ISPO SPOL. s.r.o., INŽINIERSKE STAVBY

Slovenská 86,
080 01 Prešov

Máj 2020
Revízia 0
2813



MVN SPIŠSKÉ PODHRADIE

Príloha 3: Transformácia povodňových vĺn vodným dielom

MVN Spišské podhradie

Obsah

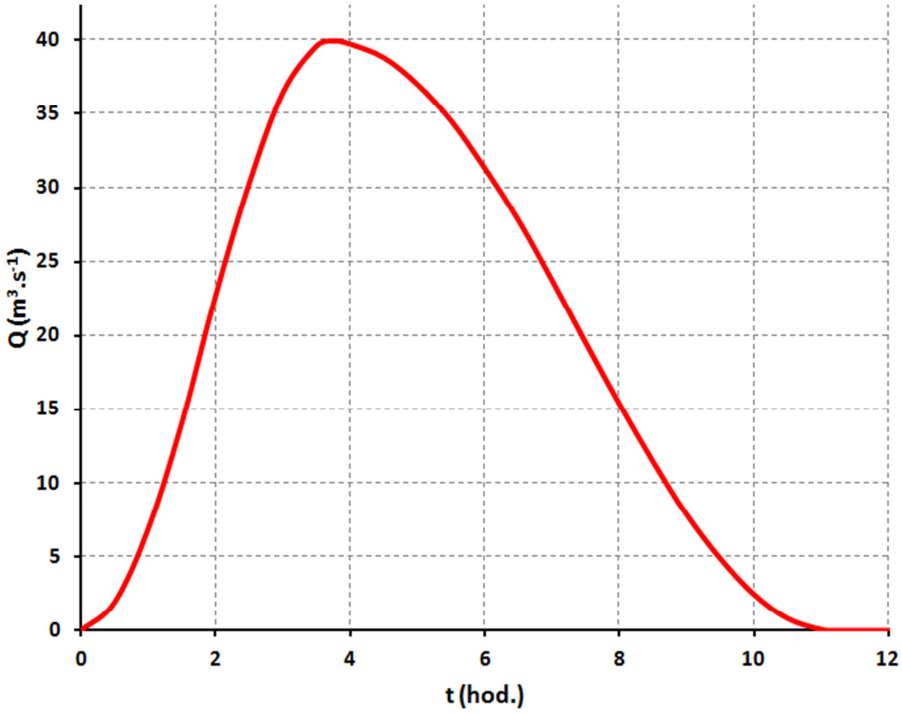
1 Všeobecne ... 3
2 Vstupné údaje ... 3
3 Technické parametre MVN Spišské Podhradie ... 4
Navrhovaný stav a popis ... 4
3.1 Čiara zatopených objemov, povodňová vlna Q_{100} ... 5
4 Maximálny prítok do nádrže, transformácia povodňovej vlny Q_{100} ... 6
5 Transformácia povodňových vĺn Q_{50}, Q_{20}, Q_{10}, Q_5 nádržou ... 7
6 Záver ... 9
7 Hydraulický vplyv na povodie ... 9

1 Všeobecne

Navrhované vodné dielo je riešené ako derivačná vodná nádrž bez dynamického hradenia s limitovaným prítokom vody cez rozdeľovací a vtokový objekt. Pritekajúce povodňové prietoky budú odoberané a povodňové vlny budú sploštené pri všetkých N-ročných povodňových vlnách.

2 Vstupné údaje

Návrhová povodňová vlna bola dodaná SHMÚ dňa 1.08.2017. Povodňová vlna je zobrazená na obrázku č. 8. Kulminačný prietok návrhovej povodňovej vlny Q_{100} je 40,0 $m^3.s^{-1}$, celková dĺžka trvania povodňovej vlny je 11 h.



Obr. 1 – Návrhová povodňová vlna Q_{100}

Tab. 1 – Prietoky vo vodnom toku v čase pri priebehu Q_{100}

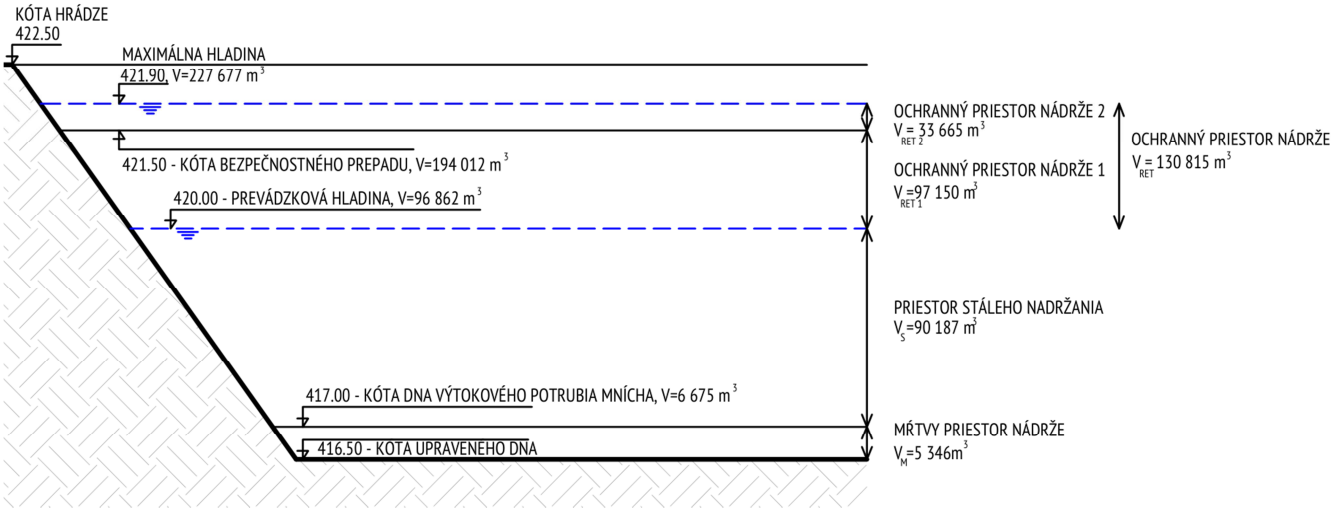
t hod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11.25
Q_{100} ($m^3.s^{-1}$)	0	6.9	22.73	36.49	39.79	37.06	31.36	23.79	15.41	7.88	2.46	0.076	0

3 Technické parametre MVN Spišské Podhradie

Navrhovaný stav a popis

MVN Spišské podhradie je riešená ako derivačná vodná nádrž. Základné výškové a objemové riešenie nádrže je uvedené v tabuľke 2, obr. 2.

Tab. 2 – Základné výškové a objemové riešenie MVN Spišské podhradie	
Kóta hrádze	422.50 m n.m.
Maximálna návrhová hladina	421,90 m n.m.
Kóta bezpečnostného prepadu	421,50 m n.m.
Prevádzková hladina	420,00 m n.m.
Kóta dna výtokového potrubia, mnícha	417,00 m n.m.
Kóta upraveného dna nádrže	416,50 m n.m.
Ochranný priestor nádrže 2	33 665 m^3
Ochranný priestor nádrže 1	97 150 m^3
Priestor stáleho nadržania	90 187 m^3
Mŕtvy priestor nádrže	5346 m^3



Obr. 2 - Základné výškové a objemové riešenie MVN Spišské podhradie

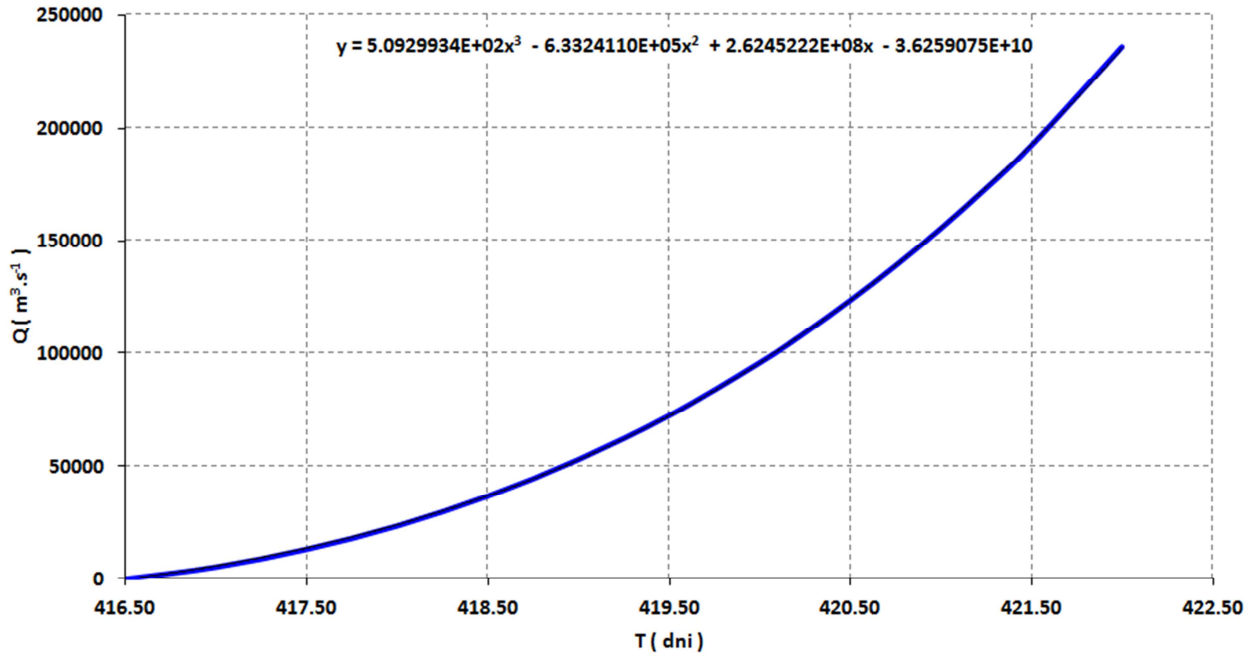
3.1 Čiara zatopených objemov, povodňová vlna Q_{100}

Čiara zatopených objemov je zobrazená v tab. 3, obr. 3. Čiara zatopených objemov je vo výpočte nahradená matematickou funkciou popísanou v rovnici č. 1

Tab. 3 - Meraná a modelovaná čiara objemov MVN Spišské Podhradie					
H	**V - merané**	**V - model**			
		a	b	c	d
(m n.m.)	**(m^3)**	5.09E+02	-6.33E+05	2.62E+08	-3.63E+10
416.50	0	0			
417.00	5346	6675			
417.50	13237	14613			
418.00	23633	24878			
418.50	36896	37854			
419.00	53187	53922			
419.50	72692	73464			
420.00	95919	96862			
420.25	109123	110126			
420.50	123473	124498			
420.75	138962	140025			
421.00	155524	156754			
421.25	173367	174734			
421.50	192480	194012			
422.00	236113	236654			
421.9	-	227677			

$$V = 5{,}093.10^{2} \times KH^{3} - 6{,}33.10^{5} \times KH^{2} + 2{,}625.10^{8} \times KH - 3{,}63.10^{10}$$

Rovnica č. 1 – Čiara zatopených objemov



Obr. 3 - Meraná a modelovaná čiara objemov MVN Spišské Podhradie

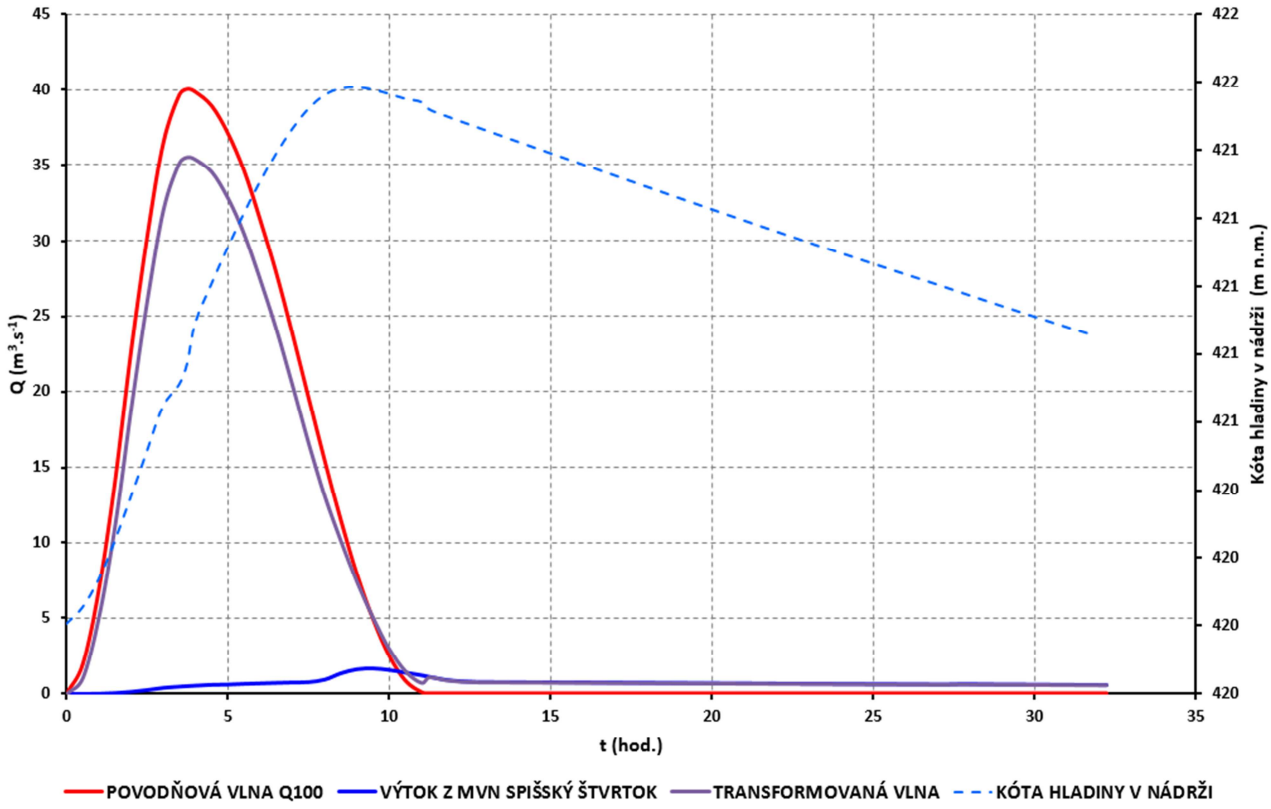
4 Maximálny prítok do nádrže, transformácia povodňovej vlny Q_{100}

Technické riešenie MVN Spišské Podhradie je ovplyvnené stanovením maximálneho prítoku do nádrže. Veľkosť maximálneho prítoku do nádrže následne ovplyvní návrh rozdeľovacieho objektu, bezpečnostného prepadu, výtokového mnícha, vývaru.

Transformácia návrhovej povodňovej vlny Q_{100} MVN je počítaná pre maximálny prítok do nádrže $Q_{P_MAX} = 5.0\ m^3.s^{-1}$ s uvážením nasledujúcich podmienok:

- Súčasťou vodného diela nie je dynamický uzáver na žiadnom objekte (na rozdeľovacom objekte, výtokovom mníchovi, bezpečnostnom prepade)
- Výškové riešenie uvedené na obr. 6 je považované za fixné, t.j. nemenné
- Návrh bezpečnostného prepadu nezohľadňuje transformačný účinok nádrže
- Nie je uvážený časový posun dotoku vody medzi rozdeľovacím objektom a výtokom z MVN s dobou zdržania vody v MVN, resp. sú stotožnené

Transformácia povodňovej vlny je zobrazená na obr. 4, postup výpočtu je zobrazený v prílohe č. 1.

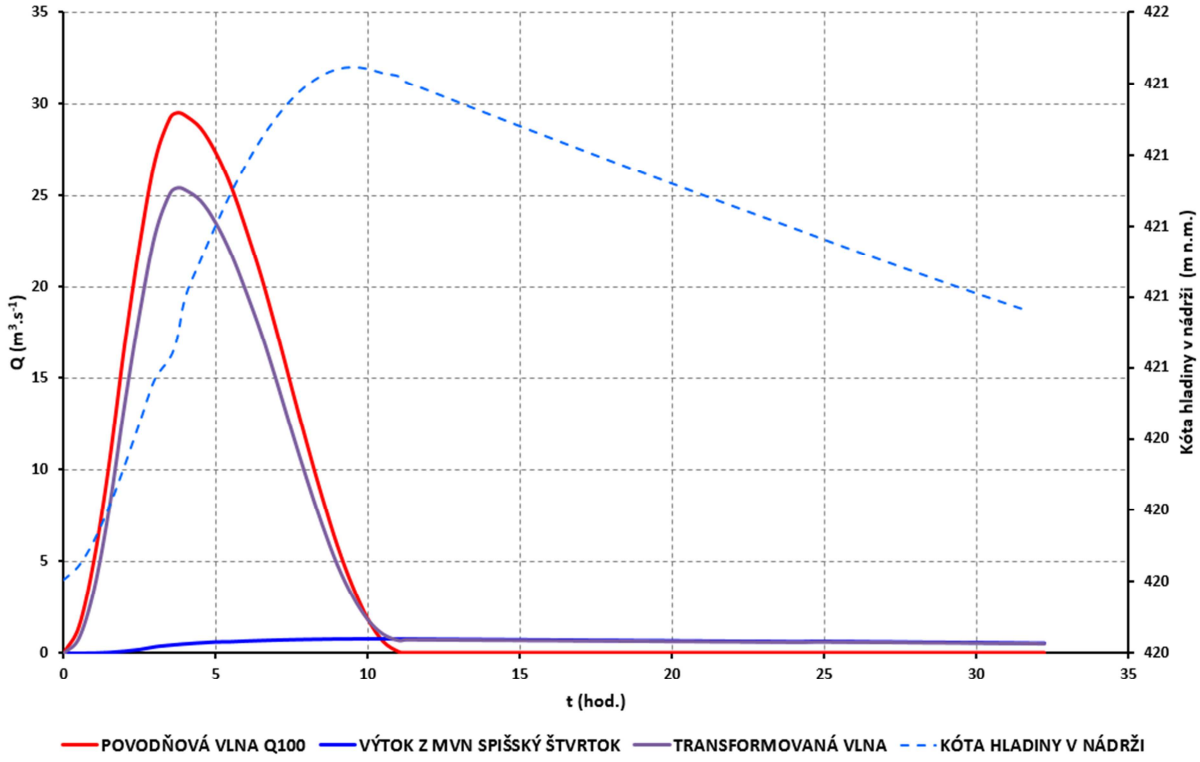


Obr. 4 – Transformácia povodňovej vlny malou vodnou nádržou Spišské Podhradie.

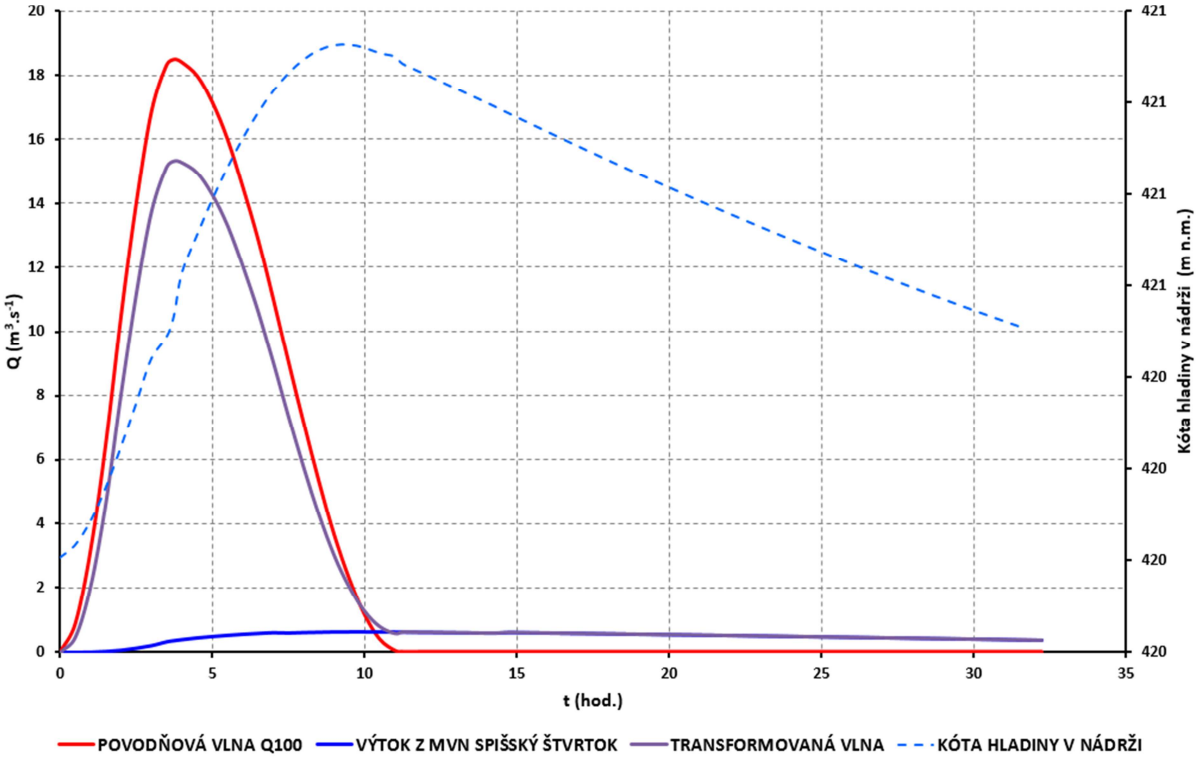
MVN Spiské podhradie zníži kulminačný prietok povdňovej vlny Q_{100}=40 $m^3.s^{-1}$ na Q_{max}=35,49 $m^3.s^{-1}$.

5 Transformácia povodňových vĺn Q_{50}, Q_{20}, Q_{10}, Q_5 nádržou

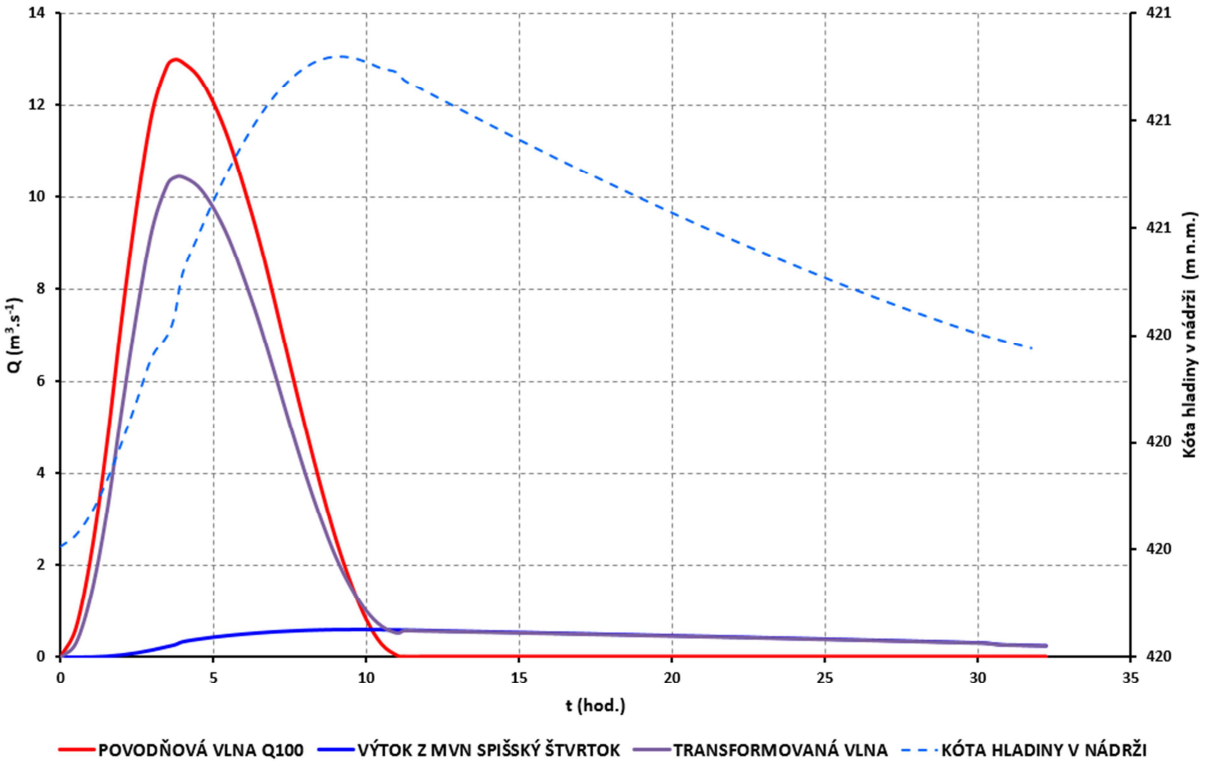
Analogickým sposobom bola vypočítaná transformácia povodňových vĺn Q50, Q20, Q10, Q5. Výsledky sú zobrazené na obr. 5,6,7,8.



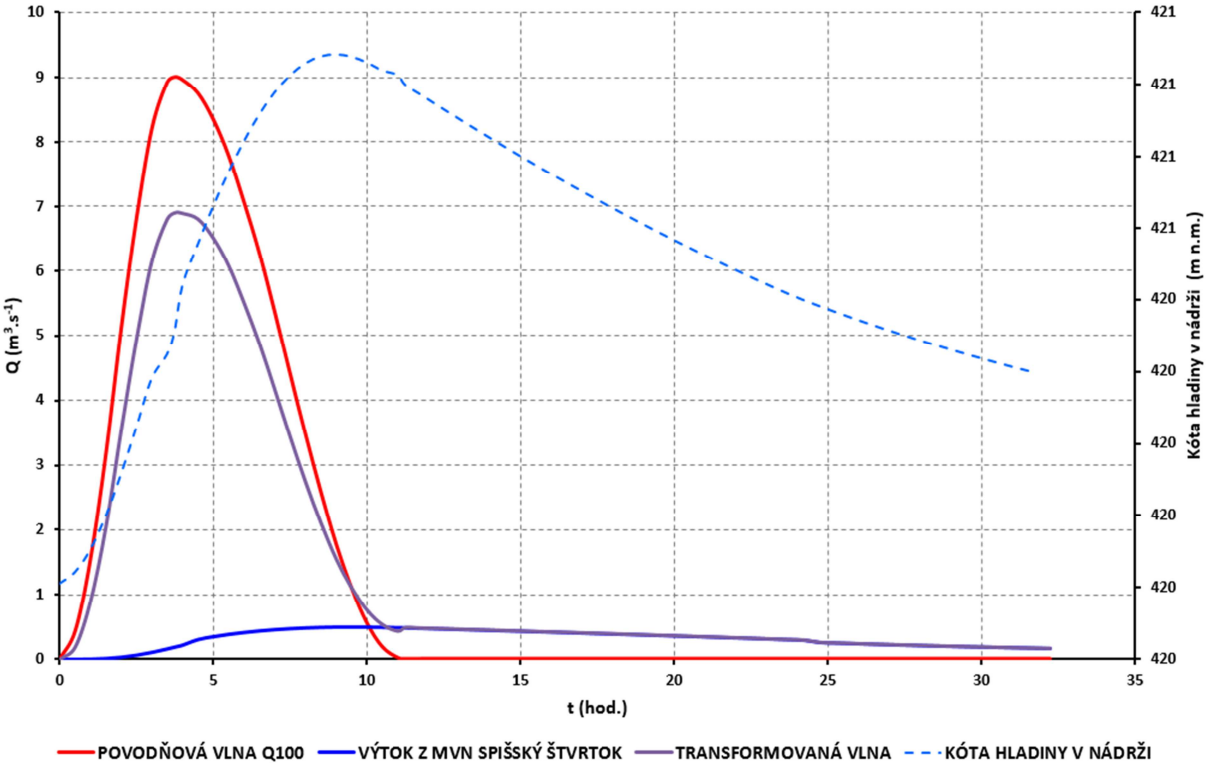
Obr. 5 – Transformácia povodňovej vlny Q_{50}



Obr. 6 – Transformácia povodňovej vlny Q_{20}



Obr. 7 – Transformácia povodňovej vlny Q_{10}



Obr. 8 – Transformácia povodňovej vlny Q_5

6 Záver

MVN Spišské Podhradie znižuje kulminačný prietok povodňových vĺn o 2-4,5 $m^3.s^{-1}$ čo odpovedá maximálnemu prítoku do nádrže 5,0 $m^3.s^{-1}$. Derivačné riešenie vodného diela túto transformáciu umožňuje pre povodňové vlny Q_{100}, tak aj pre povodňové vlny ostatné.

Povodňová vlna	**Max. prietok $m^3.s^{-1}$**	**Max. transformovaný prietok $m^3.s^{-1}$**
Q_{100}	40	35.49
Q_{50}	29.5	25.41
Q_{20}	18.5	15.33
Q_{10}	13	10.42
Q_5	9	6.90

V prípade spresnenia hydrologických údajov sa jednoduchou zmenou veľkosti hradenia mnícha dajú prítokovo-odtokové pomery v ďalších stupňoch optimalizovať.

7 Hydraulický vplyv na povodie

Znížením kulminačných prietokov dôjde k spomaleniu doby dotoku vody do nižších častí povodia Klčovského potoka, ktorý sa následne vlieva pod obcou Bystrany do Hornádu ako jeho ľavostranný prítok, čím zníži maximálne kulminačné prietoky v samotnom Hornáde. MVN Spišské Podhradie je riešená ako viacúčelová nádrž so stálou vodnou hladinou. V prípade extrémneho sucha je možné krátkodobé nadlepšovanie prietokov v Klčovskom potoku. Miera nadlepšovania záleží od prevádzkového poriadku a môže dosahovať doby až 33 dní pri požadovanom minimálnom prietoku Q_{270d}=0,031 $m^3.s^{-1}$.

Príloha č. 1

Transformácia povodňovej vlny je riešená pomocou bilančnej rovnice $\frac{dV}{dt} = i(t) - Q(t)$.

Rovnica je riešená numericky prepísaním do diferenčného tvaru:

$$\frac{V_{t+1} - V_t}{\Delta t} = \frac{i_{t+1} + i_t}{2} - \frac{Q_{t+1} + Q_t}{2}$$

Prítok do nádrže je definovaný povodňovou vlnou, zmena objemu je určená z čiary zatopených objemov. Odtok z nádrže je vypočítaný z hydraulických rovníc výtoku malým otvorom, výtoku veľkým otvorom. Výpočet je ralizovaný v tabuľkovej forme:

VÝPOČET TRANSFORMÁCIE POVODŇOVEJ VLNY			
NÁZOV PROJEKTU			**MVN SPIŠSKÉ PODHRADIE**
VSTUPNÉ ÚDAJE - VÝTOKOVÝ OTVOR			
Kóta dolnej hrany výtokového otvoru	KDO =	*420.00*	m n.m.
Kóta hornej hrany výtokového otvoru	KHO =	*420.40*	m n.m.
Šírka výtokového otvoru	BO =	*0.6*	m
Výška výtokového otvoru	AO =	*0.4*	m
Výtokový súčiniteľ, veľký otvor	μ_V =	*0.65*	-
Výtokový súčiniteľ, malý otvor	μ_M =	*0.62*	-
Výtokový súčiniteľ, prepad	μ_P =	*0.59*	-
Kóta bezpečnostného priepadu	KBP=	*421.5*	
Šírka bezpečnostného prepadu	B_p=	*15*	m
Prepadový súčiniteľ	μ_{BP} =	*0.70*	

Kóta hladiny v nádrži	ZAHLTENIE	Výtok otvorom malý/veľký					Bilančná Hydrologická rovnica							
KH	a/z_t	z_t V h	$Q_{vol}=q_{t+1}$	V_{t+1}	$2.V_{t+1}/\Delta t+q_{t+1}$		čas	i_t	i_t+i_{t+1}	q_t	V_t	$2.V_{t+1}/\Delta t+q_{t+1}$	q_{t+1}	V_{t+1}
m n.m.	-	m	$m^3.s^{-1}$	m^3	$m^3.s^{-1}$		h	$m^3.s^{-1}$	$m^3.s^{-1}$	$m^3.s^{-1}$	m^3	$m^3.s^{-1}$	$m^3.s^{-1}$	$m^3.s^{-1}$
420.01	80.00	0.00	0.00	97116.67	107.91		0.000	0.00	0.90	0.00	96861.92	108.52	0.00	97116.67
420.05	7.57	0.05	0.01	99576.47	110.65		0.500	0.90	2.75	0.00	97116.67	110.65	0.01	99576.47
420.14	2.96	0.14	0.05	103906.25	115.50		1.000	1.85	4.88	0.01	99576.47	115.50	0.05	103906.25
420.25	1.61	0.25	0.13	110075.93	122.44		1.500	3.03	7.04	0.05	103906.25	122.44	0.13	110075.93
420.38	1.05	0.38	0.24	117440.34	130.73		2.000	4.01	8.56	0.13	110075.93	130.73	0.24	117440.34
420.51	1.27	0.31	0.38	125329.32	139.63		2.500	4.55	9.39	0.24	117440.34	139.63	0.38	125329.32
420.65	0.90	0.45	0.46	133421.36	148.70		3.000	4.84	9.83	0.38	125329.32	148.70	0.46	133421.36
420.71	0.78	0.51	0.49	137487.72	306.02		3.500	4.98	9.98	0.46	133421.36	306.02	0.49	137487.72
420.77	0.70	0.57	0.52	141528.56	315.03		3.750	5.00	9.99	0.49	137487.72	315.03	0.52	141528.56
420.89	0.58	0.69	0.57	149489.95	166.67		4.000	4.99	9.94	0.52	141528.56	166.67	0.57	149489.95
421.01	0.50	0.81	0.59	157277.83	175.35		4.500	4.95	9.82	0.57	149489.95	175.35	0.59	157277.83
421.11	0.44	0.91	0.63	164842.46	183.79		5.000	4.87	9.63	0.59	157277.83	183.79	0.63	164842.46
421.21	0.39	1.01	0.66	172100.79	191.89		5.500	4.76	9.36	0.63	164842.46	191.89	0.66	172100.79
421.31	0.36	1.11	0.69	178976.94	199.56		6.000	4.60	9.00	0.66	172100.79	199.56	0.69	178976.94
421.39	0.34	1.19	0.72	185354.77	206.67		6.500	4.40	8.50	0.69	178976.94	206.67	0.72	185354.77
421.46	0.32	1.26	0.74	191064.93	213.04		7.000	4.10	7.80	0.72	185354.77	213.04	0.74	191064.93
421.52	0.30	1.32	0.90	195807.48	218.46		7.500	3.70	6.91	0.74	191064.93	218.46	0.90	195807.48
421.56	0.29	1.36	1.30	199087.00	222.51		8.000	3.21	5.84	0.90	195807.48	222.51	1.30	199087.00
421.58	0.29	1.38	1.55	200714.17	224.57		8.500	2.63	4.66	1.30	199087.00	224.57	1.55	200714.17
421.59	0.29	1.39	1.61	201019.74	224.96		9.000	2.03	3.50	1.55	200714.17	224.96	1.61	201019.74
421.58	0.29	1.38	1.51	200444.47	224.23		9.500	1.47	2.48	1.61	201019.74	224.23	1.51	200444.47
421.57	0.29	1.37	1.34	199392.00	222.89		10.000	1.00	1.68	1.51	200444.47	222.89	1.34	199392.00
421.55	0.30	1.35	1.17	198219.00	221.42		10.500	0.68	1.21	1.34	199392.00	221.42	1.17	198219.00
421.54	0.30	1.34	1.07	197446.79	439.85		11.000	0.53	0.53	1.17	198219.00	439.85	1.07	197446.79
421.52	0.30	1.32	0.89	195681.46	218.31		11.250	0.00	0.00	1.07	197446.79	218.31	0.89	195681.46
421.50	0.31	1.30	0.79	194171.88	216.54		11.750	0.00	0.00	0.89	195681.46	216.54	0.79	194171.88
421.48	0.31	1.28	0.75	192788.04	214.96		12.250	0.00	0.00	0.79	194171.88	214.96	0.75	192788.04
421.47	0.32	1.27	0.74	191447.72	213.46		12.750	0.00	0.00	0.75	192788.04	213.46	0.74	191447.72
421.45	0.32	1.25	0.74	190116.29	211.98		13.250	0.00	0.00	0.74	191447.72	211.98	0.74	190116.29
421.43	0.32	1.23	0.73	188793.79	210.50		13.750	0.00	0.00	0.74	190116.29	210.50	0.73	188793.79
421.42	0.33	1.22	0.73	187480.24	209.04		14.250	0.00	0.00	0.73	188793.79	209.04	0.73	187480.24
421.40	0.33	1.20	0.72	186175.68	207.58		14.750	0.00	0.00	0.73	187480.24	207.58	0.72	186175.68
421.38	0.34	1.18	0.72	184880.15	206.14		15.250	0.00	0.00	0.72	186175.68	206.14	0.72	184880.15
421.37	0.34	1.17	0.71	183593.70	204.71		15.750	0.00	0.00	0.72	184880.15	204.71	0.71	183593.70
421.35	0.35	1.15	0.71	182316.36	203.28		16.250	0.00	0.00	0.71	183593.70	203.28	0.71	182316.36
421.33	0.35	1.13	0.70	181048.17	201.87		16.750	0.00	0.00	0.71	182316.36	201.87	0.70	181048.17
421.32	0.36	1.12	0.70	179789.18	200.46		17.250	0.00	0.00	0.70	181048.17	200.46	0.70	179789.18
421.30	0.36	1.10	0.69	178539.42	199.07		17.750	0.00	0.00	0.70	179789.18	199.07	0.69	178539.42
421.28	0.37	1.08	0.69	177298.95	197.69		18.250	0.00	0.00	0.69	178539.42	197.69	0.69	177298.95
421.27	0.37	1.07	0.68	176067.80	196.31		18.750	0.00	0.00	0.69	177298.95	196.31	0.68	176067.80
421.25	0.38	1.05	0.68	174846.01	194.95		19.250	0.00	0.00	0.68	176067.80	194.95	0.68	174846.01
421.24	0.39	1.04	0.67	173633.63	193.60		19.750	0.00	0.00	0.68	174846.01	193.60	0.67	173633.63
421.22	0.39	1.02	0.67	172430.70	192.25		20.250	0.00	0.00	0.67	173633.63	192.26	0.67	172430.70
421.20	0.40	1.00	0.66	171237.27	190.92		20.750	0.00	0.00	0.67	172430.70	190.92	0.66	171237.27
421.19	0.41	0.99	0.65	170053.37	189.60		21.250	0.00	0.00	0.66	171237.27	189.60	0.65	170053.37
421.17	0.41	0.97	0.65	168879.07	188.29		21.750	0.00	0.00	0.65	170053.37	188.29	0.65	168879.07
421.15	0.42	0.95	0.64	167714.39	186.99		22.250	0.00	0.00	0.65	168879.07	186.99	0.64	167714.39
421.14	0.43	0.94	0.64	166559.38	185.70		22.750	0.00	0.00	0.64	167714.39	185.71	0.64	166559.38
421.12	0.43	0.92	0.63	165414.10	184.43		23.250	0.00	0.00	0.64	166559.38	184.43	0.63	165414.10
421.11	0.44	0.91	0.63	164278.58	183.16		23.750	0.00	0.00	0.63	165414.10	183.16	0.63	164278.58
421.09	0.45	0.89	0.62	163153.77	181.90		24.250	0.00	0.00	0.63	164278.58	181.90	0.62	163153.77
421.08	0.46	0.88	0.62	162038.84	180.66		24.750	0.00	0.00	0.62	163153.77	180.66	0.62	162038.84
421.06	0.47	0.86	0.61	160933.84	179.43		25.250	0.00	0.00	0.62	162038.84	179.43	0.61	160933.84
421.04	0.47	0.84	0.61	159838.80	178.20		25.750	0.00	0.00	0.61	160933.84	178.20	0.61	159838.80
421.03	0.48	0.83	0.60	158753.78	176.99		26.250	0.00	0.00	0.61	159838.80	176.99	0.60	158753.78
421.01	0.49	0.81	0.59	157678.82	175.79		26.750	0.00	0.00	0.60	158753.78	175.79	0.59	157678.82
421.00	0.50	0.80	0.62	156589.92	174.60		27.250	0.00	0.00	0.59	157678.82	174.60	0.62	156589.92
420.98	0.51	0.78	0.61	155487.65	173.37		27.750	0.00	0.00	0.62	156589.92	173.37	0.61	155487.65
420.97	0.52	0.77	0.60	154396.65	172.15		28.250	0.00	0.00	0.61	155487.65	172.15	0.60	154396.65
420.95	0.53	0.75	0.60	153316.98	170.95		28.750	0.00	0.00	0.60	154396.65	170.95	0.60	153316.98
420.93	0.54	0.73	0.59	152248.69	169.76		29.250	0.00	0.00	0.60	153316.98	169.76	0.59	152248.69
420.92	0.56	0.72	0.58	151191.83	168.57		29.750	0.00	0.00	0.59	152248.69	168.57	0.58	151191.83
420.90	0.57	0.70	0.58	150146.46	167.41		30.250	0.00	0.00	0.58	151191.83	167.41	0.58	150146.46
420.89	0.58	0.69	0.57	149112.64	166.25		30.750	0.00	0.00	0.58	150146.46	166.25	0.57	149112.64
420.87	0.59	0.67	0.56	148090.42	165.11		31.250	0.00	0.00	0.57	149112.64	165.11	0.56	148090.42
420.86	0.61	0.66	0.56	147079.85	163.98		31.750	0.00	0.00	0.56	148090.42	163.98	0.56	147079.85