
HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

VD TUCHLOVSKÝ RYBNÍK, KŘEMÝŽ REKONSTRUKCE VODNÍHO DÍLA

STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE:

Projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení v
podrobnosti Dokumentace pro provádění stavby

DATUM:

09/2019

POVODÍ OHŘE, STÁTNÍ PODNIK



SWECO

Sweco Hydroprojekt a.s.

Ústředí Praha
Táborská 31, Praha 4
www.sweco.cz

ČÍSLO ZAKÁZKY: 11 82 14 0100
ARCHIVNÍ ČÍSLO: 017418/18/1

HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

ÚPLNÝ NÁZEV AKCE (PROJEKTU): VD Tuchlovský rybník, Křemýž rekonstrukce vodního díla		DATUM: 09/2019
PODNÁZEV:		STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE: Projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení v podrobnosti Dokumentace pro provádění stavby
OBJEDNATEL: Povodí Ohře, státní podnik		ADRESA: Bezručova /4219, 430 03 Chomutov
ZHOTOVITEL: Sweco Hydroprojekt a.s.	ADRESA: Táborská 31, 140 16 Praha 4	GENERÁLNÍ ŘEDITEL: Ing. Milan Moravec, Ph.D.
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU: Ing. Radek Veselý	ŘEDITEL DIVIZE: Ing. Petr Matějček	TECHNICKÁ KONTROLA: Ing. Petr Kaňkovský

Společnost **Sweco Hydroprojekt a.s.** je certifikovaná dle norem **ČSN EN ISO 9001:2009**, **ČSN EN ISO 14001:2005** a **ČSN OHSAS 18001:2008**.

© **Sweco Hydroprojekt a.s.**

Tato dokumentace včetně všech příloh (s výjimkou dat poskytnutých objednatelem) je duševním vlastnictvím akciové společnosti Sweco Hydroprojekt a.s. Objednatel této dokumentace je oprávněn ji využít k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy bez jakéhokoliv omezení. Jiné osoby (jak fyzické, tak právnické) nejsou bez předchozího výslovného souhlasu objednatele oprávněny tuto dokumentaci ani její části jakkoli využívat, kopírovat (ani jiným způsobem rozmnožovat) nebo zpřístupnit dalším osobám.

Poznámka: Podpisy zpracovatelů jsou připojeny pouze k výtisku číslo 01 nebo originálu přílohy (matrici).

VD Tuchlovský rybník, Křemýž rekonstrukce vodního díla	Hydrotechnické výpočty
	DSJ

OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

	strana
1	Úvod..... 5
2	Hydrologická data 5
3	Koncepce hydrotechnického řešení 5
4	Hydrotechnické výpočty..... 5
4.1	Bezpečnostní přeliv 6
4.2	Skluz..... 7
4.3	Koryto Kladrubského potoka 7
4.4	Vývar 9
5	Odolnost koryta skluzu..... 10
5.1	Metoda tečných napětí 10
5.2	Metoda nevymílacích rychlostí 10
5.3	Návrh opevnění koryta skluzu 11
6	Závěr..... 11

VD Tuchlovský rybník, Křemýž rekonstrukce vodního díla	Hydrotechnické výpočty
	DSJ

1 ÚVOD

Hydrotechnické řešení k akci „VD Tuchlovský rybník, Křemýž“ bylo provedeno s ohledem na významnost vodního díla, s ohledem na požadavek investora zpracovat jednostupňovou projektovou dokumentaci (opravu stávajícího stavu) a dále majetkoprávní vypořádání dotčených pozemků. Návrhový průtok je dle požadavku investora Q_{100} .

2 HYDROLOGICKÁ DATA

Hydrologická data byla získána od Českého hydrometeorologického ústavu – pobočka Ústí nad Labem dne 14. 8. 2018.

HYDROLOGICKÉ ÚDAJE POVRCHOVÝCH VOD

Na Vaši žádost Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro:

Vodní tok	Kladrubský potok		
Číslo hydrologického pořadí	1-14-01-0700-0-00		
Profil	hráz Tuchlovského rybníka		
Souřadnice v S JTSK	x = -777133,4 m y = -980022,9 m		
Plocha povodí $A^a)$	2,00		km ²

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	540		mm
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	5,0	l.s ⁻¹	Třída IV

M-denní průtoky $Q_{Md}^{b)}$													l.s ⁻¹	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.	
12	8,2	6,1	5,0	4,2	3,6	3,0	2,7	2,2	1,9	1,6	0,5	0,2	IV	

N-leté průtoky Q_N								m ³ .s ⁻¹	
1	2	5	10	20	50	100	Třída		
0,380	0,580	1,15	1,85	2,84	4,75	7,04	IV		

3 KONCEPCE HYDROTECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Hydrotechnické řešení VD Tuchlovský rybník pro převádění povodňových průtoků bylo navrženo následovně. Bezpečnostní přeliv je řešen jako průleh v pravém zavázání. Na bezpečnostní přeliv navazuje skluz, vývar a odpadní koryto, které odvádí povodňové průtoky do koryta Kladrubského potoka.

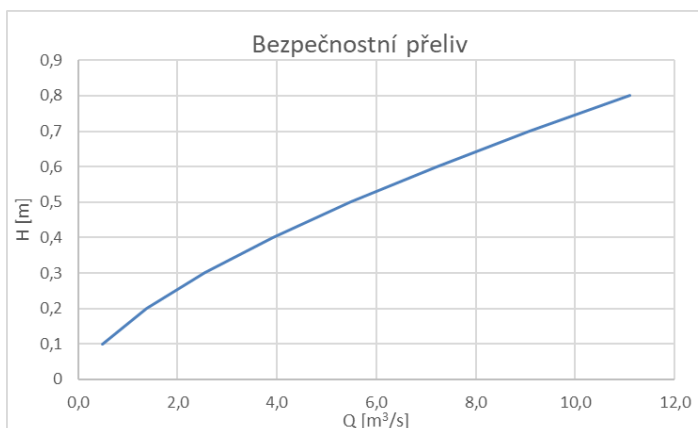
4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Pro potřebu hydrotechnických výpočtů byla použita literatura Hydraulika 10 a Hydraulika 20 (Doc. Ing. Vladimír Havlík, CSc. a Ing. Ivana Marešová, CSc.)

4.1 BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV

Dimenze bezpečnostního přelivu byly navrženy na základě rovnice přepadu přes širokou korunu v Bazinově tvaru. Hodnota součinitele přepadu byla uvažována jako $m = 0,35$. Šířka přelivu je navržena 10,0 m. Konzumní křivka přelivu je uvedena níže. Kóta přelivné hrany je 250,60 m n. m.

h	Q
[m]	[m ³ ·s ⁻¹]
0,1	0,49
0,2	1,39
0,3	2,55
0,4	3,92
0,5	5,48
0,6	7,21
0,7	9,08
0,8	11,09



Parametry bezpečnostního přelivu:

Typ přelivu	Přímý v pravém zavázání
Délka přelivné hrany	10,0 m
Kóta přelivné hrany	250,60 m n. m.
Kapacita	7,21 m ³ /s (Q_{100})
Maximální hladina (H_{\max})	251,20 m n. m.
Kóta koruny hráze	251,50 m n. m.
Převýšení koruny hráze nad H_{\max}	0,3 m

Opevnění koruny přelivu:

Pro stabilizaci přelivu jsou navrženy dva železobetonové prahy. Koruna přelivu mezi prahy je opevněna lomovým kamenem fr. 63-125 mm, což je dostatečná frakce, která odolá rychlostem proudění vody přes přeliv (ověřeno metodou nevymílacích rychlostí, kdy $v_0 < v_v$).

Q	y_0	Vv	V_0
[-]	[m]	[m/s]	[m/s]
Q_{10}	0.24	1.81	0.76
Q_{20}	0.32	1.90	0.88
Q_{50}	0.46	2.02	1.05
Q_{100}	0.60	2.11	1.20

VD Tuchlovský rybník, Křemýž rekonstrukce vodního díla	Hydrotechnické výpočty
	DSJ

4.2 SKLUZ

Dimenze skluzu od bezpečnostního přelivu byly počítány pomocí Chézyho rovnice respektive rovnice spojitosti. Výpočet byl proveden pro rovnoměrné ustálené proudění. Koryto bylo navrženo lichoběžníkové, Šířka koryta ve dně je 2,0 m a sklon svahů 1:1. Podélný sklon koryta je jednotný v celé délce a činí 7,6 %. Hodnota Manningova drsnostního součinitele byla uvažována $n = 0,03$. Dále byl posouzen režim proudění. Pro všechny posuzované stavy se jedná o bystrinné proudění ($Fr > 1$). Vypočítána byla i energetická výška, která je jedním ze vstupů pro návrh vývaru. Na skluz navazuje vývar.

Parametry skluzu:

Tvar koryta lichoběžníkové
 Šířka ve dně 2,0 m
 Sklon břehů 1:1
 Podélný sklon 7,6 %
 Kapacita skluzu Q_{100} (7,04 m³/s)

h	S	O	R	c	v	Q	B	Fr	E
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{0,5} /s]	[m/s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[m]
0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
0,10	0,21	2,28	0,09	22,40	1,87	0,39	2,20	1,94	0,28
0,20	0,44	2,57	0,17	24,85	2,84	1,25	2,40	2,12	0,61
0,26	0,59	2,74	0,21	25,80	3,30	1,94	2,52	2,18	0,81
0,30	0,69	2,85	0,24	26,32	3,57	2,46	2,60	2,21	0,95
0,33	0,77	2,93	0,26	26,67	3,76	2,89	2,66	2,24	1,05
0,40	0,96	3,13	0,31	27,37	4,18	4,01	2,80	2,28	1,29
0,45	1,10	3,27	0,34	27,80	4,45	4,90	2,90	2,30	1,46
0,50	1,25	3,41	0,37	28,19	4,70	5,88	3,00	2,33	1,63
0,56	1,43	3,58	0,40	28,61	4,99	7,15	3,12	2,35	1,83
0,60	1,56	3,70	0,42	28,87	5,17	8,06	3,20	2,36	1,96
0,70	1,89	3,98	0,47	29,44	5,59	10,57	3,40	2,40	2,29
0,80	2,24	4,26	0,53	29,94	5,98	13,40	3,60	2,42	2,63
0,90	2,61	4,55	0,57	30,39	6,35	16,57	3,80	2,45	2,95
1,00	3,00	4,83	0,62	30,79	6,69	20,07	4,00	2,47	3,28

4.3 KORYTO KLADRUBSKÉHO POTOKA

Výpočet kapacity koryta Kladrubského potoka pod hrází VD Tuchlovský rybník byl proveden pomocí Chézyho rovnice, respektive rovnice spojitosti. Pro potřeby výpočtu byla použita geometrie koryta (včetně inundačního území), která vychází z geodetického zaměření. Hodnota Manningova drsnostního součinitele byla uvažována $n = 0,045$. Konzumní křivka koryta Kladrubského potoka byla dále použita jako dolní okrajová podmínka pro výpočet vývaru.

h	S	O	R	c	v	Q	B	Fr	E
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{0,5} /s]	[m/s]	[m ³ /s]	[m]	[-]	[m]
1,4	6,21	14,68	0,42	19,25	1,19	7,38	14,11	0,57	1,47

VD Tuchlovský rybník, Křemýž rekonstrukce vodního díla	Hydrotechnické výpočty
	DSJ

1,35	5,60	12,31	0,45	19,49	1,25	6,98	11,75	0,58	1,43
1,3	5,01	10,31	0,49	19,70	1,30	6,53	9,76	0,58	1,39
1,25	4,64	8,64	0,54	20,03	1,39	6,46	8,10	0,59	1,35
1,2	4,23	7,35	0,58	20,27	1,46	6,17	6,81	0,59	1,31
1,15	3,88	6,75	0,57	20,26	1,46	5,64	6,23	0,59	1,26
1,1	3,59	6,47	0,55	20,14	1,42	5,11	5,97	0,59	1,20
1,05	3,26	5,95	0,55	20,10	1,41	4,61	5,47	0,58	1,15
1	3,04	5,59	0,54	20,08	1,40	4,27	5,13	0,58	1,10
0,95	2,76	5,41	0,51	19,87	1,35	3,72	4,97	0,58	1,04
0,9	2,55	5,07	0,50	19,82	1,33	3,40	4,65	0,57	0,99
0,85	2,33	4,81	0,48	19,70	1,30	3,04	4,42	0,57	0,94
0,8	2,10	4,63	0,45	19,48	1,24	2,61	4,26	0,57	0,88
0,75	1,93	4,35	0,44	19,41	1,23	2,37	4,01	0,56	0,83
0,7	1,70	4,19	0,41	19,12	1,16	1,96	3,87	0,56	0,77
0,65	1,52	4,10	0,37	18,84	1,09	1,66	3,81	0,55	0,71
0,6	1,33	3,75	0,35	18,70	1,06	1,40	3,48	0,55	0,66

4.4 VÝVAR

Při převádění povodňových průtoků se bude v odpadním korytě vyskytovat bystřinné proudění, zatímco v korytě Kladrubského potoka bude proudění říční. Přechod z bystřinného na říční proudění je doprovázen vodním skokem. Vzhledem k velikosti Froudova čísla ($Fr \approx 2,0$ až $2,4$) se jedná o vodní skok slabý.

Výpočet dimenzí vývaru vychází z Bernoulliho rovnice. Jako první vzájemná hloubka vodního skoku byla uvažována hloubka rovnoměrného ustáleného proudění ve skluzu. Následně byla vypočtena druhá vzájemná hloubka vodního skoku y_2 . Hloubka vývaru byla počítána z rovnice pro definici míry vzdutí, kde y_d je hloubka dolní vody a d je hloubka vývaru. Míra vzdutí má být v rozmezí $1,05 - 1,10$. Délku vývaru je poté možné počítat dle Nováka.

Q	B	Q	q	y ₁	S	v	Fr	y ₂	y _d	d	σ	L _{novák}
	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ² ·s ⁻¹]	[m]	[m ²]	[m·s ⁻¹]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]
Q₁₀₀	3.12	7.04	3.52	0.56	1.43	4.91	2.31	1.86	1.36	0.6	1.05	7.2
Q ₅₀	2.90	4.75	2.38	0.45	1.10	4.31	2.23	1.39	1.1	0.4	1.08	5.2
Q ₂₀	2.66	2.84	1.42	0.33	0.77	3.69	2.19	0.96	0.85	0.2	1.09	3.5
Q ₁₀	2.52	1.85	0.93	0.26	0.59	3.15	2.08	0.70	0.7	0.1	1.14	2.4

Parametry Vývaru:

Tvar	Lichoběžníkový
Šířka ve dně	2,0 m
Sklon svahů	1:1
Délka	7,2 m
Hloubka	0,6 m
Návrhový průtok	Q ₁₀₀ (7,04 m ³ /s)

5 ODOLNOST KORYTA SKLUZU

5.1 METODA TEČNÝCH NAPĚTÍ

Při posuzování odolnosti koryta metodou tečných napětí se porovnává skutečné tečné napětí a kritické tečné napětí, přičemž musí platit, že skutečné tečné napětí je menší než kritické.

$$\tau < \tau_c$$

Skutečné tečné napětí:

Q	γ_0	τ
[-]	[m]	[Pa]
Q ₁₀	0.26	194
Q ₂₀	0.33	246
Q ₅₀	0.45	336
Q ₁₀₀	0.56	418

Kritické napětí:

$$\tau_0 \cong 760 \cdot d_e$$

$$\tau_0 \cong 760 \cdot 0,56 = 426 \text{ Pa} > 418 \text{ Pa}$$

Pro zajištění odolnosti koryta vychází velikost efektivního zrna $d_e = 0,56 \text{ m}$, což přibližně odpovídá opevnění z lomového kamene do 500 kg.

5.2 METODA NEVYMÍLACÍCH RYCHLOSTÍ

Odolnost koryta byla dále ověřena i metodou nevymílacích rychlostí. Platí, že skutečná rychlost v korytě musí být menší než nevymílací rychlost. Aby byla splněna tato podmínka i pro Q100, velikost efektivního zrna vychází $d_e = 0,82 \text{ m}$ (kámen více než 1000 kg).

$$v_0 < v_v$$

Q	γ_0	Vv	V ₀
[-]	[m]	[m/s]	[m/s]
Q ₁₀	0.26	4.40	3.30
Q ₂₀	0.33	4.58	3.76
Q ₅₀	0.45	4.82	4.45
Q ₁₀₀	0.56	5.00	4.99

VD Tuchlovský rybník, Křemýž rekonstrukce vodního díla	Hydrotechnické výpočty
	DSJ

5.3 NÁVRH OPEVNĚNÍ KORYTA SKLUZU

Vzhledem k vysokým rychlostem proudění ve skluzu je nutné koryto opevnit. Z výše uvedených výpočtů vyplynula minimální velikost efektivního zrna. Je však nutné poznamenat, že rychlosti v korytě byly počítány pro rovnoměrné ustálené proudění. Ve skutečnosti budou rychlosti proudění v korytě menší, protože na začátku skluzu v místě přelivu bude rychlost proudění téměř nulová a dolní voda zatápí při vyšších průtocích značnou část skluzu a tudíž k rovnoměrnému ustálenému proudění ve skluzu nedojde.

Projektant proto navrhuje následující skladbu opevnění, které splňuje podmínky dle metody tečných napětí.

Kamenná rovinanina s vyklínování (lomový kámen do 500 kg)	600 mm
Štěrkopískový podsyp (fr. 0-32 mm)	150 mm
	750 mm

6 ZÁVĚR

Pro VD Tuchlovský rybník bylo navrženo technické řešení, které je doložené hydrotechnickými výpočty. Navržené řešení respektuje omezující podmínky, které vyplývají z místních podmínek a ze zadání investora.