

# Povodňový režim v povodí Želetavky-analýza kulminačních průtoků

Jiří Sklenář, Mgr.

jiri.sklenar@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav, pracoviště Kroftova 43, 616 67 Brno

Cílem příspěvku je snaha o přiblížení povodňového režimu v povodí Želetavky na základě výsledků analýzy kulminačních průtoků ve vodoměrné stanici Vysočany na Želetavce za období 1957-2006. Obdobná analýza kulminačních průtoků byla provedena pro vodoměrnou stanici Podhradí v povodí horní Dyje za období 1935-2006 [7]. Želetavka je levostranným přítokem Dyje, pramení západně od Lesné ve výšce 660 m n. m, má celkovou délku toku 53,7 km [3], plochu povodí  $A=374,88 \text{ km}^2$ , dlouhodobý průměrný průtok k ústí do Dyje  $Q_a=1,09 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (ČHMÚ, období 1931-80). Želetavka přijímá z významnějších pravostranných přítoků Třebětický potok a Blatnici, z levostranných přítoků Bihanku.

Hodnota kulminačního průtoku  $Q_k$  je důležitým prvkem v režimu velkých vod, který spolu s objemem, trváním a tvarem povodňové vlny určuje velikost povodně. K dalším důležitým prvkům patří též časový výskyt povodní, počet výskytů v roce a zdroj jejich tvoření, jak uvádí R. Netopil [4]. Pro analýzu N-letých kulminačních průtoků (dále  $Q_N$ ) byla vzhledem ke geografické poloze zvolena vodoměrná stanice Vysočany – představuje téměř závěrový profil povodí Želetavky. Hodnocení se vztahuje k hodnotám N-letých průtoků, které byly v roce 2006 pro vybrané profily povodí Dyje stanoveny v oddělení hydrologie brněnské pobočky ČHMÚ po výskytu extrémních povodní v hydrologických rocích (dále HR) 2002 a 2006. Doba pozorování je relativně dlouhá a vzhledem k poloze stanice nad Vranovskou přehradou můžeme průtoky považovat za neovlivněné vodními nádržemi. Povodí Želetavky ve Vysočanech má plochu povodí  $A=367,69 \text{ km}^2$  (ČHMÚ), tj. zaujímá 98,1 % z celkové plochy povodí Želetavky a 2,7 % z celkové plochy povodí Dyje. Dlouhodobý průměrný průtok v profilu činí  $Q_a=1,104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (za období 1957-2006). Absolutní známé maximum v období pozorování bylo registrováno 29.3.2006, kdy povodeň kulminovala v profilu stanice při hodnotě  $83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (překročen 100-letý kulminační průtok  $Q_{100}$ ). Podle průměrného ročního rozložení odtoku za období 1957-2006 (obr.1) připadá maximum na březen (17,2 % z celkového průměrného ročního odtoku), dále duben (14,5 %), od března do září odtoky klesají, v září je dosaženo minima (3,5 %), v následujících měsících se až do března projevuje rostoucí trend.

Z databáze ČHMÚ byly vybrány a hodnoceny povodně, které přesahovaly hodnotu dvouletého kulminačního průtoku  $Q_2$  ve vodoměrné stanici Vysočany v období pozorování 1957-2006. Obr.2 znázorňuje časový výskyt těchto povodní ve stejném období. Jsou zobrazeny všechny povodně splňující zvolené kritérium včetně případů, kdy se v určitém HR vyskytla více než jedna. Z analýzy vyplývá, že ve studovaném období byla přibližně polovina HR bez výskytu povodní s kulminačním průtokem překračujícím  $Q_2$  (54 % případů), což představuje 27 z celkového počtu 50 HR. Z 23 HR s výskytem povodní s překročeným  $Q_2$  bylo 30,4 % HR s více než 1 výskytem povodně přesahujícím  $Q_2$  (celkem 7 HR : v 1985 a 1987 bylo pozorováno 5 případů těchto povodní v průběhu jednoho HR, v HR 1961, 1965, 1970, 2004 a 2006 se vyskytly 2 případy).

Četnost výskytu povodní byla zvýšená v 80. letech 20. století, koncem minulého století a začátkem 21. století. Nezanedbatelná byla četnost výskytu od počátku pozorování do HR 1970. Výrazně zvýšená četnost výskytu byla pozorována v období 2002-2006, kdy se vyskytla každý rok nejméně 1 povodeň. Výraznější kumulace povodní v kratším časovém

období se vyskytla v období 1985-1988 (12 případů povodní). Delší období bez výskytu povodní s překročeným  $Q_2$  se vyskytla v obdobích 1989-1995 a 1971-1975. Celkově byla v 1. polovině období pozorování (do HR 1982) výrazně nižší četnost výskytu (13) než ve 2. polovině doby pozorování (23). V období 1957-2000 byla největší povodeň hodnocena jako 20-letá až 50-letá, celkem se vyskytly pouze 2 povodně s překročeným  $Q_{10}$ . Od 2. poloviny 90. let minulého století a zejména v 21. století do HR 2006 extremita povodní výrazně roste. Celkem se v krátkém období 2002-2006 vyskytly 4 povodně s překročenou hodnotou kulminačního průtoku  $Q_{10}$ : 2 povodně s  $Q_{20} < Q_k < Q_{50}$ , 1 povodeň s  $Q_k > Q_{100}$  a 1 povodeň kulminovala téměř na hodnotě  $Q_{20}$ .

Z rozboru četností výskytu podle velikosti překročeného kulminačního průtoku (tab.1) vyplývá, že ve většině případů (66,7 %, tj. 24 případů) se jedná o povodně s překročeným  $Q_2$ , ale nedosaženým  $Q_5$  a z 16,7 % (6 případů) jde o povodně, kde byl překročen  $Q_5$ , ale nedosažen  $Q_{10}$ . 100-letý průtok  $Q_{100}$  byl překročen pouze jednou (HR 2006). Přehled výskytu povodní v jednotlivých měsících HR podle N-letosti  $Q_k$  a podle výskytu v hydrologických půlrocích prezentuje tab.2. Povodně s  $Q_2 < Q_k < Q_5$  jsou zastoupeny v 9 kalendářních měsících HR s největší četností od ledna do března, což s ohledem na celou tabulku naznačuje tendenci k pozvolnému odtávání sněhové pokrývky. Případy s  $Q_5 < Q_k < Q_{10}$  jsou zastoupeny pouze ve 4 měsících v HR. Výskyty povodní s vysokými hodnotami N-letosti  $Q_k$  připadají na březen, květen, červen a srpen.

Na základě rozboru sezonality povodní (tab.2) je nejčastějším měsícem s výskytem povodní březen (7 výskytů), tj. 19,4 %, dále pak červen s 6 výskyty. Od září do listopadu se povodně nevyskytly vůbec, ve zbývajících měsících se počet výskytů pohybuje od 2 do 4. Z celkového počtu 36 povodní jich 55,6 % (20 případů) připadá na zimní hydrologický půlrok (dále ZP - listopad až duben), 16 případů na letní hydrologický půlrok (dále LP - květen až říjen). Tento výsledek podporuje poznatek A. Polišínského, D. Sacherové [5] a J. Sklenáře [7] o převažujících zimních povodních v povodí Dyje ve srovnání např. s povodím Moravy nad Dyjí, kde převládají povodně letní (též v povodí Odry výraznější převaha letních povodní, jak je uvedeno v [1]). O povodních historických i současných je možno se dočíst též v publikaci R. Brázdila, K. Kirchnera a kol. [2]. O povodních v nedalekém Podhradí na Dyji je pojednáno v [7] a v [6].

Pro řadu průměrných ročních průtoků  $Q_r$  ve Vysočanech od začátku pozorování byla stanovena míra vodnosti HR. V tab.3 jsou podle velikosti  $Q_r$  seřazeny sestupně roky mimořádně vodné (dále MV), v sestupném pořadí je uvedeno 5 roků vodných (dále V). Pravděpodobnost překročení  $p$  byla vypočtena podle vzorce Čegodajeva uvedeného v [4]. Ve všech případech se jedná o HR, v nichž kulminační průtok  $Q_k$  překročil dobu opakování  $N=2$  roky, v případě MV roků  $N=5$  let. V uvedené tabulce jsou 4 HR, v nichž byl  $Q_2$  překročen více než jednou v daném roce (v těchto případech je v tab.3 uvedena maximální hodnota  $N$ ), a 2 HR (2002 a 2006) s výskytem povodní s vysokou hodnotou N-letosti  $Q_k$ . Obr.3 znázorňuje řady  $Q_k$  a  $Q_r$  za celou dobu pozorování.

V tab.4 je uveden přehled všech povodní ve Vysočanech s kulminačním průtokem vyšším než  $Q_{10}$ . Z uvedených 6 nejvyšších kulminací se 4 vyskytly v 21. století. Čtyři z největších povodní uvedených v tab.4 se vyskytly v LP. Zajímavá je kumulace 2 povodní v HR 2006 a 5 povodní v HR 1987. Kulminační průtok povodně v srpnu 1987 překračuje  $Q_{10}$ , 4 povodně v HR 1987 byly pouze s  $Q_2 < Q_k < Q_5$ . Celkově HR 1987 dosáhl nejvyšší míry vodnosti ze všech hodnocených HR. V této tabulce byly všechny HR hodnoceny jako MV, výjimku představuje HR 1957, který dosáhl pouze průměrné (P) míry vodnosti. Obr.4 znázorňuje

rozložení průměrných měsíčních průtoků v průběhu HR s výskytem povodní překračujících  $Q_{10}$ , na kterém jsou mj. zřetelně vidět roční chody v HR s výskytem extrémních povodní (2002, 2006) včetně ročního chodu v nejvodnějším HR 1987.

Prostřednictvím sdělovacích prostředků jsme neustále informováni o katastrofálních povodních a jejich ničivých důsledcích. Na tyto jevy je třeba nahlížet jako na přirozený prvek vodního režimu, se kterým se lidé jako součást přírody setkávali, setkávají a jistě budou setkávat i v budoucnosti, zvláště v okolí vodních toků. Povodně je třeba i nadále pozorovat, měřit a vyhodnocovat, aby bylo v maximální míře možné předejít jejich následkům, popř. tyto následky zmírnit. K tomu přispívají i analýzy kulminačních průtoků.

## Literatura

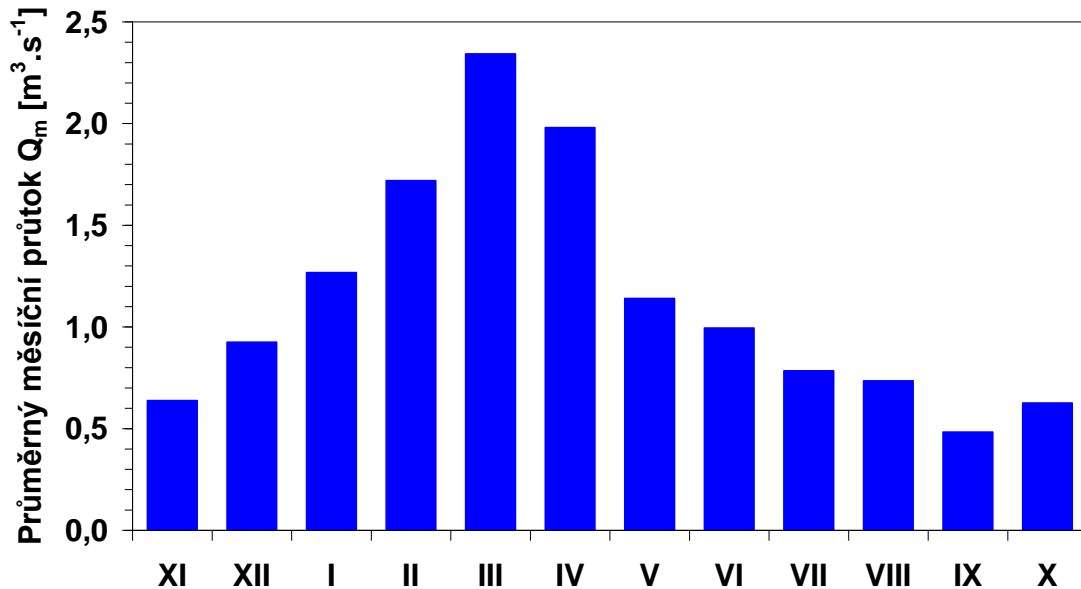
- [1] BRÁZDIL, R. a kol. (2005). Historické a současné povodně v České republice. MU, Brno a ČHMÚ, Praha, 369 s.
- [2] BRÁZDIL, R. – KIRCHNER, K. a kol. (2007). Vybrané přírodní extrémy a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. MU, Brno, ČHMÚ, Praha a Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 431 s.
- [3] DEMEK, J. – NOVÁK, V. a kol. (1992). Vlastivěda moravská, země a lid, nová řada, svazek 1, neživá příroda. Muzejní a vlastivědná společnost, Brno, 242 s.
- [4] NETOPIĽ, R. a kol. (1984). Fyzická geografie I. SPN, Praha, 273 s.
- [5] POLIŠENSKÝ, A. – SACHEROVÁ, D. (1970). Studie odtokového režimu na jižní Moravě při soutoku Moravy a Dyje. In : Sborník prací HMÚ, sv. 15, Praha, s. 9-23.
- [6] SKLENÁŘ, J. (2007). Povodně v ČR a povodňová měření. Spisy Zeměpisného sdružení, roč. 6, č.1/2007, 4 s. In : Země a cesty, č. 107 (1/2007).
- [7] SKLENÁŘ, J. (2007). Povodně v povodí horní Dyje – analýza kulminačních průtoků. In : Jakubíková, A., Broža, V., Szolgay, J. eds.: Workshop Adolfa Patery 2007 – Extrémní hydrologické jevy v povodích. Sborník příspěvků z workshopu. ČVUT, Praha a Slovenská vodohospodárska spoločnosť, Bratislava, s. 293 – 302.

## Summary

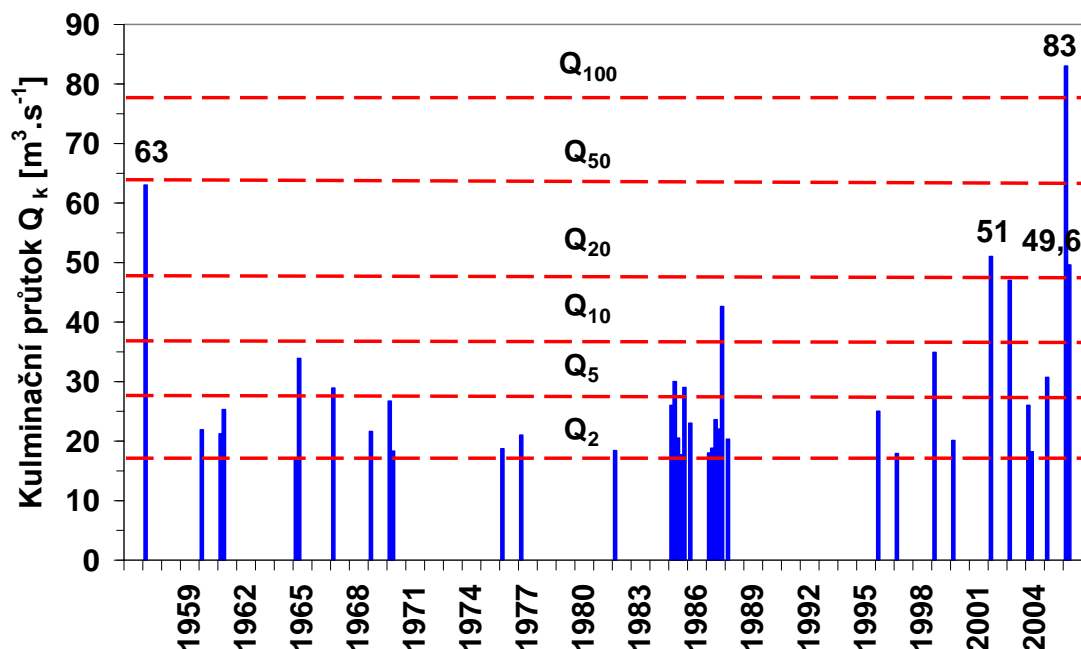
### Flood regime in the Želetavka Catchment - Peak Discharges Analysis

Floods belong to the most important natural extremes. Despite their negative human impacts it is necessary to consider them as natural phenomena and a part of water cycle in the nature. The paper deals with the peak discharges analysis of the Vysočany water-gauge station which covers 367.69 km<sup>2</sup> of the Želetavka catchment investigated. The peak discharges exceeding maximum peak discharges with return period of 2 years ( $Q_2$ ) were analysed for the above mentioned station in the 1957-2006 period in which 36 flood events occurred. The frequency, seasonality and extremity of floods were analysed in this paper. Floods were recorded in 23 hydrological years (46%). In the course of one hydrological year, more floods than one were registered in 7 hydrological years. Maximum of discharges in the mean annual variation occurs in March (17.2%). The increased frequency of floods was observed in the 1980s and at the end of the 20th century. A significantly increased frequency of floods was recorded at the beginning of the 21st century (2002-2006). The highest flood frequency is in March (7 events), no flood events were observed in September, October, and November. Totally, 55.6% of floods (20 events) occurred in the winter hydrological half-year (November-April). The

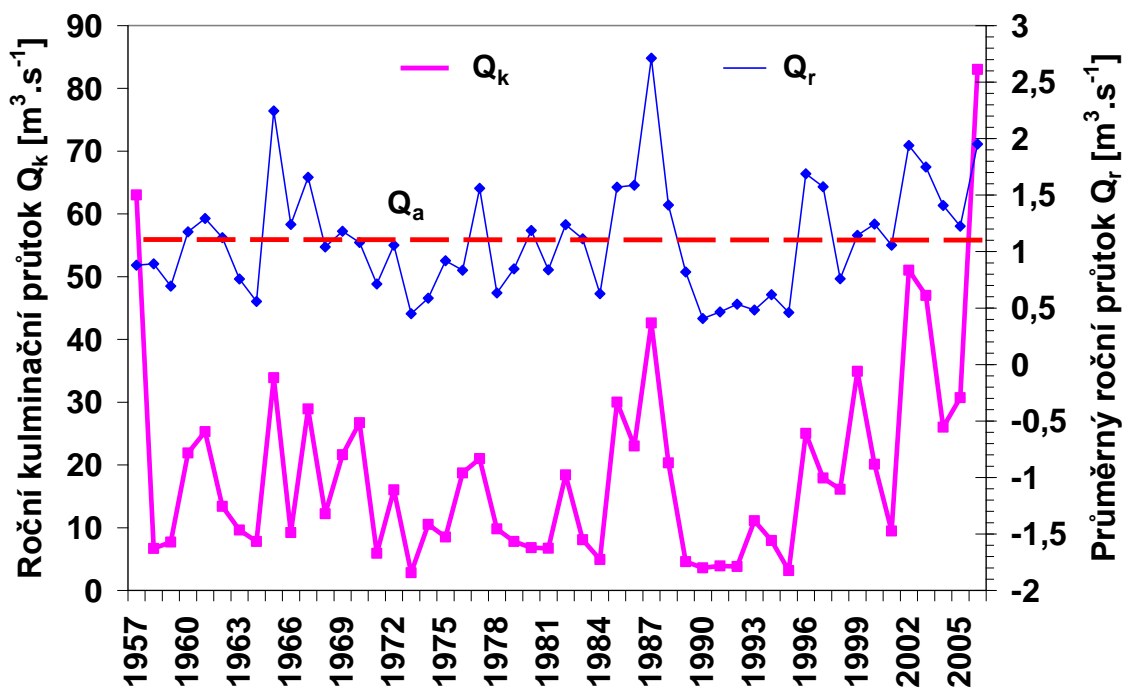
extremity of floods increased considerably in the 21st century. The peak discharge with the return period of 100 years ( $Q_{100}$ ) was exceeded once on the Želetavka during the period studied. This peak discharge represents the absolute maximum  $83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  which occurred in March 2006. Three floods with the peak discharge  $Q_k$  (where  $Q_{20} < Q_k < Q_{50}$ ) were observed out of which two events were monitored in the 21st century (August 2002, June 2006) and one flood in 1957.



Obr.1 Roční chod průměrných měsíčních průtoků ve Vysočanech na Želetavce (1957-2006)



Obr.2 Časový výskyt povodní přesahujících 2-letý kulminační průtok  $Q_k$  ve Vysočanech na Želetavce s uvedením jejich N-letosti (1957-2006)



Obr.3 Řady průměrných ročních průtoků  $Q_r$  a ročních kulminačních průtoků  $Q_k$  ve Vsočanech na Želetavce (1957-2006)

Tab.1 Četnost výskytu povodní podle N-letosti kulminačního průtoku  $Q_k$

Období / $Q_N$	$Q_2 < Q_k < Q_5$	$Q_5 < Q_k < Q_{10}$	$Q_{10} < Q_k < Q_{20}$	$Q_{20} < Q_k < Q_{50}$	$Q_{50} < Q_k < Q_{100}$	$Q_k > Q_{100}$	Celkem
ZP	16	2	1	0	0	1	20
LP	8	4	1	3	0	0	16
<b>Celkem</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>36</b>

Tab.2 Měsíční četnosti výskytu povodní podle N-letosti kulminačního průtoku  $Q_k$  a četnosti v zimním (ZP) a letním (LP) hydrologickém půlroce

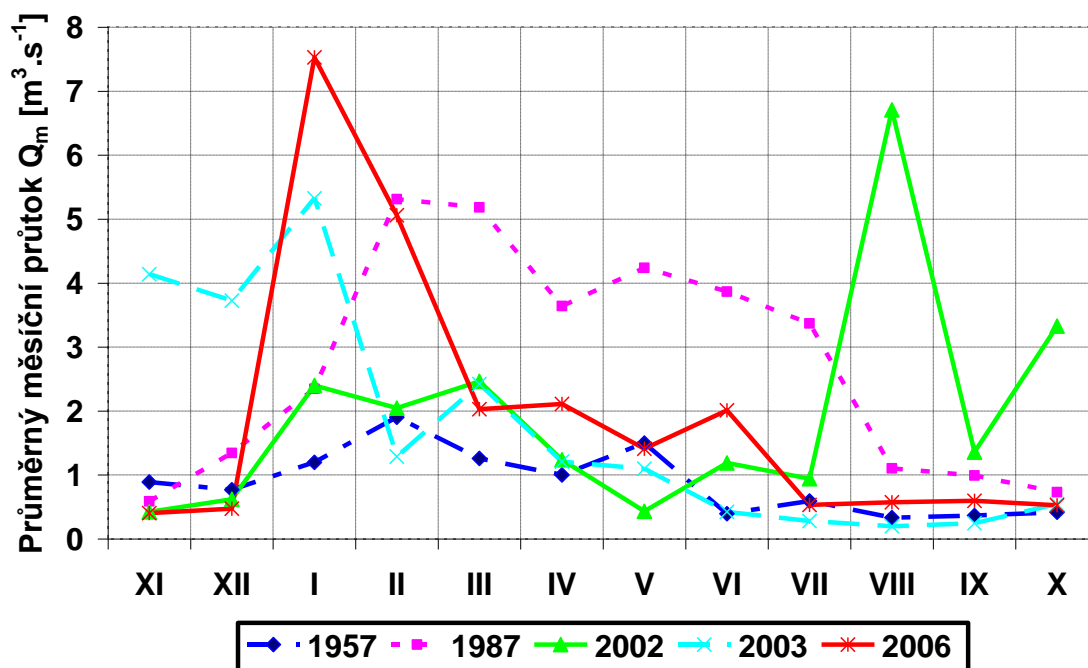
Měsíc/ $Q_N$	$Q_2 < Q_k < Q_5$	$Q_5 < Q_k < Q_{10}$	$Q_{10} < Q_k < Q_{20}$	$Q_{20} < Q_k < Q_{50}$	$Q_{50} < Q_k < Q_{100}$	$Q_k > Q_{100}$	Měsíční četnost celkem	Četnost ZP/LP
XI	0	0	0	0	0	0	0	20
XII	1	0	1	0	0	0	2	
I	4	0	0	0	0	0	4	
II	4	0	0	0	0	0	4	
III	4	2	0	0	0	1	7	
IV	3	0	0	0	0	0	3	16
V	2	0	0	1	0	0	3	
VI	3	2	0	1	0	0	6	
VII	2	1	1	0	0	0	4	
VIII	1	1	0	1	0	0	3	
IX	0	0	0	0	0	0	0	
X	0	0	0	0	0	0	0	

Tab.3 Míra vodnosti hydrologických roků s uvedením kulminačního průtoku  $Q_k$ , průměrného ročního průtoku  $Q_r$  a N-letosti  $Q_k$

Poř. číslo	Hydrologický rok HR	$Q_r$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	$p$ [%]	Míra vodnosti HR	$Q_k$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	N-letost $Q_k$ [roky]	Počet povodní v HR
1	1987	2,711	1,39	MV	42,6	>10	5
2	1965	2,245	3,37	MV	33,9	>5	2
3	2006	1,95	5,36	MV	83	>100	2
4	2002	1,938	7,34	MV	51	>20	1
5	2003	1,748	9,33	MV	47	>10	1
6	1996	1,687	11,31	V	25	>2	1
7	1967	1,656	13,29	V	28,9	>5	1
8	1986	1,586	15,28	V	23	>2	1
9	1997	1,573	17,26	V	17,9	>2	1
10	1985	1,57	19,25	V	30	>5	5

Tab.4 Přehled povodní s překročeným 10-letým kulminačním průtokem  $Q_{10}$

Poř. číslo	$Q_k$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	HR výskytu	Měsíc výskytu	Počet povodní v HR	N-letost $Q_k$ [roky]	Míra vodnosti HR
1	83	2006	III	-	>100	MV
2	63	1957	V	1	>20	P
3	51	2002	VIII	1	>20	MV
4	49,6	2006	VI	-	>20	MV
5	47	2003	XII	1	>10	MV
6	42,6	1987	VIII	5	>10	MV



Obr.4 Rozložení průměrných měsíčních průtoků  $Q_m$  v hydrologických rocích s výskytem povodní, které překračují 10-letý kulminační průtok  $Q_{10}$