


VYPRACOVAL: Bc. KLÁRA VEJVALKOVÁ	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Ing. VÁCLAV DAVID, Ph.D.		
KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ: BÍLÝ KOSTEL NAD NISOU	OBEC: BÍLÝ KOSTEL NAD NISOU		
KRAJ LIBERECKÝ	PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE		
AKCE: MALÁ VODNÍ NÁDRŽ "V ZÁŘEZU"		DATUM: 1/2021	
PŘÍLOHA: DOKUMENTACE STAVEBNÍCH OBJEKTŮ VÝPOČTY		STUPEŇ: DP	
		MĚŘÍTKO: Č.PŘÍLOHY: D.2 POČET A4: 8 A4	

D.2 Dokumentace stavebních objektů - výpočty

D.2.1 Charakteristické čáry

Charakteristické čáry, tj. čára zatopených ploch a čára objemů byly zkonstruovány z příčných řezů zátopou malé vodní nádrže.

Úroveň hladiny (m n.m.)	Plocha hladiny	Objem vody		Poznámka
	S (m ²)	V (m ³)	Σ V (m ³)	
287,20	0			dno
288,00	99	25	25	
288,50	123	62	86	
289,00	295	221	308	
289,50	415	415	723	
290,00	560	700	1008	
290,50	718	1077	1385	
290,80	870	1436	2820	hladina zásobního prostoru
291,20	1071	1981	4801	hladina neovl. ochr.prostoru

Dno nádrže – 287,20 m n.m.

Hladina zásobního prostoru – 290,80 m n.m.

Plocha hladiny v úrovni 290,80 m n.m. – 870 m²

Objem vody po hladinu 290,80 m n.m. - 2 820 m³

Hladina neovladatelného ochranného prostoru – 291,20 m n.m.

Plocha hladiny v úrovni 291,20 m n.m. – 1 071 m²

Objem vody po hladinu 291,20 m n.m. – 4 801 m³

Výška neovladatelného retenčního prostoru – 0,40 m

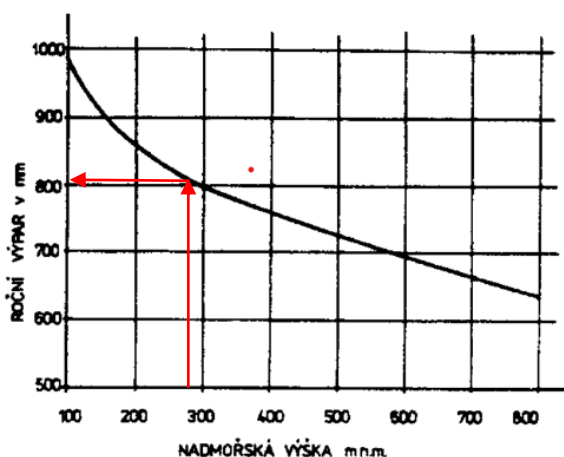
Objem retenčního prostoru nádrže – 1 981 m³

Koruna hráze – 291,50 m n.m.

D.2.2 Ztráta vody výparem z vodní hladiny

Průměrná roční hodnota výparu z hladiny byla stanovena z nomogramu, uvedeném v ČSN 75 2410 (závislost ročního úhrnu výparu na nadmořské výšce hladiny).

- Podle ČSN 75 2410



Nadmořská výška – cca 280,00 m n.m.

Plocha hladiny zásobního prostoru – 0,282 ha

Orientační hodnota celkového ročního výparu (z nomogramu v závislosti na nadmořské výšce) – 810 mm:

$$\text{tj. } 8 \cdot 100 \text{ m}^3/\text{ha} * 0,282 = \mathbf{2\ 284 \text{ m}^3}$$

ČSN 75 2410 uvádí také procentuální rozdělení ročního výparu na jednotlivé měsíce.

Průměrné hodnoty ročního výparu dle ČSN 75 2410 a k nim přiřazené příslušné objemy měsíčního výparu:

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
% ročního výparu	2	2	4	6	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
měsíční výpar (m ³)	33	33	67	100	184	242	301	284	192	117	67	50

D.2.3 Roční vodohospodářská bilance

Za předpokladu dlouhodobého ročního průtoku $Q_a = 4,0 \text{ l.s}^{-1}$ je roční přiteklé množství vody do vodního díla:

$$4,0 * 86\ 400 * 365/1\ 000 = \mathbf{126,1 \text{ tis.m}^3}$$

Roční odtok za předpokladu minimálního zůstatkového průtoku pod hrází

$Q_{330} = 2,0 \text{ l.s}^{-1}$ je:

$$2,0 * 86\ 400 * 365/1\ 000 = \mathbf{63,1 \text{ tis.m}^3}$$

Objem zásobního prostoru činí cca $2,8 \text{ tis.m}^3$ a roční výpar je $2,3 \text{ tis.m}^3$.

Roční bilance vodního díla:

- přítok – 126,1 tis.m³
 - odtok – 63,1 tis.m³
 - výpar – 2,3 tis.m³
 - nádrž – 2,8 tis.m³
-

→ $126,1 - 63,1 - 2,3 - 2,8 = 57,9 \text{ tis.m}^3$, takže roční bilance malé vodní nádrže je aktivní.

Celková roční bilance ukazuje, že v průměrně vodném roce bude možno pokrýt všechny požadavky na vodní dílo.

D.2.4 Doba plnění nádrže

Stanovení doby plnění vychází z hydrologických dat ČHMÚ Ústí nad Labem a z charakteristických čar vodního díla. Za předpokladu zachování minimálního zůstatkového průtoku v toku pod nádrží $Q_{330} = 2,0 \text{ l/s}$ a při dlouhodobém průměrném průtoku $Q_a = 4,0 \text{ l/s}$ bude nejkratší doba plnění zásobního prostoru:

$$T = V_z * 1000 / (Q_a - Q_{330}) * 86400 = 2820 * 1000 / (4,0 - 2,0) * 86400 = 16,3 \text{ dne}$$

D.2.5 Doba prázdnění nádrže

Prázdnění vodního díla se provádí vyhrazováním dluží ve výpustném objektu. Výpočet doby prázdnění vychází z předpokladu, že se postupně vyhrazují vždy dvě dluže, tzn. že průtok výpustí je dán přepadem přes horní hranu dluží (přepad přes ostrou hranu) při výšce přepadového paprsku rovné dvojnásobku výšky dluže. Délka přelivné hrany se rovná světlé délce dluží.

Doba prázdnění se vypočte ze vztahu

$$T = 0,132 * V_z / m * b_0 * z^{1,5} \text{ (s)}$$

kde V_z - objem zásobního prostoru nádrže (m³), $V_z = 2 521 \text{ m}^3$
 m - součinitel přepadu přes dluže ($m = 0,4$)
 b_0 - délka přelivné hrany (délka dluží), $b_0 = 0,39 \text{ m}$
 z - výška dluží, $z = 0,15 \text{ m}$

$$T = 0,132 * 2820 / 0,4 * 0,31 * 0,15^{1,5} = 41 073 \text{ s} = 14,4 \text{ hod}$$

Délka přelivné hrany b_0 se započtením vlivu kontrakce je dána vztahem

$$b_0 = b - 0,10 * 2 * \zeta_v * h = 0,40 - 0,10 * 2 * 1,5 * 0,30 = 0,31 \text{ m} \quad (\text{m})$$

kde b - délka přelivné hrany (dluží), $b = 0,40 \text{ m}$

ζ_v - součinitel tvaru vtoku – pro ostrohranný vtok $\zeta_v = 1,5$

Nejkratší doba prázdnění nádrže je 14,4 hodiny. Ve skutečnosti však bude doba prázdnění vycházet ze zásad manipulačního řádu, který určí maximální denní pokles hladiny vody v nádrži. Minimální vypočtená doba určuje dobu prázdnění pouze pro havarijní situace.

D.2.6 Konsumční křivka výpusti (průtok odpadem od výpusti)

Odpad od výpusti tvoří plastové hrdlové potrubí DN 400, dl. 17,3 m, sklon dna 5,17 %, součinitel drsnosti $n = 0,011$.

Beztlakové proudění v odpadním potrubí bez zahlcení vtoku platí do hloubky vody před vtokem menší než $\beta \cdot D = 1,20 \cdot 0,40 = 0,48$ m (kde β je součinitel tvaru vtoku).

Při hloubce vody větší než 0,48 m je tlakové proudění dáno vztahem

$$Q = S_p \cdot (2g \cdot H)^{0,5} / (1 + \sum \xi_i)^{0,5} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

kde S_p je průtočná plocha potrubí, $S_p = 0,1256 \text{ m}^2$
 $\sum \xi_i$ - součet součinitelů ztrát (vtokem, třením)

$$\xi_{vt} = 0,5, \quad \xi_{tr} = 125 \cdot n^2 \cdot L / D^{4/3}$$

- n - Manningův součinitel drsnosti, $n = 0,011$
- D - průměr potrubí, $D = 0,40$ m
- L - délka potrubí, $L = 17,32$ m
- H - rozdíl hladiny na vtoku a osy potrubí na výtoku (m)
- h - hloubka vody u vtoku do potrubí (m) (nula = 286,77 m n.m.)

Konsumční křivka odpadu od výpusti (průtok o volné hladině)

h (m)	v (m.s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	h_o (m)	h_o (m n.m.)
0,04	0,521	0,003	0,064	286,83
0,08	0,747	0,013	0,129	286,90
0,12	0,926	0,029	0,195	286,97
0,16	1,087	0,051	0,262	287,03
0,20	1,242	0,078	0,332	287,10
0,24	1,401	0,110	0,405	287,18

kde h_o je hloubka vody před vtokem do potrubí (m)

$$h_o = 1/\varphi \cdot (h_{kr} + v_{kr}^2/2g)$$

φ = součinitel tvaru vtoku, $\varphi = 0,84$

Konsumční křivka vtoku do odpadního potrubí po úroveň hráze (tlakové proudění)

h_o (m)	h_o (m n.m.)	Q ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Poznámka
0,50	287,31	0,390	zahlcený vtok
1,00	287,91	0,466	zahlcený vtok
1,50	288,31	0,531	zahlcený vtok
2,00	288,81	0,589	zahlcený vtok
2,50	289,31	0,642	zahlcený vtok
3,00	289,81	0,690	zahlcený vtok
3,50	290,31	0,736	zahlcený vtok
4,00	290,81	0,779	zahlcený vtok
4,39	291,20	0,805	zahlcený vtok

Z uvedené tabulky vyplývá, že maximální průtok výpustí nastane při hladině v úrovni neovladatelného retenčního prostoru (291,20 m n.m.), a to o hodnotě $Q = 0,805 m^3 \cdot s^{-1}$ (průtok tlakový, výška vody před vtokem do odpadního potrubí $h_o = 4,39$ m).

Koryto odpadu od výpusti má lichoběžníkový se šířkou dna 0,40 m, sklonem břehů 1 : 1,5 a sklonem dna 5,17 %, hloubka koryta 0,60 m. Dno i oba svahy jsou osety, součinitel drsnosti dle Manninga $n = 0,030$.

Kritické hodnoty odpadu od výpusti:

h_{kr}	S_{kr}	O_{kr}	R_{kr}	B_{kr}	Q_{kr}	i_{kr}	h_{krs}	V_{kr}
0,10	0,06	0,46	0,12	0,70	0,048	0,012	0,079	0,878
0,20	0,14	0,92	0,15	1,00	0,164	0,015	0,140	1,172
0,30	0,26	1,38	0,18	1,30	0,354	0,016	0,196	1,387
0,40	0,40	1,84	0,22	1,60	0,626	0,017	0,250	1,566
0,46	0,50	2,12	0,24	1,78	0,833	0,017	0,282	1,662
0,50	0,58	2,30	0,25	1,90	0,991	0,017	0,303	1,723
0,60	0,78	2,76	0,28	2,20	1,455	0,017	0,355	1,865

kde h_{kr} - hloubka vody na přechodu z přelivné plochy do skluzu (m)

S_{kr} - průtočná plocha (m^2)

O_{kr} - omočený obvod (m)

R_{kr} - hydraulický poloměr (m)

B_{kr} - šířka v hladině (m) pro hloubku h_{kr}

Q_{kr} - průtok vody ($m^3 \cdot s^{-1}$) při hloubce h_{kr}

i_{kr} - kritický sklon (-)

v_{kr} - průtočná rychlost při hloubce h_{kr} ($m \cdot s^{-1}$), $v_{kr} = (g * h_{krs})^{0,5}$

$h_{krs} = S_{kr}/B_{kr}$ (m)

Pro všechny zvolené hloubky vody se v odpadu od výpusti jedná o proudění nadkritické (bystřinné) - $i = 0,0517 > i_{kr}$, stejně jako v odpadním potrubí od výpusti a korytem pod hrází, takže není třeba navrhovat pod výtokem z odpadu vývar.

Pro průtok $Q = 0,805 m^3 \cdot s^{-1}$ je kritická hloubka $h_{kr20} = 0,46$ m, hloubka odpadu od výpusti je 0,60 m.

D.2.7 Hydrologická data pro návrh bezpečnostního přelivu

Základní hydrologická data pro levostranný bezejmenný přítok Lužické Nisy (profil Bílý Kostel nad Nisou, P4) zpracoval Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem 20.07.2017 pod spisovou zn. S17006807.

Hydrologické číslo povodí – 2-04-07-0350

Plocha povodí – 0,38 km²

Průměrná dlouhodobá roční výška srážek na povodí – 749 mm

Průměrný dlouhodobý roční průtok $Q_a = 4,0 \text{ l.s}^{-1}$

m-denní průtoky $Q_{Md} (\text{l.s}^{-1})$ – třída IV

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_{Md}	17	11	8,2	6,6	5,5	4,8	4,2	3,5	3,1	2,6	2,0	1,4	0,9

N-leté průtoky $Q_n \text{ v } (\text{m}^3.\text{s}^{-1})$ – třída IV

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	0,25	0,45	0,86	1,23	1,78	2,64	3,43

D.2.8 Konsumční křivka bezpečnostního přelivu

Bezpečnostní přeliv je navrhován na převedení dvacetileté vody $Q_{20} = 1,78 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (návrhový průtok vychází ze zásad TNV 75 2935 – lokalita se nachází v extravilánu, v blízkosti toku se nenacházejí žádné komunikace ani budovy a vodoteč leží v údolní nivě, okolní pozemky jsou trvalý travní porost), při výšce přepadového paprsku 0,4 m a je tvořen průlehem lichoběžníkového tvaru. Délka přelivné hrany je 3,0 m, sklony stran jsou 1:3, kóta přelivné hrany je na úrovni 290,80 m n.m.

Přepadové množství přes lichoběžníkový přepad je dáno vztahem

$$Q = m * b * (2g)^{0,5} * h^{1,5} + 8/15 * \mu * (2g)^{0,5} * h^{2,5} * \text{tg}\alpha \quad (\text{m}^3.\text{s}^{-1})$$

- kde
- m - součinitel přepadu, $m = 0,42$
 - b - délka přelivné hrany, $b = 3,0 \text{ m}$
 - μ - součinitel přepadu, $\mu = 0,63$
 - $\text{tg}\alpha$ - tang. úhlu odklonu svahu od svislé roviny, $\text{tg}\alpha = 3,0$
 - h - přepadová výška (m)

Konsumční křivka bezpečnostního přelivu

h (m)	h (m n.m.)	Q ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)
0,00	290,80	0
0,05	290,85	0,06

0,10	290,90	0,19
0,15	290,95	0,36
0,20	291,00	0,58
0,25	291,05	0,84
0,30	291,10	1,14
0,35	291,15	1,48
0,40	291,20	1,86

Bezpečnostní přeliv provede při délce přelivné hrany $b = 3,0$ m a přeřadové výšce $h = 0,40$ m průtok $Q_{20} = 1,86 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je mírně více než $Q_{20} = 1,78 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

D.2.9 Konsumční křivka odpadu od bezpečnostního přelivu

Průběh hladiny vody na ploše bezpečnostního přelivu pod přelivnou hranou je určen výpočtem pro nerovnoměrné proudění (zúžení dna po délce přelivu).

Plocha bezpečnostního přelivu mezi přelivnou hranou a skluzem má půdorysný tvar lichoběžníku, šířka u přelivné hrany je 3,00 m, šířka u přechodu do skluzu je 2,30 m, délka je 5,60 m. Sklon svahů podél přelivné hrany je 1 : 3, dno i oba svahy jsou opevněny rovnáninou z lomového kamene s vyklínováním spár drobným kamenem, součinitel drsnosti dle Manninga $n = 0,035$. Podélný sklon dna přelivné plochy je $i = 0,01$, podélný sklon dna skluzu $i_s = 0,455$. Návrhový průtok bezpečnostního přelivu odpovídá hodnotě $Q_{20} = 1,78 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Vzhledem k značnému rozdílu sklonu dna plochy přelivu a skluzu dojde na lomu těchto ploch ke vzniku kritické hloubky. Kritické hodnoty pro zvolené hloubky vody na přelivné ploše a tomu odpovídajícím průtoky jsou uvedeny v následující tabulce.

Kritické hodnoty spadiště bezpečnostního přelivu

h_{kr}	S_{kr}	O_{kr}	R_{kr}	B_{kr}	Q_{kr}	i_{kr}	h_{krs}	V_{kr}
0,10	0,26	2,93	0,089	2,90	0,244	0,027	0,090	0,938
0,15	0,41	3,25	0,127	3,20	0,464	0,024	0,129	1,125
0,20	0,58	3,56	0,163	3,50	0,740	0,022	0,166	1,275
0,25	0,76	3,88	0,196	3,80	1,070	0,021	0,201	1,403
0,30	0,96	4,20	0,229	4,10	1,455	0,020	0,234	1,516
0,33	1,09	4,39	0,247	4,28	1,713	0,020	0,254	1,577
0,35	1,17	4,51	0,260	4,40	1,896	0,019	0,266	1,617
0,40	1,40	4,83	0,290	4,70	2,393	0,019	0,298	1,709
0,45	1,64	5,15	0,319	5,00	2,949	0,018	0,329	1,795
0,50	1,90	5,46	0,348	5,30	3,563	0,018	0,358	1,875

kde h_{kr} - hloubka vody na přechodu z přelivné plochy do skluzu (m)
 S_{kr} - průtočná plocha (m^2)
 O_{kr} - omočený obvod (m)

R_{kr} - hydraulický poloměr (m)

B_{kr} - šířka v hladině (m) pro hloubku h_{kr}

Q_{kr} - průtok vody ($m^3 \cdot s^{-1}$) při hloubce h_{kr}

i_{kr} - kritický sklon (-)

v_{kr} - průtočná rychlost při hloubce h_{kr} ($m \cdot s^{-1}$), $v_{kr} = (g * h_{krs})^{0,5}$

$h_{krs} = S_{kr}/B_{kr}$ (m)

Pro všechny zvolené hloubky vody se jedná o proudění podkritické (říční) - $i_p = 0,010 < i_{kr}$.

Pro návrhový průtok $Q_{20} = 1,78 m^3 \cdot s^{-1}$ je kritická hloubka $h_{kr20} = 0,33$ m, hloubka na přelivné hraně 0,40 m, průběh hladiny mezi přelivnou hranou a přechod na skluz má tvar křivky snížení.

Vzhledem k tomu, že skluz má velký sklon dna (45,5 %), bude zde vysoce nadkritické proudění. Výpočet průběhu hladiny ve skluzu by byl velice komplikovaný pro lichoběžníkový profil skluzu a proměnnou šířku dna. Hloubka vody ve skluzu však zcela jistě nepřesáhne hloubku na lomu plochy přelivu a skluzu (0,33 m).

Koryto odpadu od bezpečnostního přelivu pod skluzem má lichoběžníkový tvar s proměnnou šířkou dna od 2,30 m do 1,00 m, sklonem břehů 1 : 3 a sklonem dna 1,75 %, hloubka koryta 0,75 m. Dno i oba svahy jsou osety, součinitel drsnosti dle Manninga $n = 0,030$.

Kritické hodnoty odpadu od bezpečnostního přelivu

h_{kr}	S_{kr}	O_{kr}	R_{kr}	B_{kr}	Q_{kr}	i_{kr}	h_{krs}	v_{kr}
0,10	0,12	0,46	0,25	1,30	0,107	0,005	0,088	0,932
0,20	0,26	0,92	0,28	1,60	0,328	0,008	0,163	1,263
0,30	0,44	1,38	0,31	1,90	0,652	0,009	0,229	1,499
0,40	0,64	1,84	0,35	2,20	1,081	0,011	0,291	1,689
0,50	0,88	2,30	0,38	2,50	1,621	0,011	0,350	1,853
0,52	0,93	2,39	0,39	2,56	1,743	0,011	0,362	1,883
0,60	1,14	2,76	0,41	2,80	2,278	0,012	0,407	1,999
0,70	1,44	3,22	0,45	3,10	3,058	0,012	0,463	2,131
0,75	1,59	3,45	0,46	3,25	3,496	0,012	0,490	2,193

Pro všechny zvolené hloubky vody se v odpadu od skluzu jedná o proudění nadkritické (bystřinné) - $i = 0,0175 > i_{kr}$, stejně jako na skluzu, takže není třeba navrhovat pod skluzem vývar.

Pro návrhový průtok $Q_{20} = 1,78 m^3 \cdot s^{-1}$ je kritická hloubka $h_{kr20} = 0,52$ m, hloubka odpadu od skluzu je 0,75 m.