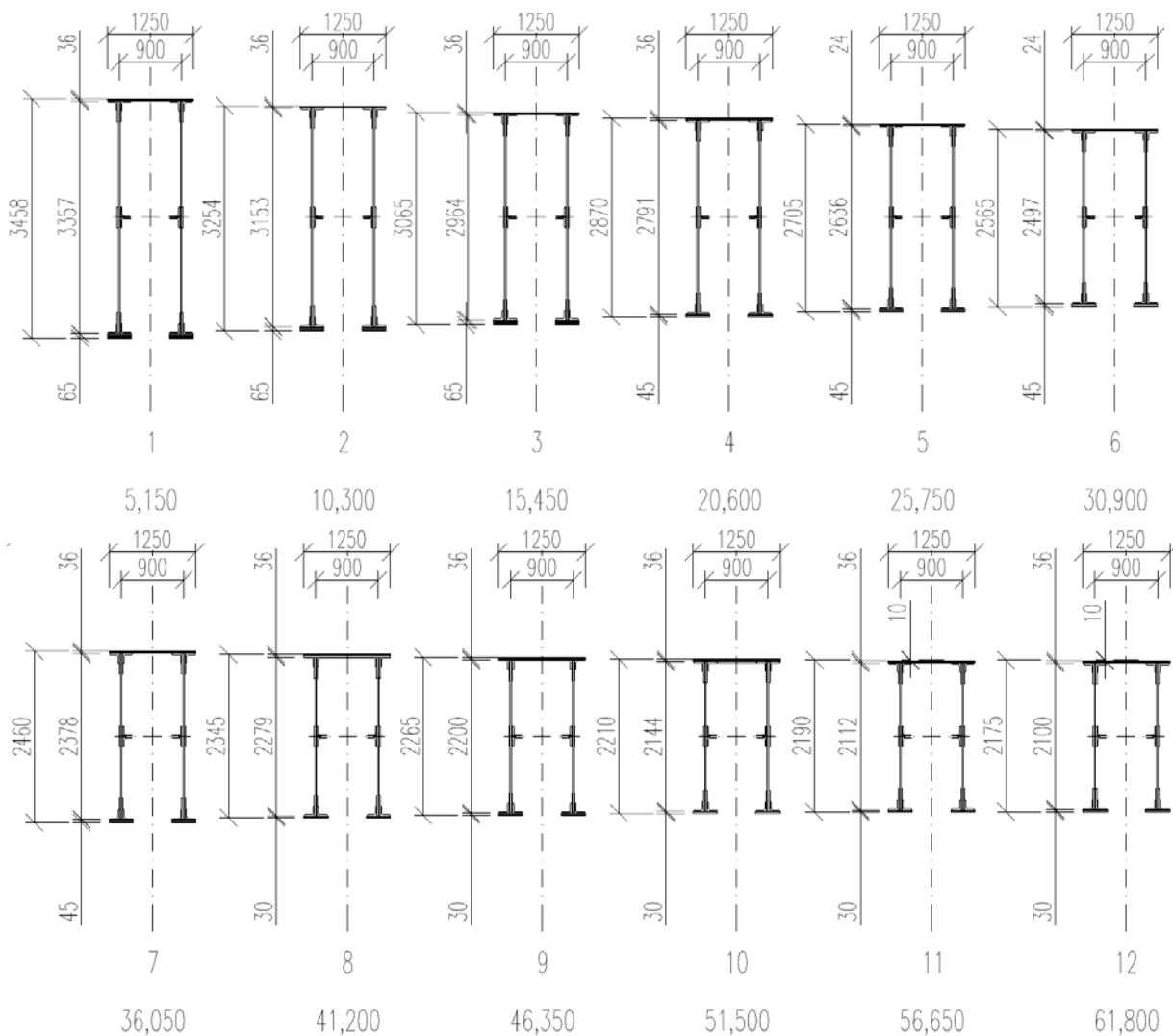


7. POSOUZENÍ OBLOUKU

7.1. Průřezové charakteristiky

Výpočet průřezových charakteristik nýtovaného průřezu a následný výpočet může být značně komplikovaný. Následující výpočet je založen na předpokladu, že nýty v tlaku působí, pro tahové namáhání se počítá s oslabeným průřezem. Na oblouku se nachází nýty průměru 26mm, otvory pro ně mají průměr 28mm. V následujících výpočtech je zakreslena geometrie jednotlivých průřezů a výpočet jejich charakteristik pro různé typy namáhání.

PRŮŘEZY OBLOUKU V JEDNOTLIVÝCH STANIČENÍ



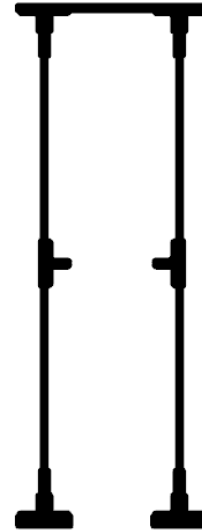
Obrázek 67 - Průřezy oblouku v jednotlivých staničích

Průřez se skládá z úhelníků, plechů a nýtů. Plechy mají různé rozměry, mezi jednotlivými průřezy je rozdíl ve výšce stojiny a tloušťce pásnic. Materiál ubývá směrem ke středu oblouku. Stojiny mají tloušťku 20mm, vzdálenost mezi nimi je konstantní 0.9m.

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRO TLAK

charakteristika: počítá se s plným zapojením průřezu do působení průřezu, charakteristiky stanoveny pomocí programu [B]

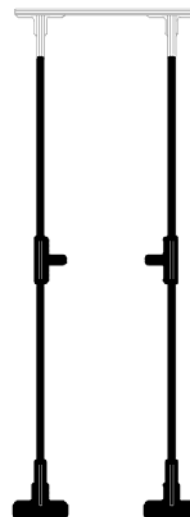
#	h [m]	e _h [m]	e _d [m]	A [m ²]	I _y [m ⁴]	I _z [m ⁴]	W _{y,el,h} [m ³]	W _{y,el,d} [m ³]
1	3.458	1.714	1.744	0.337	0.5704	0.0645	0.3328	0.3271
2	3.254	1.617	1.637	0.3286	0.4957	0.0645	0.3065	0.3028
3	3.065	1.518	1.547	0.321	0.3432	0.0645	0.2261	0.2218
4	2.872	1.368	1.504	0.3	0.3471	0.0645	0.2537	0.2308
5	2.705	1.35	1.355	0.2789	0.2792	0.0645	0.2068	0.206
6	2.566	1.281	1.285	0.2734	0.247	0.0645	0.1928	0.1922
7	2.459	1.168	1.291	0.2836	0.2426	0.0645	0.2077	0.1879
8	2.345	1.041	1.304	0.2775	0.2127	0.0645	0.2043	0.1631
9	2.266	1.005	1.261	0.2744	0.1965	0.0645	0.1956	0.1559
10	2.21	0.979	1.231	0.2721	0.1855	0.0645	0.1895	0.1507
11	2.188	0.98	1.208	0.2661	0.1756	0.0645	0.1791	0.1453
12	2.176	0.974	1.202	0.2658	0.1733	0.0645	0.178	0.1442



PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRO SMYK

charakteristika: počítá se pouze se zapojením stojin do působení průřezu

#	A _{w1} [m]	n	A _{v,z} [m ²]	-	-	-	-	-
1	0.1301	2	0.260	-	-	-	-	-
2	0.126	2	0.252	-	-	-	-	-
3	0.1222	2	0.244	-	-	-	-	-
4	0.1118	2	0.224	-	-	-	-	-
5	0.1087	2	0.217	-	-	-	-	-
6	0.1059	2	0.212	-	-	-	-	-
7	0.1035	2	0.207	-	-	-	-	-
8	0.0963	2	0.193	-	-	-	-	-
9	0.0947	2	0.189	-	-	-	-	-
10	0.0936	2	0.187	-	-	-	-	-
11	0.0929	2	0.186	-	-	-	-	-
12	0.0927	2	0.185	-	-	-	-	-



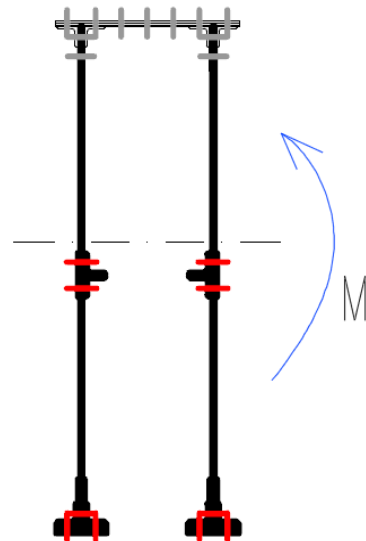
Obrázek 68 - Nýtovaný průřez pro tlak

Obrázek 69 - Nýtovaný průřez pro smyk

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRO OHYB

charakteristika: počítá se s plným zapojením pouze tlačných částí průřezu, předpokládá se pouze elastické působení, těžiště rozděluje průřez na tlačný a tažený, charakteristiky stanoveny pomocí programu [B]

#	h	e _h	e _d	A	I _y	I _z	W _{y,el,h}	W _{y,el,d}
	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m ⁴]	[m ⁴]	[m ³]	[m ³]
1	3.458	1.647	1.811	0.319	0.5306	0.0061	0.3222	0.293
2	3.254	1.548	1.706	0.3111	0.4606	0.0061	0.2975	0.27
3	3.065	1.455	1.61	0.3036	0.4008	0.0061	0.2755	0.2489
4	2.872	1.309	1.563	0.2849	0.3223	0.0061	0.2462	0.2062
5	2.705	1.293	1.412	0.2637	0.2592	0.0061	0.2005	0.1836
6	2.566	1.225	1.341	0.2581	0.2291	0.0061	0.187	0.1708
7	2.459	1.114	1.345	0.2684	0.2245	0.0061	0.2015	0.1669
8	2.345	0.992	1.353	0.264	0.1968	0.0061	0.1983	0.1454
9	2.266	0.956	1.31	0.2608	0.1816	0.0061	0.19	0.1386
10	2.21	0.931	1.279	0.2586	0.1713	0.0061	0.184	0.134
11	2.188	0.943	1.245	0.2525	0.1622	0.0061	0.172	0.1303
12	2.176	0.938	1.238	0.252	0.1601	0.0061	0.1707	0.1293

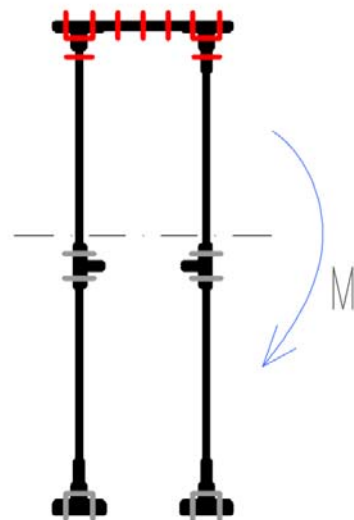


Obrázek 70 - Nýtovaný průřez pro ohyb

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PRO OHYB

charakteristika: počítá se s plným zapojením pouze tlačných částí průřezu, předpokládá se pouze elastické působení, těžiště rozděluje průřez na tlačný a tažený, charakteristiky stanoveny pomocí programu [B]

#	h	e _h	e _d	A	I _y	I _z	W _{y,el,h}	W _{y,el,d}
	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m ⁴]	[m ⁴]	[m ³]	[m ³]
1	3.458	1.681	1.7775	0.319	0.5306	0.0061	0.3158	0.2985
2	3.254	1.583	1.6715	0.3111	0.4606	0.0061	0.291	0.2755
3	3.065	1.487	1.5785	0.3036	0.4008	0.0061	0.2696	0.2539
4	2.872	1.339	1.5335	0.2849	0.3223	0.0061	0.2408	0.2102
5	2.705	1.322	1.3835	0.2637	0.2592	0.0061	0.1962	0.1874
6	2.566	1.253	1.313	0.2581	0.2291	0.0061	0.1828	0.1745
7	2.459	1.141	1.318	0.2684	0.2245	0.0061	0.1967	0.1703
8	2.345	1.017	1.3285	0.264	0.1968	0.0061	0.1936	0.1481
9	2.266	0.981	1.2855	0.2608	0.1816	0.0061	0.1852	0.1413
10	2.21	0.955	1.255	0.2586	0.1713	0.0061	0.1794	0.1365
11	2.188	0.962	1.2265	0.2525	0.1622	0.0061	0.1687	0.1322
12	2.176	0.956	1.22	0.252	0.1601	0.0061	0.1675	0.1312



Obrázek 71 - Nýtovaný průřez pro ohyb

7.2. Posouzení oblouku a vnitřní síly

Stávající konstrukce oblouku bude posouzena dle [9], [10]. Budou posouzeny průřezy v MSÚ(ULS) a MSP(SLS). V MSÚ je posouzeno vybočení oblouku z roviny a v rovině, smyk a ohyb. V MSP se kontrolují napětí v oblouku.

7.2.1. Vykreslení vnitřních sil

výstupy z programu [C] z přídatného modulu *WinGraf* pro zobrazení výsledků.

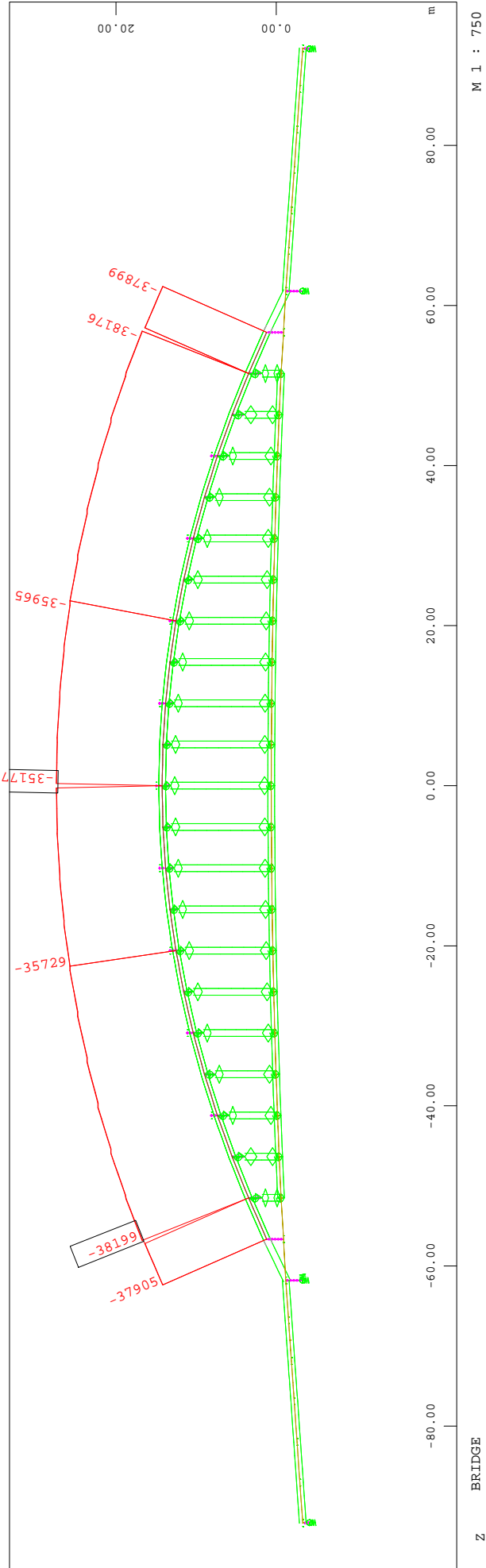
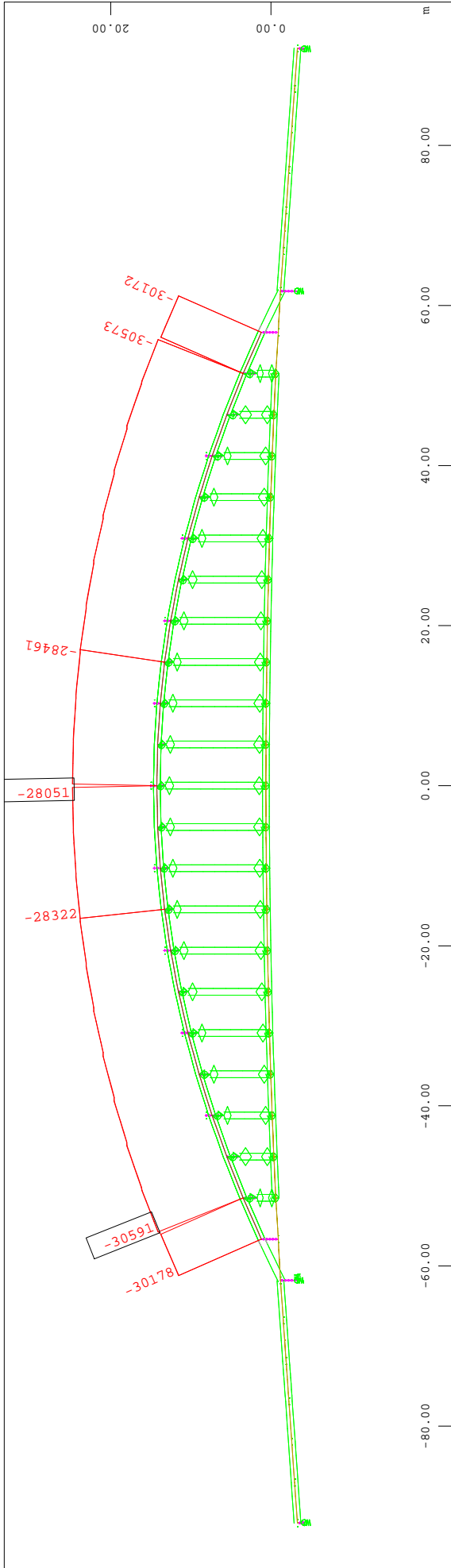
Zobrazeny jsou normálové síly-N, posouvající síly -Vz a ohybové momenty-My s minimálními a maximálními hodnotami.

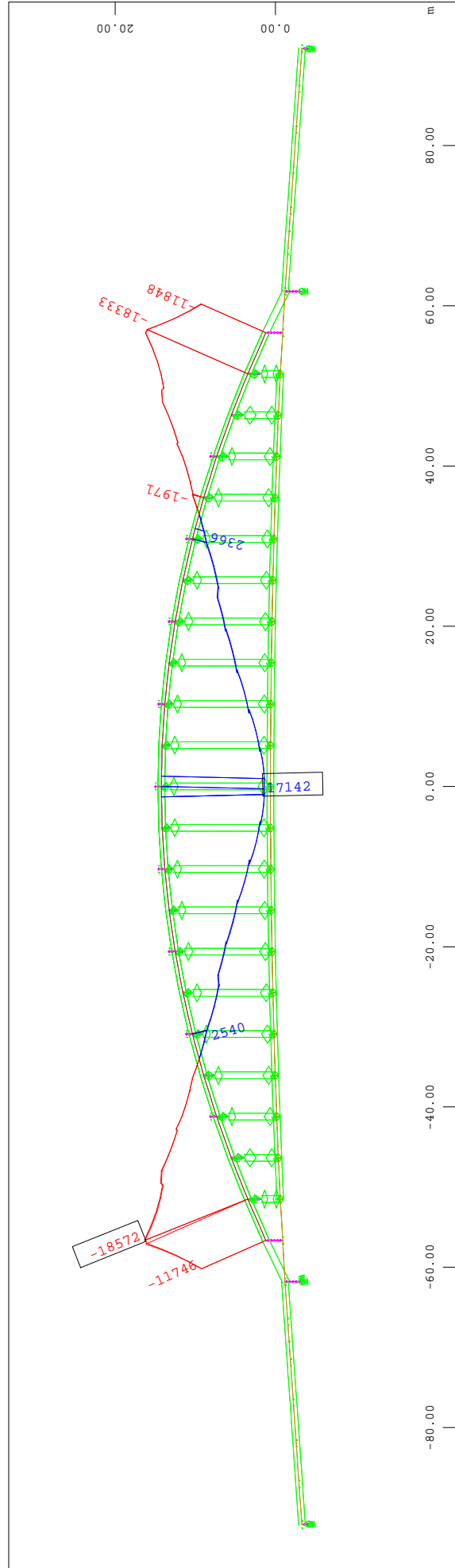
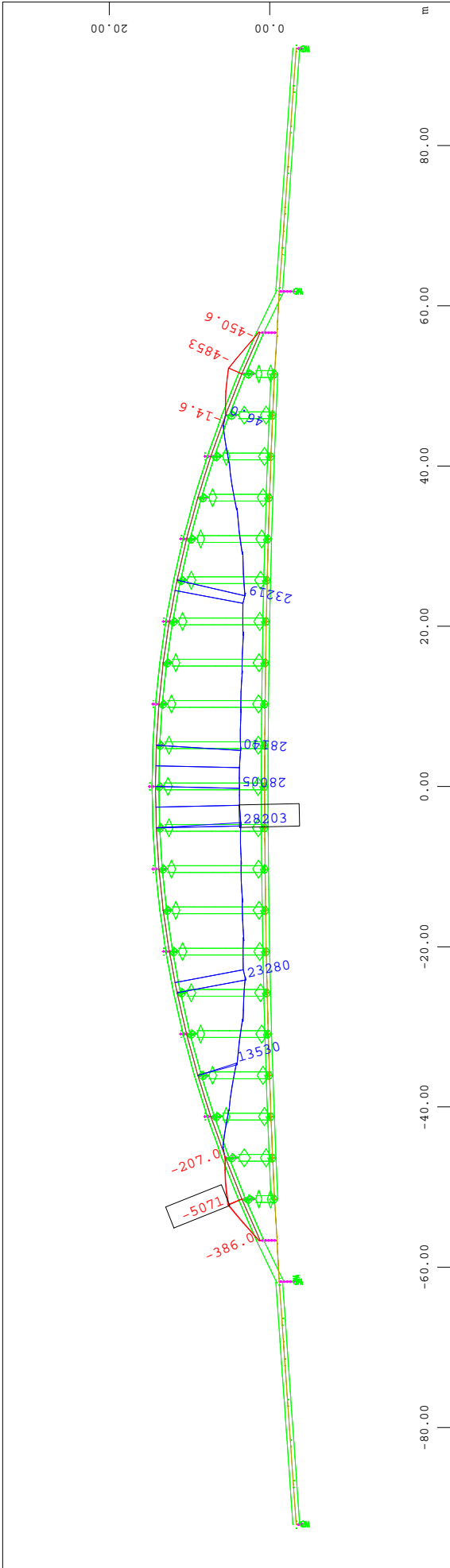
SEZNAM ZOBRAZOVANÝCH KOMBINACÍ VNITŘNÍCH SIL

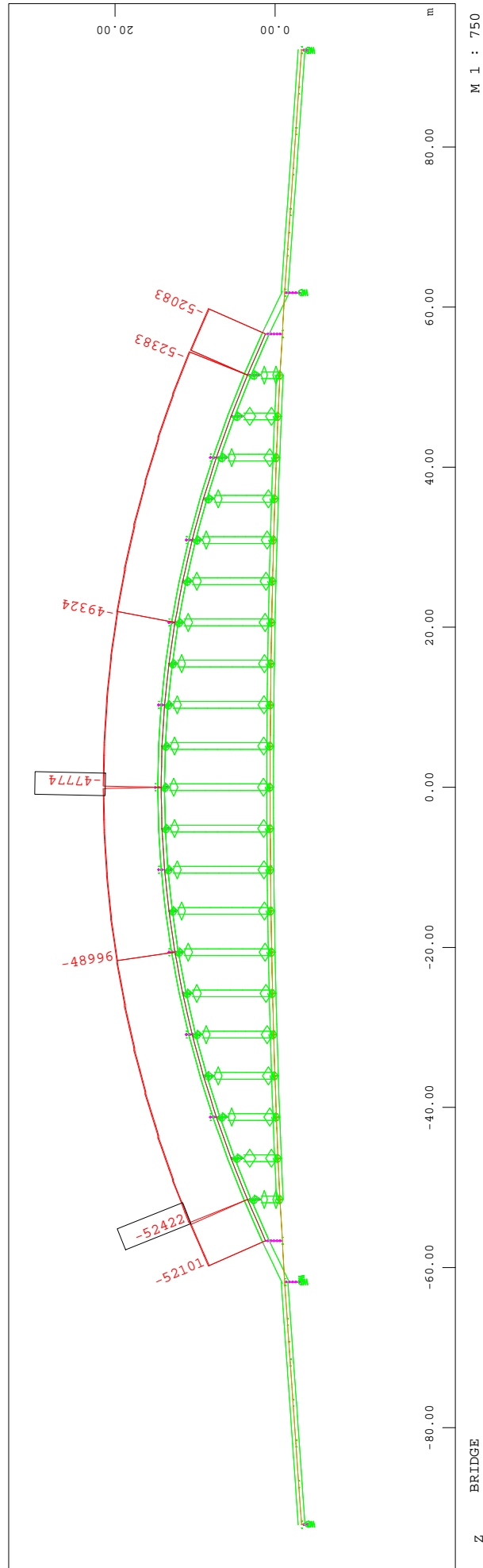
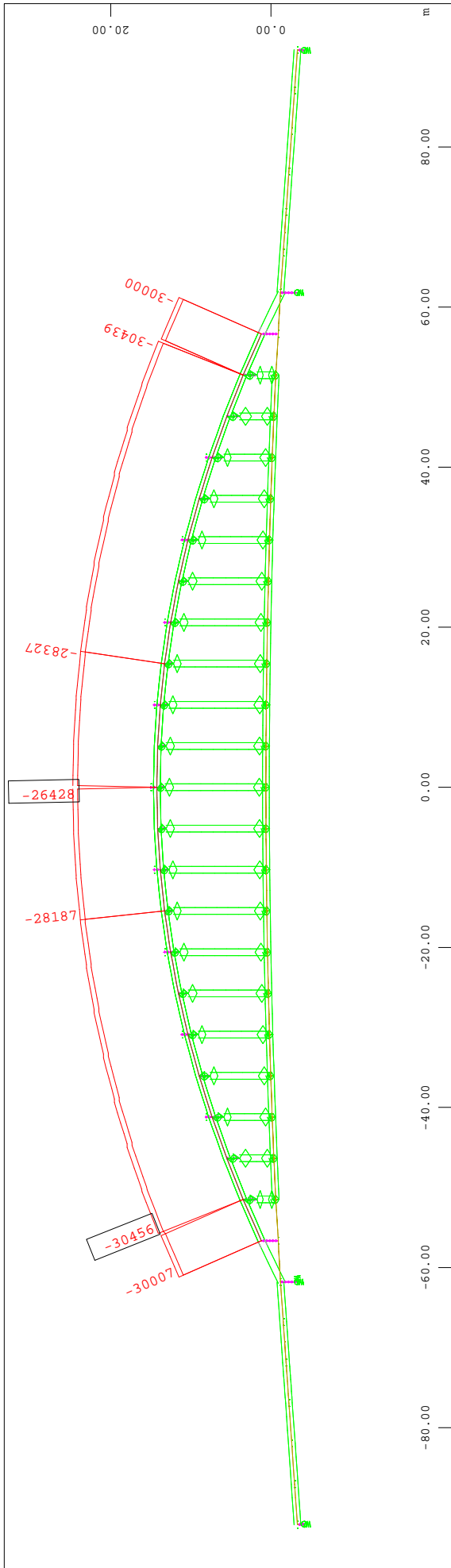
CASE 11000	MAX-N	KOMBINACE-ULS-EOL	MSÚ	NORMÁLOVÁ SÍLA	N_{MAX}
CASE 11001	MIN-N	KOMBINACE-ULS-EOL	MSÚ	NORMÁLOVÁ SÍLA	N_{MIN}
CASE 11002	MAX-VZ	KOMBINACE-ULS-EOL	MSÚ	POSOUVAJÍCÍ SÍLA	$V_{Z,MAX}$
CASE 11003	MIN-VZ	KOMBINACE-ULS-EOL	MSÚ	POSOUVAJÍCÍ SÍLA	$V_{Z,MIN}$
CASE 11004	MAX-MY	KOMBINACE-ULS-EOL	MSÚ	OHYBOVÝ MOMENT	$M_{Y,MAX}$
CASE 11005	MIN-MY	KOMBINACE-ULS-EOL	MSÚ	OHYBOVÝ MOMENT	$M_{Y,MIN}$
CASE 30000	MAX-N	KOMBINACE-ULS-EOL	MSP	NORMÁLOVÁ SÍLA	N_{MAX}
CASE 30001	MIN-N	KOMBINACE-ULS-EOL	MSP	NORMÁLOVÁ SÍLA	N_{MIN}
CASE 30004	MAX-MY	KOMBINACE-ULS-EOL	MSP	OHYBOVÝ MOMENT	$M_{Y,MAX}$
CASE 30005	MIN-MY	KOMBINACE-ULS-EOL	MSP	OHYBOVÝ MOMENT	$M_{Y,MIN}$

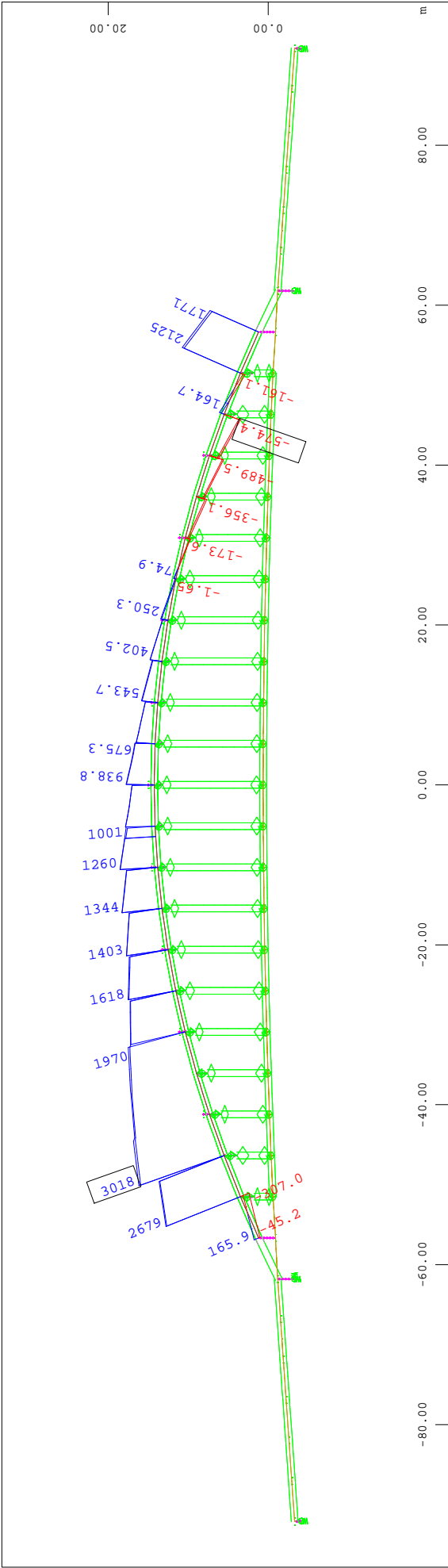
SEZNAM ZOBRAZOVANÝCH VNITŘNÍCH SIL

<u>NÁZEV:</u>	<u>VYSVĚTLENÍ:</u>	
VLASTNÍ TÍHA	VLASTNÍ TÍHA	N, V_z, M_y
OSTATNÍ STÁLE	OSTATNÍ STÁLÉ	N, V_z, M_y
PŘEDPĚTÍ	PŘEDPĚTÍ	N, V_z, M_y
C+S EOC	SMRŠŤOVÁNÍ+DOTVAROVÁNÍ - EOC	N, V_z, M_y
C+S EOL	SMRŠŤOVÁNÍ+DOTVAROVÁNÍ - EOL	N, V_z, M_y
LM1-Q	LM1-TS	N, V_z, M_y
LM1-U	LM1-UDL	N, V_z, M_y
VÍTR	VÍTR	N, V_z, M_y
CHODCI	CHODCI	N, V_z, M_y

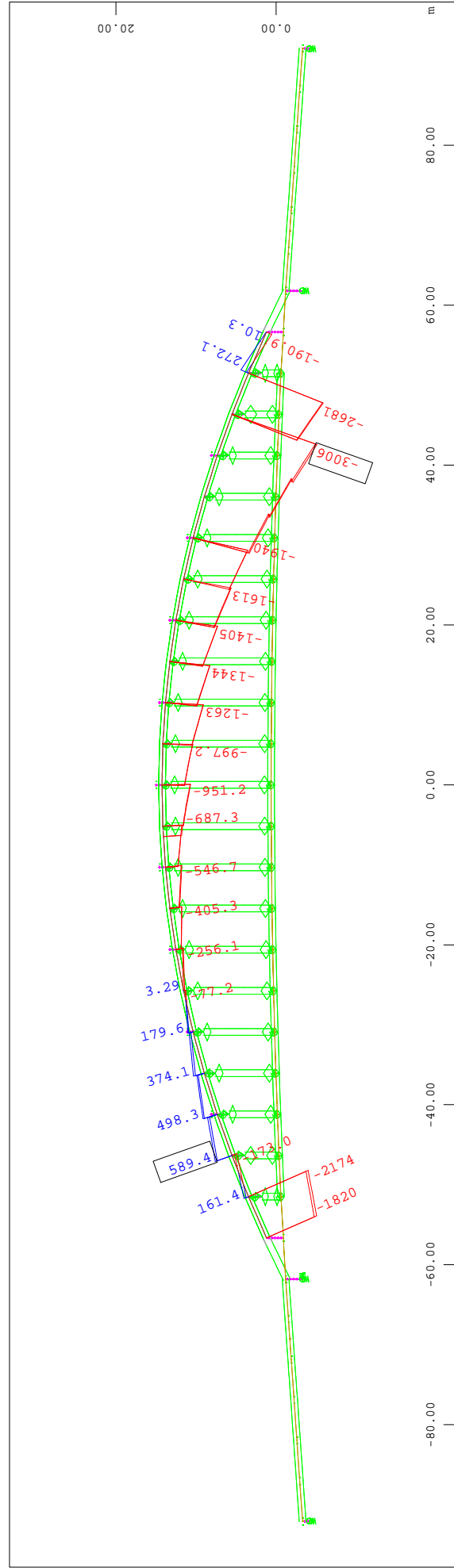




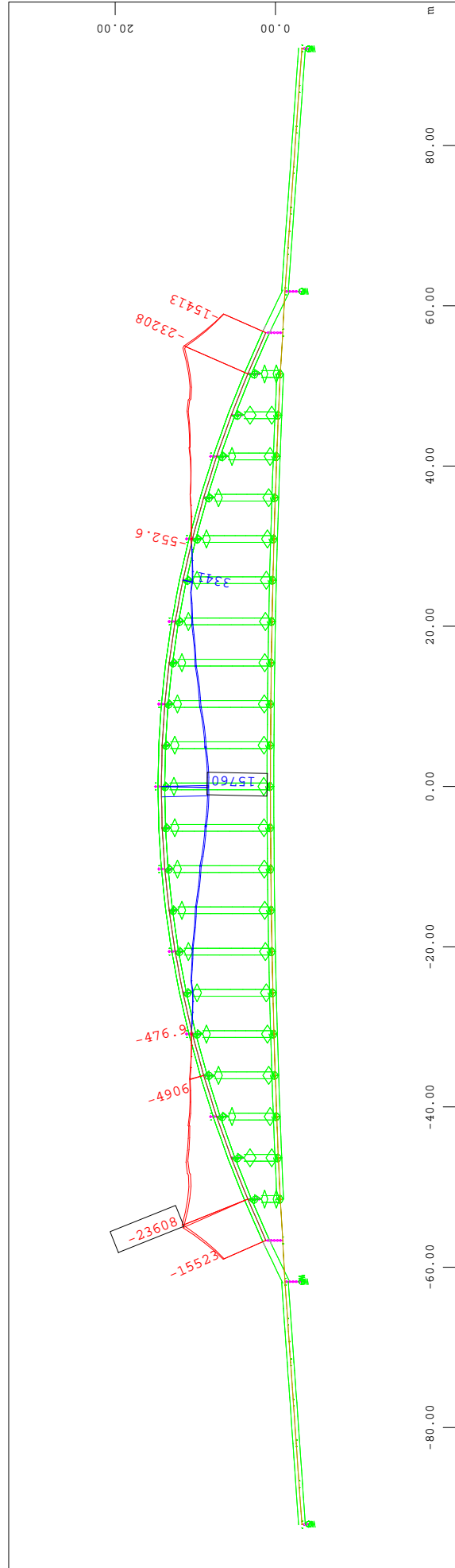
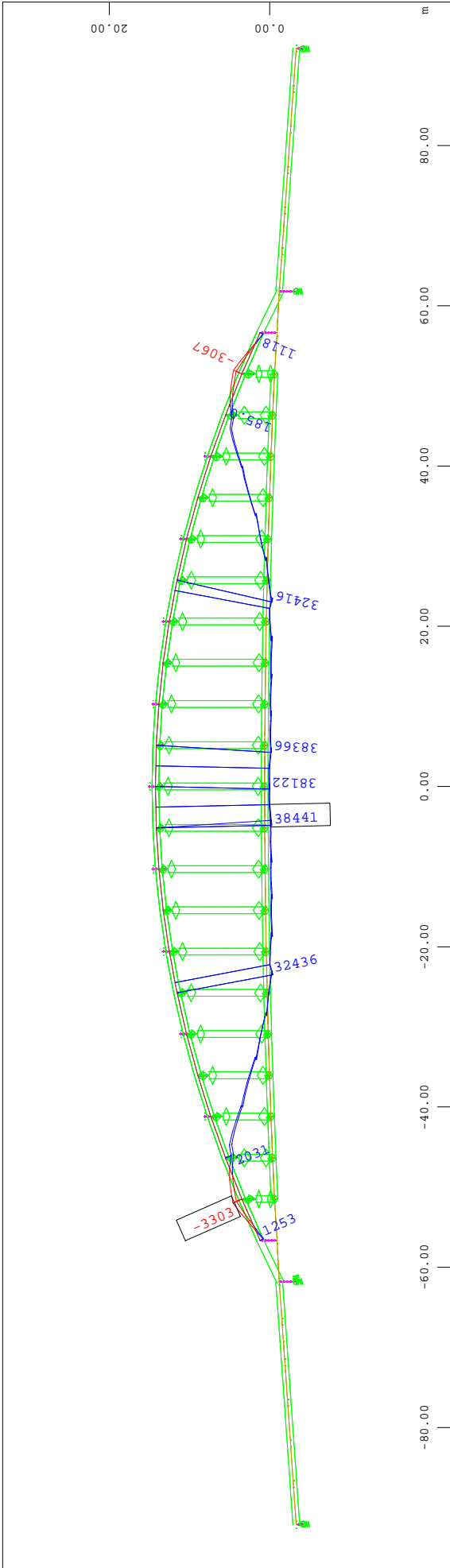


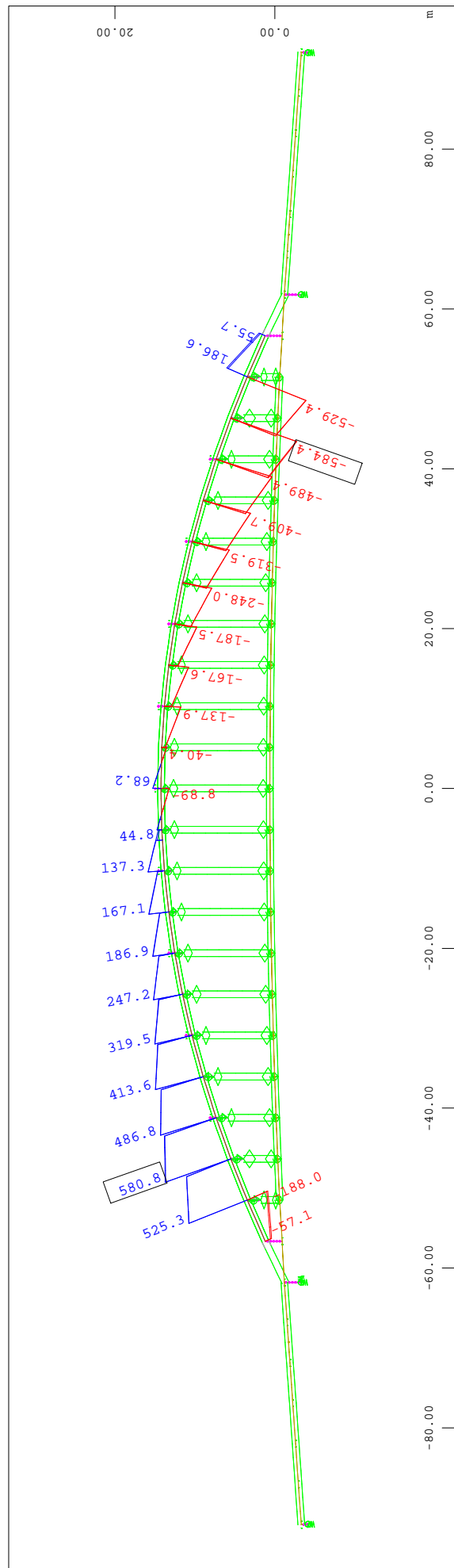
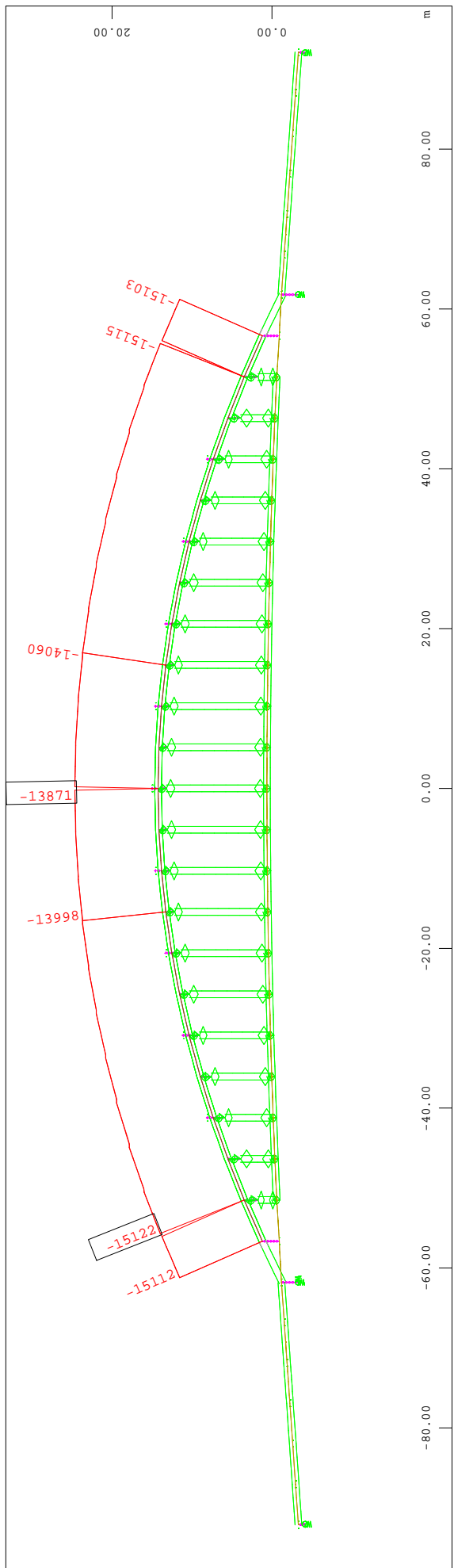


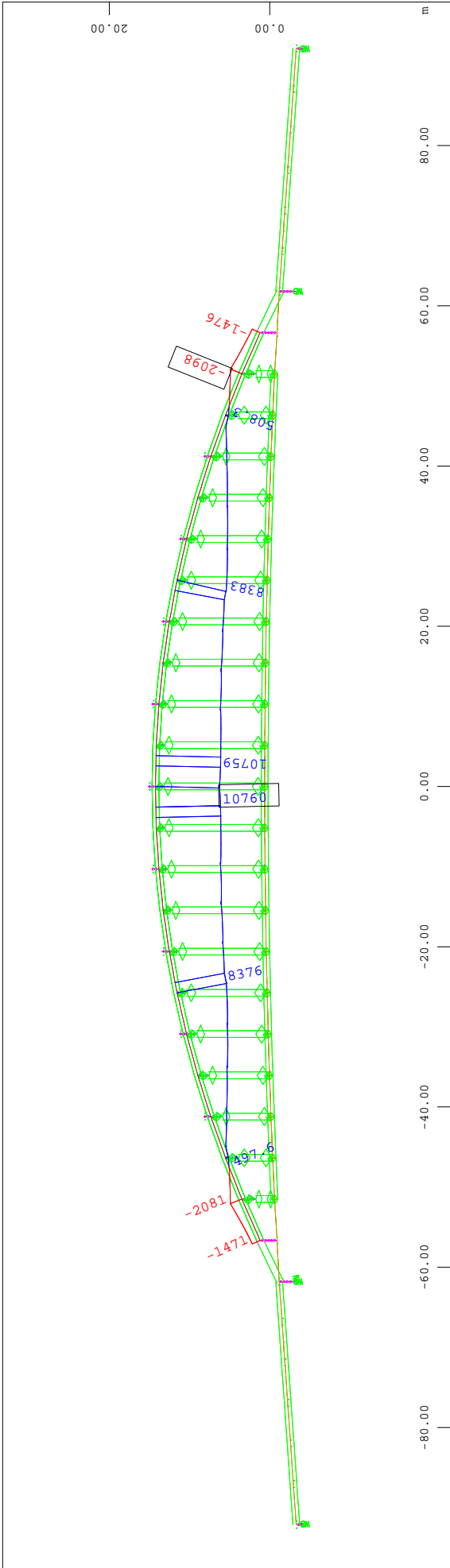
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 11002 MAX-VZ BEAM KOMBINACE-ULS-EOL , 1 cm 3D = 2000. kN (Min=-574.4) (Max=3018.)

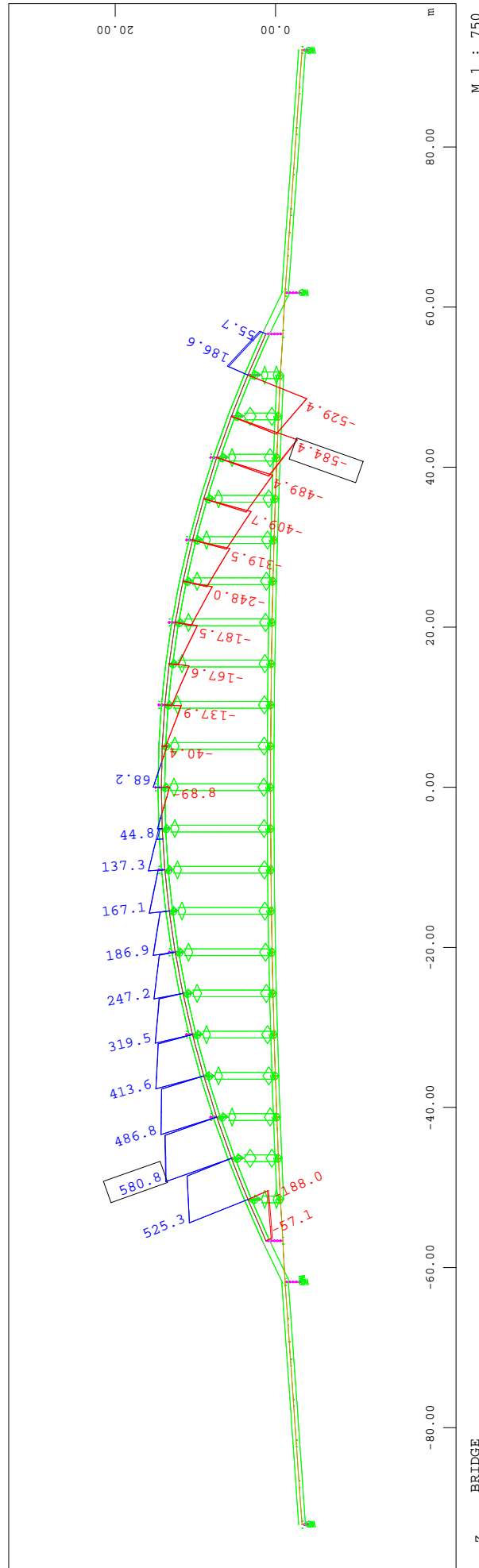
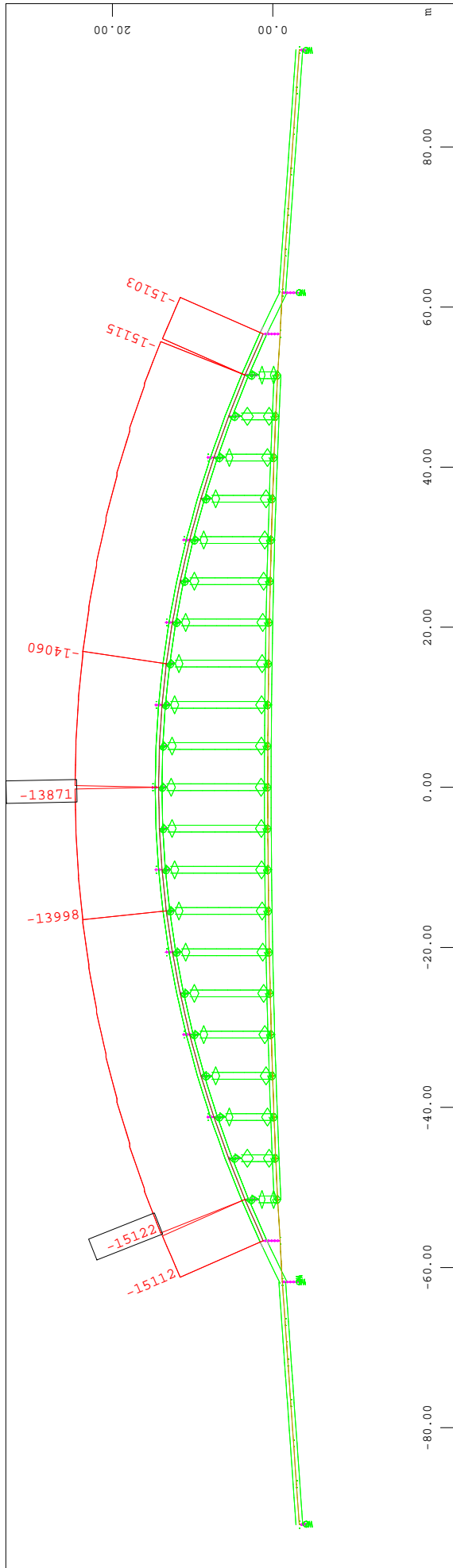


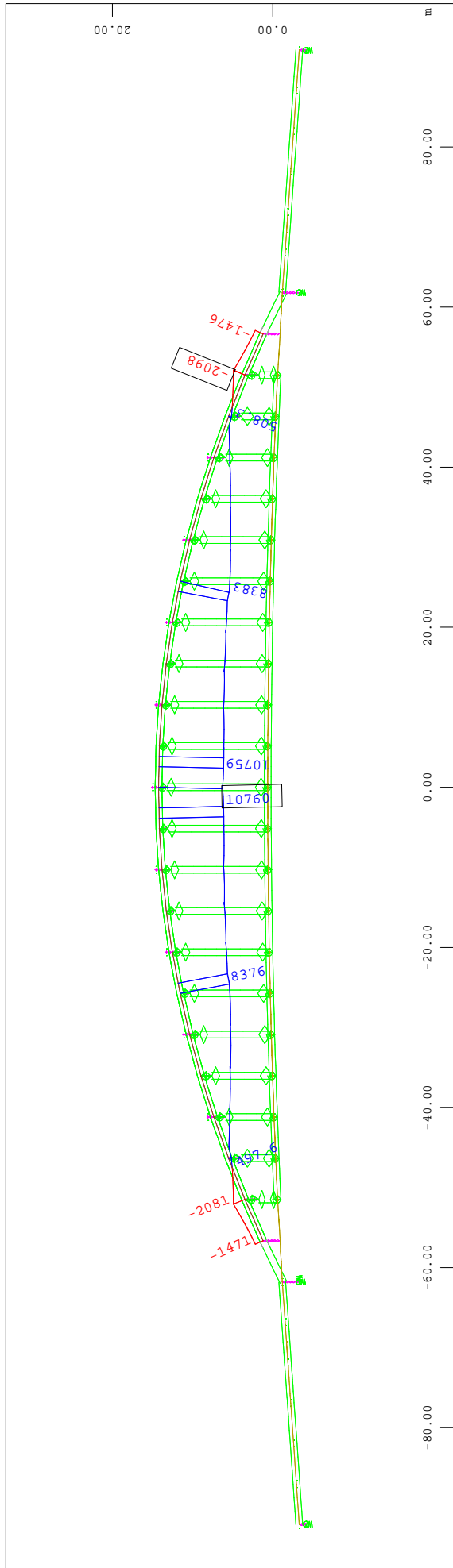
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 11003 MIN-VZ BEAM KOMBINACE-ULS-EOL , 1 cm 3D = 2000. kN (Min=-3006.) (Max=589.4)

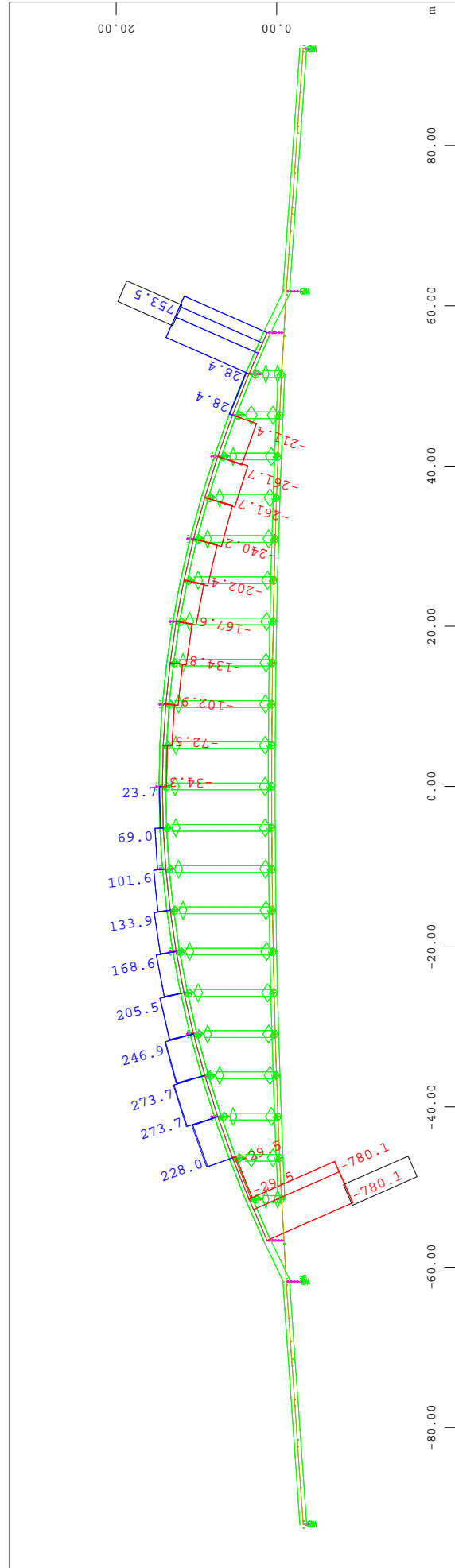
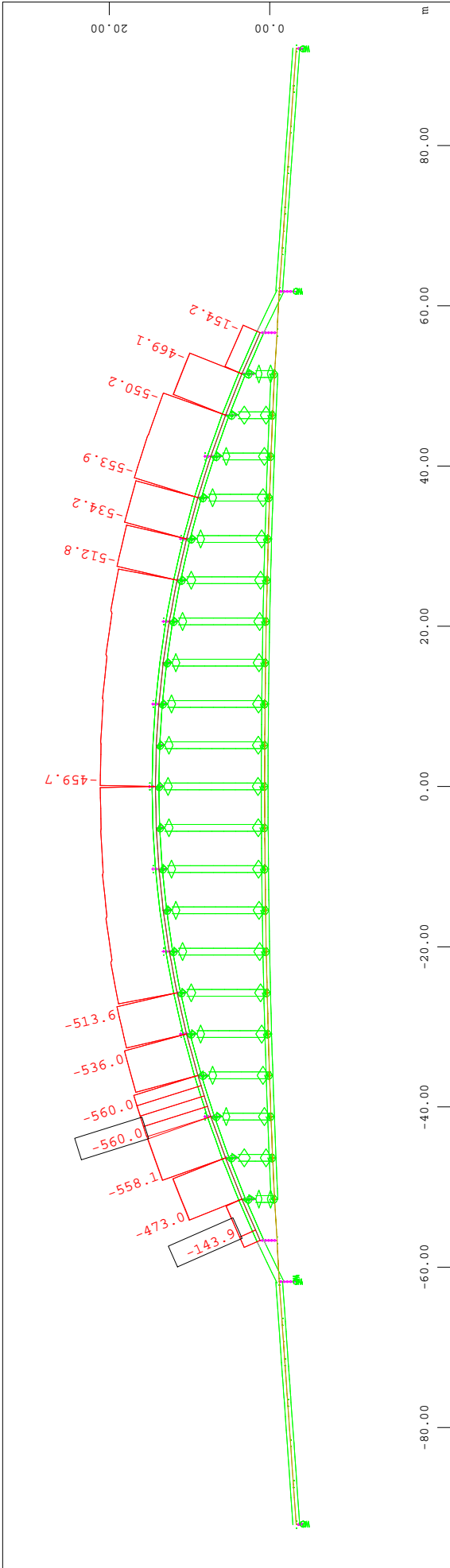


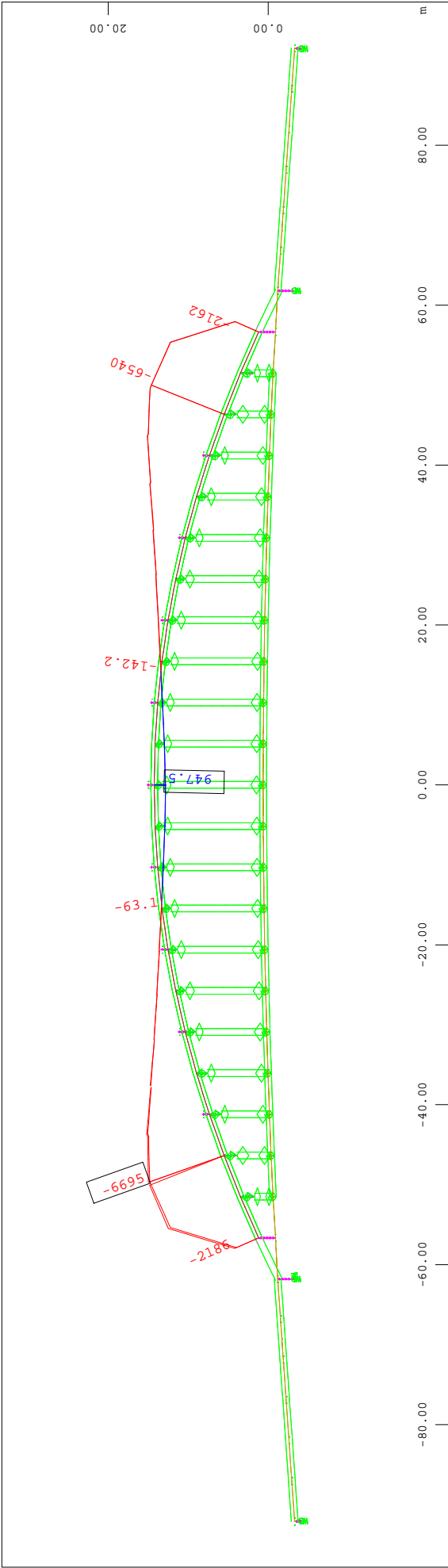




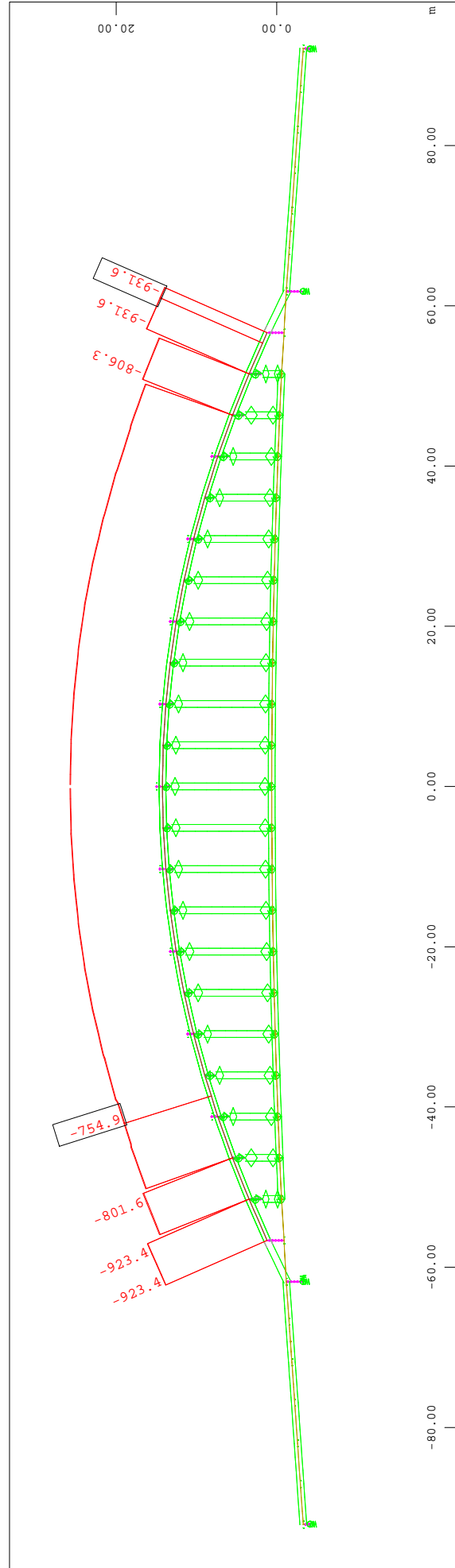
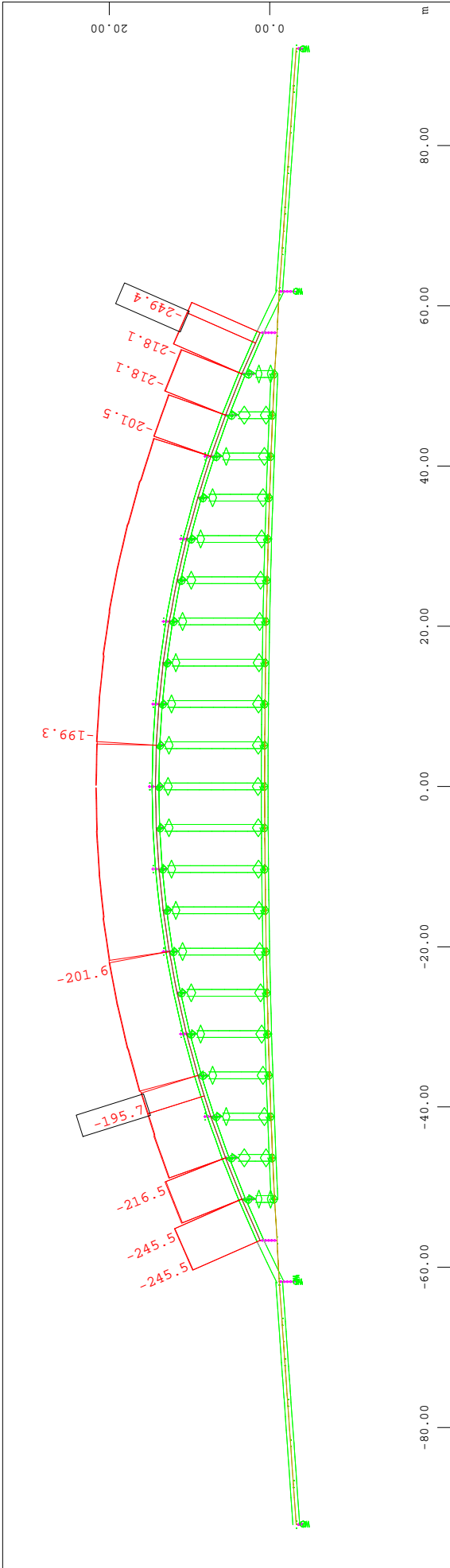


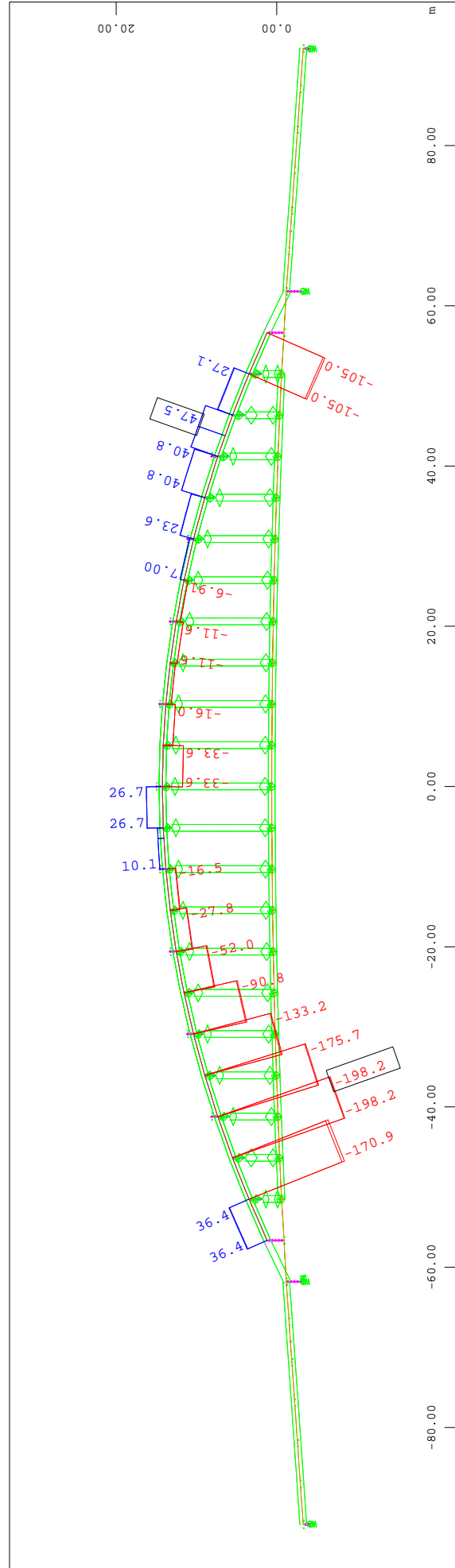
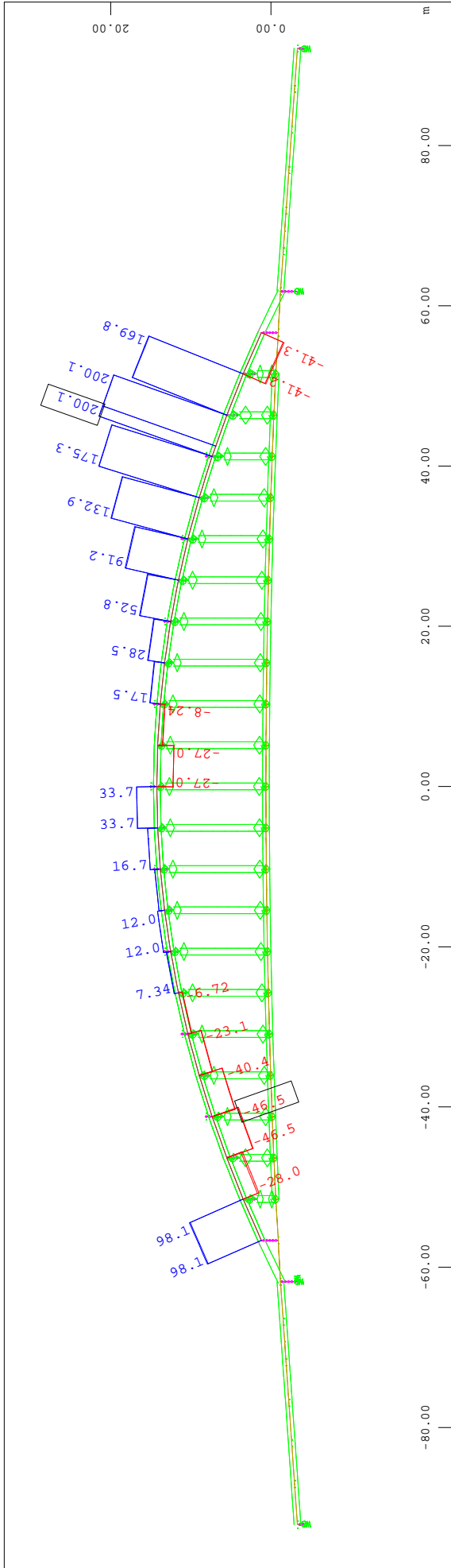


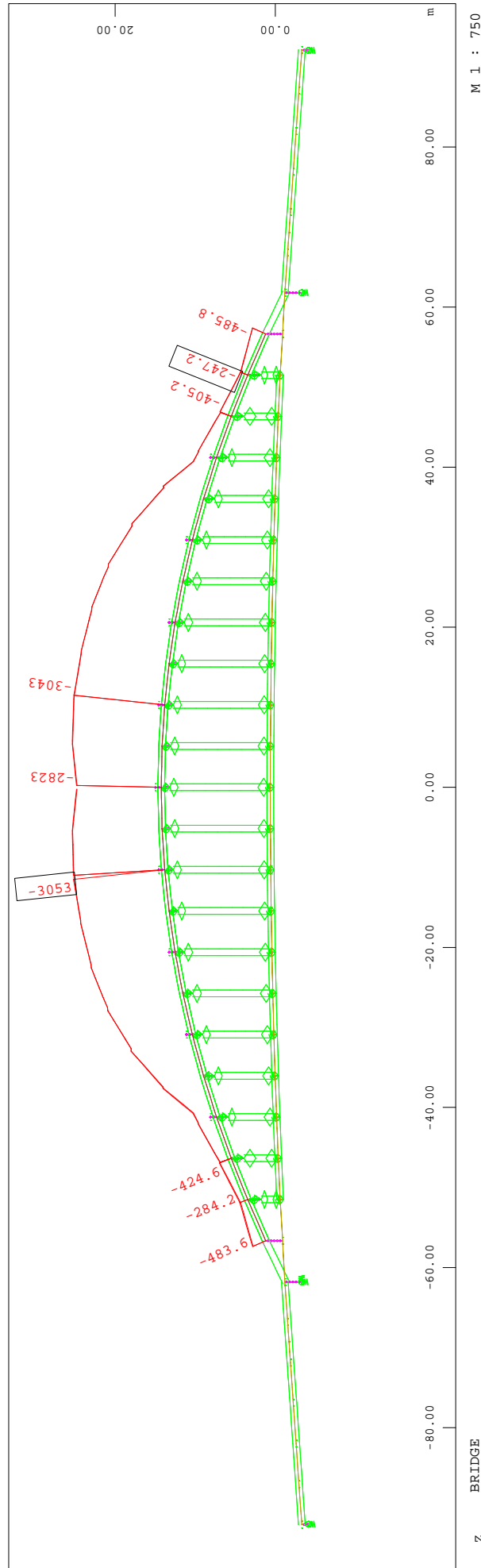
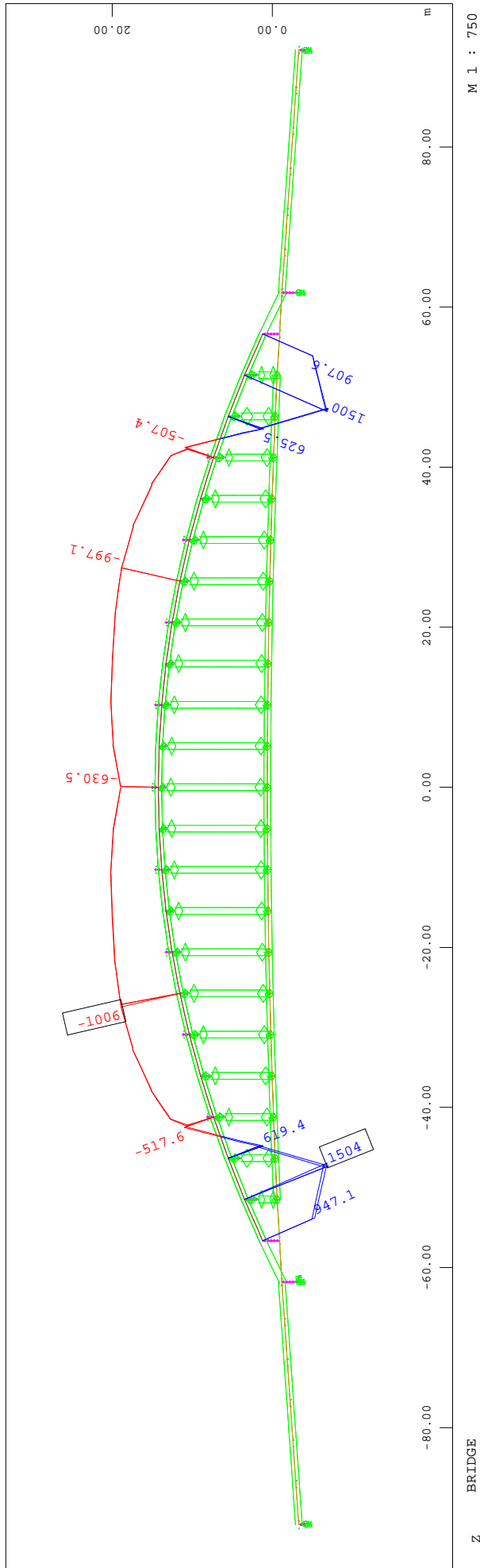


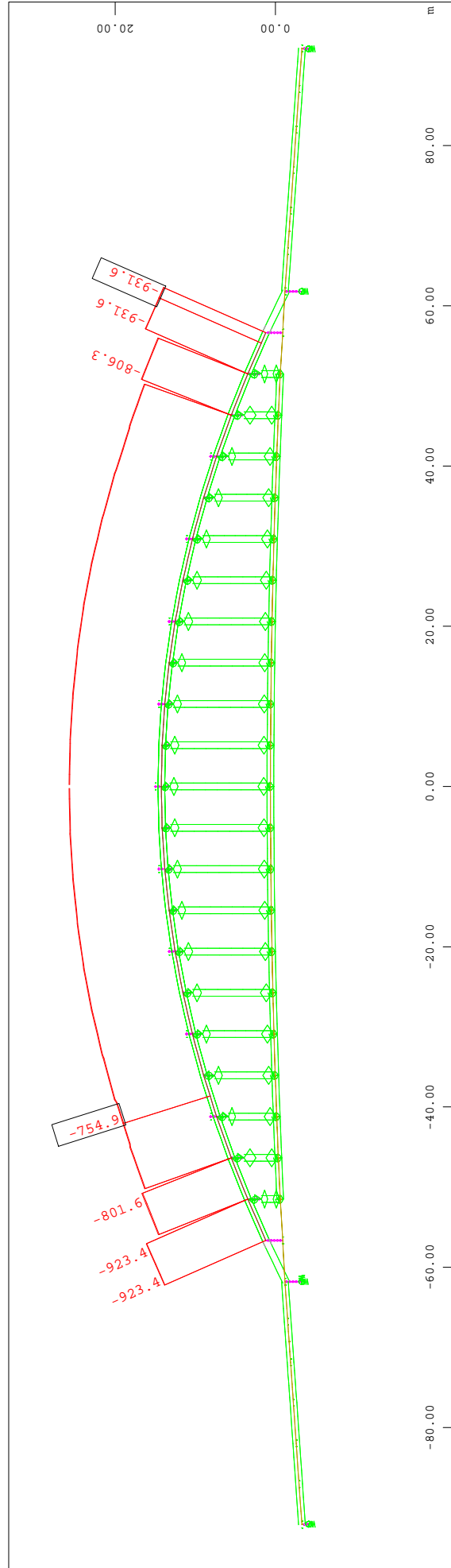
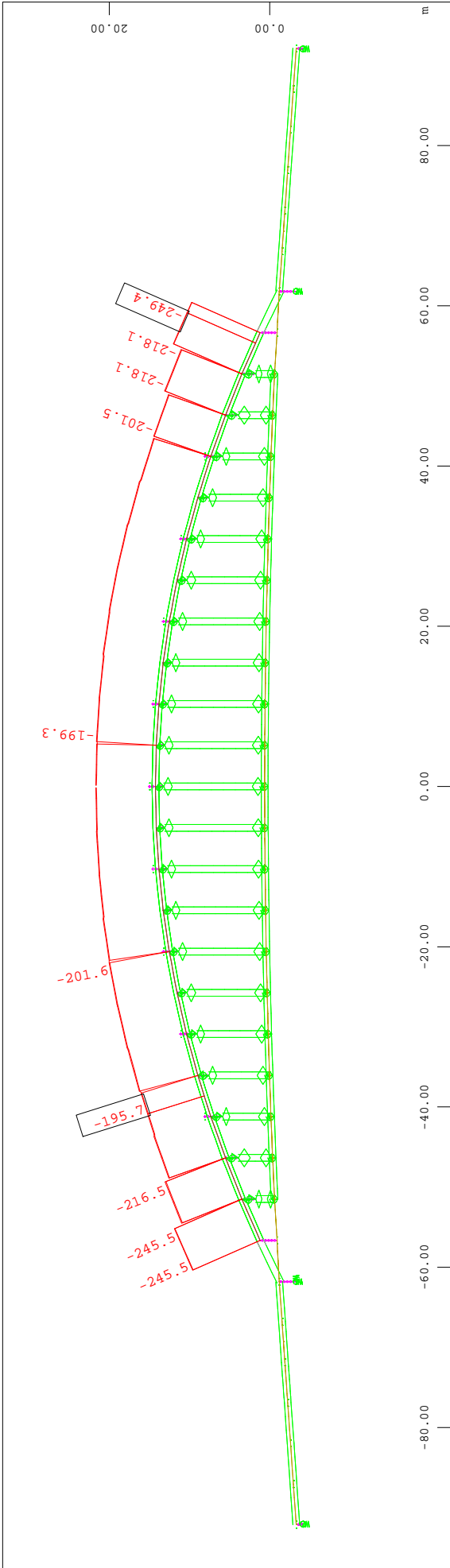


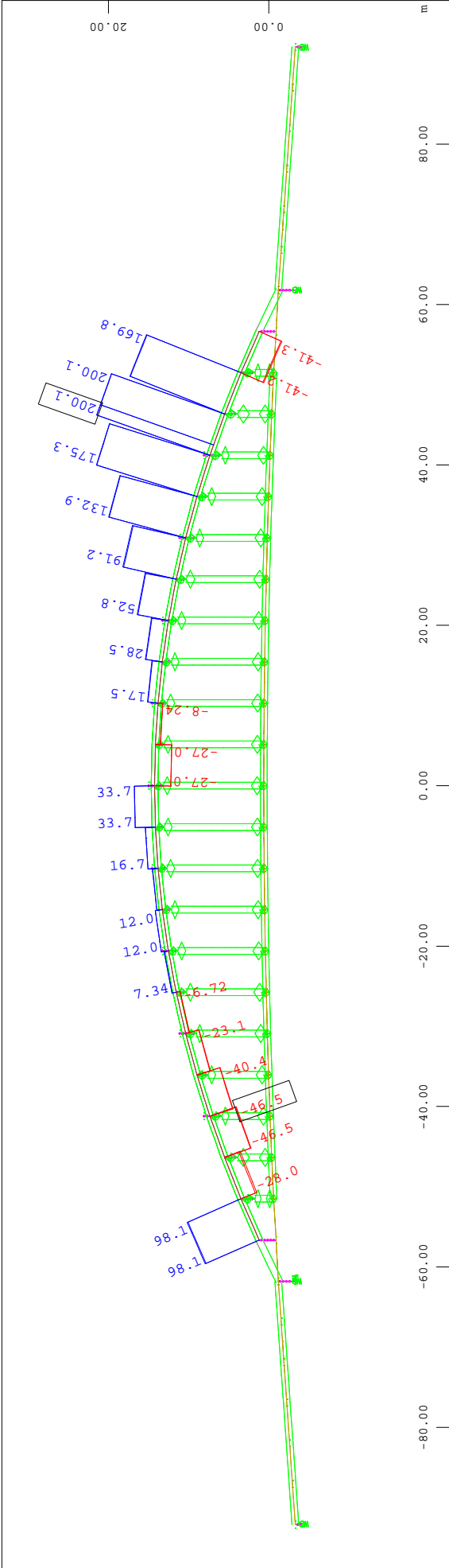
Z BRIDGE
 X-Y Contour
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 20204 MAX-MY BEAM PREDPETI , 1 cm 3D = 5000. kNm (Min=-6695.) (Max=947.5)
 M 1 : 750



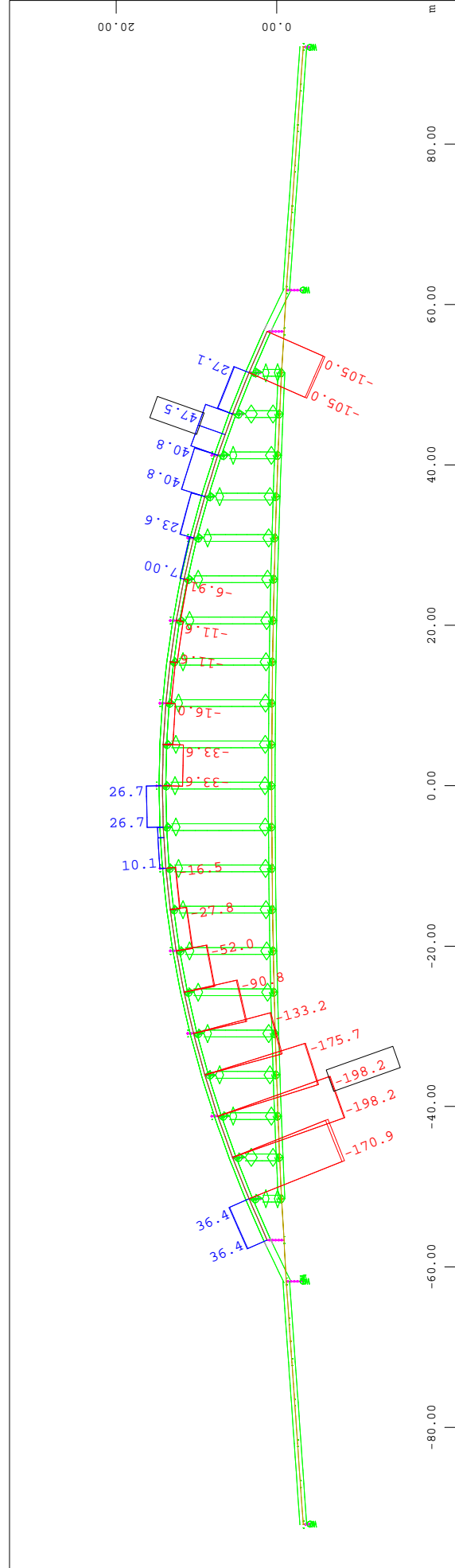




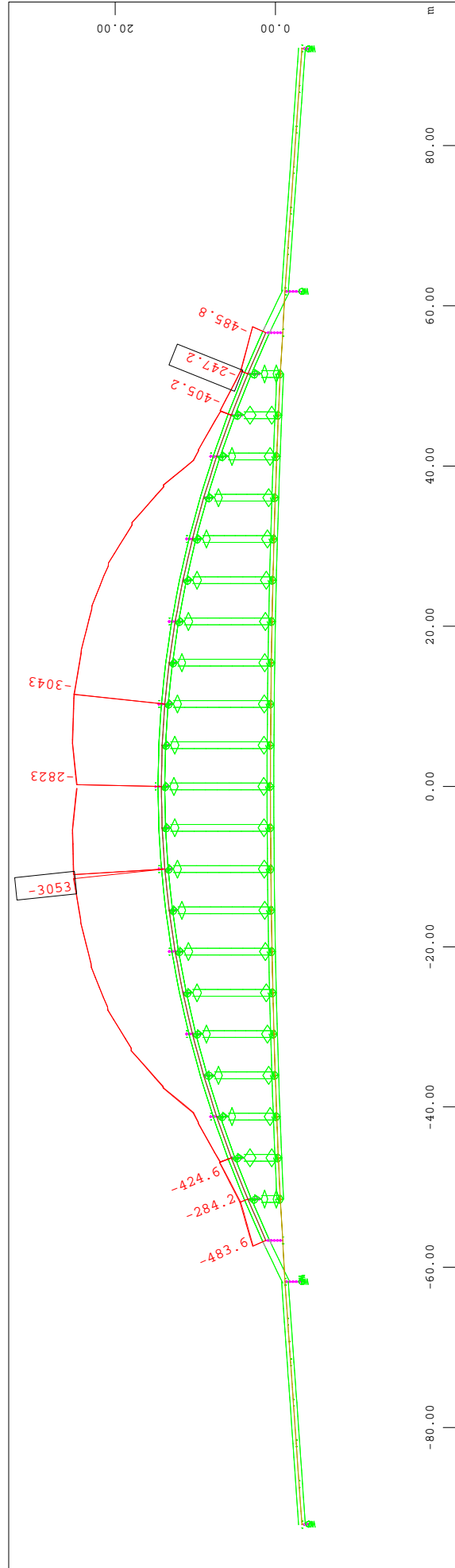
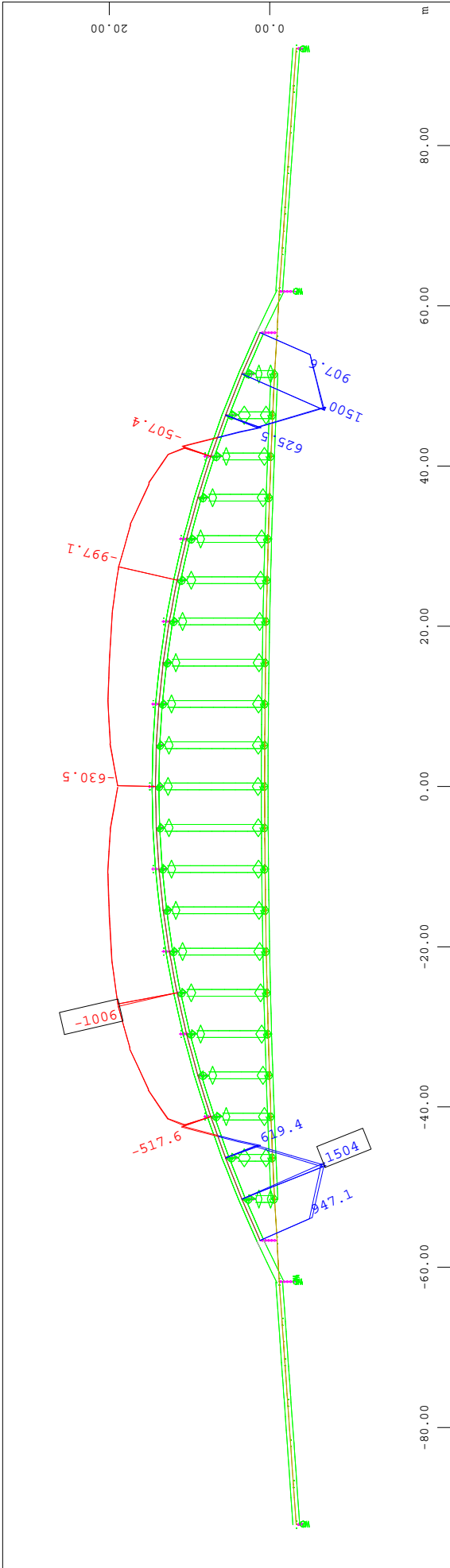


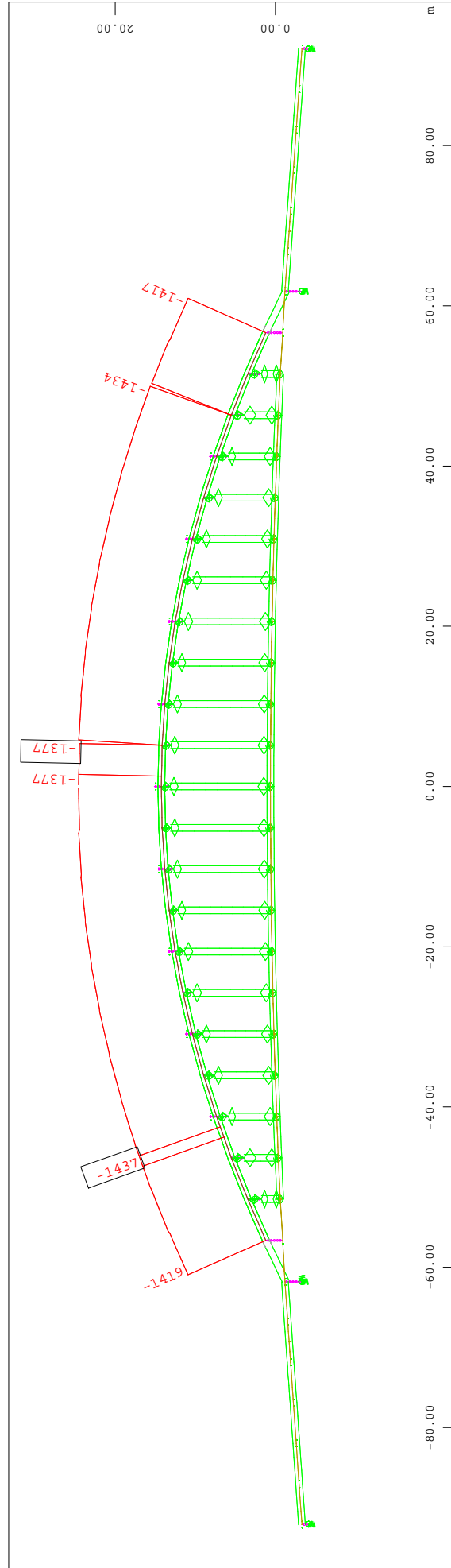
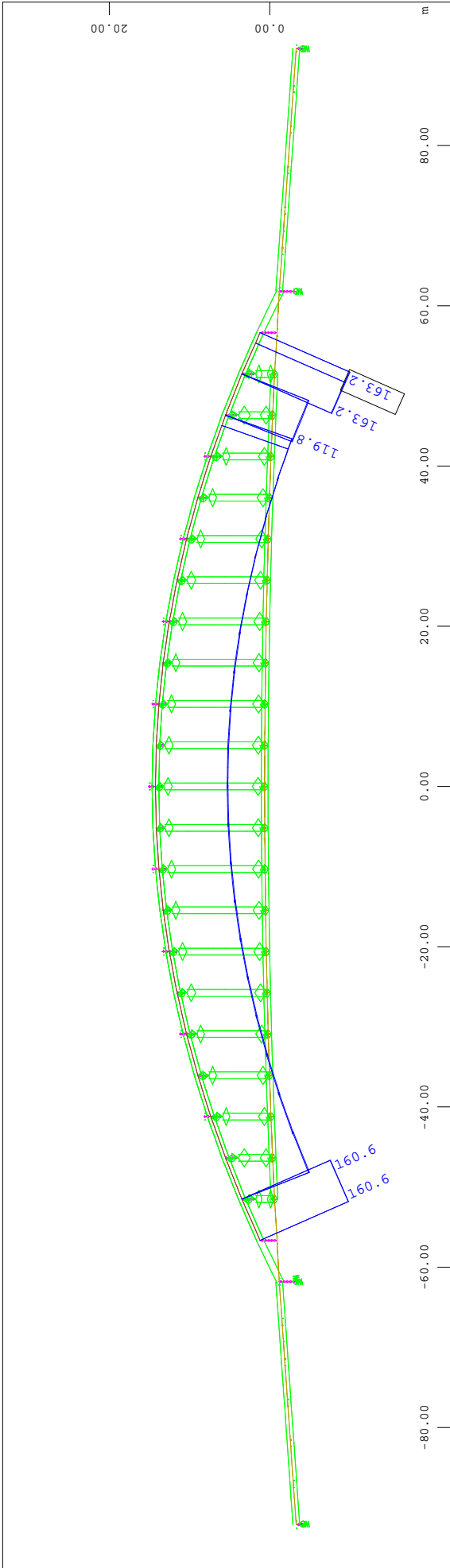


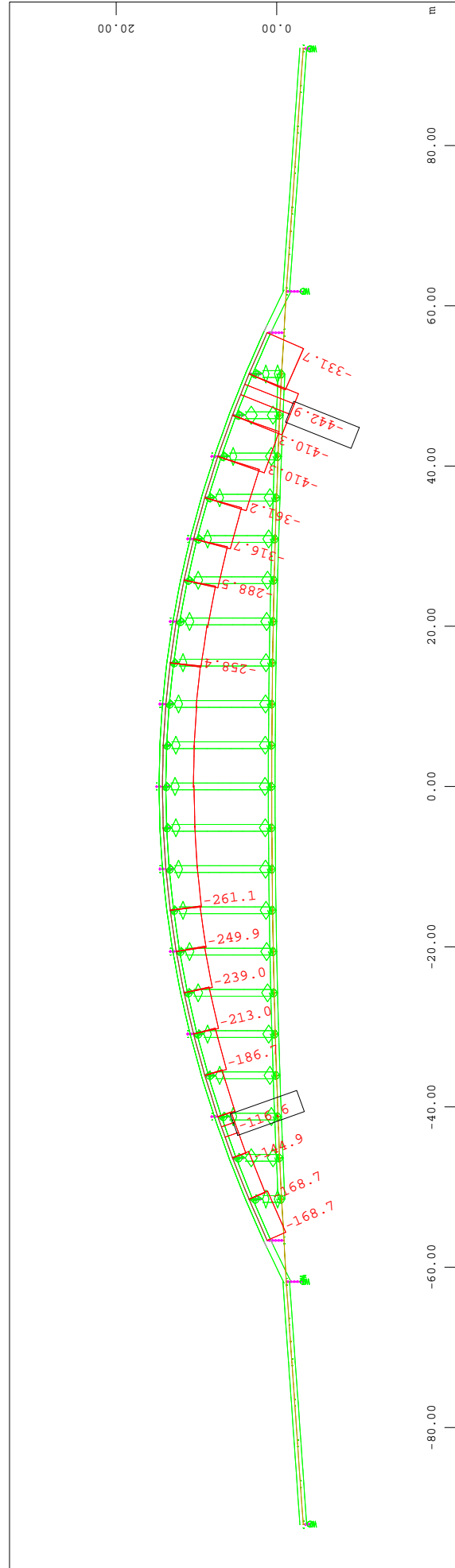
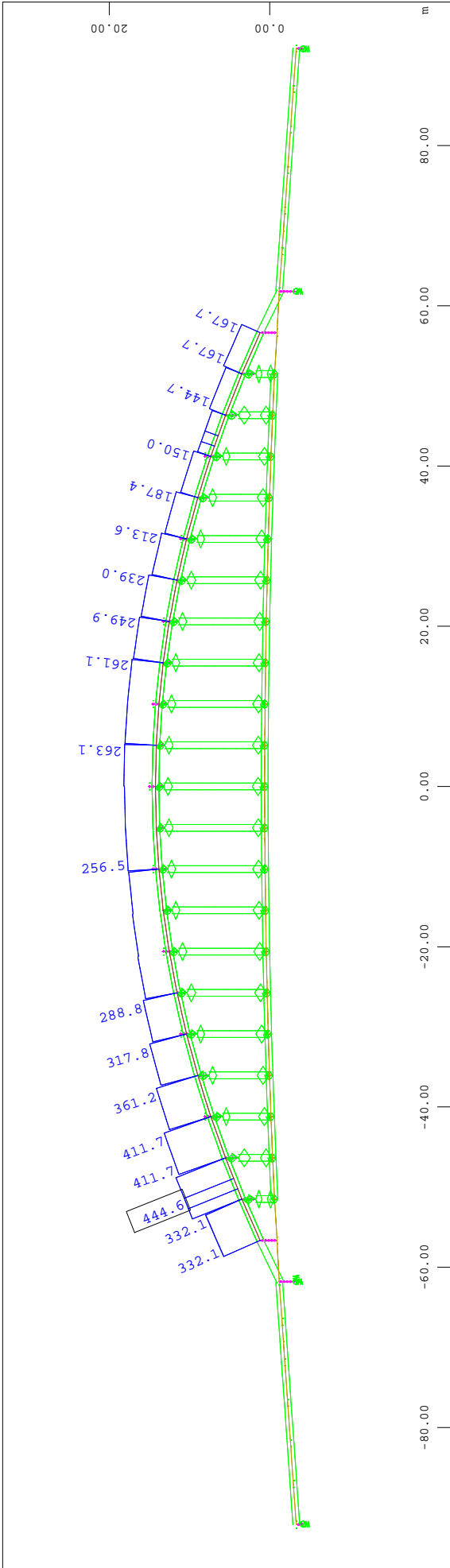
Z
 X-Y
 BRIDGE Contour
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 20402 MAX-VZ BEAM C+S BOL , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-46.5) (Max=200.1)

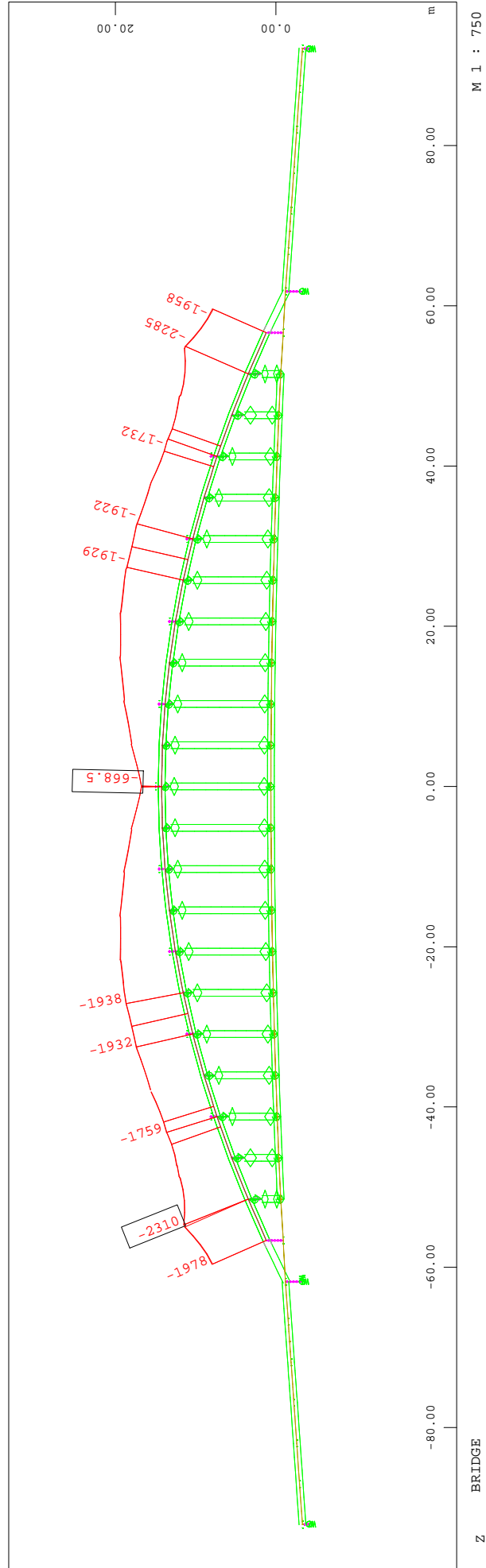
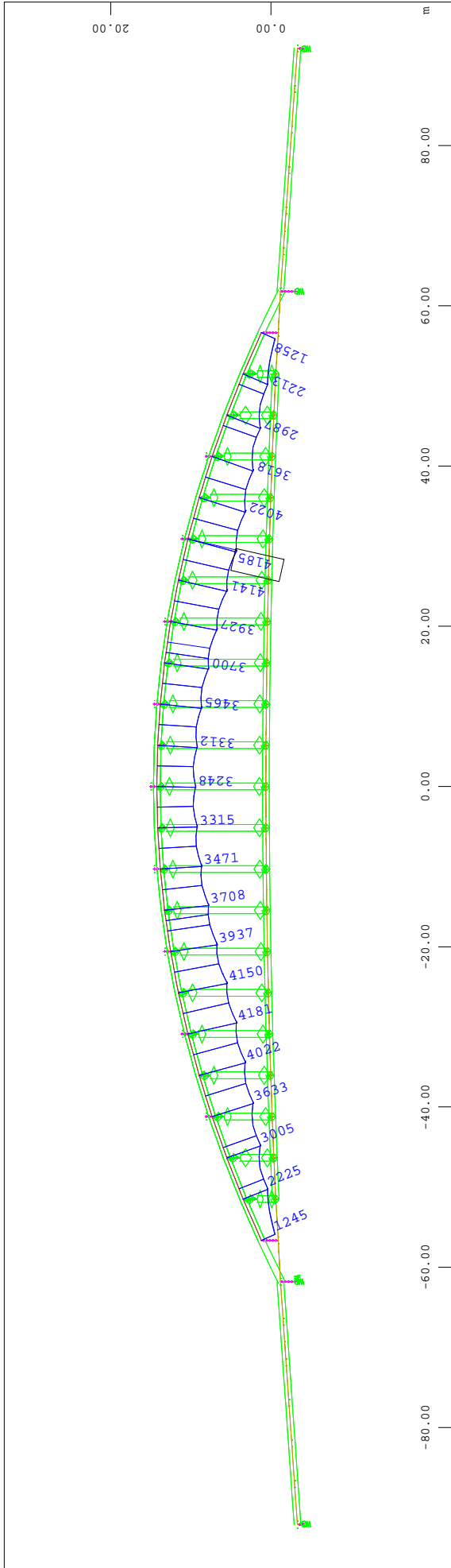


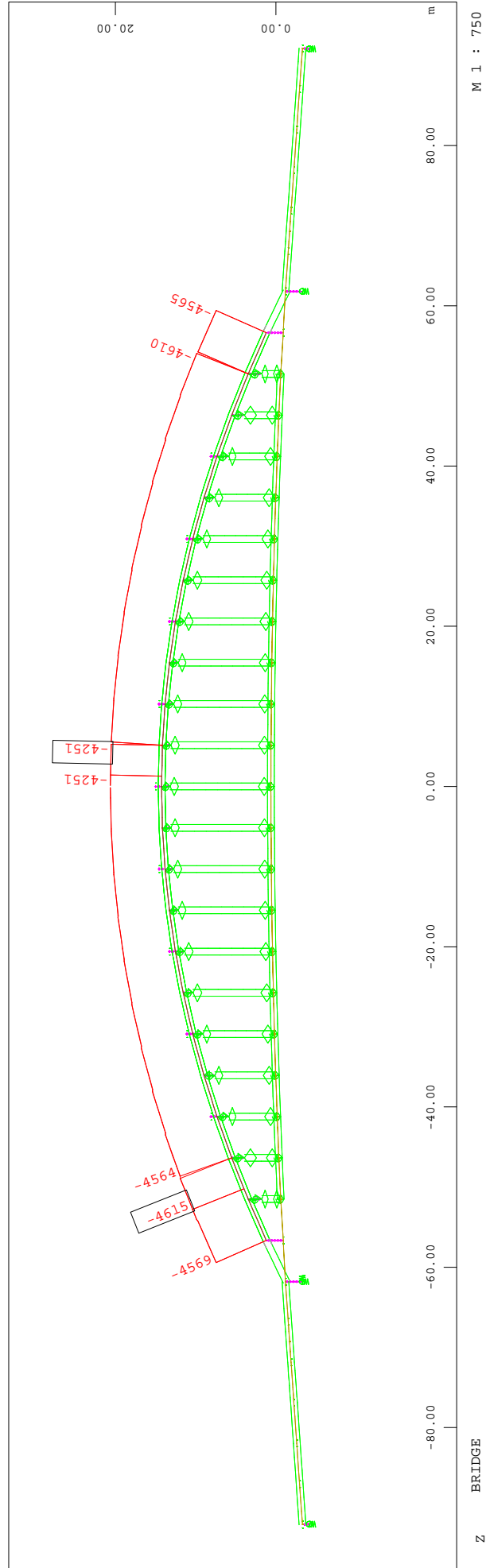
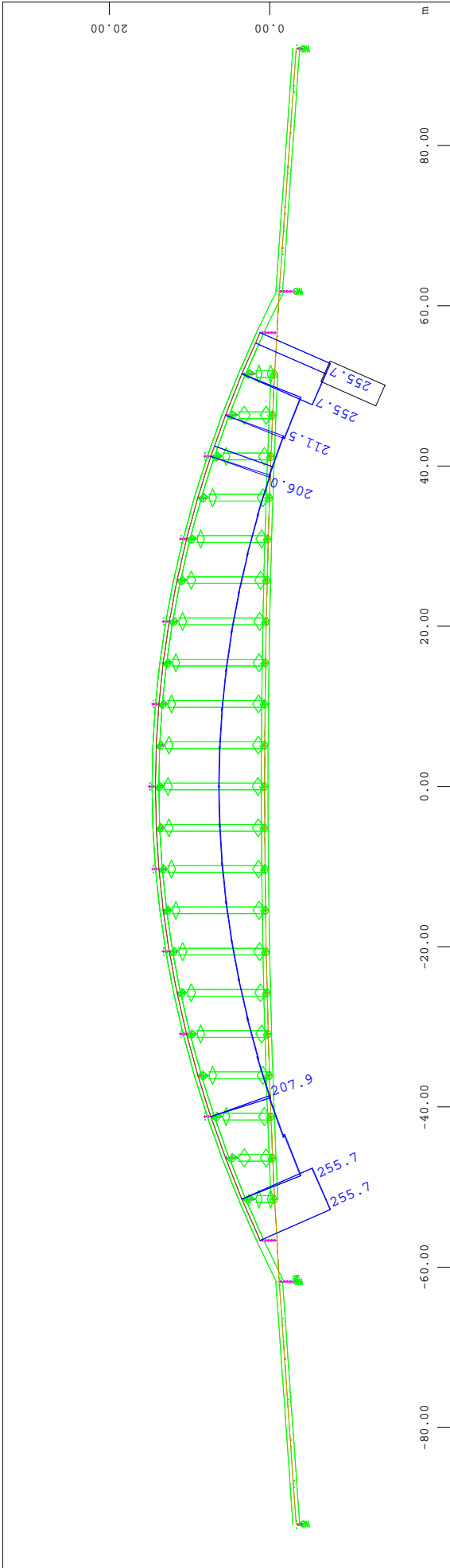
Z
 X-Y
 BRIDGE Contour
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 20403 MIN-VZ BEAM C+S BOL , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-198.2) (Max=47.5)

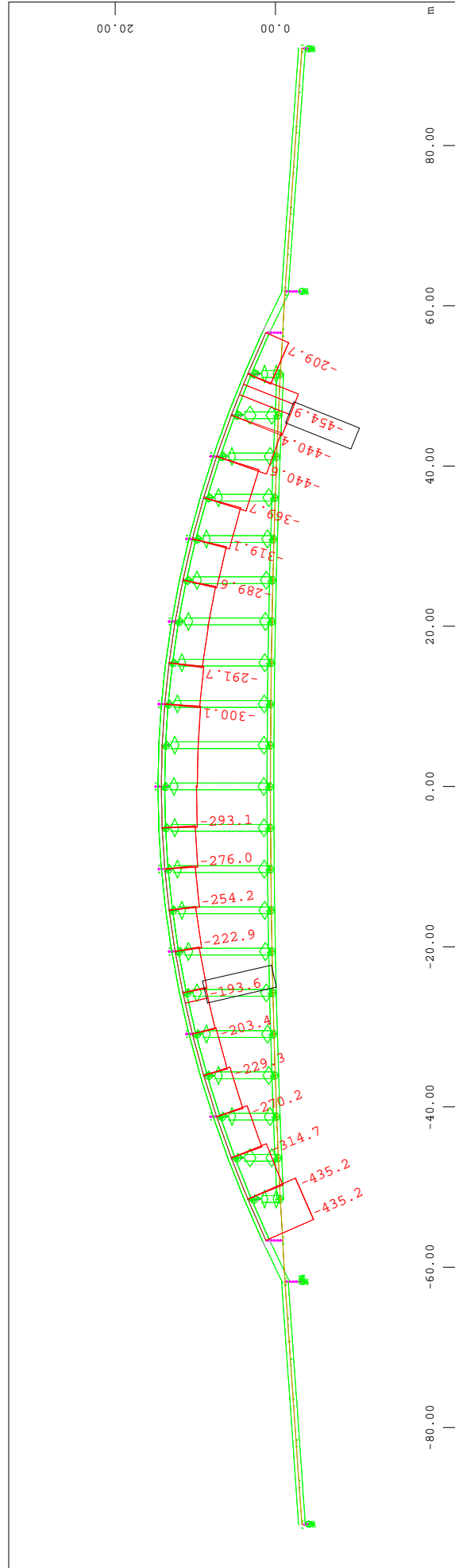
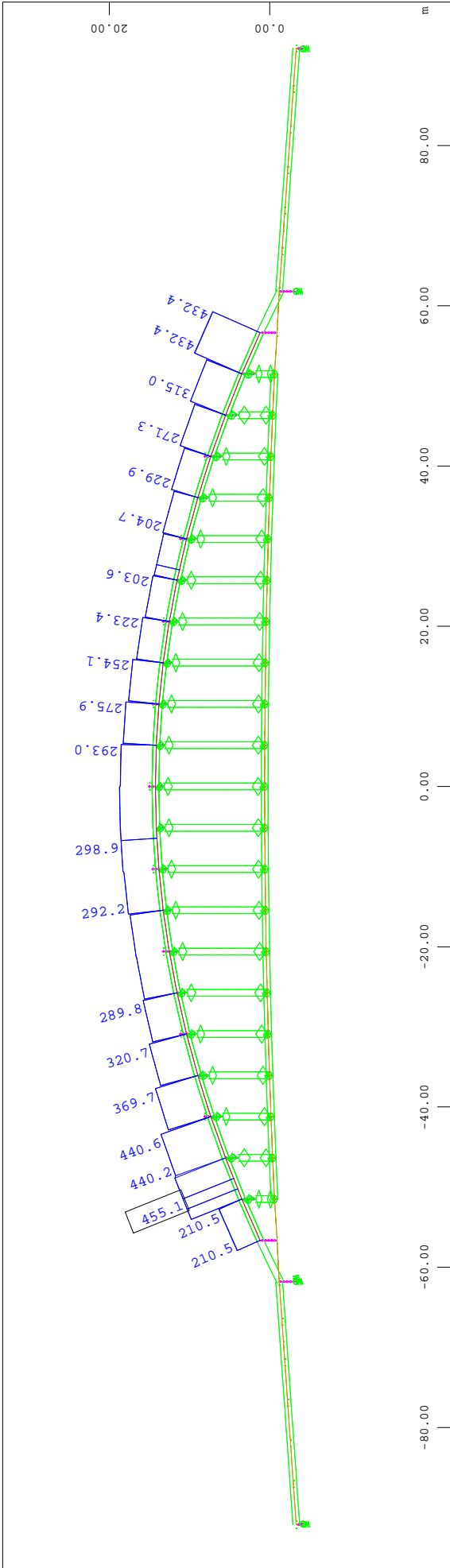


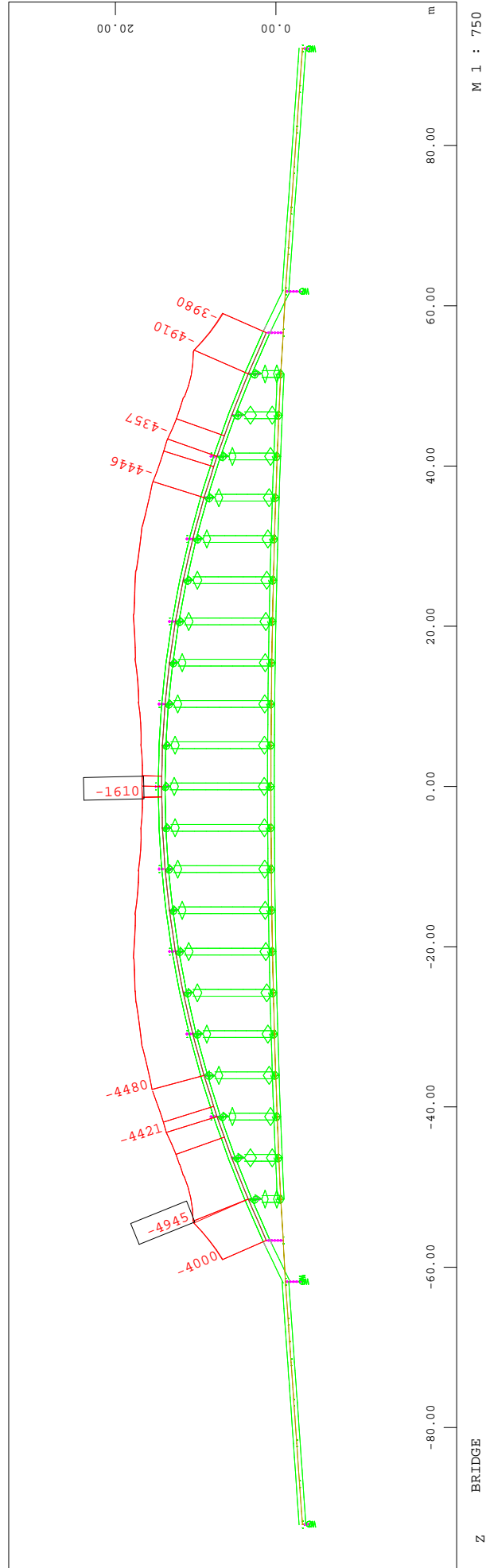
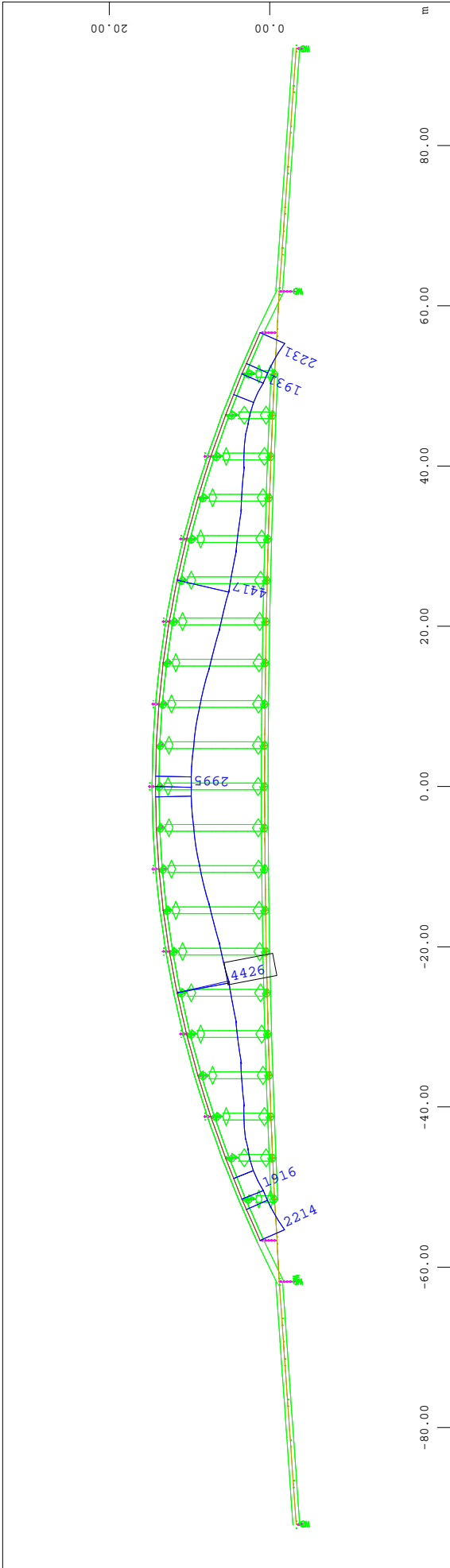


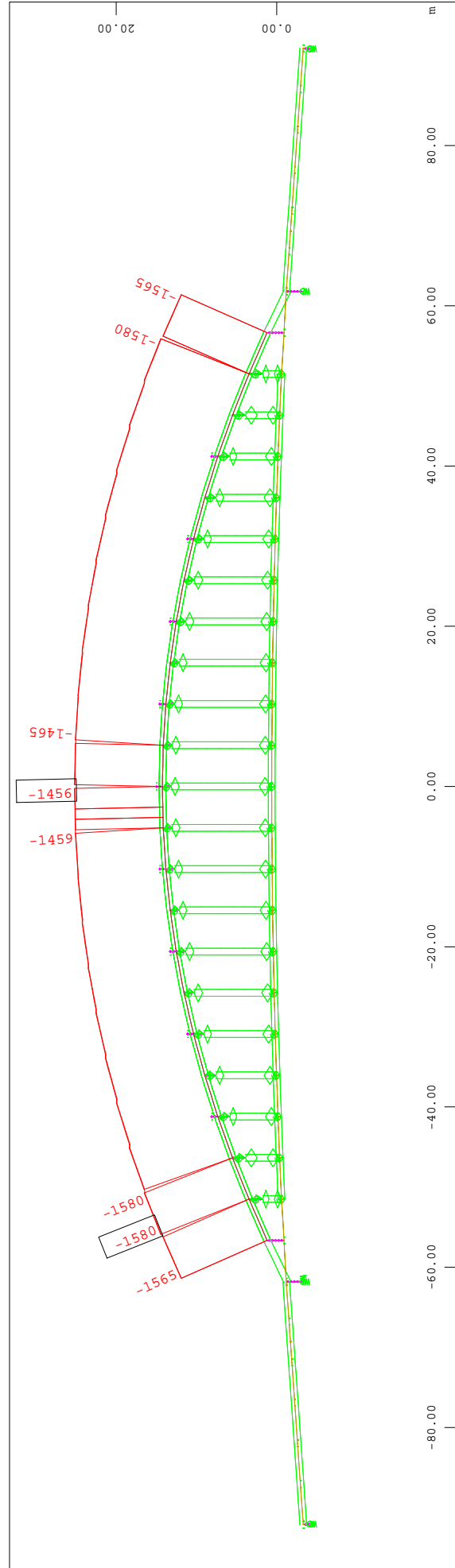
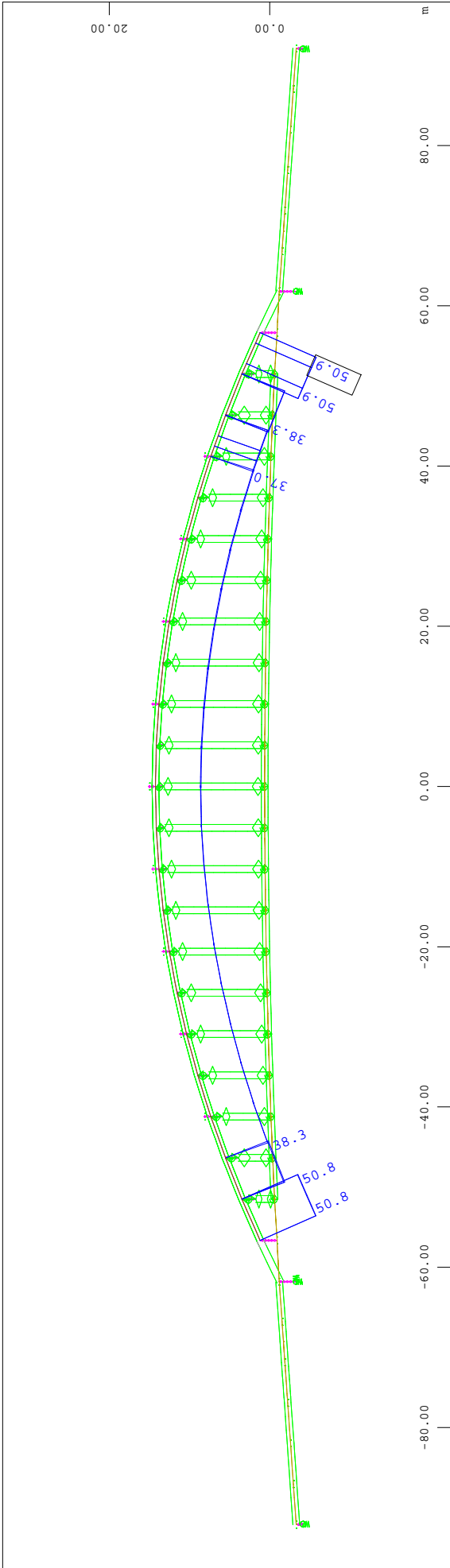


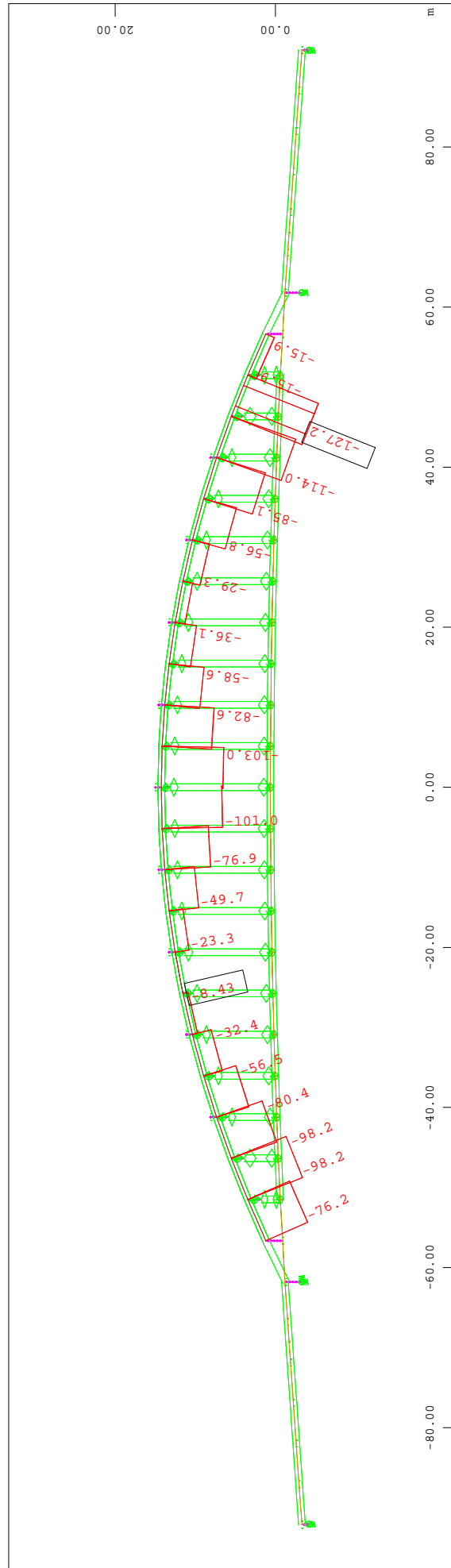
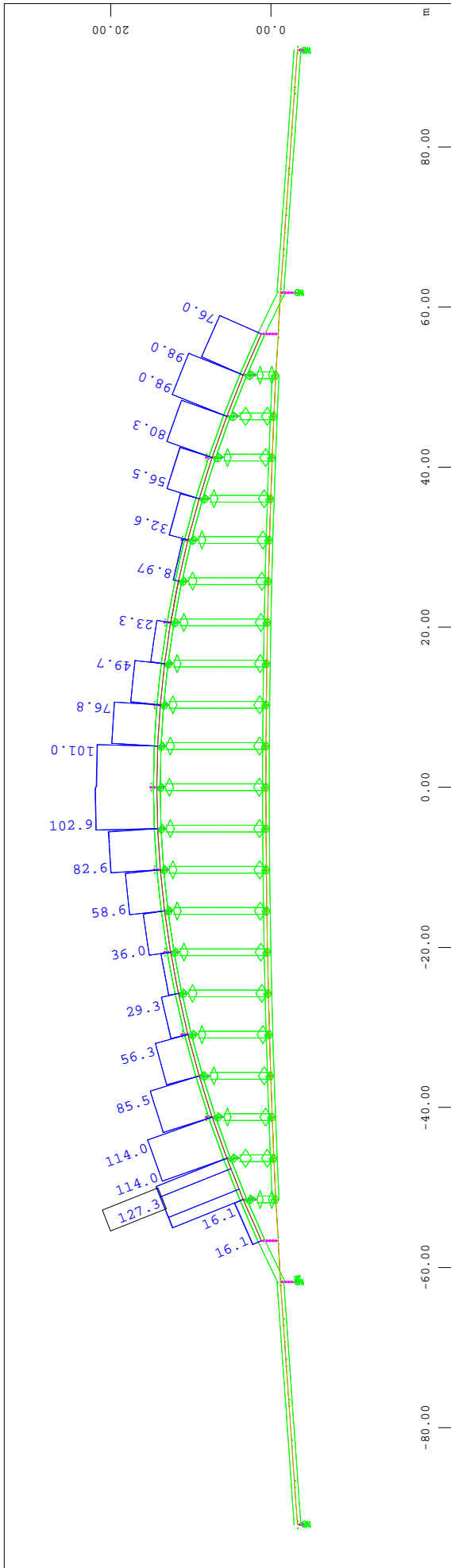


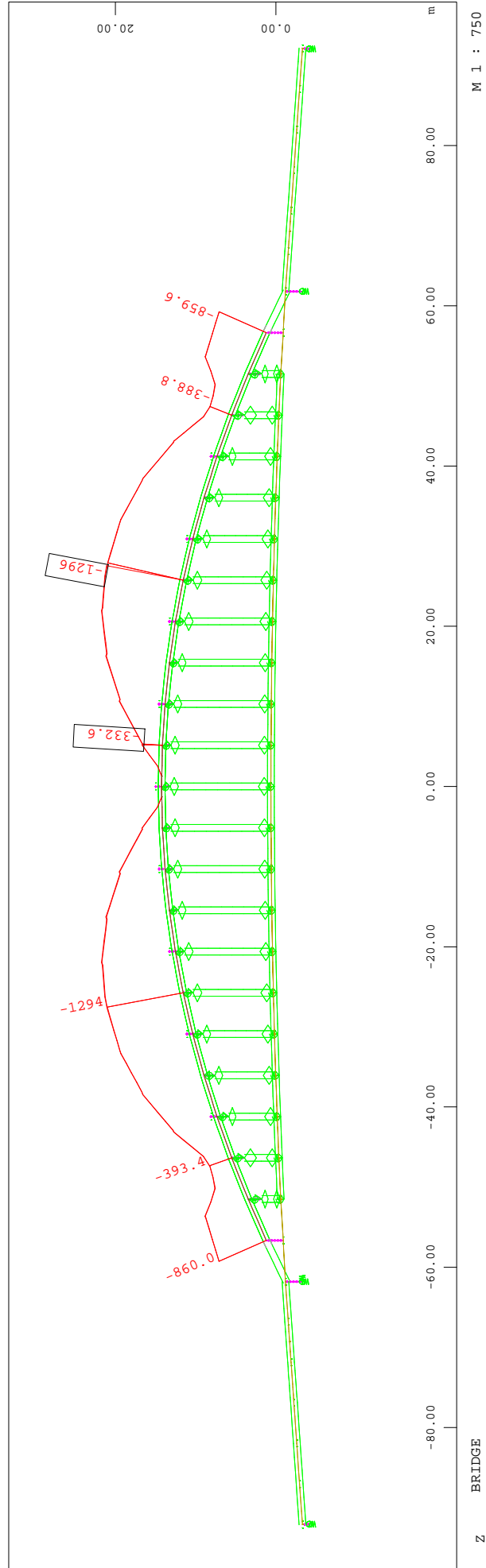
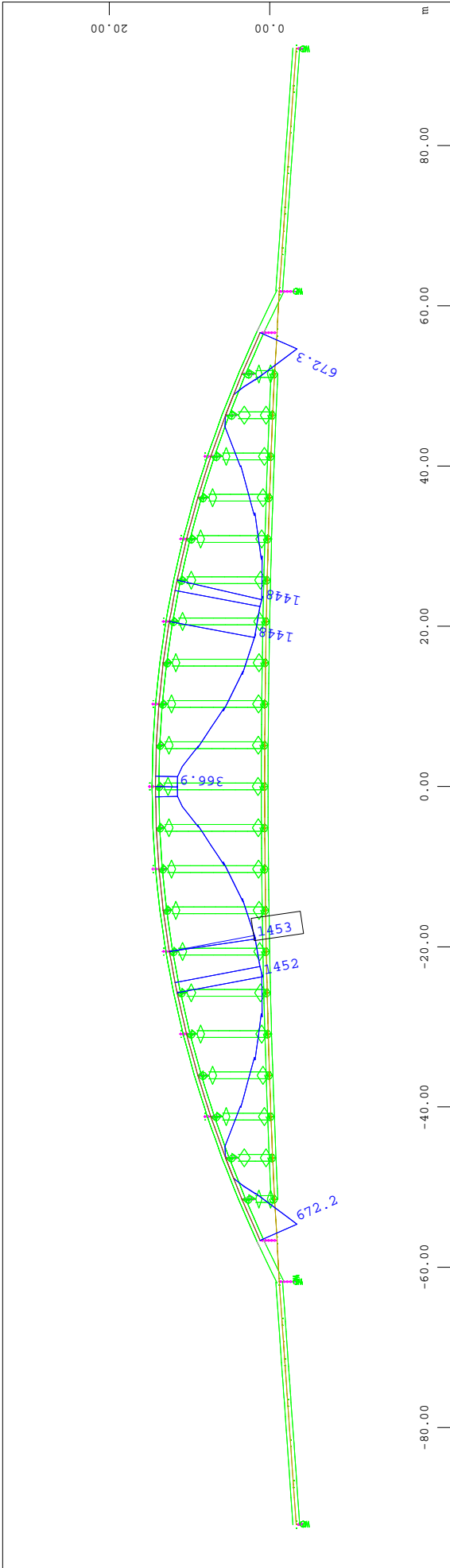


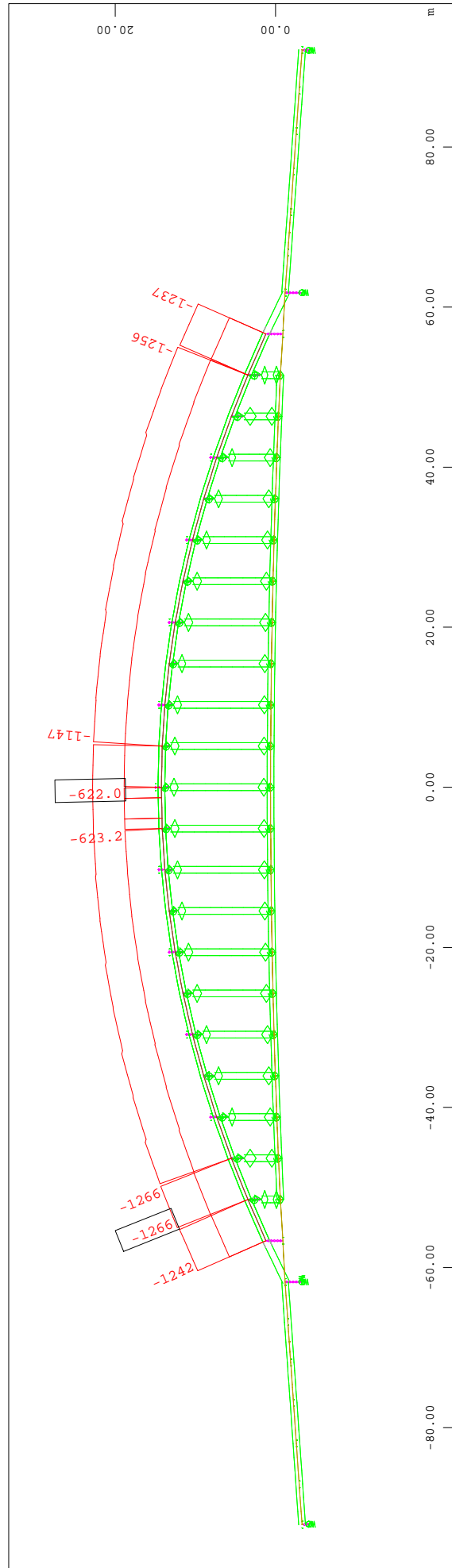
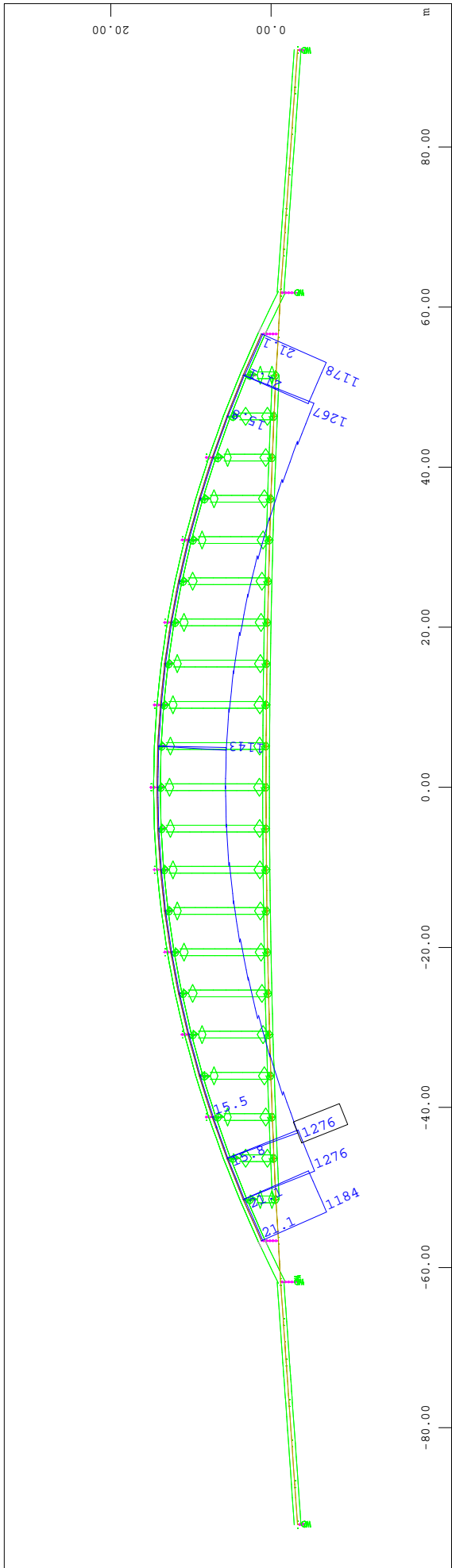


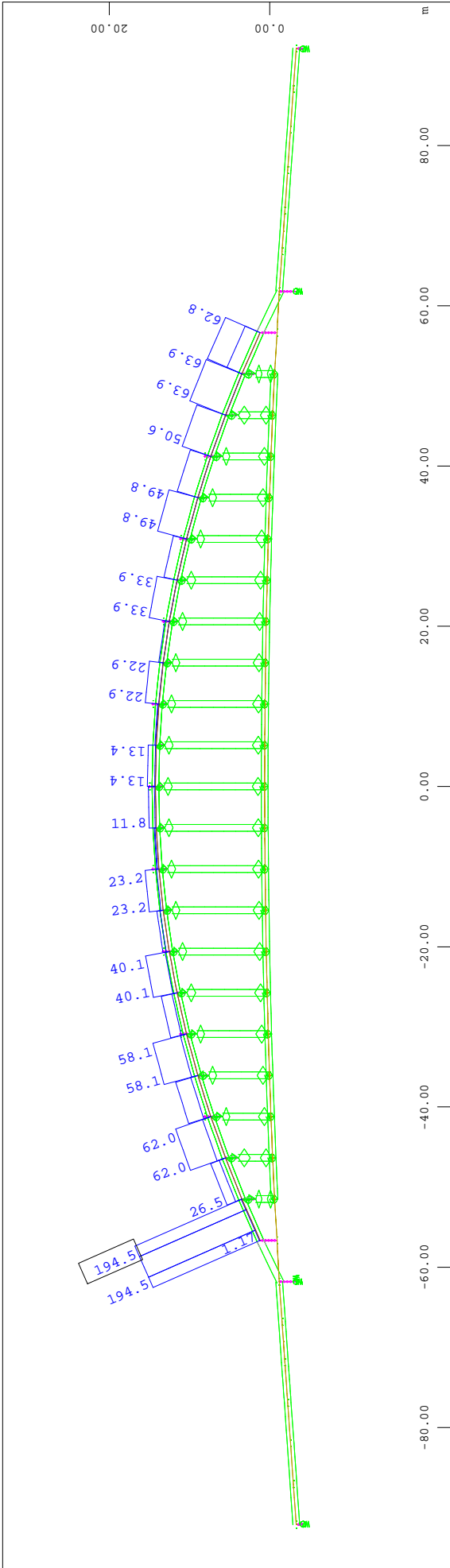








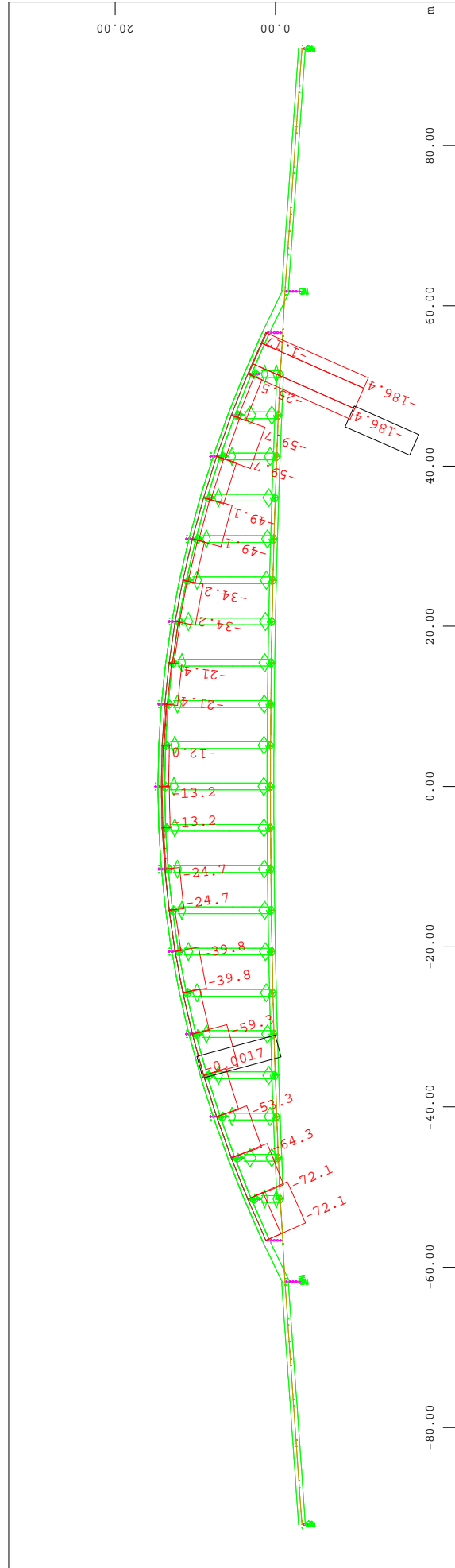




M 1 : 750

BRIDGE Contour
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 20602 MAX-VZ BEAM VITR , 1 cm 3D = 100.0 kN (Max=194.5)

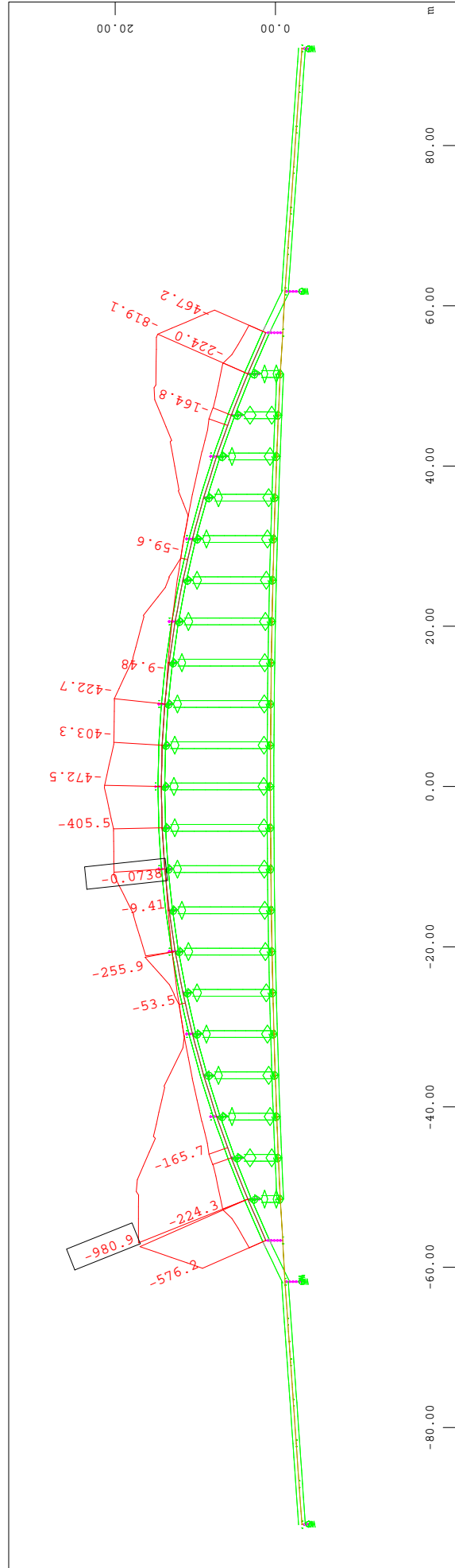
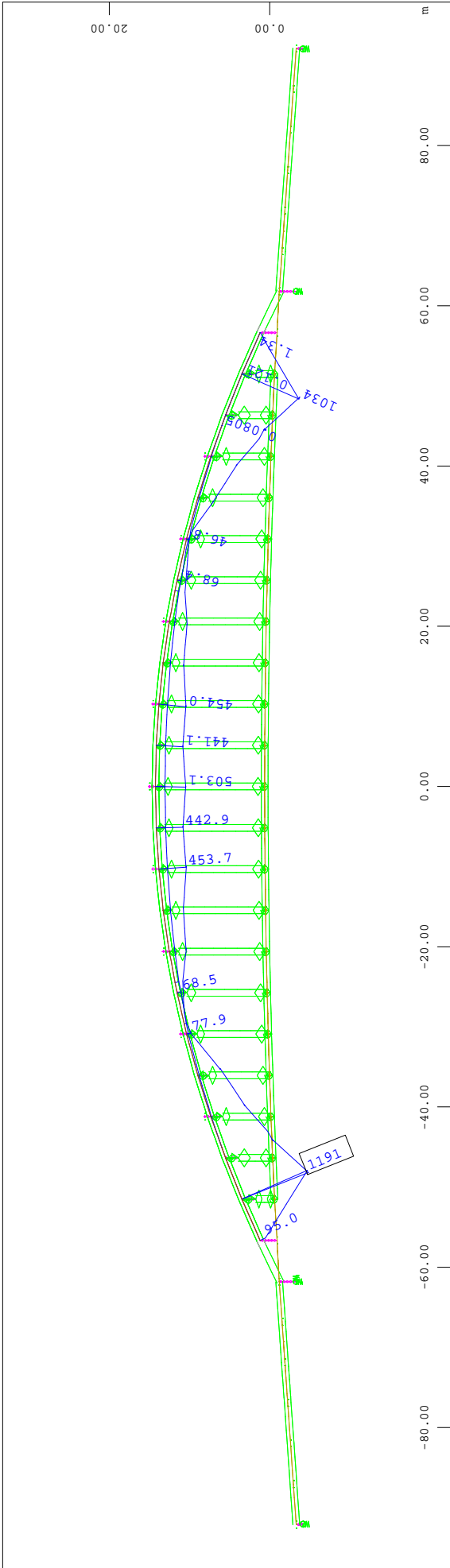
Z
 X-Y



M 1 : 750

BRIDGE Contour
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 20603 MIN-VZ BEAM VITR , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-186.4) (Max=0)

Z
 X-Y



7.3. ULS - Vzpěr oblouku

7.3.1. Vybočení oblouku ve své rovině

Výpočet bude proveden konzervativním způsobem. Podle teoretických vztahů pro vybočení oblouku v jeho rovině byly již v minulosti publikovány tabulky a vztahy. Použitý postup je podrobněji popsán v [22]

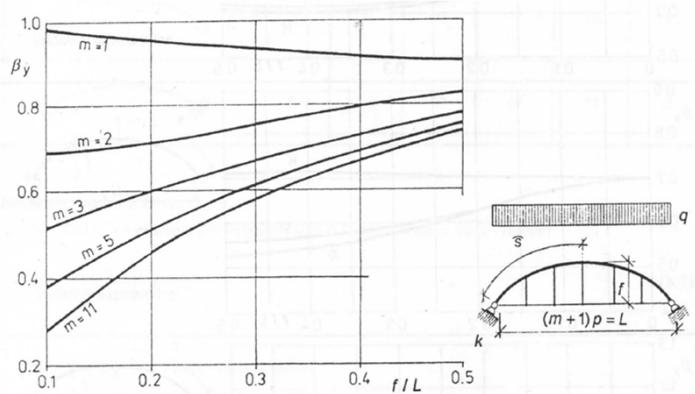
PARAMETRY PRO VÝPOČET

polovina délky oblouku: $s = 78 \text{ m}$ měřeno po oblouku

ohybová tuhost v rovině oblouku:
 $EI_y = 210000 * 0.1733 = 36401 \text{ MNm}^2$

smělost oblouku (poměr vzepětí ku rozpětí konstrukce):

$$f/L = 15.605 / 123.6 = 0.13$$



Obr. 8.15 Součinitel vzpěrné délky β_y pro oblouk s táhlem a závěsy

Obrázek 72 - Součinitel vzpěrné délky pro vybočení v rovině oblouku

pro počet závěsů $m = 21$ je součinitel $\beta_y = 0.4$ (konzervativnější hodnota pro počet $m=11$)

kritická síla pro vybočení oblouku v jeho rovině je dána vztahem:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2}{(\beta_y * s)^2} * EI_y = \frac{9.8696}{0.16 * 6084} * 36401 = 369.07 \text{ MN}$$

maximální normálová síla v oblouku: $N_{Ed} = 52.422 \text{ MN}$

posouzení oblouku:

$$N_{Ed} \leq N_{cr,y}$$

$$52.42 \text{ MN} \leq 369.07 \text{ MN}$$

VYUŽITÍ 14.20 %

VYHOVUJE ✓

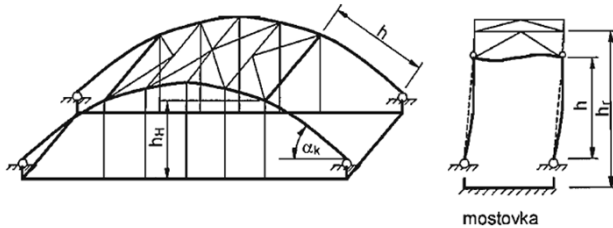
7.3.2. Vybočení oblouku ze své roviny

Výpočet bude proveden konzervativním způsobem dle [10] příloha D. Zde jsou popsány postupy pro stanovení kritických délek.

PARAMETRY PRO VÝPOČET

D.3.4 Vybočení oblouků s podélným ztužením a koncovými portály z roviny

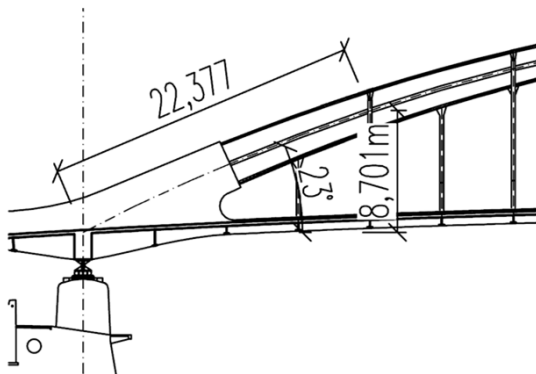
- (1) Vybočení z roviny lze posoudit stabilitním výpočtem koncových portálů podle D.2.2.
- (2) Součinitel vzpěrné délky β lze vzít z tabulky D.1 s použitím označení podle obrázku D.5.



Obrázek D.5 – Vybočení portálů oblouků

- (3) Hodnotu h_r použitou v tabulce lze vzít jako průměr všech délek $h_r \frac{1}{\sin \alpha_k}$ závěsů.

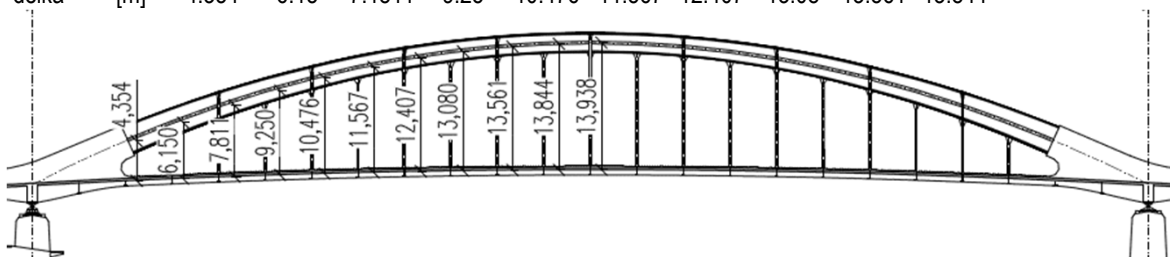
výška k prvnímu portálovému ztužení: $h = 8.701 \text{ m}$
počáteční sklon oblouku: $\alpha_k = 23^\circ$



Obrázek 73 - Rozměry oblouku - portál
střední délka závěsů:

$$h_r = 10.366 \text{ m}$$

závěs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
délka [m]	4.354	6.15	7.1811	9.25	10.476	11.567	12.407	13.08	13.561	13.844	13.938
závěs	21	20	9.25	18	17	16	15	14	13	12	
délka [m]	4.354	6.15	7.1811	9.25	10.476	11.567	12.407	13.08	13.561	13.844	



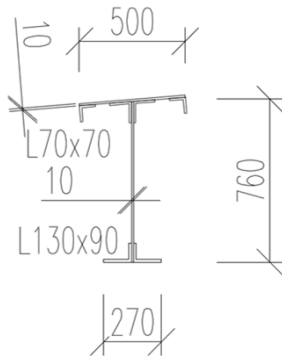
Obrázek 74 - Rozměry oblouku - závěsy

výška h_r :

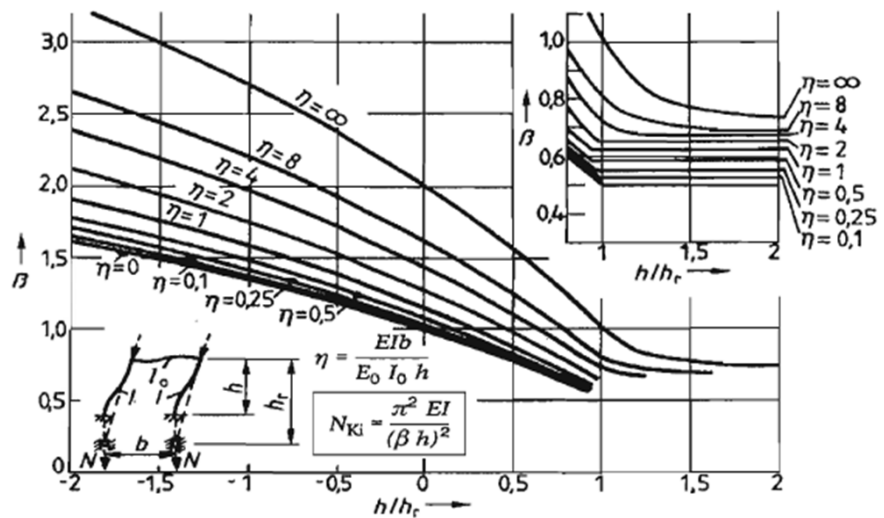
$$h_r = h_H / \sin \alpha_k = 10.366 / 0.3907 = \underline{26.529 \text{ m}}$$

moment setrvačnosti oblouku: $I_o = I_z = 0.0645 \text{ m}^4$

moment setrvačnosti příčle: $I = I_y = 0.0023 \text{ m}^4$



Obrázek 75 - Příčle oblouku



Obrázek 76 - Součinitel vzpěrné délky pro vybočení oblouku z roviny

součinitel η :

$$\eta = \frac{EI \cdot b}{E_o \cdot I_o \cdot h} = \frac{210000 \cdot 0.0023 \cdot 17.6}{210000 \cdot 0.0645 \cdot 8.701} = 0.1$$

poměr h/hr :

$$h/hr = 8.701 / 26.529 = 0.33$$

odečtením z tabulky dostaneme součinitel kritické délky $\beta_z = 0.55$

vzpěrná délka oblouku:

$$L_{cr,z} = \beta_z \cdot h_o = 0.55 \cdot 22.377 = 12.307 \text{ m}$$

kritická síla pro vybočení oblouku v jeho rovině je dána vztahem:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2}{L_{cr,z}^2} \cdot EI_z = \frac{9.8696}{151.47} \cdot 13540 = 882.24 \text{ MN}$$

maximální normálová síla v oblouku:

$$N_{Ed} = 52.422 \text{ MN}$$

posouzení oblouku:

$$N_{Ed} \leq N_{cr,z}$$

$$52 \text{ MN} \leq 882.24 \text{ MN}$$

VYUŽITÍ 5.94 %

VYHOVUJE ✓

7.4. ULS - Smyk

dle [9] kap. 6.2.6.

Posoudí se každý dílčí průřez na účinky smykové síly.. Smyková únosnost se určí dle vztahu:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

posouzení smykové síly na oblouku:

#	$A_{v,z}$	f_y	$\sqrt{3}$	γ_{M0}	$V_{pl,Rd}$	V_{Ed}	%	
	[m ²]	[MPa]	[-]	[-]	[MN]	[MN]		
1	0.260	350	1.73	1.00	52.577	1.820	3%	✓
2	0.252	350	1.73	1.00	50.928	2.679	5%	✓
3	0.244	350	1.73	1.00	49.401	3.018	6%	✓
4	0.224	350	1.73	1.00	45.173	3.006	7%	✓
5	0.217	350	1.73	1.00	43.920	3.006	7%	✓
6	0.212	350	1.73	1.00	42.797	1.94	5%	✓
7	0.207	350	1.73	1.00	41.835	1.613	4%	✓
8	0.193	350	1.73	1.00	38.913	1.405	4%	✓
9	0.189	350	1.73	1.00	38.275	1.344	4%	✓
10	0.187	350	1.73	1.00	37.822	1.263	3%	✓
11	0.186	350	1.73	1.00	37.564	0.997	3%	✓
12	0.185	350	1.73	1.00	37.466	0.951	3%	✓

Tabulka 14 - Posouzení oblouku - Vz

interakce V+M: $\max(\%) \leq 50\%$
 $6.8\% \leq 50\%$

MALÝ SMYK

NENÍ NUTNÉ POSUZOVAT KOMBINACI V+M

7.5. ULS - Ohyb

dle [9] kap. 6.2.5.

Posoudí každý dílčí průřez na účinky normálového napětí od ohybu. Jsou uvažovány pouze elastická napětí. Napětí v průřezu se určí dle vztahu:

$$\sigma_x = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,el,(h,d)}}$$

návrhová hodnota meze kluzu: $\frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{350}{1.000} = 350$ MPa

posouzení normálových napětí na oblouku:

#	M_{Ed}	$w_{y,el}$	Výpočet napětí			Posouzení	
	[MNm]	[m ³]	[MPa]				
1	15.412	0.3158	$\sigma_{x,h} = 48.81$	\leq	350	14%	✓
		0.293	$\sigma_{x,d} = 52.601$			15%	✓
2	23.608	0.291	$\sigma_{x,h} = 81.115$	\leq	350	23%	✓
		0.27	$\sigma_{x,d} = 87.445$			25%	✓
3	18.400	0.2696	$\sigma_{x,h} = 68.245$	\leq	350	19%	✓
		0.2489	$\sigma_{x,d} = 73.914$			21%	✓

4	10.600	0.2408	$\sigma_{x,h} =$	44.023	\leq	350	13%	✓
		0.2062	$\sigma_{x,d} =$	51.407			15%	✓
5	20.500	0.1962	$\sigma_{x,h} =$	104.51	\leq	350	30%	✓
		0.1836	$\sigma_{x,d} =$	111.67			32%	✓
6	28.350	0.1828	$\sigma_{x,h} =$	155.06	\leq	350	44%	✓
		0.1708	$\sigma_{x,d} =$	165.95			47%	✓
7	32.244	0.1967	$\sigma_{x,h} =$	163.89	\leq	350	47%	✓
		0.1669	$\sigma_{x,d} =$	193.19			55%	✓
8	32.436	0.1936	$\sigma_{x,h} =$	167.58	\leq	350	48%	✓
		0.1454	$\sigma_{x,d} =$	223.05			64%	✓
9	34.256	0.1852	$\sigma_{x,h} =$	184.93	\leq	350	53%	✓
		0.1386	$\sigma_{x,d} =$	247.07			71%	✓
10	35.956	0.1794	$\sigma_{x,h} =$	200.43	\leq	350	57%	✓
		0.134	$\sigma_{x,d} =$	268.43			77%	✓
11	38.441	0.1687	$\sigma_{x,h} =$	227.9	\leq	350	65%	✓
		0.1303	$\sigma_{x,d} =$	295.1			84%	✓
12	38.122	0.1675	$\sigma_{x,h} =$	227.64	\leq	350	65%	✓
		0.1293	$\sigma_{x,d} =$	294.78			84%	✓

Tabulka 15 - Posouzení oblouku - M_y

7.6. ULS - Interakce Vzpěr+Ohyb

dle [10] kap. 6.3.3.

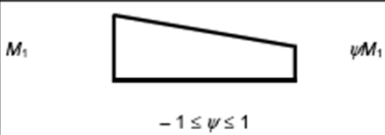
Pro interakci vzpěru s ohybem bude použit zjednodušený vztah:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + \frac{C_{mi,0} (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{M_{y,Rk}} \leq 0,9$$

γ_{M1} γ_{M1}

kde $C_{mi,0}$ je součinitel ekvivalentního momentu dle [9] tab. A.2.

Tabulka A.2 – Součinitele $C_{mi,0}$ ekvivalentního konstantního momentu

Průběh momentu	$C_{mi,0}$
 <p style="text-align: center;">$-1 \leq \psi \leq 1$</p>	$C_{mi,0} = 0,79 + 0,21\psi_1 + 0,36(\psi_1 - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$

posouzení interakce vzpěru a ohybu:

#	M_{Ed}	ψ_i	N_{Ed}	$N_{cr,i}$	$C_{mi,0}$	$w_{y,min}$	f_y/γ_{M1}	$M_{y,Rk}/\gamma_M$	N+M		
	[MNm]	[-]	[MN]	[MN]	[-]	[m ³]	[MPa]	[MNm]	[-]	[-]	[-]
1	15.412	0	52.981	369.07	-	0.293	350	102.55	-	-	-
2	23.608	0.6528	52.489	369.07	0.9436	0.27	350	94.491	0.2	0.9	✓
3	18.400	1.283	51.997	369.07	1.1078	0.2489	350	87.128	0.2	0.9	✓
4	10.600	1.7358	51.505	369.07	1.2252	0.2062	350	72.169	0.2	0.9	✓
5	20.500	0.5171	51.013	369.07	0.9079	0.1836	350	64.254	0.3	0.9	✓
6	28.350	0.7231	50.521	369.07	0.9612	0.1708	350	59.791	0.4	0.9	✓
7	32.244	0.8792	50.029	369.07	1.0014	0.1669	350	58.416	0.5	0.9	✓
8	32.436	0.9941	49.537	369.07	1.0308	0.1454	350	50.897	0.6	0.9	✓

9	34.256	0.9469	49.253	369.07	1.0185	0.1386	350	48.526	0.7	0.9	✓
10	35.956	0.9527	48.969	369.07	1.0198	0.134	350	46.883	0.8	0.9	✓
11	38.441	0.9354	48.685	369.07	1.0152	0.1303	350	45.592	0.8	0.9	✓
12	38.122	1.0084	48.4	369.07	1.0338	0.1293	350	45.263	0.9	0.9	✓

Tabulka 16 - Posouzení oblouku - N+My

7.7. SLS - Normálová napětí v oblouku

Tento výpočet slouží k ověření že v provozních stavech nedochází k překročení meze kluzu.

#	N	A	M _y	w _y	Výpočet napětí				Posouzení	
	[MN]	[m ²]	[MNm]	[m ³]	[MPa]					
1	-38.46	0.337	6.759	0.3158	$\sigma_{x,h} =$	-92.801	≤	350	27%	✓
				0.293	$\sigma_{x,d} =$	-91.139			26%	✓
2	-38.07	0.3286	10.409	0.291	$\sigma_{x,h} =$	-80.092	≤	350	23%	✓
				0.27	$\sigma_{x,d} =$	-77.301			22%	✓
3	-37.68	0.321	14.059	0.2696	$\sigma_{x,h} =$	-65.226	≤	350	19%	✓
				0.2489	$\sigma_{x,d} =$	-60.893			17%	✓
4	-37.29	0.3	17.709	0.2408	$\sigma_{x,h} =$	-50.748	≤	350	14%	✓
				0.2062	$\sigma_{x,d} =$	-38.412			11%	✓
5	-36.9	0.2789	21.359	0.1962	$\sigma_{x,h} =$	-23.41	≤	350	7%	✓
				0.1836	$\sigma_{x,d} =$	-15.953			5%	✓
6	-36.51	0.2734	25.007	0.1828	$\sigma_{x,h} =$	3.2168	≤	350	1%	✓
				0.1708	$\sigma_{x,d} =$	12.823			4%	✓
7	-36.12	0.2836	25.41	0.1967	$\sigma_{x,h} =$	1.8	≤	350	1%	✓
				0.1669	$\sigma_{x,d} =$	24.891			7%	✓
8	-36.01	0.2775	25.812	0.1936	$\sigma_{x,h} =$	3.6052	≤	350	1%	✓
				0.1454	$\sigma_{x,d} =$	47.75			14%	✓
9	-35.9	0.2744	26.215	0.1852	$\sigma_{x,h} =$	10.661	≤	350	3%	✓
				0.1386	$\sigma_{x,d} =$	58.218			17%	✓
10	-35.8	0.2721	26.617	0.1794	$\sigma_{x,h} =$	16.825	≤	350	5%	✓
				0.134	$\sigma_{x,d} =$	67.162			19%	✓
11	-35.69	0.2661	27.02	0.1687	$\sigma_{x,h} =$	26.038	≤	350	7%	✓
				0.1303	$\sigma_{x,d} =$	73.27			21%	✓
12	-35.59	0.2658	27.422	0.1675	$\sigma_{x,h} =$	29.838	≤	350	9%	✓
				0.1293	$\sigma_{x,d} =$	78.139			22%	✓

Tabulka 17 - Posouzení oblouku - Normálová napětí

8. POSOUZENÍ MOSTOVKY

8.1. Stanovení krytí pro betonářskou výztuž

8.1.1. Minimální krycí vrstva betonu dle požadavků ČSN EN 1992

dle [7] kap. 4.4.1.2.

VSTUPNÍ ÚDAJE

průměr prutu	$c_{min,b} =$	16 mm
přídavná bezpečnostní složka	$\Delta c_{dur,\gamma} =$	0 mm
redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli	$\Delta c_{dur,st} =$	0 mm
redukce minimální krycí vrstvy při použití přídavné ochrany	$\Delta c_{dur,add} =$	0 mm
přídavek pro návrhovou odchylku	$\Delta c_{dev} =$	10 mm

MINIMÁLNÍ KRYCÍ VRSTVA

třída konstrukce:	<i>návrhová životnost 100 let</i>	S5
dle [7] kap. 4.4.1.2., tab 4.3N	<i>pevnostní třída C45/55</i>	
minimální krycí vrstva požadovaná pro betonářskou výztuž:		
dle [7] kap. 4.4.1.2., tab 4.4N	<i>mostovka - chráněné části prostředí XC4</i>	$c_{min,dur} =$ 35 mm
	<i>mostovka - nechráněné části prostředí XD1</i>	$c_{min,dur} =$ 40 mm

VÝPOČET KRYCÍ VRSTVY

minimální krycí vrstva - mostovka - chráněné části:

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \} = \max(16 \mid 35 \mid 10) = \underline{\underline{35 \text{ mm}}}$$

minimální krycí vrstva - mostovka - nechráněné části:

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \} = \max(16 \mid 40 \mid 10) = \underline{\underline{40 \text{ mm}}}$$

8.1.2 Minimální krycí vrstva betonu dle požadavků TKP 18

dle [14] tab.18-2

<u>minimální krycí vrstva:</u>	<i>mostovka - chráněné nosné konstrukce řádek 13</i>	$c_{min} =$ 40 mm
	<i>mostovka - nechráněné nosné konstrukce řádek 14</i>	$c_{min} =$ 45 mm

8.1.3. Nominální krycí vrstva betonu

nominální krycí vrstva - mostovka - chráněné části:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 10 = \underline{\underline{50 \text{ mm}}} \text{ odpovídá } c_{min} = 40 \text{ mm}$$

nominální krycí vrstva - mostovka - nechráněné části:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = \underline{\underline{55 \text{ mm}}} \text{ odpovídá } c_{min} = 45 \text{ mm}$$

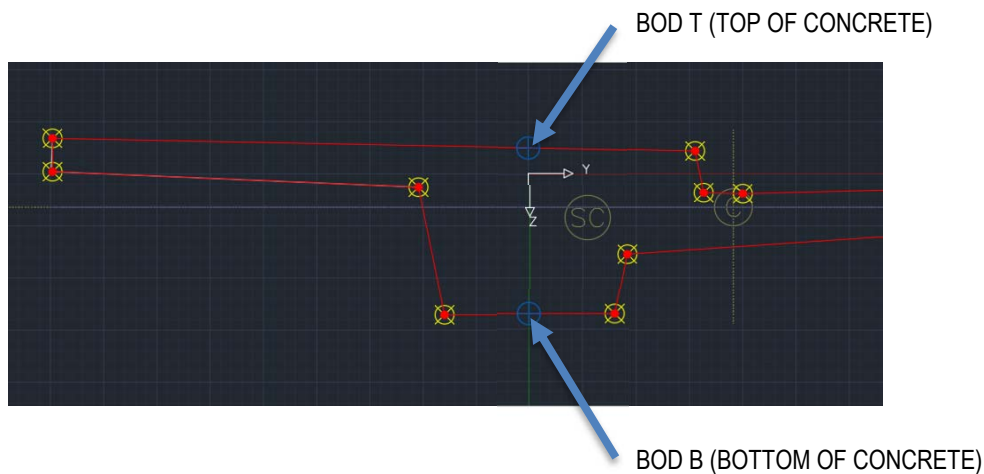
8.2. Posouzení mostovky

Posouzení mostovky se bude věnovat pouze části ve středním poli. Budou se řešit napětí v mostovce v časech uvedení do provozu a na konci životnosti. Vzhledem k tomu že se jedná pouze o statické ověření táhla, bude přistoupeno ke zjednodušujícím podmínkám pro posouzení. Tlaková napětí v MSP (SLS) se omezí dle [7], kap.7.2. Tahová napětí pro běžný provoz (kvazistálá a častá kombinace) nebudou dovolena. Pro charakteristickou kombinaci zatížení budou tahová napětí omezena průměrnou tahovou pevností betonu. Tato omezení zajistí dlouhodobou životnost a provozuschopnost konstrukce.

8.2.1. Vykreslení napětí

výstupy z programu [C] z přídatného modulu *WinGraf* pro zobrazení výsledků.

Napětí jsou zobrazena pro body T a B, která jsou zadány do průřezu s programem *SOFiPLUS*. Umístění bodů je zobrazeno níže.



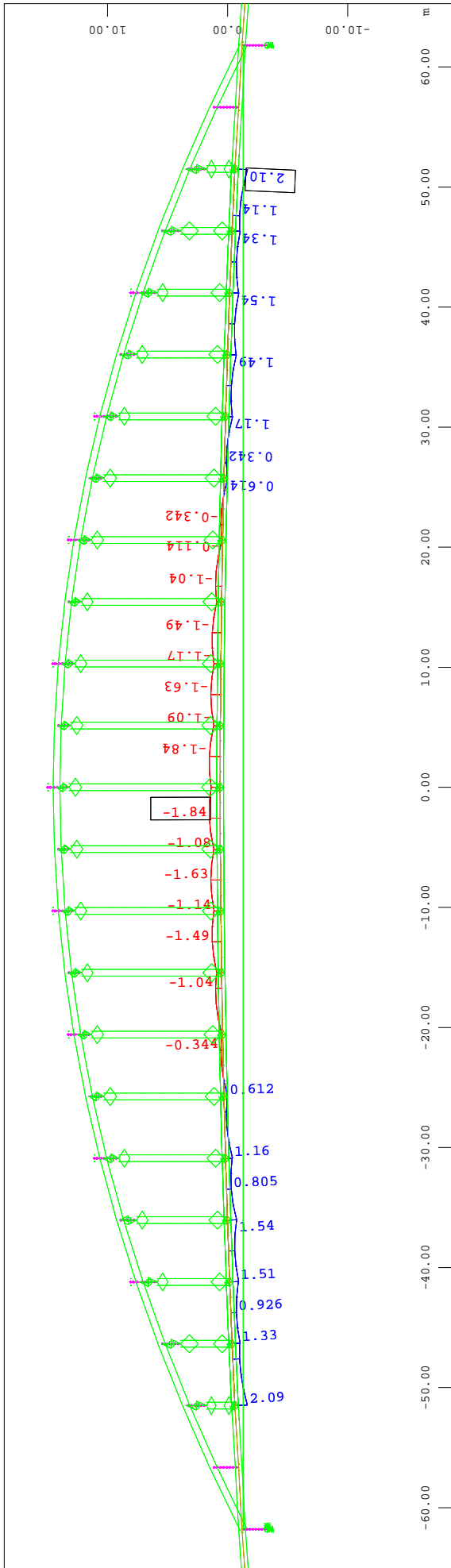
Obrázek 77 - Umístění STRESS POINT na průřezu

SEZNAM ZOBRAZOVANÝCH KOMBINACÍ NAPĚTÍ

NÁZEV:				VYSVĚTLENÍ:		
CASE	60000	SLS	EOC QUASI	MSP	ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU	KVAZISTÁLÁ KOMBINACE
CASE	60100	SLS	EOC FREQ	MSP	ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU	ČASTÁ KOMBINACE
CASE	60200	SLS	EOC CHAR	MSP	ČAS UVEDENÍ DO PROVOZU	CHAR. KOMBINACE
CASE	70000	SLS	EOL QUASI	MSP	ČAS KONEC ŽIVOTNOSTI	KVAZISTÁLÁ KOMBINACE
CASE	70100	SLS	EOL FREQ	MSP	ČAS KONEC ŽIVOTNOSTI	ČASTÁ KOMBINACE
CASE	70200	SLS	EOL CHAR	MSP	ČAS KONEC ŽIVOTNOSTI	CHAR. KOMBINACE

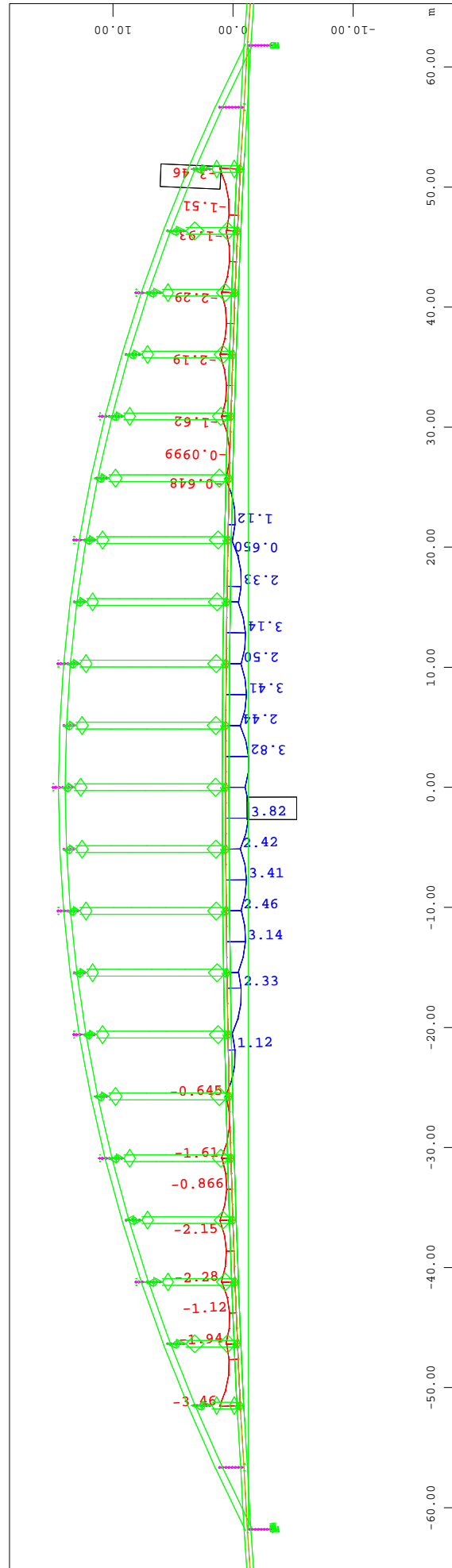
SEZNAM ZOBRAZOVANÝCH NAPĚTÍ

NÁZEV:			VYSVĚTLENÍ:
CASE	50000	SUM VLASTNI TIHA	VLASTNÍ TÍHA
CASE	50001	SUM OSTATNÍ STÁLE	OSTATNÍ STÁLÉ
CASE	50002	SUM PREDPETI	PŘEDPĚTÍ
CASE	50003	SUM C+S EOC	SMRŠŤOVÁNÍ+DOTVAROVÁNÍ - EOC
CASE	50004	SUM C+S EOL	SMRŠŤOVÁNÍ+DOTVAROVÁNÍ - EOL
CASE	50005	SUM LM1-Q	LM1-TS
CASE	50006	SUM LM1-U	LM1-UDL
CASE	50007	SUM VITR	VÍTR
CASE	50008	SUM CHODCI	CHODCI



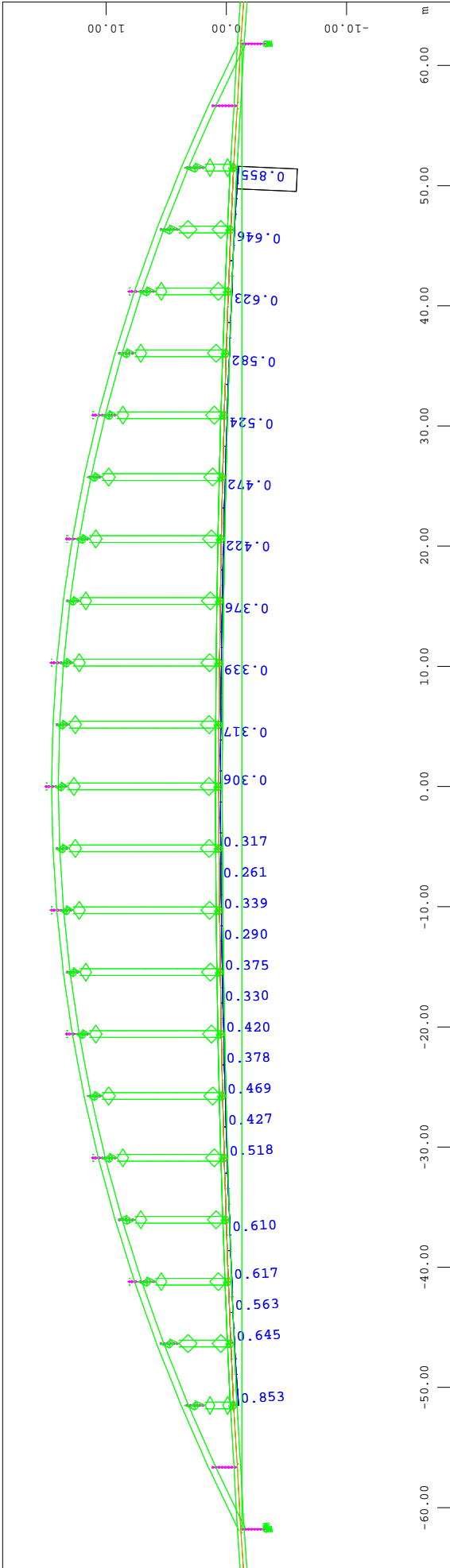
M 1 : 500

Z
 X-Y
 BRIDGE DECK
 M 1 : 500
 Beam Elements , Maximum compression stress, Design Case 50000 SUM VLASTNI TIHA, Point T , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-1.84) (Max=2.10)
 Beam Elements , Maximum tensile stress, Design Case 50000 SUM VLASTNI TIHA, Point T , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-1.84) (Max=2.10)



M 1 : 500

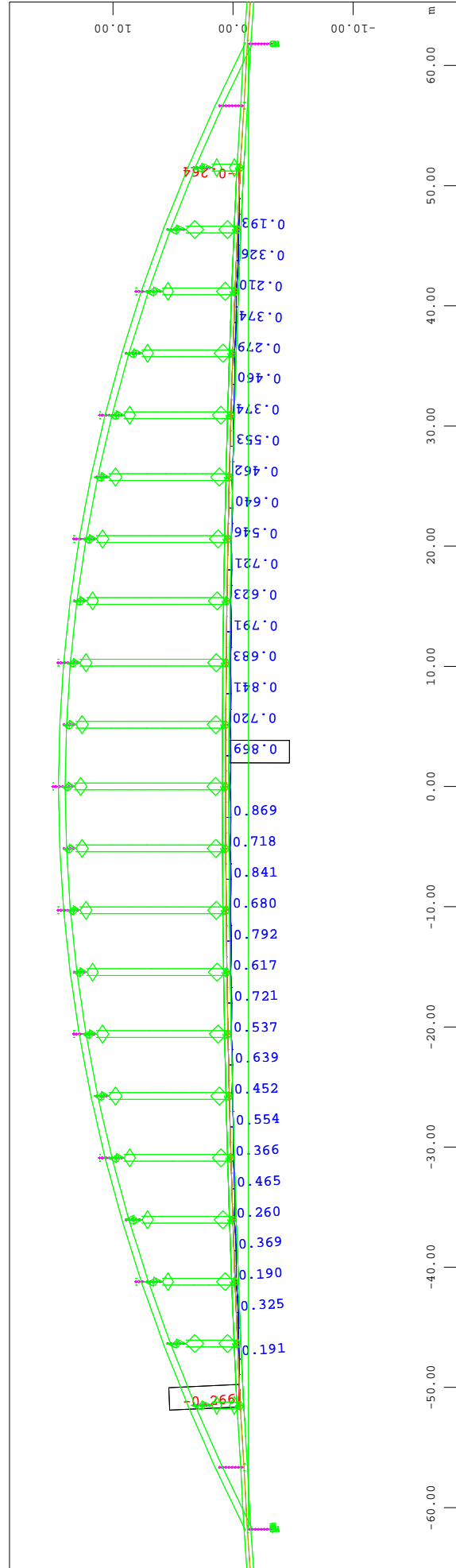
Z
 X-Y
 BRIDGE DECK
 M 1 : 500
 Beam Elements , Maximum compression stress, Design Case 50000 SUM VLASTNI TIHA, Point B , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-3.46) (Max=3.82)
 Beam Elements , Maximum tensile stress, Design Case 50000 SUM VLASTNI TIHA, Point B , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-3.46) (Max=3.82)



M 1 : 500

Z
x—y

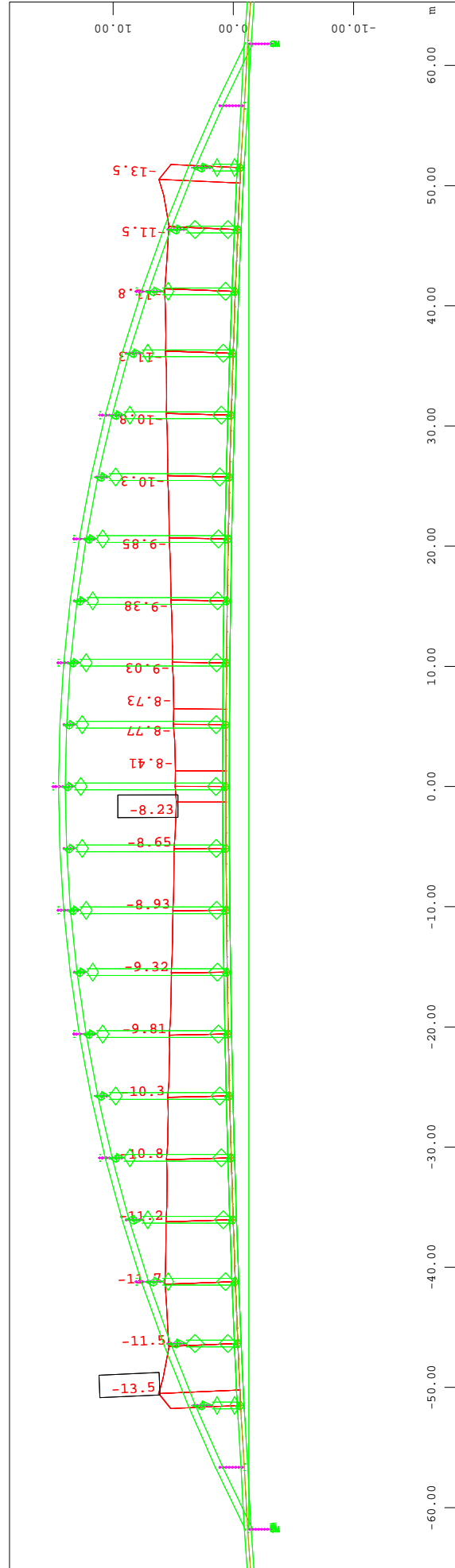
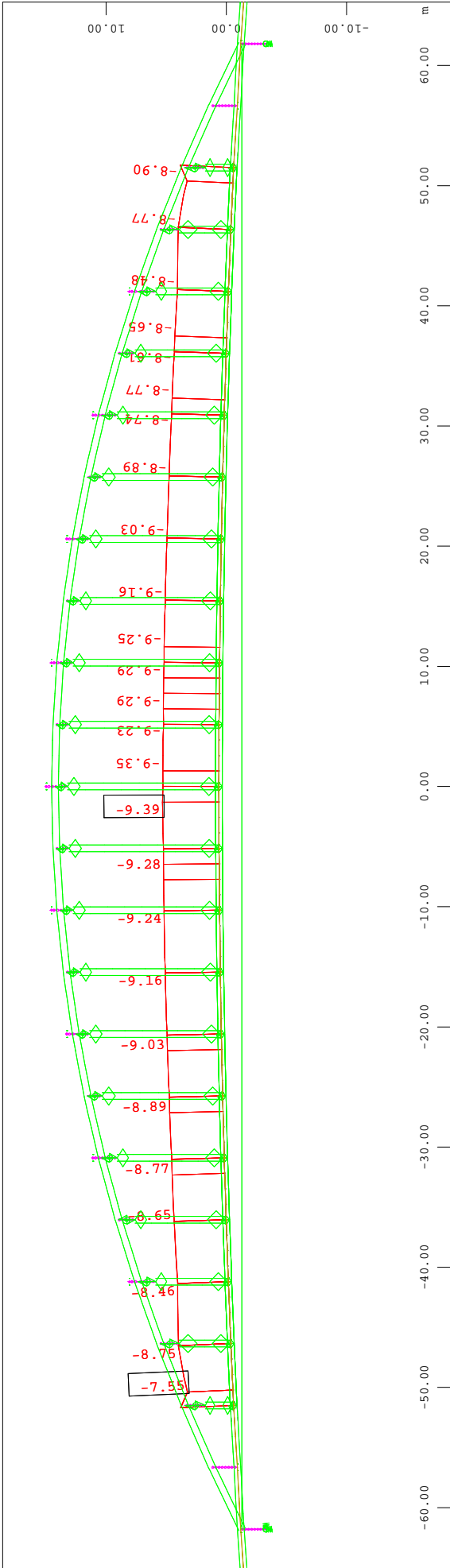
BRIDGE DECK
Beam Elements , Maximum compression stress, Design Case 50001 SUM OSTATNI STALE, Point T , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Max=0.855)
Beam Elements , Maximum tensile stress, Design Case 50001 SUM OSTATNI STALE, Point T , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Max=0.855)

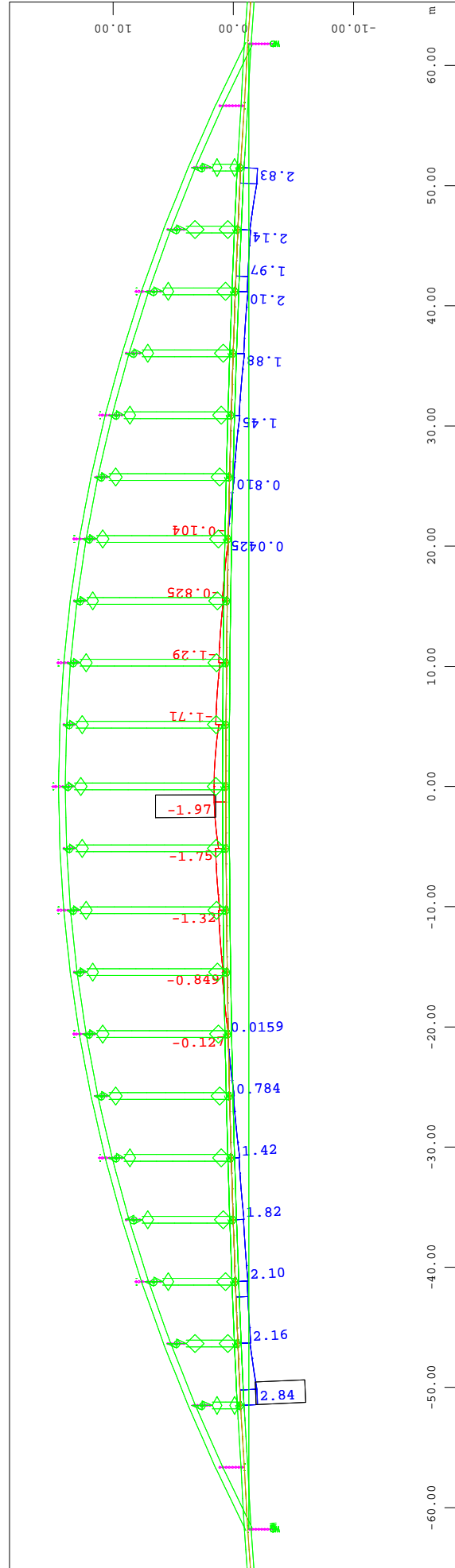
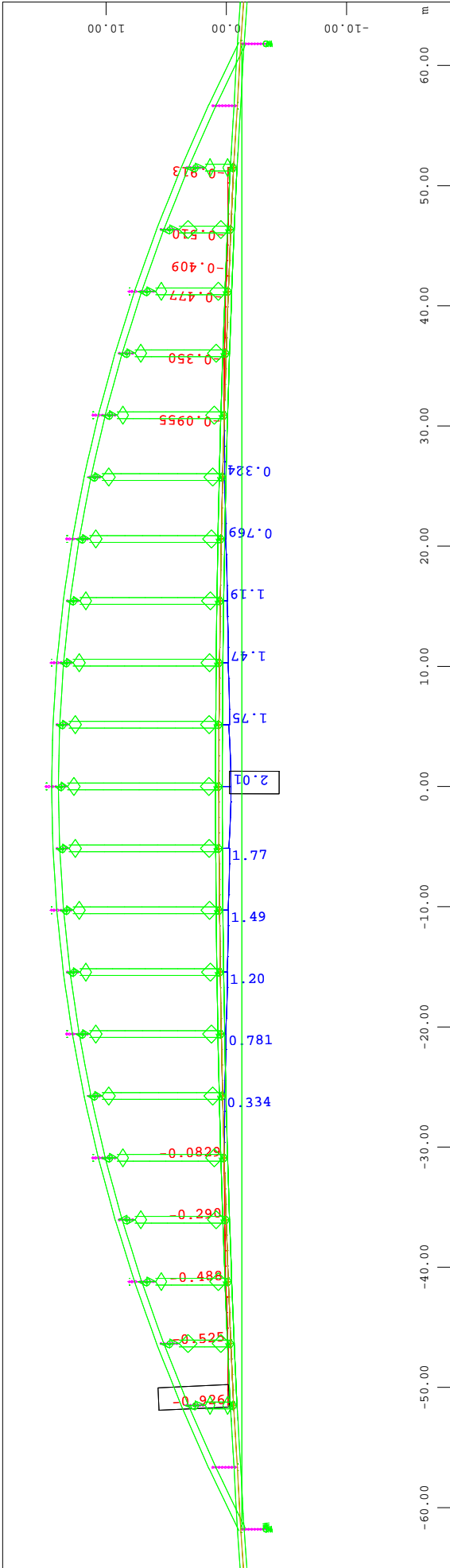


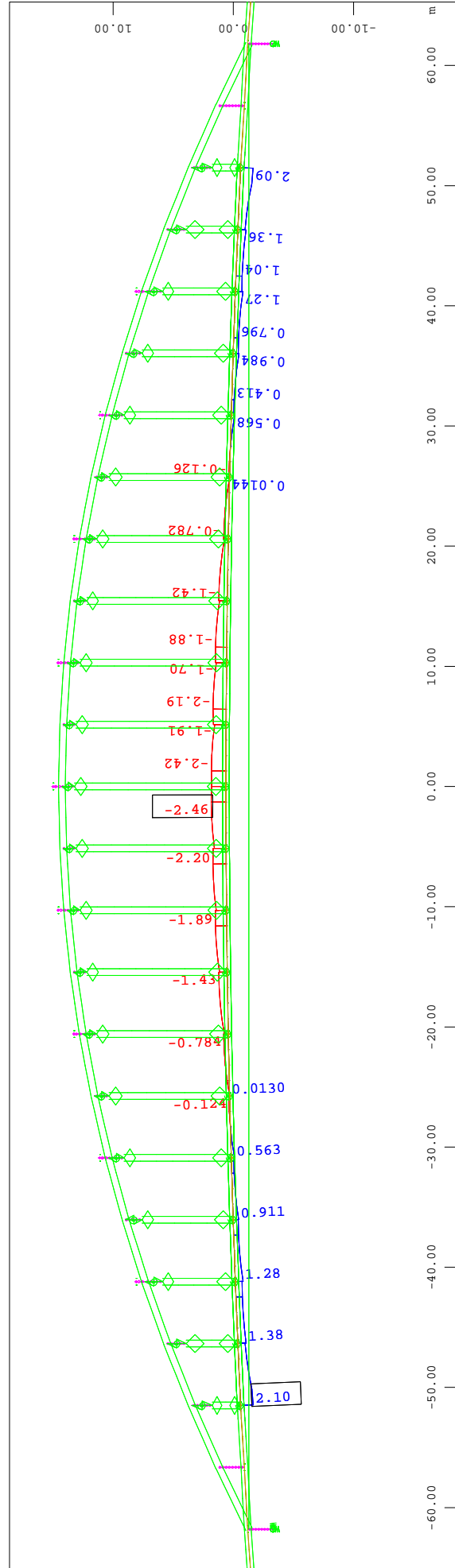
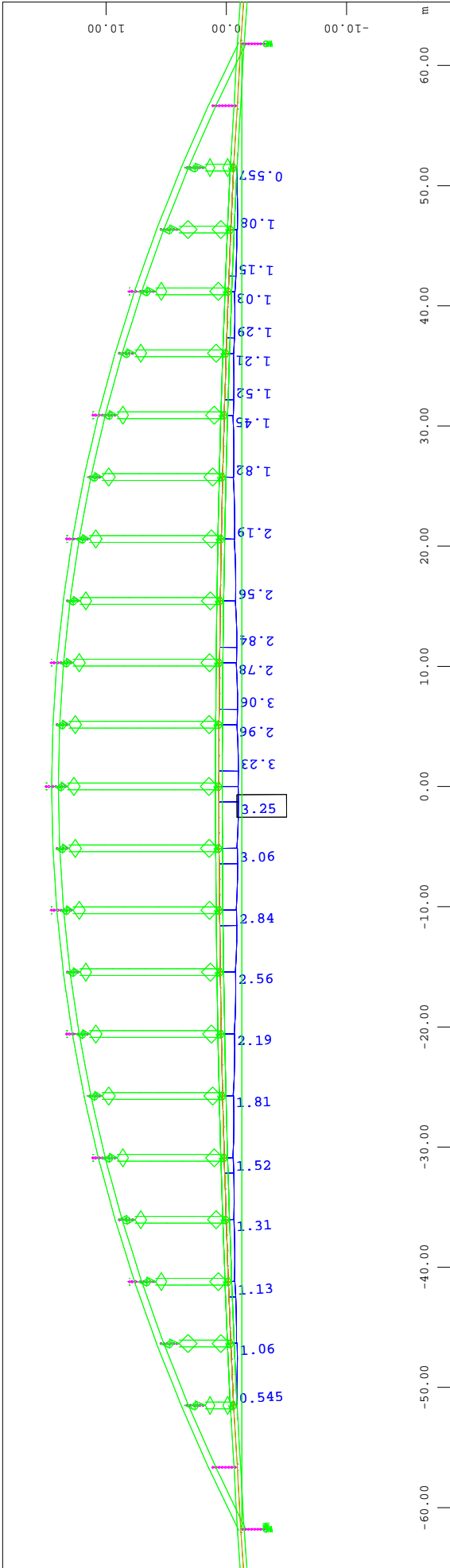
M 1 : 500

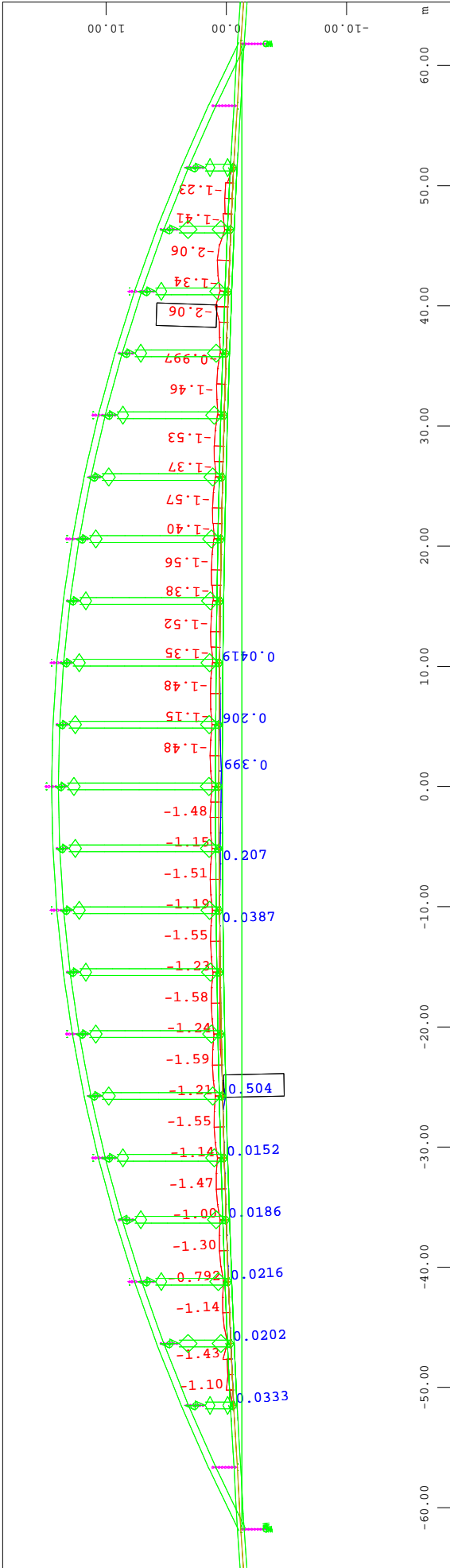
Z
x—y

BRIDGE DECK
Beam Elements , Maximum compression stress, Design Case 50001 SUM OSTATNI STALE, Point B , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-0.266) (Max=0.869)
Beam Elements , Maximum tensile stress, Design Case 50001 SUM OSTATNI STALE, Point B , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-0.266) (Max=0.869)









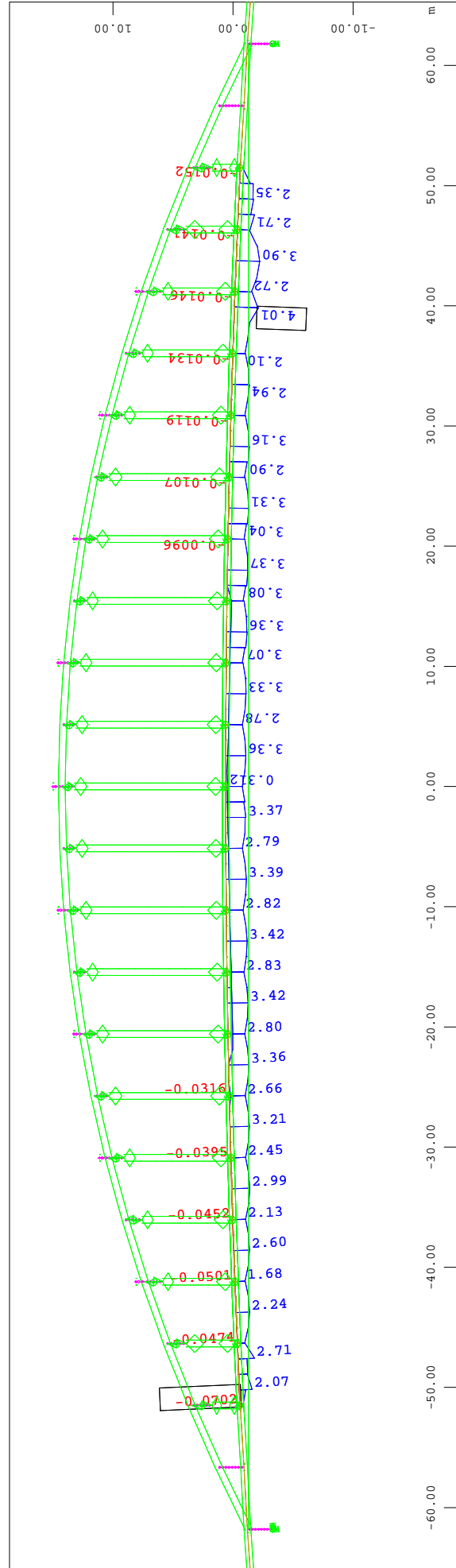
M 1 : 500

Z
x-y

BRIDGE DECK

Beam Elements , Maximum compression stress, Design Case 50005 SUM LML-Q, Point T , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-2.06) (Max=0.504)

Beam Elements , Maximum tensile stress, Design Case 50005 SUM LML-Q, Point T , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-2.06) (Max=0.504)



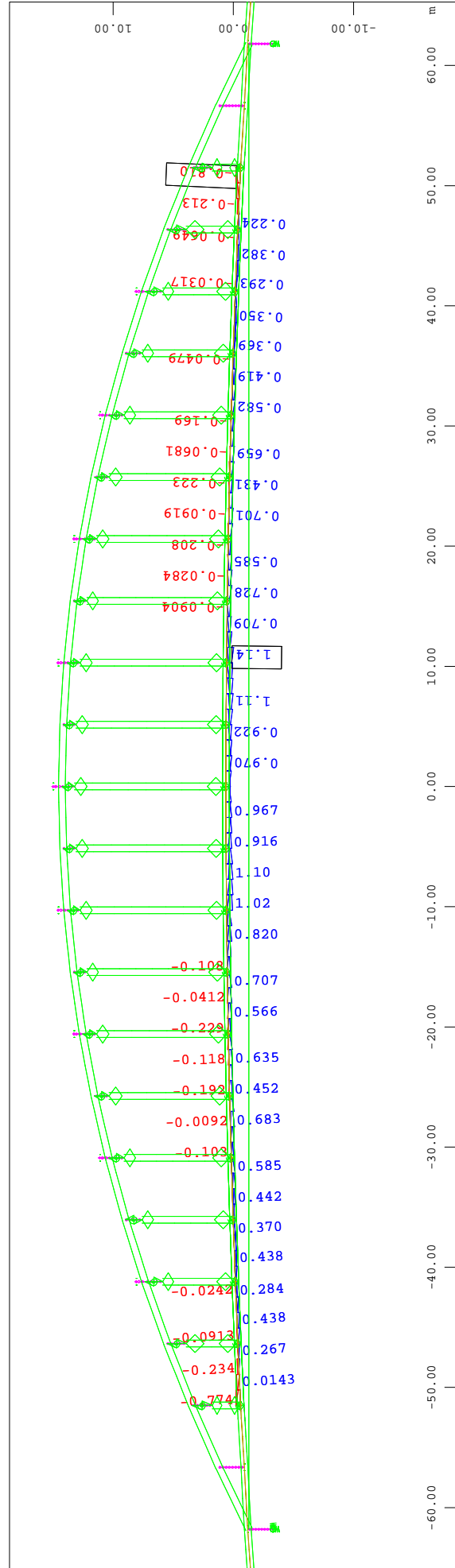
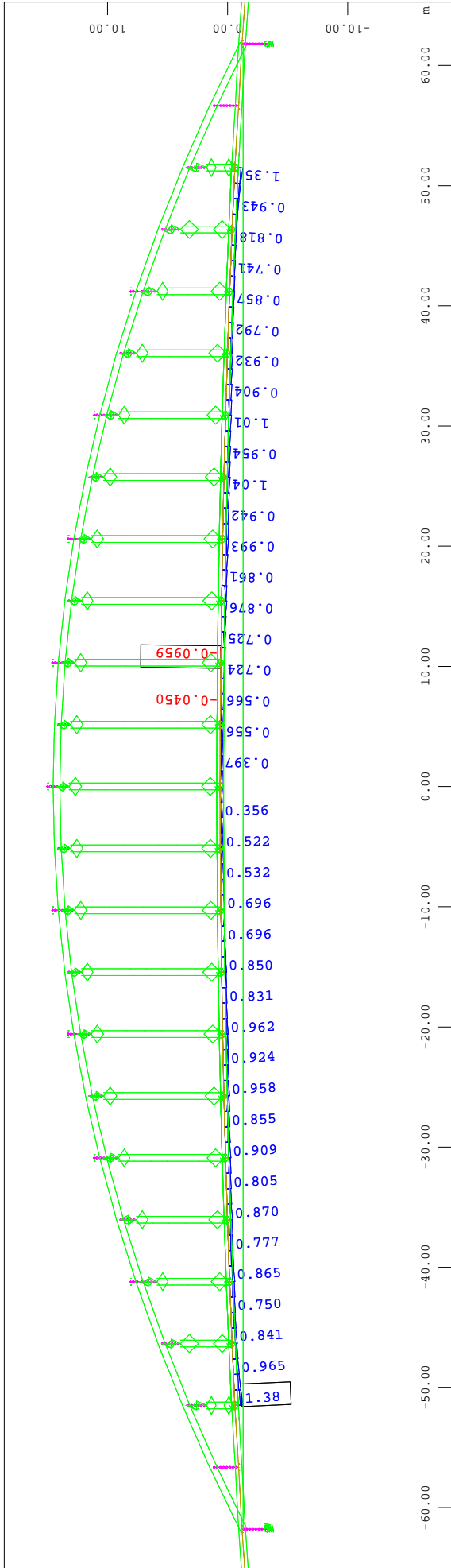
M 1 : 500

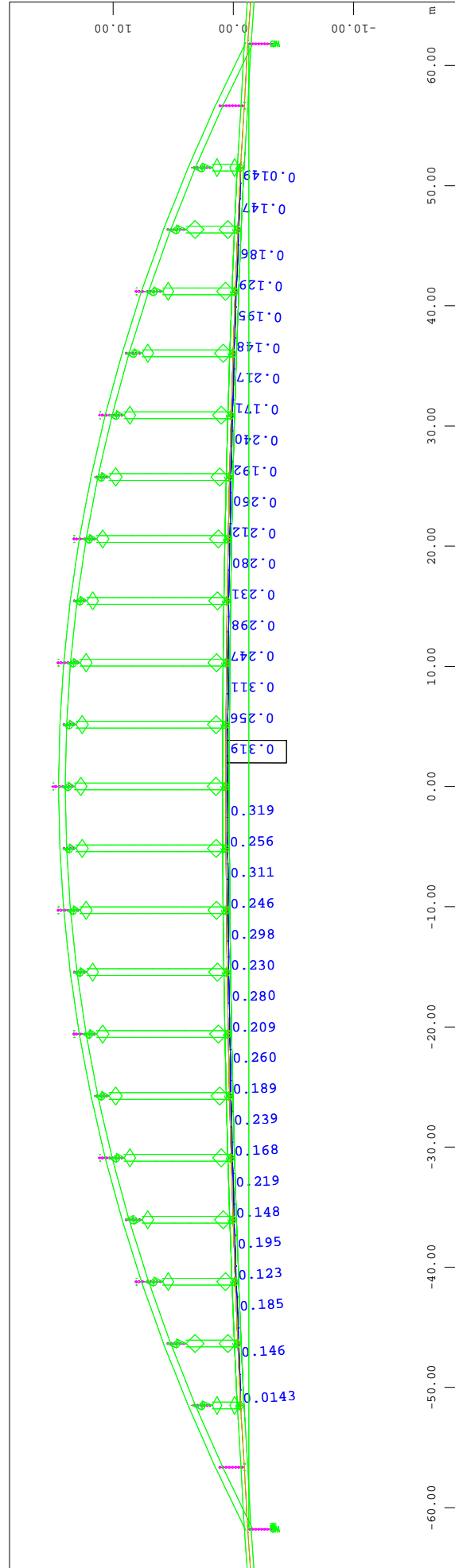
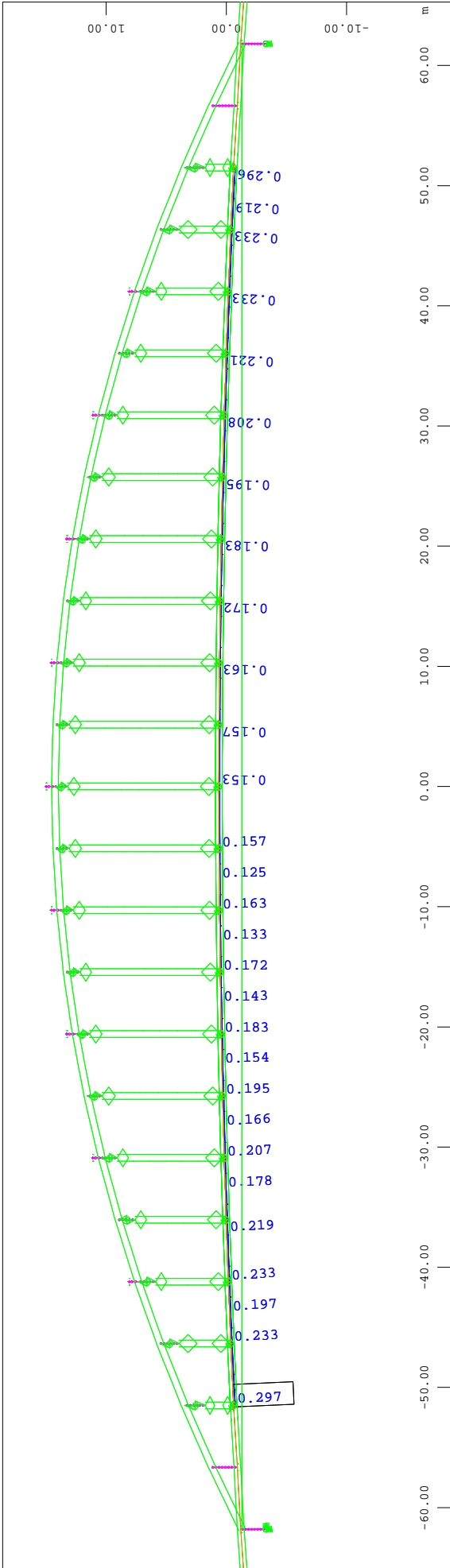
Z
x-y

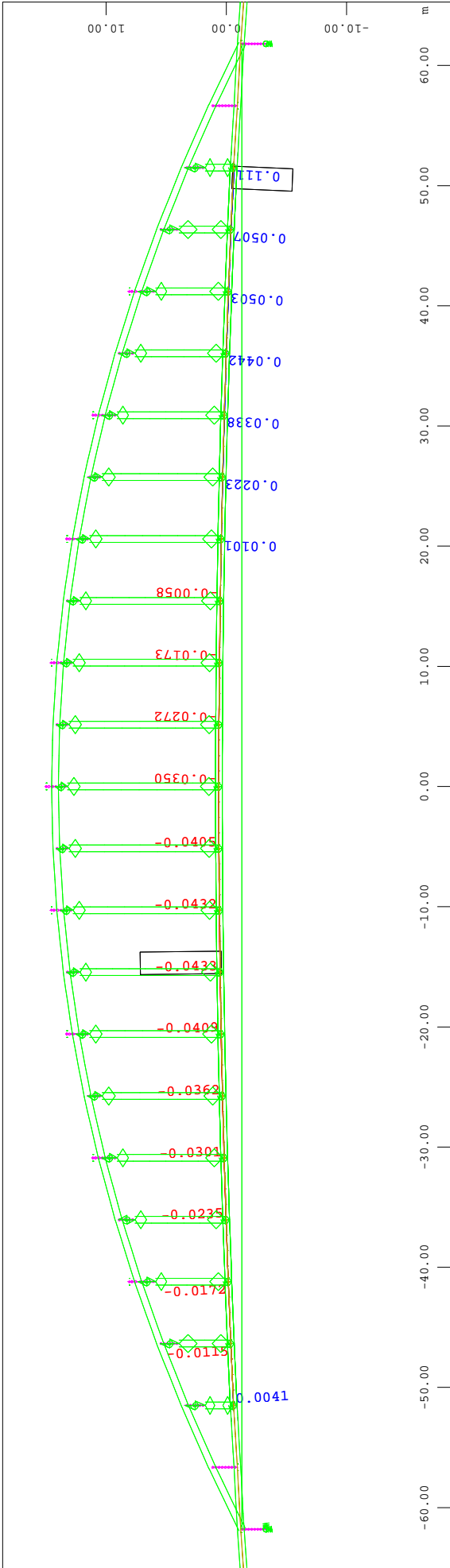
BRIDGE DECK

Beam Elements , Maximum compression stress, Design Case 50005 SUM LML-Q, Point B , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-0.0702) (Max=4.01)

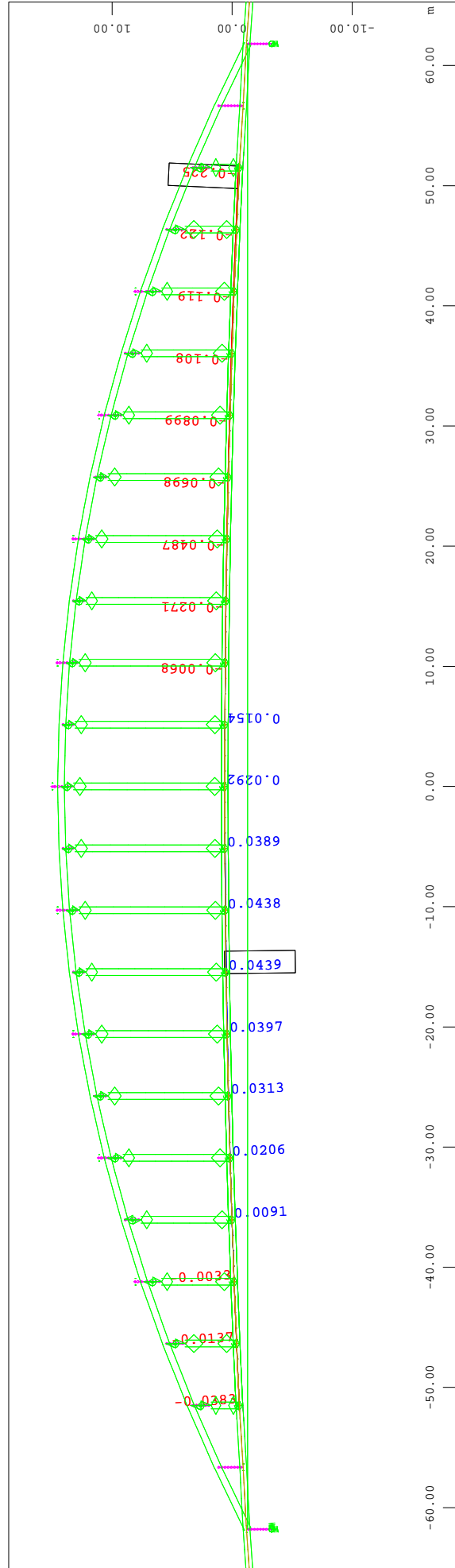
Beam Elements , Maximum tensile stress, Design Case 50005 SUM LML-Q, Point B , 1 cm 3D = 10.0 MPa (Min=-0.0702) (Max=4.01)



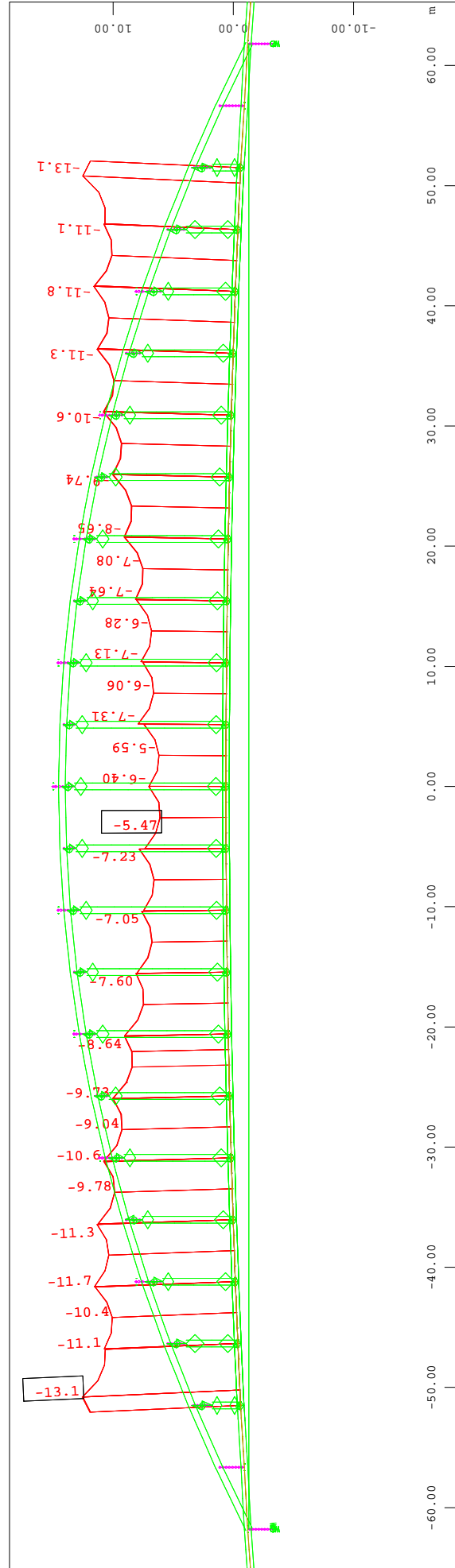
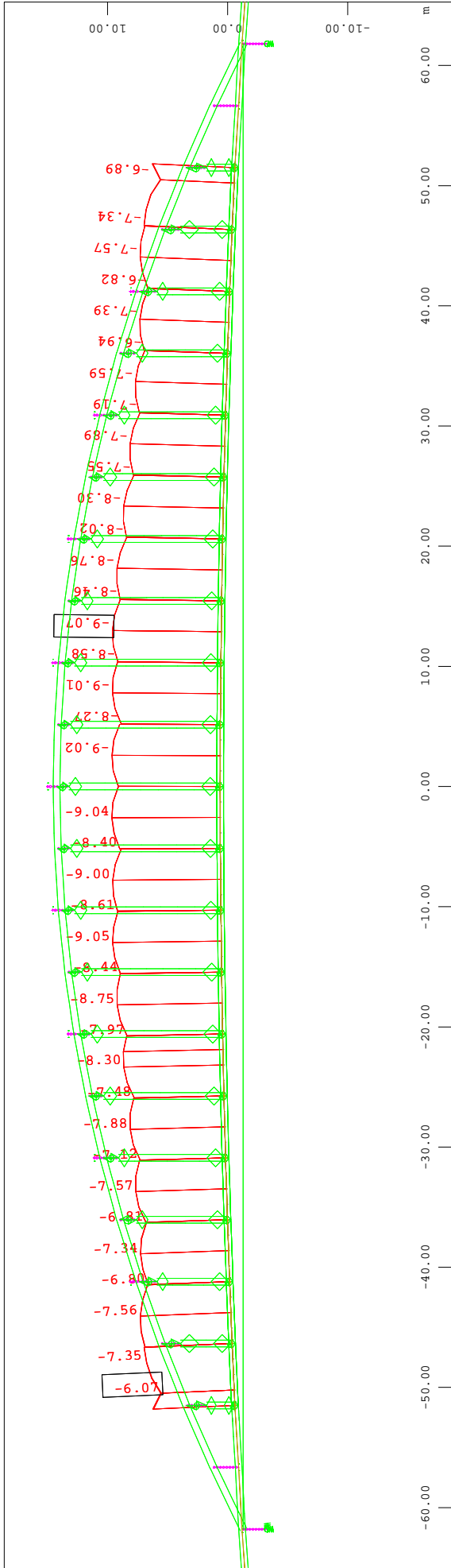


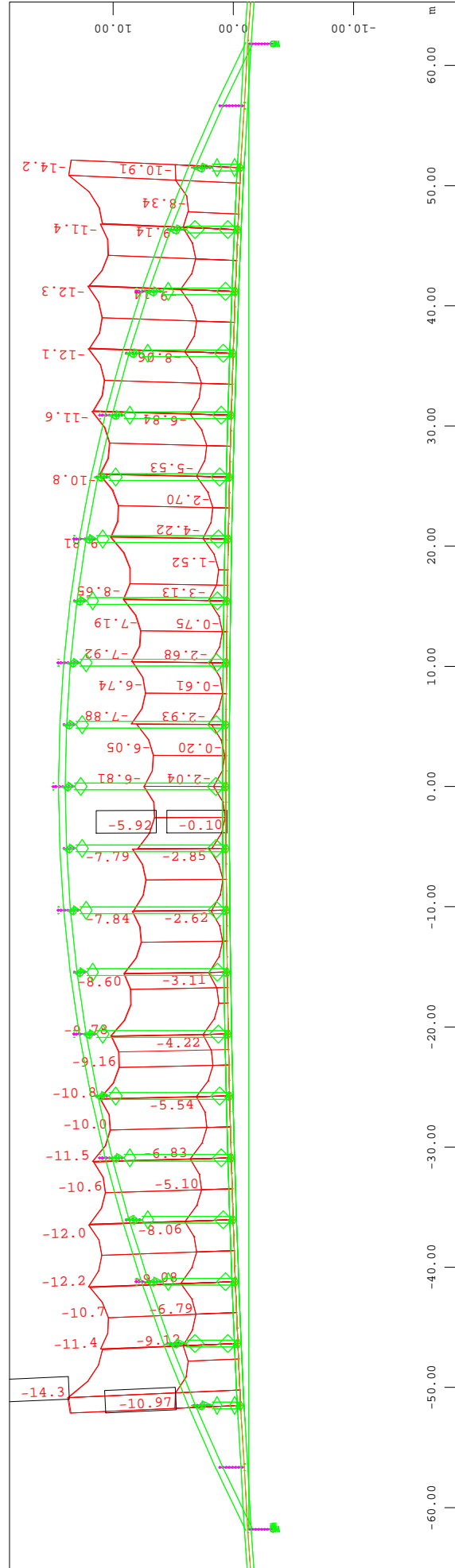
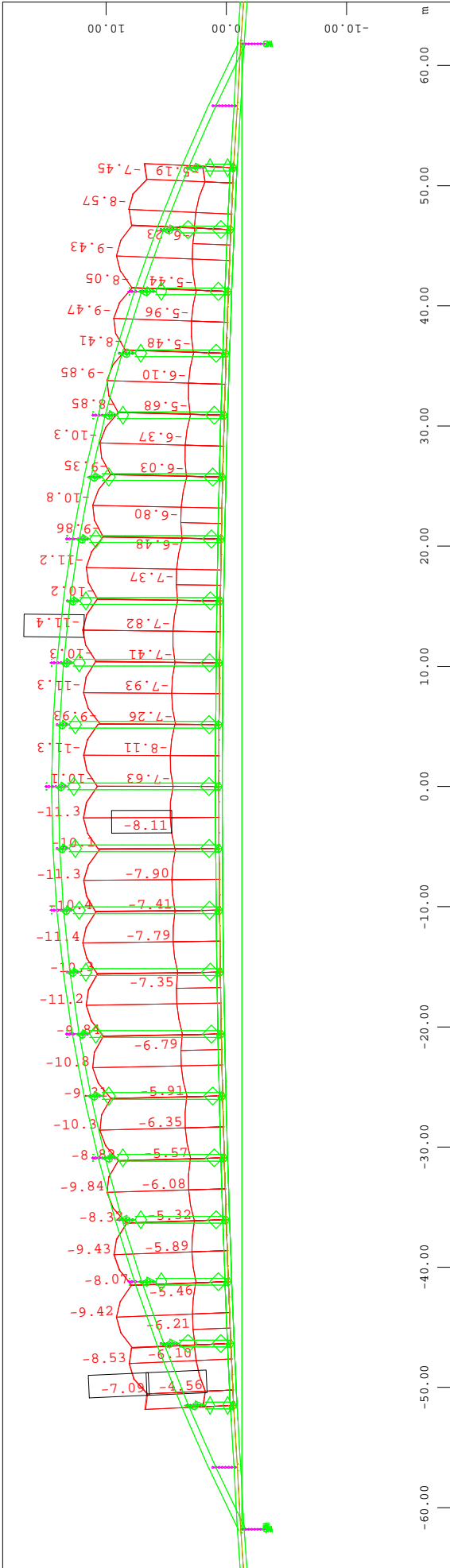


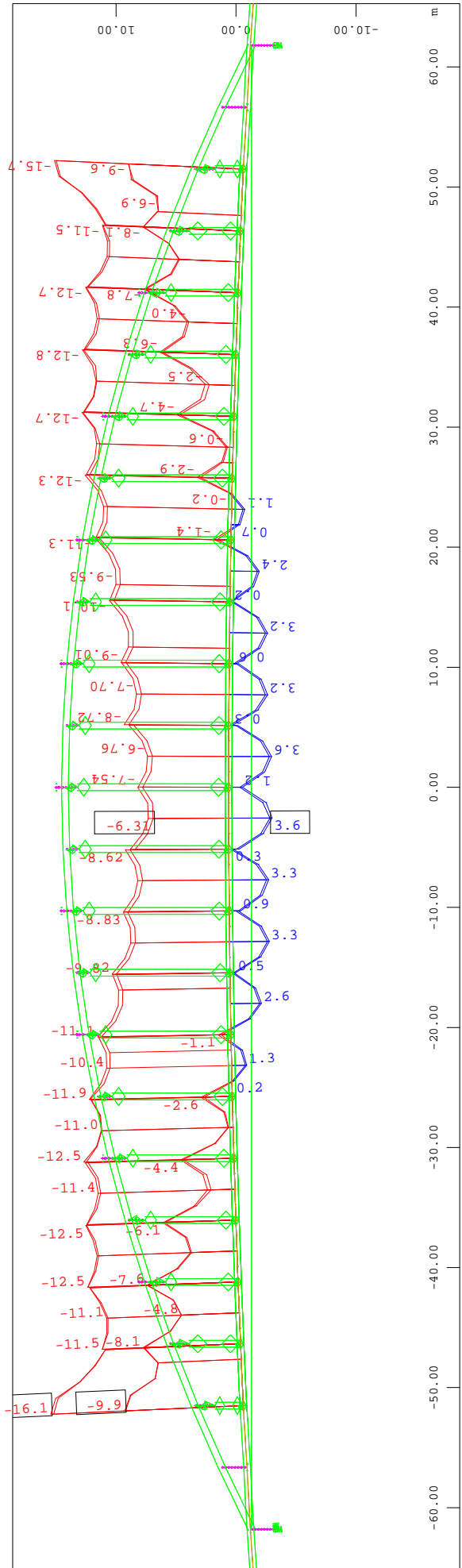
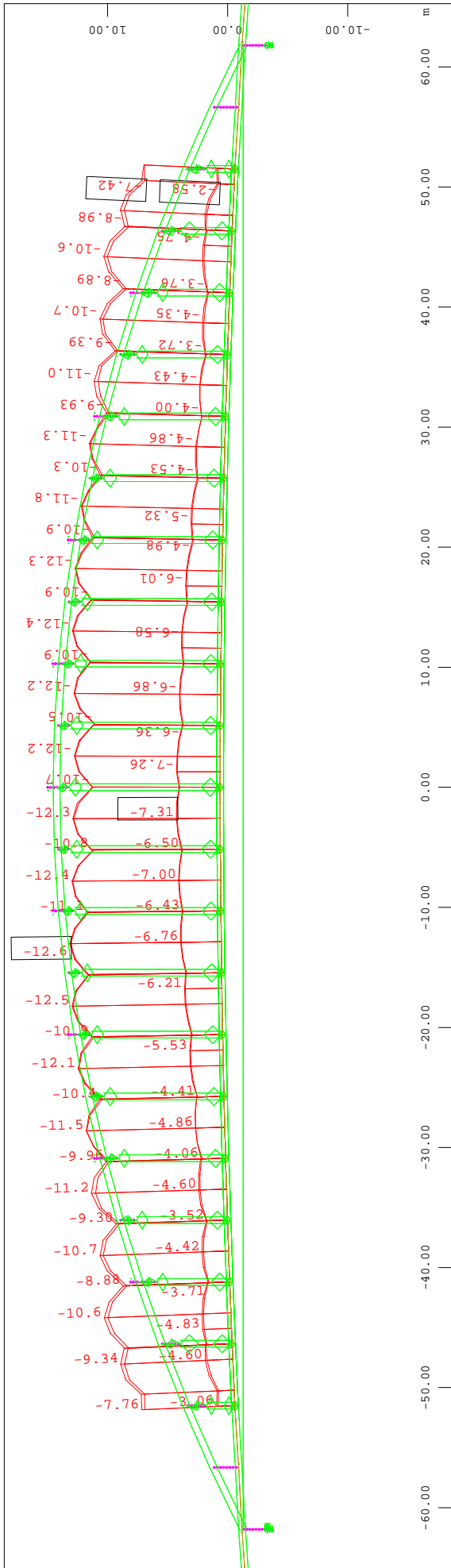
M 1 : 500

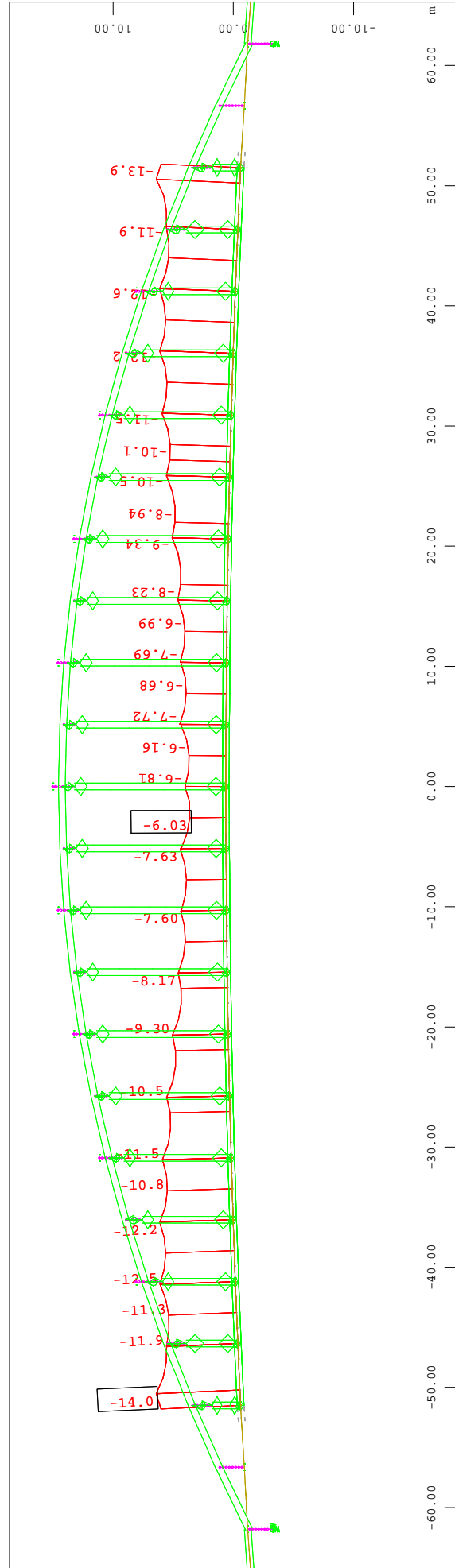
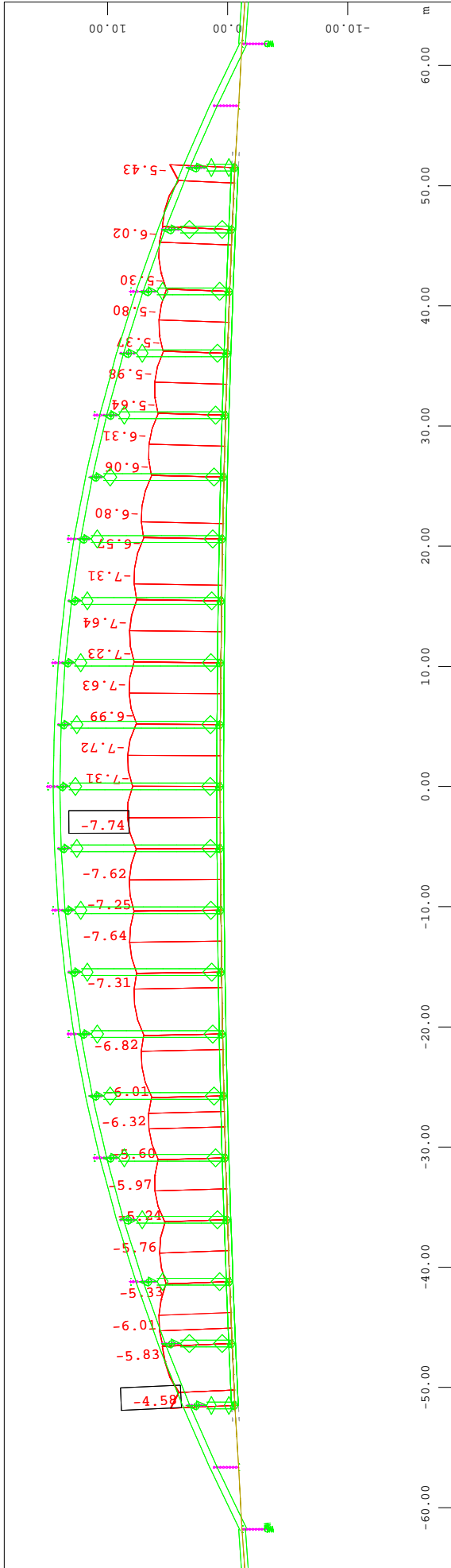


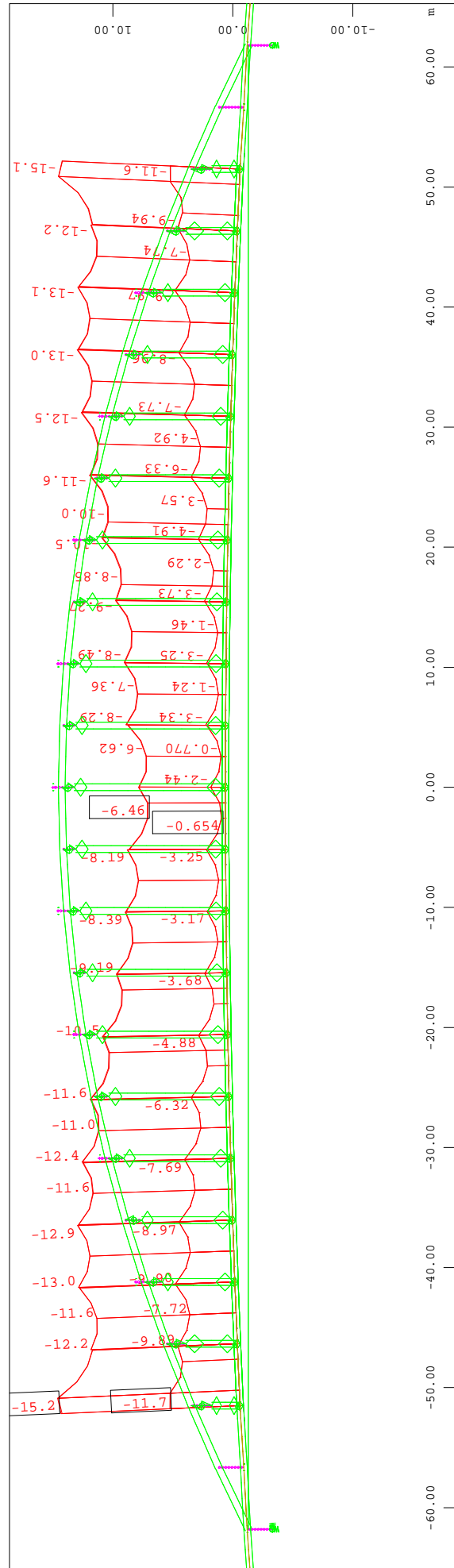
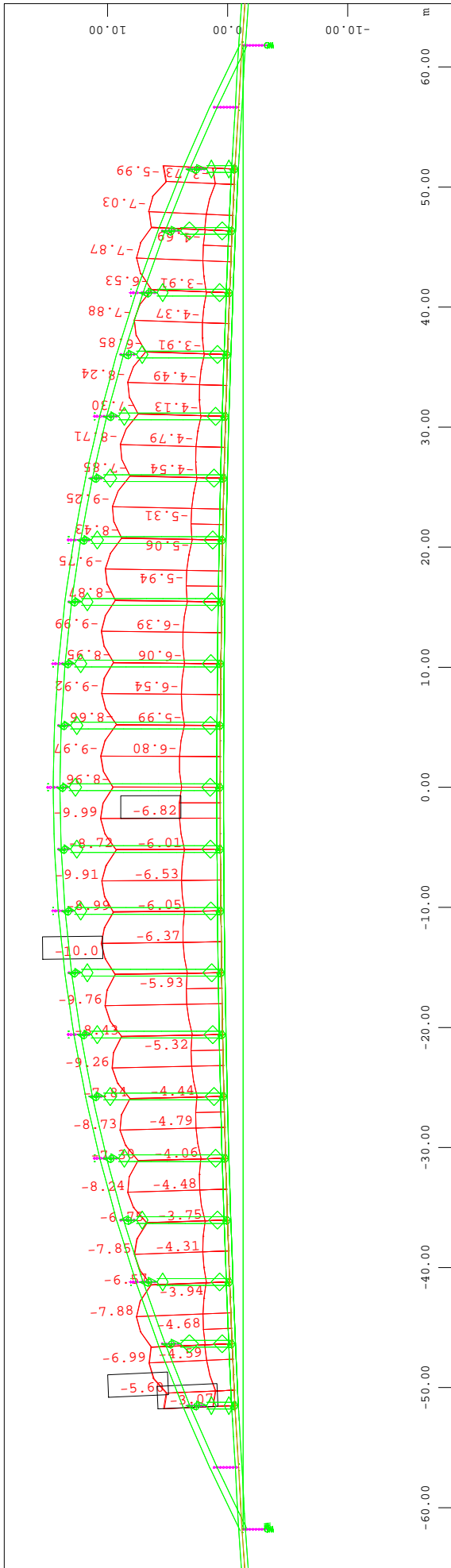
M 1 : 500

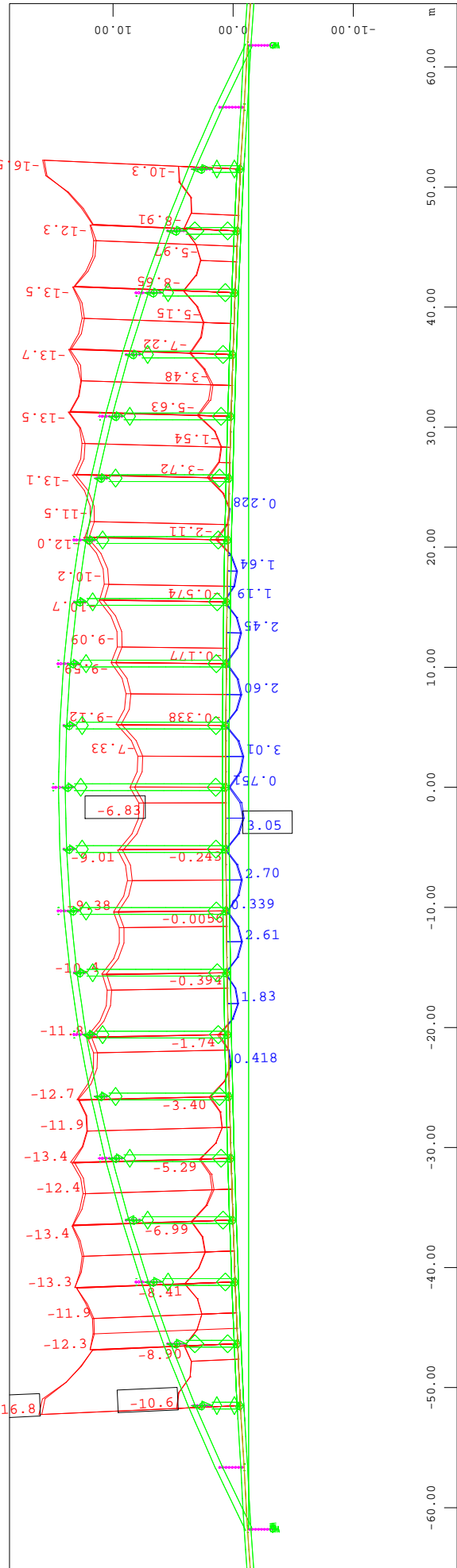
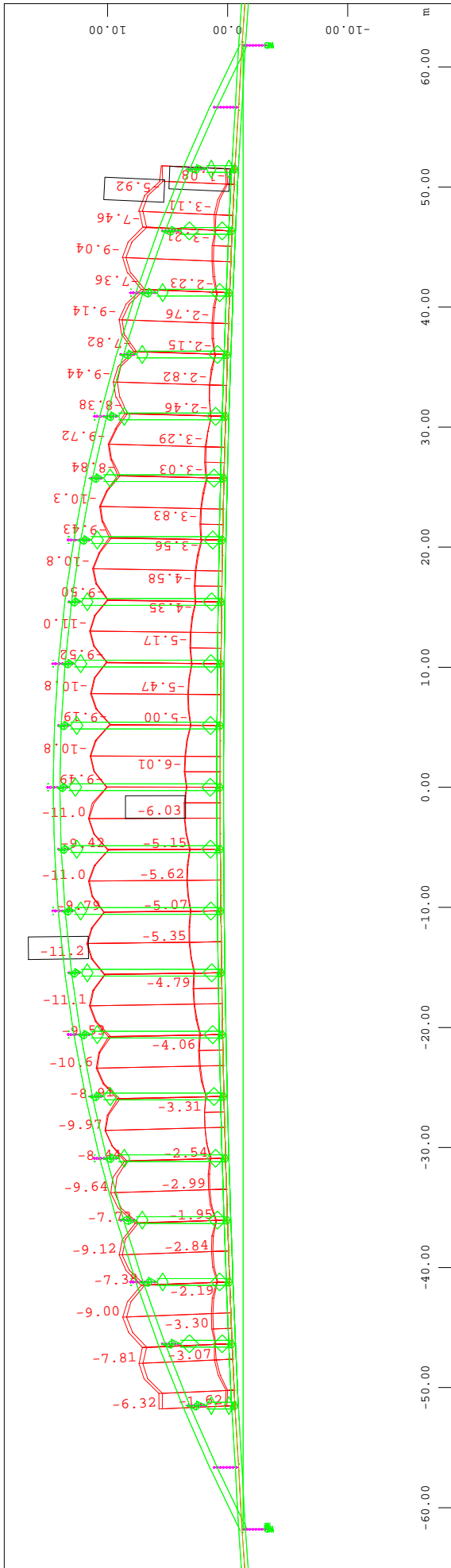












8.2.2. SLS - Uvedení do provozu - kvazistálá kombinace

$$\text{dle [1]} \quad \Sigma G_{k,i} "+" P_k "+" Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\min} & \leq & 0 \\ -5.47 \text{ MPa} & \leq & 0.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\max} & \leq & 0.45 * f_{ck} \\ -13.10 \text{ MPa} & \leq & 20.25 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

8.2.3. SLS - Uvedení do provozu - častá kombinace

$$\text{dle [1]} \quad \Sigma G_{k,i} "+" P_k "+" \psi_1 Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\min} & \leq & 0 \\ -0.10 \text{ MPa} & \leq & 0.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\max} & \leq & 0.6 * f_{ck} \\ -14.30 \text{ MPa} & \leq & 27.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

8.2.4. SLS - Uvedení do provozu - charakteristická kombinace

$$\text{dle [1]} \quad \Sigma G_{k,i} "+" P_k "+" Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\min} & \leq & f_{ct,m} \\ 3.60 \text{ MPa} & \leq & 3.80 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\max} & \leq & 0.6 * f_{ck} \\ -16.10 \text{ MPa} & \leq & 27.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

8.2.5. SLS - Konec životnosti - kvazistálá kombinace

$$\text{dle [1]} \quad \Sigma G_{k,i} "+" P_k "+" Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\min} & \leq & 0 \\ -6.03 \text{ MPa} & \leq & 0.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\max} & \leq & 0.45 * f_{ck} \\ -14.10 \text{ MPa} & \leq & 20.25 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

8.2.6. SLS - Konec životnosti - častá kombinace

$$\text{dle [1]} \quad \Sigma G_{k,i} "+" P_k "+" \psi_1 Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\min} & \leq & 0 \\ -0.65 \text{ MPa} & \leq & 0.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\max} & \leq & 0.6 * f_{ck} \\ -15.20 \text{ MPa} & \leq & 27.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

8.2.7. SLS - Konec životnosti - charakteristická kombinace

$$\text{dle [1]} \quad \Sigma G_{k,i} "+" P_k "+" Q_{k,1} "+" \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\min} & \leq & f_{ct,m} \\ 3.05 \text{ MPa} & \leq & 3.80 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{\max} & \leq & 0.6 * f_{ck} \\ -16.80 \text{ MPa} & \leq & 27.00 \text{ MPa} \\ \hline \text{VYHOVUJE} & & \checkmark \end{array}$$



9. ZÁVĚR

S pomocí výpočetního softwaru bylo ověřeno statické fungování středního pole mostu, byl posouzen stávající ocelový oblouk dle současných norem ČSN EN a dle zjištěných parametrů z průzkumu mostu. Mostovka byla navržena a posouzena dle současných norem ČSN EN. Obě části konstrukce vyhověly posouzení.

Postup rekonstrukce popsany v této práci, který zahrnuje snesení vložených polí stávajícího mostu, zachycení vodorovných sil z oblouku pomocí provizorního táhla a výstavbu nové mostovky z předpjatého betonu, je tedy realizovatelný.



10. POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

10.1. Normy a předpisy

- [1] ČSN EN 1990 (73 0002) ed.2, Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011
- [2] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) ed.2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2013
- [4] ČSN EN 1991-1-5 (73 0035), Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2005
- [5] ČSN EN 1991-1-6 (73 0035), Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2006
- [6] ČSN EN 1991-2 (73 6203), Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2005
- [7] ČSN EN 1992-1-1 (73 1201) ed.2, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011
- [8] ČSN EN 1992-2 (73 6208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2007
- [9] ČSN EN 1993-1-1 (73 1401) ed.2, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011
- [10] ČSN EN 1993-2 (73 6205) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2008
- [11] ČSN EN 206-1+A1 (73 2403) Beton - část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2017
- [12] prEN 10138-3 Prestressing steels Part 3: Strand, Comité européen de normalisation - CEN, Brusel, 2000
- [13] ČSN 73 6203/1987 Zatížení mostů, Úřad pro normalizaci a měření, Praha, 1986
- [14] TKP 18 Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 18: Beton pro konstrukce, Ministerstvo dopravy, Praha, 2005

10.2. Literatura

- [15] Diagnostický průzkum mostu Dr. Edvarda Beneše ev. Č. 613-008 přes Labe, Přepočítatelnosti, Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o., Liberec, 2016
- [16] Diagnostický průzkum mostu Dr. Edvarda Beneše ev. Č. 613-008 přes Labe, Ověření přechodnosti MHD, Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o., Liberec, 2016
- [17] Diagnostický průzkum mostu Dr. Edvarda Beneše ev. Č. 613-008 přes Labe, Diagnostický průzkum, Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o., Liberec, 2016
- [18] Původní projektová dokumentace mostu d. Edvarda Beneše, prof. Ing. Josef Melan & kolektiv, 1932
- [19] Výrobní dokumentace mostu dr. Edvarda Beneše, Vítkovické železárny, 1934
- [20] Rekonstrukce mostu dr. Edvarda Beneše, Pragoprojekt, 1991
- [21] Technický průvodce 51 - Statické tabulky, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1987
- [22] Ocelové konstrukce 30, doc. Ing. Tomáš Rotter CSc., prof. Ing. Jiří Studnička DrSc., Nakl. ČVUT, Praha, 2001



10.3. Internetové stránky

- [23] *Dějiny města Ústí nad Labem [online].* Kolektiv autorů z redakce Kristiny Kaiserové a Vladimíra Kaisera, 1995 [vid. 06.01.2018]. Dostupné z <https://www.usti-nad-labem.cz/dejiny/obsah.htm>

10.4. Použité programy

- [A] *Microsoft Office 2007*, Microsoft Corporation s.r.o., Praha, Česká republika
[B] *AutoCAD 2013*, Autodesk Inc., Kalifornie, USA
[C] *SOFiSTiK 18 v5.2.0*, SOFiSTiK AG, Oberschleißheim, Německo

11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - První železniční most v Ústí nad Labem (okolo r. 1900)

Obrázek 2 – Návrh mostu dr. Edvarda Beneše, Josef Melan (1929)

Obrázek 3 – Stavba mostního pilíře (1934)

Obrázek 4 – Montáž ocelové konstrukce (1935)

Obrázek 5 – Slavnostní otevření mostu 9.srpna 1936

Obrázek 6 – Tramvajový provoz na mostě

Obrázek 7 – Obsazení města německou armádou (1938)

Obrázek 8 – Pohled na ústecké mosty

Obrázek 9 – Noční pohled na ústecké mosty

Obrázek 10 – Pohled na most (současnost)

Obrázek 11 – Pohled na ocelový oblouk (současnost)

Obrázek 12 – Schema konstrukce

Obrázek 13 – Průřez ocelového oblouku

Obrázek 14 – Typický příčný řez mostovkou

Obrázek 15 - Hlavní nosník vloženého pole

Obrázek 16 - Uložení vloženého pole na konzolu středního pole

Obrázek 17 - Vzorový příčný řez - Varianta 1

Obrázek 18 - Vzorový příčný řez - Varianta 2



Obrázek 19 - Vzorový příčný řez - Varianta 3

Obrázek 20 - Vzorový příčný řez - Varianta 4

Obrázek 21 - Schema konstrukce - Nový stav

Obrázek 22 - Tvar mostovky

Obrázek 23 - Zatížení dopravou - LM1

Obrázek 24 – Návrh mostovky – Ověření tuhosti – Statické schema

Obrázek 25 - Návrh mostovky - krajní pole - výpočetní model

Obrázek 26 - Návrh mostovky - krajní pole - průřezy

Obrázek 27 - Postup výstavby - náhrada stávajícího táhla

Obrázek 28 - Postup výstavby - betonáž lamel mostovky

Obrázek 29 - Výpočetní model v prostředí SOFiPLUS

Obrázek 30 - Průřez oblouku s nastaveným proměnným parametrem #H

Obrázek 31 - Zadání proměnného parametru #H-výšky průřezu

Obrázek 32 - Průřez trámu mostovky ve středním poli – konstantní

Obrázek 33 - Průřez trámu mostovky v krajním poli – konstantní

Obrázek 34 - Průřez trámu mostovky nad pilířem - proměnný parametr #DH

Obrázek 35 - Zadání proměnného parametru #DH

Obrázek 36 - FEM model konstrukce

Obrázek 37 – Příklad zadání zatěžovací stavů (LC)

Obrázek 38 - Zadání skupin zatížení a součinitelů zatížení

Obrázek 39 - Zadání zatížení modelem LM1

Obrázek 40 - Zadání pohyblivého zatížení

Obrázek 41 - Zadání geometrie a charakteristik kabelů

Obrázek 42 – Ukázka výstupu o průběhu napětí v kabelu

Obrázek 43 - Vizualizace předpínacích kabelů v mostovce

Obrázek 44 - Postup výstavby Fáze 100



Obrázek 45 - Postup výstavby fáze 110-111

Obrázek 46 - Postup výstavby fáze 120-121

Obrázek 47 - Postup výstavby fáze 130-131

Obrázek 48 - Postup výstavby fáze 140-141

Obrázek 49 - Postup výstavby fáze 150-151

Obrázek 50 - Postup výstavby fáze 160-161

Obrázek 51 - Postup výstavby fáze 170-171

Obrázek 52 - Postup výstavby fáze 180-181

Obrázek 53 - Postup výstavby fáze 190-191

Obrázek 54 - Postup výstavby fáze 200-201

Obrázek 55 - Postup výstavby fáze 210-211

Obrázek 56 - Postup výstavby fáze 219-230

Obrázek 57 - Postup výstavby fáze 400-700

Obrázek 58 - Zadání fází výstavby

Obrázek 59 - Zadání pro lineární analýzu - vítr, chodci

Obrázek 60 - Zadání pro výpočet návrhových vnitřní sil – ULS

Obrázek 61 - Zadání pro výpočet kombinace vnitřních sil - kvazistálá kombinace – SLS

Obrázek 62 - Zadání pro výpočet napětí - častá kombinace - SLS

Obrázek 63 - Příčný řez konstrukcí

Obrázek 64 - Pohled na konstrukci

Obrázek 65 - Zatížení dopravou - LM1

Obrázek 66 - Součinitel síly $c_{fx,0}$

Obrázek 67 - Průřez oblouku v jednotlivých staničení

Obrázek 68 - Nýtovaný průřez pro tlak

Obrázek 69 - Nýtovaný průřez pro smyk

Obrázek 70 - Nýtovaný průřez pro ohyb



Obrázek 71 - Nýtovaný průřez pro ohyb

Obrázek 72 - Součinitel vzpěrné délky pro vybočení v rovině oblouku

Obrázek 73 - Rozměry oblouku - portál

Obrázek 74 - Rozměry oblouku – závěsy

Obrázek 75 - Příčle oblouku

Obrázek 76 - Součinitel vzpěrné délky pro vybočení oblouku z roviny

Obrázek 77 - Umístění STRESS POINT na průřezu

12. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Náklady rekonstrukce - Varianta 1

Tabulka 2 - Hmotnost mostovky na oblouku - Varianta 1

Tabulka 3 - Náklady rekonstrukce - Varianta 2

Tabulka 4 - Hmotnost mostovky na oblouku - Varianta 2

Tabulka 5 - Náklady rekonstrukce - Varianta 3

Tabulka 6 - Hmotnost mostovky na oblouku – Varianta 3

Tabulka 7 - Náklady rekonstrukce - Varianta 4

Tabulka 8 - Hmotnost mostovky na oblouku - Varianta 4

Tabulka 9 - Výpočet objemu jednotlivých částí mostovky

Tabulka 10 - Výpočet hmotnosti nové mostovky

Tabulka 11 - Stálá zatížení

Tabulka 12 - Zatížení dopravou - LM1

Tabulka 13 - Součinitele zatížení

Tabulka 14 - Posudek oblouku - Vz

Tabulka 15 - Posudek oblouku - My

Tabulka 16 - Posudek oblouku – Interakce - N+My

Tabulka 17 - Posouzení oblouku - Normálová napětí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

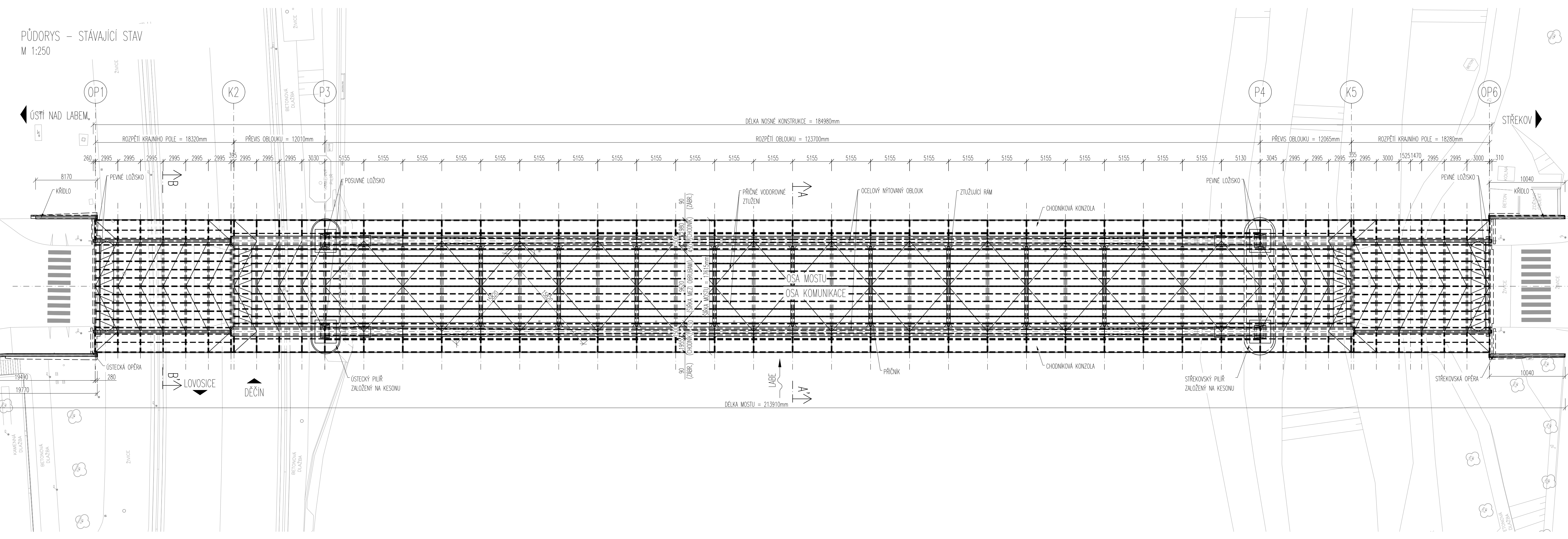
Návrh opravy mostu Edvarda Beneše v Ústí nad Labem

The design of reconstruction of Benesuv bridge in Usti nad Labem

SEZNAM PŘÍLOH

01 Půdorys - Stávající stav	M250
02 Podélný řez - Stávající stav	M250
03 Příčné řezy - Stávající stav	M100
04 Přehledný výkres - Řešení rekonstrukce	M100,M500
05 Půdorys - Nový stav	M250
06 Podélný řez - Nový stav	M250
07 Příčné řezy - Nový stav	M100
08 Betonové konstrukce - Výkres tvaru	M100,M150
10 Betonové konstrukce - Výkres předpínací výztuže	M100,M150
11 Postup výstavby	M500

PŮDORYS – STÁVAJÍCÍ STAV
M 1:250



MATERIÁLY:

OCHEL	
- OBLOUK, KONZOLA OBLOUKU, TÁHLO	S152
- HLAVNÍ NOSNÍKY VLOŽENÝCH POLÍ, ZÁVĚSY, PŘÍČLE RAMOVÉHO ZTUŽENÍ, PŘÍČNÍKY, PODÉLNÍKY	S148
- ZÁBRADLÍ, CHODNÍKY, ZAVĚTROVÁNÍ VLOŽENÝCH POLÍ	C38

BETON	
OPĚRY	C4/5
DESKA MOSTOVKY	C12/15

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	OCHEL C37

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH REKONSTRUKCE MOSTU
DR. EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

NÁZEV VÝKRESU PŮDORYS – STÁVAJÍCÍ STAV

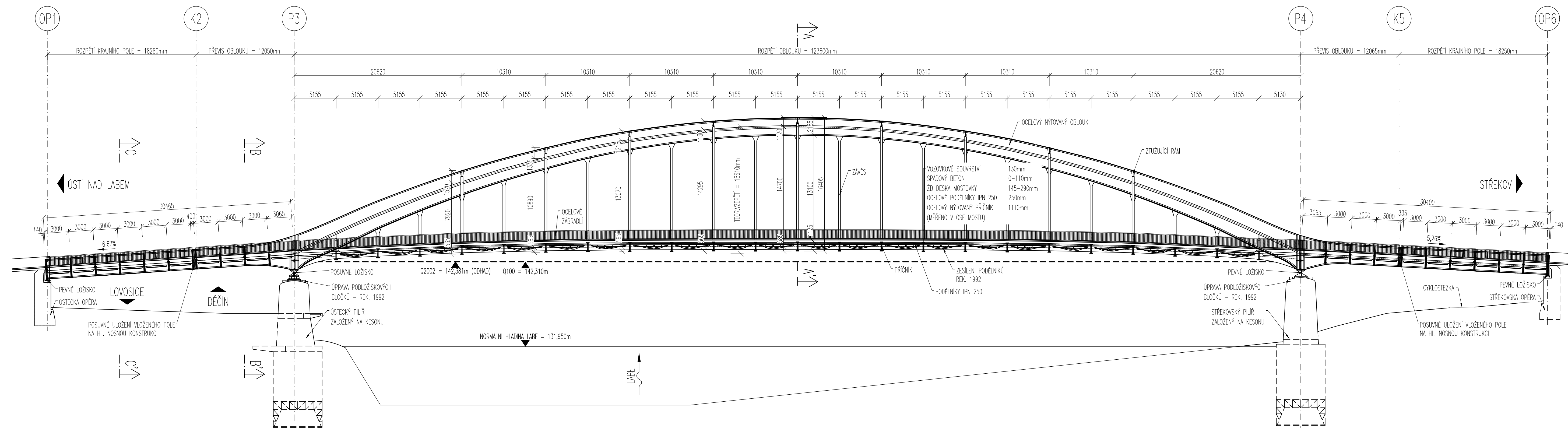
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLIK Ph.D.

DATUM leden 2019 STUPEŇ -

MĚŘÍTKO 1:250 ČÍSLO PŘÍLOHY 01

PODÉLNÝ ŘEZ – STÁVAJÍCÍ STAV

M 1:250



MATERIÁLY:

OCEL	
- OBLOUK, KONZOLA OBLOUKU, TÁHLO	S152
- HLAVNÍ NOSNÍKY VLOŽENÝCH POLÍ, ZAVĚSY,	
- PŘÍČLE RAMOVÉHO ZTUŽENÍ, PŘÍČNÍKY, PODÉLNÍKY	S148
- ZABRADLÍ, CHODNÍKY, ZAVĚTROVÁNÍ VLOŽENÝCH	
POLÍ	C38

BETON	
OPĚRY	C4/5
DESKA MOSTOVKY	C12/15
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	OCEL C37

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
 Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL: Michael ZÖRKLER
 Havlovská 1283/5
 Praha 6-Dejvice
 160 00
 michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE
 NÁVRH OPRAVY MOSTU
 EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

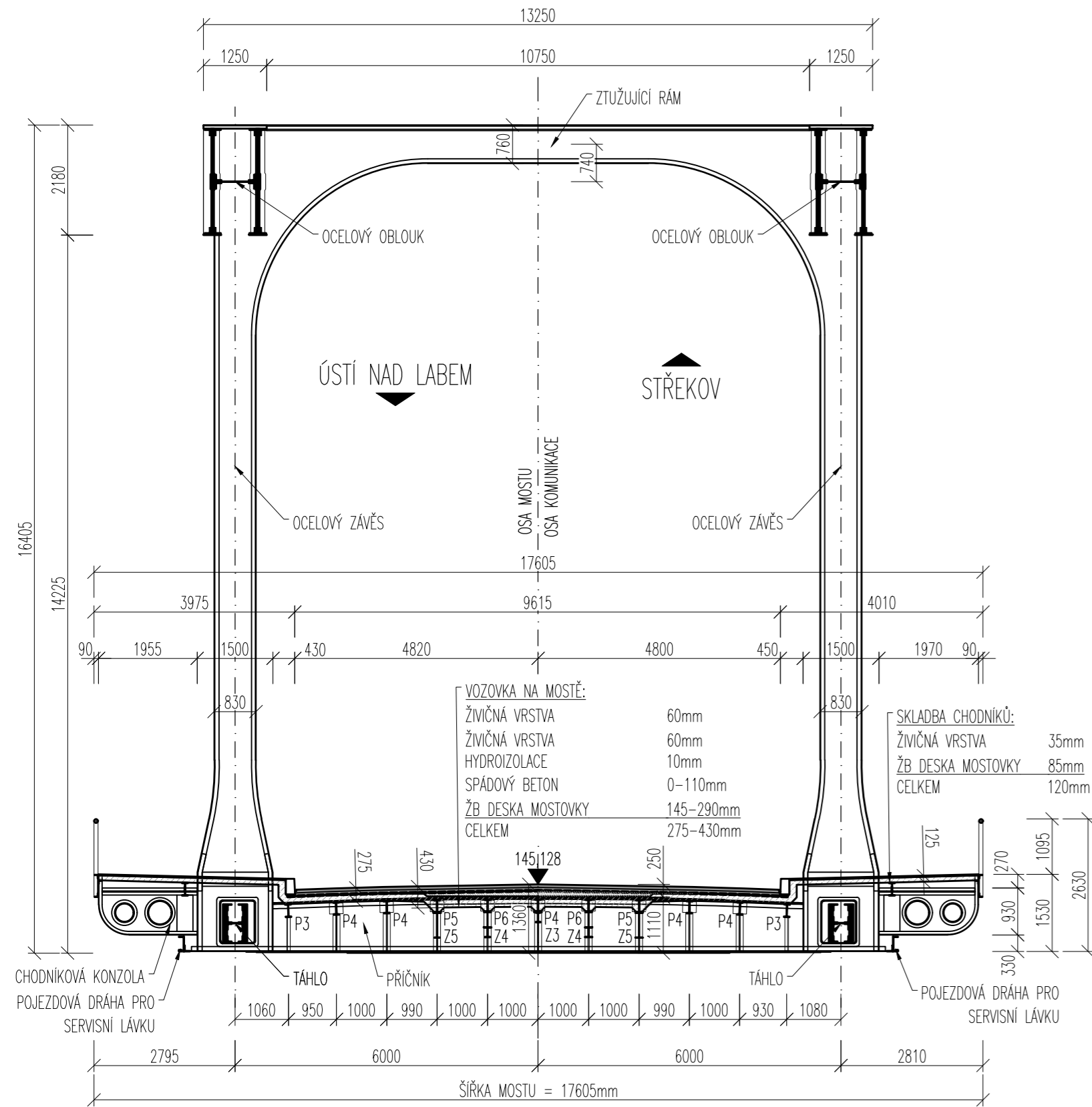
NÁZEV VÝKRESU: PODÉLNÝ ŘEZ – STÁVAJÍCÍ STAV

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT: doc. Ing. Lukáš VRÁBLÍK Ph.D.

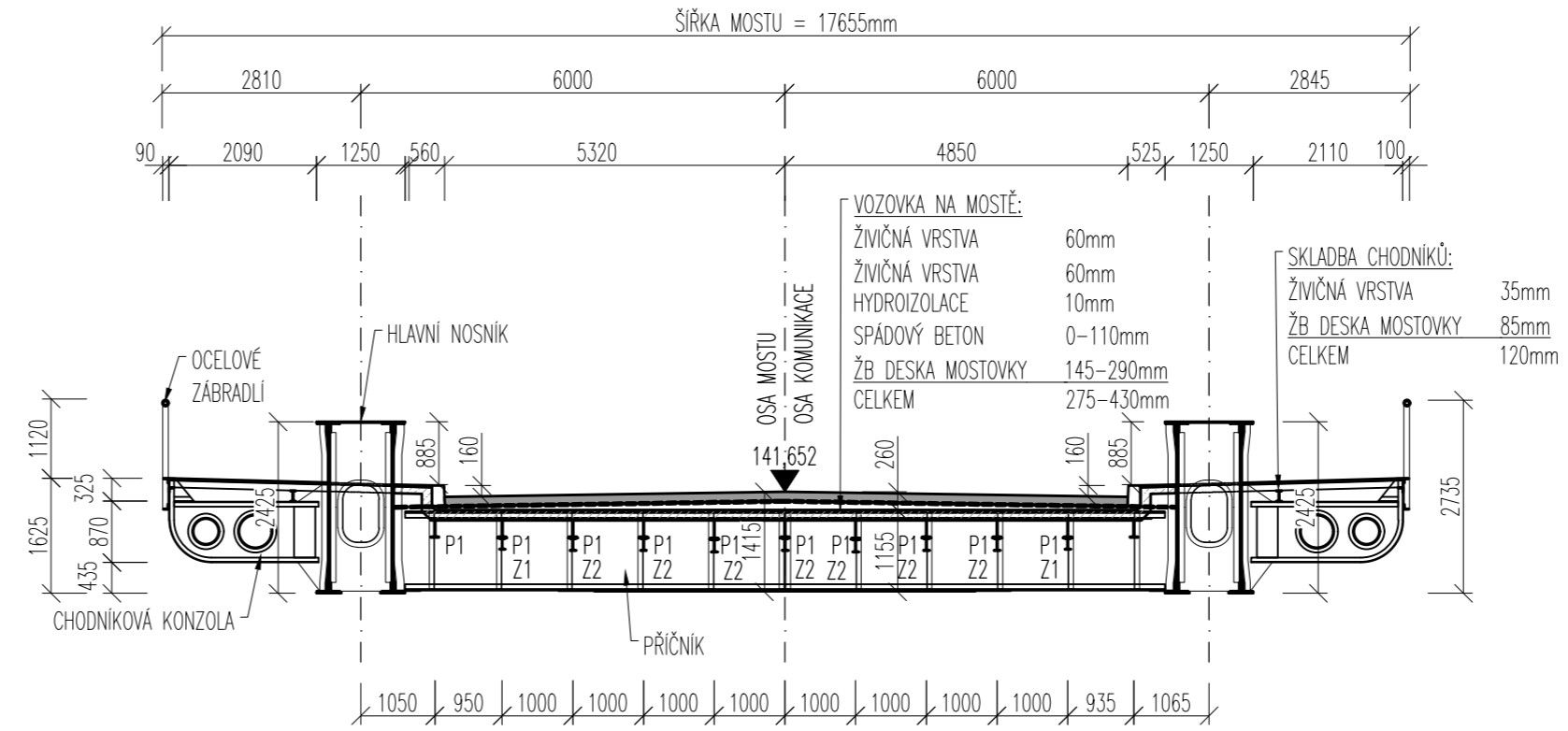
DATUM: leden 2019 **STUPEŇ:** -

MĚŘÍTKO: 1:250 **ČÍSLO PŘÍLOHY:** 02

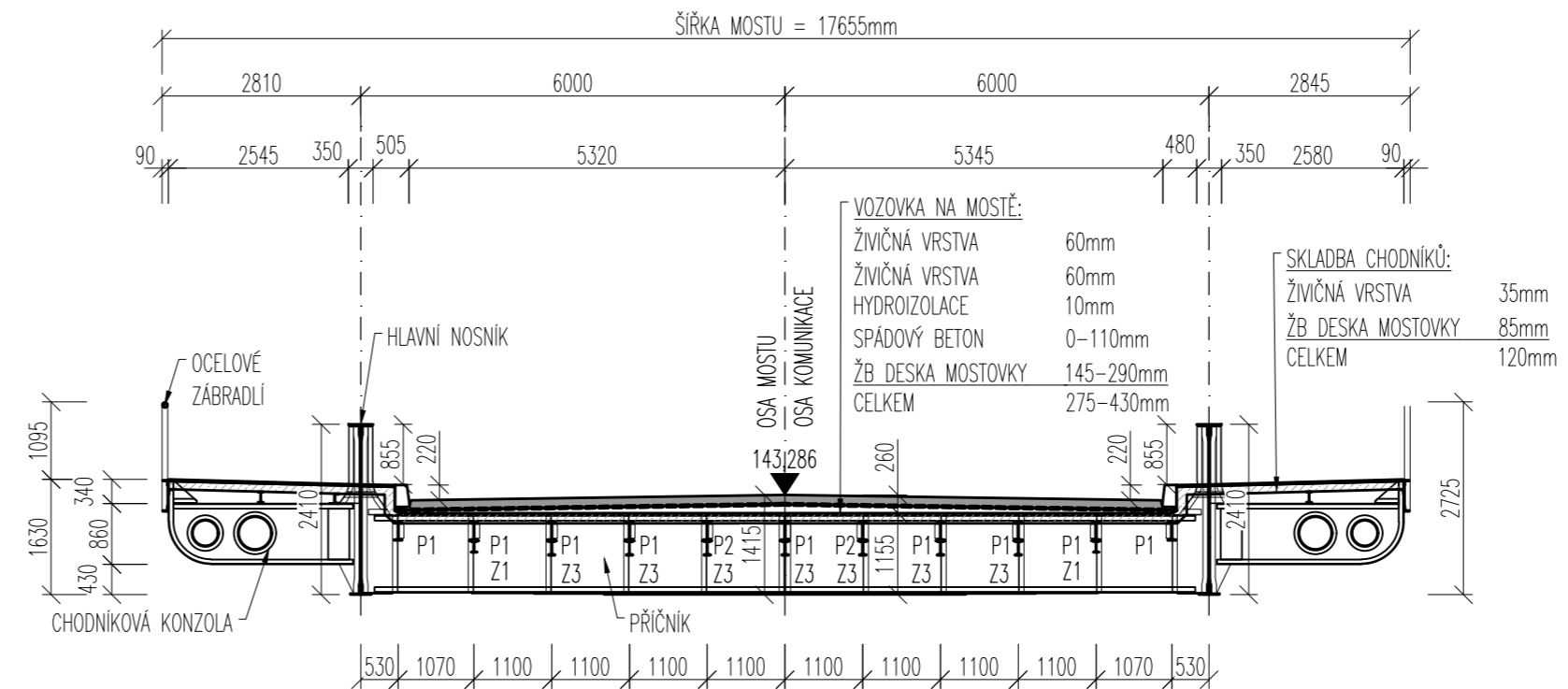
PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'-STÁVAJÍCÍ STAV
M 1:100 - UPROSTŘED ROZPĚTÍ OBLOUKU



PŘÍČNÝ ŘEZ B-B'-STÁVAJÍCÍ STAV
M 1:100 - KONZLOVÁ ČÁST



PŘÍČNÝ ŘEZ C-C'-STÁVAJÍCÍ STAV
M 1:100 - UPROSTŘED ROZPĚTÍ VLOŽENÉHO POLE



MATERIÁLY:

OCEL
- OBLOUK, KONZOLA OBLOUKU, TÁHLO S152
- HLAVNÍ NOSNÍKY VLOŽENÝCH POLÍ, ZÁVĚSY, PŘÍČLE RÁMOVÉHO ZTUŽENÍ, PŘÍČNÍKY, PODÉLNÍKY S148
- ZÁBRADLÍ, CHODNÍKY, ZAVĚTROVÁNÍ VLOŽENÝCH POLÍ C38

BETON
OPĚRY C4/5
DESKA MOSTOVKY C12/15

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ OCEL C37

POZNÁMKY:

- OZNAČENÍ PODÉLNÍKŮ
P1 - IPN 260, P2 - IPN 280, P3 - IPN 300, P4 - IPN 320, P5 - IPN 340, P6 - IPN 360
- OZNAČENÍ ZESÍLENÝCH PRVKŮ
Z1 - I160, Z2 - I180, Z3 - I200, Z4, Z5 - I PROFIL S PROMĚNNOU VÝŠKOU
- NA VÝKRESECH NEJSOU PRO PŘEHLEDNOST ZOBRAZENY NÝTY



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH REKONSTRUKCE MOSTU
DR. EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

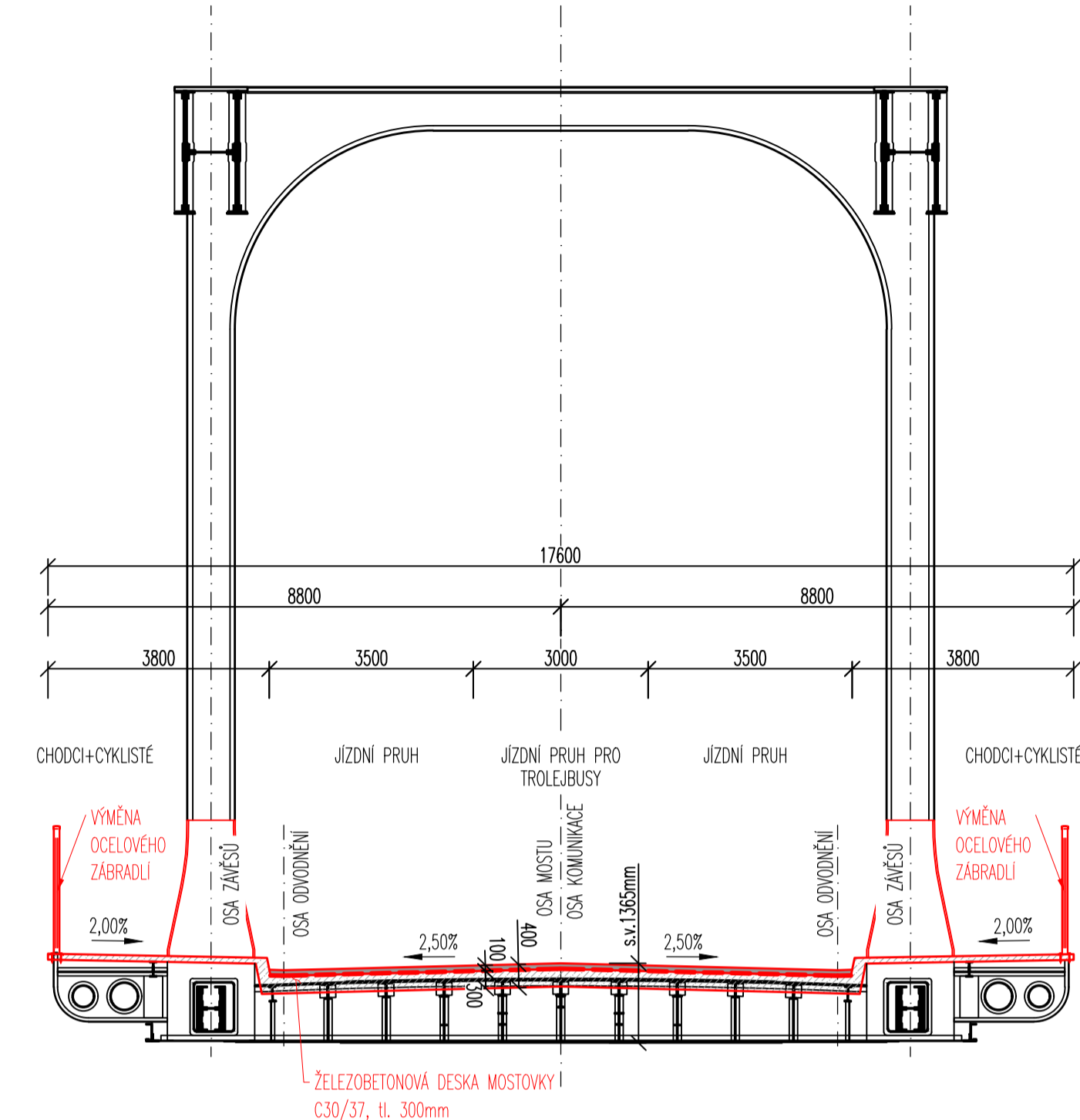
NÁZEV VÝKRESU PŘÍČNÉ ŘEZY - STÁVAJÍCÍ STAV

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLÍK Ph.D.

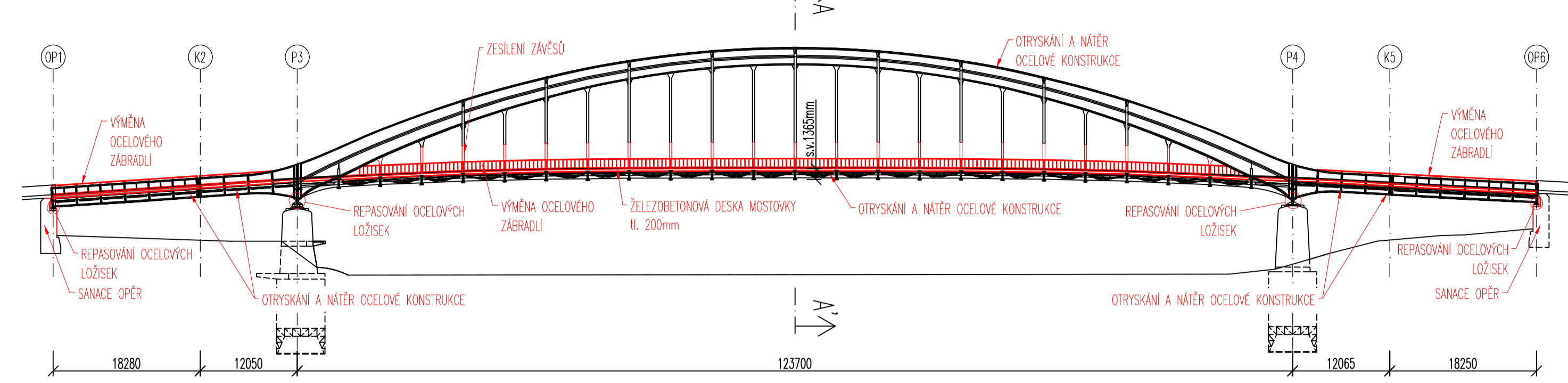
DATUM leden 2019 STUPEŇ -

MĚŘÍTKO 1:100 ČÍSLO PŘÍLOHY 03

VARIANTA 1 – ZESÍLENÍ A OPRAVA STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
M 1:100 – PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'

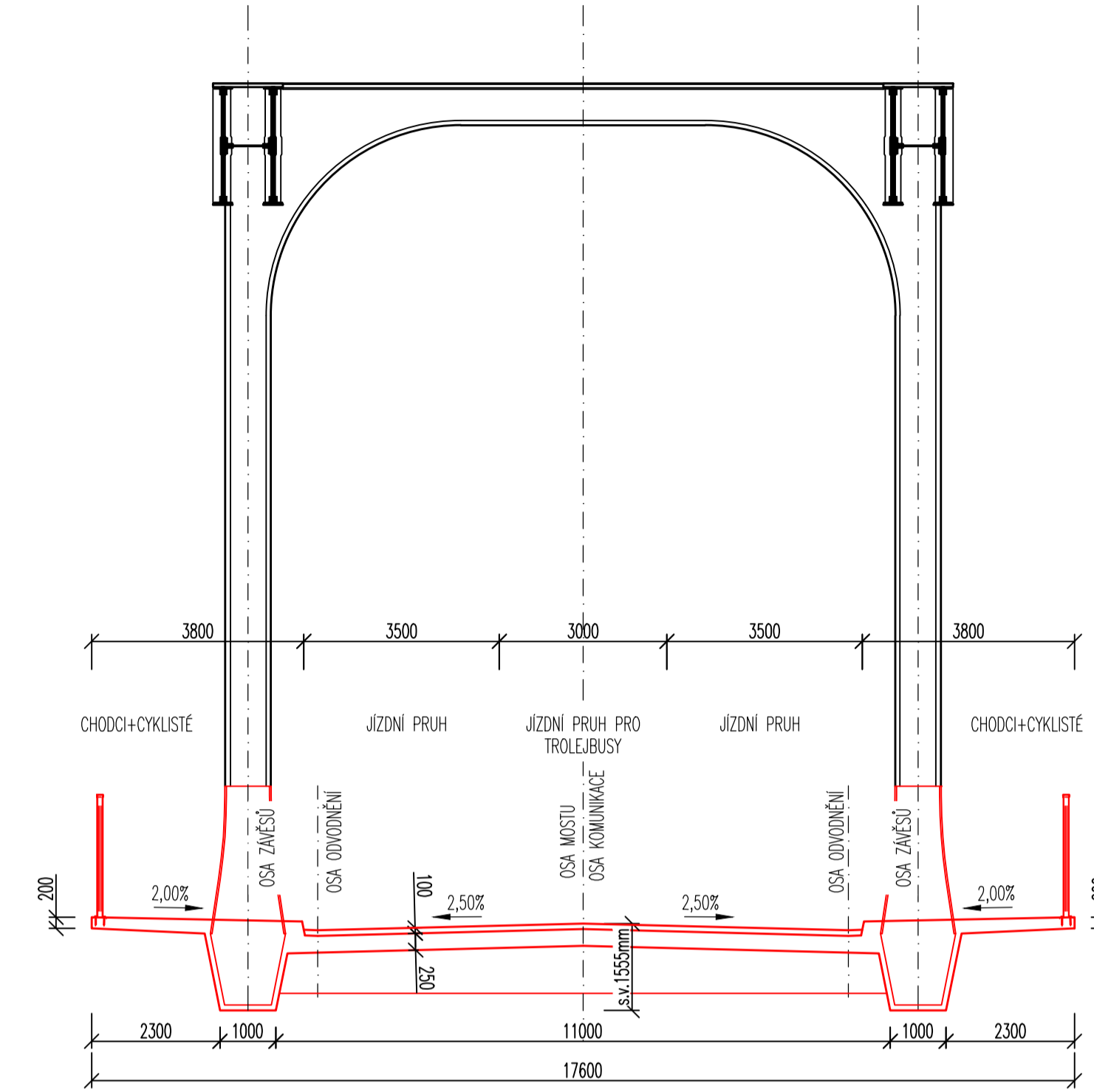


VARIANTA 1 – ZESÍLENÍ A OPRAVA STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
M 1:500 – PODÉLNÝ ŘEZ

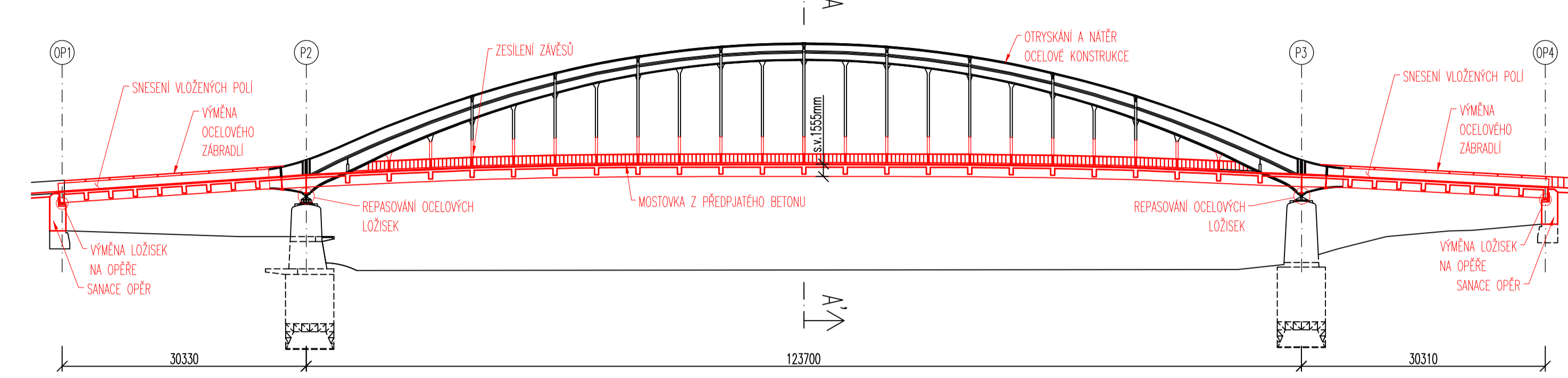


POPIS REKONSTRUKCE
VÝMĚNA ŽELEZOBETONOVÉ DESKY MOSTOVKY
ZESÍLENÍ ZÁVĚSŮ, VÝMĚNA OCELOVÉHO ZABRADLÍ
OTŘISKÁNÍ A NATĚR OCELOVÉ KONSTRUKCE
SANACE OPĚR
REPAROVÁNÍ LŮŽISEK NA PILÍŘÍCH A OPĚRÁCH
OČEKÁVANÁ ŽIVOTNOST KONSTRUKCE: 30–50 LET

VARIANTA 3 – MOSTOVKA Z PŘEDPĚJATÉHO BETONU
M 1:100 – PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'

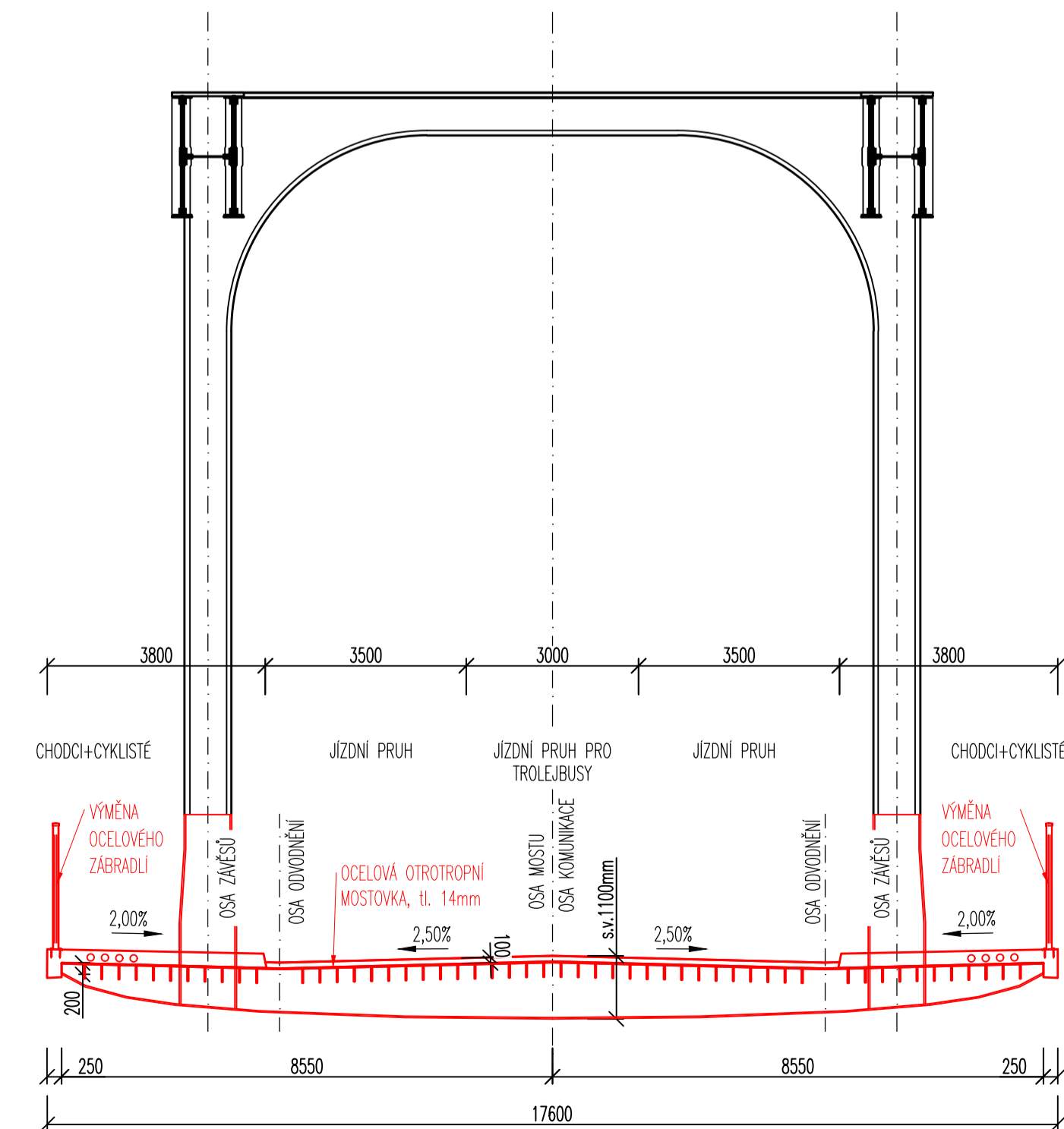


VARIANTA 3 – MOSTOVKA Z PŘEDPĚJATÉHO BETONU
M 1:500 – PODÉLNÝ ŘEZ

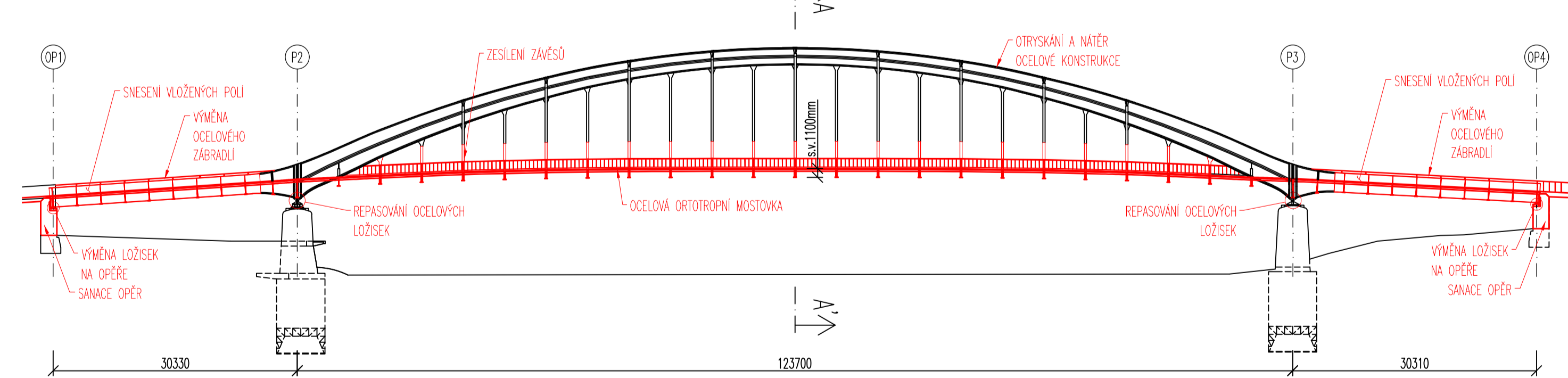


POPIS REKONSTRUKCE
SNĚSENÍ VLOŽENÝCH POLÍ
ODSTRANĚNÍ MOSTOVKY A KONCŮ ZÁVĚSŮ
VÝMĚNA KONCŮ ZÁVĚSŮ
MOSTOVKA Z PŘEDPĚJATÉHO BETONU
SANACE OPĚR
VÝMĚNA ZABRADLÍ
REPAROVÁNÍ LŮŽISEK NA OBLOUKU
VÝMĚNA LŮŽISEK NA OPĚRÁCH
OČEKÁVANÁ ŽIVOTNOST KONSTRUKCE: 100 LET

VARIANTA 2 – OCELOVÁ ORTOTROPNÍ MOSTOVKA
M 1:100 – PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'

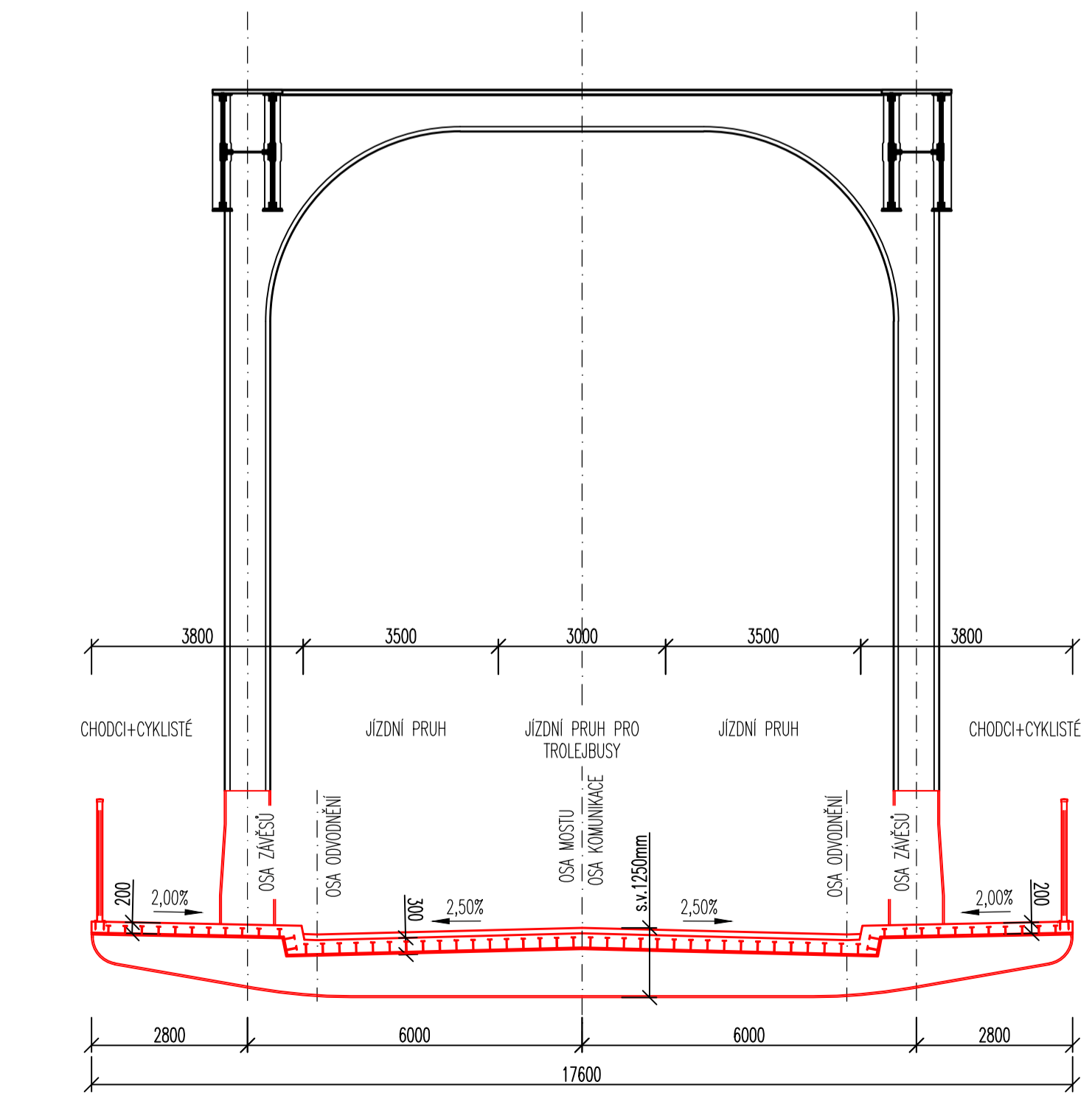


VARIANTA 2 – OCELOVÁ ORTOTROPNÍ MOSTOVKA
M 1:500 – PODÉLNÝ ŘEZ

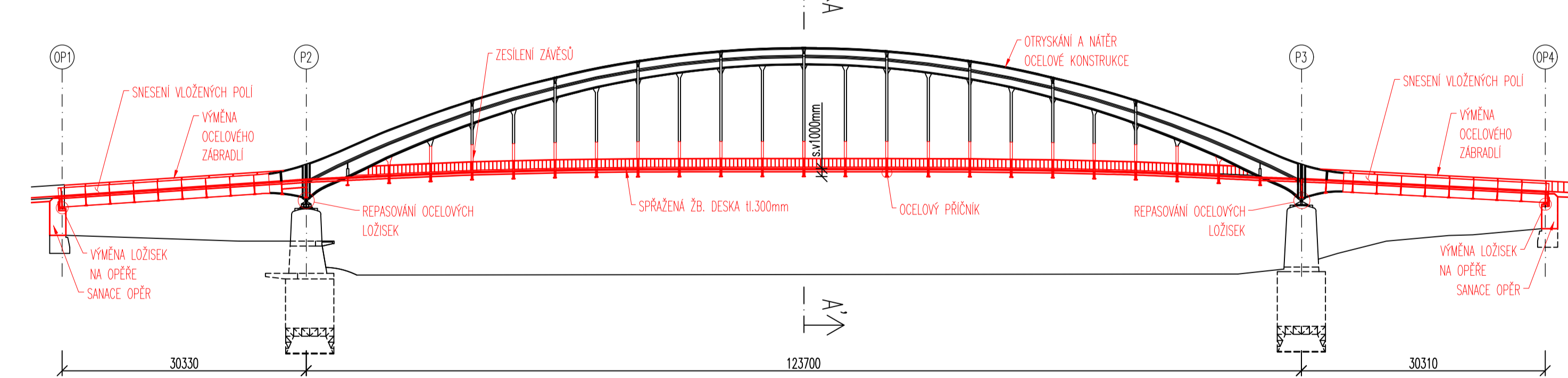


POPIS REKONSTRUKCE
SNĚSENÍ VLOŽENÝCH POLÍ
ODSTRANĚNÍ MOSTOVKY A KONCŮ ZÁVĚSŮ
VÝMĚNA KONCŮ ZÁVĚSŮ
NOVÁ OCELOVÁ ORTOTROPNÍ MOSTOVKA
SANACE OPĚR
VÝMĚNA ZABRADLÍ
REPAROVÁNÍ LŮŽISEK NA OBLOUKU
VÝMĚNA LŮŽISEK NA OPĚRÁCH
OČEKÁVANÁ ŽIVOTNOST KONSTRUKCE: 100 LET

VARIANTA 4 – SPŘÁŽENÁ ŽB MOSTOVKA S OCELOVÝMI PŘÍČNÍKY
M 1:100 – PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'

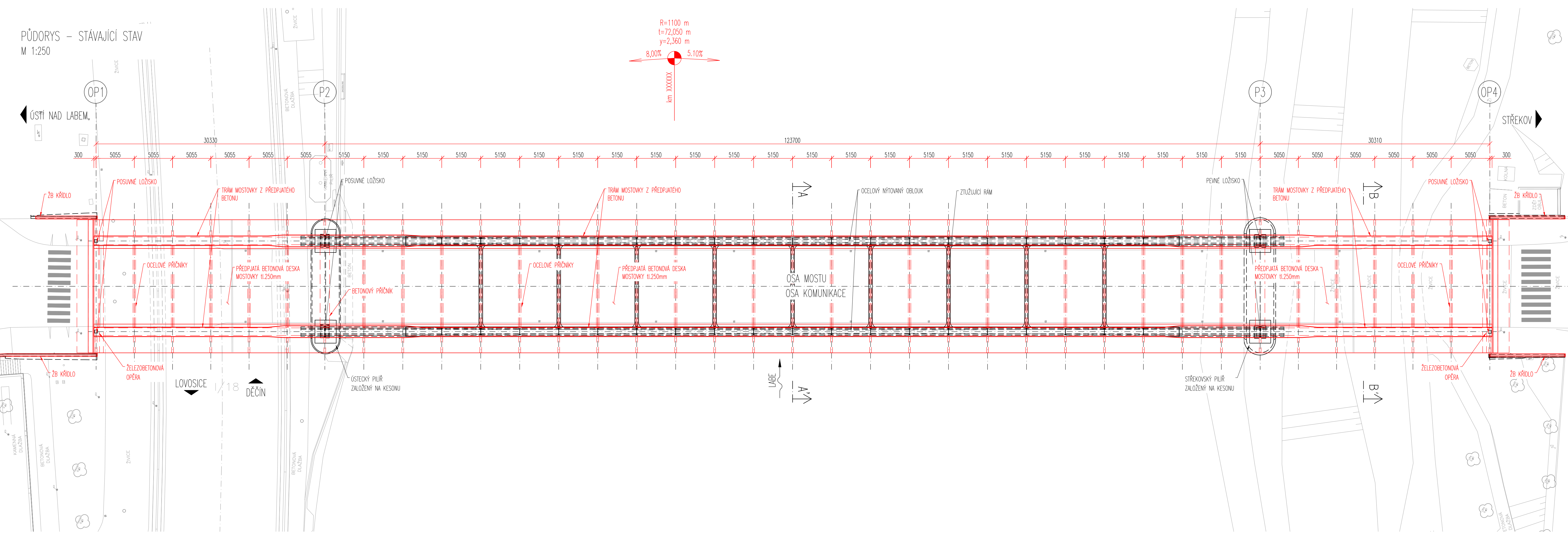


VARIANTA 4 – SPŘÁŽENÁ ŽB MOSTOVKA S OCELOVÝMI PŘÍČNÍKY
M 1:500 – PODÉLNÝ ŘEZ



POPIS REKONSTRUKCE
SNĚSENÍ VLOŽENÝCH POLÍ
ODSTRANĚNÍ MOSTOVKY A KONCŮ ZÁVĚSŮ
VÝMĚNA KONCŮ ZÁVĚSŮ
MOSTOVKA S OCELOVÝMI PŘÍČNÍKY A SPŘÁŽENOU ŽB DESKOU
SANACE OPĚR
VÝMĚNA ZABRADLÍ
REPAROVÁNÍ LŮŽISEK NA OBLOUKU
VÝMĚNA LŮŽISEK NA OPĚRÁCH
OČEKÁVANÁ ŽIVOTNOST KONSTRUKCE: 100 LET

PŮDORYS – STÁVAJÍCÍ STAV
M 1:250



MATERIÁLY:

OCEL	
OBLOUK	S152
ZÁVĚSY	S148
PŘÍČNÍKY, KONCE ZÁVĚSŮ	S420N

BETON	
DESKA MOSTOVKY	C45/55 XF4, XD3
OPĚRY	C25/30 XF2, XD1
ZÁKLADY	C25/30 XA2

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	B500B

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ	
PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ	Y1860-S7

POZNÁMKY:
1) STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE JSOU ZAKRESLENY ČERNĚ, VEŠKERÉ OPRAVY JSOU ZAKRESLENY ČERVENĚ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH OPRAVY MOSTU
EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

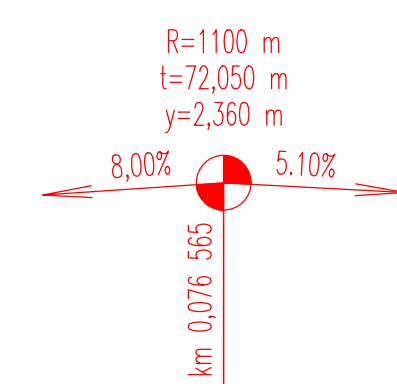
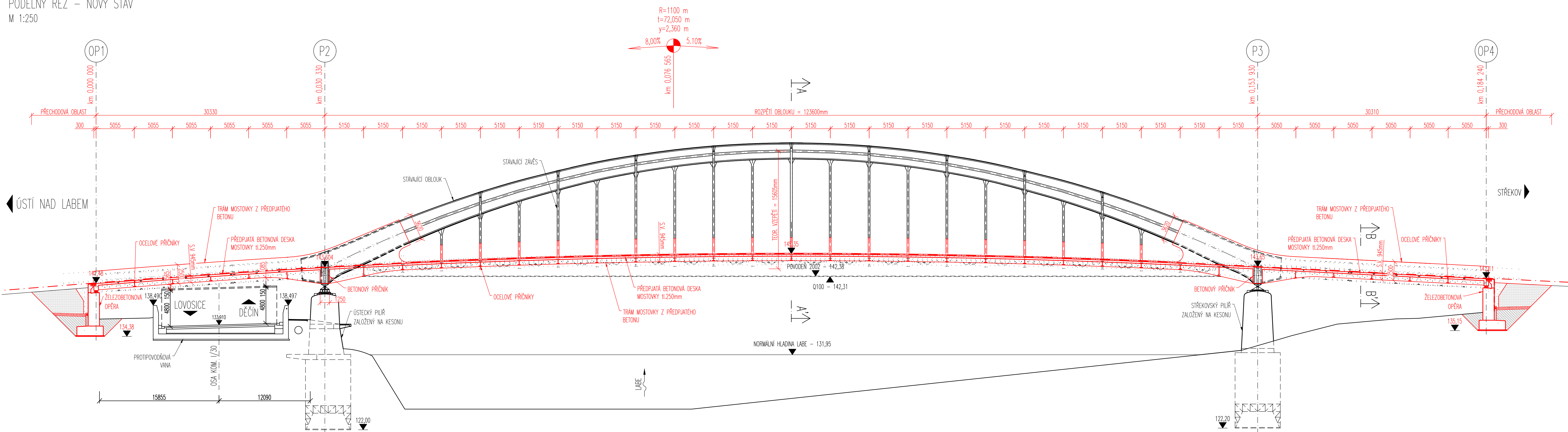
NÁZEV VÝKRESU PŮDORYS – NOVÝ STAV

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLIK Ph.D.

DATUM leden 2019 STUPEŇ –

MĚŘÍTKO 1:250 ČÍSLO PŘÍLOHY 05

PODÉLNÝ ŘEZ – NOVÝ STAV
M 1:250



MATERIÁLY:

OCEL	
OBLOUK	S152
ZAVĚSY	S148
PŘÍČNÍKY, KONCE ZAVĚSŮ	S420N

BETON

DESKA MOSTOVKY	C45/55 XF4, XD3
OPĚRY	C25/30 XF2, XD1
ZÁKLADY	C25/30 XA2

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	B500B
-------------------	-------

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ	Y1860-S7
-------------------	----------

POZNÁMKY:

1) PONECHANÉ ČÁSTI STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE JSOU ZAKRESLENY ČERNĚ
VEŠKERÉ OPRAVY JSOU ZAKRESLENY ČERVENĚ
OBRYŠ PŮVODNÍ KONSTRUKCE JE ZAKRESLEN TEČKOVANĚ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH OPRAVY MOSTU
EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

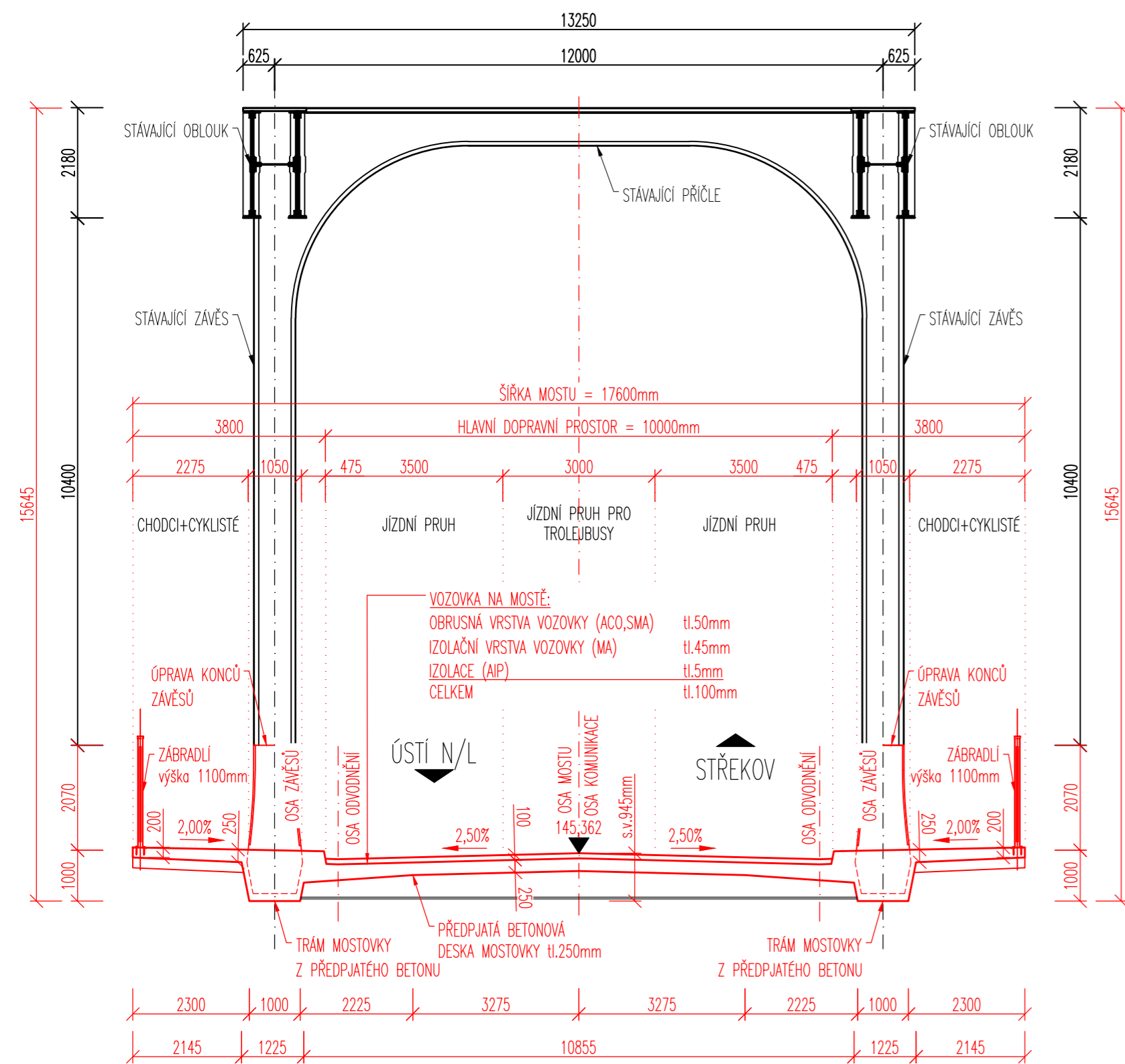
NÁZEV VÝKRESU PODÉLNÝ ŘEZ – NOVÝ STAV

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLIK Ph.D.

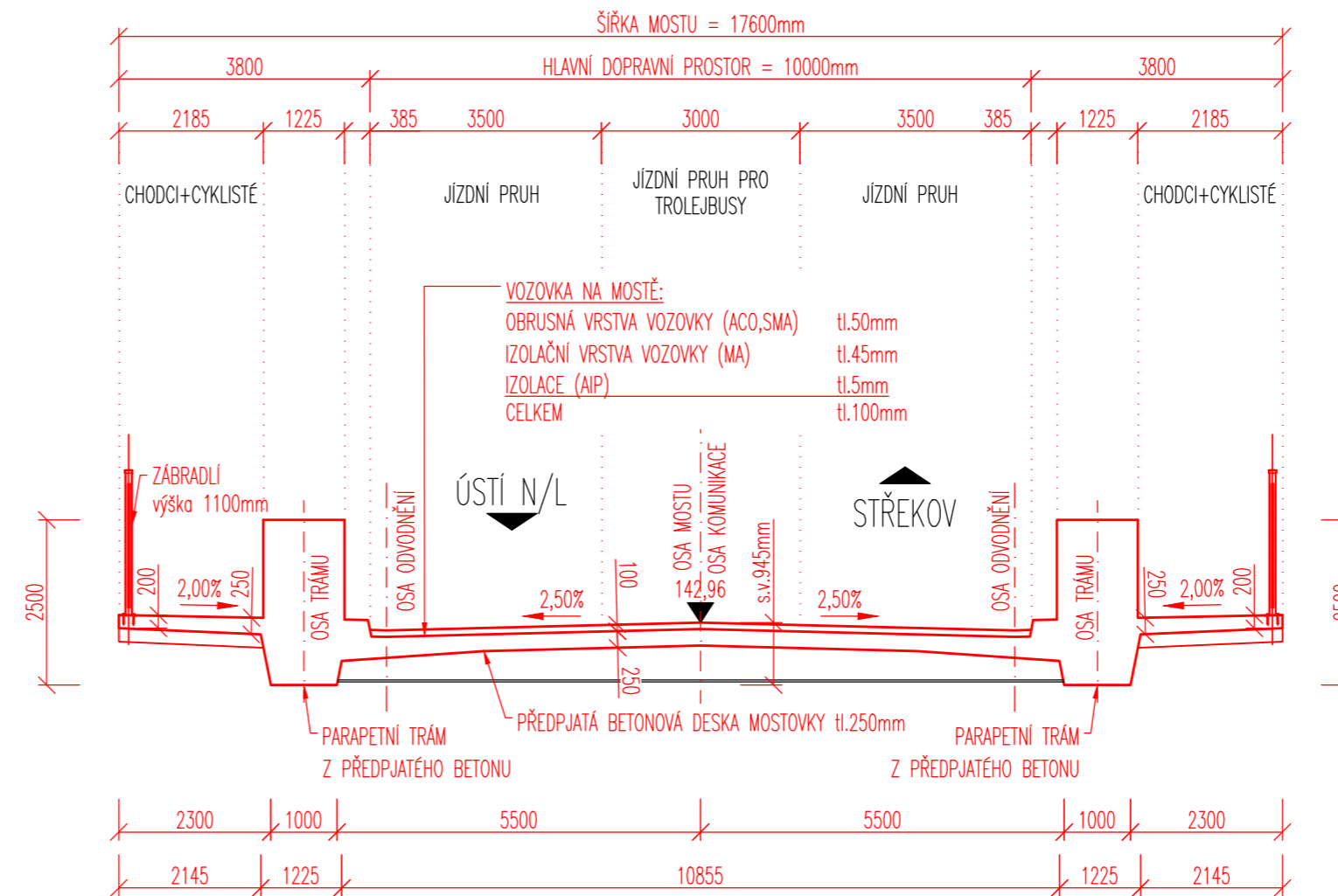
DATUM leden 2019 STUPEŇ –

MĚŘÍTKO 1:250 ČÍSLO PŘÍLOHY 06

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ
M 1:100 – PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'



VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ
M 1:100 – PŘÍČNÝ ŘEZ B-B'



MATERIÁLY:

OCEL	
OBLOUK	S152
ZÁVĚSY	S148
PŘÍČNÍKY, KONCE ZÁVĚSŮ	S420

BETON	
DESKA MOSTOVKY, NOSNÍKY KRAJNÍCH POLÍ	C45/55
OPĚRY	CXX/XX

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	B500B

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ	
PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ	Y1860-S7

POZNÁMKY:

- 1) STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE JSOU ZAKRESLENY ČERNĚ, VEŠKERÉ ÚPRAVY JSOU ZAKRESLENY ČERVENĚ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH OPRAVY MOSTU
EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

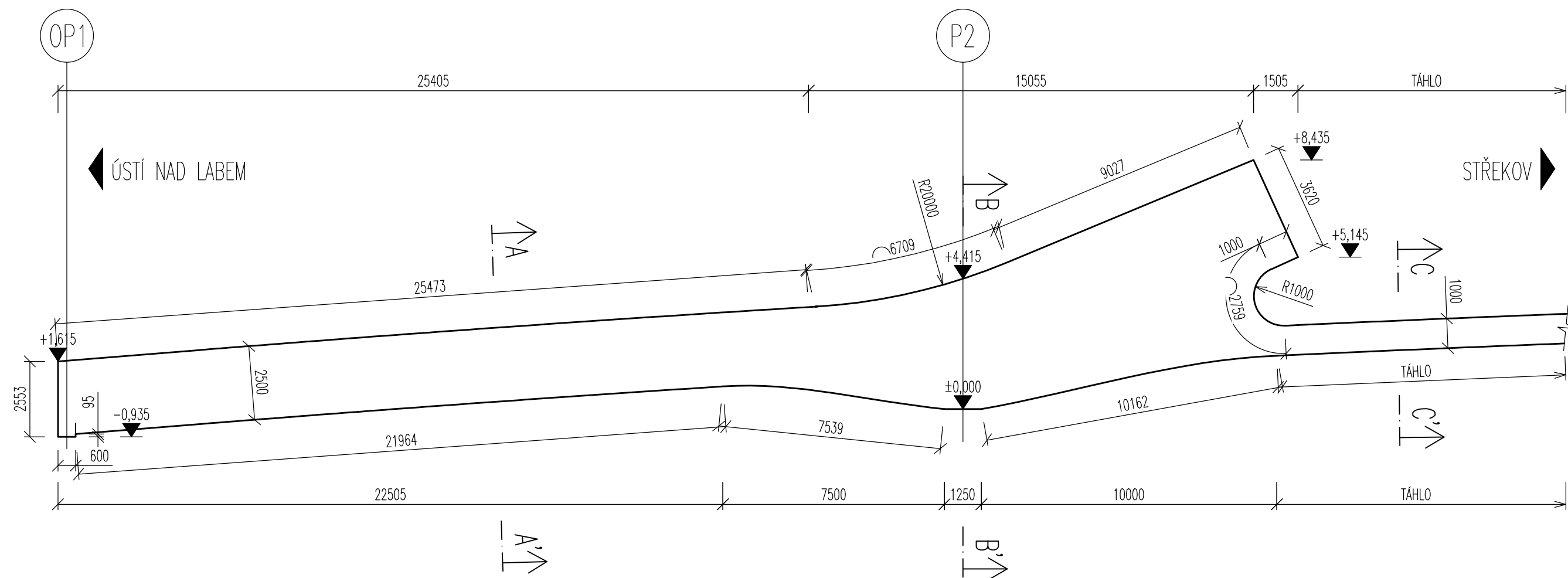
NÁZEV VÝKRESU PŘÍČNÉ ŘEZY – NOVÝ STAV

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLÍK Ph.D.

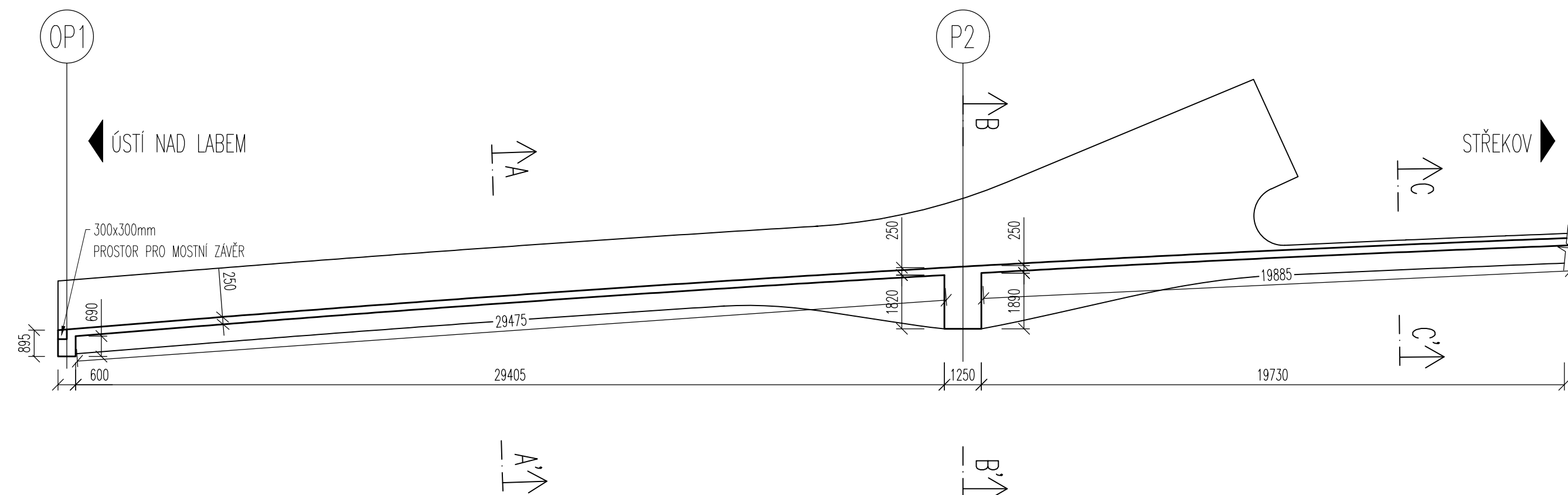
DATUM leden 2019 STUPEŇ –

MĚŘÍTKO 1:100 ČÍSLO PŘÍLOHY 07

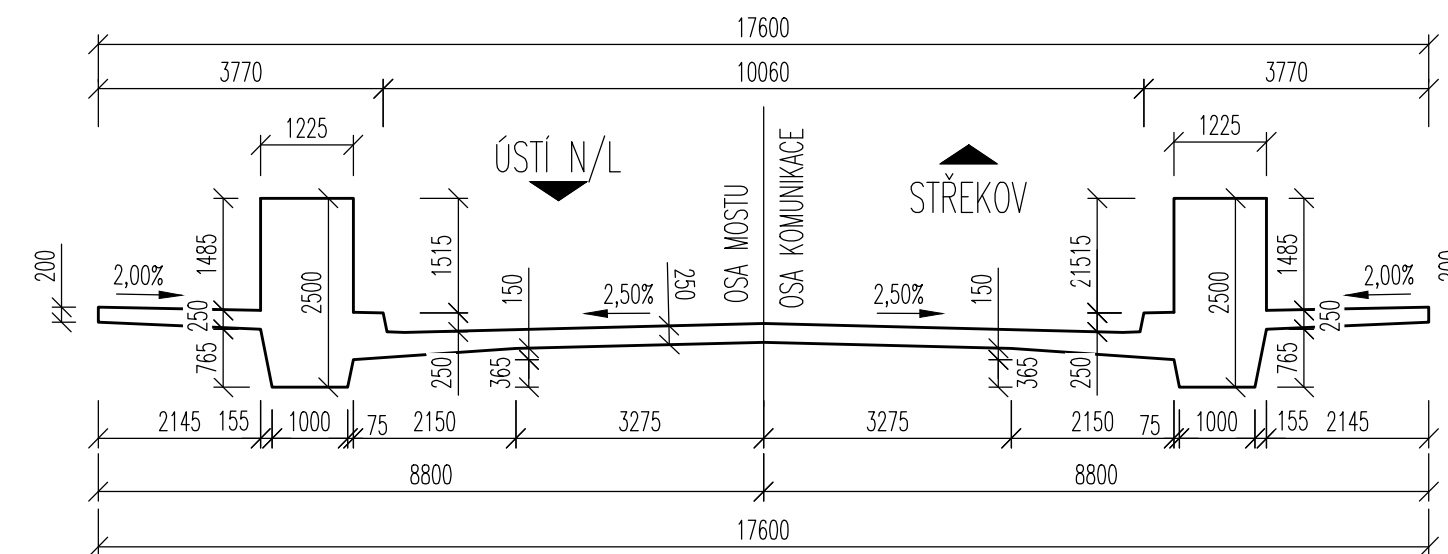
TVAR NOSNÉ KONSTRUKCE – TRÁM
M 1:150 – ÚSTECKÁ ČÁST, ŘEZ D-D'



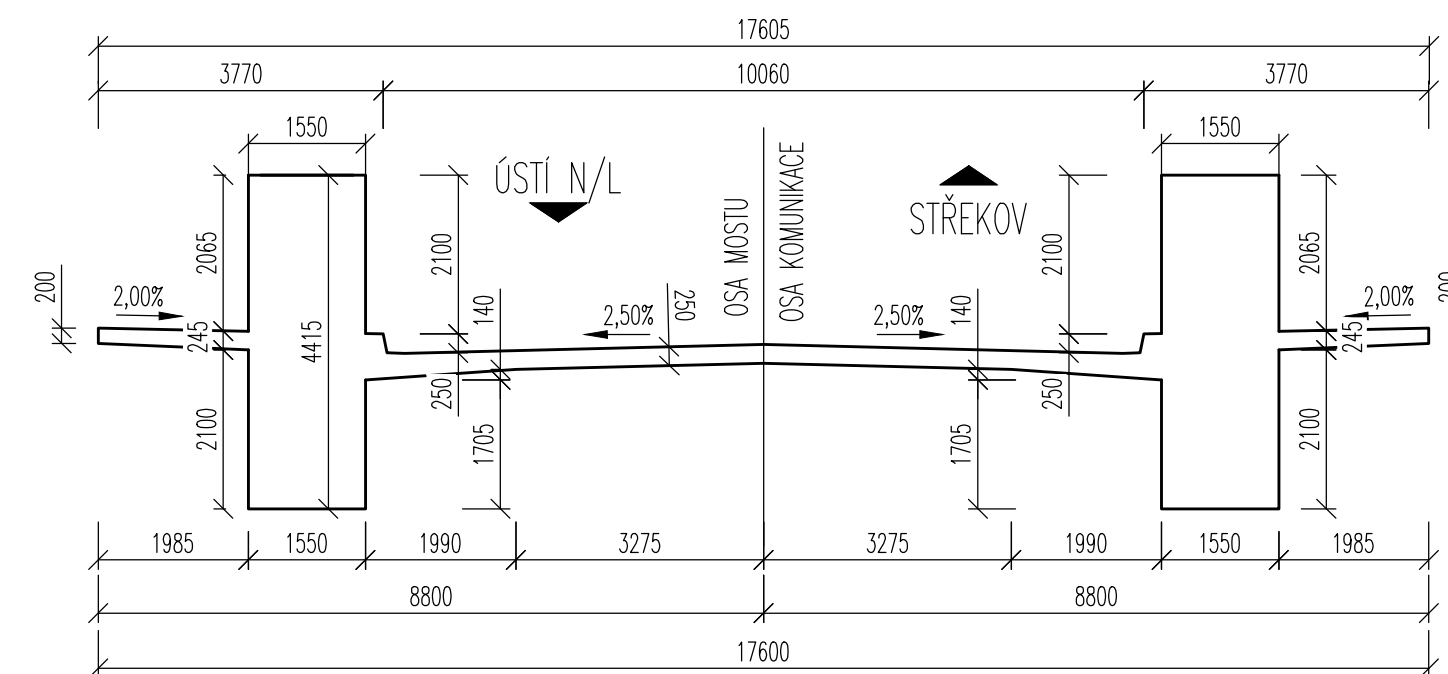
TVAR NOSNÉ KONSTRUKCE – DESKA MOSTOVKY
M 1:150 – ÚSTECKÁ ČÁST, ŘEZ OSOU MOSTU



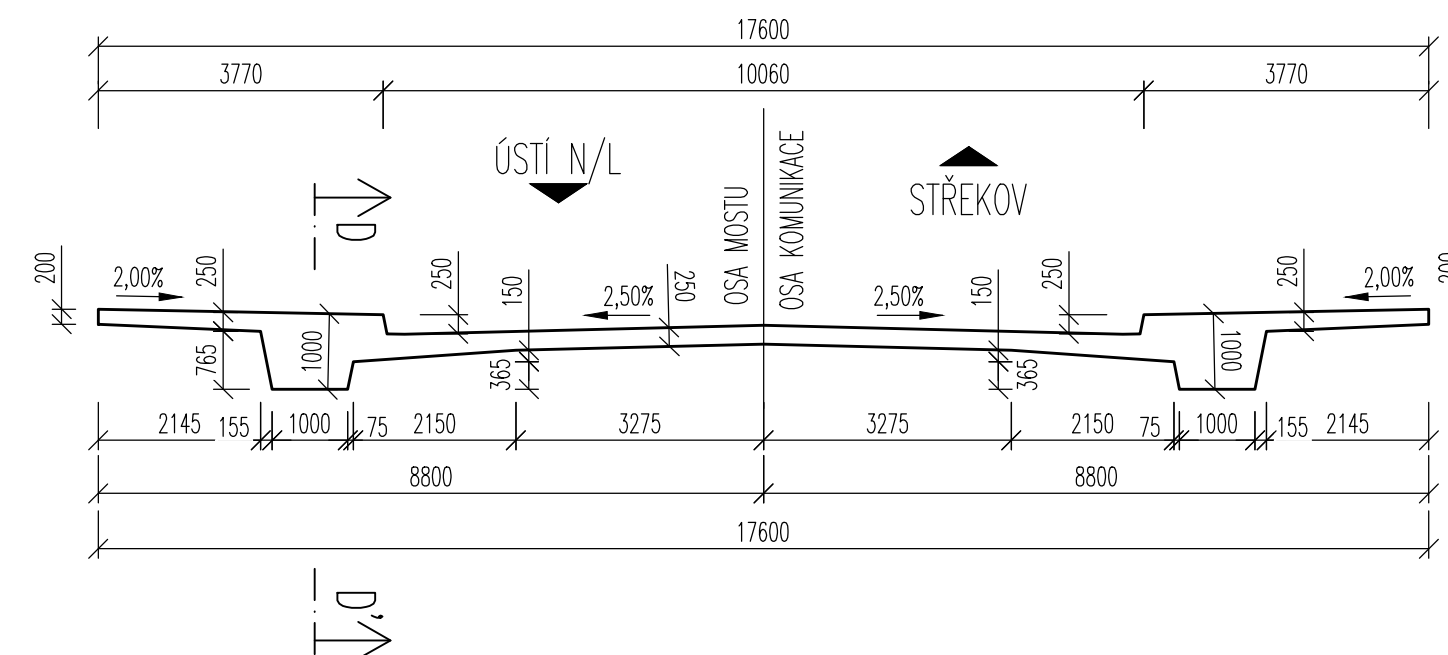
PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'
M 1:100 – PARAPETNÍ NOSNÍK



PŘÍČNÝ ŘEZ B-B'
M 1:100 – PRŮŘEZ NAD PILÍŘEM



PŘÍČNÝ ŘEZ C-C'
M 1:100 – TÁHLU OBLOUKU



MATERIÁLY:

BETON DLE ČSN EN 206-1	
MOSTOVKA	C45/55 XF4, XD3
KRYTÍ – CHRÁNĚNÉ ČÁSTI	c _{nom} =50mm, c _{min} =40mm
KRYTÍ – NECHRÁNĚNÉ ČÁSTI	c _{nom} =55mm, c _{min} =45mm
OBJEM	1861m ³
OPĚRY	C25/30 XF2, XD1
KRYTÍ	c _{nom} =55mm, c _{min} =45mm
OBJEM	289m ³
ZÁKLADY	C25/30 XA2
KRYTÍ	c _{nom} =60mm, c _{min} =50mm
OBJEM	176m ³

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

B500B

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ
PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

Y1860-S7



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@sv.cvut.cz

NAZEV PRÁCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH OPRAVY MOSTU
EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

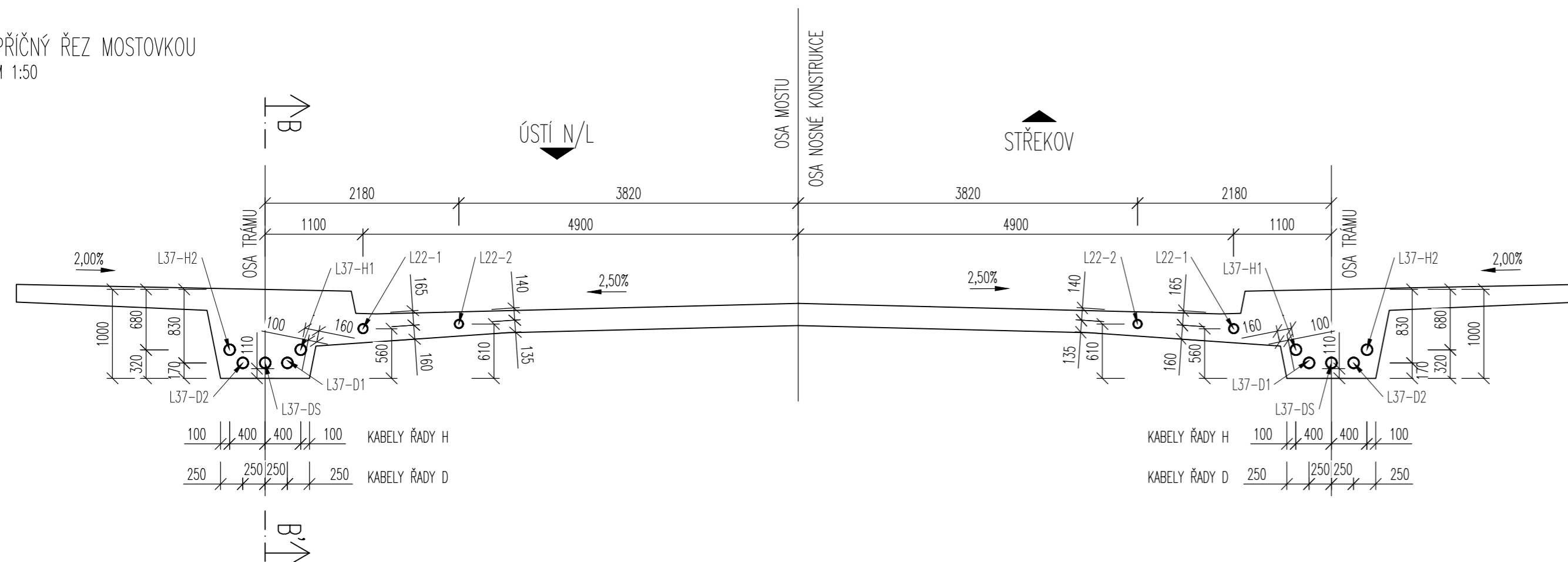
NAZEV VÝKRESU BETONOVÉ KONSTRUKCE – VÝKRES
TVARU

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLÍK Ph.D.

DATUM leden 2019 STUPEŇ –

MĚŘÍTKO 1:100/M150 ČÍSLO PŘÍLOHY 08

PŘÍČNÝ ŘEZ MOSTOVKOU
M 1:50



MATERIÁLY:

BETON DLE ČSN EN 206-1	
MOSTOVKA	C45/55 XF4, XD3
KRYTÍ - CHRÁNĚNÉ ČÁSTI	$c_{nom}=50mm, c_{min}=40mm$
KRYTÍ - NECHRÁNĚNÉ ČÁSTI	$c_{nom}=55mm, c_{min}=45mm$
OPĚRY	C25/30 XF2, XD1
KRYTÍ	$c_{nom}=55mm, c_{min}=45mm$
ZÁKLADY	C25/30 XA2
KRYTÍ	$c_{nom}=60mm, c_{min}=50mm$

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ	B500B

PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	
PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ	Y1860-S7



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Tháškova 2077/7, 160 00 Praha 6

VYPRACOVAL Michael ZÖRKLER
Havlovská 1283/5
Praha 6-Dejvice
160 00
michael.zorkler@fsv.cvut.cz

NÁZEV AKCE DIPLOMOVÁ PRÁCE
NÁVRH OPRAVY MOSTU
EDVARDA BENEŠE V ÚSTÍ N/LABEM

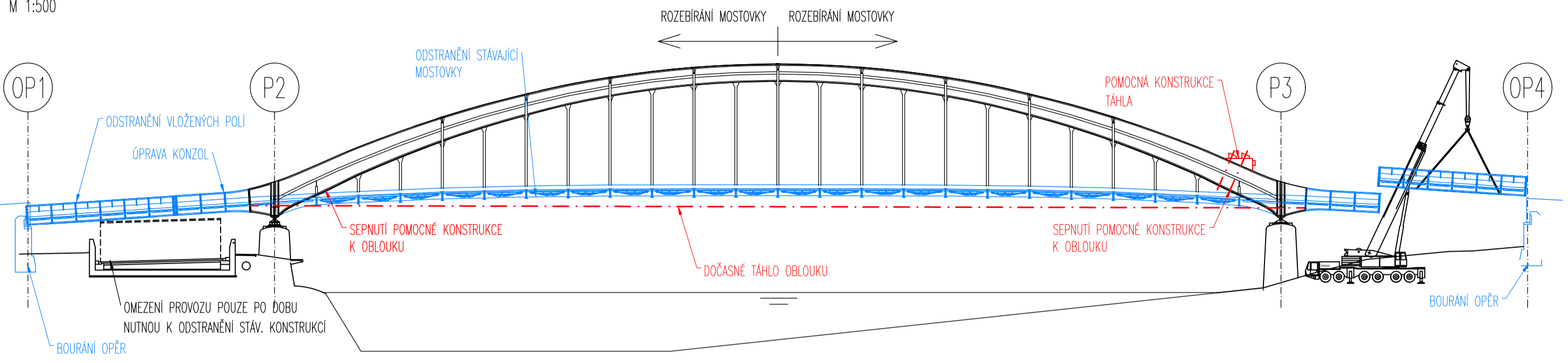
NÁZEV VÝKRESU BETONOVÉ KONSTRUKCE – VÝKRES
PŘEDPĚTÍ

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT doc. Ing. Lukáš VRÁBLÍK Ph.D.

DATUM leden 2019 STUPEŇ -

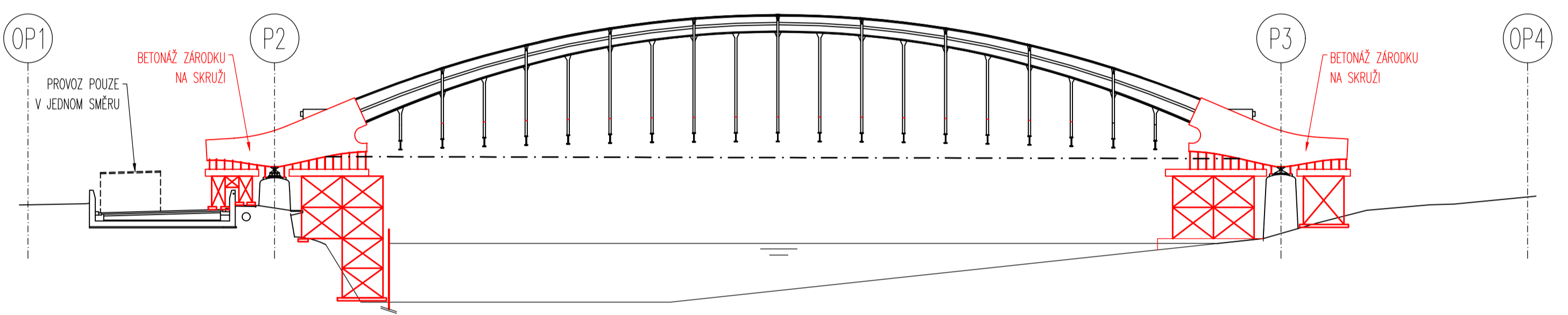
MĚŘÍTKO 1:50 ČÍSLO PŘÍLOHY 09

FÁZE 1 – BOURÁNÍ A ROZEBRÁNÍ STÁVAJÍCÍCH KONSTRUKCÍ
M 1:500



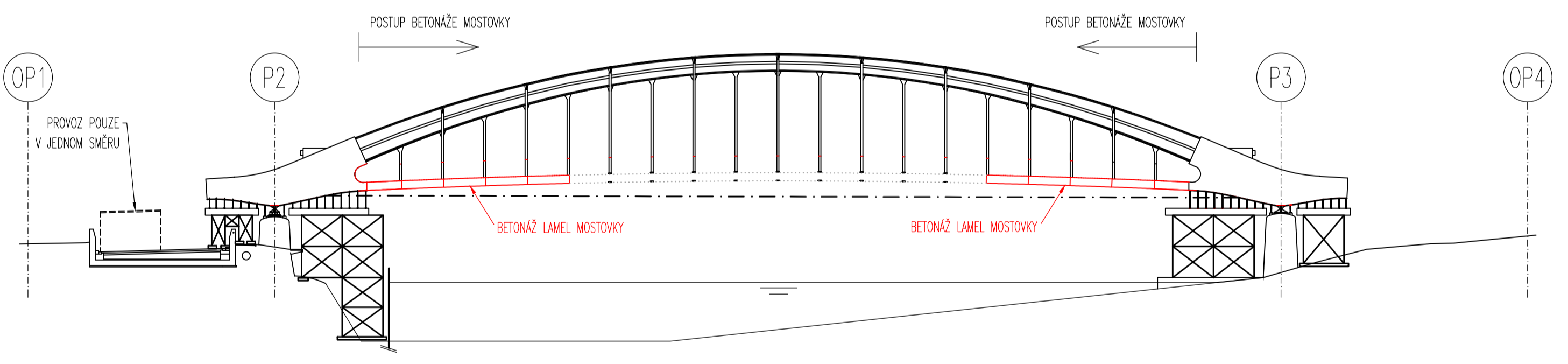
- 1) NAPĚTÍ PROVIZORNÍHO TÁHLA (DEAKTIVACE SOUČASNÉHO TÁHLA)
- 2) – BOURÁNÍ BETONOVÉ DESKY MOSTOVKY A POSTUPNĚ ROZEBRÁNÍ OCELOVÝCH ČÁSTÍ MOSTOVKY (PŘÍČNÍKY, TÁHLA, PODÉLNÍKY A KONCE ZÁVĚSŮ) – PŘÍPOJOVÁNÍ NOVÝCH KONCŮ ZÁVĚSŮ SPOLEČNĚ S NOVÝMI PŘÍČNÍKY
- 3) PO ROZEBRÁNÍ A NAHRAZENÍ STŘEDNÍHO POLE, SNESENÍ VLOŽENÝCH POLÍ A KONCŮ KONZOL
- 4) BOURÁNÍ STÁVAJÍCÍCH OPĚR

FÁZE 2 – BETONÁŽ ŽÁRODKŮ
M 1:500



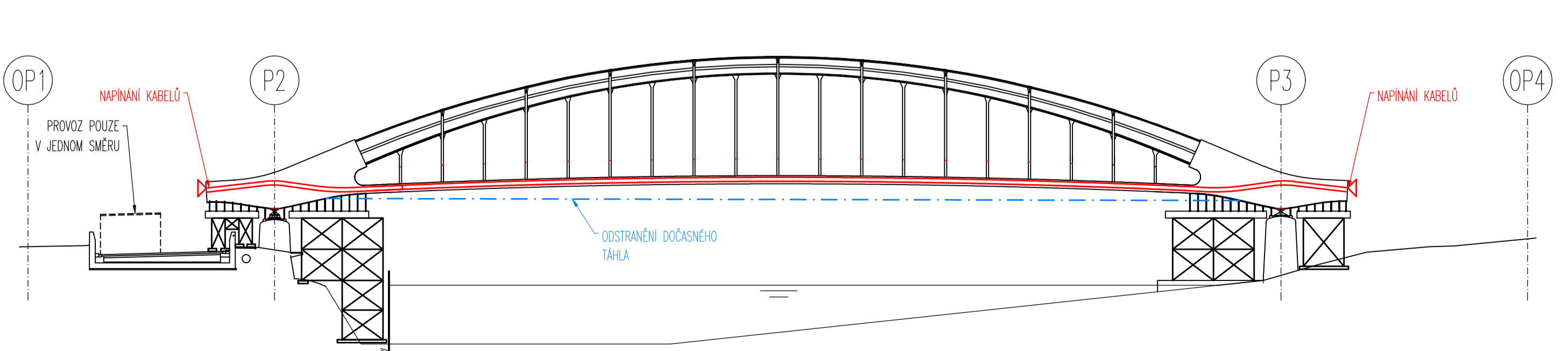
- 1) NA OŠTECKÉ STRANĚ OPRAVA BRĚHU U PILÍŘE A VYTVOŘENÍ STAVEBNÍ JIMKY ZE ŠTĚTOVIC
- 2) SESTAVENÍ PODPĚRNÝCH SKRŽÍ NA OBOU BRĚZÍCH
- 3) BETONÁŽ ŽÁRODKU OBLOUKŮ

FÁZE 3 – BETONÁŽ MOSTOVKY VE STŘEDNÍM POLÍ
M 1:500



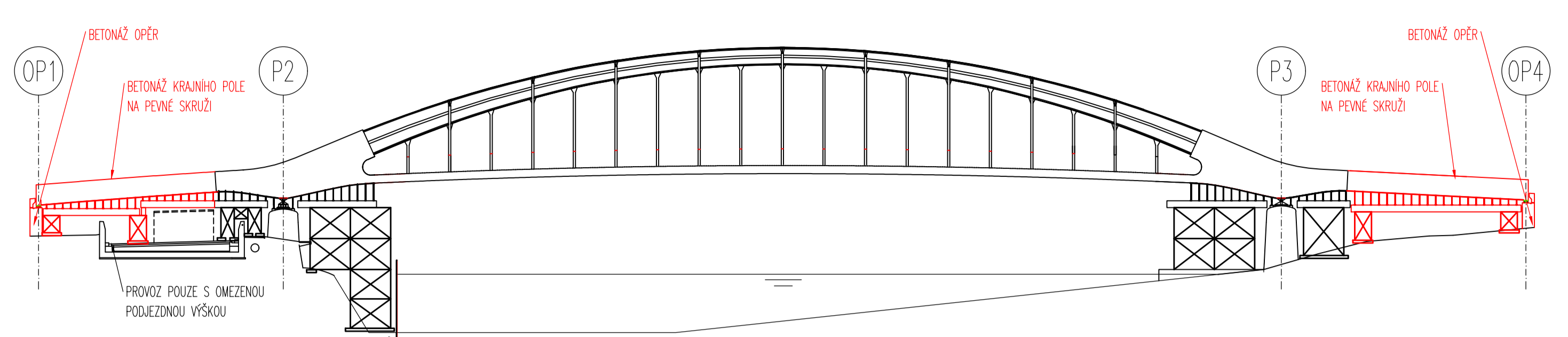
- 1) SESTAVENÍ BEDNĚNÍ PRO NÁSLEDUJÍCÍ LAMELU MOSTOVKY
- 2) BETONÁŽ LAMELY MOSTOVKY
- 3) ODBĚDNĚNÍ A PŘESUNUTÍ BEDNĚNÍ NA NÁSLEDUJÍCÍ TAKT
- 4) OPAKOVÁNÍ OD BODU 1) DOKUD NEJSOU VYBETONOVÁNY VŠECHNY LAMELY

FÁZE 4 – PŘEDEPNUTÍ 1. OSNOVY KABELŮ
M 1:500



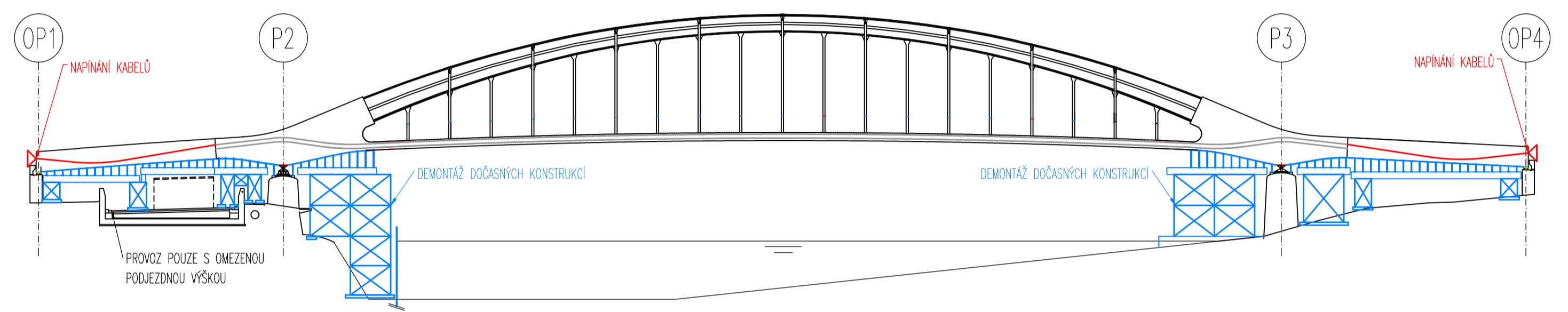
- 1) PROTAŽENÍ PŘEDPÍNAČÍCH KABELŮ KANÁLKY
- 2) PŘEDEPNUTÍ KABELŮ (DEAKTIVACE DOČASNÉHO TÁHLA)
- 3) ODSTRANĚNÍ DOČASNÉHO TÁHLA

FÁZE 5 – BETONÁŽ KRAJNÍCH POLÍ
M 1:500



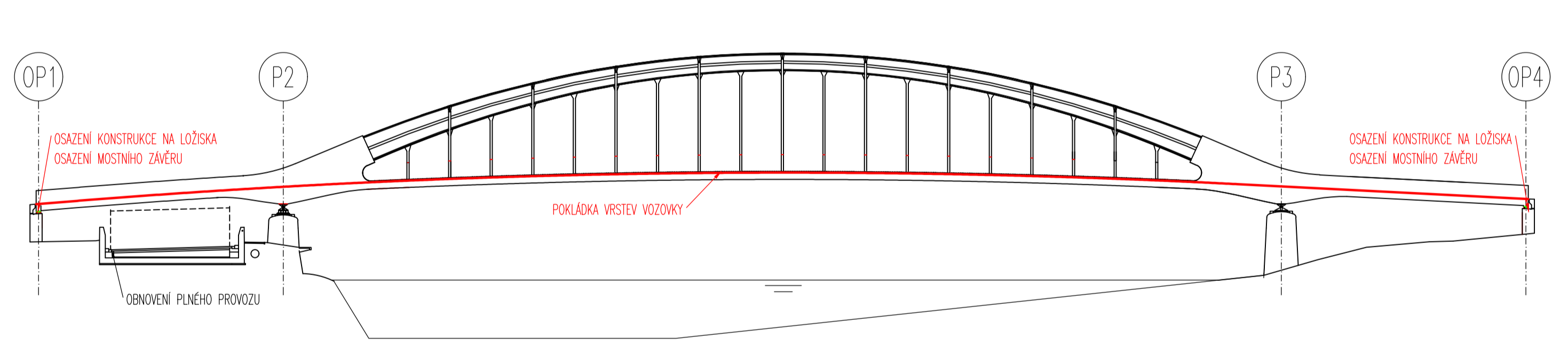
- 1) BETONÁŽ OPĚR
- 2) SESTAVENÍ PODPĚRNÝCH SKRŽÍ
- 3) BETONÁŽ KRAJNÍCH POLÍ

FÁZE 6 – PŘEDEPNUTÍ 2. OSNOVY KABELŮ
M 1:500

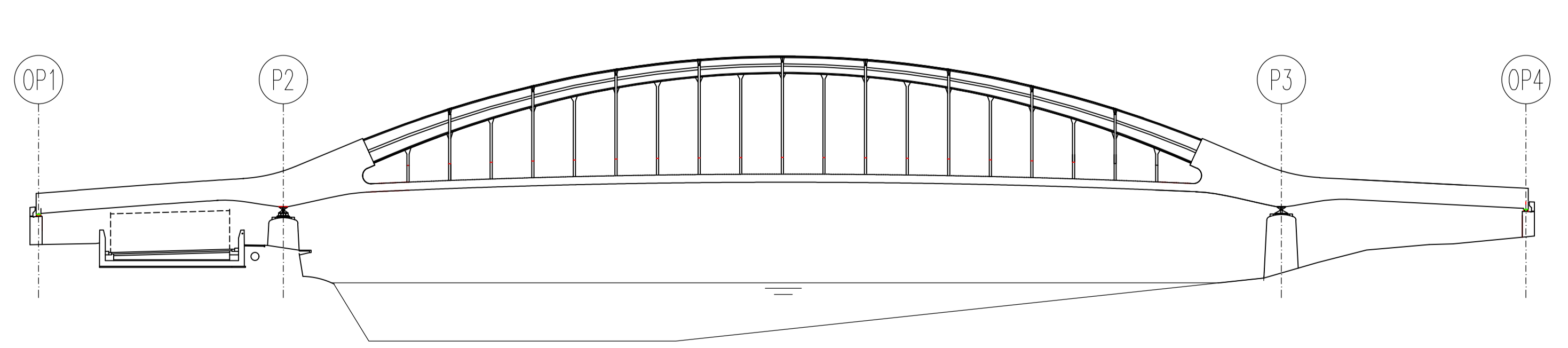


- 1) PROTAŽENÍ PŘEDPÍNAČÍCH KABELŮ KANÁLKY
- 2) PŘEDEPNUTÍ KABELŮ
- 3) DEMONTÁŽ VŠECH DOČASNÝCH KONSTRUKCÍ

FÁZE 7 – VOZOVKA A VYBAVENÍ MOSTU
M 1:500




FÁZE 8 – HOTOVÝ MOST
M 1:500



LEGENDA

- BOURNÉ ČÁSTI/DOČASNĚNÉ ČÁSTI
- STÁVAJÍCÍ ČÁSTI/DOKONČENÉ ČÁSTI
- NOVÉ ČÁSTI


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
 FAKULTA STAVEBNÍ
 Thákurova 2077/7, 160 00 Praha 6
 VYPRACOVAL: Michael ZÖRKLER
 Havlovská 1283/5
 Praha 6-Dejvice
 160 00
 michael.zorkler@sv.cvut.cz
 NÁZEV PRÁCE: DIPLOMOVÁ PRÁCE
 NÁVRH OPRAVY MOSTU
 EDVARDA BENEŠE V OÚTÍ N/LABEM
 NÁZEV VÝKRESU: POSTUP VÝSTAVBY
 ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT: doc. Ing. Lukáš VRÁBLÍK Ph.D.
 DATUM: leden 2019 STRUČNĚ: –
 MĚŘITKO: ČÍSLO PRÁKY: 10