

SBORNÍK

ČESKOSLOVENSKÉ SPOLEČNOSTI ZEMĚPISNÉ

ROČNÍK 1973 • ČÍSLO 4 • SVAZEK 78

ROSTISLAV NETOPII

PROSTOROVÉ ZMĚNY VARIABILITY DENNÍCH PRŮTOKŮ ŘEK ČESKÉ SOCIALISTICKÉ REPUBLIKY

K poznání stupně variability denních průtoků řek je možno použít rozličných měr variace (R. Netopil, 1970). Nejspolehlivější a nejvýhodnější z nich je však variační koeficient V jako poměr směrodatné odchylky σ a dlouhodobého průtoku Q_a . Aby bylo možné vyhnout se poměrně pracnému výpočtu směrodatné odchylky rozsáhlých řad denních průtoků za období několika desítek let, autor doporučil odvozování variačního koeficientu V podle vzorce

$$V = 6,538 \frac{Q_{30} - Q_{330}}{10 Q_a},$$

Naznačeným postupem se odvodila míra variability denních průtoků všech řek ČSR v místech vodoměrných stanic, a to pro období 1931–1960 a pro období 1951–1960. Z období vyplynuly určité společné závěry, a to že variabilita denních průtoků je pro jednotlivé řeky ČSR dosti rozdílná a že se z porovnání řek nebo částí říčních systémů na větších územních celcích dají vyvodit určité zákonitosti.

Posouzení kvantity výchozích údajů a přístup k jejich rozboru

Závěry o zákonitostech změn hodnot měr variability denních průtoků na větší ploše území mohou být ovlivněny nejen počtem vodoměrných stanic na daném území a jejich rozmístěním, nýbrž i početním zastoupením řek různých délek.

Na celém území ČSR s povodím řeky Labe po Děčín, Odry a Olše, Stěnavy, Lužické Nisy a Smědavy po poslední vodoměrné stanici v blízkosti hranic a Moravy po Moravský Ján pod soutokem s Dyjí, je celkem 226 vodoměrných stanic, z nichž bylo možné vypočítat míru variability denních průtoků z období 1951–1960. Na celém tomto území o rozloze 81 596 km² připadá průměrně jedna vodoměrná stanice na 361 km² plochy povodí. V povodí Labe připadá průměrně jedna stanice na 387 km², v povodí Odry a Moravy na 324 km². Není tedy hustota rozmístění vodoměrných stanic v povodí jmenovaných řek stejná, avšak také není výrazně rozdílná. I když není síť vodoměrných stanic v povodí hlavních řek ČSR rovnoměrně rozložena, je přece jen poměrně značně hustá. Z období 1931–1960 bylo však možno vypočítat míru variability denních průtoků jen z poloviny uvedeného počtu vodoměrných stanic.

V zastoupení povodí určitých velikostí se silně projevuje hydrologická situace ČSR. V blízkosti hlavního kontinentálního rozvodí početně převládají řeky o malé ploše povodí. Síť vodoměrných stanic není však rozmístěna tak, aby počet stanic uzavírajících různě velká povodí řek byl úměrný odpovídajícímu počtu povodí příslušných velikostí. Zastoupení povodí různých velikostí, uzavřených vodoměrnými stanicemi, je uvedeno v tab. 1.

Tabulka 1. Plochy povodí řek ČSR uzavřené vodoměrnými stanicemi

P km ²	Počet povodí			% z celkového počtu stanic povodí		
	Labe	Morava a Odra	ČSR	Labe	Morava a Odra	ČSR
<100,0	16	16	32	12,1	17,0	14,2
100,0— 499,9	46	44	90	34,8	46,8	39,8
500,— 999,9	25	12	37	18,9	12,8	16,4
1 000,0— 4 999,9	28	18	46	21,2	19,1	20,4
5 000,0— 9 999,9	8	2	10	6,1	2,1	4,4
10 000,0—19 999,9	4	1	5	3,0	1,1	2,2
20 000,0—50 000,0	4	1	5	3,0	1,1	2,2
>50 000,0	1	0	1	0,8	0,0	0,4
Celkem	132	94	226	99,9	100,0	100,0
P km ² na jednu stanicí v průměru	387	324	361			

Malá povodí o ploše do 100 km² jsou zastoupena daleko méně než povodí větší, zvláště o ploše od 100 do 500 km², která jsou vůbec nejčetnější. Ve skupině povodí o ploše do 100 km² jsou zastoupena i povodí do 25 km² v Čechách, na Moravě dokonce dvě povodí o ploše menší než 5 km². Zastoupení malých povodí o ploše do 100 km², jež je neúměrně jejich velikému počtu na našem území, by mohlo být nedostatkem, který by se mohl projevit v závěrech o zákonitostech změn míry variability denních průtoků v prostoru. Ukazuje se však, že rozdíly v míře variability denních průtoků nejsou tak závislé na velikosti plochy povodí, jako spíše na vlastnostech hornin a celého přírodního prostředí povodí. Lze proto pokládat hodnoty měr variability denních průtoků v místech vodoměrných stanic za soubor náhodných veličin, který lze srovnávat s podobným souborem těchto hodnot pro dílčí územní celky ČSR. Při vyčleňování těchto souborů, které vlastně představuje dělení celého území na jednotlivé dílčí oblasti, vycházíme z poznatků o změnách těch prvků fyzikogeografického prostředí, které mohou rozkolísanost denních průtoků ovlivňovat. Proto můžeme uvažvat jednak o souboru z celého území ČSR, chceme-li míru variability denních průtoků jejich řek porovnávat se stejnou vlastností řek Slovenska (SSR) nebo jiných území, jednak o samostatném souboru z povodí Labe a jednak o souboru z povodí Odry a Moravy. Je však možné a účelné pro vzájemné porovnávání vyčlenit i menší hydrologicky, fyzikogeograficky nebo geologicky významné územní jednotky včetně výškových pásem v hluboko rozčleněném horském reliéfu. Důležité je přitom i to, aby soubory měly dostatečně velký rozsah, neboť jen u takových lze postihnout existující odlišnosti, či podobnosti sledovaného jevu.

Na takto vyčleněných dílčích územích je míra variability denních průtoků řek obvykle dosti rozdílná. Rozdíly mezi soubory hodnot těchto měř nejsou na první pohled zjevné. Objeví se však tehdy, použijeme-li k jejich srovnávání základní statistické prostředky, které charakterizují soubor několika čísel, čili tzv. charakteristikami. Jde hlavně o střední hodnoty, a to o aritmetický průměr, medián a modus, které charakterizují obecnou velikost zkoumaného jevu v daném souboru, popřípadě o četnost výskytu členů určité velikosti. V našem případě byly určeny pomocí skupinového rozdělení četností. Rozsah skupin (intervalů) byl zvolen 0,1 V, takže např. pro povodí Labe vzniklo 19, pro povodí Moravy a Odry 16 skupin, což je již postačující.

Změna variability denních průtoků řek v západovýchodním směru

K postižení případných změn variability denních průtoků řek ČSR ve směru od západu k východu jsou vzájemně porovnávány soubory variačních koeficientů V z povodí Labe na straně jedné a z povodí Odry a Moravy na straně druhé. Srovnávané soubory jsou úplné. Nejsou z nich vyňaty řeky, na jejichž průtoky mohou mít vliv vlastnosti hornin a podíl podzemních vod na jejich napájení; ty se konečně projevují jak v povodí Labe, tak i v povodí Moravy. U obou územních celků se porovnávají soubory variačních koeficientů odvozených z období 1951—1960 a z období 1931—1960. Střední hodnoty obou souborů jsou uvedeny v tab. 2.

Nejčastěji se vyskytující mírou variability denních průtoků (modus) jsou v období 1931—1960 v povodí Labe variační koeficienty v rozsahu 1,30—1,39. Tvoří 26,6 % členů celého souboru. Variační koeficienty v rozmezí 1,20—1,49, tj. v rozsahu modálního intervalu a intervalů předcházejícího a následujícího modálnímu, tvoří 65,6 % členů celého souboru. V povodí Odry a Moravy jsou pro totéž období nejčastěji se vyskytující variační koeficienty v rozmezí 1,40—1,49 a jejich četnost dosahuje 28,0 % celého souboru. Variační koeficienty spadající do intervalu modálního a jemu předcházejícího a následujícího dosahují hodnot v rozpětí 1,30—1,59 a tvoří 52 % celého souboru.

Nejčastěji se vyskytující mírou variability denních průtoků odvozenou z období 1951—1960 jsou variační koeficienty v rozsahu 1,20—1,29 v povodí Labe (29 %) a v rozsahu 1,30—1,39 v povodí Moravy a Odry (21,3 %). Největší počet členů souboru variačních koeficientů v povodí Labe (70,2 %) spadá do intervalu 1,10—1,39, tj. do intervalu modálního, jemu předcházejícího a následujícího. V povodí Moravy a Odry je to 48,9 % případů, které se mění v rozsahu 1,20—1,49. Porovnáme-li tedy hranice modálních intervalů i hodnoty nejčastěji se vyskytujícího variačního koeficientu (modu) v obou částech ČSR, zjistíme, že v povodí Moravy a Odry jsou asi o 0,1 vyšší než v povodí Labe. Srovnáme-li četnost výskytu hodnot variačních koeficientů vyšších 1,29, což je horní hranice modálního intervalu platného pro celé území ČSR, opět zjistíme, že v povodí Moravy a Odry je četnost daleko vyšší (63, tj. 67 %) než v povodí Labe (50, tj. 38,2 %). K podobnému závěru dospějeme i tehdy, porovnáme-li stejné hodnoty z méně početných vodoměrných stanic s třicetiletými řadami denních průtoků (1931—1960) nebo jen z těch stanic, z nichž jsou třicetileté i desetileté řady denních průtoků (třetí část tab. 2).

Podobné výsledky přináší i srovnání mediánů a aritmetických průměrů z obou územních částí, odvozených z obou období, jako dalších středních hodnot. Pro povodí Moravy jsou nejméně o 0,10 a nejvíce o 0,14 vyšší než pro povodí Labe. Výrazně četnější jsou i variační koeficienty rovné nebo vyšší jejich aritme-

Tabulka 2. Četnost výskytu varičního koeficientu V jako míry variability denních průtoků v povodí řek ČSR v období 1931—1960 a 1951—1960

Třídní intervaly x_i	Třídní četnosti n_i v povodí											
	1931—1960			1951—1960			1951—1960			1951—1960		
	Labe	Odry a Moravy	ČSR	Labe	Odry a Moravy	ČSR	Labe	Odry a Moravy	ČSR	Labe	Odry a Moravy	ČSR
n_i	Σn_i	n_i	Σn_i	n_i	Σn_i	n_i	Σn_i	n_i	Σn_i	n_i	Σn_i	n_i
1,90—1,99	—	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1
1,80—1,89	1	1	2	1	2	3	1	2	3	1	1	2
1,70—1,79	3	4	6	8	13	12	7	9	10	3	3	5
1,60—1,69	1	5	8	13	18	18	7	16	19	5	9	12
1,50—1,59	4	9	5	21	30	34	10	26	34	9	18	23
1,40—1,49	12	21	14	35	26	67	17	43	67	6	24	41
1,30—1,39	17	38	4	39	21	46	20	63	46	11	35	21
1,20—1,29	13	51	6	45	19	96	9	72	47	4	39	23
1,10—1,19	10	61	2	47	12	108	116	11	83	5	44	18
1,00—1,09	2	63	1	48	3	111	121	8	91	3	47	5
0,90—0,99	—	63	—	48	—	111	123	1	92	1	62	2
0,80—0,89	—	64	—	49	—	113	126	—	92	—	64	2
0,70—0,79	—	—	—	49	—	113	128	1	93	3	218	2
0,60—0,69	—	—	—	49	—	113	128	1	93	3	221	1
0,50—0,59	—	—	—	50	—	114	129	—	93	—	221	—
0,40—0,49	—	—	—	—	—	—	129	—	93	—	222	—
0,30—0,39	—	—	—	—	—	—	150	—	94	1	223	—
0,20—0,29	—	—	—	—	—	—	130	—	—	—	223	—
0,10—0,19	—	—	—	—	—	—	131	—	—	—	224	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	225	—
Modální interval \hat{V}	1,30—1,39	1,40—1,49	1,40—1,49	1,40—1,49	1,40—1,49	1,40—1,49	1,20—1,29	1,30—1,39	1,20—1,29	1,20—1,29	1,20—1,29	1,20—1,29
Modus \hat{V}	1,35	1,43	1,43	1,43	1,46	1,46	1,26	1,33	1,25	1,26	1,25	1,25
Medián \tilde{V}	1,33	1,47	1,47	1,47	1,39	1,39	1,26	1,37	1,30	1,27	1,30	1,32
Průměr \bar{V}	1,35	1,45	1,45	1,45	1,40	1,40	1,25	1,37	1,30	1,26	1,30	1,32

tickému průměru pro celé území ČSR (1,20 pro období 1951—1960 a 1,40 pro období 1931—1960) v povodí Moravy a Odry (63, tj. 67 %) než v povodí Labe (50, tj. 38,2 %).

Všechna výše uvedená porovnání, doložená patřičnými hodnotami v tab. 2, prokazují, že jak rozdíly ve všech středních hodnotách souborů variačních koeficientů, tak i četnost hodnot vyšších než průměrné hodnoty, platné pro celé území ČSR, jsou mezi povodím Labe a povodím Moravy a Odry výrazné. Opravňují proto učinit závěr, že variabilita denních průtoků řek v povodí Moravy a Odry je v průměru vyšší než v povodí Labe a že vzrůstá směrem od západu na východ v souladu s rostoucí kontinentalitou klimatu.

Vztah míry variability denních průtoků řek k ploše povodí

Jak dalece může mít míra variability denních průtoků řek souvislost s velikostí plochy povodí, může ukázat porovnání hodnot variačních koeficientů ve vodoměrných stanicích, uzavírajících povodí různých velikostí. Poněvadž pro provedení této souvislosti je nutné mít dostatečný počet vodoměrných stanic pro všechny skupiny povodí určitých velikostí, bylo možné jej provést jen z období 1951—1960 a pro stanice uzavírající povodí do velikosti 5 000 km². Z těchže důvodů nebylo možné vyčlenit malá povodí do 20 km². Výsledky naznačeného rozboru jsou uvedeny v tab. 3. Poněvadž soubory variačních koeficientů jsou pro všechny čtyři skupiny povodí poměrně malé, srovnávají se alespoň dvě charakteristiky jejich polohy. Průměrný variační koeficient (\bar{V}) byl vypočítán jako aritmetický průměr z řady, jejíž rozsah je uveden v posledním řádku tabulky. Medián (\tilde{V}) odpovídá hodnotě středního členu příslušného souboru, uspořádaného podle velikostí. Nejčastěji se vyskytující variační koeficient (\hat{V}) má hodnotu středního modálního intervalu, jehož hranice jsou uvedeny v tab. 3 jen pro celé území ČSR, neboť pro obě porovnávaná území není v některých případech třídní četnost v potřebných intervalech dostatečná pro jeho spolehlivé stanovení.

Porovnáme-li u všech čtyř skupin různě velkých povodí průměry a mediány souborů variačních koeficientů, zjistíme, že mezi velikostí plochy povodí a velikostí míry variability denních průtoků není všeobecně platná závislost. Porovnáme-li rozpětí variačních koeficientů u všech skupin řek ($V_{\max} - V_{\min}$), pozorujeme, že ve všech skupinách se může míra variability měnit v dosti značném rozsahu, který se však na celém území ČSR zmenšuje se zvětšující se plochou povodí postupně z 1,57 na povodích o ploše do 100 km² na 1,06 na povodích o ploše 1 000—5 000 km². Ani pro povodí Labe, ani pro povodí Moravy a Odry není tato změna již jednoznačná.

Zjištění, že denní průtoky na malých řekách s povodím sotva několik km² mohou být stejně variabilní jako na řekách s povodím do 5 000 km² nebo i značně větším, je důležité nejen pro poznání vlastního sledovaného jevu. Potvrzuje i to, co bylo uvedeno v kapitole, že totiž náhodný výběr vodoměrných stanic, neodpovídající poměrnému zastoupení povodí určitých velikostí, nemusí být na závalu spolehlivosti všeobecných závěrů o změnách variability denních průtoků. O její míře rozhodují zřejmě činitelé přírodního prostředí daleko více než velikost odtokové plochy.

Pokud však porovnááme u všech čtyř skupin různě velkých povodí hodnoty průměru a mediánu souboru variačních koeficientů platných pro povodí Labe a pro povodí Moravy a Odry, zjišťujeme, že ve všech případech jsou obě střední hodnoty na řekách povodí Moravy a Odry vyšší. Stejně tak jsou vyšší i hodnoty nejvyššího a nejnižšího variačního koeficientu (V_{\max} a V_{\min}). Takto znovu

Tabulka 3. Hodnoty varičního koeficientu V řad denních průtoků ve vodoměrných stanicích uzavírajících různé veliké plochy povodí (období 1951—1960).

	Povodí (v km ²)											
	do 100			100,1—500,0			500,1—1 000			1 000,1—5 000		
	Labe	Morava Odra	ČSR	Labe	Morava Odra	ČSR	Labe	Morava Odra	ČSR	Labe	Morava Odra	ČSR
\bar{V}	1,20	1,40	1,30	1,28	1,36	1,33	1,17	1,45	1,26	1,27	1,32	1,29
V_{\min}	0,19	1,04	0,19	0,37	0,44	0,37	0,59	1,10	0,59	0,84	1,02	0,84
V_{\max}	1,67	1,76	1,76	1,61	1,78	1,78	1,52	1,90	1,90	1,90	1,62	1,90
\bar{V}	1,28	1,34	1,33	1,29	1,42	1,32	1,20	1,41	1,29	1,24	1,32	1,29
\hat{V}			1,30—1,39			1,40—1,49			1,20—1,29			1,30—1,39
\bar{V}	1,30	1,30	1,30	1,33	1,33	1,33	1,26	1,26	1,26	1,29	1,29	1,29
$\Sigma V > \bar{V}$	8	10	18	16	26	42	9	11	18	12	11	23
$\% \Sigma V > \bar{V}$	50	62,5	55,2	34,8	59,1	46,7	36,0	91,7	46,6	42,8	61,1	50,0
ΣP km ²	968,5	831,1	1 789,6	12 736	12 513	25 249	18 990	8 383	27 373	35 895	41 586	107 481
$\emptyset P$ km ²	60,5	51,3	55,9	237	284	280	760	699	740	2 353	2 310	2 337
Počet vodoměr- ných stanic	16	16	32	46	44	90	25	12	37	28	18	46

potvrzený závěr o růstu variability denních průtoků ve směru od západu na východ potvrzuje i četnost výskytu variačních koeficientů vyšších než příslušný průměr, platný pro každou ze čtyř skupin řek pro celé území ČSR. V 7. a 8. řádku tabulky je četnost vyjádřena celkovým počtem případů ($\Sigma V > \bar{V}$) i v procentech příslušného počtu všech vodoměrných stanic každé skupiny ($\% \Sigma V > \bar{V}$).

Změny variačního koeficientu jako míry variability denních průtoků řek se ve směru severojižním nedají bezpečně prokázat.

Změny míry variability denních průtoků s rostoucí délkou řek

Na větších řekách ČSR i na mnoha jejich přítocích je několik vodoměrných stanic, podle nichž lze poznat změny míry variability denních průtoků směrem po toku. Ač ke změnám v uvedeném smyslu dochází, nejsou jednoznačné. Vyplyvá to z jejich srovnání jak z období 1931—1950, tak i z období 1951—1960.

U Labe i Vltavy se míra variability denních průtoků podstatně nemění od jejich pramenných úseků až po poslední vodoměrné stanice. Mírně kolísá kolem průměrné hodnoty v rozsahu nejvíce $\pm 0,1$, která je u Labe nepatrně vyšší (1,28 z období 1931—1960 a 1,22 z období 1951—1960) než u Vltavy (1,24 a 1,18). Vliv vodních nádrží na Vltavě se v uvedeném období nemohl projevit.

U řeky Moravy je v obou obdobích typické zvětšování míry variability denních průtoků od pramenného úseku až po dolní tok nad soutokem s Dyjí (z 1,09 na 1,58 nebo z 1,11 na 1,86). Pod soutokem s Dyjí je nižší, což může být v souvislosti nejen s rozsáhlými inundacemi při soutoku, nýbrž i s Dyjí, jejíž variabilita je v dolním toku značně nižší než u Moravy (Dolní Věstonice 1,22 a 1,04).

U poboček hlavních řek ČSR se variabilita denních průtoků mění nesterjně. U některých se udržuje na stejné hodnotě po celé délce toku (např. Otava, Lužnice, Sázava, Bečva), u jiných se snižuje (Jizera, Odra) nebo zvyšuje (Metuje, Mže, Ohře, Jihlava, Oslava). Příčiny těchto rozdílných změn míry variability denních průtoků jsou patrně dosti složité a nelze je uspokojivě vysvětlit ani v případě, mohou-li být posuzovány v období 1931—1960. Poněvadž změna variability denních průtoků směrem po toku je vlastně v souvislosti s růstem plochy povodí, potvrzuje se zde opět závěr, že přímý vztah mezi velikostí plochy povodí a mírou variability denních průtoků není obecně platný.

Vliv některých vlastností přírodního prostředí na míru variability denních průtoků

Z vlastností přírodního prostředí menších povodí řek, které mohou výrazně ovlivňovat odtok vody z povodí, vyniká zvláště vliv propustnosti hornin. U všech řek, jejichž povodí jsou z největší části tvořena propustnými horninami, v nichž mohou vznikat větší zásoby podzemní vody, jako jsou pískovce České křídové tabule, je variabilita denních průtoků výrazně nízká (např. Bělá, Zábrdka, Malá Mohelka v povodí Jizery, Ploučnice, Metuje, Svitava); jejich míra nepřesahuje hodnotu 1,0, což není u řek s povodím budovaným krystalickými horninami. Je i výrazem hlavního zdroje jejich napájení, jímž jsou podzemní průlinové a puklinové vody.

K prokázání účinku rozdílných vlastností zvětralínové pokrývky na míru variability denních průtoků řek je vhodné srovnávat území Hrubého Jeseníku a území Moravskoslezských Beskyd a k nim přiléhajících pásem karpatského flyše v povodí Bečvy. Z mnoha vodoměrných stanic lze vzít za základ srovnání pouze koeficienty odvozené z desetiletí 1951—1960 (viz

tab. 4). Některé vodoměrné stanice v povodí Moravice a Opavy jsou sice již značně vzdáleny od hranic Hrubého Jeseníku, avšak dá se předpokládat, že obě řeky si v nich udržují ty vlastnosti režimu denních průtoků, kterých nabyly v pramenném úseku. Jak průměrná hodnota variačního koeficientu (\bar{V}), tak i počet variačních koeficientů vyšších, než je průměr platný pro celé povodí Moravy a Odry (1,37) a pro celé území ČSR (1,30), ukazují, že v oblasti Hrubého Jeseníku jsou denní průtoky řek mnohem vyrovnanější. Tentýž závěr a téměř shodný rozdíl v průměrné hodnotě variačního koeficientu vychází i ze srovnání řeky Moravy v Raškově, Moravičanech a Desné v Šumperku ($V = 1,21$) a Vsetínské Bečvy ve Vsetíně, Rožnovské Bečvy v Rožnově a Ostravice v Šancích ($V = 1,58$) v období 1931–1960.

Tabulka 4. Porovnání míry variability denních průtoků řek na území Hrubého Jeseníku a Moravskoslezských Beskyd (období 1951–1960)

Hrubý Jeseník			Moravskoslezské Beskydy		
Řeka	Vodoměrná stanice	V	Řeka	Vodoměrná stanice	V
Morava	Vlaské	1,20	Vsetínská Bečva	Velké Karlovice	1,61
Telečský potok	Staré Město	1,06	Kychovka	Kychová	1,35
Krupá	Habartice	1,28	Zděchovka	Zděchov	1,60
Morava	Raškov	1,11	Vsetínská Bečva	Ústí	1,67
Desná	Rapotín	1,15	Senice	Lužná	1,70
Desná	Šumperk	1,15	Vsetínská Bečva	Vsetín	1,66
Morava	Moravičany	1,35	Bystřička	Bystřička pod př.	1,76
Moravice	Leskovec	1,44	Vsetínská Bečva	Jarcová	1,64
Opava	Opava	1,35	Rožnovská Bečva	Krásno	1,56
Moravice	Branka	1,44	Ostravice	Šance	1,40
Průměr		1,25			1,60
Počet případů $V > 1,37$		2			9
Počet případů $V > 1,30$		4			10

Horniny, na nichž vznikl v obou územích podobný hornatý reliéf, lze označit za nepropustné. Na flyšových jílovitých břidlicích a pískovcích povodí Bečvy a Ostravice vznikly převážně jemnozrnné a málo propustné zvětraliny, zatímco na tvrdých, převážně krystalických břidlicích Hrubého Jeseníku zvětraliny hrubozrnné, balvanová moře, sutě a hlinité sutě, které jsou příhodné pro tvoření větších zásob podzemních vod i pro rychlejší vsakování vody, k čemuž napomáhá i mnohem drsnější povrch svahů. Poněvadž míra zalesnění obou srovnávaných horských území je téměř stejná, míra vyrovnanosti ročního chodu srážek je rovněž přibližně stejná a množství a intenzita srážek i průběh tání sněhové pokrývky jsou velmi podobné, lze vysvětlit příčinu výrazného rozdílu v míře variability denních průtoků jedine odlišnými vlastnostmi zvětralinového pláště. Tato vlastnost se výrazně projevuje i v hodnotách specifického odtoku, odpovídajícího průtoku průměrně překročenému 355 dní v roce. V povodí Moravy po soutok s Mor. Sápravou ($P = 821 \text{ km}^2$) je trojnásobně vyšší ($q_{355} = 3,63 \text{ l/s/km}^2$) než v povodí Vsetínské Bečvy a Rožnovské Bečvy ($P = 987 \text{ km}^2$, $q_{355} = 1,14 \text{ l/s/km}^2$).

Další faktor, který může výrazněji ovlivňovat velikost i časové rozdělení odtoku vody z povodí, je les a míra zalesnění povodí. U horských povodí Kychovky (zalesněno) a Zděchovky (nezalesněno) v povodí Vsetínské

Bečvy ve Vsetínských vrších o ploše 4,2 km² je rozdíl v míře variability denních průtoků patrný, i když ne příliš výrazný (v období 1931—1960 $V = 1,58$ a 1,68; v období 1951—1960 $V = 1,35$ a 1,60). Podle rozdílných hodnot variačních koeficientů lze tedy potvrdit, že při zachování analogie všech ostatních vlastností přírodního prostředí povodí může existence lesních porostů zmenšovat variabilitu denních průtoků. Abychom mohli toto zjištění prokázat i na jiných řekách, porovnali jsme variační koeficienty ze všech stanic s povodím do 500 km². S vyloučením těch řek, jejichž variabilita denních průtoků je zjevně ovlivněna výskytem propustných hornin převážné části povodí, zůstalo k porovnání 110 hodnot variačních koeficientů.

Při pouhém náhodném porovnání hodnot variačních koeficientů se vyšší stupeň zalesnění neprojevuje tak, aby byla míra variability denních průtoků na řekách s povodím více zalesněným vždy nižší. Nestává se to ani v případech povodí podobných vlastnostmi hornin a typem reliéfu. Mezi řekami jsou i případy, že v povodí o lesnatosti 90 % je míra variability denních průtoků vyšší než v povodích zalesněných jen z 10 %. Poněvadž takové náhodné porovnání bez dostatečné znalosti o jiných vlastnostech přírodního prostředí povodí by nevedlo k prokázání očekávaného vlivu lesa, autor zkoušel porovnávat průměrné hodnoty variačních koeficientů \bar{V} odvozené ze souborů rozdělených podle rozdílné lesnatosti povodí řek (tab. 5). Hranice 30 % lesnatosti byla zvolena s přihlédnutím k celostátnímu průměru zalesnění a také proto, že lesnatost blízká 30 % je v souboru srovnávaných povodí nejčtenější (27). Srovnávání průměrných variačních koeficientů řek s povodím o lesnatosti 70 % a větší na straně jedné a 30 % a menší na straně druhé bylo použito k poznání případných výraznějších rozdílů mezi oběma skupinami řek. Výsledek je však jen orientační, neboť počet povodí zalesněných ze 70 % a více je k tomu, aby mohl být vyvozen objektivní závěr, příliš malý. Ve všech případech se ukázalo, že hodnoty průměrných variačních koeficientů jsou vyšší v povodích méně zalesněných než v povodích více zalesněných. Rozdíl však není příliš výrazný a nepřekračuje 0,11 \bar{V} . Rozdělíme-li si však ČSR na dva samostatné celky, jeví se mnohem výraznější rozdíl mezi průměrnými hodnotami variačního koeficientu v povodí Labe než v povodí Moravy a Odry. V povodí Labe dosahuje 0,15 až 0,18, kdežto v povodí Moravy a Odry je tak nepatrný, že by se touto metodou hydrologická funkce lesa na variabilitu denních průtoků nedala prokázat.

Ačkoli se všeobecně tvrdí, že lesní porosty mají příznivý vliv na vyrovnávání povrchového odtoku, což prokazují četná srovnávání analogických povodí různě zalesněných, nelze takové závěry bezprostředně přenášet na každé povodí bez uvážení možného výrazného vlivu jiného faktoru přírodního prostředí, který může příznivý vliv lesa setřít, zcela potlačit nebo v opačném případě zesílit.

Rozdíly ve vztahu mezi lesnatostí povodí a mírou variability denních průtoků řek, zjištěné použitou metodou v povodí Labe a v povodí Moravy a Odry, jsou nejen překvapující, nýbrž i poučné v tom smyslu, jak neopodstatněné by bylo činit závěry o některých prvcích režimu průtoků jen s přihlédnutím k jednomu nebo nanejvýše k několika faktorům přírodního prostředí. O konkrétním účinku některého z nich se lze přesvědčit i v této práci používanou metodou. Z hodnot průměrných variačních koeficientů v tab. 5 vynikají opět rozdíly mezi řekami povodí Moravy a Odry a řekami povodí Labe, na nichž jsou nižší nejen u řek s povodím více zalesněným, nýbrž i u řek s povodím méně zalesněným, i když v tomto případě jsou méně výrazné. I tentokrát se projevuje souvislost mezi růstem kontinentality klimatu a variabilitu denních průtoků ve směru od západu na východ.

Tabulka 5. Porovnání míry variability denních průtoků řek s různě zalesněným povodím o ploše do 500 km² (období 1951—1960).

	Povodí		
	Labe	Moravy a Odry	ČSR
Lesnatost $l \geq 50 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	66,4	59,6	62,6
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,21	1,38	1,30
3. Počet vodoměrných stanic	22	27	49
Lesnatost $l < 50 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	29,6	29,8	29,7
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,36	1,40	1,38
3. Počet vodoměrných stanic	32	29	61
Lesnatost $l > 50 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	72,5	64,4	68,2
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,19	1,40	1,30
3. Počet vodoměrných stanic	16	18	34
Lesnatost $l \leq 50 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	32,8	34,6	33,7
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,34	1,39	1,37
3. Počet vodoměrných stanic	38	38	76
Lesnatost $l > 30 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	58,2	54,7	56,4
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,24	1,38	1,31
3. Počet vodoměrných stanic	33	36	69
Lesnatost $l \leq 30 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	23,7	25,0	24,4
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,39	1,44	1,42
3. Počet vodoměrných stanic	21	20	41
Lesnatost $l \geq 70 \%$			
1. Průměrná lesnatost \bar{l}	80,0	78,3	79,1
2. Průměrný variační koeficient \bar{V}	1,21	1,46	1,32
3. Počet vodoměrných stanic	7	6	13

Třídění a jmenné označení řek podle míry variability denních průtoků

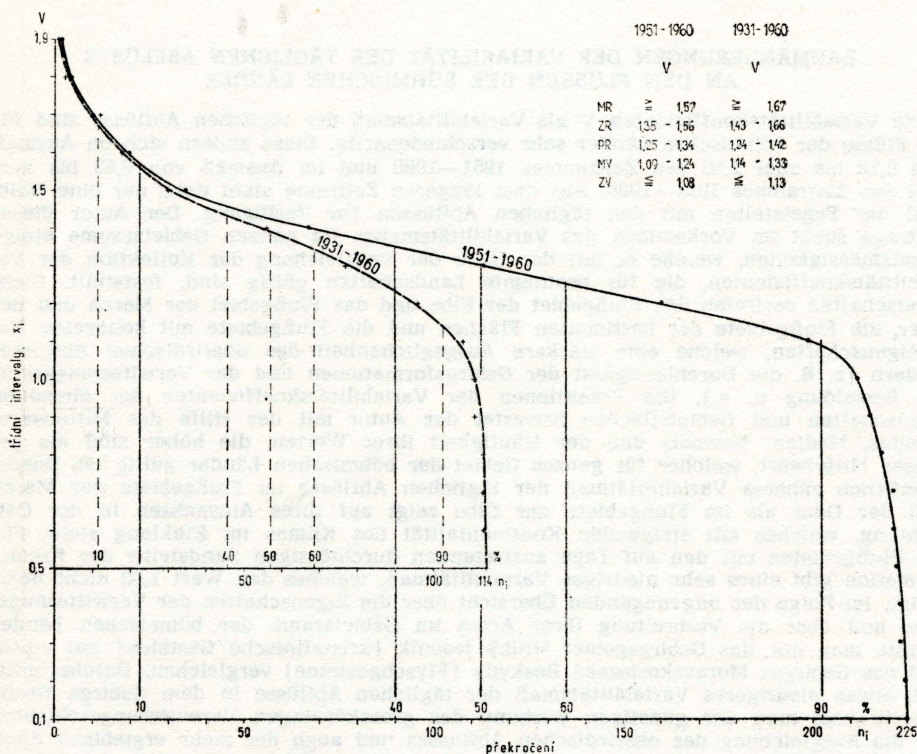
Číselné hodnoty míry variability denních průtoků sice umožňují řeky vzájemně srovnávat a spolehlivě poznat, která z nich, popřípadě který úsek téže řeky vykazuje větší či menší míru, avšak nedovolují řeku zařadit do příslušné kategorie. Návrh na třídění a jmenné označení řek podle míry variability denních průtoků vychází z rozboru četností jejich výskytu — v podstatě z čar kumulativního rozdělení četností. Vyjádříme-li si relativní kumulativní četnost — čili překročení — v procentech, můžeme podle průběhu čáry vymezit hranice pěti

kategorií řek podle zásady uvedené v tab. 6 a jednotlivé kategorie označit jmenovitě a symbolickými znaky.

Tabulka 6. Návrh klasifikace řek ČSR podle míry variability denních průtoků z období 1951—1960 a 1931—1960

Variační koeficient V		Jmenné označení typu řeky	Symbolické označení typu řeky
1951—1960	1931—1960		
$\geq 1,57$	$\geq 1,67$	mimořádně rozkolísaný	MR
1,35—1,56	1,43—1,66	značně rozkolísaný	ZR
1,25—1,34	1,34—1,48	průměrně rozkolísaný	PR
1,09—1,24	1,14—1,33	mírně vyrovnaný	MV
$\leq 1,08$	$\leq 1,13$	značně vyrovnaný	ZV

Hraniční hodnoty variačních koeficientů jednotlivých kategorií byly určeny z řady měr variability, odvozených z období 1931—1960 a 1951—1960. Z třicetiletého období jsou zhruba o 0,1 vyšší, avšak tvar obou křivek překročení je velmi podobný (obr. 1).



1. Čáry kumulativního rozdělení četností variačního koeficientu jako míry variability denních průtoků řek českých zemí.

I když princip navržené klasifikace řek podle míry variability denních průtoků může mít všeobecnou platnost, jsou hraniční hodnoty variačních koeficientů pro jednotlivé kategorie platné jen pro území ČSR a nedají se převádět pro území jiná.

Způsob kartografického vyjadřování míry variability denních průtoků je nejvýstižnější značkovou metodou (obr. 2). Hodnota variačního koeficientu je platná jen pro danou vodoměrnou stanici nebo jí blízký úsek řeky. Není možné bez nebezpečí hrubého zkreslení skutečných poměrů v říční síti vztahovat ji na celou plochu povodí, tj. i na ostatní větve říční sítě. Teprve podle převládajícího výskytu řek určité kategorie by bylo možné vyčlenit na větším území hydrologické územní jednotky. Z kartogramu na obr. 2 vystupují některé jednotky dosti zřetelně, ačkoli v tomto případě jde jen o zhodnocení míry variability denních průtoků z období 1951—1960. Autor pokládá za prospěšnější vymezit takové jednotky poté, až bude počet vodoměrných stanic rozšířen o ty, které byly v poslední době umístěny na řadě menších toků, a míry variability denních průtoků odvozeny z delšího období než desetiletého.

Literatura

- Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Díl I. Hydrometeorologický ústav Praha 1965.
NETOPIĽ R. (1970): Metody výpočtu variability denních průtoků na příkladu řek Čech a Moravy. Geografický časopis SAV XXII, č. 3, Bratislava.

RAUMÄNDERUNGEN DER VARIABILITÄT DER TÄGLICHEN ABFLÜSSE AN DEN FLÜSSEN DER BÖHMISCHEN LÄNDER

Die Variabilitätskoeffizienten V als Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse sind für die Flüsse der böhmischen Länder sehr verschiedenartig. Diese ändern sich im Ausmaß von 0,19 bis zum 1,90 des Zeitraumes 1951—1960 und im Ausmaß von 0,53 bis zum 1,94 des Zeitraumes 1931—1960. Aus dem längeren Zeitraum steht doch nur eine Halbzahl der Pegelstellen mit den täglichen Abflüssen zur Verfügung. Der Autor dieser Beiträge sucht im Vorkommen des Variabilitätsmaßes im ganzen Gebietsraume einige Gesetzmäßigkeiten, welche er mit der Hilfe der Vergleichung der Kollektion der Variabilitätskoeffizienten, die für bestimmte Landschaften gültig sind, feststellt. Diese Landschaften vertreten das Flußgebiet der Elbe und das Flußgebiet der March und der Oder, die Flußgebiete der bestimmten Flächen und die Flußgebiete mit konkreten Natureigenschaften, welche eine stärkere Ausgeglichenheit des oberirdischen Abflusses fördern (z. B. die Durchlässigkeit der Gebirgsformationen und der Verwitterungszone, die Bewaldung u. a.). Die Kollektionen der Variabilitätskoeffizienten der einzelnen Landschaften und Gebietsflächen bewertet der Autor mit der Hilfe der Mittelwerte (Modus, Median, Normal) und der Häufigkeit ihrer Werten, die höher sind als gewisser Mittelwert, welcher für ganzes Gebiet der böhmischen Länder gültig ist. Durchschnittlich näheres Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse im Flußgebiete der March und der Oder als im Flußgebiete der Elbe zeigt auf ihres Anwachsen in der Ost-richtung, welches mit steigenden Kontinentalität des Klimas im Einklang steht. Für die Flußgebieten mit den auf Tage austretenden durchlässigen Sandsteine der Kreideformation gibt eines sehr niedriges Variabilitätsmaß, welches den Wert 1,00 nicht übersteigt. Im Folge der ungenügenden Übersicht über die Eigenschaften der Verwitterungszone und über die Verbreitung ihrer Arten im Gebietsraum der böhmischen Länder konnte man nur das Gebirgsgebiet Hrubý Jeseník (kristalinische Gesteine) mit einem Teil des Gebirges Moravskoslezské Beskydy (Flyschgesteine) vergleichen. Durchschnittlich etwas niedrigeres Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse in dem Gebirge Hrubý Jeseník kam man der günstigen Wirkung der grosskörnigen Verwitterungsschichten für die Ausgleichung des oberirdischen Abflusses und auch der mehr ergiebigen Speicherung der Flüsse aus den Grundwasservorräten, bescheiden. In den mehr bewaldeten Flußgebieten zeigt sich das Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse durchschnittlich etwas niedriger als in den weniger bewaldeten oder entwaldeten Flußgebieten. Aber auch Gegenfälle kommen manchmal vor. Der Wald gleicht den Abfluß markanter aus in dem Flußgebiete der Elbe als in dem Flußgebiete der March und der Oder. Diese Erscheinung kann man wieder mit der vergrößernden Kontinentalität des Klimas in Ostrichtung verbinden. Die Relation zwischen dem Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse und der Flußgebietsfläche oder der Flußlänge kann man nicht nachweisen. Nach dieser Feststellung ist der Autor zu der Überzeugung gekommen, daß die Zahl

der Pegelstellen mit Einzugsgebiete von verschieden Größe, welche unverhältnismässig zur Häufigkeit der Einzugsgebieten von bestimmten Flächen sind, kann nicht der Gültigkeit des zitierten Schlusses und der Flußklassifikation nach dem Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse im Wege stehen. Bei der vorgeschlagenen Flußklassifikation benützt der Autor die Dauerlinie der Variabilitätskoeffizienten, die aus dem Zeitraume 1951—1960 aus 225 Pegelstellen errechnet sind.

1. Die Flächen der Flußgebieten in den böhmischen Ländern mit Pegelstellen verschlossen.
 2. Die Häufigkeit des Variabilitätskoeffizientes V als Variabilitätsmaß der täglichen Abflüsse in den böhmischen Ländern des Zeitraumes 1931—1960.
 3. Die errechneten Variabilitätskoeffizienten V aus der Kollektionen der täglichen Abflüsse in den Pegelstellen, welche die Flußgebiete von verschieden Flächen verschliessen. Der Zeitraum 1951—1960.
 4. Die Vergleichung des Variabilitätsmaßes der täglichen Abflüsse im Gebirge Hrubý Jeseník und Moravskoslezské Beskydy. Der Zeitraum 1951—1960.
 5. Die Vergleichung des Variabilitätsmaßes der täglichen Abflüsse bei den Flüssen mit verschiedentlich bewaldeten Flußgebieten von Fläche bis 500 km². Der Zeitraum 1951—1960.
 6. Ein Vorschlag für die Klassifikation der Flüsse der böhmischen Länder nach dem Variabilitätsmaße der täglichen Abflüsse des Zeitraumes 1931—1960.
1. Die Dauerlinien des Variabilitätskoeffizienten als Variabilitätsmaßes der täglichen Abflüsse in den böhmischen Ländern.

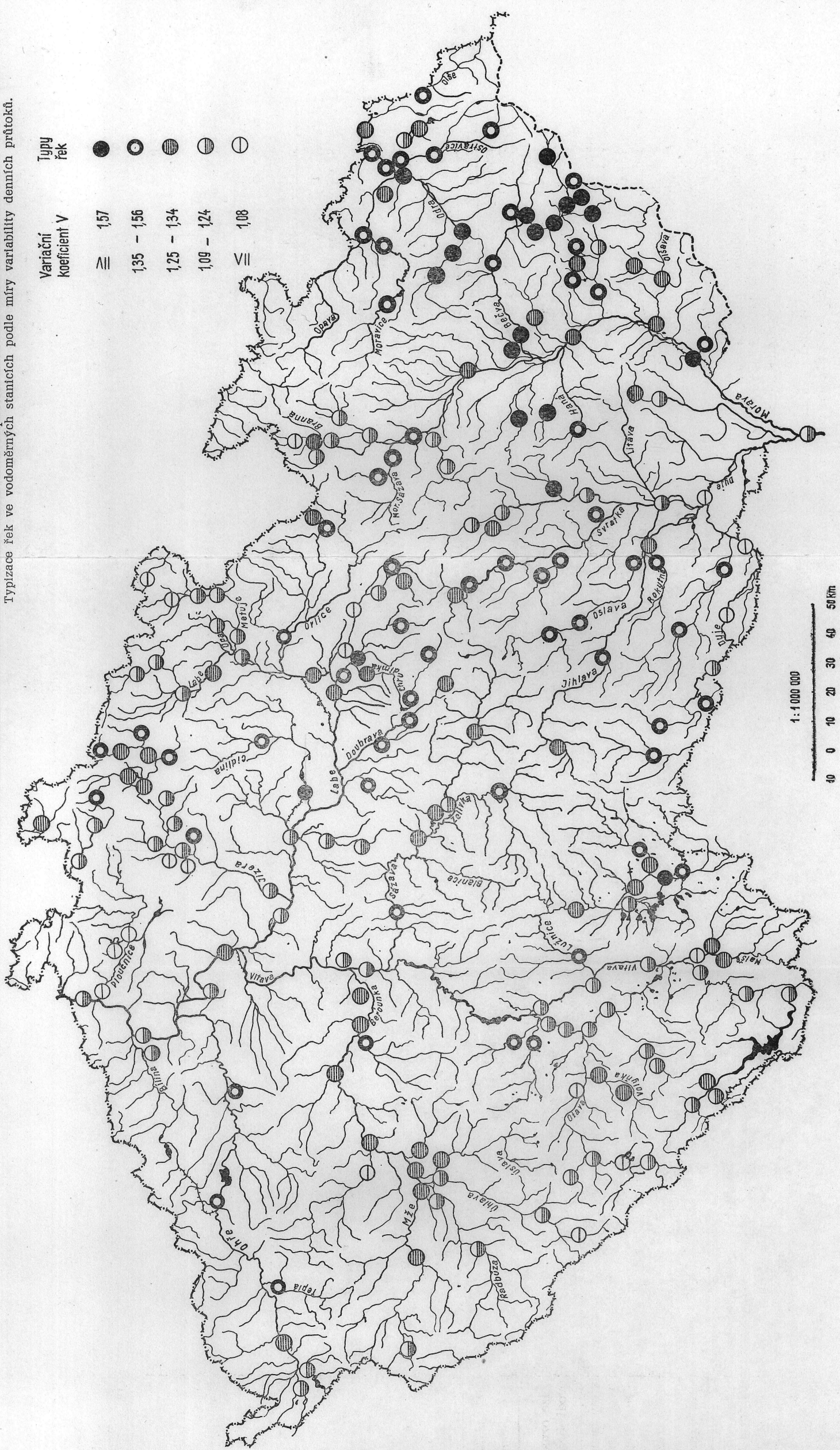
Beilage 1. Typisation der Flüsse in den Pegelstellen nach dem Variabilitätsmaße der täglichen Abflüsse.

Příloha 1

K článku *Rostislav Netopil*: Prostorové změny variability denních průtoků řek v České socialistické republice.

Typizace řek ve vodoměrných stanicích podle míry variability denních průtoků.

Variční koeficient V	Typy řek
$\geq 1,57$	●
1,35 - 1,56	◐
1,25 - 1,34	◑
1,09 - 1,24	◒
$\leq 1,08$	○



1:1 000 000

