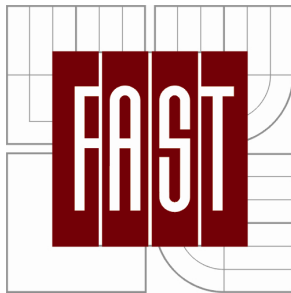


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

POSOUZENÍ KAPACITY MOSTNÍCH PROFILŮ NA TOKU BOBRAVA

THE ASSESSMENT OF THE CAPACITY OF BRIDGE PROFILES ON THE BOBRAVA RIVER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JOSEF BEZDĚK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RUDOLF MILERSKI, CSc.

BRNO 2013

ABSTRAKT

Cílem práce „Posouzení kapacity mostních profilů na toku Bobrava“ je provedení výpočtů v programovém prostředí HEC-RAS v soustavě mostů na toku Bobrava. V práci dojde k posouzení kapacity mostů a využije se znalostí z modelového výzkumu k návrhu zvýšení kapacity. Bude vytvořen model řešeného úseku toku Bobrava. Dále pak budou provedeny úpravy koryta a mostních profilů pro bezpečné převedení Q_{100} těmito konstrukcemi. Následně bude zpracován model upraveného úseku toku Bobrava. Výstupem budou podélné profily hladin, tabelární a grafické výstupy z HEC-RAS a výkresy navržených úprav.

ABSTRACT

This diploma thesis “The Assessment of the Capacity of Bridge Profiles on the Bobrava River” focuses on making calculations of a system of bridges by using HEC-RAS PC software. This thesis assesses the capacity of bridges and applies knowledge of model research to design increase the capacity. A model of a stream on Bobrava River will be created. Furthermore, modifications of a river bed and bridge profiles will be realized for safe conversion Q_{100} by these constructions. Subsequently, a model of the modified stream on Bobrava River will be made. Lengthways profiles of water surface, table and graphic outputs from HEC-RAS PC software and modified designs will be output.

KLÍČOVÁ SLOVA

most, návrh mostu, drsnost, proudění, průtok, model, řeka Bobrava, úprava

KEYWORDS

a bridge, a design of a bridge, roughness, streaming, a flow, a model, Bobrava river, modification

Bibliografická citace:

BEZDĚK, Josef. *Posouzení kapacity mostních profilů na toku Bobrava.*

Brno, 2013. 93 s., 10 s. příl. Diplomová práce.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny.

Vedoucí práce Ing. Rudolf Milerski, CSc..

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, dle pokynů vedoucího diplomové práce. Všechny podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně uvedeny v seznamu použité literatury.

V Brně dne

.....

Josef Bezděk

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Rudolfu Milerskému, CSc., za odbornou pomoc a připomínky, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍL PRÁCE	9
3. ZÁKLADNÍ CHARAKTRISTIKY ŘEŠENÉHO ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A ŘEKY BOBRAVY	10
3.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE.....	10
3.1.1 Geografické vymezení území.....	10
3.1.2 Stávající a plánované využití území.....	10
3.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	11
3.2.1 Geomorfologické a klimatické poměry.....	11
3.2.2 Geologické poměry	12
3.2.3 Pedologické poměry.....	13
3.2.4 Hydrogeologické poměry.....	13
3.2.5 Hydrologické poměry.....	14
4. REKOGNOSKACE TERÉNU	15
4.1 DOPRAVNÍ OBSLUŽNOST	15
4.1.1 Silnice.....	15
4.1.2 Železnice	16
4.2 MOSTNÍ KONSTRUKCE V ŘEŠENÉM ÚSEKU	16
4.2.1 Železniční most v kilometru 5,6.....	16
4.2.2 Železniční most v kilometru 4,7.....	18
4.2.3 Silniční most na místní komunikaci u osady Dvorek.....	20
4.2.4 Silniční most u železničního přejezdu v kilometru 3,7	21
4.2.5 Železniční most v kilometru 3,6.....	23
4.3 POPIS KORYTA A VEGETAČNÍHO DOPROVODU.....	24
4.3.1 Koryto	24
4.3.2 Vegetační doprovod	24
5. PROUDĚNÍ V OTEVŘENÝCH KORYTECH A MOSTNÍMI KONSTRUKCEMI	27
5.1 USTÁLENÉ PROUDĚNÍ VODY V OTEVŘENÝCH KORYTECH.....	27
5.1.1 Ustálené rovnoměrné proudění vody v otevřených korytech	27
5.1.2 Ustálené nerovnoměrné proudění vody v otevřených korytech.....	27
5.1.3 Proudění kritické, říční a bystřinné	28
5.2 VODNÍ SKOK	29

5.3	PROUDĚNÍ MOSTNÍMI KONSTRUKCEMI.....	31
5.3.1	Mosty na tocích s říčním prouděním.....	31
1.1.1	Mosty na tocích s bystrinným prouděním.....	33
6.	HYDRAULICKÉ NAVRHOVÁNÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ.....	35
6.1	ROZDĚLENÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ V ZÁVISLOSTI NA VELIKOSTI TOKU	35
6.1.1	Mostní objekty křižující malé toky	35
6.1.2	Mostní objekty křižující malé toky	35
6.1.3	Mostní objekty v inudačních územích vodních toků	36
6.2	HYDRAULICKÉ ŘEŠENÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ	36
6.2.1	Stanovení návrhového průtoku a kontrolního návrhového průtoku.....	36
6.2.2	Určení režimu proudění ve vodním toku v okolí mostního objektu	36
6.2.3	Výpočet průběhu výchozí návrhové hladiny a výchozí kontrolní návrhové hladiny	37
6.2.4	Návrh šířky mostních polí, podpěr a křídel včetně jejich tvaru	38
6.2.5	Výpočet vzduť hladiny mostním objektem, tj. výpočet úrovně návrhové hladiny a kontrolní návrhové hladiny	38
6.2.6	Stanovení volné výšky spodní hrany mostní konstrukce nad návrhovou resp. kontrolní návrhovou hladinou	39
6.2.7	Převádění extrémních povodní.....	40
6.2.8	Výpočet deformací dna a výmolů v lokalitě mostního objektu s návrhem vhodného opevnění	40
6.3	Projektování mostních profilů ČSN 73 6201	41
6.3.1	Mostní profily v inudačních územích vodních toků	41
7.	METODIKA ŘEŠENÍ	43
7.1	REŠERŠE DOSTUPNÝCH MATERIÁLŮ	43
7.2	REKOGNOSKACE TERÉNU.....	43
7.3	SESTAVENÍ MODELU V HEC-RAS	43
7.4	ÚPRAVY KORYTA	44
7.5	POSOUZENÍ ÚPRAV V MODELU HEC-RAS	44
7.6	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	44
8.	VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	44
8.1	FYZIKÁLNÍ MODEL A LABORATORNÍ MĚŘENÍ.....	45
8.1.1	Fyzikální model.....	45
8.1.2	Laboratorní měření.....	46
8.2	VÝSLEDKY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	47

9. MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ VODY	48
9.1 POUŽITÝ MODEL.....	48
9.2 MODEL ŘEŠENÉHO ÚSEKU TOKU BEZ ÚPRAV	49
9.2.1 Umístění příčných profilů do situace	49
9.2.2 Práce v HEC-RAS.....	50
9.2.3 Geometrie mostních konstrukcí	61
9.3 MODEL ŘEŠENÉHO ÚSEKU TOKU PO ÚPRAVÁCH	66
9.3.1 Geometrie mostních konstrukcí	66
10. REALIZOVANÉ ÚPRAVY KORYTA	70
10.1 ÚPRAVY V PROFILU ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V KILOMETRU 4.7.....	70
10.1.1 Mostní konstrukce.....	70
10.1.2 Koryto	71
10.2 ÚPRAVY V PROFILU ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V KILOMETRU 5.6.....	73
10.2.1 Mostní konstrukce.....	73
10.2.2 Koryto	74
11. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	76
11.1 VLIV MOSTŮ NA PRŮBĚH Q_{100}	76
11.1.1 Železniční most v kilometru 5.6.....	76
11.1.2 Železniční most v kilometru 4.7.....	78
11.1.3 Silniční most na místní komunikaci u osady Dvorek.....	80
11.2 VLIV CELKOVÝCH ÚPRAV NA PRŮBĚH Q_{100}	82
11.3 POSTUP ÚPRAV.....	82
11.3.1 Úprava číslo 1	83
11.3.2 Úprava číslo 2	84
12. ZÁVĚR.....	86
13. POUŽITÁ LITERATURA.....	87
14. SEZNAM OBRÁZKŮ	88
15. SEZNAM TABULEK.....	91
16. SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....	92
17. SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ	93

1. ÚVOD

V souvislosti s rozhodnutím o rekonstrukci tratí Brno – Rapotice a s problémy, které se objevují, při průchodu extrémních průtoků mostními konstrukcemi na toku Bobrava bylo nutné, zhodnotit dosavadní stav úprav toku Bobrava v místech mostních konstrukcí. Tyto mostní konstrukce mají pevně danou niveletu, až na nově realizovaný silniční most k osadě Dvorek a je podmínkou, aby byla při povodni zachována bezpečnostní rezerva pod spodní částí mostní konstrukce.

Diplomová práce se zabývala prouděním mostními konstrukcemi na toku Bobrava, návrhem úpravy koryta toku v kritických úsecích. Jednalo se o konstrukci železničního mostu v kilometru 5.6 u ČOV Tetčice a silničního a železničního mostu v kilometru 4.7 u osady Dvorek. Bylo zapotřebí provést rekognoskaci terénu. Z dostupných materiálů a za pomoci PC software (HEC-RAS) byla posouzena kapacita mostních profilů.

Následně byla provedena úprava koryta před, za a uvnitř mostních profilů. A opět za pomoci PC software (HEC-RAS) byla posouzena kapacita navržených úprav.

Další částí práce bylo zhodnocení a porovnání navržených úprav se stávající situací v zájmovém území.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je vytvoření modelu a návržení nových mostních profilů v řešeném úseku řeky Bobrava. Rekognoskace terénu a rešerše dostupných materiálů přispěla k vytvoření modelu v PC software. Hodnoty získané z výpočtů slouží jako vstupní data pro námi realizované úpravy. Další částí práce je zkonstruování podélných profilů realizovaných úprav, vzorového profilu a situací realizovaných úprav. Vytvoření 1D modelů úprav a grafů jako výstup ze software HEC-RAS. Dále pak zhodnocení a porovnání veškerých dat úpravy a stávajícího stavu (výstupů z HEC-RAS) a vyhodnocení vhodnosti realizovaných úprav.

3. ZÁKLADNÍ CHARAKTRISTIKY ŘEŠENÉHO ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A ŘEKY BOBRAVY

3.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE

3.1.1 Geografické vymezení území

Řešená lokalita se nachází cca 12 km východně od Brna. Jedná se o malý vodní tok Bobrava. Zájmový úsek je dlouhý přibližně 2,6 km a nachází se mezi obcemi Tetčice a Omice.

V rámci řešeného úseku toku, protéká Bobrava dvěma katastrálními územími:

- Tetčice - katastrální rozloha 1513 ha, počet obyvatel 935
- Omice - katastrální rozloha 1046 ha, počet obyvatel 656

Obě obce leží v Jihomoravském kraji a okrese Brno -venkov.

3.1.2 Stávající a plánované využití území

Lesnictví

Lesní hospodářství na řešeném území patří do správy LS Náměšť nad Oslavou, přičemž lesy patří do kategorie – lesy hospodářské a lesy zvláštního určení (národní park Bobrava). Lesní porosty se nachází na poměrně prudkých svazích zaříznutého údolí Bobravy. Jedná porosty Černýšovské dubohabřiny.

Zemědělství

Zemědělství na zájmovém území je velmi intenzivní. V nejbližším okolí Bobravy je půda zemědělsky využívaná na produkci obilovin. Patří do skupiny různorodých zemědělských půd s podílem přirozené vegetace a orných půd.

Ochrana přírody a krajiny

Zájmové území se nachází v těsné blízkosti přírodního parku Bobrava. Vyhlášen byl v roce 1982 a má rozlohu 3100 ha.

Ochrana vodních zdrojů

Zájmová lokalita se nenachází v žádné chráněné oblasti přirozené akumulace vod.

Plánované využití území

Jiné využití zájmové lokality, než které je popsáno výše, není v nejbližší budoucnosti plánované.



Obr. 3-1 Upravený úsek Bobravy v místech Horního rybníka

3.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

3.2.1 Geomorfologické a klimatické poměry

Dle geomorfologického členění spadá řešená lokalita do rozhraní okrsků Omická vrchovina (2d-2b-o) a Hlinská vrchovina (2d-2b-n), které leží v podcelku Lipovská vrchovina, který je součástí celku Bobravská vrchovina, podsestavy Brněnská vrchovina, soustavy Česko-moravské a jednotky prvního řádu provincie Česká vysočina. Georeliéf podcelku Bobravská vrchovina je mezi Miroslaví na jihu

a Milovicemi na severu protkán složitou soustavou tektonických hřbetů (hrástí) směru JJZ – SSV, kotlin a protáhlých sníženin. Střední nadmořská výška vrchoviny činí 316 m. Nejvyšším bodem je Lipovský vrch (478 m n. m.). Hluboká údolí Jihlavy, Bobravy a Svratky dělí vrchovinu na několik okrsků.[1]

Z hlediska podnebí zařazujeme zájmové území dle klasifikace Quita do klimatické oblasti mírně teplé MT11. Průměrná roční teplota vzduchu v oblasti dosahuje 7–8 °C, v červenci dosahují průměry teplot 17 až 18 °C, v lednu -2 až -3 °C. Období bez mrazů trvá průměrně 245 dní v roce, počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více trvá v průměru 150 dní v roce. Průměrné roční úhrny atmosférických srážek dosahují 550–650 mm, přičemž větší část z tohoto množství (350–450 mm) připadá na vegetační období. Počet dnů se sněhovou pokrývkou se pohybuje okolo 55. Souhrnné klimatické charakteristiky klimatické oblasti MT11 jsou uvedeny v následující tabulce. [1]

Klimatické charakteristiky klimatické oblasti MT3	
Počet letních dní	40–50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140–160
Počet mrazových dnů	110–130
Počet ledových dnů	30–40
Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 – -3
Průměrná teplota v červenci (°C)	17–18
Průměrná teplota v dubnu (°C)	7–8
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7–8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90–100
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	350–400
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200–250
Počet dnů se sněhovou příkrývkou	50–60
Počet dnů zamračených	120–150
Počet dnů jasných	40–50

Tab. 3-1 Klimatické charakteristiky zájmové oblasti

3.2.2 Geologické poměry

Skalní podloží je v oblasti tvořeno brněnským masivem. Na jeho složení se podílejí hlavně granodiority až diority, dále granity, bazické a ultrabazické horniny (gabra), aplity aj. V místě se vyskytují svahové a nivní sedimenty s převahou hlíny, písku

a štěrku. Kvartérní pokryv je v oblasti tvořen zejména fluviálními uloženinami řeky Bobrava. Tento kvartérní pokryv má lokálně akumulární funkci pro rychle infiltrované atmosférické srážky a tím dostatečného retardéru pro další hlubší přestup do horninového prostředí (permokarbonu) s nižší hodnotou filtračních parametrů. [2]

3.2.3 *Pedologické poměry*

Půda na zájmové lokalitě se skládá především z hnědozemí, mnohde (v pahorkatinách) jsou tvořeny celky s doprovodnými kambizeměmi na svahovinách flyšových břidlic nebo pararendzinami na slinitých jílech (slínech) a jejich svahovinách. Hnědé půdy jsou nejvíce zastoupeny v zalesněných oblastech. Vznikly zvětráváním širokého spektra pevných vyvěřelých i metamorfovaných hornin. Objevují se tu i nasycené kambizemně. Nivní půdy, fluvizemě, náležejí do skupiny půd vzniklých procesem akumulace humusu, střídaným periodickou fluviální akumulací vlivem záplav. Vyvinuly se na vápnatých, více však na nevápnitých aluviálních sedimentech různého zrnitostního složení, stáří i původu. Především kolem vodních toků navazují na nivní půdy také černice. [1]

3.2.4 *Hydrogeologické poměry*

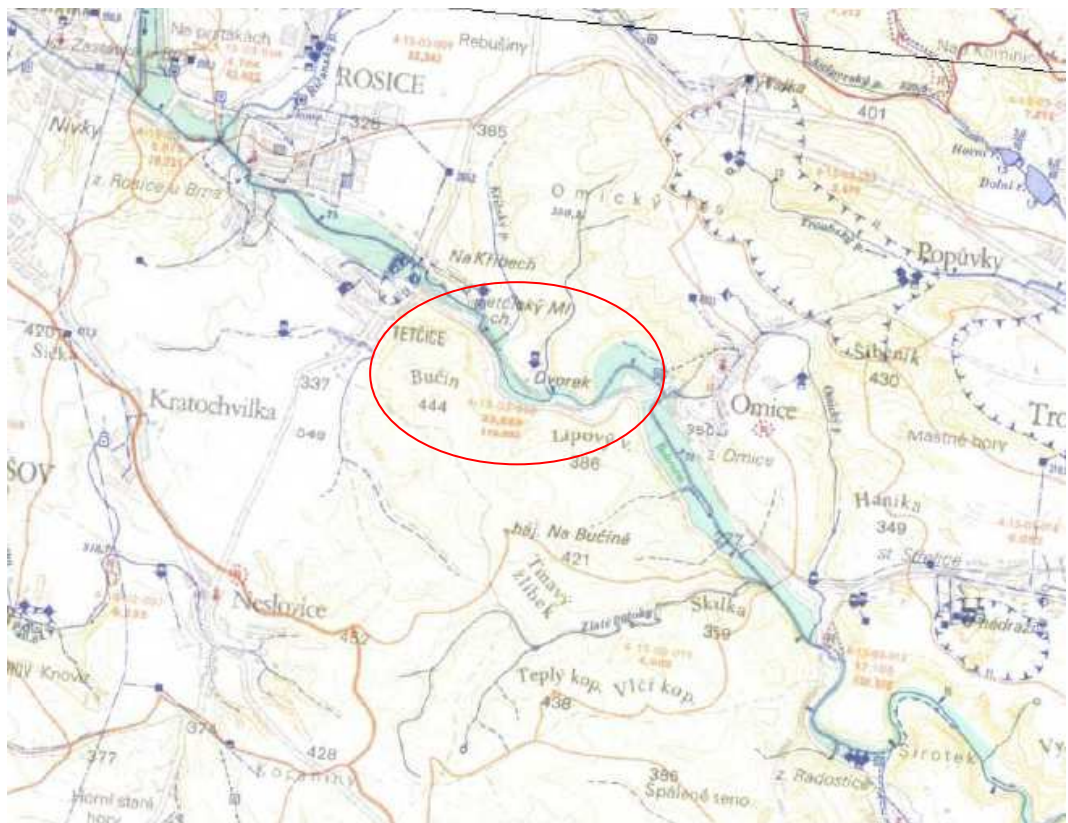
Lokalita se nachází v hydrogeologickém rajonu 2241 „Dyjsko-svratecký úval“. Rajon zahrnuje neogenní uloženiny (převážně jíly, písky a štěrky), náležející sedimentární výplni neogénu karpatské předhlubně v území jižně od Brna. V sedimentární výplni lze vymezit struktury infiltračních oblastí (zejména při západním a severozápadním okraji předhlubně) s volným režimem proudění podzemních vod a struktury dílčích artéských pánví s napjatou hladinou podzemní vody. S ohledem na způsob uložení nelze na většině území rajonu předpokládat hydraulickou spojitost kolektorů se zvodněním fluviálních sedimentů v jejich nadloží.

Sedimenty spodního miocénu a klastické uloženiny lanzendorfské série představují vhodné kolektory s dobrou průlní novou propustností, jejichž mocnost často kolísá kolem 100 m i více. Podle úložních poměrů se mohou vytvářet lokální, relativně více zvodněné kolektory s volným nebo napjatým režimem proudění podzemních vod. Transmisivita kolektorů je střední, s hodnotou koeficientu transmisivity v rozmezí $1 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Pelitická souvrství, mnohdy v mocnostech několika set metrů, mají funkci významných jak počevních, tak především stropních izolátorů. [3]

3.2.5 Hydrologické poměry

Celá lokalita spadá do povodí Moravy. Zájmová lokalita spadá do dílčího povodí řeky Bobravy (číslo hydrologického pořadí 4-15-03-002). Je to pravostranný přítok řeky Svatky. Řeka pramení v lesích západně od Domašova v nadmořské výšce okolo 500 m. Po celé své délce teče převážně. Protéká obcemi Rudka, Rosice, Tetčice, Radostice a Želešice. U Popovic se vlévá do Svatky na jejím 36,8 říčním kilometru v nadmořské výšce 187 m. Délka toku činí 35,2 km. Plocha povodí měří 187,2 km². Průměrný průtok Q_a je okolo 0,43 m³/s. [4]



Obr. 3-2 Vymezená lokalita ve Vodohospodářské mapě ČR

4. REKOGNOSKACE TERÉNU

Rekognoskací terénu byla získána fotodokumentace a bližší poznatky o řešené lokalitě. Pozdní termín rekognoskace byl vybrán z důvodu dobré pěší prostupnosti (mimo vegetační období).

4.1 DOPRAVNÍ OBSLUŽNOST

4.1.1 *Silnice*

V námi řešeném zájmovém území vede silnice třetí třídy číslo 3945 směr Tetčice – Radotice. Jedná se o silnici ležící při úpatí údolí na pravém břehu řeky Bobravy. Pod silnicí jsou v nepravidelných intervalech vybudovány propustky pro odvod vody z okolních svahů za těleso komunikace do řeky Bobravy.



Obr. 4-1 Pohled na silnici Tetčice – Radonice, pohled od Tetčic

4.1.2 *Železnice*

Další důležitou infrastrukturou je železnice Brno – Rapotice. Železnice je vybudována souběžně s tokem. V některých místech přímo sousedí s Bobravou. V našem řešeném úseku překonává řeku Bobravu třikrát. Dvakrát ocelovým mostem a jednou železobetonovým. Železnici tvoří v průměru cca 2 m vysoké zemní těleso. Tím tvoří hráze v nivě řeky Bobravy.



Obr. 4-2 Pohled na zemní těleso železnice, pohled u Bažantnice

4.2 MOSTNÍ KONSTRUKCE V ŘEŠENÉM ÚSEKU

4.2.1 *Železniční most v kilometru 5,6*

Most je situován u obce Tetčice u ČOV. Jedná se o ocelový most s prvkovou mostovkou bez mostnic. Most kříží řeku pod úhlem 36° . Mostní konstrukce je uložena na válcových ocelových ložiscích.

Rozměry mostní konstrukce:

- Rozpětí v ose mostu je 30 m a jeho šíře je 7.3 m.

- Spodní část mostovky má výšku 288.42 m n. m.

Spodní stavbu mostu tvoří dvě krajní opěry, které zasahují do průtočného profilu minimální plochou, avšak spodní stavba mostu je dále upravena a dochází k zúžení průtočného profilu na šířku 9.7 m. Spodní hrana nosné konstrukce není nad úroveň stoleté vody $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. 4-3 Konstrukce železničního mostu , pohled směr Tetčice



Obr. 4-4 Pohled na spodní stavbu železničního mostu

4.2.2 *Železniční most v kilometru 4.7*

Most je situován u osady Dvorek. Jedná se o ocelový most s prvkovou mostovkou bez mostnic. Most kříží řeku pod úhlem 54° . Mostní konstrukce je uložena na válcových ocelových ložiscích.

Rozměry mostní konstrukce:

- Rozpětí v ose mostu je 8.7 m a jeho šíře je 3.5 m.
- Spodní část mostovky má výšku 286.03 m n. m.

Spodní stavbu mostu tvoří dvě krajní opěry, které zasahují do průtočného profilu a tím udávají jeho šířku. Spodní hrana nosné konstrukce není nad úrovní stoleté vody $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. 4-5 Konstrukce železničního mostu, pohled směr Omice



Obr. 4-6 Konstrukce železničního mostu, pohled po proudu Bobravy

4.2.3 *Silniční most na místní komunikaci u osady Dvorek*

Nosnou konstrukci tvoří železobetonová deska, která je uložena na dřevěných trámech. Vlivem erozního působení vody při povodňových událostech, je spodní zpevňující stavba mostní konstrukce v havarijním stavu. Dále pak nepřetržitým zatékáním do mostní konstrukce jsou dřevěné trámy shnilé.

Rozměry mostní konstrukce:

- Rozpětí v ose mostu je 5 m a jeho šíře je 3.3 m.
- Spodní část mostovky má výšku 285.05 m n. m.

Spodní stavbu mostu tvoří dvě krajní opěrné zdi, které zasahují do průtočného profilu a tím vymezují prostor pro proudění vody. Zdi jsou skládané z kamene a zděné pravděpodobně na vápenocementovou maltu. Obě paty opěrných zdí byly v minulosti opevněné jedním z biotechnických opevnění. Nyní je již z 90 % pryč. Spodní hrana nosné konstrukce není nad úroveň stoleté vody $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. 4-7 *Konstrukce silničního mostu, pohled proti proudu Bobravy*



Obr. 4-8 Konstrukce silničního mostu, pohled na deformaci opěrné zdi

4.2.4 Silniční most u železničního přejezdu v kilometru 3.7

Jedná se o klasický železobetonový monolitický most. Nosnou konstrukci tvoří železobetonová deska. Tento most je po rekonstrukci.

Rozměry mostní konstrukce:

- Rozpětí v ose mostu je 9.2 m a jeho šířka je 7.5 m
- Spodní část mostovky má výšku 283.45 m n. m.

Spodní stavba je tvořena šikmými svahy. Svahy jsou zděné z kamene na betonovou mazaninu. Oba svahy tvoří ochranu paty nosných mostních konstrukcí. Spodní hrana nosné konstrukce je nad úrovní stoleté vody $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. 4-9 Konstrukce silničního mostu, pohled na spodní stavbu mostu



Obr. 4-10 Konstrukce silničního mostu, pohled proti proudu toku

4.2.5 *Železniční most v kilometru 3.6*

Jedná se o betonový most bez průběžného kolejového lože.

Rozměry mostní konstrukce:

- Rozpětí v ose mostu je 6 m a jeho šíře je 3.3 m
- Spodní část mostovky má výšku 282.60 m n. m.

Spodní stavba je tvořena svislými zdmi, jsou zděné z kamene na betonovou mazaninu. Mezi takto provedenou úpravou je ještě realizované malé lichoběžníkové koryto. Spodní hrana nosné konstrukce je nad úrovní stoleté vody $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. 4-11 Konstrukce železničního mostu, pohled na spodní stavbu mostu



Obr. 4-12 Konstrukce železničního mostu, celkový pohled na mostní konstrukci

4.3 POPIS KORYTA A VEGETAČNÍHO DOPROVODU

4.3.1 Koryto

V našem zájmovém úseku se jedná o kompletně upravené koryto. Nejvíce patrná úprava je v prostoru od Bažantnice až po začátek našeho řešeného úseku. Tam má koryto pravidelný lichoběžníkový profil, pata svahu je opevněna biotechnickým opevněním.

Podélný profil je rovnoměrný 0.4 %. Pouze část toku 160 m vzdálené proti proudu od mostní konstrukce v kilometru 3.7 dochází k prudké změně ve sklonu dna a na šedesáti metrech klesne o 0.8 m. Dno je nestabilní štěrkopískové s kameny. Břehy jsou ve sklonu cca 1:2, přičemž v náplavové části oblouků dochází k velké erozní činnosti.

4.3.2 Vegetační doprovod

Druhovú skladbu dřevin vychází z podmínek dané lokality a především z druhového složení původních dřevin. Jedná se o náletové dřeviny, které vytvářejí při

seskupení nebo položení v toku, překážku bránící vodě hladký průběh. Obecně můžeme říci, že v rámci břehových porostů jsou Nejvíce zastoupeny dřeviny olše (Alnus), vrby (Salix), jasan (Fraxinus), javor (Acer), topol (Populus). Z keřů pak především keřové vrby (Salix), svída (Cornus), hloh (Crataegus), bez (Sambucus). [5]



Obr. 4-13 Eroze v nárazové části oblouku



Obr. 4-14 Vzorový tvar řeky a skladba náletového vegetačního doprovodu v zájmovém území



Obr. 4-15 Pohled na nivu nad silničním mostem u přejezdu v kilometru 3.7

5. PROUDĚNÍ V OTEVŘENÝCH KORYTECH A MOSTNÍMI KONSTRUKCEMI

Při řešení proudění vody v říčních korytech je nejprve nutné přijmout zjednodušující předpoklady, které jsou vždy určitým kompromisem závislým na úrovni dostupných dat a časovými a finančními možnostmi zadavatele. V současné době se nejčastěji používá jednorozměrných (1D) modelů proudění. V rámci tohoto modelu je možné pomocí empirických vztahů získat i informace o rozdělení rychlostí v průtočném profilu, polohu hladiny v jednotlivých částech profilu. [6]

5.1 USTÁLENÉ PROUDĚNÍ VODY V OTEVŘENÝCH KORYTECH

Při ustáleném proudění jsou průtok $Q(x)$, průřezová rychlost $v(x)$, průtočná plocha $A(x)$, atd. v čase neměnné a závisí pouze na poloze x . Rozlišujeme dvě základní proudění:

- Rovnoměrné
- Nerovnoměrné

5.1.1 *Ustálené rovnoměrné proudění vody v otevřených korytech*

Jedná se o zvláštní případ ustáleného proudění vody. Při tomto proudění nastává to, že průtočné průřezy zůstávají stejné ($A_1 = A_2 = \dots = \text{konst.}$). Zároveň pak zůstává konstantní průtok Q a průřezové rychlosti jsou také konstantní ($v_1 = v_2 = \dots = \text{konst.}$). Toto nastává pouze v korytech s neměnným podélným sklonem i_0 , neměnným průtočným profilem a neměnnou drsností vedení. Jedná se tedy o upravené toky, nebo o umělé kanály.[6]

5.1.2 *Ustálené nerovnoměrné proudění vody v otevřených korytech*

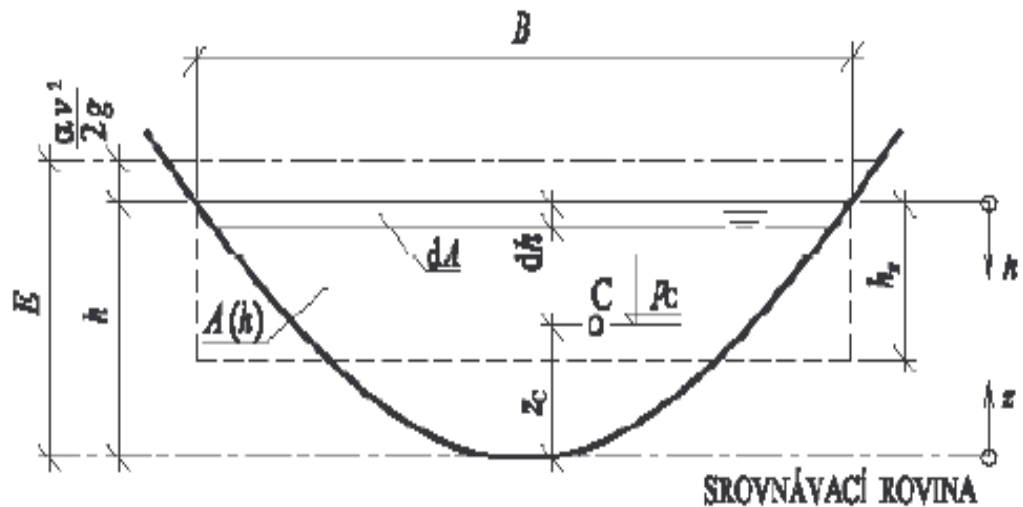
U tohoto ustáleného proudění jsou hydraulické veličiny konstantní v čase. Průřezová rychlost a průtočná plocha se mění po délce proudu. To znamená, že sklon

koryta není konstantní, jsou proměnné příčné profily a drsnosti atd. Při tomto proudění dochází ve směru pohybu vody ke ztrátám energie v důsledku:

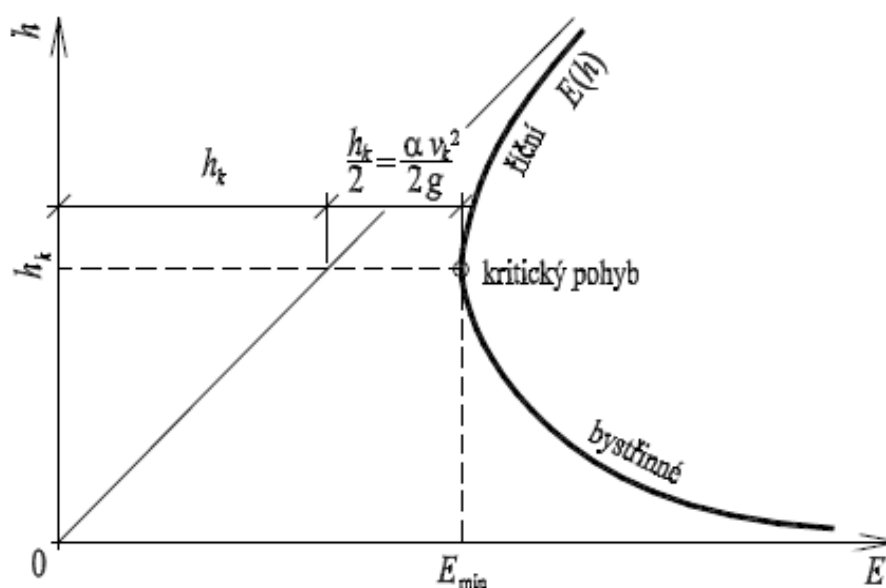
- Tření o stěny vedení a vnitřního tření mezi jednotlivými proudovými vlákny (ztráty třením)
- Změnami průtočných průřezů (ztráty místní)

5.1.3 Proudění kritické, říční a bystřinné

Pro konstantní průtok Q volme v obecném řezu (**Obr. 5.1**) různé hloubky h v mezích od nuly po nekonečno a počítejme příslušné hodnoty energetické výšky průřezu E . Výsledky vyneseme graficky (**Obr. 5.2**). Blíží-li se h a tedy i S k nule vzrůstá potřebná rychlost k převedení daného Q nade všechnu mez. Jinými slovy E se blíží k nekonečnu.



Obr. 5-1 Měrná energie průřezu



Obr. 5-2 Energetická výška průřezu

Vzrůstá-li h do nekonečna, blíží se rychlost potřebná k převedení daného Q k nule a E se opět blíží k nekonečnu. Vrchol E_{min} , jemuž přísluší hloubka h_k , má význam matematický, že měrná energie průřezu pro dané Q je při něm minimální, ale i důležitý fyzikální. Hloubku h_k nazýváme kritickou a proudění pak proudění kritické. Proudění při daném konstantním průtoku Q při hloubkách:

- $h > h_k$ nazýváme říčním prouděním (velká hloubka a malá rychlost)
- $h < h_k$ bystřinným prouděním (malá hloubka a velká rychlost)

Kritické proudění tvoří rozhraní mezi těmito dvěma režimy. Při kritickém pohybu protéká průtok Q daným průřezem s vynaložením nejmenší energie. [6]

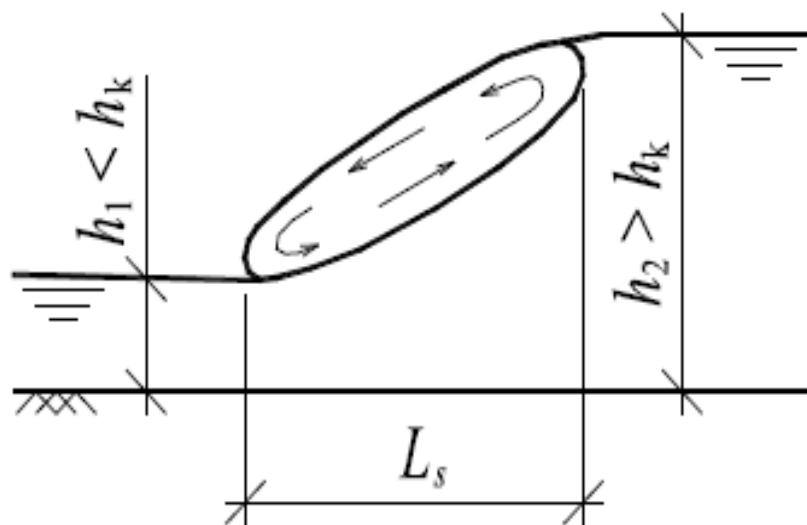
5.2 VODNÍ SKOK

Vodní skok je hydraulický jev, který vzniká při přechodu z pohybu bystřinného do říčního (za přepadem přes jez, při výtoku pod stavidlem, při změně sklonu dna toku z $i_0 > i_k$ na $i_0 < i_k$). Vyznačuje se náhlým zvětšením hloubky vody a přechodem od velké rychlosti k malé. Vodním skokem se kinematická energie mění za velké ztráty celkové energie v energii potenciální.

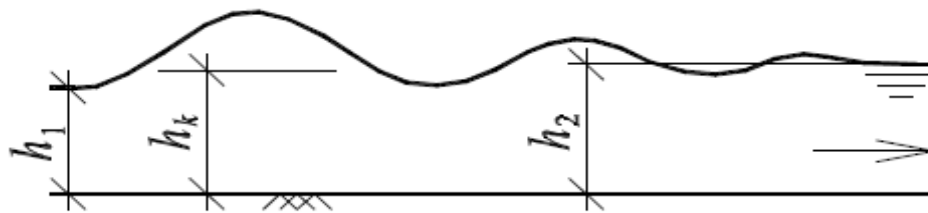
Vodní skok je charakterizován vzájemnými hloubkami vodního skoku, tj. hloubkou h_1 v průřezu těsně před vodním skokem při proudění bystřinném a hloubkou h_2 v průřezu těsně za vodním skokem při proudění říčním. Vzdálenost mezi těmito dvěma průřezy se nazývá délka vodního skoku L_s . Rozdíl vzájemných hloubek $h_2 - h_1 = h_s$ se nazývá výška vodního skoku.

Základním typem je prostý vodní skok s povrchovým válcem (**Obr. 5.3**). Rotující válec pokrývá základní proud a strhává ses sebou vzduch. Pohyb vody v povrchovém válci je nepravidelný. V dolní části, kde se válec dotýká základního proudu, pohybují se částice vody stejným směrem jako proud, v horní části pak směrem opačným. Mezi základním proudem a povrchovým válcem se částice neustále vyměňují.

Dalším typem vodního skoku je vlnovitý vodní skok (**Obr. 5.4**), který vzniká při malé výšce vodního skoku ($h_2 - h_1$), hlavně při $h_2 < 1,3 h_k$. projevuje se řadou tlumených vln bez vodního válce. [6]



Obr. 5-3 Prostý vodní skok

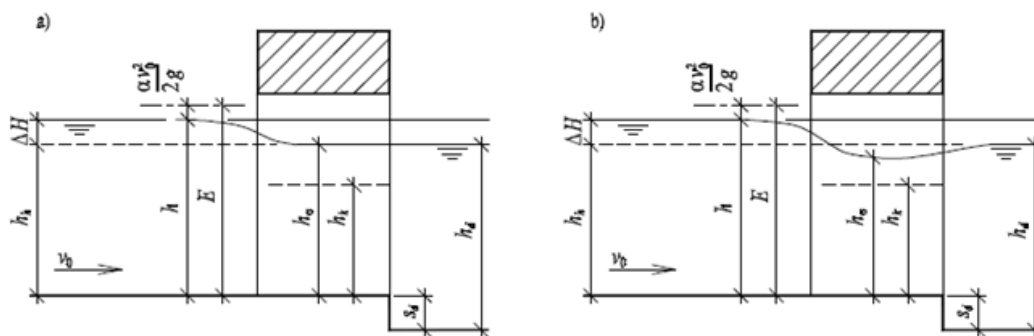


Obr. 5-4 Vlnovitý vodní skok

5.3 PROUDĚNÍ MOSTNÍMI KONSTRUKCEMI

Cesty, silnice a železnice, nebo průplavy a náhony se převádějí přes vodní toky pomocí mostů a propustků. Jako most označujeme obvykle větší objekt tohoto druhu. Z hydraulického hlediska můžeme říci, že:

- most je objekt, kde z hydraulického hlediska můžeme zanedbat ztráty třením oproti místním



Obr. 5-5 Říční proudění mostní konstrukcí

5.3.1 Mosty na tocích s říčním prouděním

Proudění mostní konstrukcí s říčním prouděním rozdělujeme na (**Obr. 5.5**):

- a. proudění se zatopeným vtokem
- b. proudění s nezatopeným vtokem

Vtok zatopený dolní vodou (**Obr. 5.5 a**) nastává tehdy, jestliže platí:

$$h_d > \kappa E, \quad (5.1)$$

kde E je energetická výška průřezu v profilu před mostem a k je součinitel pro výpočet mostů (**Obr. 5.6**).

Proudění mostní konstrukcí řešíme použitím Bernoulliho rovnice pro profil před mostem:

$$E = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \quad (5.2)$$

a pro profil za vtokem:

$$E = h_\sigma + \frac{\alpha v_\sigma^2}{2g} + \xi \frac{v_\sigma^2}{2g} = h_\sigma + \frac{Q^2}{2g \varphi^2 S_\sigma^2} \quad (5.3)$$

kde v_0 je přítoková rychlost a v_σ rychlost za vtokem, ξ součinitel vyjadřující místní ztráty na vtoku a φ rychlostní součinitel (**Obr. 5.6**). Často je možné vliv přítokové rychlosti oproti E zanedbat, a potom platí $h \cong E$.

Vzdutí způsobené mostem vypočítáme ze vztahu:

$$\Delta H = h - h_h = E - \frac{\alpha v_0^2}{2g} - h_h, \quad (5.4)$$

kde h_h je původní nevzdutá hloubka před mostem (většinou $h_h = h_d$). Průtok mostem pro zadanou vzdutou hloubku vypočteme podle vztahu pro nedokonalý přepad přes širokou korunu:

$$Q = \varphi S_\sigma \sqrt{2g(E - h_\sigma)}, \quad (5.5)$$

kde pro obdélníkový průtočný průřez platí $S_\sigma = b h_\sigma$, b je světlá šířka mostního profilu a pro hloubku h_σ platí:

- $h_\sigma = h_d$ je-li dno mostu v úrovni dna koryta;
- $h_\sigma = h_d - s_d$ při výšce prahu s_d nade dnem.

typ	Plynulé boční připojení			Boční křídla zaoblená			Boční křídla šikmá			Boční křídla pravoúhlá		
	φ	κ	m	φ	κ	m	φ	κ	m	φ	κ	m
A	0,96	0,72	0,36	0,95	0,73	0,36	0,95	0,74	0,36	0,94	0,75	0,35
B	0,94	0,75	0,35	0,93	0,76	0,35	0,92	0,78	0,34	0,91	0,79	0,33
C	0,91	0,79	0,33	0,90	0,81	0,32	0,88	0,83	0,30	0,87	0,85	0,28
D	0,90	0,81	0,32	0,88	0,83	0,30	0,87	0,85	0,29	0,86	0,87	0,27
E	0,85	0,88	0,26	0,83	0,91	0,23	0,81	0,93	0,20	0,79	0,95	0,16

- A dno mostu je v úrovni dna přítokového koryta
 B ve dně mostu je práh se zaoblenou vstupní hranou
 C ve dně mostu je práh se zkosenou vstupní hranou
 D ve dně mostu je práh s pravoúhlou vstupní hranou
 E ve dně je práh s pravoúhlou vstupní hranou (nepříznivé podmínky, nerovný povrch)

Obr. 5-6 Součinitelé pro výpočet mostů

Vtok není zatopený dolní vodou (**Obr. 5.5 b**) nastává tehdy, jestliže platí:

$$h_d < \kappa E . \quad (5.6)$$

Pro výpočet průtoku vody mostním profilem používáme vztah pro výpočet dokonalého přepadu přes širokou korunu. Pro průtok mostem platí:

$$Q = m b \sqrt{2g} E^{3/2} , \quad (5.7)$$

kde m je součinitel přepadu (**Obr. 5.6**). Pro zadaný průtok vypočítáme energetickou výšku průřezu před mostem:

$$E = \left(\frac{Q}{m b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} . \quad (5.8)$$

Vzdutí mostem se stanoví dle rovnice (5.4)

1.1.1 Mosty na tocích s bystřinným prouděním

Zúžení průtočného průřezu koryta mostem způsobí pod mostem zvýšení hloubky z původní hodnoty h_h na hodnotu h_m . Pro energetickou výšku průřezu v profilu mostu platí:

$$E_m = h_m + \frac{\alpha Q^2}{2g(h_m b)^2} .$$

(5.9)

Energetická výška průřezu před mostem je:

$$E_h = E_m + h_z .$$

(5.10)

Ztráta h_z je vyjádřena následujícím způsobem:

$$h_z = 0,3 \frac{v_0^2}{2g} .$$

(5.11)

Při velkém zúžení průřezu nemusí průtok protékat pod mostem hloubkou h_m , ale může před mostem vzniknout říční proudění. V korytě před mostem přejde bystřinné proudění do říčního proudění vodním skokem. Tuto okolnost je třeba brát v úvahu při návrhu velikosti mostního profilu a výšky konstrukce mostu nad hladinou. [6]

6. HYDRAULICKÉ NAVRHOVÁNÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

6.1 ROZDĚLENÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ V ZÁVISLOSTI NA VELIKOSTI TOKU

Z hlediska velikosti vodních toků můžeme rozdělit mostní konstrukce na:

- Mostní objekty křižující malé vodní toky
- Mostní objekty křižující středně velké a velké vodní toky
- Mostní objekty v inundačních územích vodních toků

6.1.1 *Mostní objekty křižující malé toky*

Mezi malé toky lze řadit horní úseky všech toků, u nichž 100-letý průtok $Q \leq 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Bilance škod způsobených za rozsáhlých povodní v letech 1997 a 2002 i lokálních povodní v letech 1998 a 2000 dokazuje, že k největšímu počtu poškození a stržení dochází u mostních objektů, převádějících komunikace přes tyto malé toky. [7]

6.1.2 *Mostní objekty křižující středně velké toky*

Mezi středně velké toky lze řadit toky s hodnotou 100-letého průtoku v rozmezí $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \leq Q_{100} \leq 1500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, mezi velké toky pak s hodnotou 100-letého průtoku $Q_{100} > 1500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Na středně velkých tocích představují potenciální nebezpečí zejména mostní objekty v intravilánech měst, které v případě jejich částečného nebo úplného ucpání plovoucími předměty splavovanými z výše ležícího zaplavovaného území mohou způsobit vzduť kulminační hladiny nad nimi a tím zatopení přilehlých městských částí. Úplné ucpání může vést k tvorbě velkých výmolů v okolí mostních pilířů a v krajním případě i ke zřícení části mostu. Mostní objekty tohoto typu lze rozdělit zhruba do dvou skupin:

- historické památkově chráněné mostní objekty vybudované v průběhu 14. až 19. století,
- novodobé mostní objekty budované v průběhu 20. století. [7]

6.1.3 *Mostní objekty v inundačních územích vodních toků*

Při převádění komunikace přes vodní tok s aktivním inundačním územím je třeba dát přednost přemostění celého průtočného profilu, kterým voda při povodních protéká, např. vhodně řešenou estakádou navrhování. [7]

6.2 HYDRAULICKÉ ŘEŠENÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

Základní hydraulické řešení mostních objektů tvoří následující etapy:

- stanovení návrhového průtoku a kontrolního návrhového průtoku,
- určení režimu proudění ve vodním toku v okolí mostního objektu,
- výpočet průběhu výchozí návrhové hladiny a výchozí kontrolní návrhové hladiny,
- návrh šířky mostních polí, podpěr a křídel včetně jejich tvaru,
- výpočet vzduť hladiny mostním objektem, tj. výpočet úrovně návrhové hladiny a kontrolní návrhové hladiny,
- stanovení volné výšky spodní hrany mostní konstrukce nad návrhovou resp. kontrolní návrhovou hladinou,
- převádění extrémních povodní,
- výpočet deformací dna a výmolů v lokalitě mostního objektu s návrhem vhodného opevnění. [7]

6.2.1 *Stanovení návrhového průtoku a kontrolního návrhového průtoku*

Hodnoty návrhového průtoku (NP) a kontrolního návrhového průtoku (KNP) se stanoví v souladu s čl. 12 ČSN 73 6201, tab. 12.1. O stanovení těchto hodnot pro konkrétní profil na vodním toku, kde je mostní objekt umístěn, je třeba požádat Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). [2]

6.2.2 *Určení režimu proudění ve vodním toku v okolí mostního objektu*

Režim proudění v korytě vodního toku v místě křížení s mostním objektem má zásadní význam pro hydraulický výpočet. Může být říční nebo bystřinný a určuje se pro návrhový průtok v lokalitě mostního objektu pomocí Froudova čísla

$$Fr = \sqrt{\frac{v^2}{g \cdot h_s}} \quad (4.1)$$

kde Fr je bezrozměrné Froudovo číslo,

- v - průřezová rychlost proudění při návrhovém průtoku ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
- h_s - střední hloubka proudění při návrhovém průtoku (m),
- g - gravitační zrychlení ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

Říční proudění nastává při hodnotě $Fr < 1$. V tomto případě se průběh hladiny v okolí mostního objektu stanovuje za předpokladu ustáleného nerovnoměrného proudění v dostatečně dlouhém úseku pod mostním objektem, přičemž při výpočtu se postupuje proti směru proudění. V případě říčního proudění je typickým jevem vzduť hladiny mostním objektem.

Bystřinné proudění nastává při hodnotě $Fr > 1$. V tomto případě toků s velkým podélným sklonem dna je nutné stanovit průběh hladiny v dostatečně dlouhém úseku nad mostním objektem, přičemž při jeho výpočtu se postupuje ve směru proudění. Při výrazném zúžení proudu v profilu mostu může dojít až k přechodu do říčního proudění vodním skokem se všemi jeho negativními důsledky. Navrhování mostních objektů na tocích s bystřinným charakterem proudění je proto nutné věnovat zvláštní pozornost.

Hodnota $Fr = 1$ charakterizuje kritické proudění, při němž dochází ke změně režimu proudění z říčního na bystřinný nebo naopak. [7]

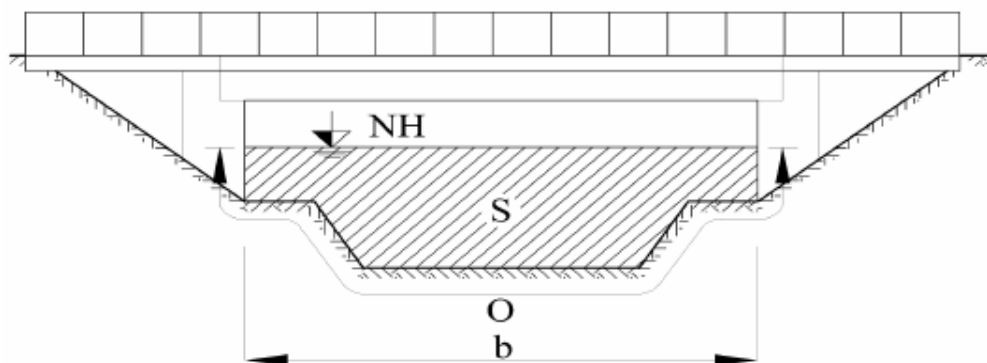
6.2.3 Výpočet průběhu výchozí návrhové hladiny a výchozí kontrolní návrhové hladiny

Při převažujících případech říčního režimu proudění je třeba určit průběh výchozí návrhové hladiny (VNH) a výchozí kontrolní návrhové hladiny (VKNH) v dostatečně dlouhém úseku toku nad a pod místem projektovaného mostního objektu, a to i v případě, že koryto toku je v tomto úseku prizmatické. U malých toků je třeba volit tuto délku přibližně 500 m, u středních a velkých toků s přilehlým inundačním

územím mnohdy až několik kilometrů, aby se zohlednil případný vliv tohoto úseku na výšku hladiny v mostním profilu. [7]

6.2.4 *Návrh šířky mostních polí, podpěr a křídel včetně jejich tvaru*

Návrhy mostních objektů přes vodní toky musí odpovídat požadavkům ČSN 73 6201 definovaným v čl. 12 ČSN 73 6201. Mostní objekty je třeba navrhovat tak, aby nevytvářely překážku přirozenému odtoku vody při všech odtokových stavech, které se mohou vyskytnout s významnou pravděpodobností za období fyzické životnosti mostního objektu. Velikost a tvar mostních otvorů musí umožňovat průchod návrhového a kontrolního návrhového průtoku za podmínek stanovených v ČSN 73 6201, přičemž návrhový průtok nesmí být menší než kapacita koryta vodního toku nad mostním profilem. Na malých vodních tocích bez inundačního území se mostní objekty převádějící komunikace vesměs navrhují o jednom poli (se světlostí otvoru do cca 30 m), a to tak, aby svojí konstrukcí nezasahovaly do průtočného profilu koryta vodního toku a tím neměnily poměry proudění při převážně se vyskytujících průtocích. Mostní otvor je často účelné rozšířit po jedné nebo obou stranách o pěší nebo cyklistickou stezku (**Obr. 6.1**). [7]



Obr. 6-1 Schéma mostního objektu o jednom mostním poli na malém toku

6.2.5 *Výpočet vzduť hladiny mostním objektem, tj. výpočet úrovně návrhové hladiny a kontrolní návrhové hladiny*

Původně odhadnuté vzduť hladiny mostními podpěrami a mostními křídly je třeba zpřesnit výpočtem. Jejich vestavbou do mostního profilu dochází ke zmenšení

průtočné plochy, které způsobuje vzduť vodní hladiny. Dále uvedené výpočty vzduť jsou založeny na těchto předpokladech:

- dno koryta vodního toku i přilehlých inundačních území zůstává při přechodu návrhového průtoku stabilní, tj. nedochází k jeho vymílání a tvorbě výmolů mezi podpěrami (předpoklad v prospěch bezpečnosti),
- v omezeném úseku nad a pod mostním profilem je koryto vodního toku prizmatické se známým průběhem výchozí návrhové hladiny a s konstantní hloubkou h .

Řešení je rozdílné na tocích s říčním a bystřinným režimem proudění. Na tocích s říčním režimem proudění lze považovat vzduť hladiny mostním objektem způsobené bočním zúžením za analogické proudění na přelivu s širokou korunou. V podstatě se mohou vyskytovat dva případy:

- vtokový profil mostu je ovlivněn dolní vodou,
- vtokový profil mostu není ovlivněn dolní vodou. [7]

6.2.6 *Stanovení volné výšky spodní hrany mostní konstrukce nad návrhovou resp. kontrolní návrhovou hladinou*

Doporučené minimální volné výšky spodní hrany mostní konstrukce nad návrhovou hladinou (NH) resp. kontrolní návrhovou hladinou (KNH) jsou uvedeny v ČSN 73 6201, tab. 12.1, přičemž návrhová hladina resp. kontrolní návrhová hladina je dána úrovní výchozí návrhové hladiny (VNH) resp. výchozí kontrolní návrhové hladiny (VKNH) v profilu mostního objektu zvětšené o vzduť tímto objektem:

$$NH = VNH + \Delta h \quad (6.24)$$

$$KNH = KVNH + \Delta h' \quad (6.25)$$

Při návrhu skutečné volné výšky spodní hrany mostní konstrukce nad návrhovou resp. kontrolní návrhovou hladinou je však třeba zvážit tyto okolnosti:

- v dlouhém úseku toku pod profilem mostního objektu dochází k postupnému (a chráněnému) zarůstání inundačního území stromovými a keřovými porosty z náletu nebo nekontrolovanou provizorní i definitivní zástavbou, což způsobuje zvyšování hladin při průchodu povodní;

- záplavové území nad profilem mostního objektu není udržované, tj. nejsou z něho odstraňovány polo vyvrácené stromy a keře, nebo z něho nejsou odstraněny skládky dříví, lehkého materiálu a povodní odplavitelných staveb a objektů, které mohou způsobit ucpání mostních otvorů;
- vodní tok nad profilem mostního objektu je svým charakterem náchylný k tvorbě a transportu ledů.

Při existenci uvedených rizik je žádoucí zvážit určité zvýšení minimální volné výšky spodní hrany mostní konstrukce nad návrhovou resp. kontrolní návrhovou hladinou. [7]

6.2.7 *Převádění extrémních povodní*

Vzhledem k omezené přesnosti hydrologických podkladů nelze vyloučit - zejména na malých tocích - výskyt extrémních povodní s kulminačním průtokem převyšujícím návrhový i kontrolní návrhový průtok. V tom případě může dojít k zatopení mostních otvorů nebo až k přelévání mostovky. Tyto extrémní případy je třeba výpočtově zdokumentovat a navrhnout případná ochranná opatření (odnímatelná zábradlí apod.). Při dané hodnotě průtoku Q extrémní povodně a jemu příslušející hloubce vody h_d v korytě pod mostním objektem mohou nastat v podstatě tři případy:

- Proudění se zatopeným vtokem a volným výtokem,
- proudění se zatopeným vtokem i výtokem,
- proudění s přeléváním mostovkou. [7]

6.2.8 *Výpočet deformací dna a výmolů v lokalitě mostního objektu s návrhem vhodného opevnění*

Při průchodu povodňových průtoků mostním objektem vytváří mostní otvor zúžený profil, v jehož dosahu se proudění vody zrychluje. K erozi dna dochází ve chvíli, kdy je porušena stabilita dna v důsledku překročení tzv. mezní vymílací rychlosti. Vymílání je definováno jako hloubení a přemísťování materiálu ze dna a břehů toku v důsledku erozivní činnosti proudící vody. Výmoly ve dně a eroze břehů vznikají podél podpěr a za mostním objektem. Přitom k erozivní činnosti nemusí docházet pouze u jemného a nesoudržného materiálu. Pro výpočet a stanovení rozsahu výmolů existuje řada empirických vztahů, odvozených na základě laboratorních studií resp. s použitím

omezeného rozsahu dat z polních měření. Jejich rozsah platnosti je často neznámý a jejich přesnost omezená. Výmoly, jež se objevují na vzestupu povodně nebo na jejím vrcholu, mohou být při poklesu povodňové vlny opět zaplněny sedimenty. Jejich maximální hloubka nemůže být proto jednoduše určena po odeznění povodňové události. Lze ji ovšem určit díky jinému složení dnového materiálu (je-li výmol znovu zaplněn materiálem, nemá stejné složení jako jeho okolí). [7]

6.3 Projektování mostních profilů ČSN 73 6201

6.3.1 *Mostní profily v inundačních územích vodních toků*

6.3.1.1 Při navrhování mostních profilů přes vodní tok s inundačním územím se smí počítat s převedením části NP nebo KNP mostními profily v inundačním území pouze na základě hydrotechnického výpočtu nebo po ověření na fyzickém modelu pro dostatečně dlouhý úsek toku, který se posoudí, jak se tyto objekty podílí na převedení celkového průtoku. [8]

6.3.1.2 Počet mostních otvorů, jejich rozměry a umístění v inundačním území mimo koryto vodního toku se stanovují individuálně (viz také ČSN 75 213), na základě odborného posouzení pohybu vody v inundačním území při povodních (podle zkušeností z povodňových situací nebo podle hydrotechnických výpočtů). [8]

6.3.1.3 Návrhová hladina v mostních otvorech se odvádí na základě hydrotechnických výpočtů od NP, případně od KNP, při jeho průchodu mostními otvory na hlavním toku v inundačním území. Pro výpočet je nutné použít modelové nástroje, které umožní modelovat reálné vztahy mezi pohybem vody v korytě a v inundačním území v přiměřeně dlouhém úseku toku a šířce inundačního území. Volná výška nad NH je požadována alespoň 0.5 m, pokud nejsou zvláštní důvody ji zvětšit. [8]

6.3.1.4 V částech inundačního území, kde nebude docházet k výraznějšímu proudění vody tj. s rychlostí proudění do 0.3 m.s-1 (nutno posoudit dle 6.3.1.1), je

dovoleno použít i objekty u kterých se počítá se zahlcením vtoku (trubní propustky, trubní mosty apod.). [8]

7. METODIKA ŘEŠENÍ

7.1 REŠERŠE DOSTUPNÝCH MATERIÁLŮ

Pro získání vstupních dat jsem požádal pana Ing. Milerského, který mi následně předal podkladová data. Jednalo se o situace zájmového území v PC programu Microstation a AutoCad a hydrologická data od ČHMÚ. Jelikož se jednalo o data v 3D, bylo zapotřebí převést tyto data na 2D a uložit v Microstation na data AutoCad. Problémem, který nastal, bylo znehlednění situace zájmového území, proto byla zapotřebí rekognoskace terénu. Další částí bylo zhodnocení vhodnosti použití a výsledků bakalářské práce pro řešení této problematiky.

7.2 REKOGNOSKACE TERÉNU

Rekognoskace terénu byla provedena na podzim po spadu listí, tento pozdní termín byl vybrán záměrně. Při rekognoskaci terénu ve vegetačním období, bylo téměř nemožné se dostat v některých úsecích k bezprostřední blízkosti řeky. Došlo by pak, ke zkrácení představy o námi řešeném úseku řeky. Byla pořízena fotodokumentace a provedeno zaměření mostních konstrukcí a profilů toku u mostních konstrukcí. Toto přeměření, z důvodu přesného modelování v HEC-RAS, bylo provedeno ještě jedenkrát. Z důvodu doplnění chybějícího zaměření, které se nezměřilo při první rekognoskaci.

7.3 SESTAVENÍ MODELU V HEC-RAS

Po získání potřebných dat a představě o zájmovém území přišlo na řadu sestavení matematického modelu v HEC-RAS. Bylo zapotřebí zvolit v AutoCad situaci příčné profily, které byly následně vkládány do HEC-RAS. Dále pak bylo zapotřebí vymodelovat profily v místech mostních konstrukcí a vložit mostní konstrukce. K tomu nám sloužila naměřená data z rekognoskací terénu. Další částí bylo nastavení drsností. Drsnost byla volena pro jednotlivé úseky inundace s ohledem na to, jaké plodiny nebo jakým způsobem se obhospodařuje. Pro vlastní úseky koryta byla drsnost volena

dle morfologie koryta. Všechny drsnosti byly vybírány z předem připravených tabulek v HEC-RAS.

7.4 ÚPRAVY KORYTA

Jako další součást práce bylo navrženo úpravy koryta v kritických profilech železniční most v kilometru 5.6 a 4.7. Jednalo se o zkapacitnění toku s úpravou u mostních konstrukcí, tato práce byla realizována v programu AutoCad. Tento bod práce probíhal současně s prací v HEC-RAS.

7.5 POSOUZENÍ ÚPRAV V MODELU HEC-RAS

Po úpravách koryta následovalo posouzení námi vytvořených úprav v HEC-RAS. Jednalo se o vložení námi realizovaných úprav do již fungujícího modelu a provedení výpočtu.

7.6 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Poslední částí bylo vyhodnocení a závěrečná rekapitulace práce. Provedlo se stanovení a porovnání výsledků současného stavu a stavu po provedených úpravách.

8. VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bakalářská práce se zabývala prouděním mostními konstrukcemi. Jednalo se o realizaci úprav koryta před a za mostní konstrukcí na zkonstruovaném modelu v prostorách vodohospodářských laboratoří. Hlavní náplní práce bylo nalezení optimálního tvaru úpravy koryta, aby nedocházelo ke vzdouvání vodní hladiny v prostoru mostní konstrukce. Další částí práce bylo sestavení modelu pomocí PC software (HEC-RAS) a následné porovnání hodnot v reálu a pomocí PC software (HEC-RAS).

8.1 FYZIKÁLNÍ MODEL A LABORATORNÍ MĚŘENÍ

8.1.1 Fyzikální model

Zkoumaná problematika byla zúžena na malá koryta drobných toků, které mají hodně rozkolísané průtoky, a jejich sklon způsobuje při průchodu návrhového průtoku režim bystrinného proudění. Model a tok měly vodu o stejné teplotě a vazkosti. Bylo použito Froudovo kritérium modelové podobnosti.

Fyzický model pro výzkum průtoků mostní stavbou byl vytvořen z grantu, který byl přidělen pro tento projekt. Realizace modelu byla provedena v železobetonovém žlabu s ocelovo-prosklenou konstrukcí (**Obr. 8.1**). Vystavěn byl v měřítku 1:100. Materiál použitý na výstavbu byl vodě-odolná překližka, deskové PVC bílé barvy a pozinkovaný plech. Snažili jsme se dodržet konstantní sklon 1%, to se podařilo jen do jisté míry. Vlivem sestavování modelu z jednotlivých dílců, došlo k nepatrným chybám na konstantním sklonu 1 %.

- šířka kanálu ve dně 0,2 m
- sklony svahů 1:1
- hloubka kanálu 0,2 m
- mostní konstrukce byla umístěna, (2,8 m začátek konstrukce a 3,4 m konec konstrukce) od začátku koryta a její šířka byla 0,2 m a 0,4 m

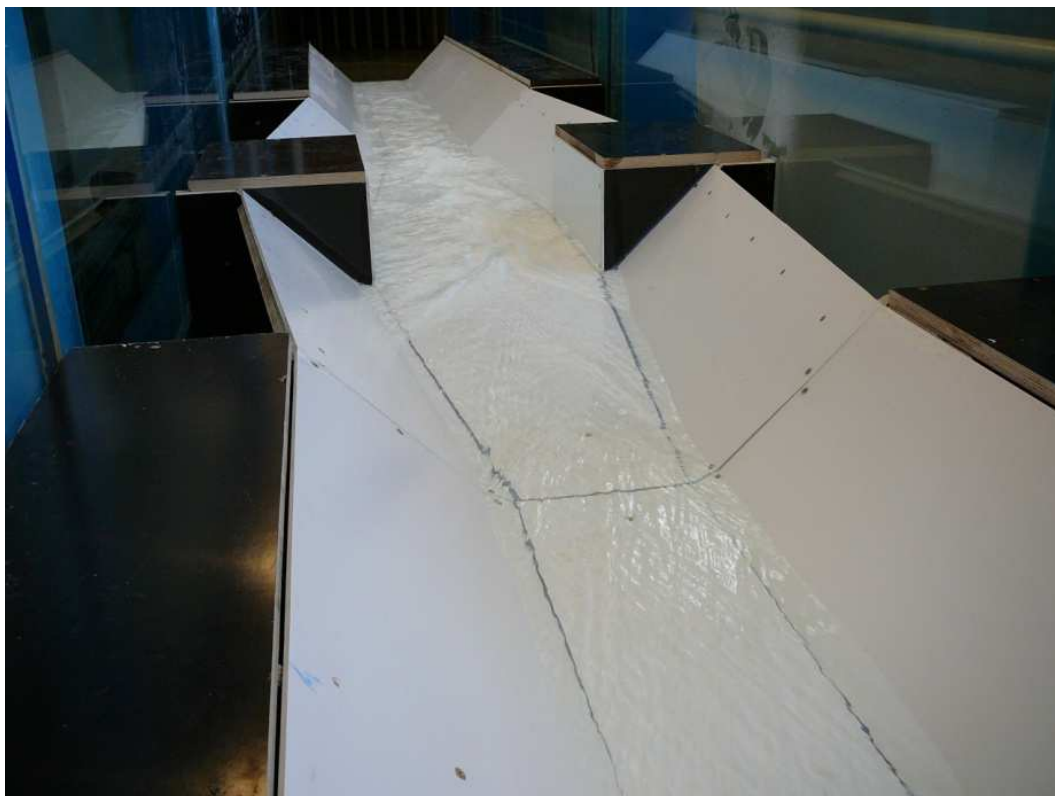
Do zvoleného koryta bylo navrženo rozšíření, prostor pro mostní objekt a zúžení. Rozšíření a zúžení bylo symetrické, provedeno v poměru 1:8 na délce 0,8 m každá strana. Skutečné rozšíření nebylo na celých 400 mm, ale model měl v prostoru mostu šíři dna 386 mm, nepodařilo se při výrobě dosáhnout přesně plánovaný rozměr.

Do rozšíření byl vložen mostní objekt (bez mostovky) s kolmými křídly, což představuje v současnosti běžné řešení. Světlost mostu byla 386 mm a délka 400 mm. Sklon dna modelu byl projektován na $J=0,01$, ale ve skutečnosti podle zaměření skutečnosti byl zjištěn průměrný sklon na modelu o hodnotě $J=0,0096$.

Model byl postaven na třech základových deskách o délkách 2 m, tedy celkový model měl dvě spojovací linie. V těchto místech se nepodařilo zajistit dokonale rovnoměrný

a hladký přechod z jedné části modelu do druhé, což se projevilo v naměřených hodnotách, které však neměly vliv na základní výsledky měření.

Nátok do modelu musel být řešen usměrněním toku vody z modelového žlabu 1 x 1 m s nulovým sklonem dna. Usměrňovač proudu byl proveden z pozinkovaného plechu. V důsledku nátoku vody ze šířky modelového žlabu 1 m do příčného profilu modelu toku o šířce dna 0,2 m a sklonu břehů 1:1 došlo i přes vybudování usměrňovače proudu k tvorbě mřížového vlnění na hladině v korytě modelu. Znovu bez významného ovlivnění měřených veličin. [9]



Obr. 8-1 Konstrukce fyzického modelu, pohled po proudu toku

8.1.2 *Laboratorní měření*

Voda protékající hydraulickým modelem byla přiváděna pomocí čerpadel, které jsou součástí vybavení laboratoře. Průtok byl řízen pomocí vybavení laboratoře. Možnost sledování aktuálního průtoku, který byl dodáván na hydraulický model, byla pomocí LCD displeje. Jednotlivé hodnoty průtoků byly odstupňovány po 5 l/s. Jednalo

se o průtoky 5, 10, 15, 20, 25, 30 l/s. Průběh hladin při jednotlivých průtocích byl sledován hrotovým měřidlem. [9]

8.2 VÝSLEDKY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem práce, bylo nalezení optimální úpravy koryta. Jednalo se buď o úpravu koryta před, nebo za mostní konstrukcí. Úpravy byly realizovány zbudováním zavazovacích křídel před a za mostní konstrukci, úpravy hladkého přechodu z mostní konstrukce do zavazovacích křídel za mostní konstrukcí. Všechny tyto úpravy vedly k nepatrnému snížení hladiny a posunutí vodního skoku, vznikajícího při přechodu z říčního do bystřinného proudění. Požadovaný efekt, tedy převedení vodního skoku za mostní konstrukci, nebyl dosažen. V práci jsme nenalezli optimální úpravu, ale byl odzkoušen PC program HEC-RAS. Jelikož jsme měli naměřená data na fyzickém modelu, mohli jsme v HEC-RAS poměrně přesně verifikovat hodnoty z námi vytvořeného modelu a hodnoty naměřené v laboratoři.

Závěrem lze tedy říci, že HEC-RAS modeluje proudění mostními konstrukcemi velmi dobře. Proto je vhodný pro navrhování a posuzování mostních profilů.

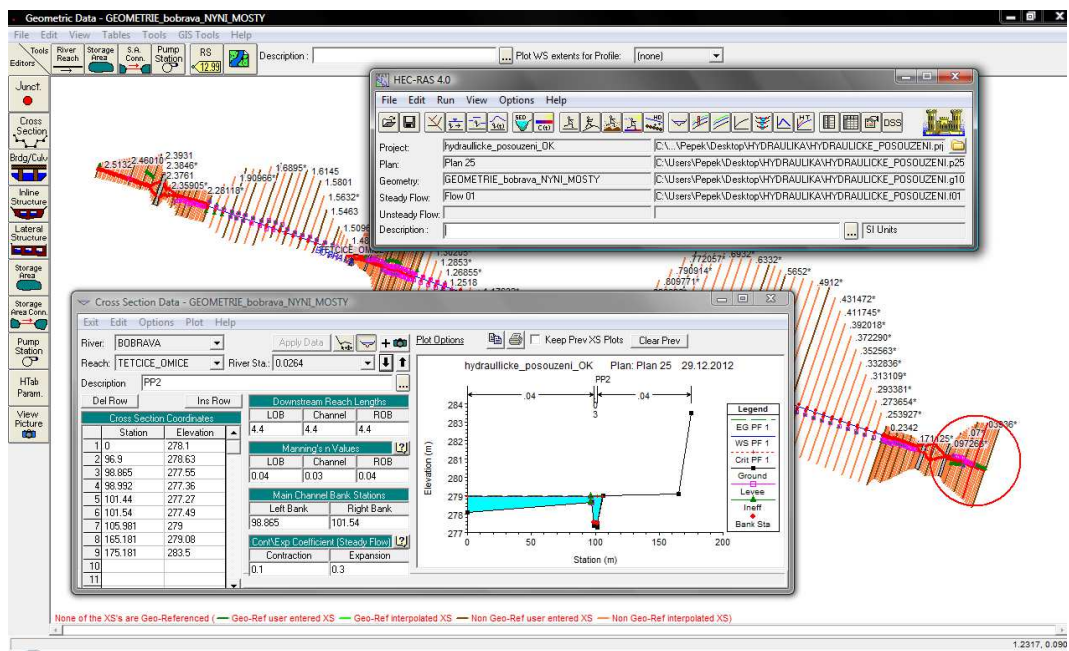
9. MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ VODY

9.1 POUŽITÝ MODEL

Pro hydraulické posouzení byl použit jednorozměrný model proudění vody v otevřených korytech vodních toků HEC-RAS. Jedná se o v praxi dnes hojně využívaný model vyvinutý týmem odborníků hydrologického výzkumného střediska armády Spojených států amerických (HEC,2002b).

Programový systém HEC-RAS obsahuje 1D model rovnoměrného i nerovnoměrného proudění v otevřených korytech.

HEC2 a 1D model neustáleného proudění říčními koryty UNET. Matematická podstata rovnic popisujících jednorozměrný pohyb vody v korytě je popsána v Hydraulic Reference Manual (HEC, 2002a). Výpočetní metody dokážou vzít v úvahu i vliv překážek proudění, jako jsou mosty, propustky a jezy. Pro simulaci proudění vody říčním korytem je potřeba do modelu zadat základní data, která můžeme rozdělit do tří základních skupin. Jedná se o příčné profily koryta toku a přilehlého inundačního území, součinitele drsnosti dna a okrajové a počáteční podmínky, jejichž zadání je nezbytné pro spuštění vlastního výpočtu. Zásadním krokem je kalibrace modelu, kde se nastavují parametry modelu tak, aby s určitou přesností reprodukoval pozorovaná data. Při kalibraci se většinou mění součinitele drsnosti n . Zvýšení drsnosti způsobí lokální zvýšení hladiny a zploštění povodňové vlny směrem po toku. Při kalibraci by se neměla příliš měnit geometrie příčných profilů. [10]



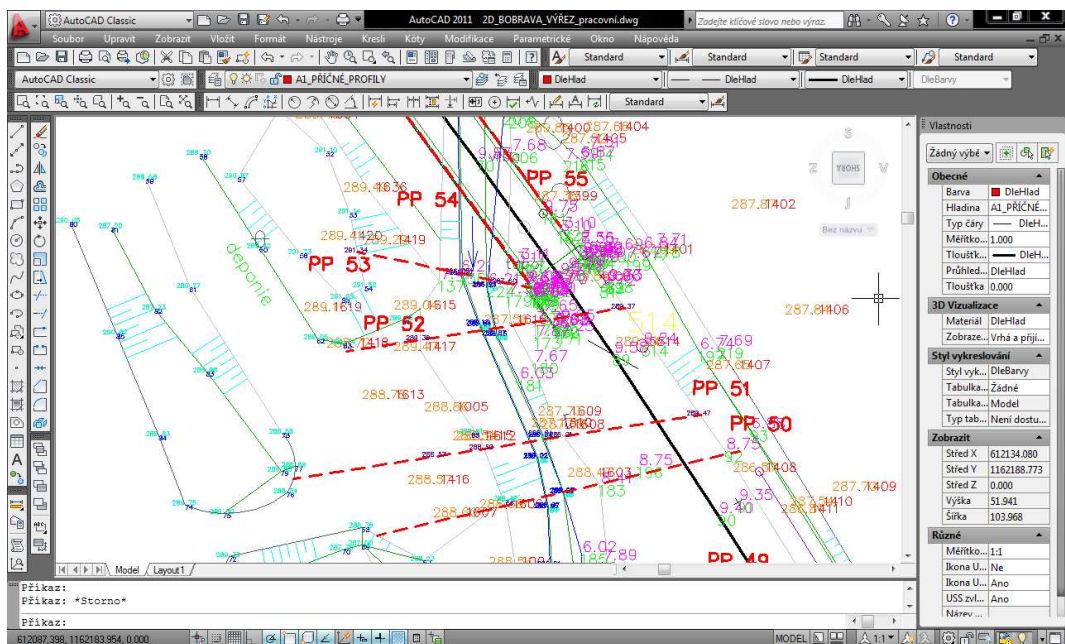
Obr. 9-1 Ukázka práce v programu HEC-RAS

9.2 MODEL ŘEŠENÉHO ÚSEKU TOKU BEZ ÚPRAV

9.2.1 Umístění příčných profilů do situace

Pro umístění příčných profilů nám posloužila situace řešeného území. Jednalo se o situaci ve 3D, byla proto zploštěna a převedena do 2D. Tím došlo k nepatrnému znehodnocení, ale ne ke znehodnocení přesnosti údajů.

Příčné profily byly umísťovány dle potřeby a možností, které nám poskytla situace. V prostoru mostních konstrukcí byly profily zhuštěny. Chybějící data o vodním toku byla doplněna a vymodelována v HEC-RAS po předchozí rekognoskaci terénu. Příčné profily byly umísťovány pokud možno kolmo k ose toku řeky Bobravy.



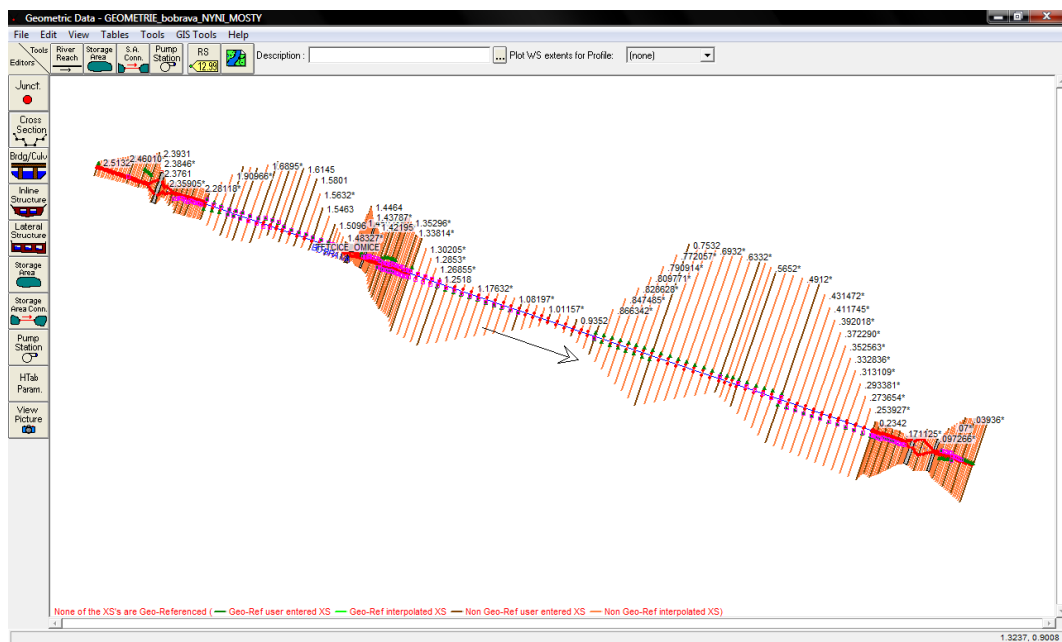
Obr. 9-2 Ukázka práce v programu AutoCad, zadávání příčných profilů

9.2.2 Práce v HEC-RAS

Model byl sestaven na podkladě klasických geodetických podkladů. Jako první a druhá okrajová podmínka byl použit průměrný sklon řešeného úseku řeky Bobravy a průtok Q_{100} , dodaný Českým Hydrometeorologickým Ústavem (ČHMÚ). Boční přítoky a přítoky z mezipovodí nebyly uvažovány.

9.2.2.1 Vložení trasy do programu

V rozhraní práce s geometrií koryta (**Geometric data**) byla vložena trasa koryta. Program umožňuje vložení grafického podkladu situace v podobě obrázku *.JPEG, poté následuje tvoření trasy klikáním po ose toku. Tento postup nebyl zvolen, trasa byla zvolena jako rovné koryto bez oblouků. Na výsledek nemá tento postup vliv, pouze výsledek opticky zkrasluje.



Obr. 9-3 Ukázka práce v programu HEC-RAS, trasa toku již s příčnými profily

9.2.2.2 Vkládání příčných profilů

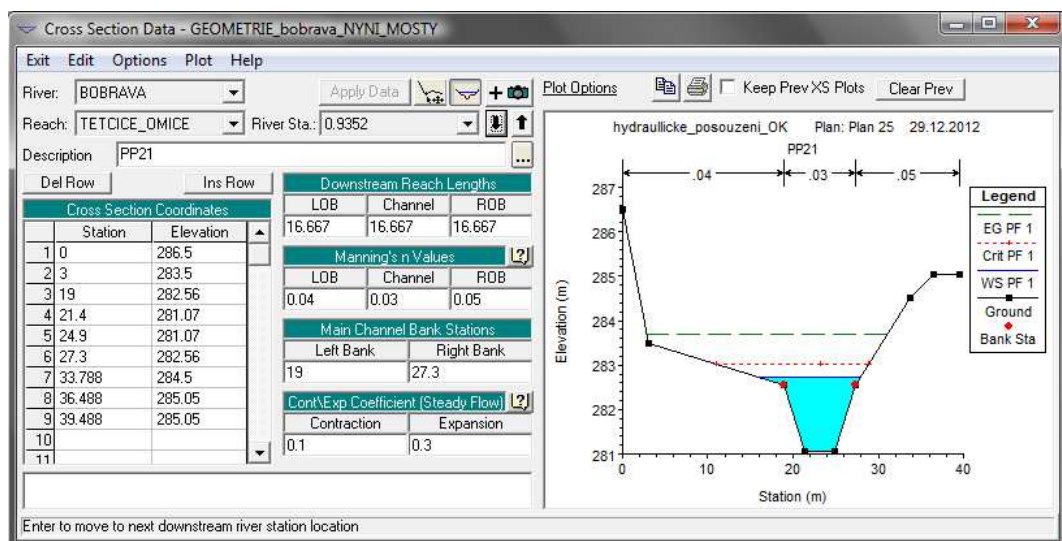
Umístění příčných profilů do situace bylo realizováno, viz. kapitola 9.2.1 **Umístění příčných profilů do situace**. Vkládání se provádí v rozhraní práce s geometrií koryta (**Geometric data**) tlačítkem **Crosssection**. Dále pak **Options – Add a newCrosssection**.

Poté program požádá o zadání kilometráže příčného profilu. Dál následuje zadání názvu příčného profilu okénku (**Description**).

Dále je potřebné vyplnit všechna okénka, která jsou označena zeleně:

- **DownstreamReachLengths** – Jedná se o vzdálenost ke spodnímu profilu, vkládá se zvlášť pro koryto, levou a pravou část inundace, u prvního profilu bude 0.
- **Manning's n Values** – Drsnosti dle Maninga, vkládají se zvlášť pro koryto, levou a pravou část inundace.
- **MainChannel Bank Stations** – Zde se nastavoval přechod mezi korytem a inundací, velmi důležité pro nastavení drsností, od toho to bodu HEC-RAS počítá v případě inundace s hodnotou inundační drsnosti zvolenou v **Manning's n Values**. A naopak v případě koryta. Rozhraní se zobrazí jako červený bod.

- **Cont\Exp Coefficient (SteadyFlow)** – Součinitel místních ztrát (rozšíření\zúžení) byl ponechán nastavením HEC-RAS.
- **CrossSectionCoordinates** – Zde byla vkládána geometrie příčného profilu. U jednotlivých příčných profilů byly po předchozím umístění do situace vypsány nadmořské výšky bodů a jednotlivé vzdálenosti. Tento postup byl zvolen z důvodů přehlednosti a rychlosti práce při tvorbě modelu.



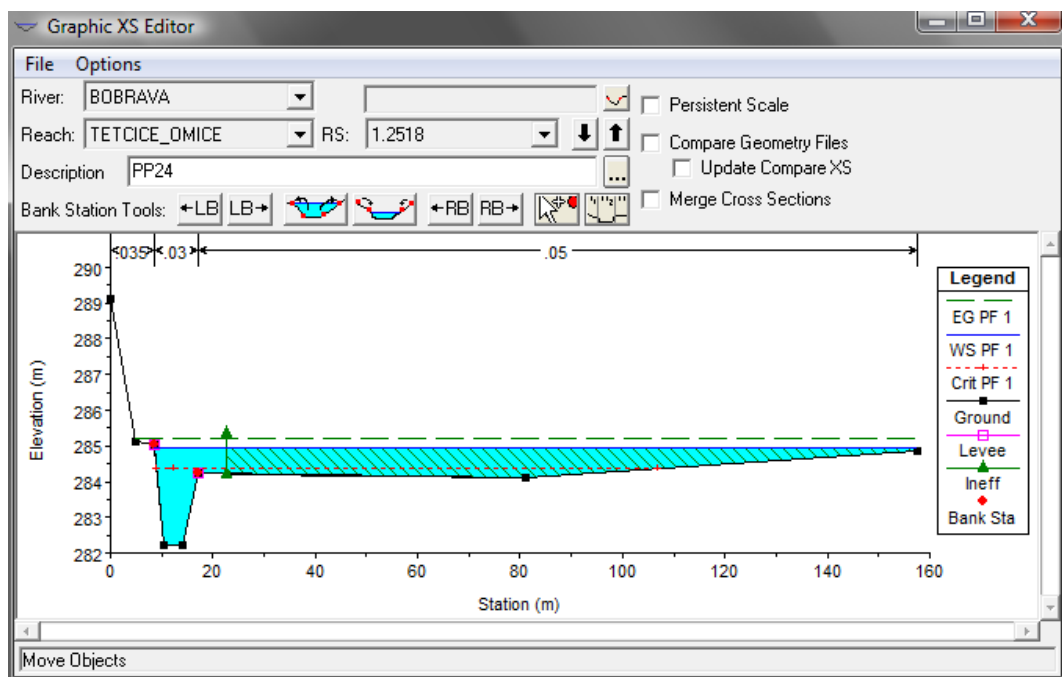
Obr. 9-4 Ukázka práce v programu HEC-RAS, vytváření příčného profilu (textový editor)

V případech kde dochází k rozlévání do inundačních prostor, v našem případě úseky toku v okolí osady Dvorek a Horního rybníka, lze zadat pasivní oblast. Jedná se o vyznačení oblastí, kde voda téměř neproudí, hlavně z důvodu odlehlosti od hlavního proudu toku a malé hloubce vody.

Tam, kde byla řeka nějakým způsobem ohrázená nebo geometrie příčných profilů dovozovala to, že by voda v korytě mohla být při vyšších stavech výše než úroveň terénu v inundaci. Musela být zadána podmínka pro přelévání. Jde vlastně o stanovení meze, do které se voda v korytě udrží, než se přelije za ohrázení.

Tyto podmínky se nejlépe a nejrychleji zadávají v grafickém editoru pro vytváření příčného profilu. Jednotlivé položky se zadávali pomocí funkcí v **Options**:

- **AddNormalIneffective Area (1 pt)** – Vložení pasivní oblasti jednobodově, spodní bod je jasně daná výšková souřadnice terénu, vrchní není omezena, končí v nekonečnu. V profilu se zobrazí zelenou šipkou a vyšrafovanou pasivní oblastí.
- **AddLevees** – Vložení přelévané hrany. V případě, že hladina nepřekročí tuto mez, program nezahrnuje oblast do aktivního průtočného profilu. V profilu je zobrazena růžovou barvou.



Obr. 9-5 Ukázka práce v programu HEC-RAS, vytváření příčného profilu (grafický editor)

Mezi vloženými profily, došlo k automatickému vložení profilů. V místech mostních konstrukcí a v místech realizovaných úprav bylo vkládání zhuštěno na 2–5 m v místech inundací a velkých vzdáleností mezi vloženými profily to pak bylo 10–20 m.

9.2.2.3 Drsnosti použité v modelu

Jedna ze stěžejních částí práce bylo zvolení příslušných drsnostních součinitelů pro náš model. Byly zvoleny součinitele pro koryto, inundace a mostní profily. Drsnosti pro námi zvolený typ úpravy byly vkládány až v části modelování úprav.

Všechny drsnostní součinitele byly vkládány z předem připravených tabulek, které poskytuje HEC-RAS ve svém manuálu.

V tabulce byla vybrána hodnota z příslušného řádku. Označena v tabulce červeně.

Pro koryto **MainChannels** 0.03 (čisté, přímé koryto bez tůní s více kameny a trávou), pro inundaci **Food Plains** 0.04 (obhospodařované plochy – obiloviny) a 0.05 (vysoká tráva, při vyběžení Bobravy nedojde ke slehnutí).

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			0.035
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			0.040
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			0.070
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
	0.040	0.060	0.080

Obr. 9-6 Tabulka drsnostních součinitelů pro koryto a inundaci, manuál HEC-RAS

Pro mostní konstrukce **Concrete botám float finished with sides of:** 0.022
(obetonovaný profil s kamenivem)

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>B. Lined or Built-Up Channels</i>			
1. Concrete			
a. Trowel finish	0.011	0.013	0.015
b. Float Finish	0.013	0.015	0.016
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
d. Unfinished	0.014	0.017	0.020
e. Gunite, good section	0.016	0.019	0.023
f. Gunite, wavy section	0.018	0.022	0.025
g. On good excavated rock	0.017	0.020	
h. On irregular excavated rock	0.022	0.027	
2. Concrete bottom float finished with sides of:			
a. Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b. Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c. Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d. Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e. Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035
3. Gravel bottom with sides of:			
a. Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b. Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c. Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036

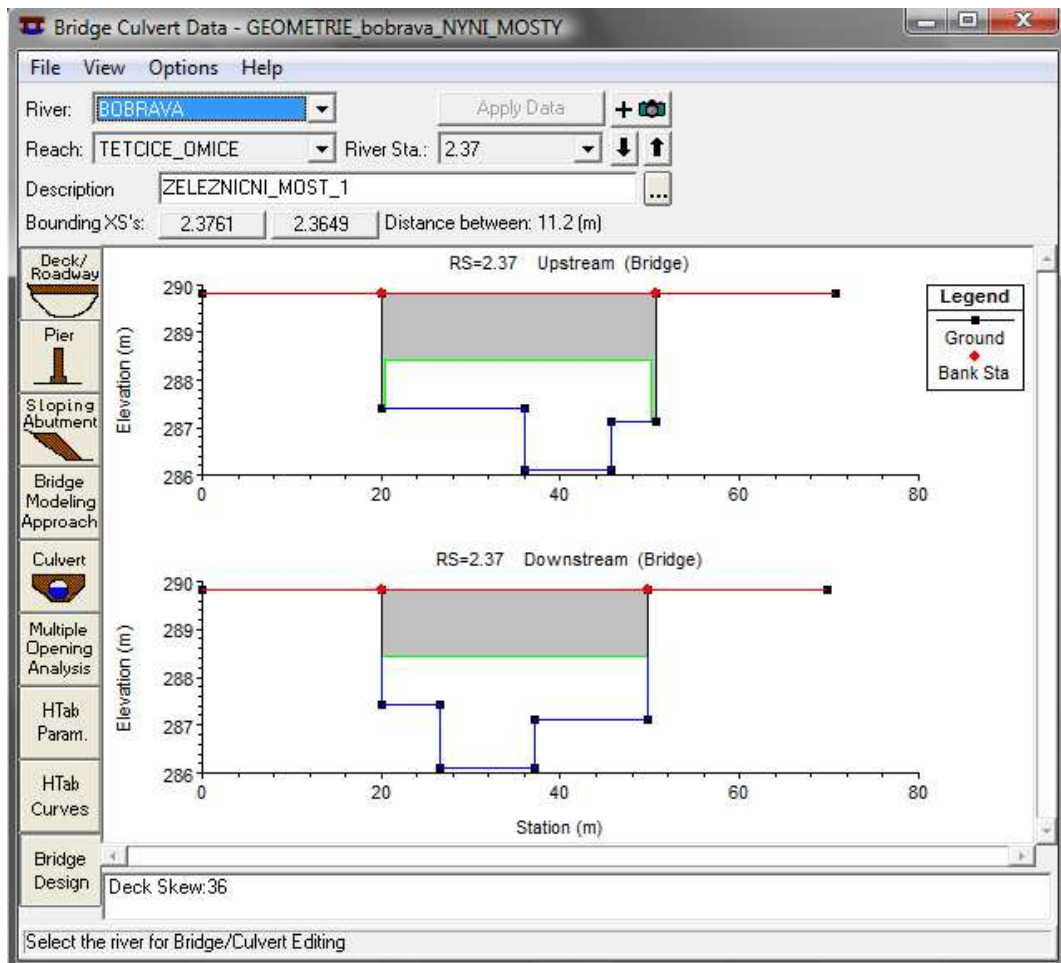
Obr. 9-7 Tabulka drsnostních součinitelů pro mostní profily, manuál HEC-RAS

9.2.2.4 Vkládání mostních konstrukcí

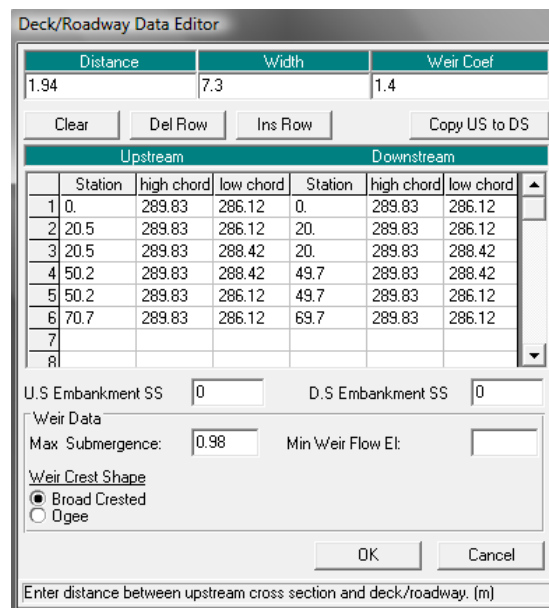
Vkládání se provádí v rozhraní práce s geometrií koryta (**Geometric data**) tlačítkem **Bridges and Culverts**. Dále pak **Options – Adda Bridge\or Culvert**.

Poté program požádá o zadání kilometráže, která se nachází mezi dvěma příčnými profily, kam chcete vložit mostní konstrukci. Dál následuje zadání názvu mostní konstrukce okénku (**Description**).

Nyní je nutné nastavit rozhraní **Desk\roadway** umístění mostní konstrukce od vrchního ze dvou vybraných profilů (**Distance**) a šířku mostní konstrukce (**Width**). Hodnota součinitele přepadu (**Weir Coef**) zůstala stejná jako ta, která byla nastavena programem.



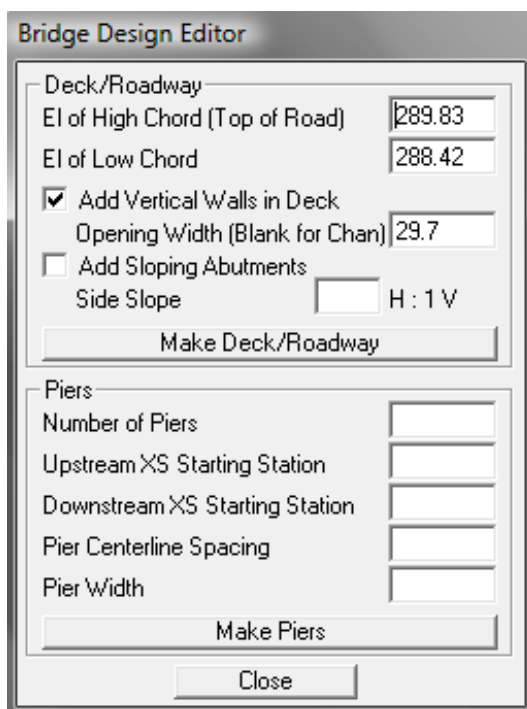
Obr. 9-8 Rozhraní Bridges and Culverts, vkládání mostních konstrukcí



Obr. 9-9 Rozhraní Desk\roadway, vkládání mostních konstrukcí

Opět platí pravidlo, že všechna okénka, která jsou zelená, se vyplňují. Ovšem v tomto případě jsme nevyplňovali geometrii mostních konstrukcí. Tu jsme vytvářeli v rozhraní **BridgeDesing**. Zde se vyplňovala okénka:

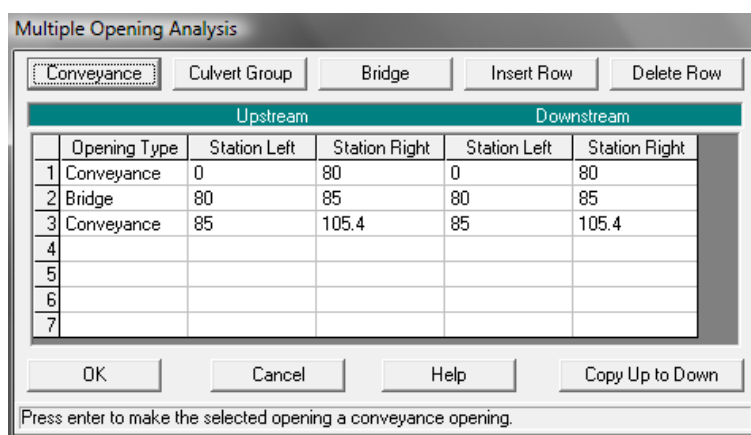
- **El of High Chord (Top of Road)** – Nadmořská výška vrchní části mostovky.
- **El of Low** – Nadmořská výška spodní části mostovky (rozhodující pro posouzení mostní konstrukce).
- **Add Vertical Walls in Deck** – Zaškrtnuto, jedná se o to, zda budou stěny mostní konstrukce svislé.
- **Opening Width (Blank for Chan)** – Rozpětí mostní konstrukce.



Obr. 9-10 Rozhraní BridgeDesing, vkládání mostních konstrukcí

V případech, kdy je třeba rozdělit množství vody, která přitéká do mostní konstrukce, například pokud mostní konstrukce tvoří hráz a dochází k přelévání, používáme aplikaci rozdělování průtoku **Multiple Opening Analysis**. Vkládání se provádí v rozhraní práce se vkládáním mostních konstrukcí (**Bridges and Culverts**) tlačítkem **Multiple Opening Analysis**. Zde se pak rozděluje průtok na mostní konstrukci **Bridge** a ostatní

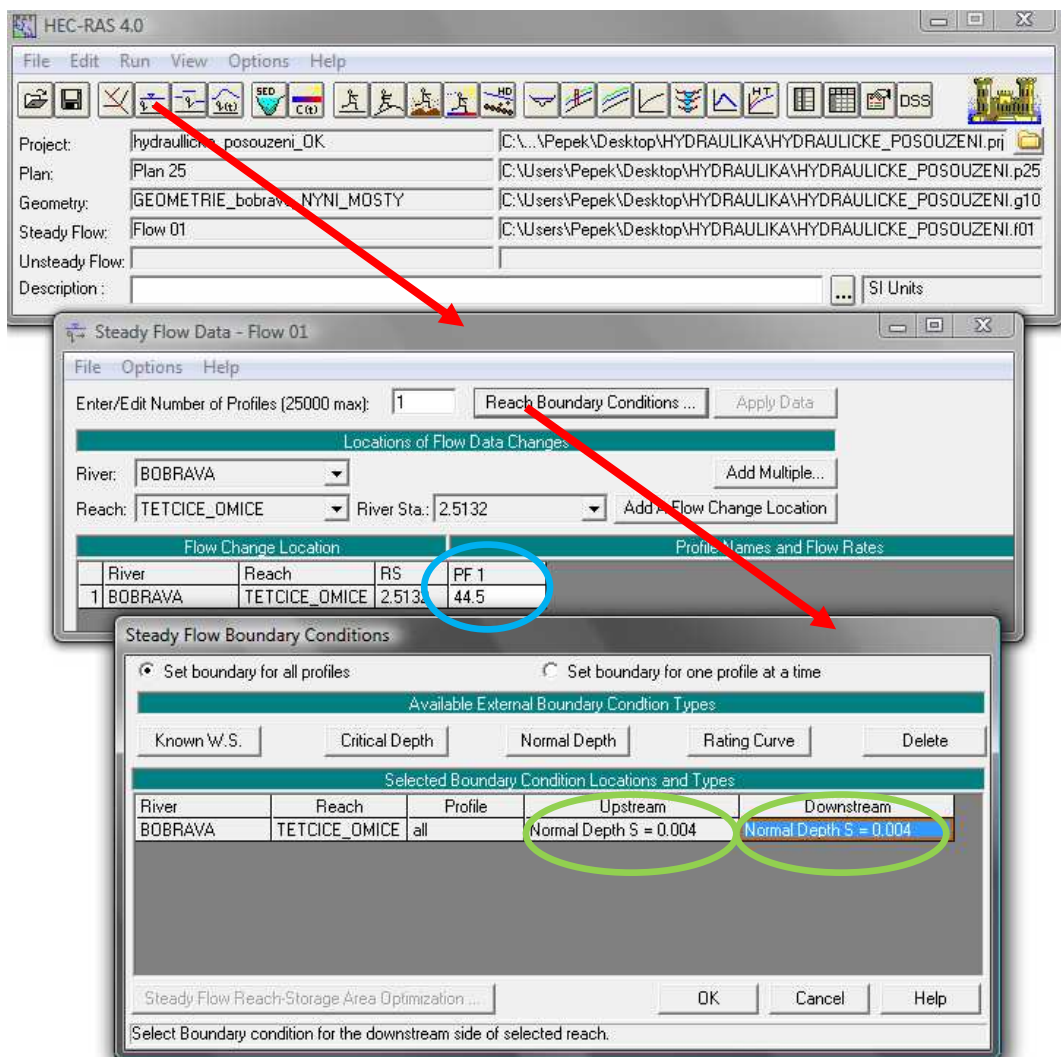
části **Conveyance**. V našem případě se jednalo o konstrukci silničního mostu 2, který tuto překážku v toku tvoří a při vyšších průtocích by mohlo docházet k tomu, že by celkové množství protékající vody neprocházelo mostní konstrukcí, ale přetévalo by i přes násep, tvořící silniční těleso.



Obr. 9-11 Rozhraní *Multiple Opening Analysis*, rozdělování průtoku

9.2.2.5 Okrajové podmínky

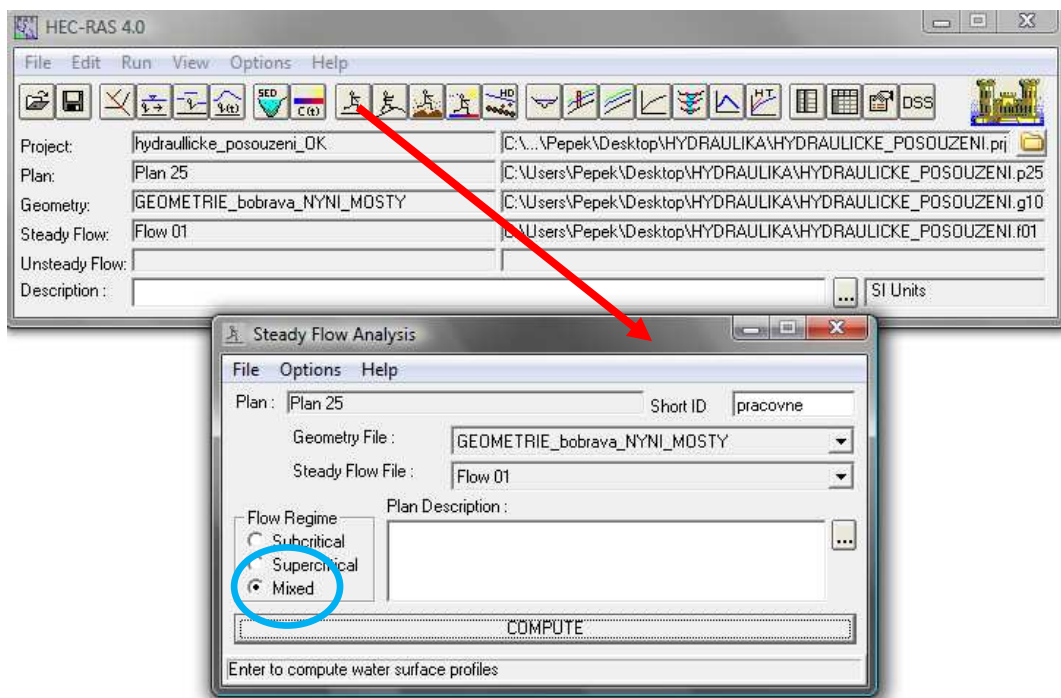
V našem případě se jednalo o ustálený stav, proto byly za okrajové podmínky zvoleny průtok $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$ a průměrný sklon koryta. Sklon byl vypočítán z převýšení a délky řešeného úseku $I = 0.4 \%$. Zadávání okrajových podmínek se provádělo v rozhraní *Steady Flow Data*. Zvolený průtok **Flow** je označen modře, průměrný sklon **Normal Dept** zeleně.



Obr. 9-12 Postup zadávání okrajových podmínek, rozhraní Steady Flow Data

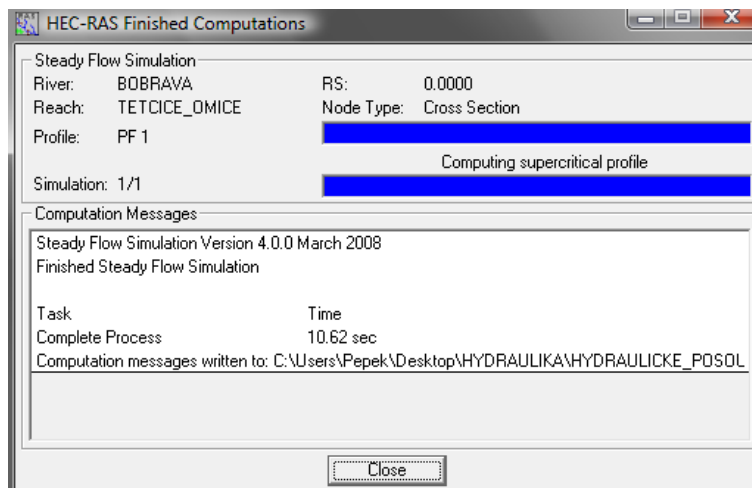
9.2.2.6 Spuštění výpočtu

Výpočet se spouští v hlavním okně programu (**Obr.9.13**). V okně **Steady Flow Analysis** jsme zvolili **Mixed** označeno modře, výpočet se spouští tlačítkem **COMPUTE**.



Obr. 9-13 Výpočet modelu, rozhraní Steady Flow Analysis

Pokud je model zkonstruován bez chyb a okrajové podmínky zadány dobře, proběhne výpočet a zobrazí se tabulka (**Obr.9.14**).



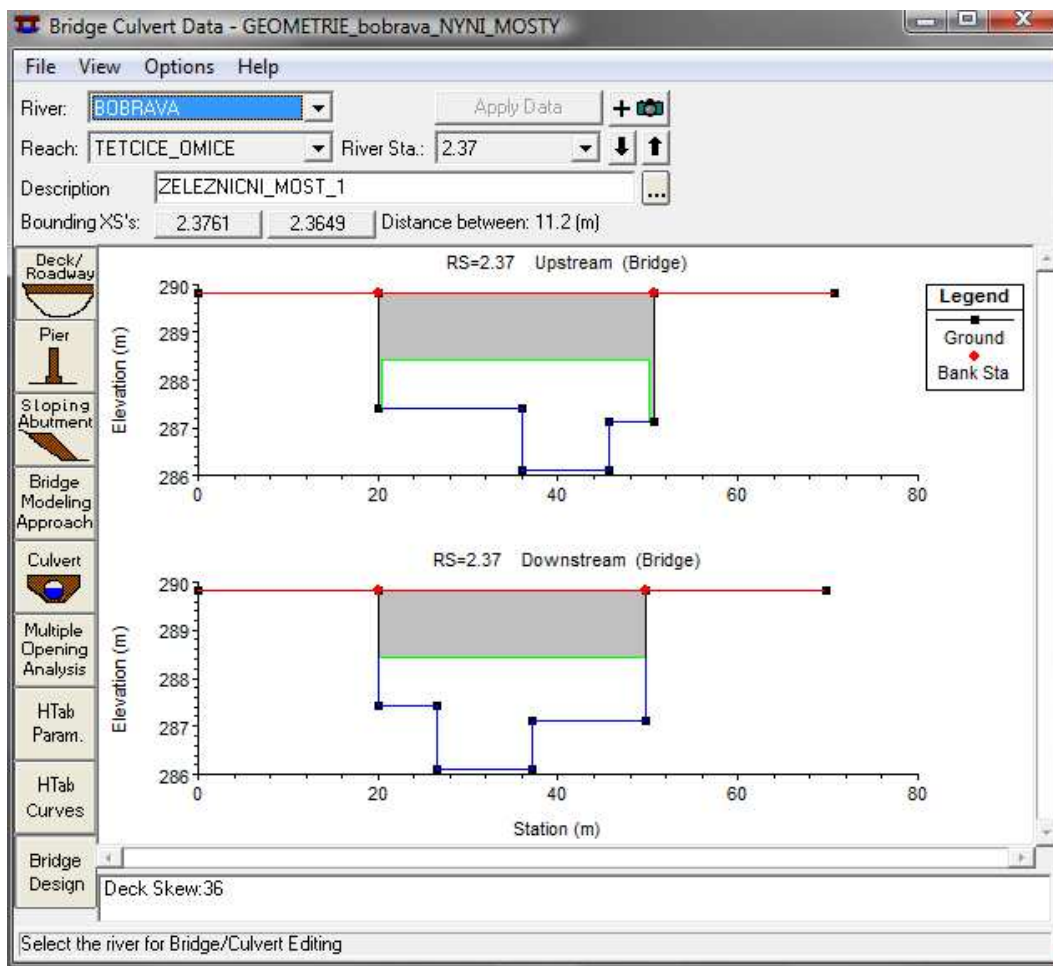
Obr. 9-14 Okno Finished Computations, přehled závěrečné kalkulace

9.2.3 Geometrie mostních konstrukcí

Základní přehled jednotlivých mostních profilů se základními daty byl popsán již v kapitole 4.2 MOSTNÍ KONSTRUKCE V ŘEŠENÉM ÚSEKU.

9.2.3.1 ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 5.6

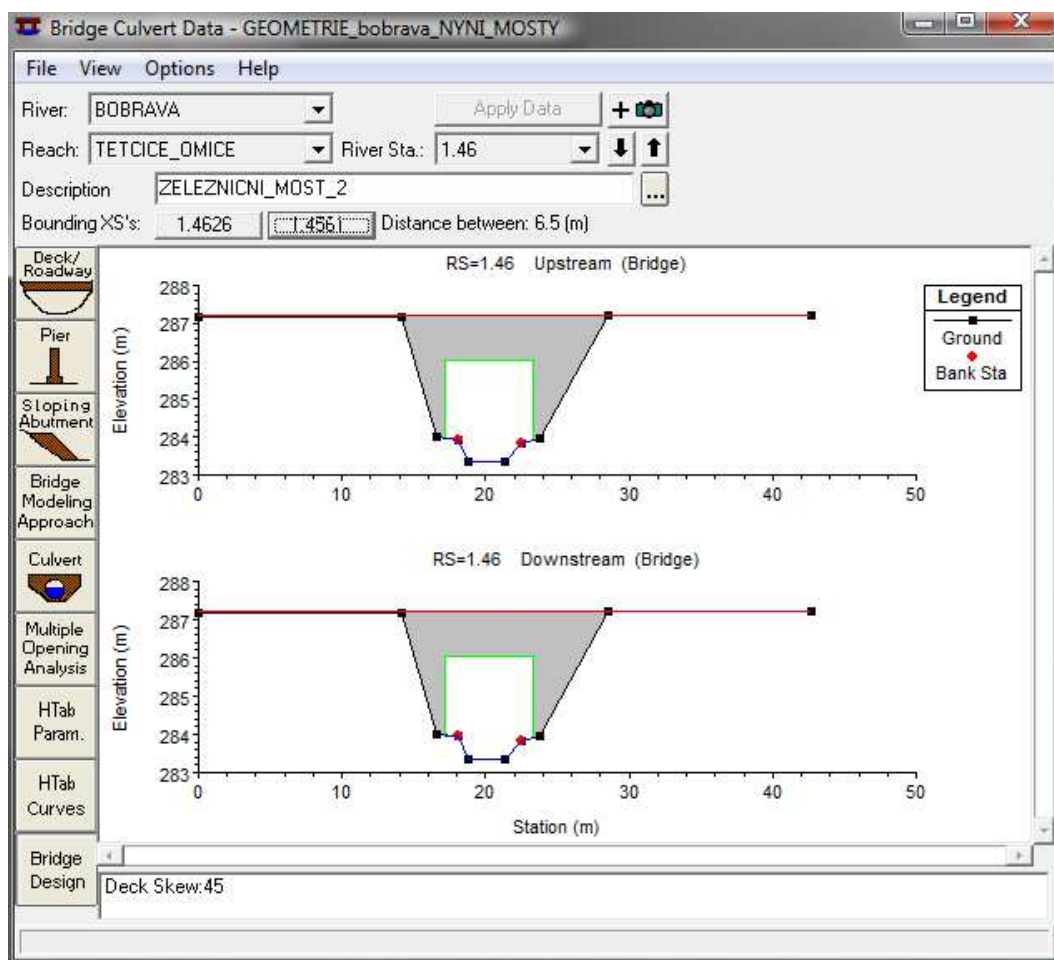
Šířka mostní konstrukce 7.3 m, rozpětí mostní konstrukce 29.7 m, nadmořská výška vrchní části mostovky 289.83 m n. m., nadmořská výška spodní části mostovky 288.42 m n. m.



Obr. 9-15 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu

9.2.3.2 ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 4.7

Šířka mostní konstrukce 3.5 m, rozpětí mostní konstrukce 8.7 m, nadmořská výška vrchní části mostovky 287.20 m n. m., nadmořská výška spodní části mostovky 286.04 m n. m..

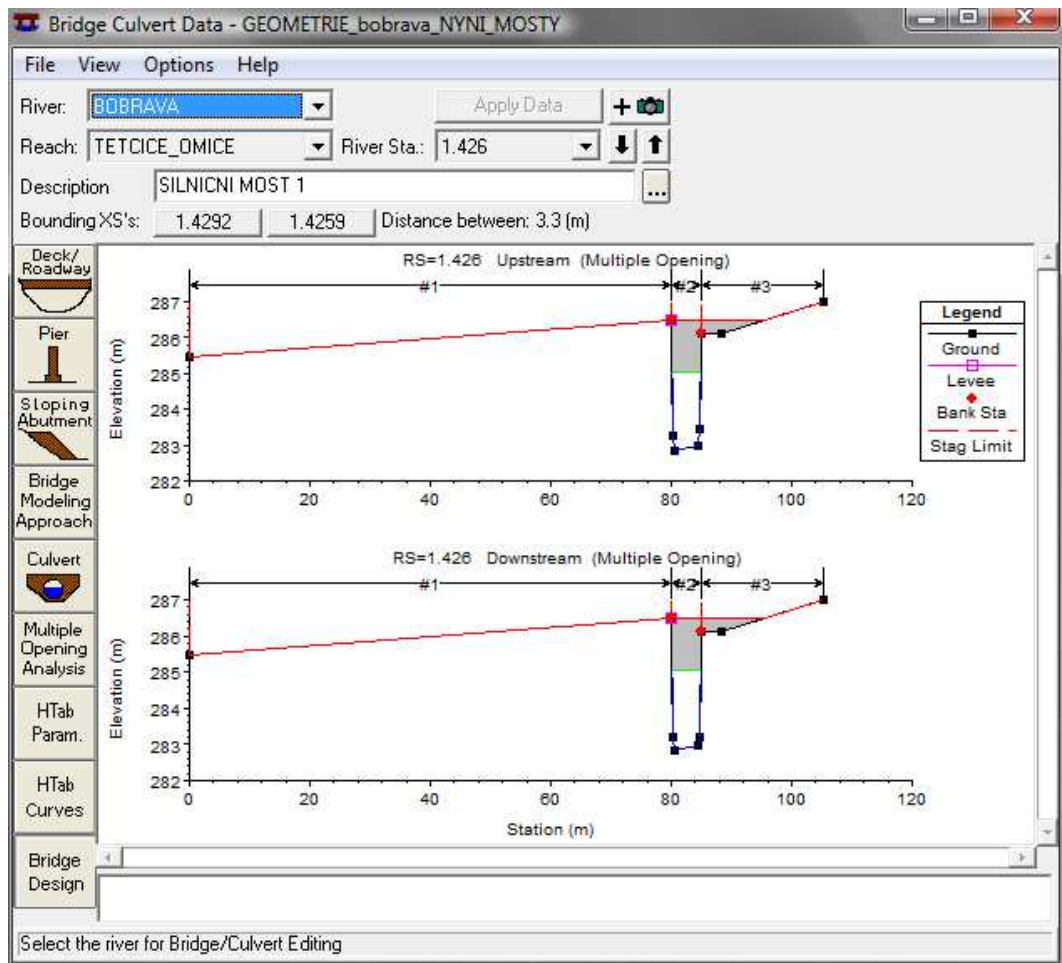


Obr. 9-16 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu

9.2.3.3 SILNIČNÍ MOST NA MÍSTNÍ KOMUNIKACI U OSADY DVOREK

Šířka mostní konstrukce 3.3 m, rozpětí mostní konstrukce 5 m, nadmořská výška vrchní části mostovky 286.49 m n. m., nadmořská výška spodní části mostovky 285.05 m n. m.

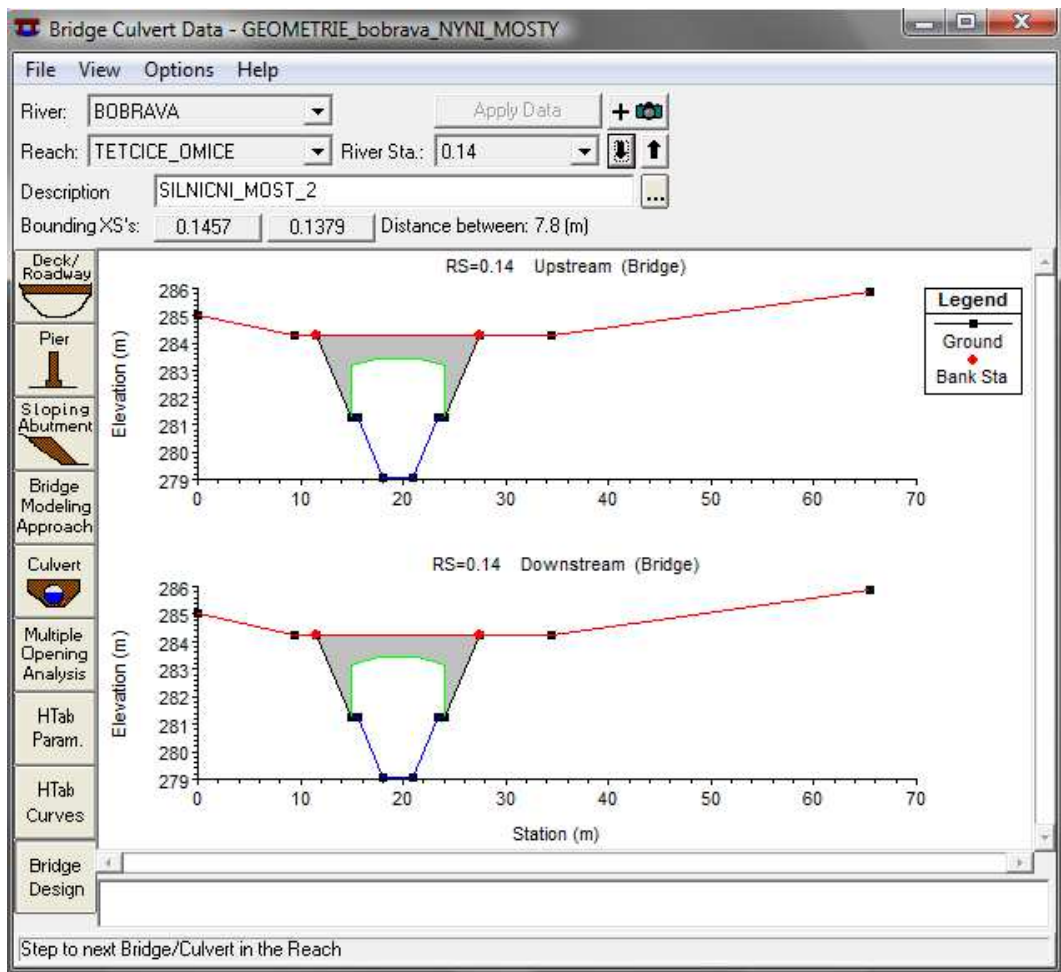
Červeně jsou označeny plochy pro rozdělování průtoku **Multiple Opening Analysis**.



Obr. 9-17 Rozhraní Bridge Desing, geometrie silničního mostu

9.2.3.4 SILNIČNÍ MOST U ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU V KILOMETRU 3.7

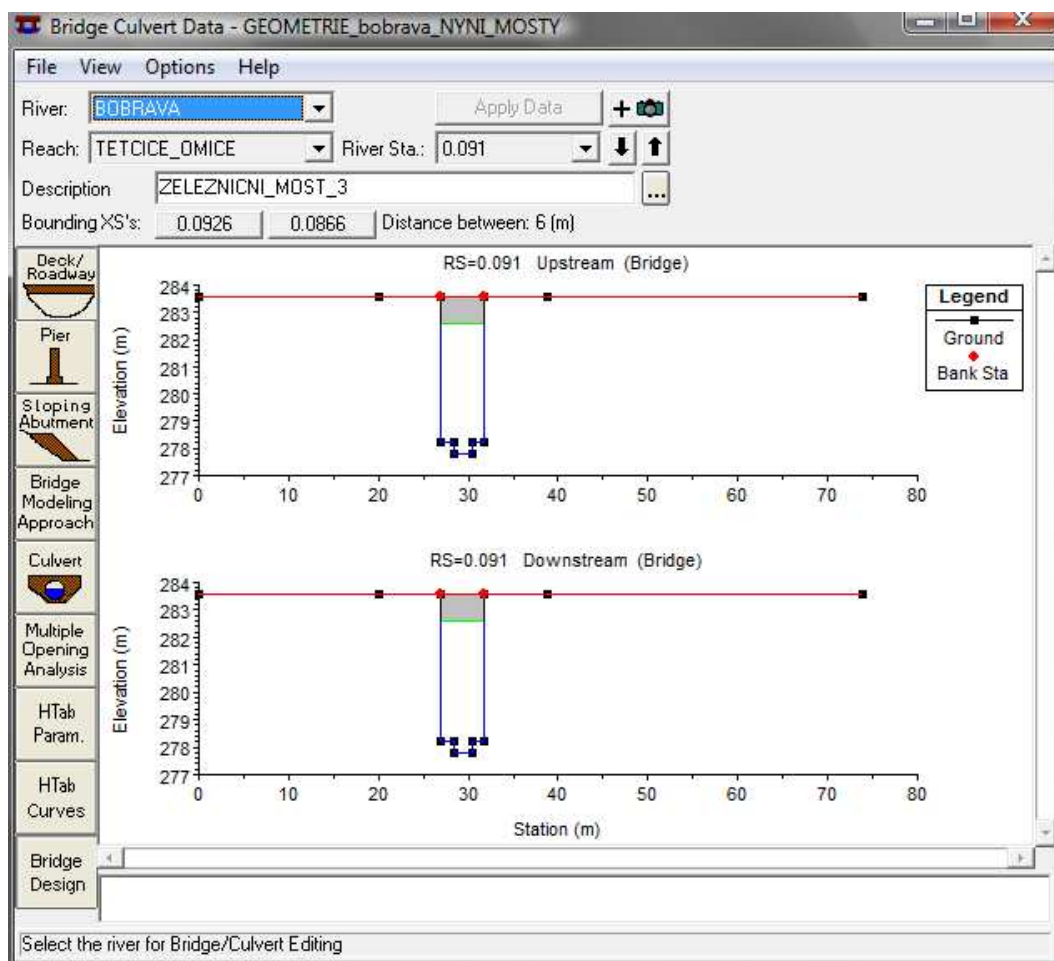
Šířka mostní konstrukce 7.8 m, rozpětí mostní konstrukce 9.2 m, nadmožská výška vrchní části mostovky 284.25 m n. m., nadmožská výška spodní části mostovky 283.15 m n. m.



Obr. 9-18 Rozhraní Bridge Desing, geometrie silničního mostu

9.2.3.5 ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 3.6

Šířka mostní konstrukce 6 m, rozpětí mostní konstrukce 4.8 m, nadmořská výška vrchní části mostovky 283.60 m n. m., nadmořská spodní části mostovky 282.60 m n. m.



Obr. 9-19 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu

9.3 MODEL ŘEŠENÉHO ÚSEKU TOKU PO ÚPRAVÁCH

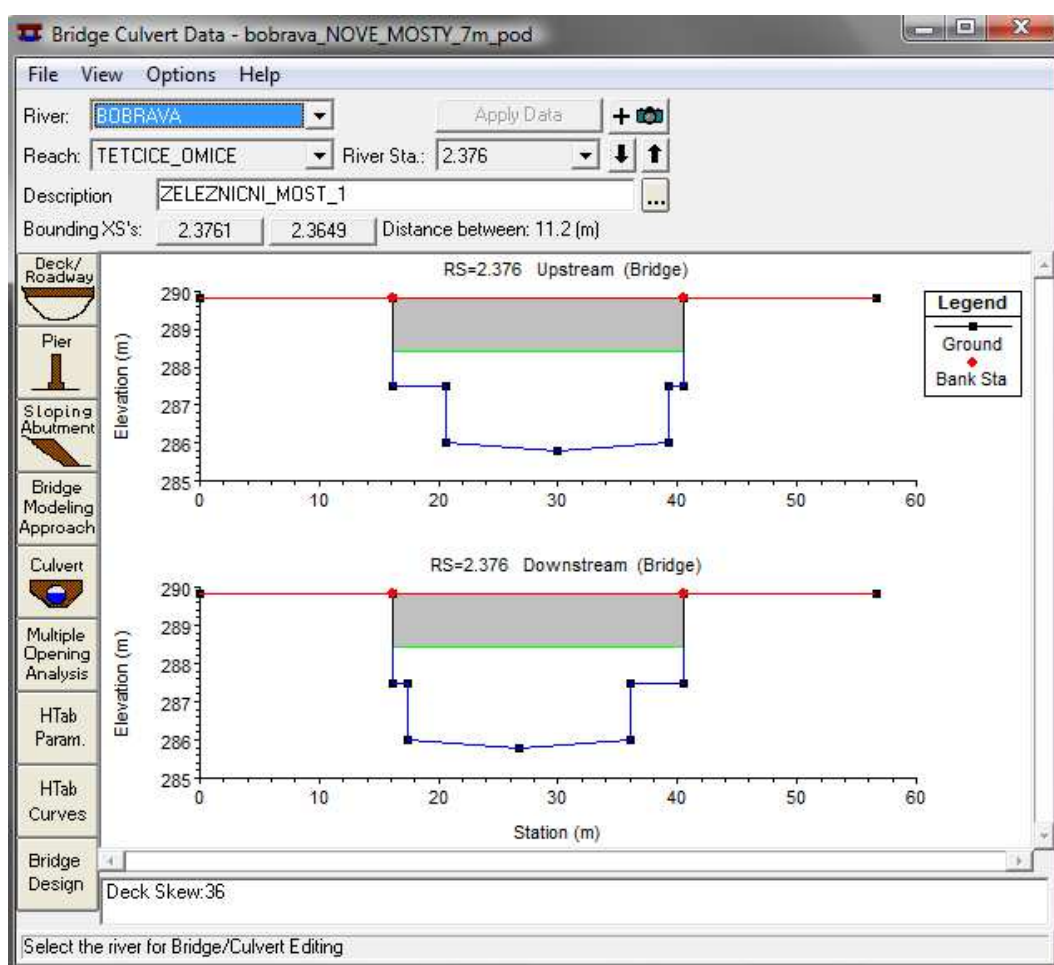
Jednotlivé stavební úpravy jsou popsány v kapitole 10. **REALIZOVANÉ ÚPRAVY KORYTA.** Práce v HEC-RAS byla totožná jako při tvorbě modelu současného stavu.

9.3.1 *Geometrie mostních konstrukcí*

Přehled mostních profilů po úpravě je vyobrazen níže. Úpravy se týkaly železničního mostu v kilometru 5.6 a 4.7. Úpravy se týkaly hlavně úpravy profilu řeky a ne mostní konstrukce.

9.3.1.1 ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 5.6

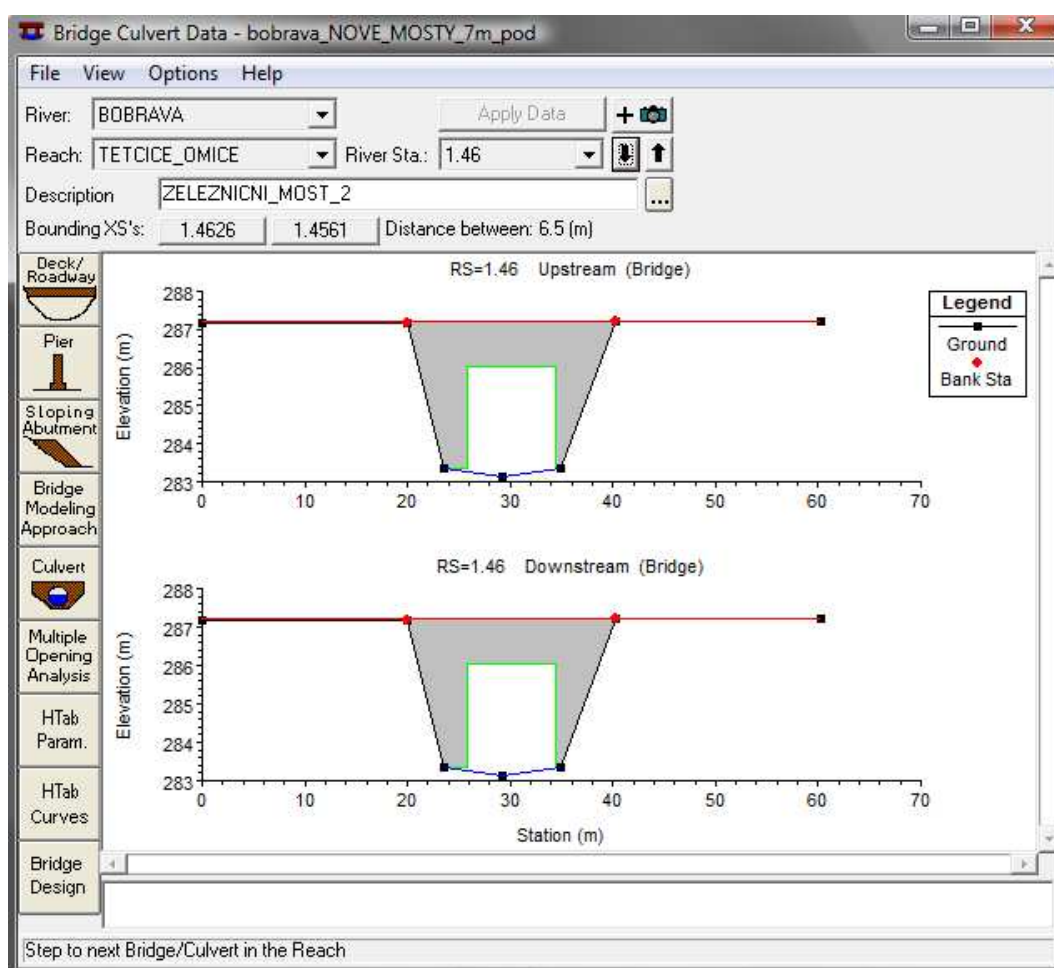
Hodnoty jako šířka mostní konstrukce 7.3 m, rozpětí mostní konstrukce 29.7 m, nadmořská výška vrchní části mostovky 289.83 m n. m. a nadmořská výška spodní části mostovky 288.42 m n. m., zůstaly zachovány. Došlo k úpravě koryta v profilu mostní konstrukce.



Obr. 9-20 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu po úpravě

9.3.1.2 ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 4.7

Hodnoty jako šířka mostní konstrukce 3.5 m, rozpětí mostní konstrukce 8.7 m, nadmořská výška vrchní části mostovky 287.20 m n. m. a nadmořská výška spodní části mostovky 286.04 m n. m., zůstaly zachovány. Došlo k úpravě koryta v profilu mostní konstrukce.

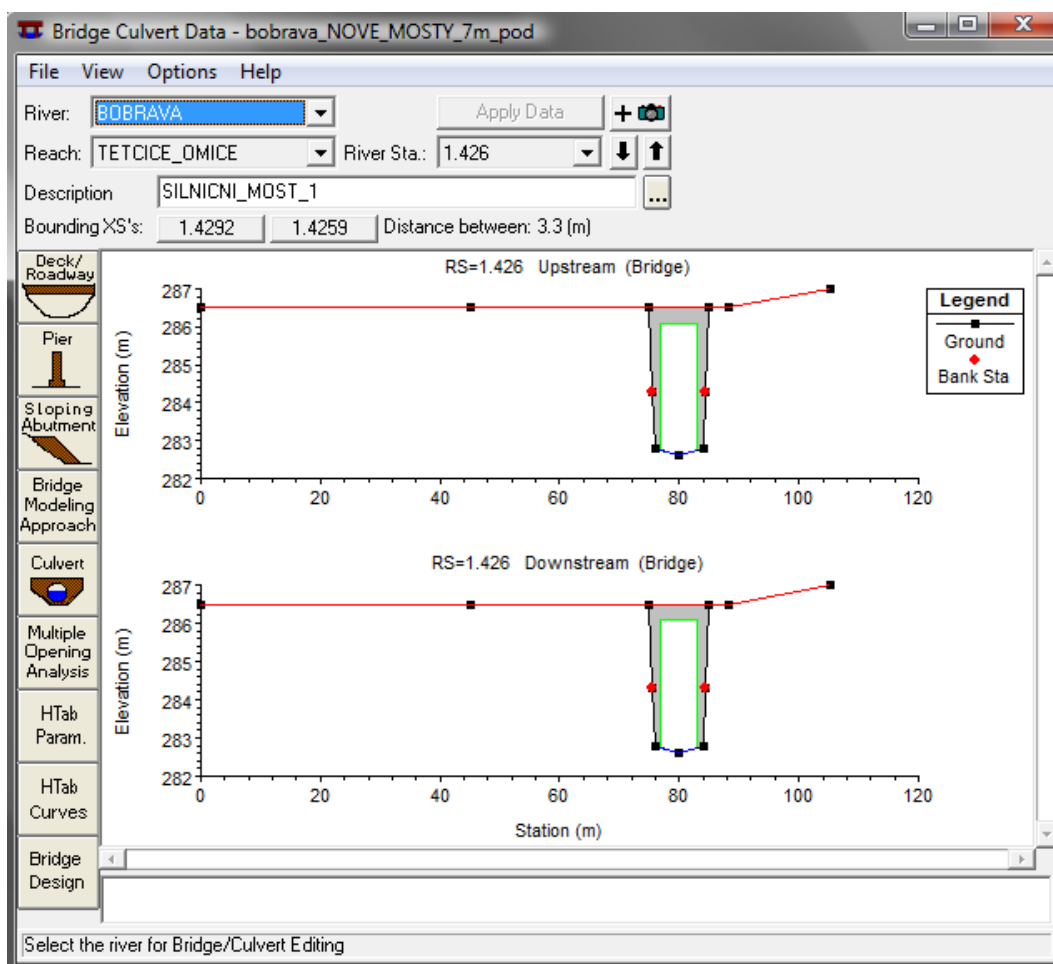


Obr. 9-21 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu po úpravě

9.3.1.3 SILNIČNÍ MOST NA MÍSTNÍ KOMUNIKACI U OSADY DVOREK

Byla realizována nová mostní konstrukce. Šířka nové silniční mostní konstrukce zůstala zachována na 3.3 m. Rozpětí mostní konstrukce bylo zvětšeno z 5 m na 6 m. Nadmořská výška vrchní části mostovky zůstala stejná 286.50 m n. m., nadmořská spodní vrchní části mostovky mohla být zvětšena z důvodu nové mostní konstrukce z 285.05 m n. m. na 286.1 m n.m..

S těmito úpravami byly spojené i úpravy silnice a jejího tělesa. Jeho osa se zakřivila z důvodu posunutí mostní konstrukce. Podélný sklon se upravil. Došlo k odstranění prudkých změn výškového sklonu.



Obr. 9-22 Rozhraní BridgeDesing, geometrie silničního mostu 1 po rekonstrukci

10. REALIZOVANÉ ÚPRAVY KORYTA

Stavební úpravy koryta byly realizovány ve dvou místech v námi řešeném úseku. Jednalo se o stavební úpravy v místech ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V KILOMETRU 5.6 a ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V KILOMETRU 4.7. Jednotlivé úpravy byly řešeny obdobně, jednalo se o zkapacitnění koryta před a za mostními konstrukcemi. V místě železničního mostu v kilometru 4.7 byla realizována rekonstrukce silničního mostu na místní komunikaci. Jednalo se o kompletní výstavbu nové mostní konstrukce. Podmínkou bylo, že renovací projde pouze silniční most 1. Ostatní mostní konstrukce zůstanou zachovány.

10.1 ÚPRAVY V PROFILU ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V KILOMETRU 4.7

V tomto kritickém místě dochází k prudkému vzrůstu hloubky vody při Q_{100} vlivem zúžení koryta v místech silničního mostu na místní komunikaci u osady Dvorek. Tato mostní konstrukce vytváří vzduť pro další mostní konstrukce ležící na toku nad ním. Z této skutečnosti a z důvodů jeho havarijního stavu byla provedena rekonstrukce této mostní konstrukce.

10.1.1 Mostní konstrukce

Nová mostní konstrukce byla realizována jako železobetonový monolitický most. Šířka nové silniční mostní konstrukce zůstala zachována na 3.3 m. Rozpětí mostní konstrukce bylo zvětšeno z 5 m na 6 m. Nadmožská výška vrchní části mostovky zůstala stejná 286.50 m n. m., nadmožská spodní vrchní části mostovky mohla být zvětšena z důvodu nové mostní konstrukce z 285.05 m n. m. na 286.1 m n. m.

S těmito úpravami byly spojené i úpravy silnice a jejího tělesa. Jeho osa se zakřivila z důvodu posunutí mostní konstrukce. Podélný sklon se upravil. Došlo k odstranění prudkých změn výškového sklonu a celá komunikace byla nově rekonstruována i se stavebními úpravami železničního přejezdu.

Konstrukce železničního mostu v kilometru 4.7 zůstala zachována, došlo však na úpravu profilu v místě konstrukce. Jednalo se o odstranění sedimentů a náletové

vegetace, naplavených předmětů. Tím se podstatně změnil tvar koryta a jeho kapacita se zvětšila.

Úpravy provedené u obou mostních profilů se týkaly také obetonování dna a stěn, tím se zabezpečila stabilita proti vodní erozi. Nebude tak docházet k erozní činnosti a bude zachována bezpečnost mostních konstrukcí.

10.1.2 *Koryto*

Jednalo se o zkapacitnění koryta. Jednalo se o klasickou úpravu toku. Byl zvolen lichoběžníkový profil se sklonem svahů 1:2. Šířka ve dně byla volena dle morfologie terénu a potřeby.

Úprava nad konstrukcí 2 železničního mostu vypadala takto: šířka ve dně byla zvolena na 6 m v délce 323 m. Od tohoto profilu se šířka pozvolna rozšiřovala do šíře profilu mostní konstrukce délkou 15.5 m. Před touto úpravou byl zvolen 5 m široký kamenný pohoz s velikostí kamene 200–300 mm.

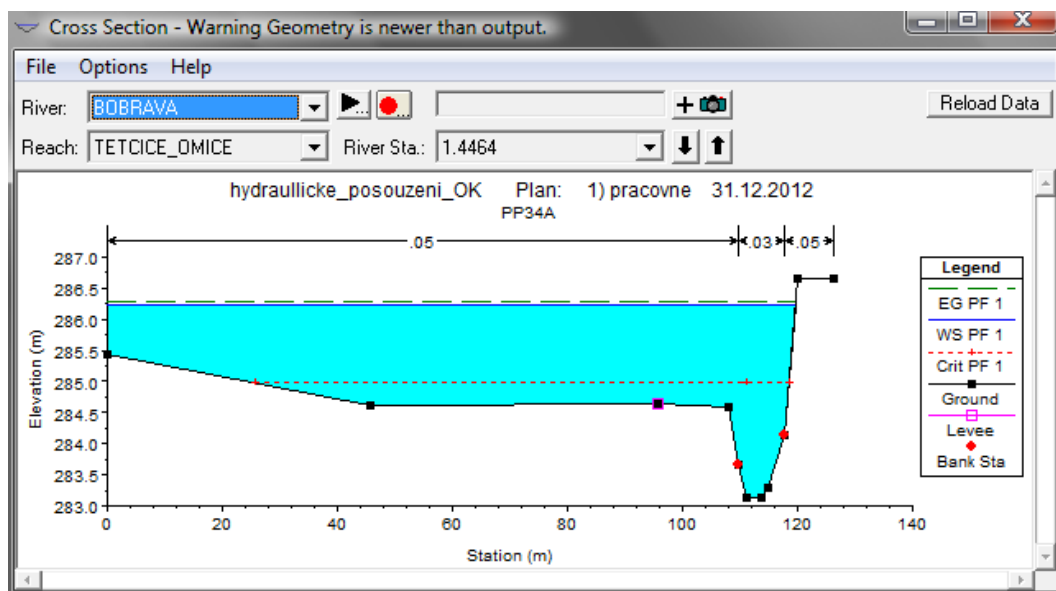
Úsek mezi mostními konstrukcemi byl realizován šířkou ve dně opět pozvolným přechodem z šíře železničního mostního profilu do šíře silničního mostu. Délka úpravy byla 32 m.

V úseku pod silničním mostem byla realizována šíře ve dně přechodem z 8 m na 6 m v délce 15 m. Dále pak pokračovalo koryto v šířce 6 m vzdáleností 20 m. Za touto úpravou byl zvolen 5 m široký kamenný pohoz s velikostí kamene 200–300 mm. Hloubka koryta se neměnila, ve všech úsecích zůstala 1.5 m. Celková délka úpravy byla stanovena na 125 m.

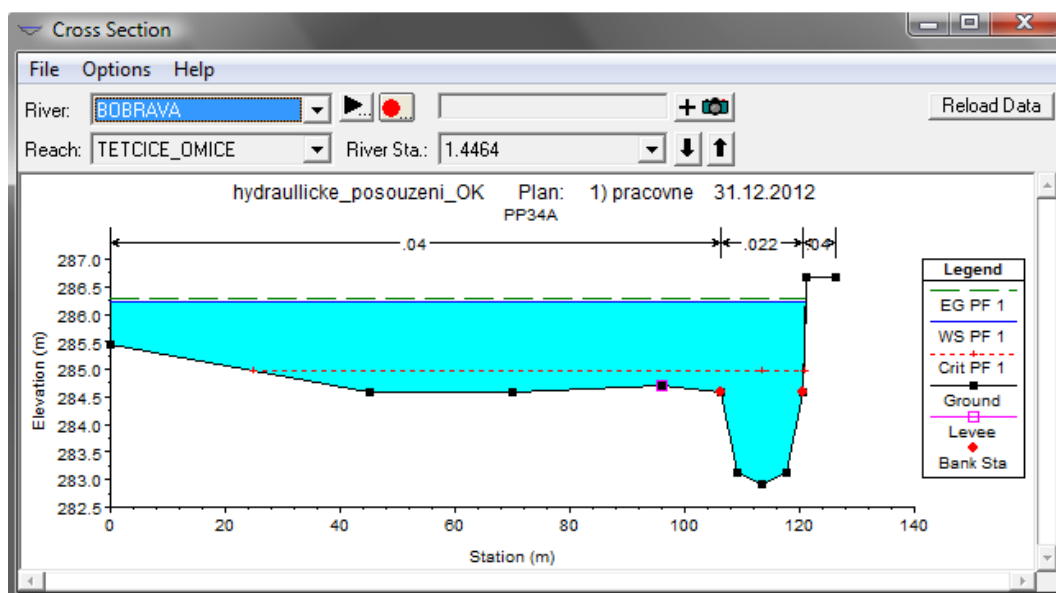
Opevnění svahů bylo řešeno jako kamenná dlažba do betonu tl. 250 mm s 100 mm podkladního betonu. Pro zajištění stability paty svahu, byla vybudována betonová patka 600x600 mm. Délka tohoto opevnění byla navržena na 15.5 m nad konstrukci železničního mostu a 5 m pod konstrukci silničního mostu. Mezi mostními konstrukcemi bylo opevnění tohoto typu řešeno v celé délce. Úprava byla směrem ke své ose pozvolně zahlobena o 0.2 m, z důvodu zachování biologické a migrační hloubky vody pro živočichy při nižších průtocích. Pro zabezpečení stability dna byly zrealizovány kamenné záhozové prahy s velikostí kamene 200–300 mm.

Další částí úpravy bylo odstranění nerovností v podélném profilu koryta. Jednalo se o 600 mm vysoký výstupek ve dně pod konstrukcí 1 silničního mostu,

ten tvořil vzdutí a působil tak nepříznivě pro výpočet i realizovanou úpravu. Další částí bylo odstranění náletových dřevin z prostoru koryta.



Obr. 10-1 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu před úpravou



Obr. 10-2 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu po úpravě

10.2 ÚPRAVY V PROFILU ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V KILOMETRU 5.6

Jelikož po provedených úpravách v kritickém místě u železničního mostu v kilometru 4.7 nebylo docíleno požadované rezervy pod mostní konstrukcí železničního mostu v kilometru 5.6, došlo na úpravy i v kritickém místě železničního mostu v kilometru 5.6.

10.2.1 *Mostní konstrukce*

Konstrukce železničního mostu zůstala zachována, došlo však na úpravu profilu v místě konstrukce. Jednalo se o odstranění sedimentovaných a naplavených předmětů. Další částí bylo rozšíření profilu v místě mostní konstrukce. Jednalo se o odstranění úprav, které byly realizované s výstavbou mostu. Původní šířka koryta byla 9.7 m, po úpravách se zvětšila na 23 m. Tím se podstatně změnil tvar koryta a jeho kapacita se zvětšila.

Úpravy provedené v mostním profilu se týkaly také obetonování dna a stěn, tím se zabezpečila stabilita proti vodní erozi. Nebude tak docházet k erozní činnosti a bude zachována bezpečnost mostních konstrukcí.

Červená šipka na (**Obr.10.3**) znázorňuje konstrukce, které byly odstraněny.



Obr. 10-3 Pohled na spodní část mostu, konstrukce které byly odstraněny

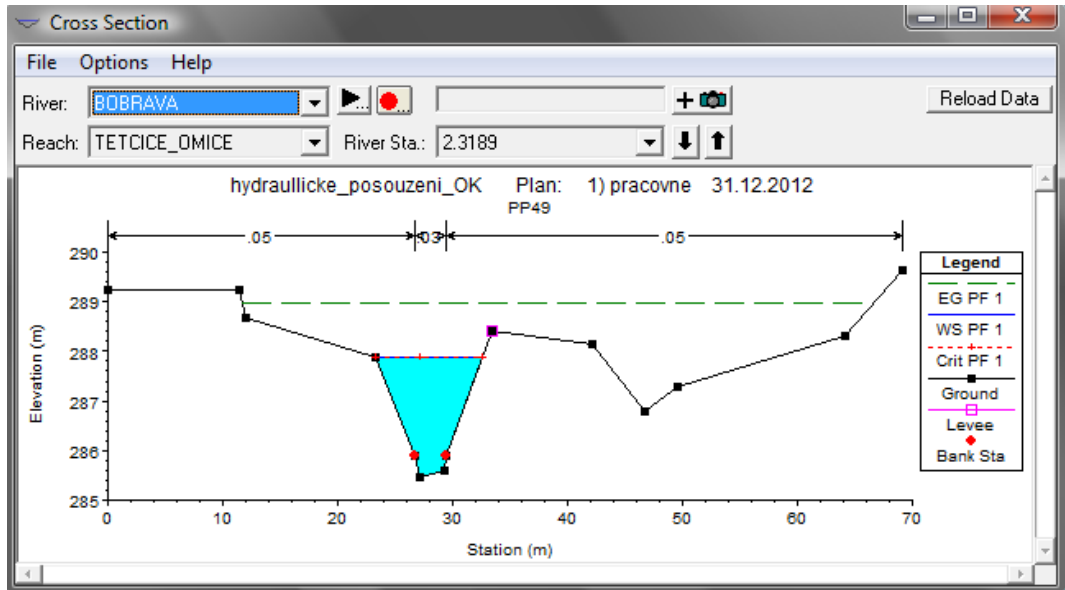
10.2.2 *Koryto*

Jednalo se o zkapacitnění koryta. Jednalo se o klasickou úpravu toku. Byl zvolen lichoběžníkový profil se sklonem svahů 1:2. Šířka ve dně byla volena dle morfologie terénu a potřeby.

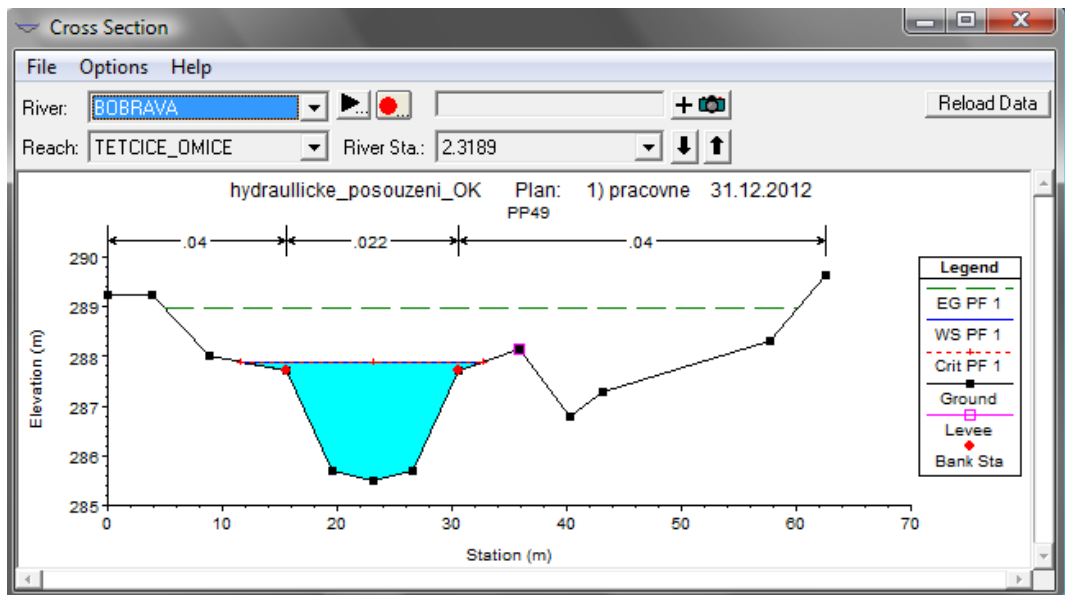
Úprava nad konstrukcí železničního mostu vypadala takto, šířka ve dně byla zvolena na 5 m v délce 20 m. Od tohoto profilu se šířka pozvolna rozšiřovala do širšího profilu mostní konstrukce délkou 31 m. Před touto úpravou byl zvolen 5 m široký kamenný pohoz s velikostí kamene 200–300 mm.

V úseku pod železničním mostem byla realizována širší ve dně přechodem z 23 m na 7 m v délce 15 m. Dále pak pokračovalo koryto v šířce 7 m vzdáleností 55 m. Za touto úpravou byl zvolen 5 m široký kamenný pohoz s velikostí kamene 200–300 mm. Hloubka koryta se měnila, v úseku nad mostní konstrukcí byla 1.5 m a v úseku pod mostní konstrukcí byla 2 m. Celková délka úpravy byla stanovena na 130 m.

Opevnění svahů bylo řešeno jako kamenná dlažba do betonu tl. 250 mm s 100 mm podkladního betonu. Pro zajištění stability paty svahu byla vybudována betonová patka 600x600 mm. Toto opevnění bylo realizováno, 5 m nad a 5 m pod mostní konstrukcí. Úprava byla směrem ke své ose pozvolně zahloubena o 0.2 m, z důvodu zachování biologické a migrační hloubky vody pro živočichy, při nižších průtocích. Pro zabezpečení stability dna byly zrealizovány kamenné záhozové prahy s velikostí kamene 200–300 mm.



Obr. 10-4 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu po úpravě



Obr. 10-5 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu po úpravě

11. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Při řešení práce, byl modelován průběh průtoku $Q_{100} = 44.5 \text{ m}^3/\text{s}$ na modelu současného stavu. V dalších variantách modelu byly měněny geometrické parametry koryta a přilehlého inundačního území. Výsledky výpočtů upraveného modelu byly následně porovnány s výsledky na původním modelu. Hodnoty a průběhy hladin koryta po úpravách odpovídaly hodnotám a průběhům hladin v laboratoři.

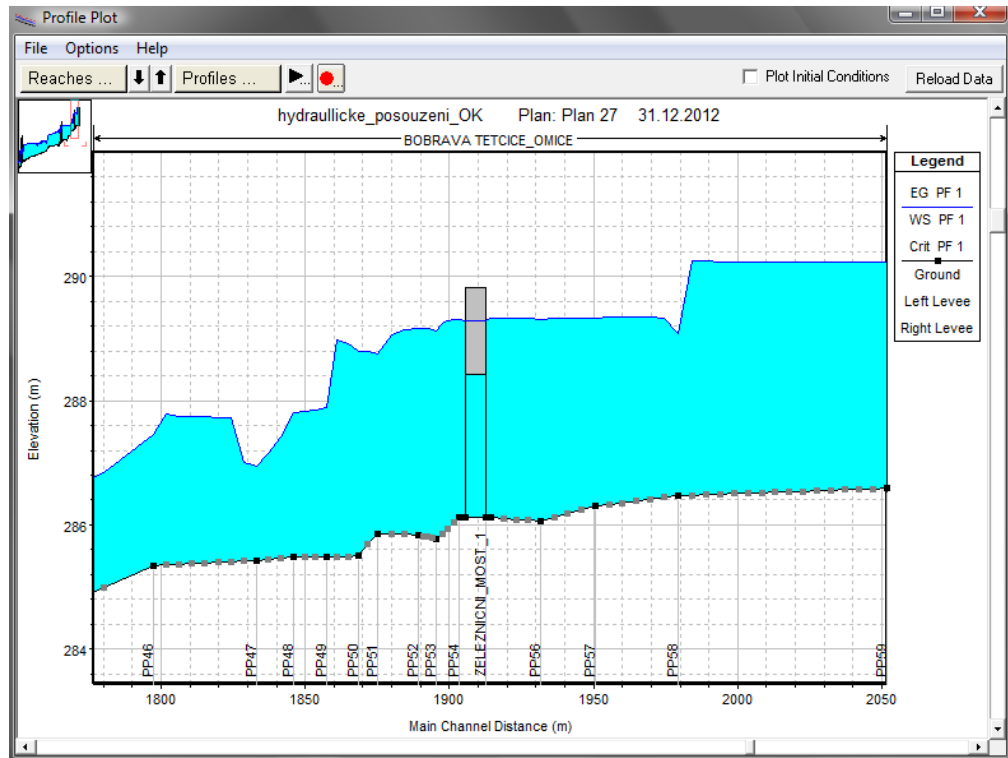
11.1 VLIV MOSTŮ NA PRŮBĚH Q_{100}

Vzhledem k tomu, že konstrukce železničního mostu v kilometru 3.6 a silničního mostu u železničního přejezdu v kilometru 3.7 bezpečně vyhověly, proto jsme se jimi ve vyhodnocení nezabývali.

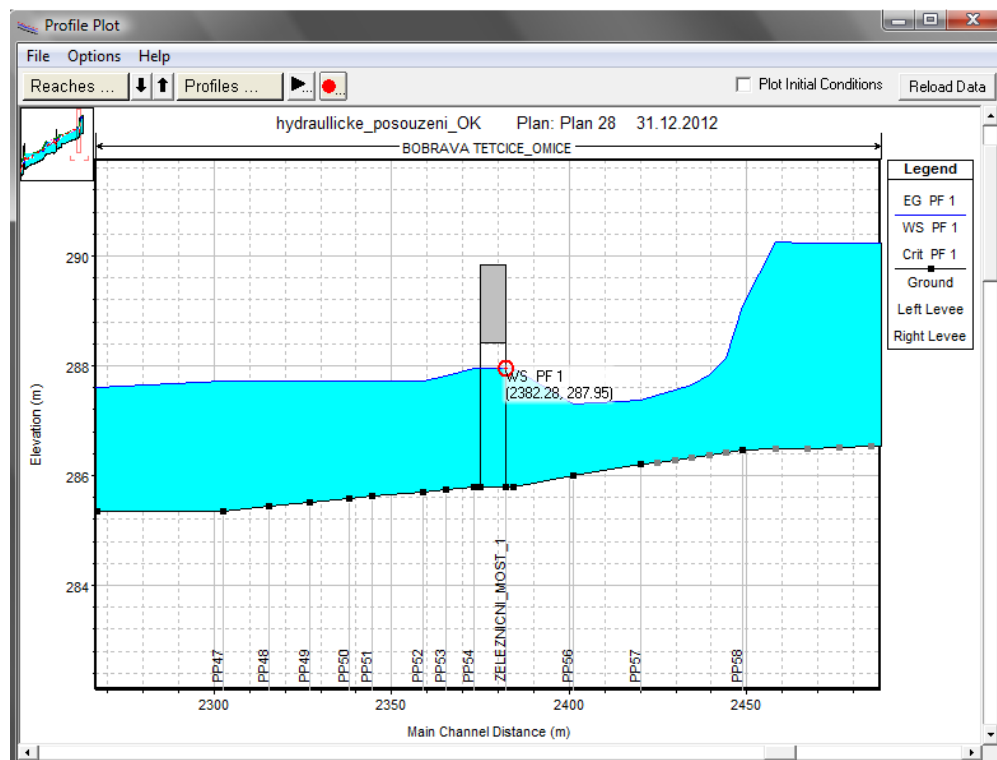
11.1.1 *Železniční most v kilometru 5.6*

Při modelování současného stavu se při průběhu Q_{100} hladina v oblasti mostní konstrukce vzdula na výšku 289.29 m n. m. Spodní hrana mostní konstrukce se nachází ve výšce 288.42 m n. m., je tedy více jak 0.8 m zaplavena a nevyhoví požadavku 0.5 m nad Q_{100} .

Po námi realizovaných úpravách došlo k razantnímu snížení hladiny v profilu mostní konstrukce. Hladina se snížila na 287.95 m n. m. Požadavek rezervy jsme nedodrželi o 3 cm. Jedná se však o most v inundačních prostorách řeky, proto požadavku vyhoví.



Obr. 11-1 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta



Obr. 11-2 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta

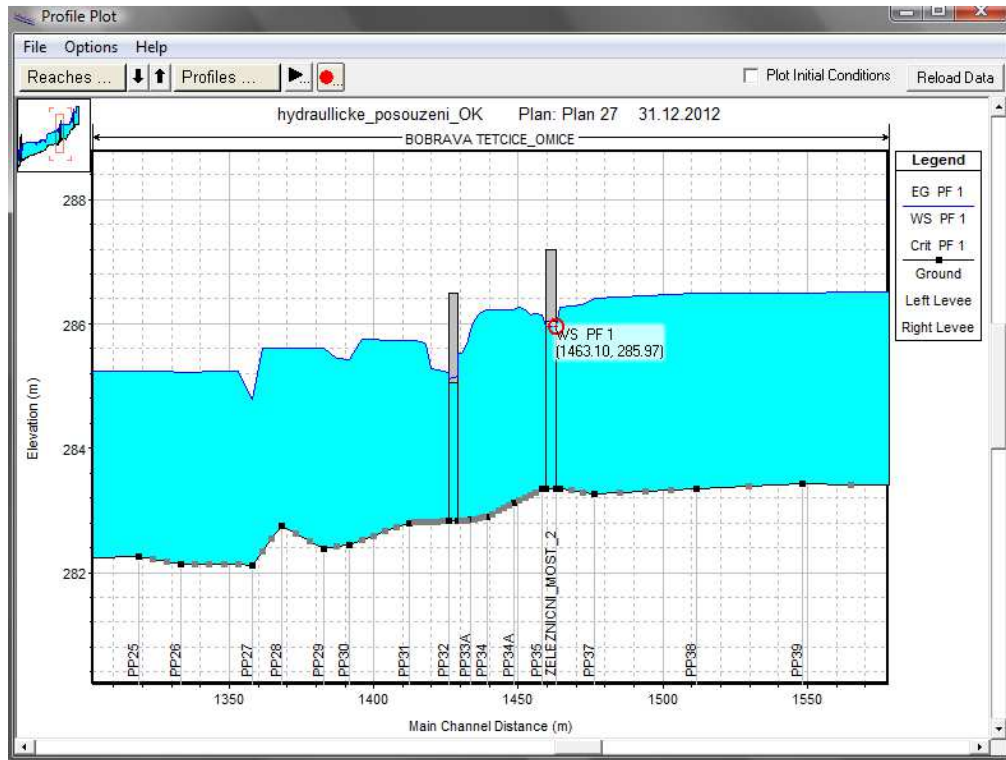
E.G. US. (m)	288.01	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	287.95	E.G. Elev (m)	288.01	288.01
Q Total (m3/s)	44.50	W.S. Elev (m)	287.95	287.94
Q Bridge (m3/s)	44.50	Crit W.S. (m)	286.73	286.74
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.15	2.14
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.10	1.10
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	40.62	40.55
Weir Submerg		Froude # Chl	0.27	0.27
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	44.54	44.43
Min El Weir Flow (m)	289.83	Hydr Depth (m)	1.67	1.67
Min El Prs (m)	288.42	W.P. Total (m)	28.17	28.16
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	2356.3	2349.9
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	24.27	24.27
BR Open Area (m2)	52.10	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	1.10	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	5.04	5.06
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	5.53	5.56

Tab. 11-1 Tabelární výstup HEC-RAS, průběh Q_{100} po úpravě koryta

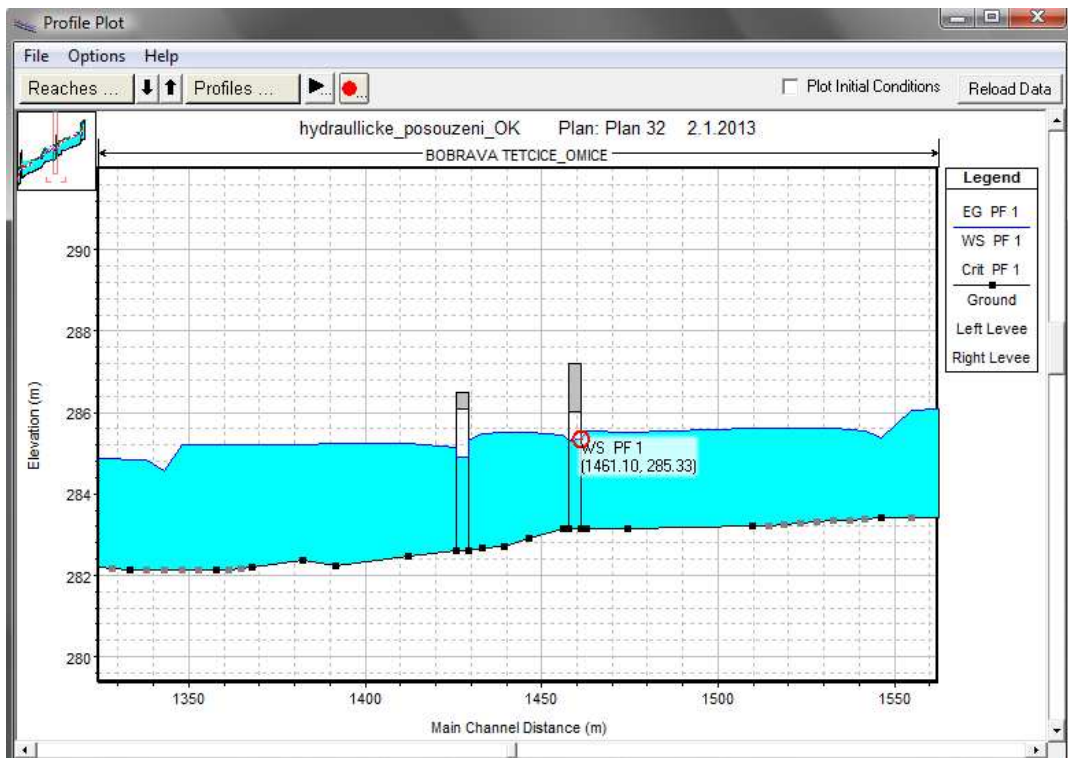
11.1.2 Železniční most v kilometru 4.7

Při modelování současného stavu se při průběhu Q_{100} hladina v oblasti mostní konstrukce vzdala na výšku 285.97 m n. m. Spodní hrana mostní konstrukce se nachází ve výšce 286.03 m n. m., je zde tedy rezerva 6 cm a nevyhoví požadavku 0.5 m nad Q_{100} .

Po námi realizovaných úpravách došlo ke snížení hladiny v profilu mostní konstrukce. Hladina se snížila na 285.33 m n. m. Požadavek rezervy jsme dodrželi o 0.7 m. Došlo ke zklidnění toku.



Obr. 11-3 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta



Obr. 11-4 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta

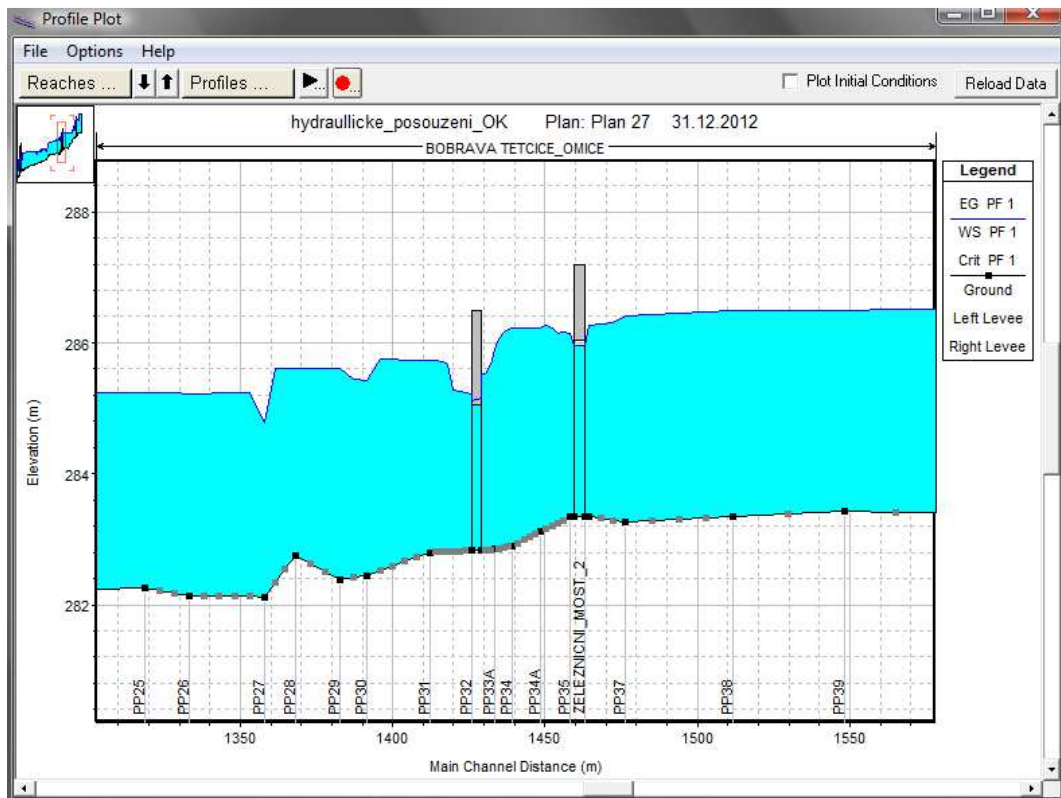
E.G. US. (m)	285.65	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	285.55	E.G. Elev (m)	285.63	285.62
Q Total (m3/s)	44.50	W.S. Elev (m)	285.33	285.32
Q Bridge (m3/s)	44.50	Crit W.S. (m)	284.59	284.59
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.19	2.18
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.41	2.42
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	18.49	18.37
Weir Submerg		Froude # Chl	0.52	0.52
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	30.56	30.38
Min El Weir Flow (m)	287.20	Hydr Depth (m)	2.13	2.11
Min El Prs (m)	286.03	W.P. Total (m)	18.10	18.07
Delta EG (m)	0.09	Conv. Total (m3/s)	852.6	844.2
Delta WS (m)	0.10	Top Width (m)	8.70	8.70
BR Open Area (m2)	24.54	Frctn Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.42	C & E Loss (m)	0.00	0.06
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	27.30	27.70
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	65.69	67.11

Tab. 11-2 Tabelární výstup HEC-RAS, průběh Q_{100} po úpravě koryta

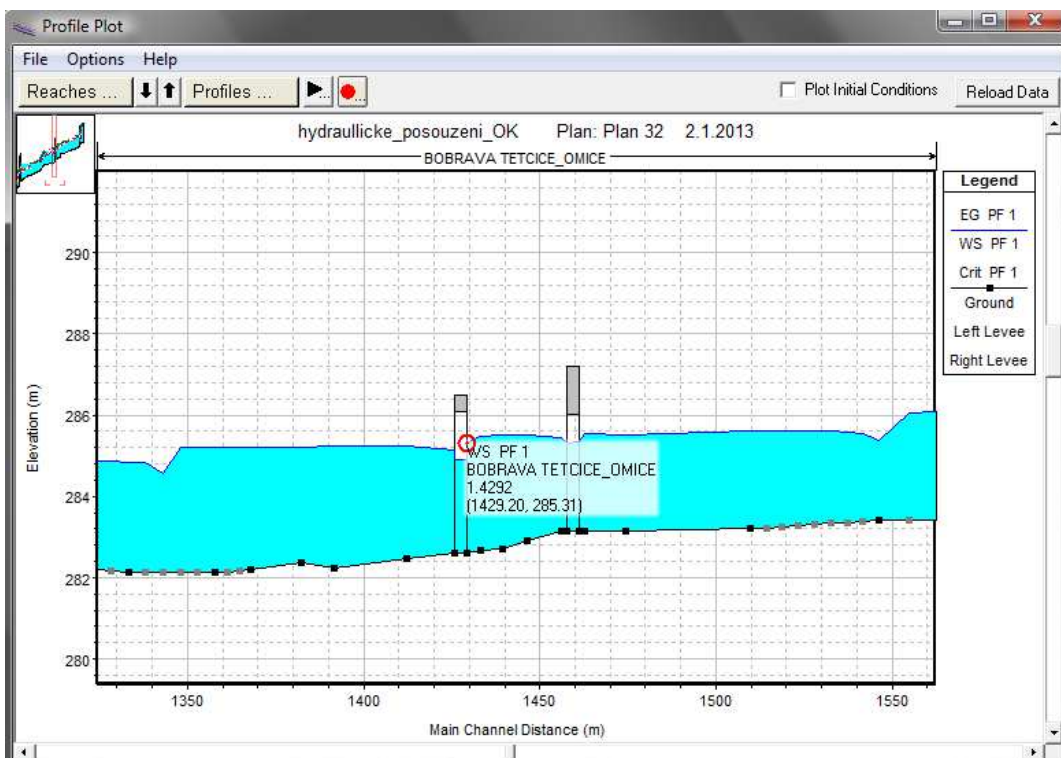
11.1.3 Silniční most na místní komunikaci u osady Dvorek

Při modelování současného stavu se při průběhu Q_{100} hladina v oblasti mostní konstrukce vzdula na výšku 285.15 m n. m. Spodní hrana mostní konstrukce se nachází ve výšce 285.05 m n. m., je tedy více jak 0.1 m zaplavena a nevyhoví požadavku 0.5 m nad Q_{100} . Jelikož morfologie terénu dovolovala přelití náspu silniční komunikace, nedošlo ale k rozdělení průtoku. Proto se ve vyhodnocení tímto již nezabýváme.

Po námi realizované rekonstrukci došlo ke snížení hladiny v profilu mostní konstrukce. Hladina se zvýšila na 285.31 m n. m. Spodní hrana mostní konstrukce se zvýšila na výšku 286.10 m n. m., požadavek rezervy jsme dodrželi téměř o 0.8 m.



Obr. 11-5 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta



Obr. 11-6 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta

E.G. US. (m)	285.51	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	285.31	E.G. Elev (m)	285.47	285.47
Q Total (m3/s)	44.50	W.S. Elev (m)	284.91	284.90
Q Bridge (m3/s)	44.50	Crit W.S. (m)	284.45	284.45
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.31	2.30
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	3.31	3.33
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	13.42	13.36
Weir Submerg		Froude # Chl	0.70	0.70
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	30.05	29.99
Min El Weir Flow (m)	286.50	Hydr Depth (m)	2.24	2.23
Min El Prs (m)	286.10	W.P. Total (m)	6.01	6.01
Delta EG (m)	0.14	Conv. Total (m3/s)	1042.9	1035.2
Delta WS (m)	0.17	Top Width (m)	6.00	6.00
BR Open Area (m2)	20.55	Frctn Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Vel (m/s)	3.33	C & E Loss (m)	0.00	0.10
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	39.90	40.31
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	132.25	134.24

Tab. 11-3 Tabelární výstup HEC-RAS, průběh Q_{100} po úpravě koryta

11.2 VLIV CELKOVÝCH ÚPRAV NA PRŮBĚH Q_{100}

Pokud bychom zhodnotili úpravy jako celek, jednalo by se o zhodnocení funkčnosti opatření. Jelikož požadavek kladený na nás, byla ochrana mostních konstrukcí a bezpečné provedení Q_{100} těmito konstrukcemi, nezabývali jsme se zde ochranou inundačních prostor řeky. Tyto inundační prostory jsou zaplavovány při Q_{100} , proto se nijak nezintenzivní zaplavování těchto prostor vlivem námi provedených úprav.

Ochranu těchto prostor by zajistil kompletní projekt úpravy toku, nebo projekt protipovodňového rizika.

11.3 POSTUP ÚPRAV

Při realizaci úprav se postupovalo metodou pokus–omyl. Kdy jsme si navrhli koryto v HEC-RAS a následně provedli výpočet. Poté následovalo zhodnocení. Pokud nevyšlo kritérium rezervy 0.5 m pod mostní konstrukcí, upravovali jsme dále, buď geometrii, nebo jsme změnili drsnost.

Tento postup se opakoval celkem 6-krát, než jsme našli vhodnou úpravu. Dvě z realizovaných úprav, které nevyhověly, jsou popsány níže.

11.3.1 *Úprava číslo 1*

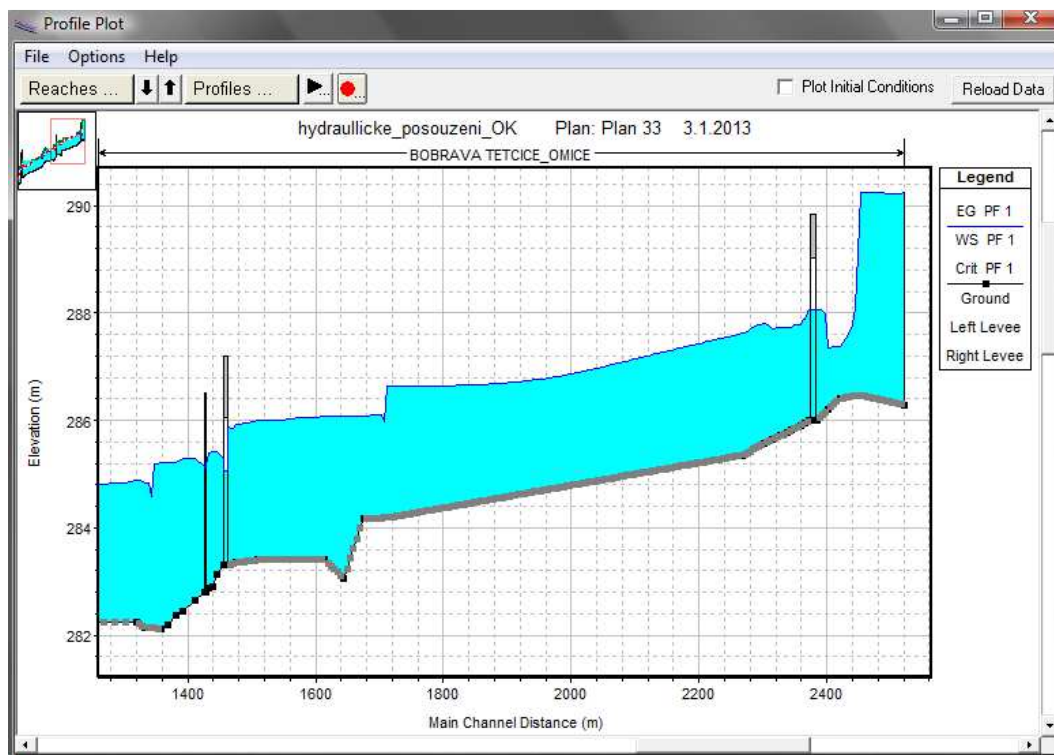
Popis úpravy:

- Vyčištění koryta v obou kritických profilech.
- Rozšíření koryta pod konstrukcí železničního mostu v kilometru 5.6 na 6 m.
- V profilu železničního mostu v kilometru 4.7 jsou svahy upraveného koryta ve sklonu 1:1.5

Úprava nevyhověla, protože jsme nedodrželi podmínku rezervy 0.5 m pod mostní konstrukcí. Výsledek této úpravy je zobrazen na (**Obr. 11.7**). Průběh proudu zde ještě není uklidněný.

Hodnoty dosažené úpravou:

- **Železniční most v kilometru 5.6** – hladina při průběhu Q_{100} byla 288.1 m n. m., to je 0.35 m od spodní hrany mostní konstrukce.
- **Železniční most v kilometru 4.7** – hladina při průběhu Q_{100} byla 285.92 m n. m., to je 0.11 m od spodní hrany mostní konstrukce.
- **Silniční most na místní komunikaci u osady Dvorek** – hladina při průběhu Q_{100} byla 285.11 m n. m., to je 0.99 m od spodní hrany mostní konstrukce.



Obr. 11-7 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta

11.3.2 Úprava číslo 2

Úprava postupovala tak, že úpravy provedené v předchozím kroku zůstaly, pouze se drobně změnily. Popis úpravy:

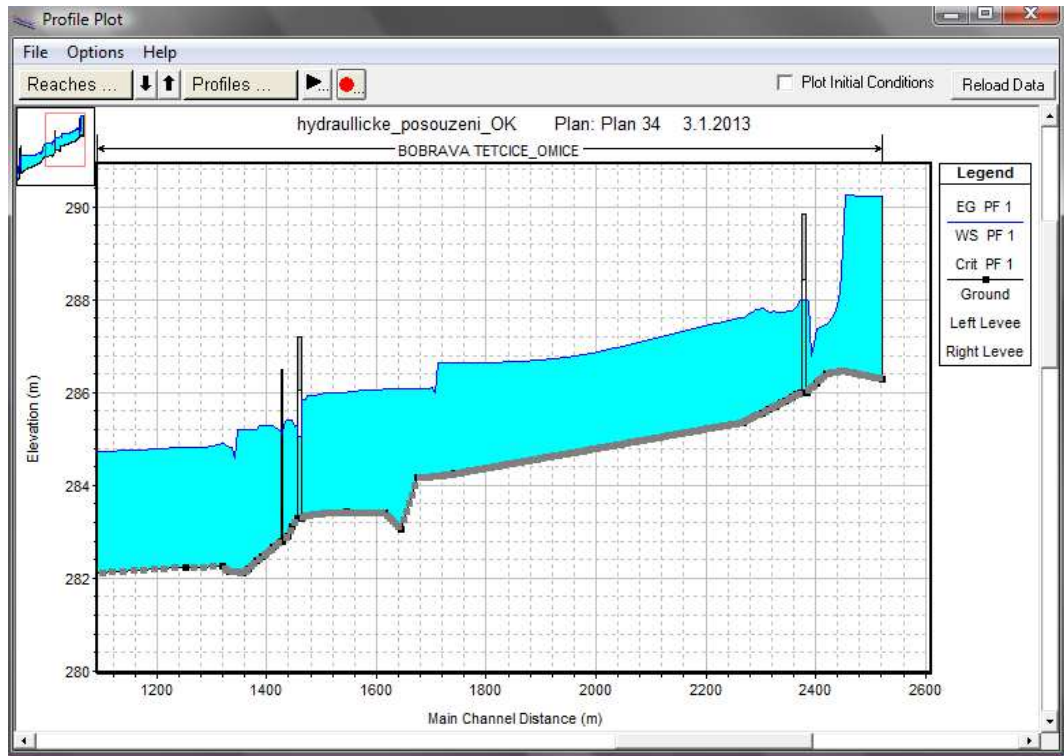
- Vyčištění koryta v obou kritických profilech.
- Rozšíření koryta pod konstrukcí železničního mostu v kilometru 5.6 na 6.6 m.
- V profilu železničního mostu v kilometru 4.7 jsou změněny drsnosti.

Úprava nevyhověla pro všechny mostní konstrukce, protože jsme nedodrželi podmínku rezervy 0.5 m pod mostní konstrukcí. Výsledek této úpravy je zobrazen na (**Obr. 11.7**). Průběh proudu zde ještě není uklidněný.

Hodnoty dosažené úpravou:

- **Železniční most v kilometru 5.6** – hladina při průběhu Q_{100} byla 288.05 m n. m., to je 0.37 m od spodní hrany mostní konstrukce.
- **Železniční most v kilometru 4.7** – hladina při průběhu Q_{100} byla 285.92 m n. m., to je 0.11 m od spodní hrany mostní konstrukce.

- **Silniční most na místní komunikaci u osady Dvorek** – hladina při průběhu Q_{100} byla 285.11 m n. m., to je 0.99 m od spodní hrany mostní konstrukce.



Obr. 11-8 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta

12. ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval, jak teoretickým popisem problému proudění mostními konstrukcemi, tak praktickým návrhem úpravy koryta a mostních profilů pro bezpečné převedení Q_{100} .

Práce vedla k nalezení tvaru úpravy mostních profilů bez velkých úprav toku. Bylo třeba navrhnout úpravu, která by nebyla nákladná jak z finanční, tak i technické stránky. Práce probíhala metodou pokus–omyl. Celkově jsem pomocí HEC-RAS zkonstruoval šest možných úprav koryta, než jsem dospěl k požadovanému výsledku. Všechny provedené úpravy byly porovnány kritériem z ČSN 736201 pro mostní objekty v inundačních územích vodních toků. Při úpravách bylo nutné zachovat rozměry mostních konstrukcí beze změny. Železniční mosty v námi řešeném úseku budou sice rekonstruovány, avšak pouze jejich vrchní konstrukce. Konstrukce jako pilíře budou ponechány. Pouze byla realizována rekonstrukce silničního mostu, který byl v havarijním stavu.

Při práci jsem vycházel z modelového výzkumu, který probíhal v laboratořích vodních staveb VUT Fast a byl popsán v mé bakalářské práci. Ukázalo se, že průběh a hodnoty, které modeloval HEC-RAS v našem řešeném úseku toku Bobrava, byli obdobné co v laboratoři.

Úpravy, které jsou běžně realizované na tocích, jako je rozšíření pouze mostních konstrukcí, nevedou nikam. Pokud potřebujeme bezpečně provést Q_{100} mostními konstrukcemi, je zapotřebí kompletní realizace úprav. Jedná se o realizace úpravy mostních profilů, koryta před a za mostními konstrukcemi.

13. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Mackovčín, P. (2003): Chráněná území ČR Brněnsko, svazek IX. - Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, 1-807. Praha*
- [2] *E. Michlíček (1986): Hydrogeologické rajóny ČSR – GEOtes, Výzkumný Ústav Vodohospodářský Praha*
- [3] *<http://www.geology.cz/rebilance/rajony/rajon2241>*
- [4] *<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bobrava>*
- [5] *Dr. Ing. Miloslav Šlesingr, Ing. Luboš Úradníček, CSc. (listopad 2002): Vegetační doprovod vodních toků nádrží – Vysoké učení technické v Brně*
- [6] *Jan Jandora, Jan Šulc (2006): Hydraulika – Studijní opora pro kombinované studium, VUT FAST Brno*
- [7] *Ing. Pavel Balvín, Prof. Ing. Pavel Gabriel, DrSc., Ing. Petr Bouška, Ph.D. Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. (leden 2009): Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích – Výzkumný ústav Vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.v.i.*
- [8] *Český Normalizační Institut, Praha (2008): Projektování mostních objektů ČSN 736201*
- [9] *Josef Bezděk (2011): Návrh mostního profilu na malém toku – bakalářská práce*
- [10] *Sitař, J., Langhammer, J. (2008): Modelování vlivu antropogenních úprav koryta toku na průběh povodní. In: Langhammer, J. (ed.): Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. PŘF UK, Praha, pp. 124-136*

14. SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3-1 Upravený úsek Bobravy v místech Horního rybníka</i>	11
<i>Obr. 3-2 Vymezená lokalita ve Vodohospodářské mapě ČR</i>	11
<i>Obr. 4-1 Pohled na silnici Tetčice – Radonice, pohled od Tetčic</i>	15
<i>Obr. 4-2 Pohled na zemní těleso železnice, pohled u Bažantnice</i>	16
<i>Obr. 4-3 Konstrukce železničního mostu , pohled směr Tetčice</i>	17
<i>Obr. 4-4 Pohled na spodní stavbu železničního mostu</i>	11
<i>Obr. 4-5 Konstrukce železničního mostu, pohled směr Omice</i>	19
<i>Obr. 4-6 Konstrukce železničního mostu, pohled po proudu Bobravy</i>	19
<i>Obr. 4-7 Konstrukce silničního mostu, pohled proti proudu Bobravy</i>	20
<i>Obr. 4-8 Konstrukce silničního mostu, pohled na deformaci opěrné zdi</i>	21
<i>Obr. 4-9 Konstrukce silničního mostu, pohled na spodní stavbu mostu</i>	22
<i>Obr. 4-10 Konstrukce silničního mostu, pohled proti proudu toku</i>	22
<i>Obr. 4-11 Konstrukce železničního mostu, pohled na spodní stavbu mostu</i>	23
<i>Obr. 4-12 Konstrukce železničního mostu, celkový pohled na mostní konstrukci</i>	24
<i>Obr. 4-13 Eroze v nárazové části oblouku</i>	25
<i>Obr. 4-14 Vzorový tvar řeky a skladba náletového vegetačního doprovodu v zájmovém území</i>	26
<i>Obr. 4-15 Pohled na nivu nad silničním mostem u přejezdu v kilometru 3.7</i>	26
<i>Obr. 5-1 Měrná energie průřezu</i>	28
<i>Obr. 5-2 Energetická výška průřezu</i>	29
<i>Obr. 5-3 Prostý vodní skok</i>	30
<i>Obr. 5-4 Vlnovitý vodní skok</i>	31
<i>Obr. 5-5 Říční proudění mostní konstrukcí</i>	31
<i>Obr. 5-6 Součinitelé pro výpočet mostů</i>	33
<i>Obr. 6-1 Schéma mostního objektu o jednom mostním poli na malém toku</i>	38
<i>Obr. 8-1 Konstrukce fyzického modelu, pohled po proudu toku</i>	46
<i>Obr. 9-1 Ukázka práce v programu HEC-RAS</i>	49
<i>Obr. 9-2 Ukázka práce v programu AutoCad, zadávání příčných profilů</i>	50
<i>Obr. 9-3 Ukázka práce v programu HEC-RAS, trasa toku již s příčnými profily</i>	51

<i>Obr. 9-4 Ukázka práce v programu HEC-RAS, vytváření příčného profilu (textový editor).....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 9-5 Ukázka práce v programu HEC-RAS, vytváření příčného profilu (grafický editor).....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 9-6 Tabulka drsnostních součinitelů pro koryto a inudaci, manuál HEC-RAS.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 9-7 Tabulka drsnostních součinitelů pro mostní profily, manuál HEC-RAS</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 9-8 Rozhraní Bridges and Culverts, vkládání mostních konstrukcí</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 9-9 Rozhraní Desk\roadway, vkládání mostních konstrukcí</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 9-10 Rozhraní Bridge Desing, vkládání mostních konstrukcí</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 9-11 Rozhraní Multiple Opening Analysis, rozdělování průtoku</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 9-12 Postup zadávání okrajových podmínek, rozhraní Steady Flow Data</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 9-13 Výpočet modelu, rozhraní Steady Flow Analysis</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 9-14 Okno Finished Computations, přehled závěrečné kalkulace</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 9-15 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 9-16 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 9-17 Rozhraní Bridge Desing, geometrie silničního mostu.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 9-18 Rozhraní Bridge Desing, geometrie silničního mostu.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 9-19 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 9-20 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu po úpravě.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 9-21 Rozhraní Bridge Desing, geometrie železničního mostu po úpravě.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 9-22 Rozhraní Bridge Desing, geometrie silničního mostu I po rekonstrukci.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 10-1 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu před úpravou</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 10-2 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu po úpravě.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 10-3 Pohled na spodní část mostu, konstrukce které budou byly odstraněny</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 10-4 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu po úpravě.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 10-5 Rozhraní Cross Section, geometrie příčného profilu po úpravě.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 11-1 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 11-2 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 11-3 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 11-4 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 11-5 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 11-6 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta</i>	<i>81</i>

<i>Obr. 11-7 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} před úpravou koryta</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 11-8 Rozhraní Profile Plot, průběh Q_{100} po úpravě koryta</i>	<i>85</i>

15. SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 <i>Klimatické charakteristiky zájmové oblasti</i>	11
Tab. 11-1 <i>Tabelární výstup HEC-RAS, průběh Q100 po úpravě koryta</i>	78
Tab. 11-2 <i>Tabelární výstup HEC-RAS, průběh Q100 po úpravě koryta</i>	80
Tab. 11-3 <i>Tabelární výstup HEC-RAS, průběh Q100 po úpravě koryta</i>	82

16. SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ČHMÚ	<i>Český hydrometeorologický ústav</i>
Q_N	<i>N-letý průtok</i>
NP	<i>Návrhový průtok</i>
KNP	<i>Kontrolní návrhový průtok</i>
NH	<i>Návrhová hladina</i>
Q_{100}	<i>Stoletý průtok</i>
Q_a	<i>Průměrný dlouhodobý průtok</i>
LS	<i>Lesní správa</i>
HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Center River Analysis Systém</i>
LCD	<i>Liquid Cristal Display</i>
PVC	<i>Polyvinylchlorid</i>

17. SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ

- 1. SITUACE ŠIRŠÍHO OKOLÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ – 1:30 000*
- 2. PODROBNĚJŠÍ SITUACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ – 1:6 000*
- 3. VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ KORYTEM V PROFILU 34 – 1:60*
- 4. SITUACE ÚPRAVY TOKU – ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 5.6 – 1:350*
- 5. SITUACE ÚPRAVY TOKU – ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 4.7 – 1:350*
- 6. PŘEHLEDNÝ PODÉLNÝ PROFIL - ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 5.6*
- 7. PŘEHLEDNÝ PODÉLNÝ PROFIL - ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 4.7*
- 8. VÝCHOZÍ SITUACE - ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 5.6 – 1:1000*
- 9. VÝCHOZÍ SITUACE - ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 4.7 – 1:1000*
- 10. VÝCHOZÍ SITUACE - ŽELEZNIČNÍ MOST V KILOMETRU 3.6 – 1:1000*