

Cvičení č. 9

Denní průtoky řeky Moravy na stanici Strážnice v květnu roku 2009**Zadání:**

Sestrojte teoretickou a empirickou křivku pravděpodobnosti překročení průměrných hodnot denních průtoků na stanici Strážnice na řece Moravě za měsíc květen roku 2009 a klasifikujte vodnost jednotlivých dnů.

Metodika:

Hodnoty naměřených denních průtoků $Q [m^3 \cdot s^{-1}]$ si v programu Excel seřadíme sestupně (viz Tab. 2) a vypočteme pravděpodobnosti $p [\%]$ jejich překročení podle vzorce:

$$p = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100 \%$$

m ... pořadové číslo daného průtoku

n ... celkový počet prvků (průtoků / dní v měsíci)

Následně potřebujeme zjistit odpovídající hodnoty teoretických průtoků $Q_p [m^3 \cdot s^{-1}]$, abychom mohli sestavit teoretickou křivku pravděpodobnosti jejich překročení. K sestavení jsme si zvolili Personovu křivku III. typu, neboť nejlépe vystihuje asymetrické rozdělení denních průtoků, které jsou náhodnou veličinou. Její tvar určují:

- aritmetický průměr daného vzorku ... $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{915,1}{31} \doteq 29,52$
- variační koeficient ... $C_v = \sqrt{\frac{\sum (k_i - 1)^2}{n}}$, kde $k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$... pak tedy: $C_v = \sqrt{\frac{1,7941}{31}} \doteq 0,24$
- koeficient asymetrie ... $C_s = \frac{\sum (k_i - 1)^3}{(n-1) \cdot C_v^3} \doteq \frac{-0,0353}{30 \cdot 0,0139} \doteq -0,0844$

Dále budeme potřebovat určit také odchylky pořadnic křivky pro dané pravděpodobnosti překročení podle Foster-Rybkinových tabulek, které následně zaneseme do tabulky (viz Tab. 2):

$$\Phi_{s,p} = a - \frac{a-b}{d-c} \cdot (p - c)$$

p ... daná pravděpodobnost překročení

a, b ... tabulkové hodnoty pro daný koeficient asymetrie

c, d ... pravděpodobnosti překročení, mezi kterými interpolujeme

Nyní již máme vše potřebné pro výpočet teoretických průtoků $Q_p [m^3 \cdot s^{-1}]$ podle vzorce:

$$Q_p = \bar{x} \cdot (1 + C_v \cdot \Phi_{s,p})$$

Jednotlivé hodnoty opět zaneseme do tabulky (viz Tab. 2) a vlastní Pearsonovu křivku III. typu (viz Obr. 1) sestojíme tak, že na osu x vynášíme hodnoty pravděpodobnosti překročení p [%] pro dané teoretické průtoky Q_p [$m^3 \cdot s^{-1}$] na ose y.

Na závěr cvičení klasifikujeme průtoky jednotlivých dnů (viz Tab. 2) v rámci intervalů pravděpodobnosti jejich překročení podle následující tabulky:

Tab. 1: Klasifikace vodnosti řeky v daný den dle pravděpodobnosti překročení daného průtoku

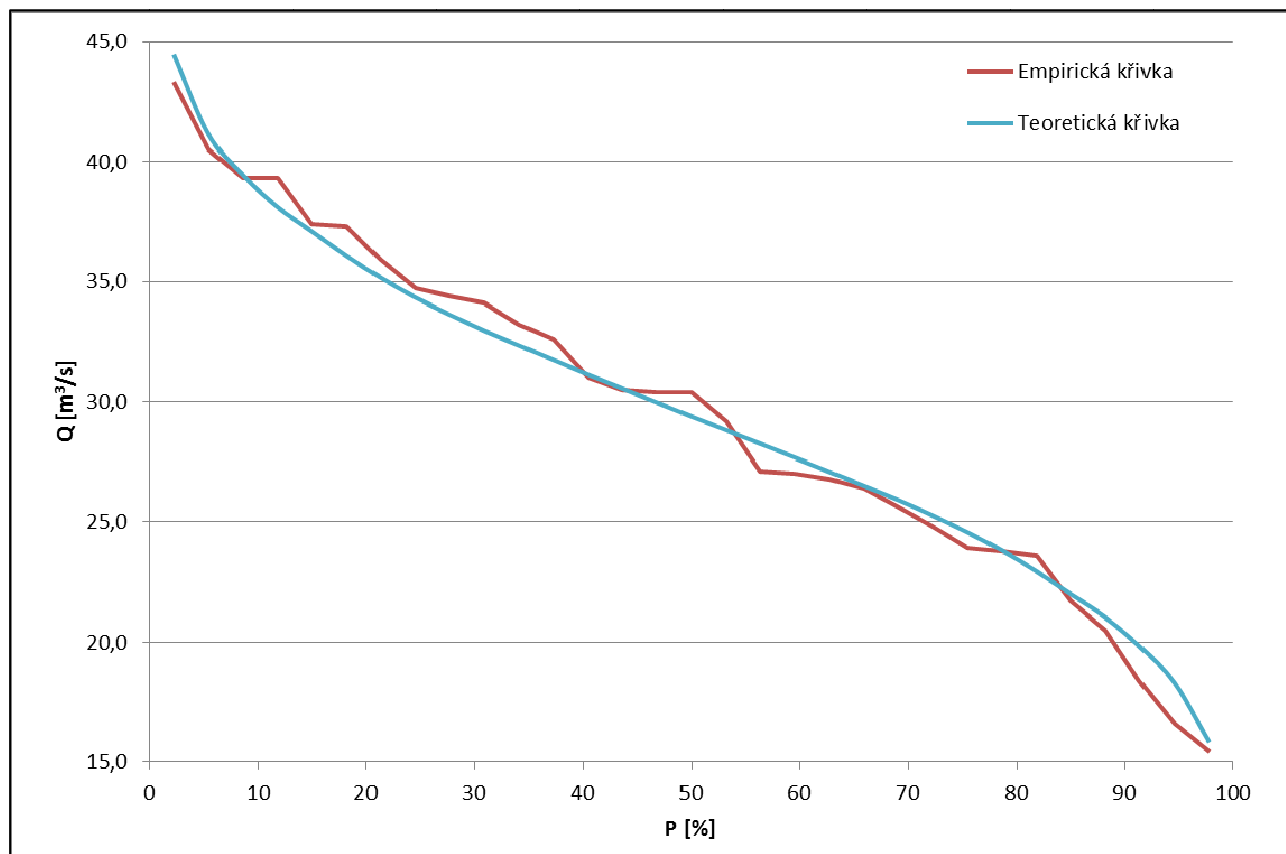
p [%]	Slovní označení	Symbol
0 - 10	mimořádně vodný	MV
11 - 40	vodný	V
41 - 60	průměrně vodný	P
61 - 90	málo vodný	S
91 - 100	mimořádně málo vodný	MS

Vypracování:

Tab. 2: Hodnoty naměřeného (Q) a vypočítaného teoretického (Q_p) průtoku, dílčí výpočty a klasifikace vodnosti jednotlivých průtoků na stanici Strážnice na řece Moravě v květnu roku 2009

Pořadí	Den	Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	p [%]	k_i	$(k_i-1)^2$	$(k_i-1)^3$	$\Phi_{s,p}$	Q_p [$m^3 \cdot s^{-1}$]	Vodnost
1	31	43,3	2,23	1,4668	0,2179	0,1017	2,10	44,47	MV
2	1	40,5	5,41	1,3720	0,1384	0,0515	1,64	41,16	MV
3	2	39,3	8,60	1,3313	0,1098	0,0364	1,40	39,44	MV
4	6	39,3	11,78	1,3313	0,1098	0,0364	1,21	38,11	V
5	7	37,4	14,97	1,2670	0,0713	0,0190	1,07	37,09	V
6	13	37,3	18,15	1,2636	0,0695	0,0183	0,92	36,07	V
7	3	35,9	21,34	1,2162	0,0467	0,0101	0,79	35,14	V
8	8	34,7	24,52	1,1755	0,0308	0,0054	0,68	34,33	V
9	9	34,4	27,71	1,1653	0,0273	0,0045	0,58	33,63	V
10	20	34,1	30,89	1,1552	0,0241	0,0037	0,49	32,97	V
11	30	33,2	34,08	1,1247	0,0155	0,0019	0,40	32,36	V
12	5	32,6	37,26	1,1044	0,0109	0,0011	0,31	31,75	V
13	19	31,0	40,45	1,0502	0,0025	0,0001	0,23	31,14	V
14	10	30,5	43,63	1,0332	0,0011	0,0000	0,15	30,55	P
15	4	30,4	46,82	1,0298	0,0009	0,0000	0,06	29,97	P
16	14	30,4	50,00	1,0298	0,0009	0,0000	-0,02	29,38	P
17	21	29,2	53,18	0,9892	0,0001	0,0000	-0,10	28,81	P
18	11	27,1	56,37	0,9180	0,0067	-0,0006	-0,18	28,25	P
19	16	27,0	59,55	0,9147	0,0073	-0,0006	-0,26	27,68	P
20	12	26,8	62,74	0,9079	0,0085	-0,0008	-0,34	27,10	S
21	17	26,4	65,92	0,8943	0,0112	-0,0012	-0,42	26,51	S
22	18	25,6	69,11	0,8672	0,0176	-0,0023	-0,51	25,92	S
23	24	24,8	72,29	0,8401	0,0256	-0,0041	-0,60	25,27	S
24	15	23,9	75,48	0,8096	0,0362	-0,0069	-0,70	24,58	S
25	25	23,8	78,66	0,8063	0,0375	-0,0073	-0,80	23,81	S
26	22	23,6	81,85	0,7995	0,0402	-0,0081	-0,93	22,93	S
27	27	21,7	85,03	0,7351	0,0702	-0,0186	-1,06	21,98	S
28	23	20,5	88,22	0,6945	0,0934	-0,0285	-1,20	21,03	S

Pořadí	Den	Q [m ³ .s ⁻¹]	p [%]	k _i	(k _i -1) ²	(k _i -1) ³	Φ _{s,p}	Q _p [m ³ .s ⁻¹]	Vodnost
29	29	18,4	91,40	0,6233	0,1419	-0,0534	-1,37	19,82	MS
30	26	16,6	94,59	0,5623	0,1915	-0,0838	-1,58	18,29	MS
31	28	15,4	97,77	0,5217	0,2288	-0,1094	-1,93	15,82	MS
Σ	-	915,1	-	-	1,7941	-0,0353	-	-	-



Obr. 1: Teoretická a empirická křivka pravděpodobnosti překročení průměrného průtoku pro stanici Strážnice na řece Moravě v květnu roku 2009

Závěr:

Z grafu (viz Obr. 1) vidíme, že Personova křivka III. typu pravděpodobnosti překročení teoretických hodnot průtoků nám dobře prokládá empirické hodnoty naměřené na stanici Strážnice na řece Moravě v květnu roku 2009. Můžeme tedy říct, že jsme zvolili správný typ teoretické křivky, z čehož plyne, že pravděpodobnost, že průtok na dané stanici přesáhne 40 m³.s⁻¹, je menší než 10 %. Dále by také bylo možné určit pravděpodobnosti překročení ještě vyšších průtoků, což je možné využít při protipovodňové ochraně.