



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 Moravy, státní podnik, Dřevařská 11, 602 00 Brno			Počet A4:	17
Odpovědný projektant:	Ing. Jaroslav Vrzák		Datum:	09/2020
Vypracoval:	Ing. Martin Hladík		Změna:	-
Akce: VD Ludkovice – odstranění sedimentů a přednádrž			Stupeň:	DPS
			Č. zakázky:	H-20/022
Název části: DOKUMENTACE OBJEKTŮ			Část:	D
Příloha: HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY			Měřítko: -	Č. přílohy: D.11

D.11 Hydrotechnické výpočty

Obsah:

D.3.1 Použité podklady.....	3
D.3.2 Provedené výpočty a postup výpočetních prací	5

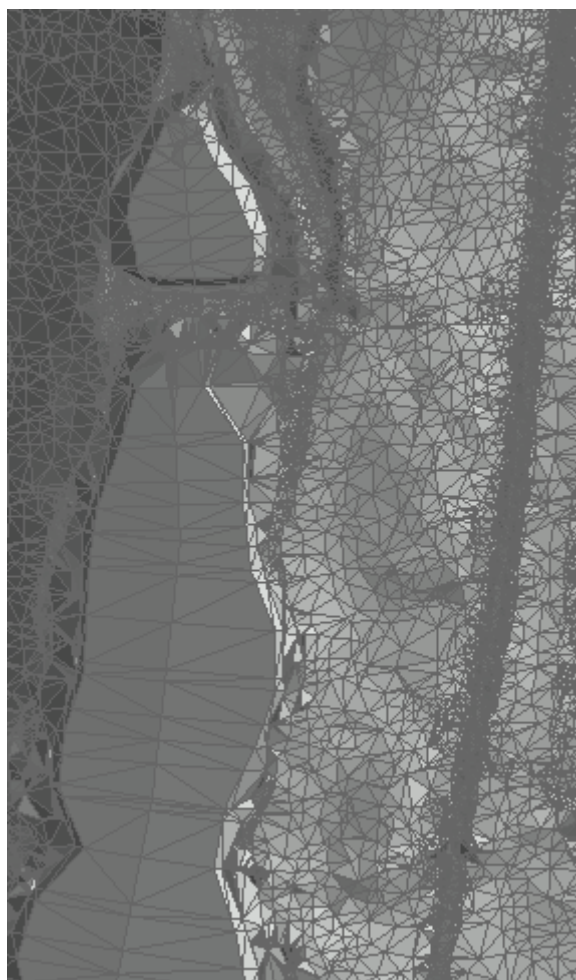
D.3.1 Použité podklady

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. Oblast, kde nebylo prováděno zaměření byla výška převzata z DMR 5G. Model vytvořený kombinací zaměření a DMR 5G byl využit jako podklad k výpočtu ustáleného nerovnoměrného proudění.

b) **Digitální model terénu 5. generace (DMR 5G)**

Pro výpočet poskytl investor akce Povodí Moravy, s.p. digitální model terénu 5. generace. Model byl předán v *.txt souboru v podobě mračna bodů. Ty byly dále zpracovány a analyzovány pomocí SW na bázi GIS, CAD. Zobrazení modelu terénu pro názornost je na Obr. 3.1.1. Model terénu byl použit pro doplnění oblasti nad úroveň maximální hladiny a břehů (zaměření). Model TIN byl doplněn navrženým stavem přednádrže a studií těžby sedimentů (dostředně se sklonem 1 % v nádrži VD Ludkovice).



Obrázek 3.1.1 a 3.1.2 Zobrazení DMT 5G a objektů návrhu – TIN model terénu celý a detail

c) Vlastní průzkum

V dané lokalitě byly provedeny prohlídky projektanta za účelem zjištění terénních podmínek. Pro posouzení rychlosti vody v korytě a zpětného vzdutí bylo třeba odhadnout drsnosti v toku. Odhad byl proveden dle fotografií a popisu budoucího návrhového stavu.

Manningova drsnost pro stávající stav byla volena v rozsahu:

Říční dno, místně opevněné dlažbou ve dně, travním drnem	$n = 0,035$
Levý břeh s řadou stromů a zatravněnou inundací	$n = 0,06 - 0,085$

d) Hydrologické podklady

Součástí zpracovaných podkladů byla řada N-letých průtoků, která byla objednána dopisem z pobočky ČHMÚ, Ostrava. Hydrologická data jsou následující:

Vodní tok	Ludkovický potok		
Číslo hydrologického pořadí	4-13-01-1060-1-00-90		
Profil	Hráz VD Ludkovice		
Souřadnice S-JTSK	X = - 517738 m		Y = - 1176972 m
Plocha povodí A	13,02 km ²		
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	793	mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	93	l.s ⁻¹	-

M-denní průtoky Q_{Md}													l.s ⁻¹
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
244	141	94	71	54	42	34	25	20	14	10	4,9	2,7	III.

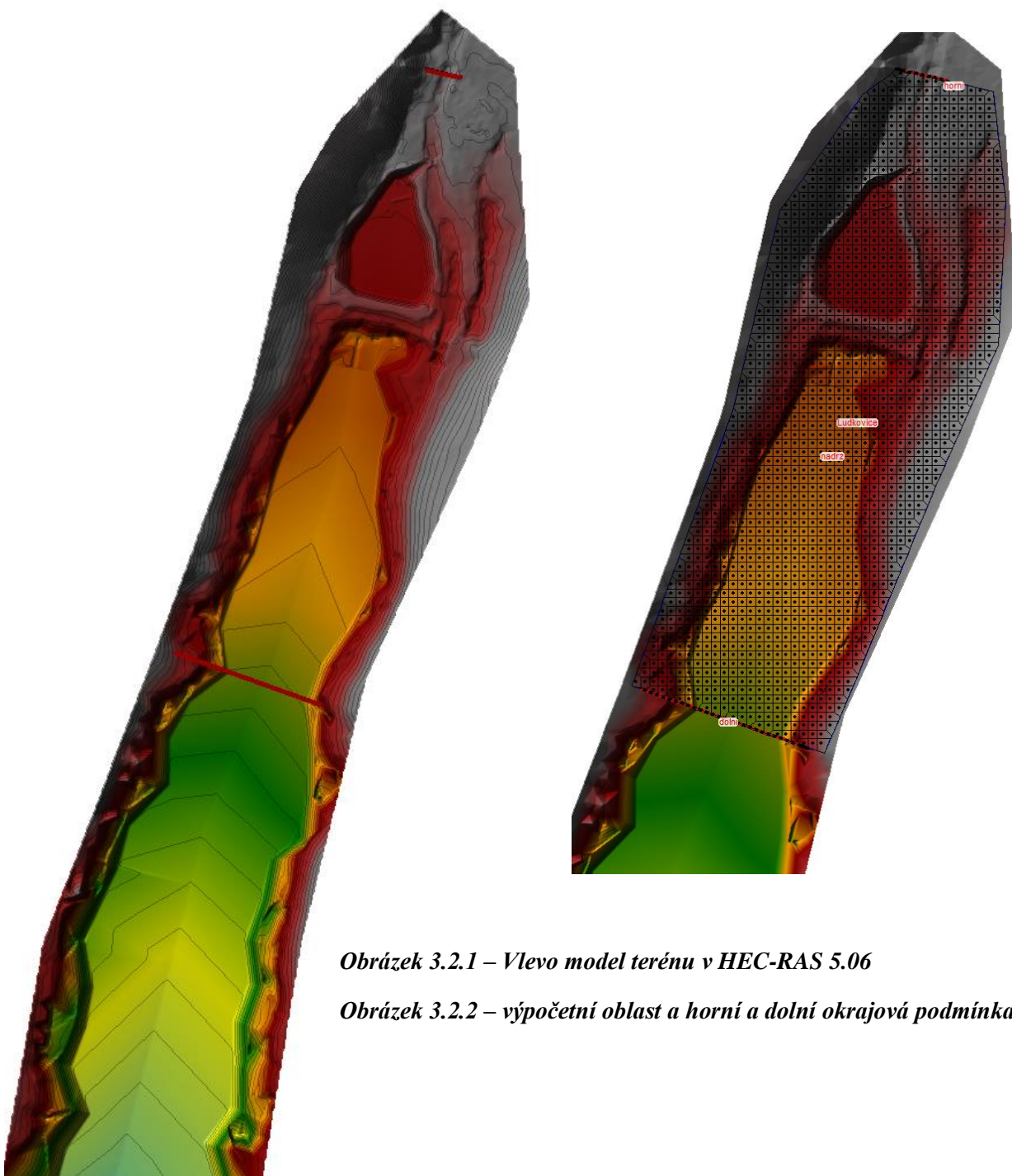
N-leté průtoky Q_N							m ³ .s ⁻¹
1	2	5	10	20	50	100	Tř.
3,4	6,1	11	16	23	33	42	II-III.

Výpočet byl proveden pro všechny N-leté průtoky, využity byly ovšem pouze některé hladiny. Hladiny vybraných průtoků jsou zakresleny v příčných řezech, vzorových příčných řezech a podélném profilu.

D.3.2 Provedené výpočty a postup výpočetních prací

a) *Tvorba modelu*

Model byl naimportován a vytvořen v SW HEC-RAS 5.06, který umožňuje 2D výpočty neustáleného nerovnoměrného proudění. Na Obr. 3.2.1 a 3.2.2 je patrná zájmová oblast a okrajové podmínky. MESH síť byla generována s rozlišením buňky 2,5 m.



Obrázek 3.2.1 – Vlevo model terénu v HEC-RAS 5.06

Obrázek 3.2.2 – výpočetní oblast a horní a dolní okrajová podmínka

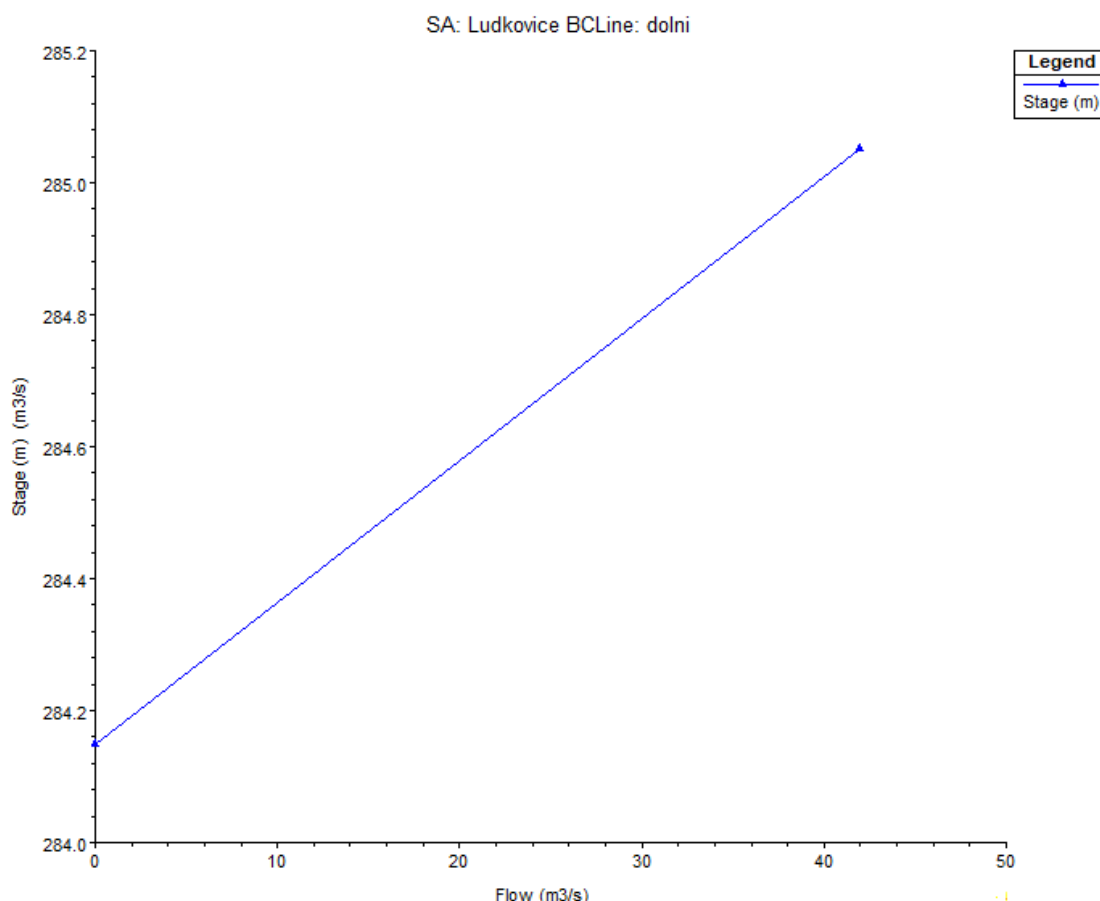
Model byl vytvořen z návrhu včetně rozdělovacího objektu a opatření na zpomalení proudění na přítoku. Viz Obr. 3.2.3. Velikost rastru terénu byla zvolena na 0,5 m. Velikost výpočetní sítě byla zvolena na 2,5 m (z důvodů stability modelu).



Obrázek 3.2.3 – Výpočetní model přednádrže o velikosti rastru 0,5 m.

b) Okrajové podmínky výpočtu

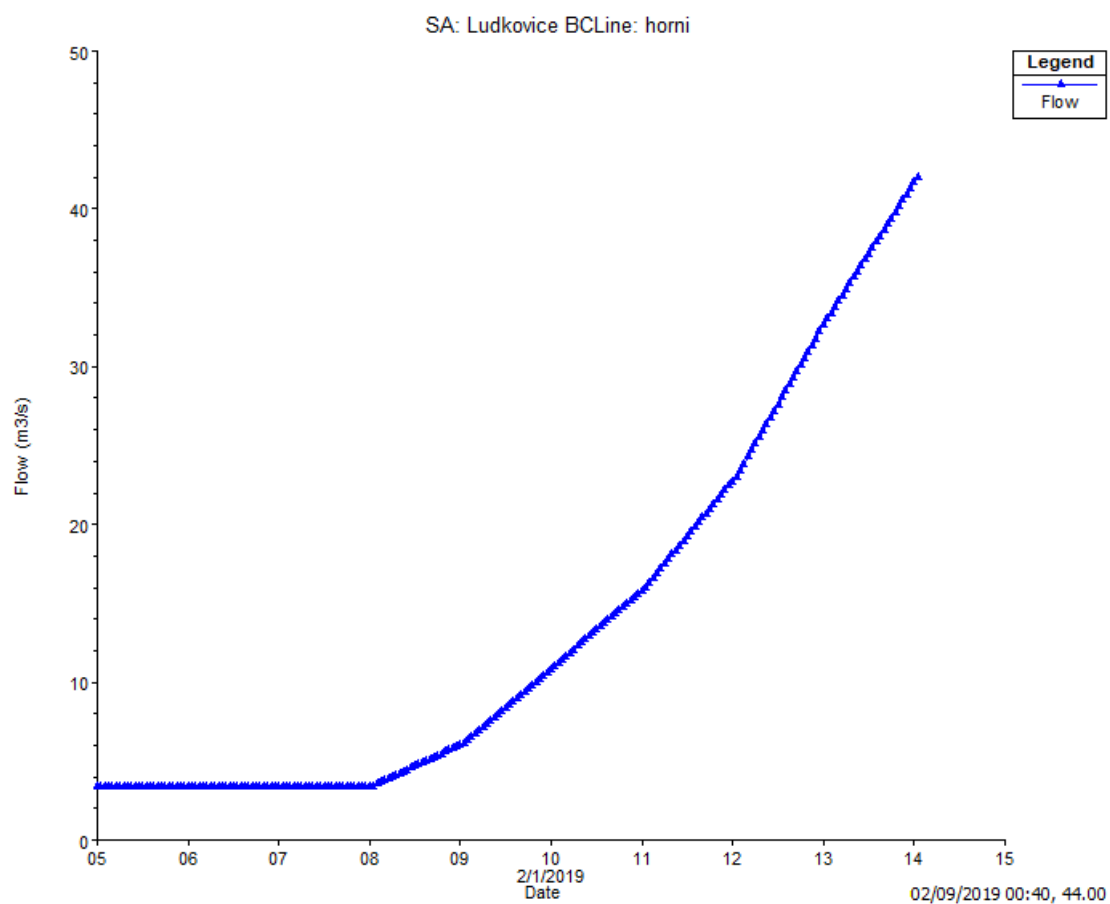
Okrajové podmínky je možné nastavit několika způsoby. V tomto případě byla jako dolní okrajová podmínka pro dolní vodu (downstream) použita křivka přepadu pro Q1 při 284,15 m n. m. a Q100 285,05. Průběh byl lineárně spojen (přesná konzumpční křivka nebyla objednatelem dodána v rámci požadavku na manipulační řád). Toto zavedené zjednodušení ovšem prakticky na výpočet nemá vliv. Výpočet je na straně bezpečnosti.



Obrázek 3.2.4 – Konzumpční křivka dolní okrajové podmínky – zlinearizovaný přepad mezi hodnotami Q1 – Q100.

Časový průběh modelu byl volen tak, aby vždy v půlnoci přitékal N-letý průtok viz následující průběh a tabulka:

2/8/2019 0:00	Q1	3.4
2/9/2019 0:00	Q2	6.1
2/10/2019 0:00	Q5	11
2/11/2019 0:00	Q10	16
2/12/2019 0:00	Q20	23
2/13/2019 0:00	Q50	33
2/14/2019 0:00	Q100	42



Obrázek 3.2.5 – Průběh průtoku návrhové povodňové vlny $Q1 - Q100$ v čase.

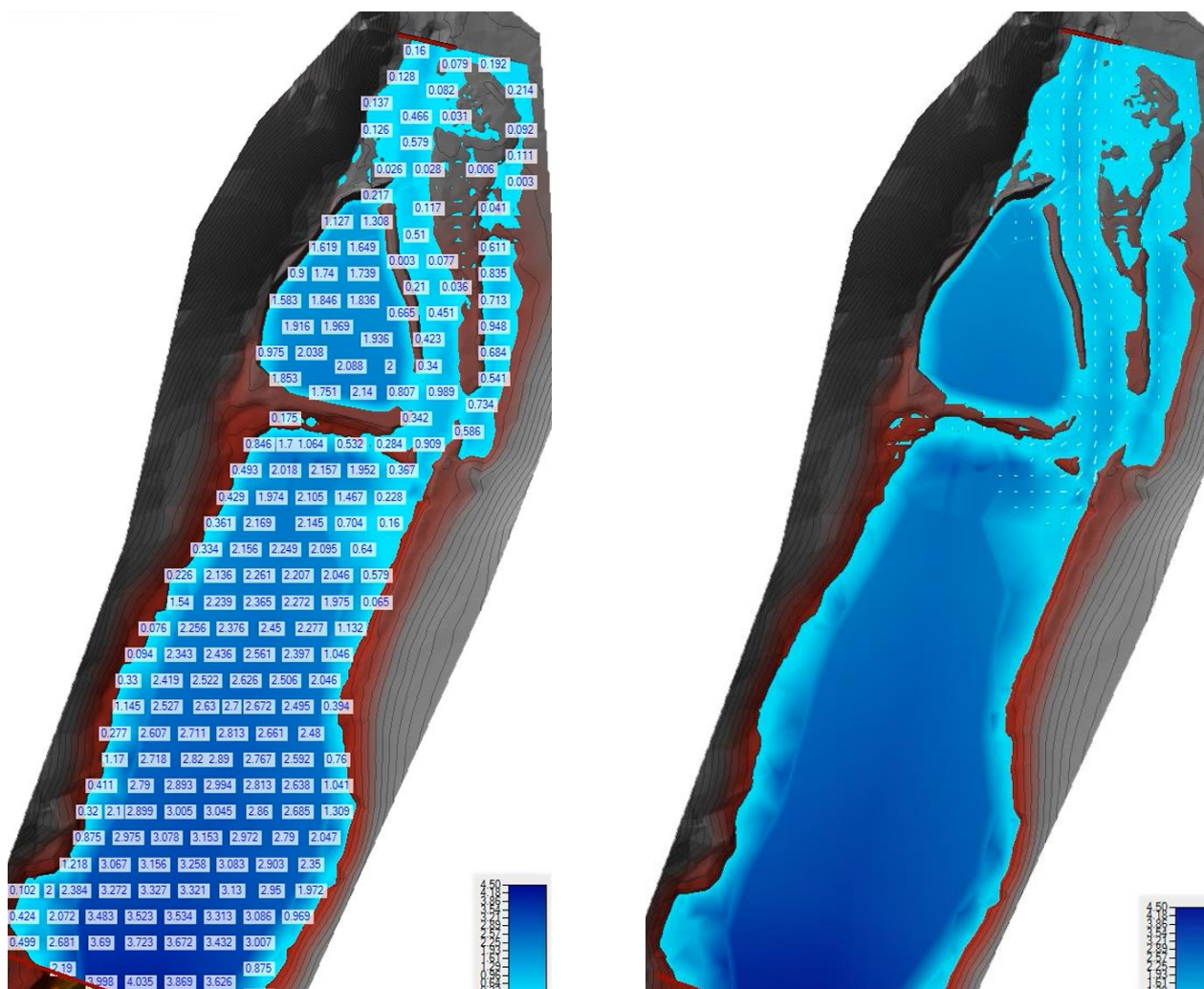
c) Cíle výpočtu

Hlavním cílem výpočtu bylo zobrazit a prokázat, při jakém průtoku bude přednadrž ohrožena zpětným vzdouváním z koryta toku. Dalším cílem bylo ověřit rychlosti proudění v nátoku a v přednadrži a prokázat, že nebude docházet k „vymývání“. Dále jsou interpretovány hloubky a rychlostní pole, aby bylo zamezeno nejistotám při přijímání rozhodnutí na straně investora.

d) Závěr provedených výpočtů

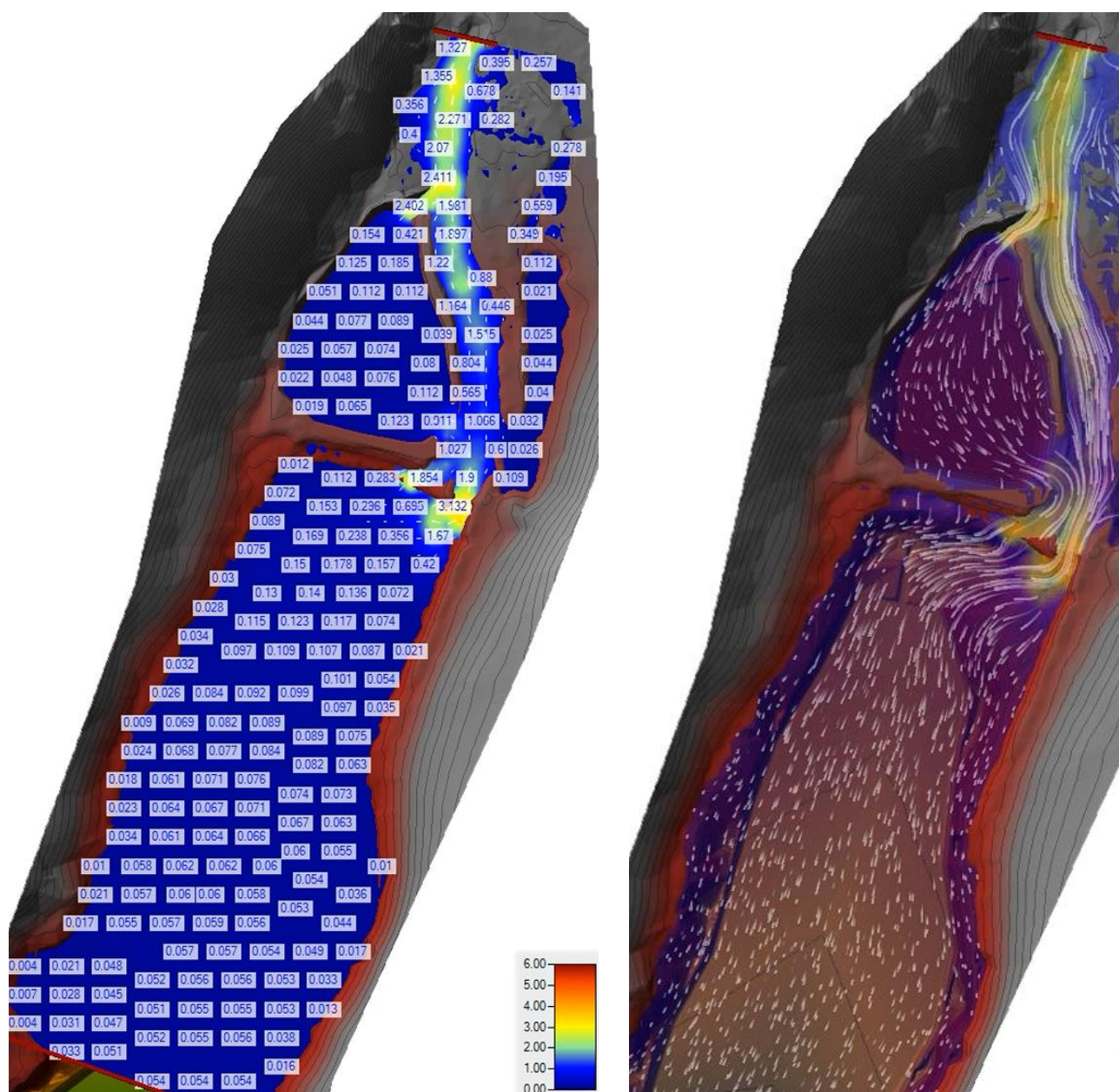
Výpočet byl interpretován graficky formou videí, nesoucích potřebná data. Zde uvádíme základní screeny z provedených výpočtů:

Hloubka vody

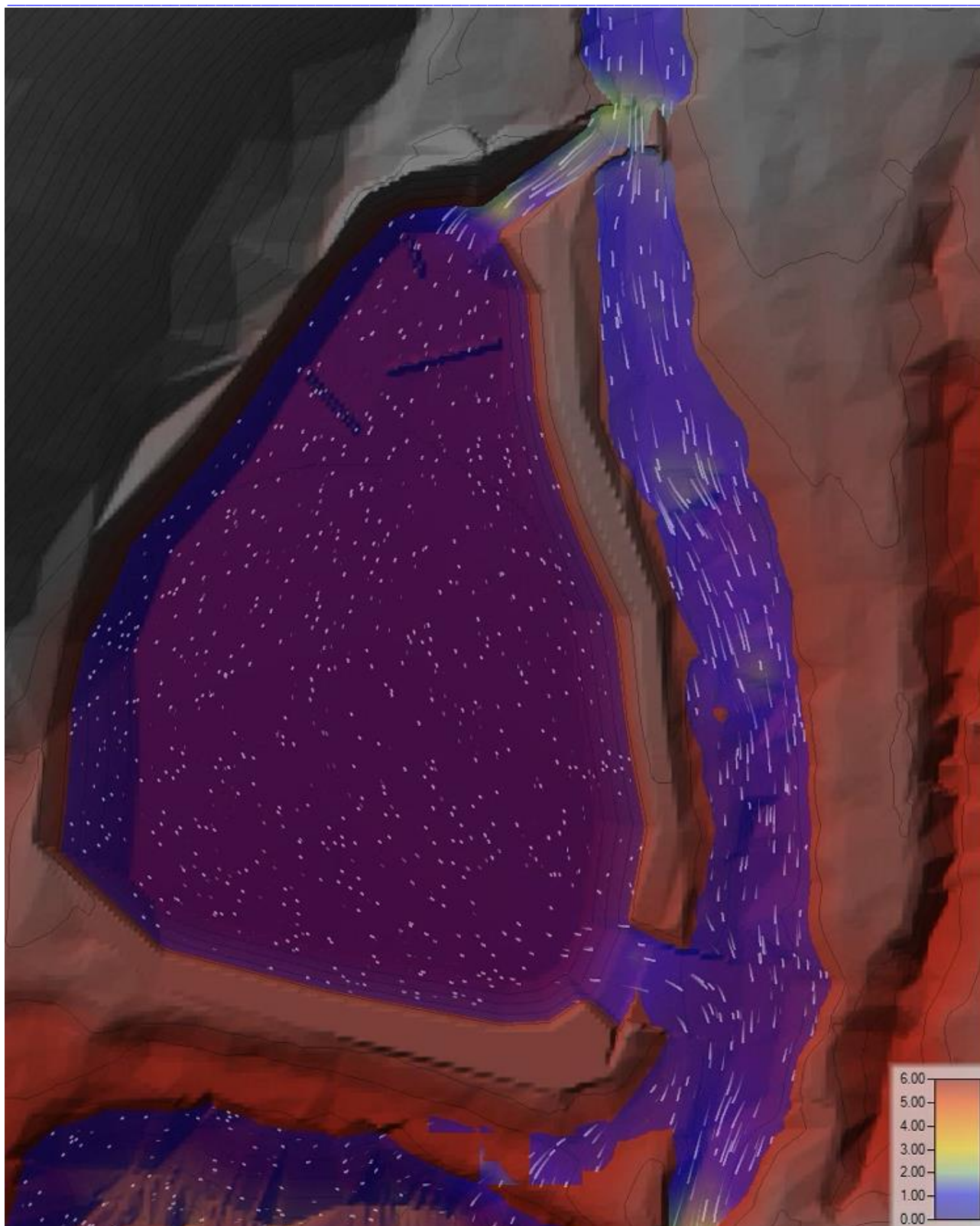


Obrázek 3.2.6 a 7 – Vlevo hodnoty hloubky (m), vpravo vektory pro celou průtokovou sadu.

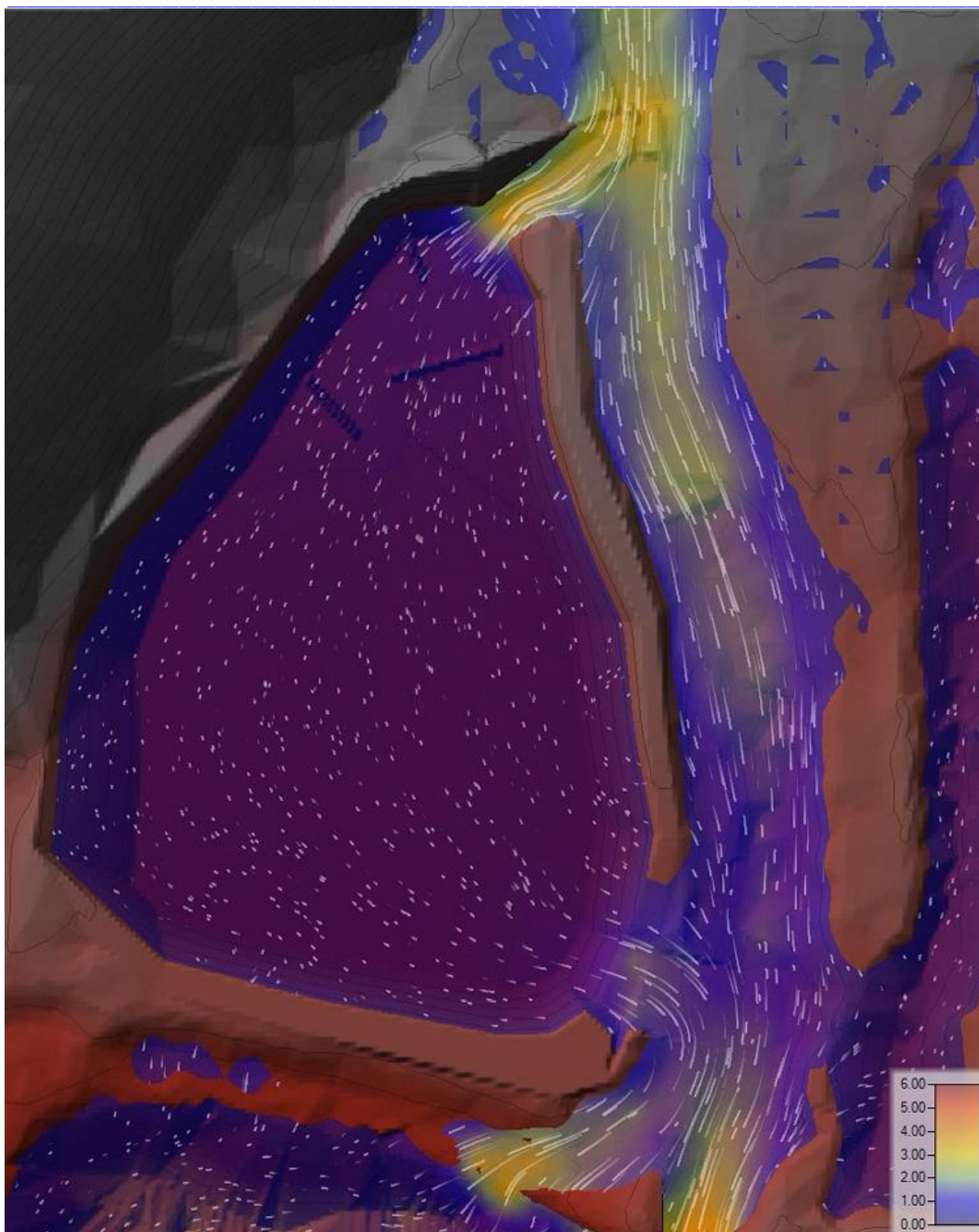
Rychlostní pole



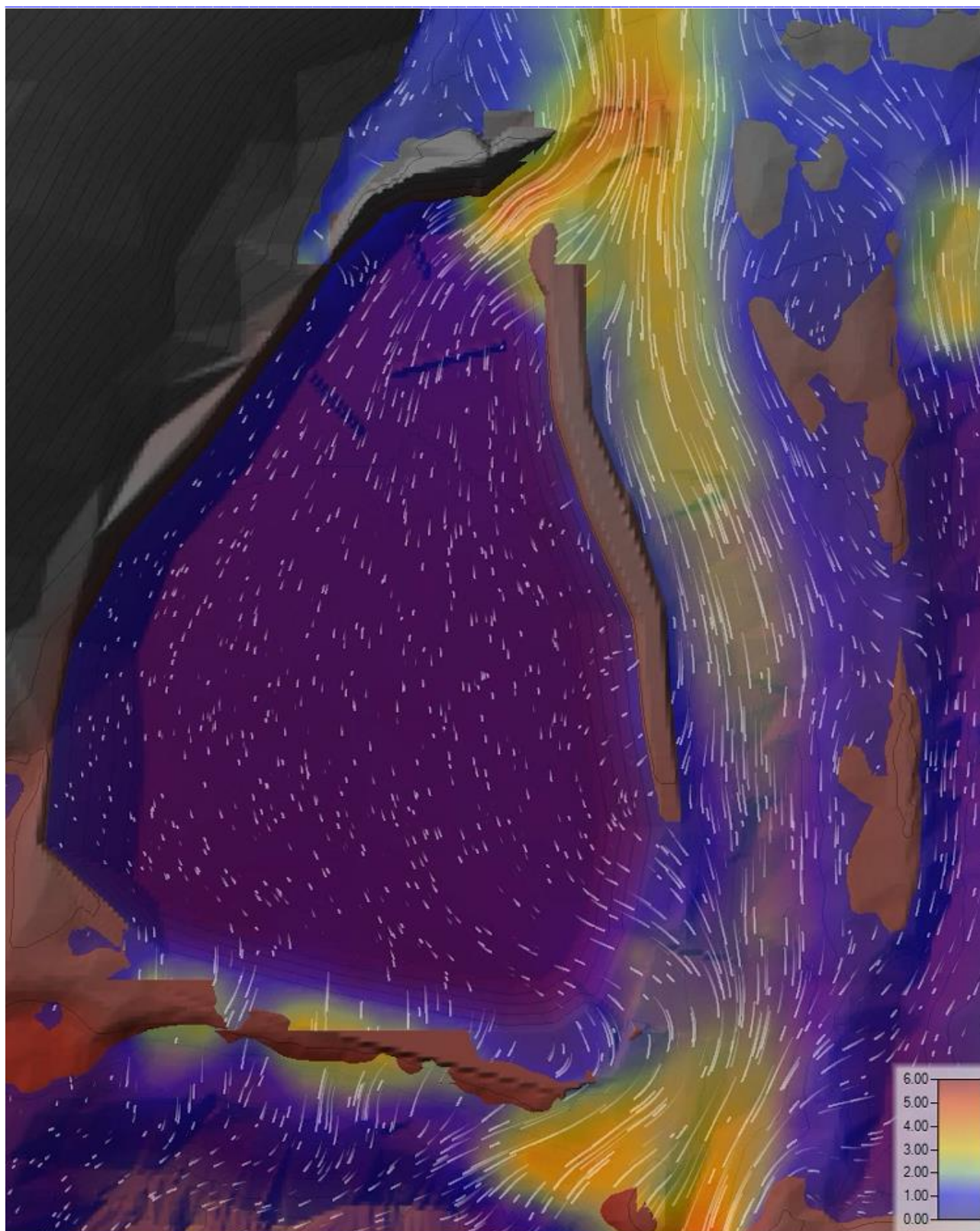
Obrázek 3.2.8 a 9 – Vlevo hodnoty rychlosti(m/s), vpravo rychlostní pole s podkresem rychlosti (viz legenda)



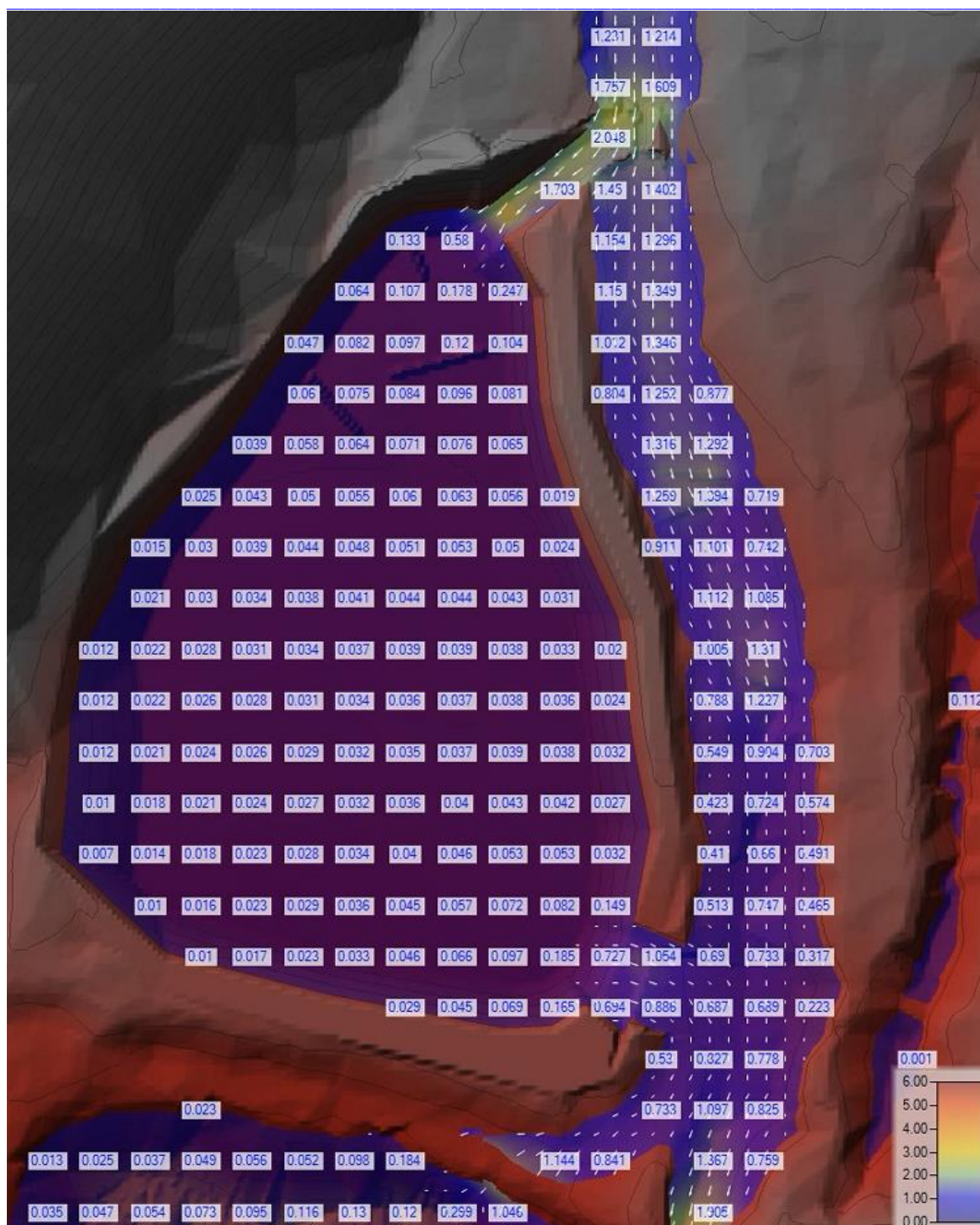
Obrázek 3.2.10 Rychlostní pole a rychlosti pro $Q1 = 3,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



Obrázek 3.2.11 Rychlostní pole a rychlosti pro $Q_{10} = 16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



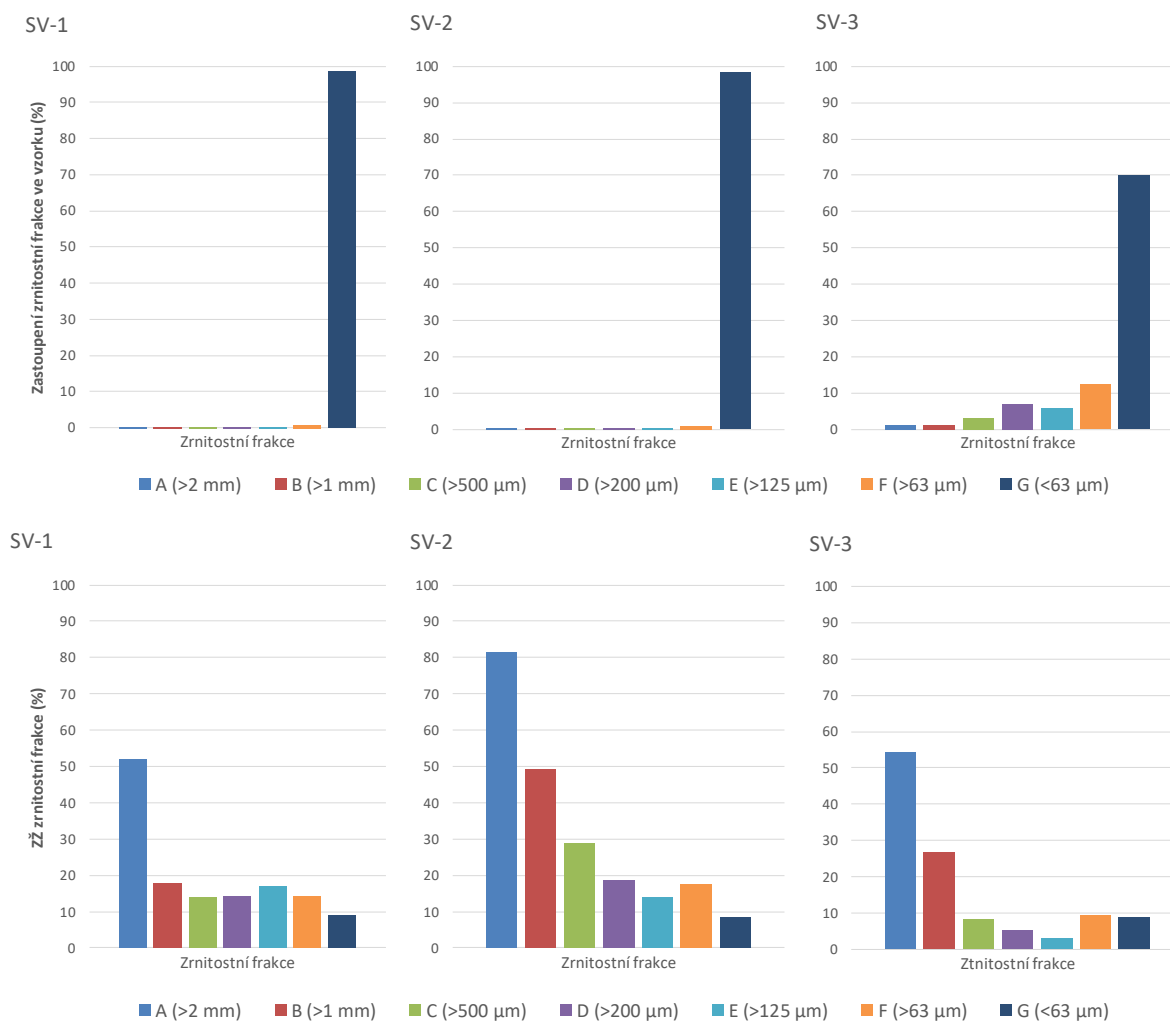
Obrázek 3.2.11 Rychlostní pole a rychlosti pro $Q_{100} - 42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



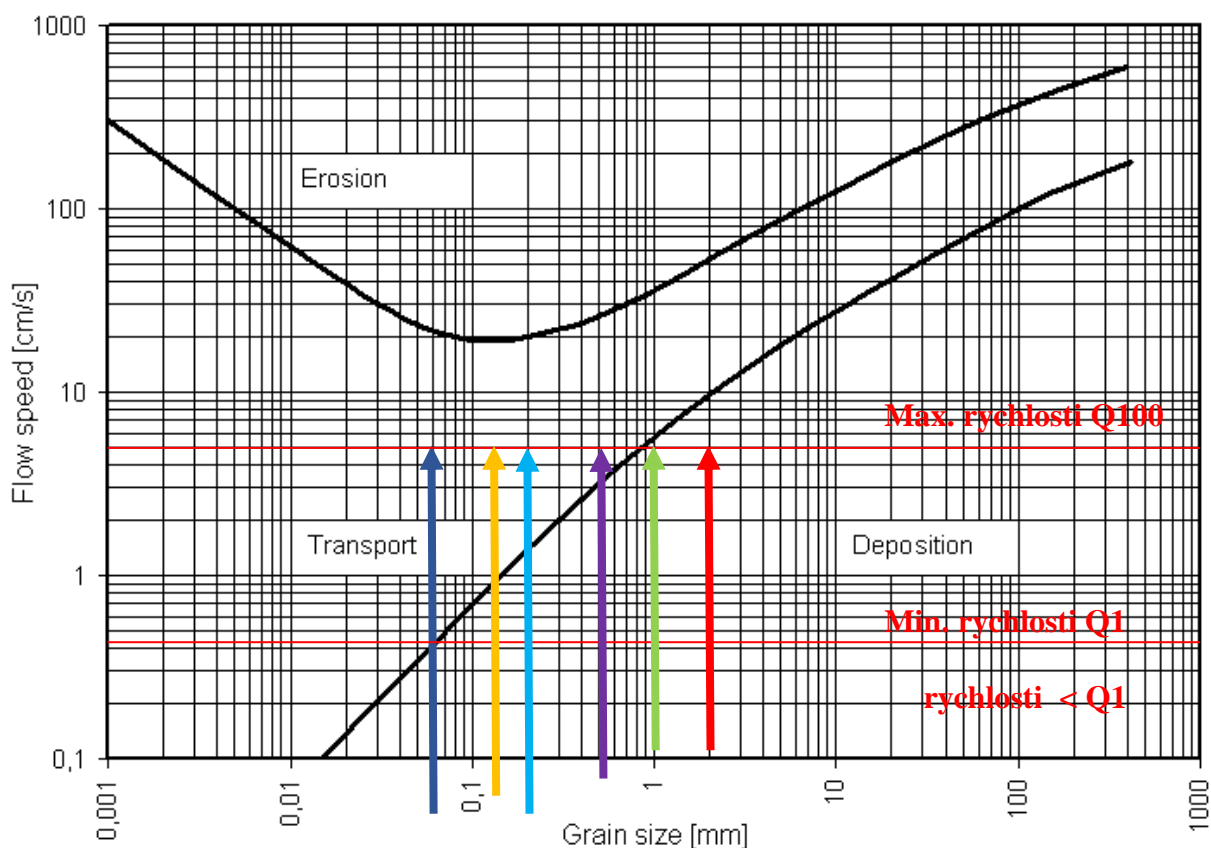
Obrázek 3.2.12 Rychlostní pole a rychlosti pro náhodný průtok (demonstrace hodnot a vektorů rychlosti)

e) Posouzení schopnosti zadržet sedimenty a odhad doby zanášení

V nádrži je dominantní jemný sediment typu G viz Obr. 3.2.13 (cca 70 %) $<63 \mu\text{m}$ = 0,063 mm. V oblasti nátoky lze pozorovat částice velikosti typu F (cca 12 %) $<1,25 \text{ mm}$, dále pak (cca 6%) částic $<0,2 \text{ mm}$, (cca 8%) $<0,5 \text{ mm}$, (cca 2%) $<1 \text{ mm}$, cca 2% hrubšího.



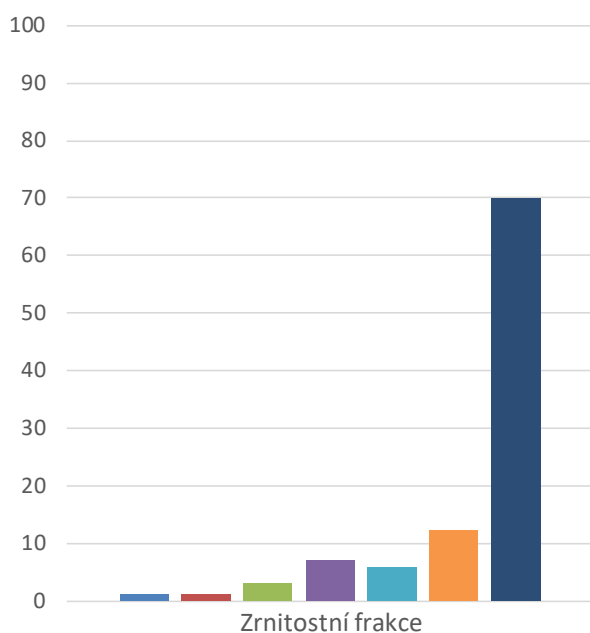
Obrázek 3.2.13 Nahoře zrnitostní rozbor (propady sítem) pro směsné vzorky v blízkosti hráze (SV-1) Ve středu nádrže (SV-2) a na nátoky (SV-3). Dole ztráta žiháním pro směsné vzorky (zobrazuje poměr organiky)



70% 0,063 mm 6% 0,2 mm 2% 1,0 mm 2% 2,0 mm 12% 0,125 mm 8% 0,5 mm

Obrázek 3.2.14 V grafu patrné usazovací rychlosti pro různé frakce. Červené čáry vytínají min. a max. rychlosti v jádru přednádrže pro Q1 – Q100.

SV-3



SCHOPNOST ZADRŽET SEDIMENTY

Na Obr. 3.2.14 lze z grafu odečíst při kterých rychlostech pro jednotlivé objemy frakcí propadů na síť dochází k ukládání (Deposition) a k transportu pro rychlosti vypočtené 2D modelem proudění přednádrže. V grafu jsou vytknuty maximální a minimální průměrné rychlosti v přednádrži pro průtoky Q1 – Q100 (červenou čarou).

Z výseku pro rychlosti je patrné, že nejjemnější frakce sedimentu bude sedimentovat jenom při rychlostech Q355,d – Q1 (od kterého byl průtok modelován). Větší frakce od 0,125 mm do 0,5 mm budou sedimentovat při průtocích cca do Q10 – Q20. Větší frakce než 0,5 mm budou sedimentovat v celém spektru průtoků až do Q100. Zvýšená

rychlost v oblasti skluzu (přivaděče) je pozitivní, protože bude „natahovat“ sedimenty do přednádrže.

Z grafu na Obr. 3.2.14 je také patrné, že při zmíněných rychlostech v přednádrži nebude docházet v průtokové řadě Q1 – Q100 k erozi sedimentu (pole rychlostí neprotíná průběh funkce eroze – Erosion).

ODHAD DOBY ZANÁŠENÍ

Stanovení záchytných parametrů nádrže by vyžadovalo přesnou splaveninovou studii opřenou o odběry vzorků v povodí a empirická data. Vzhledem k časovým a finančním možnostem jsme přistoupili alespoň k empirickému posouzení a odhadu kapacity, založeném na znalosti vnosu sedimentu do nádrže za jednotku času.

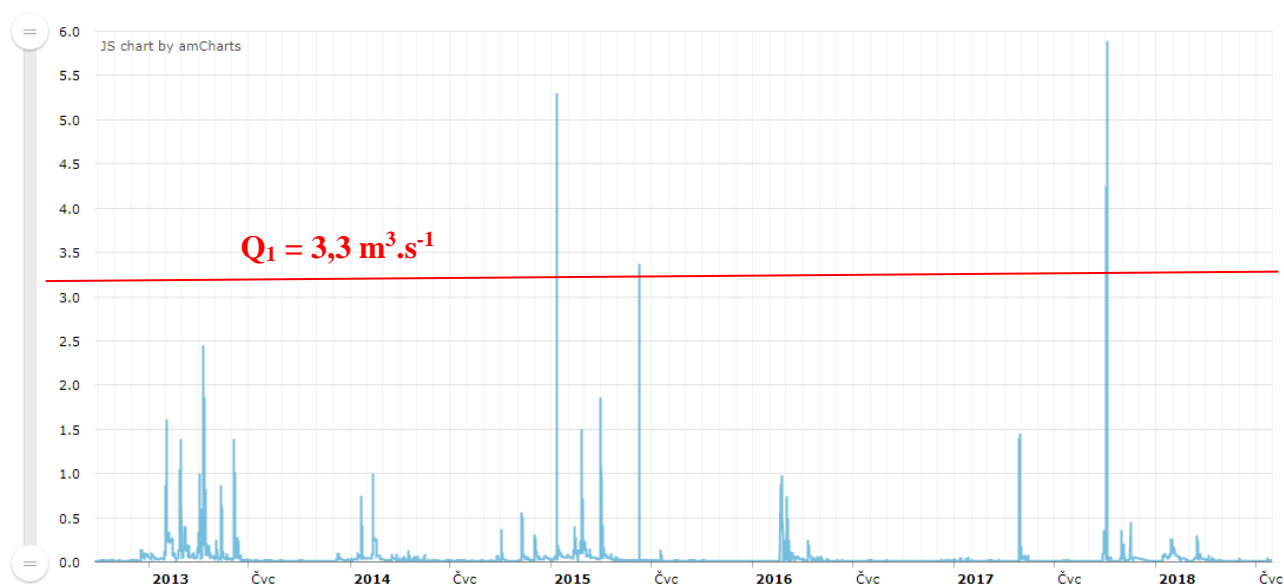
Ze známých dat lze jednoduše vypočítat průměrný vnos sedimentu takto:

$$67\,910\text{ m}^3 / (2018-1965) = 67\,910\text{ m}^3 / 53 = \mathbf{1280\text{ m}^3 / rok.}$$

Při objemech nádrže

Objemu zátopy H_{norm} : $3\,530\text{ m}^3$

Objemu zátopy H_{max} : $4\,450\text{ m}^3$



Obrázek 3.2.15 Průběh přítoku Ludkovického potoka. Jednoletý průtok je překročen 3x za cca 5 let.

Průtoky vyšší, než Q1 se na počtu dní v roce podílí velmi málo, ovšem je třeba zohlednit fakt, že vyšší průtoky nesou větší objem sedimentu. Tento fakt zohledníme předpokladem, že 30%

sedimentů je nesenو průtokem vyšším, než je Q1.

$$1280 \text{ m}^3 / \text{rok} * 0,7 = 890 \text{ m}^3$$

Při tomto předpokladu lze říci, že budou při průtocích nižších než Q1 zadrženy všechny frakce sedimentu, tedy celých cca 890 m³.

Kapacita zátopy H_{norm}: 3 530 m³ bude tedy naplněna za 4 průměrné roky. V praxi bude část jemných sedimentů pravděpodobně procházet oknem pro převádění minimálních zůstatkových průtoků.

Lze tedy prohlásit, že bude nádrž za běžných průtoků do Q1 pozitivně ovlivňovat splaveninový režim toku a většina sedimentu se v přednádrži usadí. Při průtocích vyšších budou postupně jemné nesené sedimenty protékat přes nádrž. Hrubší sedimenty se můžou usadit. Při průtocích nad Q100 nelze predikovat funkce nádrže. Vzhledem k velikosti povodí ale je tak extrémní srážkový úhrn velice nepravděpodobný. Dalším faktorem, který ovlivňuje vnos sedimentů je fakt, že část sedimentů pochází z erozí rozvolněných břehů, a tak lze předpokládat, že přímý vnos sedimentů do nádrže z povodí bude nižší. Dále lze předpokládat, že při rychlostech v přednádrži nebude docházet, až na výjimky, k erozi usazeného sedimentu (viz. Obr. 3.2.14)

Závěrem lze říci, že přednádrž odolá poměrně bez problémů proti mechanickému zatápnění vodou do průtoků Q20 – Q50. Boční přeliv s šikmým průlehem plní svou úlohu dobře. Dělicí objekt neovlivňuje negativně povodňové průtoky a nádrž není proplachována velkými rychlostmi.