

PŘÍLOHA 2.10.

MOST NA SOKP PŘES VLTAVU

STAVBA 519 - OBJ č. 201 KM 15.41 - 16.01

zhotovitel přílohy :
ING. V. TVRZNÍK CSc

ČERVENEC 2014

investor :

ŘSD ČR - PRAHA

HSP Č. 01PL - 000007

zhotovitel :

Sdružení Ing. Milan Strnad & Nýdrle-projekt.kancelář



NÝDRLE
projektová kancelář

OBSAH

Textová část

1. Úvod
2. Mostní konstrukce
3. Dilatační zařízení
4. Ložiska
5. Spodní stavba
6. Předběžné ověření rozměrů pilíře o výšce 84 m
7. Odhad stavebních nákladů
8. Závěr

Grafická část

1. Přehledná situace 1:5000
2. Podélný řez a pohled 1:2000
3. Příčné řezy a pilíře 1:200

MOST PŘES VLTAVU

1. Úvod

Přemostění je navrženo jako dvě samostatné konstrukce oddělené minimální mezerou 0,2 m mezi jejich římsami. Oddělení obou konstrukcí je nutné především z hlediska bezpečnostního, kdy v případě srážky vozidel nebo požáru (srážka s tankerem) anebo akce teroristů, může být doprava rychle převedena na most nepoškozený. Za kolizním úsekem se demontují svodidla a mezera oddělující oba mosty se překlene plechem o tloušťce 20 mm a šířce 300mm vloženým do připravené drážky v mostovce obou mostů, takže provoz může během krátké doby bezpečně pokračovat. Pro kontrolu horní mostovky a rychlý přístup ke kolizi je na vnějších stranách mostních konstrukcí proveden nouzový chodník o šířce 0,75 m oddělený od vozovky svodidly a na vnější hraně opatřený zábradlím.

Uvedené uspořádání umožňuje rychlou a spolehlivou etapu výstavby (viz obr. Etapová úprava) a tím podstatné urychlení zprůjezdnění silničního okruhu.

2. Mostní konstrukce

Most je navržen jako spřažená příhradová konstrukce s betonovou deskou mostovky v obou úrovních mostu. Spřaženou konstrukci tvoří příhradový spojitý nosník o stálé výšce 6 m a pěti polích o rozpětích $(105+3\cdot 130+105)$ m, který má délku 602 m. Příhradový nosník je možné sestavit z menších částí v dočasné výrobě na staveništi a zavážet nebo vysouvat pak postupně na pilíře mostu při přechodném podepření. Betonování obou mostovek se pak provede podle stanoveného postupu tak, aby napětí v konstrukci způsobená betonáží byla minimální a bylo omezeno smršťování a dotvarování betonu. O jejich předpětí se rozhodne po podrobném statickém výpočtu.

3. Dilatační zařízení

Jako dilatační zařízení pro rozdíl teplot $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ČSN 736206) tj. pro změnu délky mostní konstrukce od zkrácení 108 mm až do prodloužení 72 mm na každé straně mostu umožňuje např. dilatační závěr Transflex T 106/2 o celkovém posunu 230 mm t.j. ± 115 mm při ochlazení nebo oteplení.

4. Ložiska

Navržena jsou ložiska pevná nad pilíři č. 2 a 3 (číslováno z levého břehu), na pilířích č. 1 a 4 jsou ložiska jednosměrně posuvná (např. Neopot N pevná, Neopot NGe posuvná pro únosnost 1100 t každé). Ložiska na opěrách jsou jednosměrně posuvná pro únosnost 450 t.

5. Spodní stavba

Spodní stavby tvoří pilíře a opěry. Maximální výška pilíře činí 84 m. Založení je plošné u opěr a pilířů č. 1 a 2 a na šachtových pilířích pro pilíře č. 3 a 4. Vzhledem k tomu, že dosud nemohl být proveden geologický průzkum, předpokládáme, že geologický profil Vltavy, podobně jako v Praze vltavská terasa, tvoří vrstvy štěrkopísku až velmi hutných štěrků proložených balvany do hloubky 6 až 8 m pod koryto řeky, pod kterými je skalní podloží. Vzhledem k možnému vymílání během povodní (u pilířů Karlova mostu byly po povodni v srpnu 2002 zjištěny výmoly hluboké až 5,5 m), je třeba založit oba pilíře v řece až do skalního podloží. Proto byly navrženy pod oběma základovými patkami v řece šachtové pilíře. Základové patky pilířů č. 1 a 2 leží na velmi únosných štěrcích a vzhledem k jejich poloze nejsou ohroženy vymíláním, stejně jako opěry mostu, které jsou založeny podstatně výše.

Pilíře jsou železobetonové, duté s plynule se měnící tloušťkou strany od 0,35 m ve vrcholu do 0,7 m v patce. Mají tvar zaobleného čtverce otočeného vrcholem proti toku řeky, vzhledem k jejich značnému namáhání ve směru rozpětí mostu způsobené vodorovnou silou vznikající třením ocelové nosné konstrukce v ložiskách mostu v důsledku pohybů způsobovaných změnami teplot.

Most byl navržen na základě předběžných statických výpočtů a zkušeností z výstavby, provozu a údržby mostů.

6. Předběžné ověření rozměrů nejvyššího pilíře mostu o výšce 84 m

Zatěžovaná plocha mostu na pilíř činí $130 \cdot 15,5 = 2015 \text{ m}^2$

Zatížení stálé

tíha ocel. konstrukce $0,40 \text{ t/m}^2$ (podle podobných provedení) 806,0 t
horní ocelobet. vozovka $130 \cdot 18,1 \cdot 0,25 \cdot 2,4$ 1411,8 t
dolní ocelobet. vozovka $130 \cdot 8,0 \cdot 0,15 \cdot 2,4$ 377,4 t
celkem 2595,2 t

Zatížení pohyblivé

Největší svislé zatížení vyvozuje II. seskupení (ČSN 736208)

$3 \cdot 96 \cdot 9 \text{ KN/m}^2$ 2592 KN

$(15,5 - 3) \cdot 96 \cdot 3,5 \text{ KN/m}^2$ 4200 KN

Celkem 6792 KN

Největší vodorovné zatížení v hlavě pilíře

Vyvozuji změny teploty $(-35 + 20) ^\circ\text{C}$ jejichž vodorovný posun se přenáší ložisky do pilíře a

vyvozuje $\max H = 0,05 \cdot (25952 + 6792) \text{ KN} = 0,05 \cdot 32744$

vod. síla $\max H = 16372 \text{ KN} = 163,7 \text{ t}$

ohyb.mom. $\max M = 163,72 \cdot 84 = 13752,5 \text{ tm}$

Parametry navrženého pilíře (tvar dutého čtverce otočený o 90° na vrchol proti toku řeky).

Výška 84 m

tloušťka ve vrcholu $t_v = 0,35 \text{ m}$,

vnější délka strany $H_v = 6 \text{ m}$,

vnitřní strana $h_v = 5,3 \text{ m}$,

plocha pilíře ve vrcholu $F_v = (6^2 - 5,3^2) \text{ m}^2 = 7,91 \text{ m}^2$,

tloušťka stěny v patce $t_p = 0,7 \text{ m}$,

vnější délka strany $H_p = 8 \text{ m}$,

vnitřní strana $h_p = 6,6 \text{ m}$,

plocha pilíře v patce $F_p = (8^2 - 6,6^2) \text{ m}^2 = 20,44 \text{ m}^2$

Plocha F_{str} (ve středu výšky) $= \frac{(7,91 + 20,44) \text{ m}^2}{2} = 14,17 \text{ m}^2$

Tíha G pilíře $14,17 \cdot 84 \cdot 2,4 = 2856,67 \text{ t}$

$\max H = 0,05 \cdot (2595,2 + 679,2) \text{ t} = 163,7 \text{ t}$

$\max$ moment v patce $M_p = 163,7 \cdot 84 \text{ m} = 13750,8 \text{ tm}$

I_p (moment setrvačnosti průřezu v patce) $= \frac{F_p}{12} \cdot (H^2 + h^2) = \frac{20,44}{12} \cdot (8^2 + 6,6^2) = 183,21 \text{ m}^4$

$$W(\text{moment odporu průřezu v patce}) = \frac{\sqrt{2}}{12} * \frac{H^4 - h^4}{H} = 0,1179 * \frac{8^4 - 6,6^4}{8} = 0,1179 * 274,81 = 32,4 \text{ m}^3$$

$$P = 2595,2 + 679,2 + 2856,67 = 6131,07 \text{ t}$$

$$i = \sqrt{\frac{J_p}{F_p}} = \sqrt{\frac{183,21}{20,47}} = 2,99 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{2l_0}{i} = \frac{168}{2,99} = 56,2 \dots \dots \dots c = 1,12$$

$$\sigma = c * \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W} = 1,12 * \frac{6131,07}{20,44} \pm \frac{13750,8}{32,4} = (335,95 + 424,41) \text{ t/m}^2$$

$$(335,95 - 424,41) \text{ t/m}^2$$

$$\sigma = +760,36 \text{ t/m}^2 = +76 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{B250}), \text{ ČSN 736206}$$

$$-88,46 \text{ t/m}^2 = -8,85 \text{ kg/cm}^2 < -11 \text{ kg/cm}^2$$

Průřez ve středu pilíře

$$\text{Tloušťka stěny } t = \frac{0,35 + 0,7}{2} = 0,525 \text{ m}$$

$$H = \frac{6 + 8}{2} = 7 \text{ m}$$

$$h = \frac{5,3 + 6,6}{2} = 5,95 \text{ m}$$

$$F_{\text{stř}} = 14,17 \text{ m}^2$$

$$J = \frac{F_{\text{stř}}}{12} * (H^2 + h^2) = \frac{14,17}{12} * (7^2 + 5,95^2) = 99,66 \text{ m}^4$$

$$W_{\text{stř}} = \frac{\sqrt{2}}{12} * \frac{H^4 - h^4}{H} = 0,1179 * \frac{7^4 - 5,95^4}{7} = 19,36 \text{ m}^3$$

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{99,66}{14,17}} = 2,65 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{2l_0}{2,65} = \frac{2 * 42}{2,65} = 31,69 < 50 \dots \dots \dots c = 1$$

$$\max H = 163,7 \text{ t}$$

$$\max M = 163,7 * 42 = 6875,4 \text{ tm}$$

$$F_{\text{stř}} = \frac{14,17 + 7,91}{2} = 11,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Tíha } G_{\text{stř}} = F_{\text{stř}} * 42 \text{ m} * 2,4 \text{ t/m}^3 = 11,04 * 42 * 2,4 = 1112,8 \text{ t}$$

$$P = 2595,2 + 679,2 + 1112,8 = 4387,23 \text{ t}$$

$$\sigma = c * \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W} = \frac{4387,23}{14,17} \pm \frac{6875,4}{19,36} = (309,61 \pm 355,13) \text{ t/m}^2$$

$$\sigma = +664,74 \text{ t/m}^2 = 66,47 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{B250})$$

$$-45,52 \text{ t/m}^2 = -4,55 \text{ kg/cm}^2 < -11 \text{ kg/cm}^2$$

Návrh základové patky pilíře č. 2

Kubatura pilíře -dřík $75\text{m} \cdot 14,17\text{m}^2 = 1062,75 \text{ m}^3$

$$\text{-víko } 49\text{m}^2 \cdot 1,5\text{m} = \frac{73,5 \text{ m}^3}{1136,25 \text{ m}^3}$$

Tíha pilíře $1136,25 \text{ m}^3 \cdot 2,4 \text{ t/m}^3 = 2727\text{t}$

Kubatura patky pilíře $3 \cdot (16^2 - 2 \cdot 4,6^2) = 3 \cdot 213,68 \text{ m}^2 = 641,04 \text{ m}^3$

Tíha patky $G_p = 641,04\text{m}^3 \cdot 2,4\text{t/m}^3 = 1538 \text{ t}$

Celková síla působící na základovou spáru $R = (2595,2 + 679,2 + 2727 + 1538) \text{ t} = 7539,9 \text{ t}$

$\max M = 163,7 \text{ t} \cdot 80 \text{ m} = 13096 \text{ tm}$

$$e = \frac{13096\text{tm}}{7539,9\text{t}} = 1,74 \text{ m}; \quad 16 - 2 \cdot e = (16 - 3,48) \text{ m} = 12,52 \text{ m}$$

$$\text{zatížená plocha } F = 213,68 - \frac{13+6,6}{2} \cdot 3,48 = 179,58 \text{ m}^2$$

$$\text{napětí v základní spáře } v = \frac{7539,9\text{t}}{179,58\text{m}^2} = 41,99 \text{ t/m}^2 = 4,2 \text{ kg/cm}^2 < 8 \text{ kg/cm}^2$$

(ČSN 731820)

7. Odhad stavebních nákladů

Cena betonu zahrnuje bednění, výztuž, zemní práce (ev. jímku) a nutné činnosti.

Cena ocelové konstrukce zahrnuje výrobu, dopravu, montáž a protikorozi ochranu.

Spodní stavba

Opěry: velká 1570 m^3

malá $\underline{755 \text{ m}^3}$

$2325 \text{ m}^3 \cdot 8650 \text{ Kč} \dots\dots\dots 20,112 \text{ mil. Kč}$

Pilíře: základové patky mimo řeku $2565 \text{ m}^3 \cdot 10\,200 \text{ Kč} \dots\dots\dots 26,163 \text{ mil. Kč}$

základové patky v řece $3845 \text{ m}^3 \cdot 18\,250 \text{ Kč} \dots\dots\dots 70,172 \text{ mil. Kč}$

dříky $9213 \text{ m}^3 \cdot 16\,800 \text{ Kč} \dots\dots\dots \underline{154,779 \text{ mil. Kč}}$

271,226 mil. Kč

Vrchní stavba

Ocelová konstrukce: $602 \cdot 31 \cdot 0,4 = 7464,8\text{t} \cdot 85\,000\text{Kč} \dots\dots\dots 634,508 \text{ mil. Kč}$

Ložiska pro únosnost 1100t $24\text{ks} \cdot 250\,000 \text{ Kč} \dots\dots\dots 6,000 \text{ mil. Kč}$

$450\text{t} \cdot 12\text{ks} \cdot 150\,000 \text{ Kč} \dots\dots\dots 1,800 \text{ mil. Kč}$

Dilatační zařízení $36,1 \cdot 2 \cdot 120\,000 \text{ Kč/m} \dots\dots\dots 8,644 \text{ mil. Kč}$

$8 \cdot 2 \cdot 120\,000 \text{ Kč/m} \dots\dots\dots 1,920 \text{ mil. Kč}$

Horní sprážená mostovka $602 \cdot 33,5 \cdot 0,25 \cdot 7\,000 \text{ Kč} \dots\dots\dots 35,292 \text{ mil. Kč}$

Dolní sprážená mostovka 602*8*0,15*7 000 Kč.....	5,057 mil. Kč
Chodníky včetně římsy (1264+347) m ³ *7 500 Kč.....	12,083 mil. Kč
Izolace Eliminátor 602*33,5*1 800 Kč/m ²	36,300 mil. Kč
Zábradlí 4*602*2 000 Kč/m	4,810 mil. Kč
Zatěžkávací zkouška 10mil. Kč	<u>10,000 mil. Kč</u>
	756,414 mil. Kč

Spodní a vrchní stavba celkem	1 027,640 mil. Kč
Nepředvídané 10%	<u>102,764 mil. Kč</u>
Stavba celkem	1 130,404 mil. Kč
Dokumentace stavby 1 027,640 mil. Kč * 0,02	20,553 mil. Kč
Dokumentace skutečného provedení stavby 20,553*0,02	<u>0,411 mil. Kč</u>
<u>Stavba + projektové práce</u>	<u>CELKEM 1 151,368 mil. Kč</u>

Plocha mostu $2*15,50*602 + (2*1,5*602) = 18622 \text{ m}^2 + 1806 = 20\,428 \text{ m}^2$

Ukazatel ceny mostu $1\,130,404 / 20\,428 = 55\,336 \text{ Kč/m}^2$

8. Závěr

Je třeba si uvědomit mimořádný význam tohoto přemostění, neboť SOKP je součástí transevropské dálniční sítě TEN-T IV. multimodálního koridoru Berlín – Istanbul.

Cílem realizace okruhu je převedení tranzitní silniční dopravy mimo město, propojení dálnic a dopravně významných silnic vstupujících do Prahy, rozvedení dopravy z komunikací přicházejících do Prahy na městské komunikace a zajištění dopravních spojení měst ležících podél okruhu. Připomínáme, že intenzita dopravy od r. 1990 trvale vzrůstá, takže pro výhledové období nemůže okruh uspokojit v uspořádání 4pruhové komunikace cca 97 000 vozidel v průměrném pracovním dnu.

Uvedené skutečnosti vyústí v požadavek na vysokou spolehlivost a bezpečnost mostních konstrukcí včetně jednoduché údržby a dlouhodobé životnosti. Konstrukce musí mít dostatečnou rezervu v únosnosti, neboť u mostů na tak exponovaných komunikacích požadujeme životnost 120 let, přičemž se zatížení mostů zvyšují.

Mimořádný důraz je kladen na citlivé včlenění mostu do přírody a krajinně cenného území při kategorickém respektování hlavního účelu mostu tj. převedení dálniční komunikace při zachování všech jejích charakteristických parametrů a podmínek dálničního provozu tj.

nepřípustná změna směru nebo zpomalení rychlosti při vjezdu na most, které jsou při změnách počasí (mlhy, kluzká vozovka při náhlých mrazech atd.) nebezpečné. Proto je předem vyloučen dvouúrovňový most, který nemůže poskytnout stejnou míru bezpečnosti jako most jednoúrovňový proti následkům nehodových událostí včetně teroristických útoků, pro které je atraktivním cílem, zejména pokud k nim dojde uvnitř tubusu. Vyznačuje se také podstatně vyšším rizikem kolapsu konstrukce při velkém požáru na dolní úrovni, který vede ke ztrátě obou jízdních pruhů současně, takže ekonomické riziko ztrát je dvojnásobné.

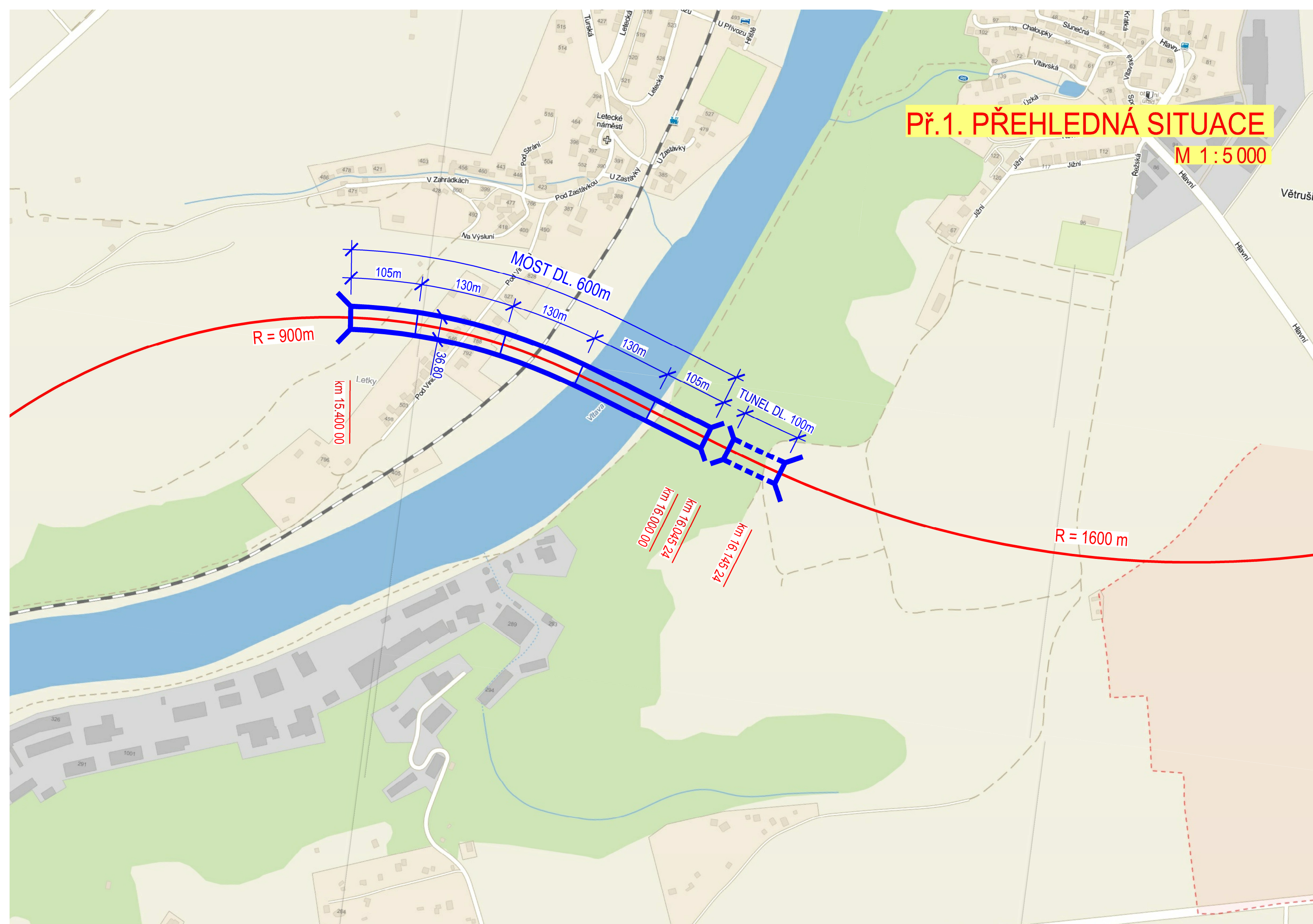
Most jako celek musí být vedle bezpečnosti trvale provozně spolehlivý. Poškození nebo vada na konstrukci mostu, i když jen jako dočasná ztráta průjezdnosti, vede ke ztrátám v miliardách, násobně překračujícím technické škody na konstrukci. Velmi nákladné by bylo také zajištění přijatelných objízdnych tras. Dvoupatrové řešení vyžaduje rovněž trvalé vyšší prostředky na provoz a údržbu (řízení provozu, osvětlení, větrání). Most byl navržen na základě předběžných statických výpočtů, zkušeností z výstavby, provozu a údržby mostů, neruší životní prostředí a vyhovuje všem uvedeným podmínkám a požadavkům.

Ekonomické hodnocení navrženého přemostění vyjadřuje poměr stavebních nákladů a čtverečního metru pojížděné plochy mostovky (délka mostu násobená šířkou mezi svodidly), který je příznivý a činí 55 336 Kč/m² (pro zavěšený most přes Odru na D47 v oblasti Antošovických jezer tento ukazatel činí 73 974 Kč/m² při rozpětí pouze 105 m).

Červen 2014

Ing. Vladimír TVRZNÍK, CSc.

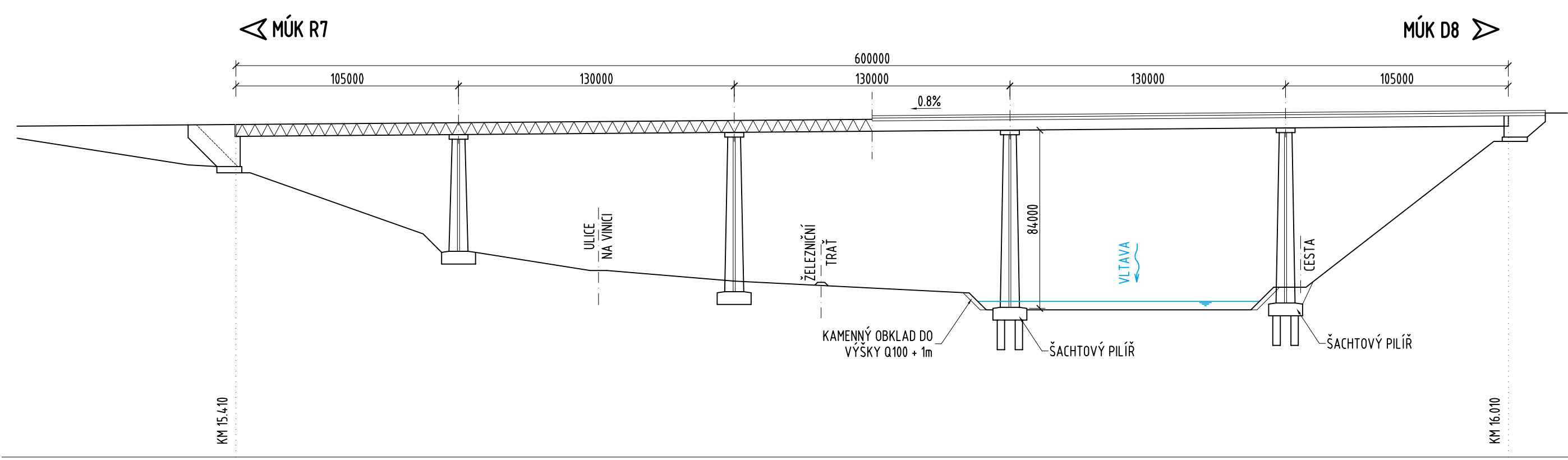
M 1 : 5 000



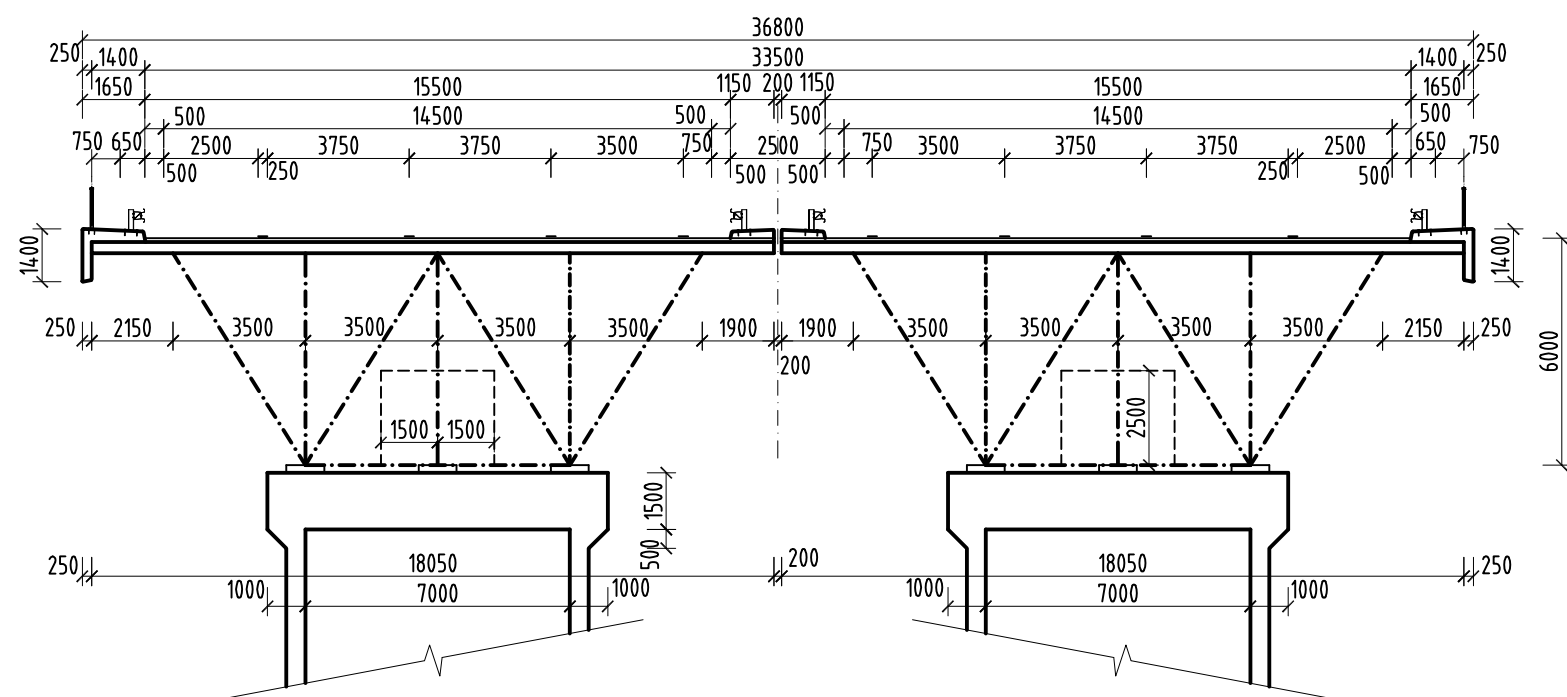
Př.2. PODÉLNÝ ŘEZ A POHLED

M 1:2 000

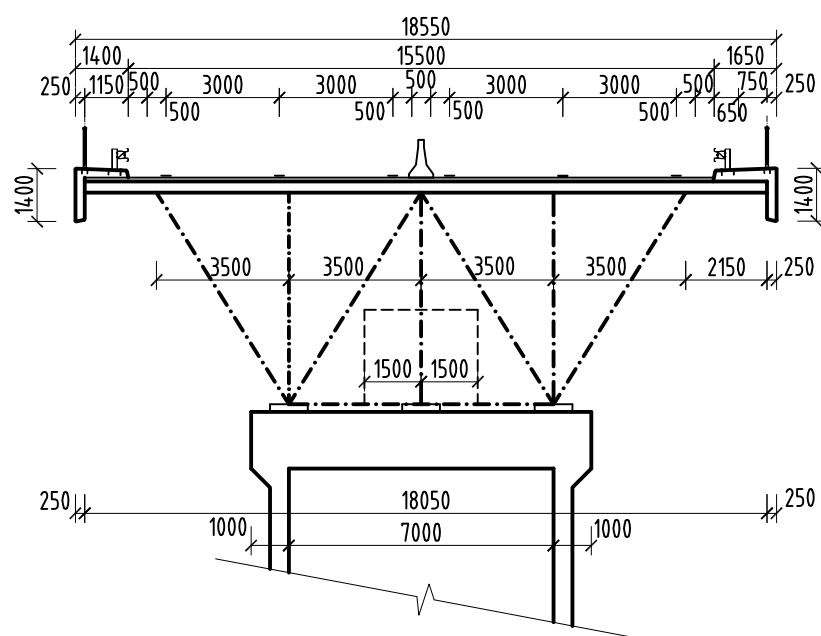
PODÉLNÝ ŘEZ A POHLED 1:2000



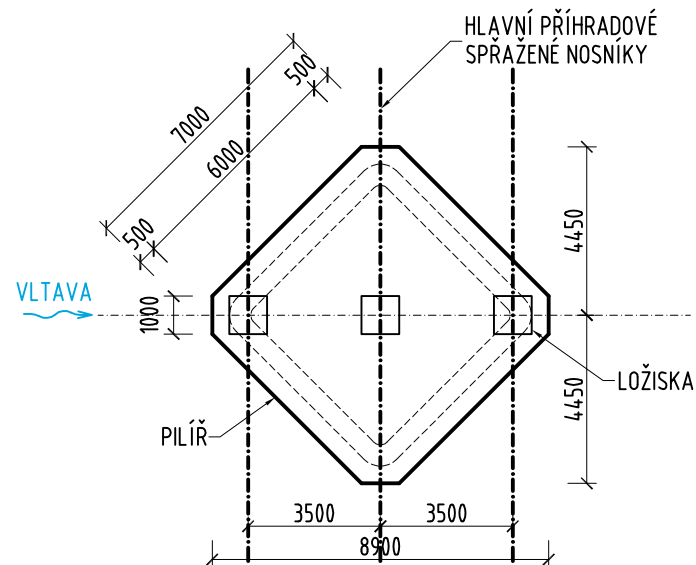
PŘÍČNÝ ŘEZ A ŠÍRKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ 1:200



ETAPOVÁ ÚPRAVA 1:200



PŮDORYS PILÍŘE 1:200



Př.3. PŘÍČNÉ ŘEZY A PILÍŘE

M 1:200

PLOŠNÝ ZÁKLAD PILÍŘE 1:200

