



HG partner s.r.o.

Smetanova 200, 250 82 Úvaly
www.hgpartner.cz

Telefon: 246 082 015
e-mail: hgp@hgpartner.cz

Paré č.:

Investor: Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, 430 03 Chomutov			Počet A4:	6
Odpovědný projektant:	Ing. Jaroslav Vrzák		Datum:	06/2021
Vypracoval:	Ing. Oldřich Stiller		Změna:	-
Akce:	Mandava Dolní Křečany - ř. km 15,5 - 17,6 - projektová dokumentace		Stupeň:	DSJ
			Č. zakázky:	H-20/001
Název části:	DOKUMENTACE OBJEKTŮ		Část:	D
Příloha:	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY		Měřítko: -	Č. přílohy: D.11

D.11 Hydrotechnické výpočty

Obsah:

D.11.1 Použité podklady	2
D.11.2 Provedené výpočty a postup výpočetních prací	3
D.11.3 Teoretický základ provedených výpočtů.....	3
D.11.4 Dosažené výsledky a jejich závěry	6

D.11.1 Použité podklady

a) Geodetické podklady

Pro výpočet byl k dispozici polohopis a výškopis dotčené lokality určený pro projektové práce. Polohopis byl v souřadnicovém systému S-JTSK, výškopis byl ve výškovém systému Bpv.

b) Vlastní průzkum

V dané lokalitě byly provedeny prohlídky projektanta s provozovatelem toku za účelem zjištění terénních podmínek pro volbu typu a umístění opevnění. Během pochůzky byla pořízena fotodokumentace a uceleny představy obecně o úseku toku a o drsnostních charakteristikách inundačního území.

Drsnosti byly uvažovány dle Manninga:

dno s kamenným záhozem	$n = 0,04$
zdivo opěrných zdí, dlažba	$n = 0,025$
břehy s porostem	$n = 0,042-0,060$

c) Hydrologické podklady

Součástí zpracovaných podkladů byla řada N-letých průtoků.

N-letost	Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
Objemový průtok [m ³ /s]	5,18	7,29	11,6	15,4	19,7	26,5	32,4

d) Literární podklady

- Gary W. Brunner, 2010: HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Davis, CA, 411s.
- Gabriela Zelíková, 2012: Posouzení stavu vodního toku v povodí řeky Moravy. Brno, 75 s.
- Václav Tlapák, 2001: Úprava vodních toků. Brno, 146 s.
- Pavel Kovář, 2011: Malé vodní toky (soubor prezentací). Praha 6.
- Jan Zuna, 2008: Hrazení bystřin. Praha 6, 180 s.
- D. L. Rosgen, 2001: The Cross-Vane, W-Wier and J-Hook Vane Structure. Their Description, Design and Application for Stream Stabilization and River Restoration. Colorado, 22 s.
- Viliam Macura, 1995: Úprava tokov. Bratislava, 272 s. (in Peter Halaj, 2004: Revitalizácia vodných tokov. Technická univerzita vo Zvolene, 200 s., oprava výpočtu dle emailu z 30.04.2014)
- Ivana Marešová, Petr Sklenář: Výpočet stability koryta. Praha 6, 10 s. (online - <http://hydraulika.fsv.cvut.cz>)
- Gabriela Zelíková, 2012: Posouzení stavu vodního toku v povodí řeky Moravy. Brno, 75 s.
- Ivana Marešová, Vladimír Havlík, 2001: Hydraulika 10, Příklady. Praha 6, 243 s.
- Ivana Marešová, Petr Sklenář: Výpočet stability koryta. Praha 6, 10 s. (online - <http://hydraulika.fsv.cvut.cz>).

D.11.2 Provedené výpočty a postup výpočetních prací

Pro potřeby stanoven základních hydraulických charakteristik proudění byl sestaven 1dimenzinální hydrodynamický model nerovnoměrného proudění, simulující 1, 2, 5, 10, 20, 50 a 100letý průtok pro návrhový stav.

Na základě zjištěných charakteristik proudění pro Q100 byla posouzena nutnost provedení příčných prahů.

D.11.3 Teoretický základ provedených výpočtů

a) *Simulace proudění*

Proudění bylo simulováno v programu HEC-RAS 5.0.3, v němž byl sestaven jednodimenzinální hydrodynamický model nerovnoměrného ustáleného proudění. Geometrický model toku byl sestaven z příčných profilů s rozestupy cca 7-10 m v modelu terénu sestaveném na základě aktuálního geodetického zaměření s přesahem cca 10 m za předmětný návrh stavby. Protože stavba neřeší souvislý úsek toku, ale oddělené části, v mezilehlých úsecích mimo předmětné části toku není definována geometrie koryta.

Stanovení okrajových podmínek bylo provedeno pomocí podélného sklonu, tzn. „normal depth“, kde byly vstupními hodnotami sklony nivelety dna na začátku a konci předmětného úseku.

Principem výpočtu výše uvedené aplikace je jednokrokové iterativní řešení energetické rovnice, nabývající tvar:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + h_e,$$

kde	$Z_1, Z_2 \dots$	nadmořská výška kóty dna příčného profilu
	$Y_1, Y_2 \dots$	hloubka vody v příčném profilu
	$V_1, V_2 \dots$	průměrná rychlost proudění v příčném profilu
	$a_1, a_2 \dots$	koeficienty upravující rychlost
	$g \dots$	gravitační zrychlení
	$h_e \dots$	energetická ztráta mezi profily.

b) *Posouzení odolnosti a stability konstrukcí*

Na základě simulovaných charakteristik proudění bylo provedeno posouzení odolnosti navržených konstrukcí. Odolnost byla posouzena metodou tečných napětí, kdy bylo vypočtené tečné napětí porovnáno s tabulkovými hodnotami tečných napětí pro jednotlivé typy konstrukcí a dimenze zrn.

Posouzení odolnosti opevnění metodou tečných napětí

Metodou tečných napětí dochází k porovnání kritického tečného napětí navržené konstrukce s tečným napětím vypočteným. Dno lze považovat za stabilní v případě, je-li vypočtené tečné napětí T_o menší než kritické tečné napětí T_{kr} .

Hodnoty tečných napětí byly vypočteny dle aproximativních vztahů dle Marešové a Havlíka:

$$\tau_o = \rho \cdot g \cdot y \cdot i \quad \text{pro } B/y \Rightarrow 15,$$

$$\tau_o = \rho \cdot g \cdot R_d \cdot i \quad \text{pro } B/y < 15,$$

kde	$T_o \dots$	tečné napětí ve dně
	$\rho \dots$	objemová hmotnost vody
	$g \dots$	gravitační zrychlení
	$y \dots$	hloubka vody
	$i \dots$	sklon nivelety dna
	$B \dots$	šířka koryta v hladině

$R_d \dots$ hydraulický poloměr pro úzké toky, kde

$$R_d = \frac{S_D}{b},$$

kde $S_D \dots$ průtočná plocha $\sim f(\text{sklon břehů})$
 $b \dots$ šířka koryta ve dně.

Kritické tečné napětí pak bylo vypočteno dle Kreye:

$$\tau_{kr} = 0,7143 \cdot \rho \cdot D_{ef}$$

a dle Marešové a Havlíka podle vztahu:

$$\tau_{kr} = 760 \cdot D_{ef},$$

kde $T_{kr} \dots$ kritické tečné napětí.

Dále byly uvažovány tabulkové hodnoty kritických tečných napětí převzatých z odborné literatury.

c) Výpočet vzdálenosti příčných prahů

Výpočet vzdálenosti příčných prahů dle Kováře

Vztah pro výpočet vzdálenosti mezi příčnými stabilizačními prahy nabývá tvaru:

$$d_p = \frac{K}{i_o},$$

kde $d_p \dots$ vzdálenost mezi prahy
 $i_o \dots$ sklon dna a

$$K = f\left(\frac{\tau_{kr}}{\tau_o}\right),$$

přičemž funkční závislost nabývá tvaru polynomu prvního stupně, kdy platí:

$$\frac{\tau_{kr}}{\tau_o} \Big|_{(1,00)} = K_{(0,30)} \text{ a } \frac{\tau_{kr}}{\tau_o} \Big|_{(1,50)} = K_{(0,10)}.$$

Tečné napětí bylo vypočteno v programu Hec-Ras, kritické tečné napětí dle Kreye:

$$\tau_{kr} = 0,7143 \cdot \rho \cdot D_{ef},$$

kde $T_{kr} \dots$ kritické tečné napětí
 $\rho \dots$ objemová hmotnost vody
 $g \dots$ gravitační zrychlení
 $D_{ef} \dots$ efektivní velikost zrna.

Výpočet vzdálenosti příčných prahů dle Macury

Optimální vzdálenost příčných prahů je vypočtena dle vztahu:

$$d_p = \frac{K}{i_o},$$

kde $d_p \dots$ vzdálenost mezi prahy
 $v \dots$ střední profilová rychlost
 $i_o \dots$ sklon dna
 $K \dots$ koeficient, vypočtený ze vztahu:

$$K = f\left(\frac{v}{v_v}\right),$$

přičemž funkční závislost nabývá tvaru polynomu prvního stupně, kdy platí

$$\frac{v}{v_v (1.00)} = K_{(0.30)} \text{ a } \frac{v}{v_v (1.50)} = K_{(0.10)},$$

kde $v \dots$ střední profilová rychlost a
 $v_v \dots$ nevymílací rychlost, vypočtená dle vztahu:

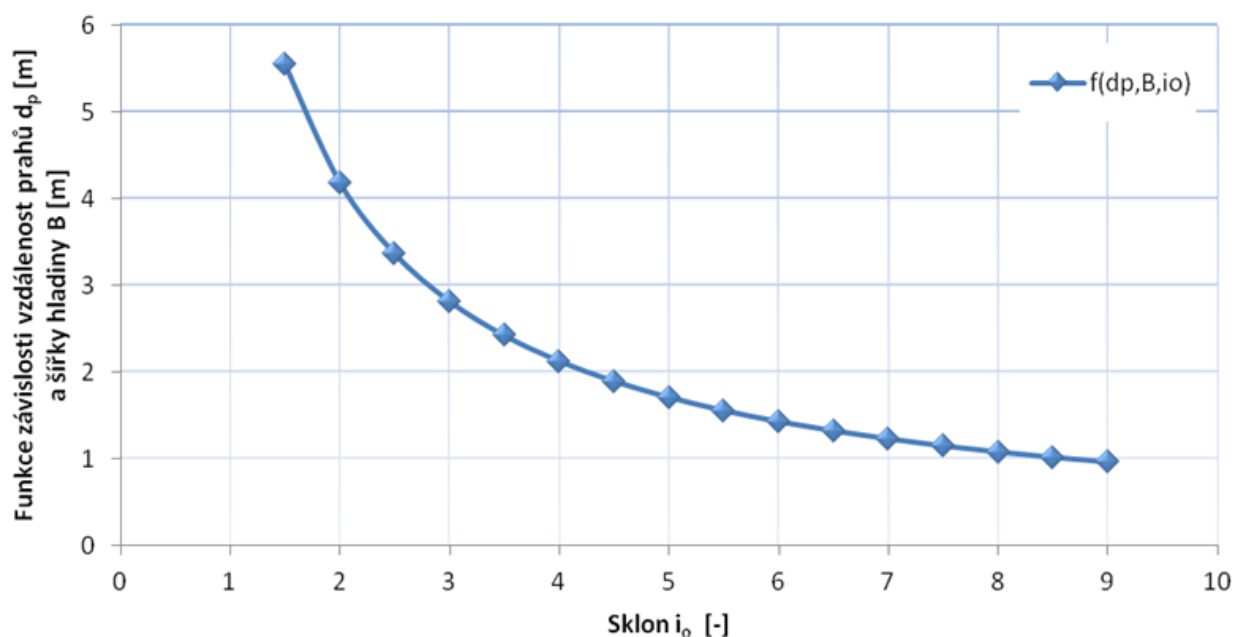
$$v_v = 5.5 \cdot (d_{ef})^{1/3} \cdot y^{1/6},$$

kde $d_{ef} \dots$ efektivní velikost zrna ve dně
 $y \dots$ hloubky vody.

Výpočet vzdálenosti prahů dle Rosgena

V rámci řešení dle Rosgena dochází k návrhu vzdálenosti příčných prahů na základě spojnice trendu přibližně ve tvaru polynomu 2. stupně reflektující skutečné případy pozorování dnových výmolů. Ke stanovení vzdálenosti prahů dochází na základě šířky hladiny a funkce sklonu nabývajícím tvaru na následujícím grafu.

Průběh funkce pro výpočet vzdálenosti příčných prahů



Funkce je popsána vztahem:

$$d_p = (8.2513 \cdot i_o^{-0.9799}) \cdot B,$$

kde $i_o \dots$ sklon nivelety dna
 $B \dots$ šířka hladiny.

D.11.4 Dosažené výsledky a jejich závěry

a) Posouzení kapacity toku

Vzhledem k minimálním sklonům v řadě úseků předmětné části toku, dosahujících 0,001/0,002, je kapacita koryta nízká, při Q2 je často dosaženo hladinou břehové hrany koryta, při Q10 a Q20 je tok v řadě úseků vyběžen.

Jako kritické lze označit úseky v km 0,010-0,050; 0,340-0,350; 1,230-1,320; 1,550-1,560; 1,780-1,800; 1,960-2,100.

b) Charakteristiky proudění

Výsledné základní charakteristiky proudění, které jsou výstupem 1dimenzionálního hydrodynamického modelu pro 100letý objemový průtok a které byly vstupními daty pro následné posouzení vzdálenosti příčných prahů, jsou předmětem tabulky v příloze 1.

Na základě zjištěných hodnot lze uvést, že rychlost proudění se v úseku pohybuje v rozmezí většinou 1,80-3,00 m/s, pouze ve výjimečných případech přesahuje 3,00 m/s.

Tečné napětí se pohybuje v intervalu 30-100 Pa, výjimečně se v problematických úsecích dostává na hodnotu 100-150 Pa, případně více.

Vyšších hodnot rychlostí a tečného napětí je dosaženo v následujících úsecích:

Km 1,89-1,91 - skluz, kde dochází k navázání na úsek výše s úzkým korytem,

Km 1,00-1,03 - nad mostkem, kde dochází k navázání na níže umístění úsek s úzkým korytem a koryto je sevřeno svislými zdmi.

c) Stabilita opevnění

Při porovnání dosažených hodnot tečného napětí < 100 Pa a porovnání kritického tečného napětí uvedeného v **příloze 2** navržených konstrukcí kamenné rovnaniny (kritické tečné napětí 300-600 Pa), zdí z lomového kamene (kritické tečné napětí 300-600 Pa) a kamenného záhozu ds 500 mm (kritické tečné napětí ~260-350 Pa), lze uvést, že **konstrukce jsou stabilní** a tedy odolné na návrhový průtok Q100.

d) Vzdálenost příčných prahů

Vzdálenost příčných prahů byla posouzena a vypočtena na základě 3 výpočetních přístupů. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v **příloze 3**. Zjištěné hodnoty obecně nepoukazují na nutnost provedení příčných prahů, vypočtené vzdálenosti příčných prahů jsou ve většině >100 m, místy >200 m a >300 m. Výjimkou jsou úseky:

Km 1,89-1,91 – skluz, vypočtená vzdálenost prahů 5-15 m.

Km 1,57-1,58 – navázání na úzké koryto, vypočtená vzdálenost prahů 20-40 m.

Kritériem pro volbu umístění a dimenzování příčných prahů vychází proto také z místního šetření a zjištěného namáhání dna – výskytu výmolů ve dně.

e) Dosažená přesnost

Charakteristiky drsnosti byly pouze odhadnuty na základě fotodokumentace, mapových podkladů a osobní pochůzky projektanta. Geometrická charakteristika toku byla provedena prostřednictvím příčných profilů. Zdrojem nepřesností jsou mnohá fyzikální zjednodušení a matematické aproximace skutečných dějů jak v samotné simulaci proudění v aplikaci HEC-RAS, tak v následně užitých vzorcích. Při simulacích proudění nelze predikovat stochastické procesy vznikající zvláště při extrémních povodňových stavech, ani změny geometrii a drsnostních charakteristikách průtočného profilu zapříčiněné erozivním smyvem, naplaveným materiálem nebo dokonce vznikem překážek.