GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

49 1997 3-4

*Juraj Čunderlík**

REGIONALIZÁCIA POVODÍ FLYŠOVÉHO PÁSMA NA ZÁKLADE 100-ROČNÝCH ŠPECIFICKÝCH ODTOKOV

Juraj Čunderlík: Regionalization of the river basins in Flysch belt based on 100 years' specific discharges. Geografický časopis, *49*, 1997, 3-4, 37 refs., 10 figs., 6 tabs.

The contribution briefly characterizes the contemporary state of indirect assessment of design floods in Slovakia by means of regional empiric formulas. It contains the pre-parametrisation of widely used Dub's regional empiric formula in the basin of Flysch Carpathians. The author presents the proposal of new hydro-geographical regionalization of the basins based on maximum 100 years' specific discharges and in the analysis of the basic agents influencing the formation of flood discharge. New values of regional parameters A_0 and n that can be used for the calculation of 100 years' maximum discharges in smaller basins of the Flysch belt are presented for the delimited subregions.

Key words: design floods, 100 years' specific discharge, empiric formulas, regionalization, Flysch Carpathians

ÚVOD

V posledných rokoch dochádza v mnohých štátoch Európy a zámoria k prehodnocovaniu spôsobov nepriameho stanovenia návrhových maximálnych prietokov (pozri napr. Bašta 1991). Na Slovensku získali najväčšie uplatnenie pri určovaní Q_{max} bez pozorovaní oblastné vzorce, z ktorých asi najznámejší je regionálny vzorec akademika Duba. Keďže od jeho publikovania uplynul už dlhší čas, veľa súčasných prác

* Stavebná fakulta STU, Katedra vodného hospodárstva krajiny, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

(napr. Kohnová a Szolgay 1995) sa zaoberá skúmaním vhodnosti tohto prístupu v podmienkach súčasných možností a dát. Tento článok predkladá prehodnotenie dosiaľ používaných oblastných parametrov a opráv v Dubovom vzťahu a návrh novej, detailnejšej regionalizácie povodňového odtoku z povodí flyšového pásma s prislúchajúcimi novými oblastnými parametrami.

REGIONÁLNE EMPIRICKÉ VZORCE NA VÝPOČET Q_{max}

Keď nemožno stanoviť maximálne prietoky rozličnej pravdepodobnosti prekročenia z priamych pozorovaní alebo z analógie, používa sa predovšetkým metóda empirických vzorcov (Sokolov 1976). Empirické vzorce sa najčastejšie triedia do 3 skupín, a to na vzorce regionálne, objemové a intenzitné. V našich podmienkach našli najväčšie uplatnenie regionálne, oblastné vzorce. Vychádzajú zo skúsenosti, že špecifický odtok q_{max} klesá s rastom plochy povodia a že tento vzťah nie je lineárny. Vzorce majú všeobecný tvar

$$q_{max} = \frac{A_0}{(P + c)^n}, \tag{1}$$

kde q_{max} je maximálny špecifický odtok, P plocha povodia, c je konštanta (zväčša rovná 1 alebo 0) a A_0, n sú tzv. regionálne koeficienty, závislé od klimaticko-geografických charakteristík danej oblasti, pre ktorú bol vzorec odvodený. Hodnoty mocniteľa n a parametra A_0 sa určia zo zistených hodnôt maximálneho špecifického odtoku, známej pravdepodobnosti prekročenia q_{max} a príslušných vzťahov $q_{max} = f(P)$. V každej z oblastí podobných pomerov sa body vzťahu zoskupujú v logaritmickej sústave okolo priamok sklonených k osi úsečiek pod uhlom $tg\alpha = -n$. Hodnota A_0 sa určí ako prienik priamky s osou poradníc. Výsledky sa zovšeobecňujú vykreslením mapy izočiar parametra A_0 alebo jej tabelárnym vyjadrením.

Na Slovensku sa problematikou určovania návrhových prietokov pomocou empirických vzorcov zaoberalo niekoľko autorov. Spomeňme aspoň práce Duba (1954, 1957), Čermáka (1956, 1962), Pacla (1959), Halasi-Kuna (1968), Dzubáka (1981, 1995), Sochorca (1971) či Hlubockého (1977). Asi najznámejší a najpoužívanejší je regionálny empirický vzorec akademika Duba. Najčastejšie sa s ním stretávame v tvare (Dub 1957)

$$q_{max} = \frac{A_0}{(P + 1)^n} \cdot \left(1 = \sum_{i=1}^{k} O_i \right), \tag{2}$$

kde: q_{max} - storočný maximálny špecifický odtok v $[m^3.s^{-1}.km^{-2}]$,

P - plocha povodia v $[km^2]$,

O_i - opravy vyjadrujúce odlišnosti zrážkových pomerov, lesnatosti a tvaru povodia od referenčných hodnôt,

A_0, n - oblastné parametre, vyjadrujúce závislosť storočných maximálnych špecifických odtokov od regionálnych činiteľov.

Vplyv lesnatosti bral Dub do úvahy ako odchýlku od priemerného stavu analyzo-

vaných prípadov, pri ktorých bola zalesnenosť 40 - 50%. Celková oprava z lesnatosti sa určí ako

$$O_{1,2} = 0,5 \cdot \left(0,5 - \frac{P_e}{P}\right), \qquad (3)$$

kde: P_e - plocha zalesnenej časti povodia,

P - plocha povodia,

$+O_1$ - relatívne zvýšenie maxima pri povodiach zalesnených pod 50%,

$-O_2$ - zníženie pri povodiach pokrytých lesom nad 50%.

Čermák (1962) počítal opravu z lesnatosti podľa vzťahu

$$O_L = 1-0,4(P_e/P) .$$

Tvar povodia sa definuje charakteristikou α, ktorá sa zvyčajne počíta ako podiel plochy povodia a štvorca dĺžky toku. Opravy z tvaru povodia odlišného od referenčného tvaru zaviedol Dub takto:

Tab. 1. Oprava z tvaru povodia podľa Duba

	Povodie	Pomer šírka/dĺžka	Oprava
1	Vejárovité	1:1	+5%
2	Podlhovasté	1:4	-5%
3	Pretiahnuté	1:5	-10%

M. Dzubák (1981) neskôr navrhol túto modifikovanú úpravu:

$$O_{3,4} = 0,087.\ln\alpha+0,101, \qquad (5)$$

kde : α - súčiniteľ tvaru povodia ($\alpha = P/L^2$),

P - plocha povodia,

L - dĺžka toku.

Do roku 1953 pracoval Dub aj s opravou, vyplývajúcou z väčšieho alebo menšieho priemerného ročného zrážkového úhrnu ako bol referenčný priemer v danom regióne. Oprava sa počítala podľa vzťahu

$$O_{5,6} = \frac{h - H}{H}, \qquad (6)$$

kde : h - priemerný ročný úhrn zrážok v danom povodí,

H - referenčný priemerný úhrn zrážok platný pre určitú kategóriu bodov.

VÝPOČET MAXIMÁLNYCH PRIETOKOV VO FLYŠOVOM PÁSME

Pod pojmom flyš rozumieme charakteristický spôsob sedimentácie s príznačným monotónnym striedaním sérií pieskovcov, bridlíc a ílovcov. Tieto horniny formujú rozsiahly geologický celok - flyšové pásmo, ktoré v tvare oblúka zaberá takmer celú severnú časť SR. (V tejto práci sa pod pojem flyšové pásmo či flyš zahŕňa aj vnútrokarpatský paleogén bez paleogénu Horehronského podolia.) Flyš je všeobecne známy špecifickými podmienkami formovania povrchového odtoku a v konečnom dôsledku extrémnym povodňovým odtokom vo svojich povodiach. Význam tohto faktu je ďalej znásobovaný veľkou rozlohou flyša (takmer tretina z rozlohy Slovenska) a jeho relatívnou celistvosťou. Analýzou povodňového odtoku vo flyšových Karpatoch sa zaoberajú napr. tieto práce: Halasi-Kun (1968), Sochorec (1971), Dzubák (1974), Punzet (1980), Benický et al. (1993), Dzubák et al. (1995).

V tab. 2 je uvedené pôvodné Dubove členenie flyšového pásma a ním stanovené regionálne parametre A_0 a n (Dub 1954 a 1957).

Tab. 2. Dubom vyčlenené oblasti flyša podobnej závislosti q_{max} od plochy povodia

	Označenie oblasti	A_0	n
1 a)	Orava, stredný Váh pod ústím Oravy a jeho pravostranné prítoky z flyša, horná Torysa a pramenná oblasť Ondavy, Laborca a Uhu.	17,6	0,443
b)	Poprad v dolnej trati a jeho flyšová oblasť, horná oblasť Ondavy a Cirochy. Sem patria aj pravostranné prítoky Váhu z Liptovských holí a rieka Váh v úseku od ústia Belej po Oravu.	15	0,5
2	Stredná flyšová oblasť Hornádu (Svinka, Sekčovský potok) a Hornád pod Hnilcom, horské toky v oblasti Vihorlatu a. i.	10,1	0,494

Čermák (1956, 1962) navrhuje pre niektoré oblasti flyšového pásma orientačne použiť nasledovné hodnoty regionálnych parametrov A_0 a n:

Tab. 3. Čermákom stanovené hodnoty A_0, n pre flyš

Oblasť	A_0	n
Orava, Váh	30	0,534
Kysuca	27	0,534

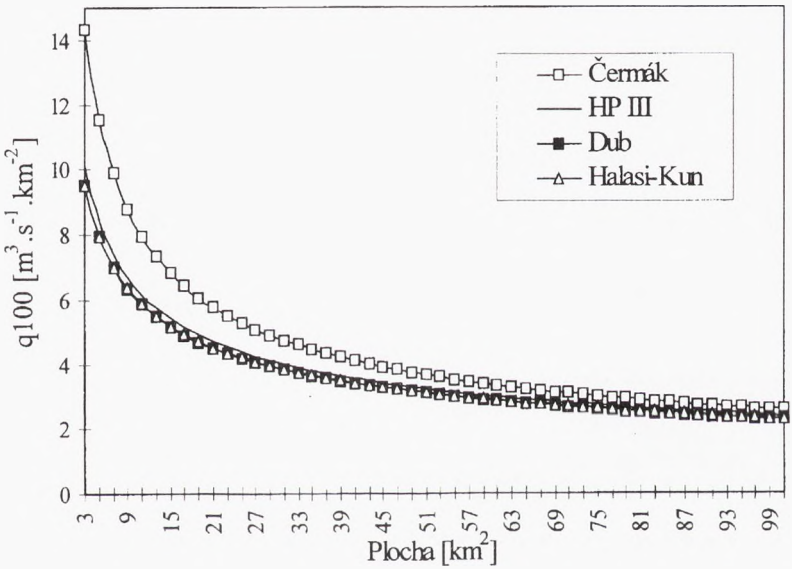
V Hydrologických pomeroch ČSSR, III. diel, časť "Veľké vody n-leté" (Čermák, Sochorec, Solnař, Zatkalík 1970) boli pre flyšové povodia navrhnuté hodnoty parametrov A_0 a n, ktoré sú uvedené v tab. 4.

Tab. 4. Hodnoty parametrov A_0, n pre flyš v Hydrologických pomeroch ČSSR

Oblasť	A_0	n
Váh, Torysa, Uh, Laborec, Ondava a Topľa	18,3-18,9	0,43-0,5
Orava	8,9	0,33

Flyšové pásmo sa v literatúre veľmi často považuje za relatívne homogénny celok z hľadiska formovania extrémneho povrchového odtoku. Ako príklad môže slúžiť práca Georg Halasi-Kuna (1968), ktorý považuje celé flyšové pásmo za jeden región, pre ktorý stanovil $A_0 = 17,5$ a $n = 0,44$.

Na obr. 1 je pre flyšové pásmo uvedené vzájomné porovnanie parametrov A_0, n regionálnych čiar podľa jednotlivých autorov. Zreteľne najvyššie hodnoty q_{max} dávajú parametre stanovené Čermákom. Regionálne čiary podľa Duba a Halasi-Kuna sa od seba líšia len veľmi málo.

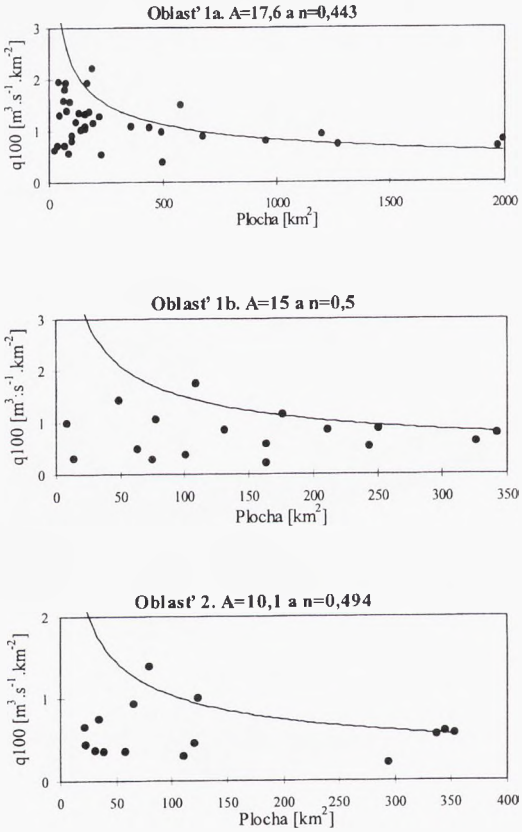


Obr. 1. Porovnanie parametrov A_0, n podľa jednotlivých autorov vo flyšovom pásme. 1=Čermák (A_0=30, n=0,534), 2=HP III.(A_0=18,9, n=0,45), 3=Dub (A_0=17,6, n=0,443) a 4=Halasi-Kun (A_0=17,5, n=0,44).

Podkladový materiál na výpočty q_{max} pozostával z prietokových radov, ktorých minimálna dĺžka bola 15 rokov. Maximálna veľkosť povodia bola stanovená na 500 km^2. Tieto podmienky vo flyši splnilo 56 vodomerných staníc. Zo spracovania boli vylúčené rady ovplyvnené vodnými nádržami. N-ročné vody boli odvodené dvoma spôsobmi. V prvom prípade pri väčšine staníc metódou momentov a logaritmicko-normálnym 2-parametrickým rozdelením. V druhom prípade pri staniciach s krátkym pozorovacím radom a s významnou chybou priemeru σQ, koeficientu variácie σC_v a

koeficientu asymetrie σC_s metódou kvantilov. Hľadané kvantily boli odvodené z nájdenej korelačnej závislosti medzi prietokmi danej stanice a najbližšej susednej stanice s dlhým prietokovým radom, výsledné prietoky pomocou logaritmicko-normálneho 3-parametrického rozdelenia.

Na obr. 2 až 4 sú vynesené krivky závislostí $q_{100} = f(P+1)$ podľa Dubových parametrov A_0, n, uvedených v tab. 2. Všimnime si, že celé flyšové Karpaty boli rozdelené len do troch skupín. Pri dnešnom počte vodomerných staníc nemôže byť takéto delenie uspokojivé. Rozptyl bodov na grafoch je príliš veľký na to, aby mohla byť závislosť prietoku od plochy povodia charakterizovaná len jednou krivkou. Ďalej, vo všetkých grafoch vynesené krivky reprezentujú horné obalové čiary bodov, ktoré dávajú špecifické odtoky s dobou opakovania väčšou ako storočnou.



Obr. 2-4. Krivky závislostí $q_{100} = f(P+1)$ podľa Dubových parametrov A_0, n.

Na základe uvedených skutočností sa ukázalo ako vhodné:

1. Nájsť základné regionálne rozdiely v podmienkach vytvárania povodňového odtoku vo flyši analýzou závislostí $q_{100} = f(P+1)$ a hlavných činiteľov ovplyvňujúcich formovanie extrémneho odtoku.

2. Na základe výsledkov z bodu 1 sa pokúsiť o detailnejšiu hydrogeografickú regionalizáciu flyšového pásma a pre vyčlenené regióny stanoviť nové oblastné parametre A_0, n.

Po odvodení N-ročných vôd boli v ďalšej časti pre každé povodie vypočítané hodnoty opráv z rozdielneho stupňa zalesnenia a tvaru povodia. Opravy by mali zahŕňať základné meniace sa odtokotvorné činitele v oblasti vymedzenej platnosťou empirického vzorca. Všeobecne platí, že čím viac dobre zadefinovaných opráv vzťah obsahuje, tým je výpočet v danom regióne presnejší. Na druhej strane je však výpočet zaťažený veľkým počtom nevyhnutných vstupných dát, ktorých získavanie môže byť časovo náročné.

Priemerná lesnatosť flyšových povodí je 49% (medián 50%). Opravy z rozdielneho stupňa zalesnenia boli počítané podľa Dubom definovaného vzťahu (rovnica č. 3). Ich hodnoty sa pohybujú od -20% po +15%, pričom priemerná hodnota opravy bola 0,1%, medián 0,0% a rozptyl 0,004. Na tomto mieste treba poznamenať, že takto definovaná oprava len veľmi hrubo vyjadruje vplyv lesnatosti. Nehovorí totiž nič o polohe a súvislosti lesného porastu v povodí. Takisto je potrebné mať na zreteli aj možné zmeny v zalesnení povodí (napr. odlesňovanie na Kysuci) vzhľadom na obdobie, z ktorého dáta pochádzajú.

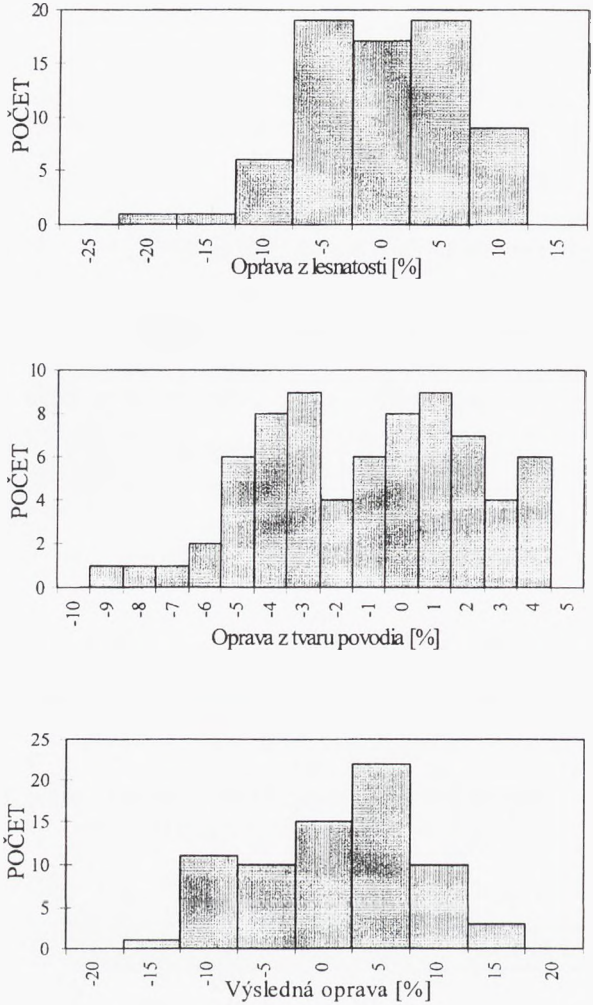
Čo sa týka tvaru povodí, vo flyši prevládajú pérovité povodia. Hodnoty kolíšu od 0,11 po 0,48. Jej priemerná hodnota v západnom úseku (0,281) je vyššia ako vo východnom úseku (0,274). Celkový priemer je 0,277. Opravy boli počítané podľa Dzubákovho aproximovaného vzťahu č. 5. Ich hodnoty sa pohybujú od -9,1% po +3,7%. Priemerná oprava je -1,6%, rozptyl 0,001.

V tab. 5 sú uvedené základné štatistické charakteristiky pôvodného radu 100-ročných špecifických odtokov (q_{100}) a radu opraveného o rozdiely v lesnatosti a tvare povodí (q'_{100}). Na obr. 5-7 sú zobrazené histogramy opráv v Dubovom vzorci pre celé flyšové pásmo. Pri výslednej oprave až 52% prípadov spadá do intervalu 5%. Najväčšiu početnosť majú teda opravy s veľmi malými hodnotami okolo nuly.

Tab. 5. Základné štatistiky pôvodného radu (q_{100}) a opraveného radu (q'_{100})

	CELÝ FLYŠ		ZÁPADNÝ FLYŠ		VÝCHODNÝ FLYŠ	
štatistika	q_{100}	q'_{100}	q_{100}	q'_{100}	q_{100}	q'_{100}
min	0,215	0,208	0,230	0,208	0,215	0,210
max	1,961	1,986	1,961	1,866	1,943	1,986
var	**1,745**	1,777	1,731	**1,658**	**1,728**	1,775
priem	0,888	0,910	0,910	0,924	0,872	0,900
σ	**0,451**	0,469	**0,428**	0,438	**0,472**	0,495

Z tabuľky a príslušných grafov vyplýva rozporuplnosť zavedených opráv. Opravy len z lesnatosti a tvaru povodia O_{12} sa neukazujú ako príliš nápomocné, ich vplyv na zmenšenie rozptylu bodov je minimálny. Ako najvýhodnejšie (aspoň v rámci flyšového pásma) sa javí tieto opravy vôbec nepoužívať (Čunderlík 1996). Iným riešením je zaoberať sa konštrukciou opravy z celkových zrážkových pomerov. Zahrnúť do nej jednak vplyv priemerných ročných zrážok a potom extrémnych krátkodobých



Obr. 5-7. Histogramy opráv v Dubovom vzorci.

úhrnov. Druhou vhodnou opravou by bola oprava vyjadrujúca rozdielne priemerné sklonitosti povodí. Vyžaduje však detailnejší prístup. Treťou, vplyv rozdielnej priepustnosti hornín. Tu vystupuje hlavne otázka spôsobu kvantifikácie tohto činiteľa.

HYDROGEOGRAFICKÁ REGIONALIZÁCIA 100-ROČNÝCH ŠPECIFICKÝCH ODTOKOV VO FLYŠI

Regionalizácia je už po mnoho rokov v hydrológií štandardným nástrojom používaným na zjednodušenie extrapolácie informácií z miest s priamymi pozorovaniami

do oblastí kde chýbajú akékoľvek údaje z priamych meraní. V súčasnosti neexistuje žiadna všeobecne odporúčaná metodika identifikácie regiónov. Možno však zhrnúť, že pri výbere tokov treba klásť dôraz na maximálnu možnú podobnosť ich hydrologických charakteristík. Vyčlenené regióny by mali mať podobnú vegetačnú pokrývku, využitie zeme, topografické pomery a geologické charakteristiky a veľké povodia by nemali byť spájané s malými. Mali by mať takisto podobné zrážkové a výparné režimy. Hlavné odtokotvorné činitele mávajú častokrát veľkú priestorovú variabilitu a je ťažké určiť, ktorý činiteľ z nich má práve dominantný vplyv na tvorbu povodňového odtoku. Rozličné regionalizačné procedúry potom môžu a často vedú k úplne odlišným výsledkom. V praxi sú v takýchto oblastiach mnohé hydrologické regióny založené na administratívnych alebo podobných hraniciach, ktoré môžu križovať geologické, klimatické a topografické hranice. Pri vyčleňovaní regiónov sa často vychádza z existujúcich hraníc geomorfologických celkov alebo rozvodníc medzi hlavnými povodiami. Tento spôsob takisto nie je najvýhodnejší, pretože v oboch prípadoch akceptujeme hranice zodpovedajúce iným kritériám ako je kritérium tvorby povodňového odtoku. Väčšie povodia rovnako ako aj geomorfologické celky v sebe zahŕňajú častokrát veľmi rozdielne hydrologické režimy. Pri vyčleňovaní regiónov preto treba pristúpiť k čo možno najkomplexnejšiemu pohľadu.

Na vydelenie subregiónov s podobným povodňovým odtokom sa používajú tieto postupy (Cannarozzo et al. 1995):

1. Spájanie povodí na základe čisto geografických charakteristík,
2. Spájanie povodí na základe morfologických charakteristík,
3. Spájanie povodí na základe hydrologických charakteristík,
4. Spájanie povodí na základe výsledkov získaných z regionálnej analýzy zrážkových pomerov,
5. Spájanie povodí na základe vizualizácie $q_n = f(P+1)$ kriviek a
6. Spájanie povodí na základe kombinácie vyššie uvedených charakteristík.

Každý z uvedených spôsobov má určité prednosti no zároveň v sebe ukrýva rôzne riziká. Pomocou štatistických a matematických metód sa regionalizácia stáva viac a viac kvantitatívnejšou a objektívnejšou, stále však je tu ponechané miesto pre subjektivizmus. V súčasnosti sa v svetovej hydrologickej literatúre veľmi rozšírilo používanie klastrovej analýzy pri regionalizácií Q_{max}. Jej použitie predstavuje jeden z najobjektívnejších spôsobov vyčleňovania regiónov (Hosking a Wallis 1995). Na druhej strane už v starších prácach sa stretávame s upozornením, že táto analýza nie vždy a vo všetkých oblastiach vedie k uspokojivým výsledkom, s ktorými sa dá pristúpiť k regionalizácií (Mosley 1981). Mnohé parciálne problémy ako napríklad zapadanie väčších povodí do dvoch a viacerých regiónov, neboli ešte uspokojivo vyriešené. Tieto skutočnosti, ale aj nedostatočná spolupráca hydrológa s geografom vedú často k upusteniu od mapového zobrazenia vyčlenených oblastí a radšej sa ostáva pri ich slovnom opise.

Po vyčlenení uspokojivo "homogénnych" regiónov sa v ďalšom kroku používa jedna s týchto troch procedúr (Acreman a Sinclair 1986, Tucci et al. 1995):

1. Aplikácia vhodného štatistického rozdelenia pravdepodobnosti na dáta z individuálnej prietokomernej stanice a nájdenie vzťahu medzi parametrami rozdelenia a fyzicko-geografickými charakteristikami povodia (najčastejšie plocha povodia,

priemerný ročný úhrn zrážok, krátkodobý 24 hodinový úhrn zrážok s dobou opakovania n-rokov, dĺžka toku, hustota riečnej siete, sklon toku a svahov, priemerná nadmorská výška povodia atď...).

2. Ako v bode 1, ale nájdenie vzťahu medzi prietokmi s príslušnými dobami opakovania a fyzicko-geografickými charakteristikami povodia.
3. Ako v bode 1, ale transformovaním prietokov do bezrozmernej veličiny ich podelením priemerným ročným prietokom. Štatistické rozdelenie je aplikované na hodnoty bezrozmernej veličiny a vzťah sa hľadá medzi priemernými ročnými prietokmi a fyzicko-geografickými charakteristikami povodia (McKerchar a Pearson 1990).

Pri hľadaní a vyčleňovaní možných subregiónov flyšových povodí s podobným povodňovým odtokom bol použitý nasledovný hydrogeografický regionalizačný postup:

1. Grafické znázornenie vypočítaných 100-ročných špecifických odtokov q_{100} v závislosti od plochy povodia P v logaritmickej sústave.
2. Identifikácia subregiónov na základe vynesených bodov ($q_{100} = f(P+1)$), ktoré sa v logaritmickej sústave zoskupujú okolo priamok sklonených k osi úsečiek, najčastejšie pod uhlom $tg\alpha = -0{,}4$ až $-0{,}5$. Tento postup je podrobne opísaný v práci Dub (1957). Priradenie sporných povodí do vyčlenených subregiónov na základe grafických výstupov $q_{50} = f(P+1)$ a $q_{10} = f(P+1)$.
3. Overenie vnútornej logiky vyčlenených subregiónov a podobnosti povodí tvoriacich daný subregión na základe porovnania vybraných fyzicko-geografických (priemerná sklonitosť povodia, prevládajúce geologické zloženie) a klimatických charakteristík (dlhodobé priemerné ročné, letné a zimné zrážkové úhrny, extrémne 24-hodinové úhrny zrážok s dobou opakovania raz za 50 rokov). Porovnanie závislostí $q_N = f(P+1)$ vo všetkých vyčlenených subregiónoch.
4. Priradenie zostávajúcich flyšových povodí bez priamych hydrologických pozorovaní do vyčlenených subregiónov na základe ich podobnosti vo vybraných fyzicko-geografických a klimatických charakteristikách. Charakteristiky na tento účel neboli kategorizované, resp. delené do intervalových tried, ich vplyv na povodňový odtok bol posudzovaný komplexne, s nevyhnutnou mierou subjektivizmu.

Údaje o priemernej sklonitosti a geologickej stavbe povodí boli získané z analytických mapových podkladov diela Mazúr et al. (1980). Dlhodobé priemerné ročné, letné a zimné zrážkové úhrny boli vypísané z práce Šamaj et al. (1975) a extrémne 24-hodinové úhrny zrážok z Šamaj et al. (1985). Na doplnenie informácií bolo analyzované aj časové rozloženie maximálnych ročných prietokov. Na zlepšenie prehľadnosti grafických výstupov $q_{100}=f(P+1)$ bol členený zvlášť západný a zvlášť východný flyš. Pri vyčleňovaní subregiónov častokrát bolo potrebné nepridržiavať sa rozvodníc. Keďže sa pri regionalizácii vychádzalo zo špecifických odtokov vztiahnutým k daným profilom, vyčlenené subregióny predstavujú súbor povodí s podobným povodňovým odtokom. Hlavným nedostatkom uvedeného regionalizačného postupu je určitá miera subjektivizmu, ktorá vystupuje tak pri procese vizualizácie závislostí $q_{100}=f(P)$, ako aj pri priraďovaní povodí bez pozorovaní k niektorému identifikovanému subregiónu. V ďalších prácach sa bude potrebné venovať vhodnému zahrnutiu matematicko-štatistických metód do procesu hydrogeografickej regionalizácie.

Celkovo bolo vo flyši vyčlenených sedem subregiónov povodí s podobným po-

vodňovým odtokom. Subregióny č. 4 a 7 treba chápať ako regionálne typy, pretože nepredstavujú priestorovo súvislé jednotky. Na obr. 8 je uvedený príklad priebehu krivky $q_{100} = f(P+1)$ vypočítanej pre subregión č. 2. Krivky nepredstavujú obalové čiary ale regresné, z ktorých boli vypočítané nové hodnoty oblastných parametrov A_0 a n. Tieto hodnoty spolu s opisom vyčlenených subregiónov sú uvedené v tabuľke 6.

Tab. 6. Opis vyčlenených subregiónov a ich regionálne parametre A_0, n

Subregión	Počet vodomer. staníc	Popis subregiónu	q_{100} A_0	n
1	3	Pramenná oblasť Ondavy a Ladomírky	15,00	0,407
2	11	Kysuca, Orava a ich prítoky	11,03	0,411
3	13	Horná a stredná Topľa s prítokmi, pramenná oblasť Uhu, stredná flyšová oblasť Ondavy a Laborca	9,62	0,433
4	12	Vyššie prameniace prítoky stredného Váhu, Poprad a jeho flyšové prítoky, stredná Torysa a Sekčov, dolná flyšová oblasť Tople, Ondavy a Laborca	8,13	0,433
5	4	Pramenná oblasť Torysy (Levočské vrchy)	5,17	0,498
6	6	Myjava, nižšie prameniace prítoky stredného Váhu, prítoky Váhu z paleogénu Strážovských vrchov	3,42	0,486
7	7	Flyšová oblasť Hornádu a Svinky	2,46	0,427

Na obr. 9 sú pre vzájomné porovnanie zobrazené krivky vypočítaných vzťahov $q_{100} = f(P+1)$ pre všetky subregióny. Hodnoty oblastných parametrov kolíšu v rozmedzí $A_0\{15,05 - 2,46\}$ a $n\{0,498 - 0,407\}$. Z vykreslených čiar na grafe vidieť na prvý pohľad veľké regionálne rozdiely v podmienkach vytvárania q_{max}. V žiadnom prípade sa flyšové pásmo nedá uvažovať ako jeden región. Z grafu ďalej vidieť podobnosť povodňového odtoku na Myjave, Strážovských vrchoch a vo flyšovej oblasti Hornádu a Svinky. Na obr. 10 sú vyčlenené subregióny zobrazené na mape. Ich približné ohraničenie je znázornené šrafážou. Vzájomné hranice subregiónov treba chápať voľne, nakoľko zobrazovaný povodňový odtok je spojitý jav prechádzajúci plynule z jednej oblasti do druhej. Subregión č. 4 vznikol spojením dvoch vyčlenených regiónov v západnom a východnom flyši.

Pri celkovom hodnotení flyšového pásma z hľadiska tvorby povodňového odtoku sa ako hlavné príčiny regionálnych rozdielov ukazujú:

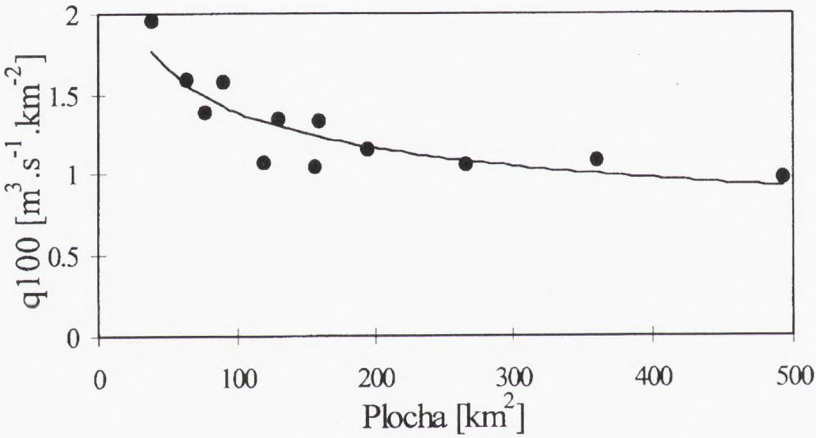
1. Geologické pomery. Vysoké hodnoty q_{max} vykazujú ílovcové a ílovcovo-slieňovcové súvrstvia hornej Ondavy, Laborca a Uhu. Pieskovcové vrstvy naopak svojou lepšou priepustnosťou znižujú množstvo odtečenej povrchovej vody. Je to prípad povodí Torysa a Topľa. Najnižšie odtoky majú toky s neflyšovými pramennými časťami povodí (oblasť Myjavy, Hornádu, Strážovských vrchov atď...). Podrobný opis flyšových vrstiev možno nájsť v práci Andrusov 1965. Geologické zloženie ďalej priamo vplýva na charakter svahovín a pôd (pozri Šály 1986), ktoré významnou mierou ovplyvňujú celkový odtok z povodí.

2. Zrážkové pomery. Rozhodujúcu úlohu okrem regionálnych rozdielov v intenzitách extrémnych krátkodobých lejakov a dlhodobých zrážkových úhrnov zohrávajú

aj celkové orografické pomery vo vzťahu k prevládajúcim zrážkonosným prúdeniam. Povodia Kysúc a Oravy majú náveternú polohu voči severozápadnému, zrážkonosnému prúdeniu (známy mokrý kút Slovenska) Podobne horná Ondava, Laborec či Uh sú z juhu otvorené juhozápadným cyklonálnym situáciám. Ich rozvodnica na hranici s Poľskom zasa predstavuje záchytný hrebeň pre severovýchodné cyklonálne situácie Ne_c (Čermák 1974). Opakom je výrazný zrážkový tieň Popradskej, Hornádskej kotliny a Levočských vrchov voči severozápadnému prúdeniu. Od JZ cyklonálnych situácií je oblasť čiastočne chránená Slovenským rudohorím. Menšie intenzity krátkodobých dažďov sa pozorujú na Myjave a v nižších polohách Bielych Karpát a Nízkych Javorníkoch. Potrebné údaje o zrážkových pomeroch boli získané z prác (Šamaj et al. 1975, 1982, 1983 a 1985).

3. Sklonitosť a nadmorská výška. Čím je priemerný sklon povodia väčší, tým rýchlejšie po ňom voda odtečie a tým menej jej stačí vsiaknuť či vypariť sa. S nadmorskou výškou stúpa úhrn zrážok, všeobecne rastie podiel málo priepustných plôch, zmenšuje sa pôdna vrstva a v konečnom dôsledku teda dochádza aj k zvyšovaniu špecifického odtoku.

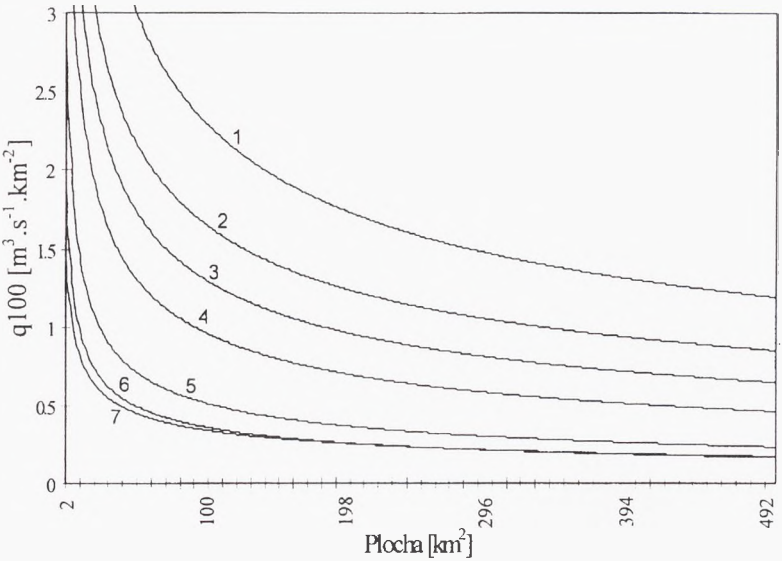
Ostatné príčiny už len malou mierou dotvárajú celkový obraz odtokových pomerov. Aj taký dôležitý činiteľ, ako je sklonitosť, je utlmený zrážkovými pomermi a geológiou (Levočské vrchy Ondavská vrchovina).



Obr. 8. Príklad na priebeh krivky $q_{100} = f\ (P+1)$ vypočítanej pre subregión č. 2.

ZÁVER

Mnohé regionálne empirické vzorce a pôvodne stanovené regionálne parametre dnes už neuspokojivo vystihujú tvorbu extrémneho povodňového odtoku na Slovensku. Ukazuje sa, že všeobecne zaužívané opravy z rozdielnej lesnatosti a tvaru povodí v týchto vzorcoch nemajú podstatnejší vplyv na výpočet Q_{max} a ich hodnotami sa povodia od seba len veľmi málo líšia. Z hľadiska posudzovania tvorby povodňového odtoku pri regionálnych vzorcoch sa ako hlavné, najvýraznejšie činitele javia celkové zrážkové pomery, hydrogeologické pomery a sklonitosť povodí. Predovšetkým ob-

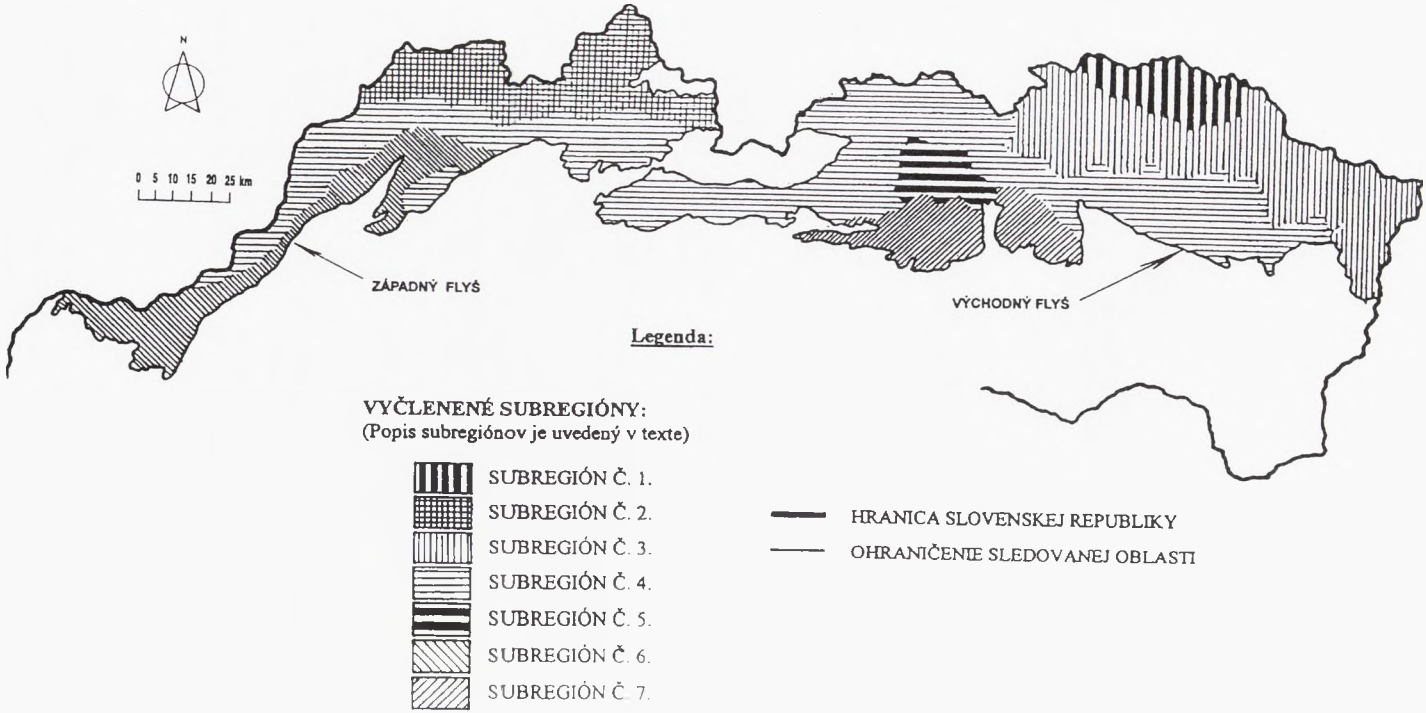


Obr. 9. Porovnanie kriviek $q_{100} = f(P+1)$ vypočítaných pre vyčlenené subregióny flyša.

lastné rozdiely v týchto činiteľoch by mali byť vystihnuté v opravách. Pri geologickom zložení by sme sa mali v budúcnosti sústrediť hlavne na vhodné kvantitatívne vyjadrenie vplyvu priepustnosti hornín. Aj v prípade zrážkových pomerov sa vynára problém číselného postihnutia ich regionálnych zmien. Určitou nevýhodou je nedostatok potrebných hodnoverných údajov, ktoré sa vzťahujú k povodiam. Jedným z možných prístupov je prepočet uvažovaných ukazovateľov (úhrnov) na priemernú nadmorskú výšku povodí. Veľmi dôležitou úlohou pri stanovovaní regionálnych parametrov je výpočet n-ročných vôd. Rady ročných prietokov, ktoré v praxi používame, sa vyznačujú istým stupňom heterogenity. Bolo by vhodné zvýšiť homogenitu rozdelením maxím na jarné, dažďové vo vegetačnom období a dažďové po vegetačnom období. Budúci trend v oblasti nepriameho určovania návrhových prietokov sa dá vidieť v štyroch smeroch. Prvým je aplikácia GIS pri procese regionalizácie a pri riešení multikorelačných vzťahov závislostí Q_{max} od fyzikálnych charakteristík povodia. Druhý smer predstavuje použitie iných typov regionálnych vzorcov, založených napríklad na dobe koncentrácií a ich overenie v slovenských pomeroch. Tretí smer je založený na aplikácií nových štatistických metód pri určovaní návrhových prietokov (Index Flood Method, Peaks-Over-Threshold data, PMP a PMF) a pri procese regionalizácie maximálnych odtokov (klastrová analýza, indexy sezónnosti a regularity atď). Štvrtým, posledným smerom je využitie zrážko-odtokových modelov (Topmodel, Brook 90, Sacramento, IMSL a iné).

Poďakovanie

Štúdia bola riešená v rámci grantovej úlohy č. 95/5303/285 "Ohrozenie krajiny extrémnymi hydrologickými záťažami". Chcel by som sa touto cestou poďakovať spoluriešiteľom za podporu výskumu. Moja úprimná vďaka patrí profesorovi Milanovi D z u b á k o v i, na podnet ktorého táto práca vznikla.



Obr. 10. Vyčlenené subregióny povodňového odtoku vo flyši.

LITERATÚRA

ACREMAN, M. C., SINCLAIR, C. D. (1986). Classification of drainage basins according to their physical charakteristics; an application for flood frequency analysis in Scotland. *Journal of Hydrology*, 84, 365-380.

ANDRUSOV, D. (1965). *Geológia československých Karpát, 3.* Bratislava (SAV).

BAŠTA, B. (1991). *Posudek současného návrhu bezpečnostních zařízení přehrad dle ČSN 736814 ve srovnání se světovou praxí.* Praha (AQUATIS).

BENICKÝ, J., LUKÁČ, M., TOPOLSKÝ, O. (1993). *Uplatnenie AISDR v prevádzke vodohospodárskych zariadení počas extrémnych hydrologických a ekologických situácií. Časť 2: Analýza povodňového režimu tokov v povodí Váhu.* Čiastková správa Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava.

CANNAROZZO, M., D'ASARO, F., FERRO, V. (1995). Regional rainfall and flood frequency analysis for Sicily using the two component extreme value distribution. *Hydrological Sciences Journal*, 40, 19-41.

ČERMÁK, M. (1956). O velkých vodách. *Vodní Hospodářství*, 6, 104-107.

ČERMÁK, M. (1962). Opakování velkých vod na malých povodích. *Vodohospodársky časopis*, 10, 233-256.

ČERMÁK, Č. (1974). Synoptický rozbor povodňových situácií v povodí Ondavy. *Práce a štúdie SHMÚ*, 12, 84-105.

ČUNDERLÍK, J. (1996). Povodňový režim tokov flyšového pásma. In *4. hydrologické dni, Stará Lesná.* Bratislava (SHMÚ), pp. 87-88.

DUB, O. (1954). *Všeobecná hydrológia Slovenska.* Bratislava (SAV).

DUB, O. (1957). *Hydrológia, hydrografia, hydrometria.* Bratislava (SNTL).

DUB, O., Němec, J., et al. (1969). *Hydrologie. Technický průvodce.* Praha (SNTL).

DZUBÁK, M. (1974). Hodnotenie mimoriadnych povodní v oblasti východoslovenských Karpát. *Práce a štúdie SHMÚ*, 12, 1-20.

DZUBÁK, M. (1981). *Plan General D'menagement Hydraulique de la Moyenne Guinee, 2. Hydrologie et Meteorologie.* Bratislava (Polytechna).

DZUBÁK, M., HLAVČOVÁ, K., MOLNÁR, P., SZOLGAY, J., TIHLÁRIK, R. (1995). Extrémne odtokové pomery v povodí Kysuce. Časť 1: Zrážkový a povodňový režim. *Vodohospodársky časopis*, 43, 28-56.

DZUBÁK, M., HLAVČOVÁ, K., MOLNÁR, P., SZOLGAY, J., TIHLÁRIK, R. (1995). Extrémne odtokové pomery v povodí Kysuce. Časť 2: Regionálna analýza maximálnych prietokov a objemov povodňových vĺn. *Vodohospodársky časopis*, 43, 57-74.

HALASI-KUN, G. (1968). Die Ermittlung von Hochstabflussen fur Einzugsgebiete kleiner als 300 km2 im Bereich der Slowakei. *Mitteilungen TU Braunschweig*, 22, 1-105.

HLUBOCKÝ, B. (1977). Výpočet storočného maximálneho prietoku pomocou empirického vzorca. *Zborník prác SHMÚ*, 10, 11-65.

HOSKING, J.R.M., WALLIS, J.R. (1995). *Regional frequency analysis: an approach based on L-moments - draft book.* IBM Research Division. Yorktown Heights, N.Y. (manuscript).

HYDROLOGICKÉ POMERY ČSSR. (1965). *Diel I.* Praha (HMÚ).

HYDROLOGICKÉ POMERY ČSSR. (1970). *Diel III.* Praha (HMÚ).

KATALÓG VODOMERNÝCH STANÍC NA SLOVENSKU. (1993). *Aktualizácia k 1.12. 1993.* Bratislava (SHMÚ).

KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J. (1995). K používaniu Dubovho vzorca pre výpočet maximálneho storočného odtoku na malých povodiach Slovenska. *Vodohospodársky časopis*, 43, 3-27.

MAZÚR, E., ed. (1980). *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).

McKERCHAR, A. I., PEARSON, C. P. (1990). Maps of flood statistics for regional flood frequency analysis in New Zealand. *Hydrological Sciences Journal*, 35, 609-621.

MOSLEY, M. P. (1981). Delimitation of New Zealand hydrologic regions. *Journal of Hydrology*, 49, 173-192.

PACL, J. (1959). Katastrofálna povodeň v oblasti Tatier v júni 1958. *Sborník prác o Tatranskom národnom parku*, 3, 17-56.

PUNZET, J. (1980). Výskum výskytu maximálnych prietokov na tokoch poľských Karpát. *Vodohospodársky časopis*, 28, 149-169.

SOCHOREC, R. (1971). Vliv fyzicko-geografických charakteristik povodí na utváření kulminačních průtoků. In H., Kříž, ed. *Sborník referátú hydrologické konference*. Brno (GÚ ČSAV), pp. 87-101.

SOKOLOV, A.A., et al. (1976). *Floodflow computation methods compiled from world experience*. Paris (The Unesco Press).

ŠÁLY, R. (1986). *Svahoviny a pôdy Západných Karpát*. Bratislava (VEDA).

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R. (1985). Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901 - 1980. *Zborník prác SHMÚ*, 24. Bratislava (Alfa).

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R. (1975). Dlhodobé priemery úhrnu zrážok na Slovensku za obdobie 1901-1970. *Zborník prác SHMÚ*, 14. Bratislava (Alfa).

ŠAMAJ, F, VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R. (1983). Extrémne denné úhrny atmosférických zrážok v ČSSR. *Meteorologické zprávy*, 36, 14-21.

ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R., GULČÍKOVÁ, V. (1982). Maximálne denné úhrny atmosférických zrážok v ČSSR. *Meteorologické zprávy ročník*, 35, 129-135.

TUCCI, C., SILVEIRA, A., SANCHEZ, J., ALBUQUERQUE, F. (1995). Flow regionalization in the upper Paraguay basin, Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, 40, 485-497.

Juraj Čunderlík

REGIONALIZATION OF THE RIVER BASINS IN FLYSCH BELT BASED ON 100 YEARS' SPECIFIC DISCHARGES

The main purpose of the study was 1) to reevaluate the regional formulas and the corresponding regional parameters used in this country for the calculation of 100 years' maximum discharges, 2) to find out the basic regional differences in creation of the flood discharge within the Flysch, and 3) to attempt at a more detailed hydro-geographical regionalization of the Flysch belt and to establish new regional parameters A_0, n for the delimited regions. The process of regionalization leans on the analysis of dependence curves q_{100} on the basin area and analysis of the principal agents influencing the formation of extreme discharge. The Flysch belt was divided into seven subregions of similar flood discharge. Their supposed area delimitation is illustrated in fig. 10. New regional parameters A_0 and n that can be used for the calculation of the 100 years' maximum discharge of the small basins in the Flysch Carpathians were calculated for each subregion.

Fig. 1. Comparison of A_0, n parameters after individual authors in Flysh belt.

1=Čermák (A_0=30, n=0,534), 2=HP III.(A_0=18,9, n=0,45), 3=Dub (A_0=17,6, n=0,443) a 4=Halasi-Kun (A_0=17,5, n=0,44).

Fig. 2-4. Curves of $q_{100} = f(P+1)$ dependencies after Dub's parameters A_0, n.

Fig. 5-7. Histograms of corrections in Dub's formula.

Fif. 8. Example of the curve $q_{100} = f(P+1)$ calculated for the delimited subregion No. 2.

Fig. 9. Comparison of the curves $q_{100} = f(P+1)$ calculated for the delimited subregions in Flysch.

Fig. 10. Delimited subregions of the flood discharge in Flysch.

Tab. 1. Correction of the basin shape after Dub.

Tab. 2. Flysch regions delimited by Dub with similar q_{max} dependence on basin area.

Tab. 3. A_0 values for Flysch assessed by Čermák.

Tab. 4. Values of A_0 parameters for Flysch in Hydrological sotuation in the ČSSR.

Tab. 5. Basic statistics of the original order (q_{100}) and the corrected order (q'_{100})'.

Tab. 6. Description of the delimited subregions and their regional parameters A_0, n.

Translated by H. Contrerasová