



STÁTNÍ FOND DOPRAVNÍ  
INFRASTRUKTURY

REKONSTRUKCE MOSTU JE SPOLUFINANCOVÁNA ZE STÁTNÍHO  
FONDU DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY

03		
02		
01		
ZMĚNA	POPIS	DATUM



**ING. IVAN ŠÍR**

PROJEKTOVÁNÍ DOPRAVNÍCH STAVEB CZ s.r.o.  
Haškova 1714/3, 500 02 Hradec Králové, tel: +420 603 181 473, sir@sirivan.cz, www.sirivan.cz

IČ: 259 62 914

Objednatel: SÚS Pardubického kraje  
Doubravice 98, 533 53 Pardubice

## Rekonstrukce mostu ev.č. 3239-1 Hrádek

■ kraj:  
Pardubický

■ MÚ/OU:  
Srch

■ stupeň utajení:  
bez utajení

■ datum:  
02 2016

■ zakázkové číslo:  
O16002

■ stupeň PD:  
DSP+PDPS

■ odpovědný projektant stavby:  
Ing. Ivan Šír

■ odpovědný projektant objektu:  
Ing. Ivan Šír

■ vypracoval:  
MV Projekt s.r.o.

■ kontroloval:  
Ing. Martin Valečka

■ změna číslo:

■ měřítko:

u  
fu  
u  
fu

H. SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTACE

HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET

H.2

**Ing. Ivan Šír,**  
projektování dopravních staveb a.s.

## **Rekonstrukce mostu ev. č. 3239-1 Hrádek**



**Hydrologické a hydrotechnické  
posouzení mostu**



**MV projekt** spol. s r.o.  
Lipence 769, 155 31 Praha 511

**leden 2016**

## **1. Obsah:**

1.	Obsah:.....	1
2.	Identifikační údaje .....	2
3.	Úvod.....	3
4.	Podklady.....	4
5.	Hydrologické poměry lokality .....	5
6.	Vodohospodářské posouzení.....	6
6.1	Charakteristika současného stavu.....	6
6.2	Technické řešení.....	6
6.3	Výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění .....	7
6.3.1	Volba typu výpočtového modelu.....	7
6.3.2	Stručný popis systému HEC-RAS ver. 4.1.0.....	9
6.3.3	Uplatnění systému HEC-RAS v rámci posudku .....	12
6.3.4	Výstupy z modelu HEC-RAS – posouzení návrhového mostu.....	15
7.	Závěry a doporučení .....	23
8.	Dokladová část .....	23

## **2. Identifikační údaje**

<b>Název akce:</b>	Rekonstrukce mostu ev. č. 3239-1 Hrádek
<b>Místo stavby:</b>	Hrádek u Pardubic
<b>Objednatel:</b>	Ing. Ivan Šír Projektování dopravních staveb a.s. Gočárova 504, 500 02 Hradec Králové
<b>Stupeň dokumentace:</b>	Hydraulické a hydrotechnické posouzení mostu
<b>Zpracovatel posouzení:</b>	MV projekt spol. s r.o., Lipence 769, Praha 5 kanceláře: Koněvova 141, Praha 3 604 239 702
<b>Odpovědný zástupce:</b>	Ing. Martin Valečka - <i>jednatel a ředitel</i> <i>autorizovaný inženýr v oboru vodohospodářských staveb</i>
<b>Odpovědný řešitelský tým:</b>	Ing. Martin Valečka <i>hydrotechnické a vodohospodářské řešení</i> Bc. Martin Valečka ml. <i>hydrotechnické výpočty, digitální zpracování</i>
<b>Číslo zakázky objednatele:</b>	
<b>Číslo zakázky:</b>	MV1069/16/4

Hydraulické a hydrotechnické posouzení bylo zpracováno na základě objednávky firmy Ing. Ivan Šír – Projektování dopravních staveb a.s.

**V Praze dne 29.1.2016**

### **3. Úvod**

Účelem tohoto hydraulického a hydrotechnického posouzení je zjištění hydrologických poměrů zájmového území a zátopové čáry při N-letých průtocích vodním tokem hladiny  $Q_{100}$ , resp. v části koryta vodního toku *Vodoteč od Pohránova* a vlastní hydrotechnický návrh průtočného profilu nového mostního profilu pro zajištění bezpečného odtoku povrchových vod z prostoru lokálního povodí, které přísluší k tomuto posuzovanému mostu. Nový mostní profil je lokalizován v místě stávajícího mostu ev. č. 3239-1 Hrádek, který bude takto kompletně rekonstruován.

Posouzení je provedeno z hlediska návrhu odvedení velkých vod na podkladě obdržných N-letých průtoků, vycházejících z údajů ČHMÚ třídy IV.

Vlastním výstupem je určení charakteru proudění v daném úseku řešeného koryta v místě projektovaného nového mostního profilu.

Na podkladě následných jednání s Ing. Šírem byla zpracovatelem posouzení provedena rekognoskace a vymapování zájmového území zaměřené na specifikaci stavu koryta vodního toku *Vodoteč od Pohránova* v řešeném úseku. Zároveň byla pořízena fotodokumentace stávajícího stavu.

Výsledky terénních prací slouží pro komplexní vodohospodářské řešení a pro vlastní hydraulické výpočty. Posudek je zpracován na podkladě podrobné rekognoskace, zaměření stávajícího stavu a oficiálních hydrologických údajů ČHMÚ.

#### **4. Podklady**

- Mapové podklady v měřítku 1:50 000 a 1:25 000
- Zaměření úseku koryta v měřítku 1:1 000
- Základní vodohospodářská mapa
- Atlas podnebí ČSSR
- Projektová a průzkumná dokumentace MV projektu s.r.o. z dané oblasti a obdobné problematiky
- Zadávací podklady předané objednatelem
- Terénní rekognoskace a digitální video-fotodokumentace
- Herleho vodohospodářské tabulky
- Technické normy a předpisy
- Stávající legislativa (zákony a vyhlášky)

#### **Použitá literatura**

		Vyhláška č. 236/2002 Sb. ze dne 24. května 2002 o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území.	
		Zákon č. 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).	
	1995	Managing Floodplain Development in Aproximate Zone A Areas	FEMA-USA
AquaLogic Consulting	1995	Dokumentace modelovacího systému: Teorie, Uživatelská a Referenční příručky	AquaLogic Praha
BOSS Intl.	1997, 2003	River Modeling System User's Manual	Chicago
ČHMÚ	1995-1996	Hydrologická ročenka České republiky	ČHMÚ Praha
ČHMÚ		Vodohospodářský atlas ČSSR	ČHMÚ Praha
Havlík, A., Cudlín, P., Matoušek, V. a další	2001	Systém opatření v hydrologických povodích ke snížení škodlivých následků povodní	ČVUT Praha
Křovák, F.	2004	HEC-RAS stručný manuál (Česká verze)	KTI & AquaLogic Praha
US Army Corps of Engineers	2001	River Analysis System, Applications Guide, Reference Manual, version 3.0	USACE-HEC, Davis, California
US Army Corps of Engineers	2002	HEC-GeoRAS, An extension for support of HEC-RAS using ArcView, User's Manual	USACE-HEC, Davis, California
WMO a další		Různé materiály a manuály	

## 5. Hydrologické poměry lokality

Hydrologii zájmového území ovlivňují zejména následující okolnosti:

Podle vodohospodářské mapy zájmové území v profilu mostu náleží k vodnímu toku *Vodoteč od Pohránova* (hydrologické číslo povodí 1-03-04-029) s plochou povodí k posuzovanému profilu pF3 – 2,04 km<sup>2</sup>.

Území charakterizuje celoroční úhrn srážek 599 mm, vegetační úhrn IV.-X. činí 372 mm, celoroční průměrný výpar z volné hladiny dosahuje 790 mm. Průměrná teplota je 8,4 °C, ve vegetačním období činí 14,6 °C.

Hodnoty průměrných úhrnů měsíčních srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu byly převzaty ze stanice Pardubice z „Atlasu podnebí ČSSR“, kde jsou vyhodnoceny 50-ti leté řady pozorování.

Průměrný úhrn srážek (mm) – stanice Moravská Třebová													
Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Úhrn
Průměr	36	32	35	45	60	64	81	73	49	46	40	38	599

Průměrná teplota vzduchu v °C – stanice Moravská Třebová													
Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Průměr
Průměr	-1,8	-0,6	3,6	8,2	13,6	16,5	18,4	17,4	13,7	8,5	3,7	-0,1	8,4

- N-leté průtoky v uzavřeném průtočném profilu vodního toku *Vodoteč od Pohránova* jsou převzaty z údajů ČHMÚ (viz dokladová část):

N-leté průtoky (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )								
N	1	2	5	10	20	50	100	třída
Q <sub>N</sub>	0,22	0,40	0,77	1,17	1,66	2,51	3,30	IV.

- Délka posuzovaného koryta vodního toku *Vodoteč od Pohránova* činí 102,33 m. Průměrný sklon toku lze hodnotit jako velice mírný s průměrnou hodnotou 0,1 %. Návrhový průtok dle třídy komunikace 3 je Q<sub>n</sub> = Q<sub>50</sub>. V profilu mostu činí NP = Q<sub>50</sub> = 2,51 m<sup>3</sup>/s a pro KNP je Q<sub>100</sub> = 3,30 m<sup>3</sup>/s.

## **6. Vodohospodářské posouzení**

### **6.1 Charakteristika současného stavu**

Stávající mostní profil byl zdokumentován a zaměřen. Jedná se o most o jednom otvoru o kolmé vnitřní šířce 4,45 m a výšce 1,75 m nad složenou lichoběžníkovou kynetou. Spodní hrana mostu se nachází na kótě cca 220,17 m n.m. Současný stav mostu je nevyhovující a musí být rekonstruován.

#### **Fotografie stávajícího stavu mostu**



### **6.2 Technické řešení**

Technické řešení výstavby mostu je předmětem samostatného projektu. Na této komunikaci by měl být volný prostor 0,5 m nad  $KNP = Q_{100}$  viz ČSN 73 6201, *tabulka 12.1 Nejmenší přípustné NP, KNP a minimální volné výšky nad návrhovými hladinami.*

Z podrobných výpočtů vyplývá, že pro splnění těchto podmínek postačuje aktuální mostní otvor o kolmé vnitřní šířce 4,45 m a výšce 1,75 m nad složenou lichoběžníkovou kynetou, což odpovídá původní šířce a výšce vrcholu spodní hrany mostu o kótě 220,17 m n.m. Posouzení na průtok  $Q_{50}$  odpovídá hladině o kótě 219,11 m n.m. U druhé varianty dle posouzení na  $Q_{100}$  je kóta hladiny 219,20 m n.m. Obě posouzení tedy splňují dané podmínky (výpočty viz kap. 6.3.4).

Podkladem pro návrh průtočného profilu budou sloužit výpočty a závěry tohoto hydraulického a hydrotechnického posouzení.

Normy: ČSN 73 6201 „Projektování mostních objektů“

TP 204 – Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích

## **6.3 Výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění**

### **6.3.1 Volba typu výpočtového modelu**

Výpočty vychází z N-letých průtoků pořízených od ČHMÚ. Pro tyto výpočty je vhodné použít 1D matematické modely ustáleného nerovnoměrného proudění, které umožňují plný výpočet v oblasti říčního i bystřinného proudění, výpočty konsumpčních křivek objektů na toku, umožňují libovolně rozdělit výpočet podle tvaru koryta na jednotlivé dílčí části v rámci jednoho profilu (hodnoty dílčích částí, kritické hloubky jsou váženy do “metody po úsecích” např. přes modul průtoku), vykreslují rozdělení svislicových rychlostí v profilu. Při všech výpočtech byla zvolena drsnost dna v korytě a dle Manninga ve výši  $n =$  od 0,033 a do 0,036. Návrhový průtok je  $Q_{100}$ . Sestavení modelu proudění v otevřených korytech LS předcházela analýza možných metodik, zaměřená na volbu modelu, optimálního z hlediska splnění záměru hydrotechnického posouzení, zdrojů dat, dostupnosti programových prostředků uživatele, případného dalšího vývoje modelu při řešení povodňových scénářů a v neposlední řadě i otázek údržby modelu. Omezíme-li se na modelovací techniky 0D a 1D, nejméně náročné na data i vývoj, pak jsou v současné době v podmínkách ČR nejčastěji používány následující modely odtoku v říční síti (Havlík a kol. 2001).

- 0D modely: jako např. K&L, Muskingum, AquaLog-TDR ad.
- 1D modely, Muskingum-Cunge, AquaLog-DL1, AquaLog-FLDWAV, HEC-RAS, Mike 11 atd.
- 2D modely jsou pro drobné toky neúměrně především díky nepřiměřeným nárokům na data

Některé z uvedených 1D modelů mohou pracovat v prostředí GIS nebo CAD, (např. HEC-GeoRAS vývojářů USACE-HEC nebo HEC-RMS firmy BossIntl.). Poznamenejme ještě, že pro hydraulické posouzení kapacit koryta a objektů lze použít dvou principů:

- řešit průchod návrhové povodňové vlny hydraulickým modelem, založeným na numerickém řešení neustáleného proudění v korytě. Tento způsob vyžaduje znalost tvaru vstupní návrhové vlny v horním uzávěrovém profilu sledovaného úseku toku a

podobně jako následující, podrobný popis geometrických a hydraulických parametrů koryta

- využít metod hydrauliky ustáleného proudění pro stanovení podélných profilů hladin, odpovídajících jednotlivým návrhovým N-letým vodám. Tato metoda sice neumožňuje řešit neustálený režim, její předností však je možnost podrobnějšího vyjádření proudění v objektech na toku. Současné směrnice

Obě metody mají své přednosti i nevýhody:

- úplný hydraulický model neustáleného proudění bezesporu lépe vyjadřuje režim průchodu velkých vod v časové závislosti. Vyžaduje však zavedení tvaru povodňových vln v horním uzávěrovém profilu, pro všechny žádané četnosti překročení. Tyto podklady mohou být při nedostatku historických hydrologických pozorování značně spekulativní
- hydraulický model řeší dynamiku průchodu vlny, při níž jsou postupně zaplňovány a vyprazdňovány boční retence. Tato metoda poskytuje obecně nižší hodnoty při řešení hladinového režimu a využití jeho výsledků je pro účely projekce nebo pro posouzení přináší jistá rizika v podcenění výšky vypočtených hladin
- hydraulické řešení objektů je, stejně jako v případě ustáleného nerovnoměrného proudění, založeno na předpokladu ustáleného proudění. S ohledem na složitost výpočtu proudění v otevřených korytech značně je většinou výpočet objektů zjednodušen a neposkytuje záruku spolehlivého řešení různých režimů proudění v těchto objektech
- zjednodušený model, vycházející z metod ustáleného proudění v říční síti, vyžaduje pouze zadání kulminačních průtoků v okrajových profilech (horním a dolním závěrovým) a příp. ve vnitřních bodech, v nichž jsou umístěny přítoky hlavního toku či přítoky z mezipodvodí. Jeho výsledkem je určení limitního stavu hladin po dosažení rovnovážného stavu
- proudění objekty může být velmi podrobně řešeno pro různé hydraulické režimy a poskytuje záruku spolehlivého posouzení, především v lokalitách, kde ovlivnění hydraulického režimu mosty a propustky dominuje proudění v korytě. To je i případ tohoto posudku.
- model ustáleného stavu neřeší transformaci povodňové vlny říční síti ani nádržemi, poskytuje vyšší hodnoty při řešení hladinového režimu, jeho výsledky jsou tedy na straně bezpečnosti.

Z výše uvedených důvodů byl v pro posouzení kapacit koryta a objektů použit programový prostředek **HEC-RAS**, “Water Surface Profiles Computer Program”, ve verzi.

4.1.0, vyvinutý US Army Corps of Engineers, the Hydrologic Engineering Center. Systém umožňuje řešení ustáleného i neustáleného nerovnoměrného proudění v přirozených otevřených korytech s možností vyjádření obecných objektů na toku. Konečné rozhodnutí o volbě tohoto modelu pro potřeby posudku LS podpořila i existence extenze **GeoRAS** systému **ArcView** ver. 3.x, která umožňuje vytvářet vstupní data a prezentovat výsledky výpočtu v prostředí GIS. Pro software lze využít data z tachymetrického zaměření příčných profilů a údolnice, nebo (s výhodou) již připraveného digitálního modelu terénu formou TIN (Triangular Irregular Network). Programy umožňují obousměrný převod grafických formátů GIS a CAD. Tyto programové prostředky jsou volně šířitelné a z hlediska cílů, podkladů a dalších důvodů jako je např. ekonomika, zpracovatel posudku považuje v současné době tuto volbu za optimální.

### **6.3.2 Stručný popis systému HEC-RAS ver. 4.1.0**

Základní verze modelu hladinového režimu v otevřených korytech HEC-RAS, (River Analysis System) je jedním z produktů, které v oblasti hydrologie a hydrauliky vyvinul Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers. V roce 2010 byl dokončen vývoj nové verze programu, ve které je zařazen model neustáleného proudění HEC-UNET, dnes již od verze 3.1.3. Model umožňuje řešení stromových i okružních sítí přirozených otevřených koryt včetně příčných a podélných objektů na toku. Internetová adresa pro další informace je <http://www.hec.usace.army.mil/>.

Program HEC-RAS 4.1.0 umožňuje výpočet nerovnoměrného proudění v otevřených korytech, v ustáleném i v neustáleném režimu. Je integrovaným prostředkem, který umožňuje interaktivní provoz, obsahuje moduly hydraulické analýzy, obsluhy datové báze, vizualizaci vstupních dat i výsledků. Významné jsou jeho možnosti výpočtu objektů na toku, příčných i podélných staveb. Umožňuje numerickou simulaci stromových sítí, bifurkací a okružních říčních systémů. Jako produkt federálního rozsahu, je standardním prostředkem pro plánování, návrh a protipovodňovou ochranu ve Spojených státech. Je třeba připomenout, že výsledky hydraulických simulací modelu HEC-RAS je možné využít jako vstupy do dalších produktů vývojářské dílny HEC, např. do programu HEC-FDA (Flood Damage Analysis). Jak již název naznačuje, jedná se o program řešící odhad potenciálních povodňových škod.

### **Základní výpočetní schémata**

Základní výpočetní schéma ustáleného proudění je založeno na výpočtu nerovnoměrného proudění vody v neprizmatických korytech metodou po úsecích. Hlavní předností programu je rozdělení profilu na vlastní koryto (tzv. efektivní, účinná oblast proudění) a levou či pravou inundaci. V případě řešení průběhu hladin a dalších veličin v zakřivených tratích program umožňuje počítat s různými vzdálenostmi mezi těmito částmi dvou sousedních údolních profilů. Pro výpočet neustáleného proudění využívá program HEC-RAS modifikované verze původního modelu UNET (Unsteady NETwork model). V zájmu zachování kompatibility výsledků se schématem využitým při výpočtu ustáleného nerovnoměrného proudění je implicitní numerické schéma řešení St. Venantova systému odvozeno z původního schématu Preismana (box-scheme) a doplněno o výpočet podélného rozdělení rychlostí.

### **Odpory koryta, profily s proměnlivou drsností**

Odpory koryta jsou do řešení zahrnuty buď Manningovým součinitelem drsnosti, nebo v případě koryt s hrubozrnným dnem lze využít i parametr zrnitostního složení materiálu dna  $k$ . Obě hodnoty lze zadávat v různých bodech příčného profilu, daná hodnota pak platí až k bodu další změny hodnoty parametru  $n$  nebo  $k$ . V tomto případě nabízí program dva výpočetní postupy. Podle základního přístupu se počítají moduly průtoku pro pásy příčného profilu mezi místy změn hodnot zadávaných drsností, druhý postup počítá automaticky s moduly průtoku pro pásy danými zadanými body příčného profilu.

Z dílčích hodnot modulů průtoku získává program hodnoty modulů průtoku pro levou a pravou inundaci. Tyto hodnoty potom přičítá k modulu průtoku vlastního koryta. Kromě tohoto základního členění je možné řešit rozdělení průtoků v dílčích pásech jak vlastního koryta tak i obou inundací včetně stanovení rozdělení rychlostí. Model tedy poskytne, kromě dalších hydraulických charakteristik i charakteristiky rychlostního pole v hlavním korytě i v inundacích.

### **Objekty na toku**

Program HEC-RAS umožňuje několik metod řešení hydraulické funkce mostních a jezových objektů při různých scénářích hydraulického režimu proudění: volná hladina, zatopený vtok a volný výtok, tlakové proudění mostním profilem a přeléváný mostní objekt. V případě proudění s volnou hladinou jsou k dispozici 4 výpočetní postupy: řešení vycházející z Bernoulliho rovnice (energetické), z rovnice hybnosti (momentové), empirická rovnice Yarnellova a metoda WSPRO. Druhá a třetí metoda dávají možnost zahrnout do řešení vliv pilířů zasahujících do průtočného profilu. Rovnice momentová umožňuje navíc modelovat i

vliv úhlu mezi směrem proudnice a profilem mostu. Model HEC-RAS řeší další hydraulické problémy spojené s funkcí mostních objektů. Lze například vyjádřit vliv nápečů v mostním profilu připlavovanými překážkami. Cenným nástrojem je programový modul, který řeší potenciální tvorbu výmolů ve dně mostního profilu, u břehových i středních pilířů. Široké možnosti nabízí rovněž výpočet propustků a jezových objektů. Program nabízí možnost výpočtu propustku kruhového, polokruhového, obdélníkového, eliptického anebo tvořeného různými typy oblouků, výpočet jezových objektů, a to jak pevných jezů, tak i jezů pohyblivých.

### **Organizace vstupních dat, databáze časových řad, vazby na GIS**

Program HEC-RAS nabízí několik způsobů vkládání geodetických dat. Jednou z možností je import geodetických dat z textového souboru. Další předností programu je jeho kompatibilita s dalšími aplikacemi MS Windows. Již zmíněná nadstavba HEC-GeoRAS, která je extensí ArcView nebo ArcInfo vytváří z digitálního modelu terénu geometrický model terénu pro hydraulický model HEC-RAS. Program HEC-RAS nabízí i možnost exportu do programů typů CAD a/nebo vykreslení zátopových ploch jako průnik vypočtené hladiny s digitálním modelem terénu. Kromě základních dat určujících údolní či příčný profil (dvojice bodů vodorovné a svislé souřadnice) je možné vložit i polygonové body profilu v souřadném systému JTSK stejně tak jako polygon osy koryta v řešeném úseku.

V tomto případě je program schopen stanovit i rozsah zátopového území v zadaných údolních profilech v souřadném systému JTSK. Velké možnosti nabízí jak z pohledu uživatelského tak i hydraulického editace dat příčného profilu. Cennou funkcí je možnost vkládání neaktivních ploch (program v dané části průtočného profilu vykreslí případnou hladinu ale nepočítá s průtočnou plochou ve výpočtu), hrází (pokud hladina nepřevyší úroveň hráze, hladina se v níže ležící části příčného profilu neobjeví a průtočná plocha je dána jen částí profilu před hrází), vkládání překážek do průtočného profilu. modelování horní krycí desky a proudění pod ledovou pokrývkou. Grafický editor usnadňuje provádění potřebných úprav příčného profilu.

Cenným nástrojem pro projektanty řešícími úpravy toků je funkce Channel modification. Ta umožňuje vycházet ze stávajícího reliéfu dna a inundace a do tohoto podkladu navrhnout nový tvar koryta (obdélník, lichoběžník, složený lichoběžník s kynetou či ohrázování koryta). Součástí výstupu je v tomto případě i odhad výměr potřebných zemních prací.

### **Prezentace výsledků**

Program HEC-RAS nabízí mimořádné možnosti prezentace výsledků řešení. Kromě standardních formátů výstupních tabulek podélného profilu, si může řešitel sám tabulkovou sestavu nadefinovat. Může při tom vybírat z více než 200 možných parametrů, které chce prezentovat. Tabulky lze přímo tisknout z programu nebo je přenášet do jiných programových produktů (např. MS Word, MS Excel).

Dále lze snadno prohlížet výsledky hydraulické funkce objektů na toku (mosty, propustky či jezy). Z grafických výstupů se nabízí vykreslení příčných a podélných profilů, v případě modelu neustáleného proudění i hydrogramů v ve vybraných říčních profilech. Rovněž v tomto případě má uživatel široké možnosti volby zobrazených stavových veličin (hladina, čára mechanické energie, pozorovaná úroveň hladiny, kritická hloubka, neaktivní část průtočné plochy, hráze, překážky a další). Lze snadno měnit barvu, tloušťku, typ čáry, typ značky symbolů atp. Stanovení aktivních a pasivních zón v záplavové oblasti je usnadněno zobrazením rychlostního pole ve svislicích příčného profilu.

### **6.3.3 Uplatnění systému HEC-RAS v rámci posudku**

V tomto posudku je program HEC-RAS 4.1.0 především uplatněn pro modelování hladinového režimu za ustáleného stavu s cílem získání základní představy o chování říční sítě při průchodu povodňových n-letých vod. Výpočty byly provedeny pro návrhové veličiny N-letých vod, transformace povodňové vlny v tocích ani v objektech nebyla řešena. S ohledem na rozsah zájmové oblasti hydrografické sítě řešení ustáleného stavu pro stanovení záplavových oblastí včetně aktivních a pasivních zón plně postačuje.

Modelování neustáleného proudění v bystrinném režimu je hydraulicky složitou záležitostí, model HEC-RAS toto uplatnění zatím neumožňuje. Z toho důvodu byla během řešení ustáleného stavu provedena analýza indexu bystrinnosti na základě zobrazení kritických hloubek v jednotlivých příčných profilech a oblasti nadkritického proudění. Na podkladě dosažených výpočtů lze konstatovat, že v celém řešeném úseku se jedná o říční proudění.

### **Princip sestavení modelu LS v prostředí HEC-RAS**

Pro řešení mostní profil byly vyneseny příčné řezy formou tabulek, které se staly zadávacím schématem editoru geometrie modelu systému HEC-RAS. Tento postup jednoúčelově sleduje odvození vstupních podkladů modelu LS a jeho využití při simulaci

ustáleného stavu návrhových průtoků. Pro dané řešené úseky koryta bylo zvoleno 11 výpočtových profilů, další 2 pro profil mostu. Celkem tedy bylo zvoleno 13 příčných profilů.

Pro snadné spouštění programu byla v rámci instalace vytvořena ikona HEC-RAS. Spuštění programu vyvolá základní nabídku systému HEC-RAS.

### **Hlavní nabídka okno systému HEC-RAS**

Sestavení modelu spočívá ve dvou základních krocích (roletové menu *Edit*):

- (1) Editor topologie, geometrických dat a údajů o objektech
- (2) Editor okrajových podmínek a časových řad:
  - 1.1. pro ustálený stav
  - 1.2. pro neustálený stav

### **Editor geometrických dat**

Zahrnuje následující možnosti vytváření podkladů nezávislých na hydrologické situaci či čase, topologie říční sítě

- 1.3. data o příčných profilech
- 1.4. objekty (most)
- 1.5. interpolace příčných profilů
- 1.6. prohlídka a editace vybraných dat v tabulce
- 1.7. různé možnosti exportu a importu geometrických dat, např. využitím systémů GIS či CAD atd.

### **Editor okrajových podmínek a časových řad**

Kromě vytvoření geometrického modelu říční sítě včetně objektů je pro simulace proudění třeba zadat okrajové podmínky. Jejich formulace závisí na volbě režimu výpočtu (ustálené/neustálené proudění). Při ustáleném proudění je v obou závěrových profilech říčního úseku volena jediná hodnota (hladina nebo průtok) případně jiná hydraulická podmínka. V případě neustáleného proudění jsou okrajové podmínky tvořeny časovými řadami, např. hydrogramem přítoku. V případě studie LS uvažujeme výhradně řešení na základě ustáleného stavu. Pro tento účel je třeba určit jednak počet řešených profilů hladinového režimu (*Number of profiles*, v našem případě hodnot návrhových průtoků  $Q_{100}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_5$  a  $Q_1$ ), staničení ŘKM, do nichž budou tyto hodnoty umístěny (*RS*) a konečně typ okrajové podmínky (*Reach Boundary Conditions*, v našem případě hodnot průtoků v horních závěrových profilech).

### **Vybrané parametry výpočtu**

Program standardně vyčísluje hydraulické charakteristiky proudění v kynetě, levé a pravé inundaci. Příkazem *Flow Distribution Locations* lze však nastavit meze, ve kterých je vyjádřeno rozdělení průtoků a dalších veličin napříč korytem. Tato funkce dovoluje rozdělit koryto i obě inundace na další sektory, v rámci voleb roletového menu *Options*. V našem případě je důležitá volba rozdělení průtoků v příčném profilu, umožňující vyčíslit rychlostní pole ve vybraných svislicích. Takto lze stanovit rozdělení rychlostí jako jednu z veličin potřebných pro stanovení aktivních povodňových zón (DHI-Hydroinform, 2003). Další proměnnou, pro tento účel potřebnou je hloubka proudění v příčném profilu, kterou program stanoví automaticky. Program HEC-RAS umožňuje zobrazení řady dalších stavových veličin. Těchto možností nebylo však v současné verzi modelu LS třeba využít.

### **Simulační výpočty a prezentace výsledků**

Po stanovení dat geometrie a okrajových podmínek lze jednoduše spustit výpočet z roletového menu *Run*. Zpracování a prezentaci výsledků výpočtu slouží několik nabídek, dostupných z hlavního menu pro zobrazení výsledků:

- 1.8. *View Cross Sections* pro zobrazení příčných profilů, včetně profilů objektů
- 1.9. *View Profiles* pro zobrazení hladin a dalších veličin v podélném profilu toku
- 1.10. *View General Profile Plot* pro zobrazení dalších veličin v podélném profilu toku
- 1.11. *View 3D Multiple Cross section Plot* pro zobrazení axonometrie hladin v příčných profilech (Obr. 7)
- 1.12. *View Detailed Output at Cross Sections, Culverts, Bridges, Weirs etc.* pro tabulkové zobrazení vybraných hydraulických charakteristik v určitém příčném profilu

#### **6.3.4 Výstupy z modelu HEC-RAS – posouzení návrhového mostu**

Tato kapitola podává přehled parametrů koryta při posouzení průtočného profilu nového mostu, potřebných pro výpočet nerovnoměrného ustáleného proudění a shrnuje výsledky výpočtu v grafické i tabulkové formě.

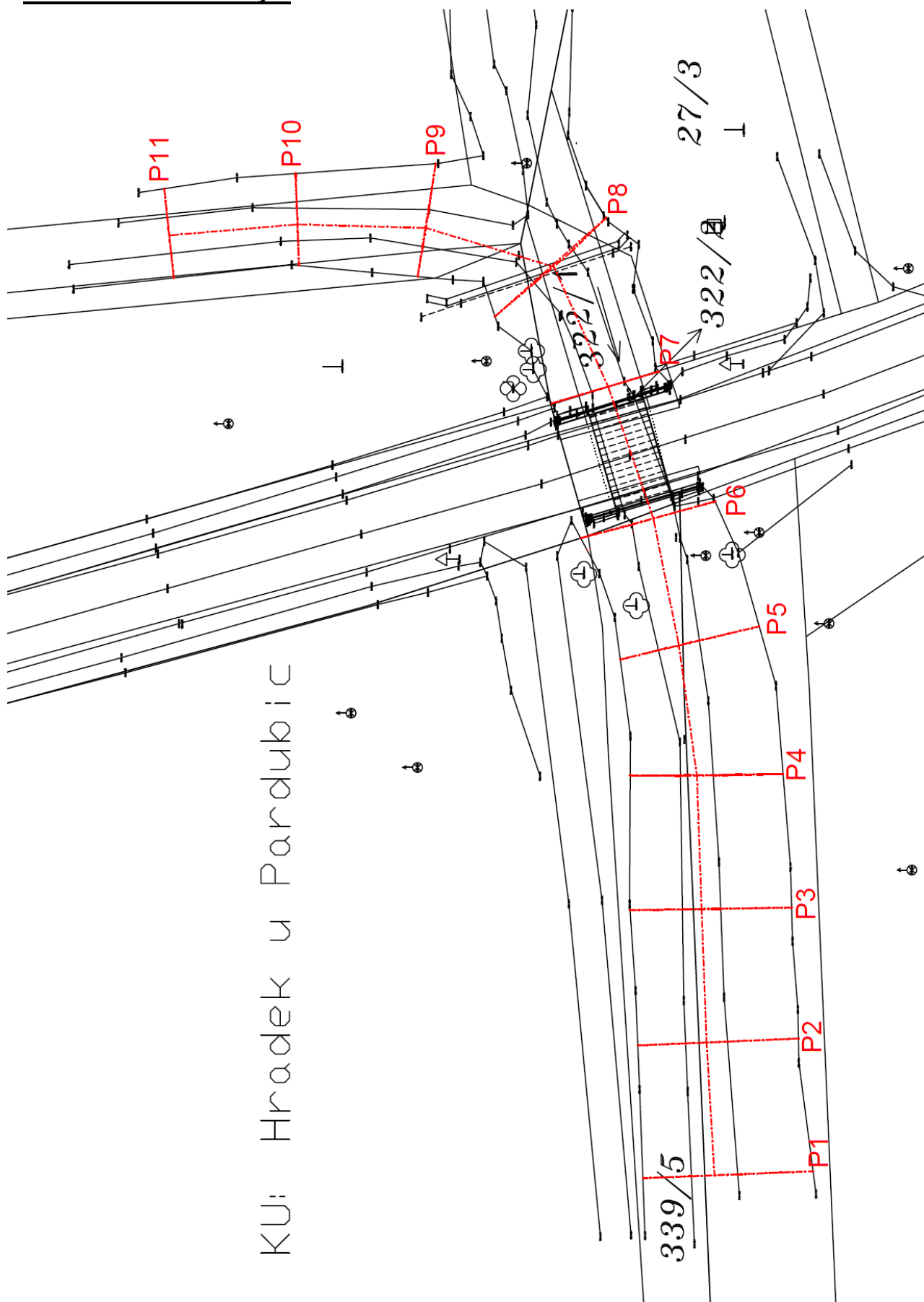
Ve schématech jsou nadmořské výšky uvedeny v systému B.p.v., ostatní rozměry jsou v metrech. S ohledem na rozsáhlost materiálu byly do výsledků zařazeny jen příčné profily. Přehled hydraulických charakteristik je rovněž archivován v elektronické formě.

Pro jednotlivé příčné řezy je v následujících tabulkách uvedeno staničení, N-leté průtoky, kóta dna koryta, kóta hladiny při příslušném N-letém průtoku, kritická hladina, energetická hladina, energetická výška, rychlost proudění v daném úseku při N-letém průtoku, průtočná plocha atd.

Jednotlivé vypočtené hladiny jsou uvedeny v následujících výstupech z modelu příčných řezů, tyto hladiny byly následně importovány do CAD řezů uvedených v grafické příloze.

Nový mostní profil je zadán do modelu a je proveden následný výpočet hladin v řešeném profilu pro jednotlivé N-leté vody.

**Situace řešeného koryta**



**Rekonstrukce mostu ev. č. 3239-1 Hrádek**  
*Hydraulické a hydrotechnické posouzení mostu*

**Výstupy z modelu**

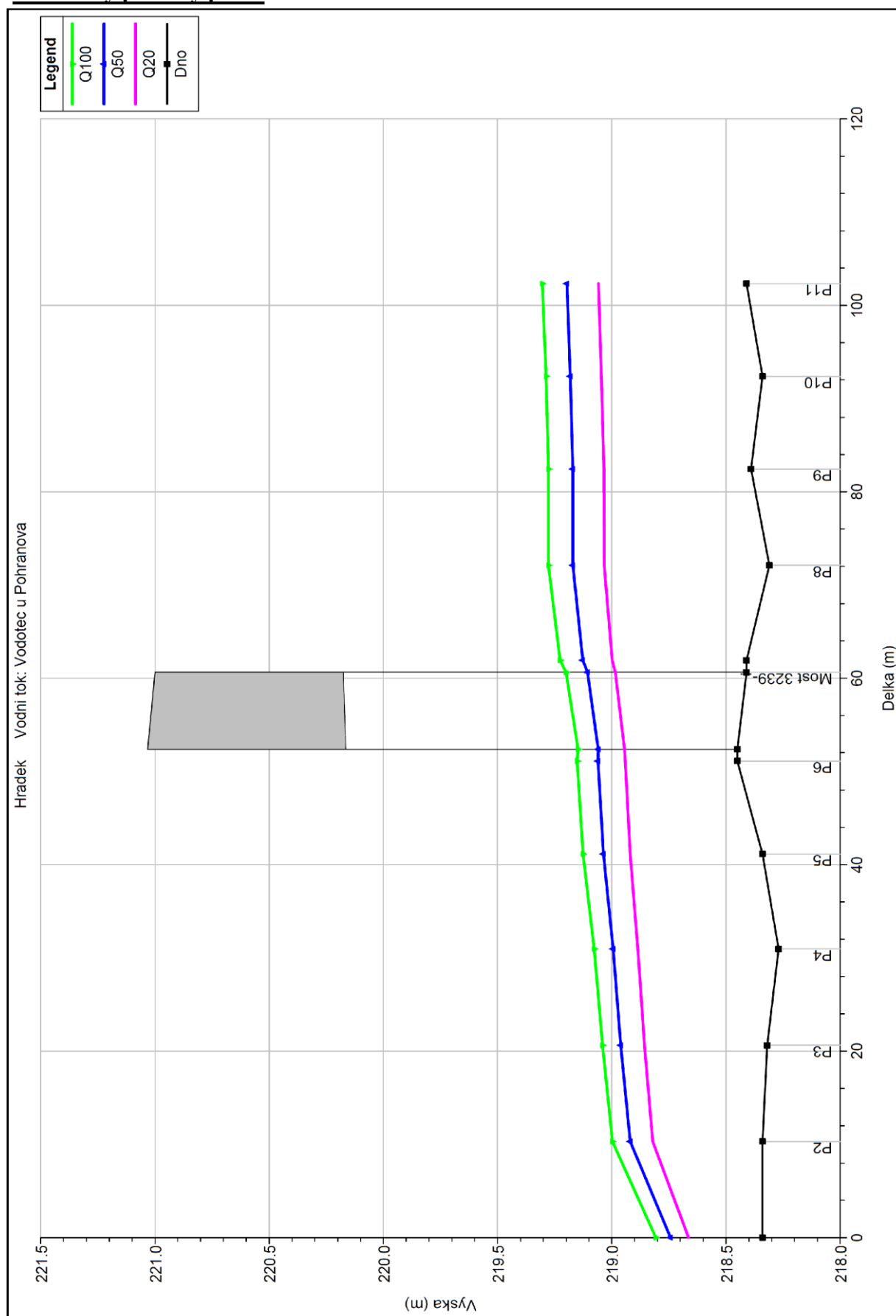
HEC-RAS		$Q_{20} = 1.66 \text{ m}^3/\text{s}$		Vodní tok: Vodoteč od Pohránova			
Staničení	Označení	Průtok	Výška dna	Výška hladiny	Hloubka vody	Rychlost	Průtočný profil
		[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]
0.10233	P11	1.66	218.41	219.06	0.65	0.76	2.18
0.09238	P10	1.66	218.34	219.05	0.71	0.70	2.38
0.08244	P9	1.66	218.39	219.03	0.64	0.65	2.57
0.07212	P8	1.66	218.31	219.03	0.72	0.47	3.56
0.06193	P7	1.66	218.41	219.00	0.59	0.77	2.15
0.05234		Most 3239-1					
0.05113	P6	1.66	218.45	218.94	0.49	0.85	1.95
0.04115	P5	1.66	218.34	218.92	0.58	0.77	2.15
0.03097	P4	1.66	218.27	218.89	0.62	0.87	1.91
0.02063	P3	1.66	218.32	218.86	0.54	0.86	1.93
0.0103	P2	1.66	218.34	218.82	0.48	0.90	1.85
0.00000	P1	1.66	218.34	218.66	0.32	1.53	1.09

HEC-RAS		$Q_{50} = 2.51 \text{ m}^3/\text{s}$		Vodní tok: Vodoteč od Pohránova			
Staničení	Označení	Průtok	Výška dna	Výška hladiny	Hloubka vody	Rychlost	Průtočný profil
		[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]
0.10233	P11	2.51	218.41	219.20	0.79	0.89	2.83
0.09238	P10	2.51	218.34	219.18	0.84	0.83	3.04
0.08244	P9	2.51	218.39	219.17	0.78	0.76	3.30
0.07212	P8	2.51	218.31	219.17	0.86	0.56	4.50
0.06193	P7	2.51	218.41	219.13	0.72	0.90	2.79
0.05234		Most 3239-1					
0.05113	P6	2.51	218.45	219.06	0.61	0.98	2.57
0.04115	P5	2.51	218.34	219.04	0.70	0.91	2.74
0.03097	P4	2.51	218.27	218.99	0.72	1.04	2.42
0.02063	P3	2.51	218.32	218.96	0.64	1.02	2.46
0.0103	P2	2.51	218.34	218.92	0.58	1.05	2.38
0.00000	P1	2.51	218.34	218.74	0.40	1.71	1.46

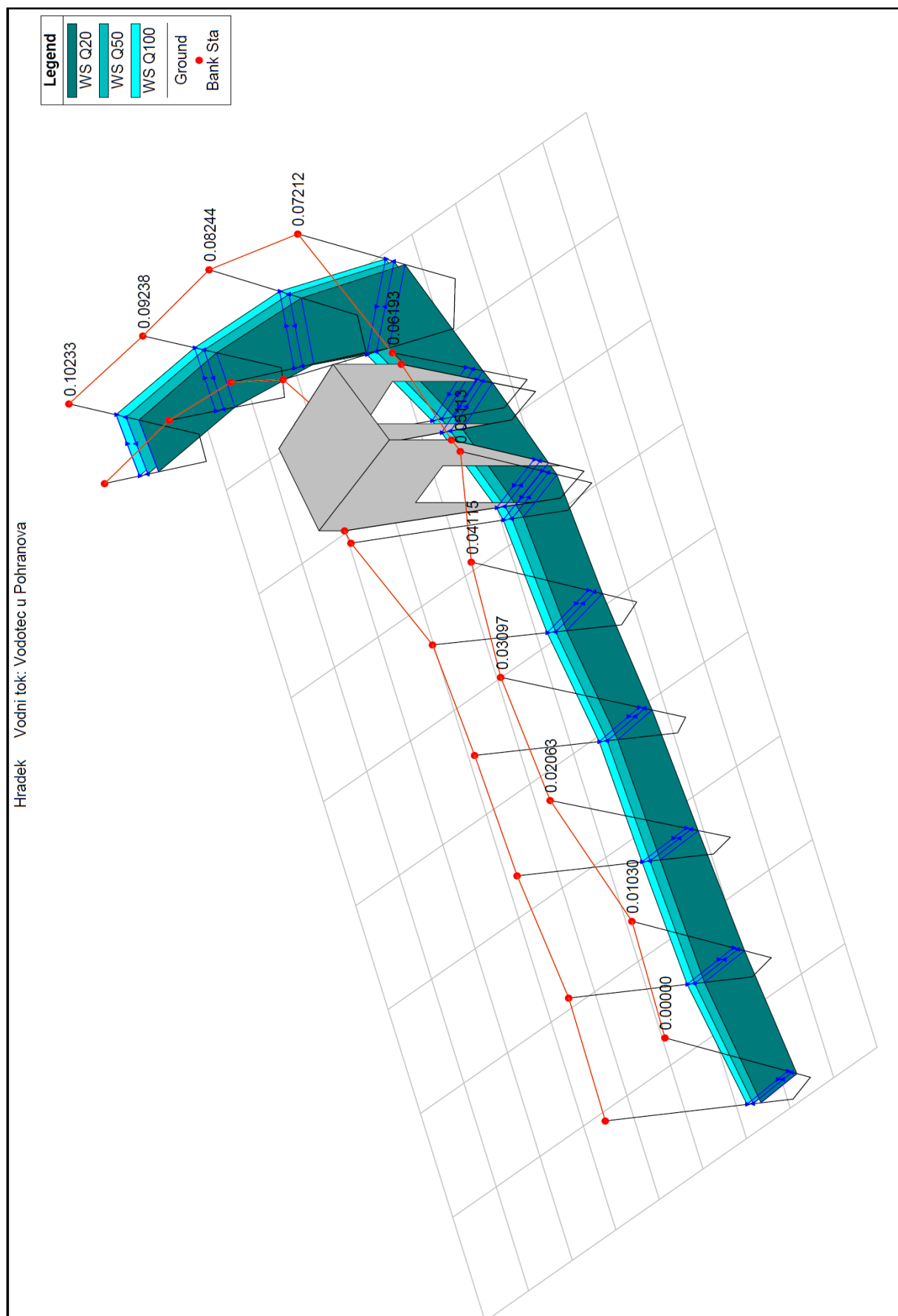
HEC-RAS		$Q_{100} = 3.30 \text{ m}^3/\text{s}$		Vodní tok: Vodoteč od Pohránova			
Staničení	Označení	Průtok	Výška dna	Výška hladiny	Hloubka vody	Rychlost	Průtočný profil
		[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]
0.10233	P11	3.30	218.41	219.30	0.89	0.97	3.39
0.09238	P10	3.30	218.34	219.29	0.95	0.92	3.59
0.08244	P9	3.30	218.39	219.28	0.89	0.84	3.92
0.07212	P8	3.30	218.31	219.28	0.97	0.62	5.28
0.06193	P7	3.30	218.41	219.23	0.82	0.99	3.33
0.05234		Most 3239-1					
0.05113	P6	3.30	218.45	219.15	0.70	1.07	3.08
0.04115	P5	3.30	218.34	219.13	0.79	1.02	3.24
0.03097	P4	3.30	218.27	219.08	0.81	1.16	2.84
0.02063	P3	3.30	218.32	219.04	0.72	1.14	2.89
0.0103	P2	3.30	218.34	219.00	0.66	1.17	2.83
0.00000	P1	3.30	218.34	218.81	0.47	1.84	1.79

Z údajů jednotlivých příčných řezů byl sestaven přehledný podélný profil proudění v korytě a návrhovém mostním profilem v řešeném úseku.

**Přehledný podélný profil**

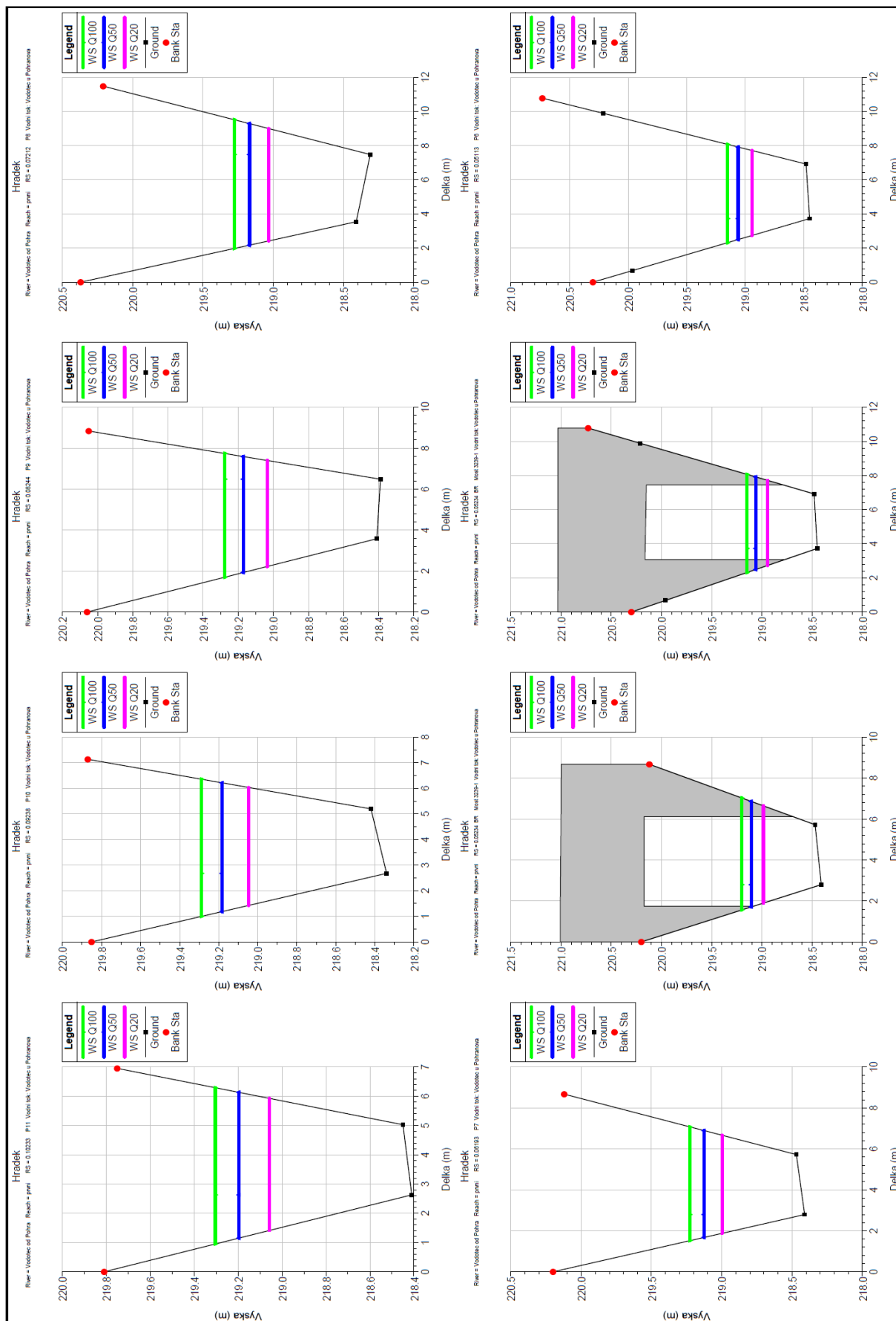


**Axonometrický výstup proudění vody návrhovým mostem**

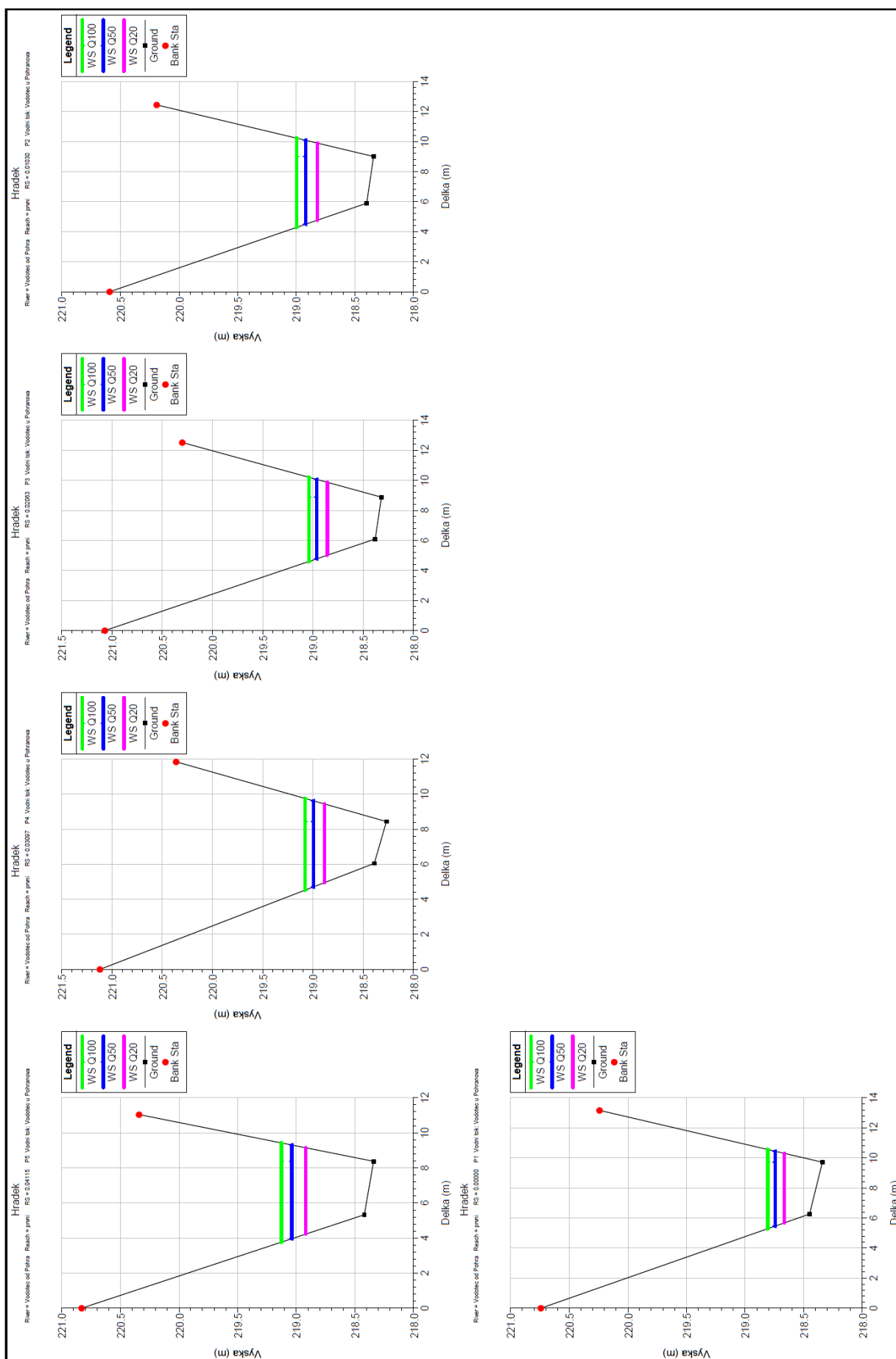


# **Rekonstrukce mostu ev. č. 3239-1 Hrádek** **Hydraulické a hydrotechnické posouzení mostu**

## **Výpočtové příčné řezy**



# **Rekonstrukce mostu ev. č. 3239-1 Hrádek** **Hydraulické a hydrotechnické posouzení mostu**



## **7. Závěry a doporučení**

- Vodohospodářské posouzení vychází z údajů ČHMÚ třídy IV.
- Návrhový průtok činí  $NP = Q_{50} = 2,51 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $KNP = Q_{100} = 3,30 \text{ m}^3/\text{s}$
- Stávající profil mostu je kapacitní na  $Q_{100}$  dle ČSN 73 6201.
- Při rekonstrukci mostu bude spodní hrana mostovky na úrovni 220,17 m n.m., což je 106 cm nad  $Q_{50}$ . Z hlediska KNP ( $Q_{100}$ ) je bezpečně splněn požadavek min. 50 cm nad hladinou  $Q_{100}$  dle ČSN 73 6201 – Projektování mostních konstrukcí.
- Světlá šířka otvoru mostu je 4,45 m a výška ode dna koryta je 1,75 m.

V Praze dne 29.01.2016

Vypracoval: Ing. Martin Valečka

## **8. Dokladová část**

A. Vodohospodářská mapa – 1 : 50 000

Údaje ČHMÚ

Základní údaje zpracovatele