
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

57

2005

2

*Anna Grešková**

ANALÝZA VYBRANÝCH PARAMETROV POVODIA Z HĚADISKA VÝSKYTU PRÍVALOVÝCH POVODNÍ

A. Grešková: Analysis of selected basin parameters from the point of view of flash flood occurrence. Geografický časopis, 57, 2005, 2, 2 figs., 14 refs.

The aim of the paper is to identify the effect and clarify the share of selected basin parameters (risk factors), which contribute to the increased effect of storm rainfall and eventually flash floods. It contains analysis of morphometric and geometrical characteristics of small basins struck by flash floods. The following characteristics describing the relief morphometry were evaluated: mean sea level altitude, maximum sea level altitude, minimum sea level altitude, the difference between sea level altitudes, maximum inclination and mean inclination in the direction of gradient line. Surface, shape of basin and length of water dividing line were the geometrical basin characteristics considered. Several characteristics of the river network, which are closely related not only to the basin shape, but which jointly affect the magnitude and form of floods are pointed to. Basins with occurrence of flash floods and the selected basin parameters contributing to their origin are identified through application of the existing digital network of small basins in Slovakia and the database of their physical characteristics. A set of 77 small basins with occurrence of flash floods in the years 1997-2002 is evaluated.

Key words: flash floods, small basins, storm rainfall, catchment conditions, physical basin characteristics, flood intensifying factors, environmental control of hydrological processes

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

ÚVOD

V posledných rokoch sa povodne a špeciálne prívalové povodne svojou frekvenciou, priestorovou rôznorodosťou výskytu, no najmä svojou ničivou silou natoľko zviditeľnili a stali sa aktuálnym až páľčivým problémom, ku ktorému sa vyjadrovala široká škála odborníkov, že k nemu musela zaujať stanovisko aj vláda SR. Uznesením vlády Slovenskej republiky č. 31 z 19. januára 2000 bol schválený materiál *Program protipovodňovej ochrany do roku 2010*. Jeho súčasťou bol aj súbor vedecko-technických projektov, ktoré predstavovali komplexné riešenie problematiky povodní. Aj napriek ich schváleniu sa nepodarilo nájsť finančné prostriedky na ich riešenie. Súbor projektov (celkovo deväť) zahŕňal dve témy relevantné aj z hľadiska geografickej vedecko-výskumnej činnosti. Bola to téma I. *Hydrologicko-klimatické aspekty povodní* a téma III. *Priestorová štruktúra povodní, identifikácia rizikových oblastí a faktorov*. Materiál obsahoval rad odporúčaní pre politiku a stratégiu, odporúčania na ochranu proti povodňiam až po odporúčania pre vedu a výskum. Z nášho pohľadu považujeme za veľmi dôležité, že v tomto dokumente bola deklarovaná nutnosť zásadnej zmeny v prístupe k prírodným katastrofám. V riešení povodňovej problematiky je potrebné prejsť od ochrany pred katastrofami k manažmentu prístupného rizika. Vhodnou metódou na riešenie daného problému má byť rizikový manažment (MP SR 2001). Skúsenosti s prívalovými povodňami z posledných rokov si vynútili zmenu prístupu od lokálneho k holistickému, ktorý berie do úvahy celé povodie aj s aktivitami človeka v ňom. Program protipovodňovej ochrany odporúča okrem iného aj identifikáciu a mapovanie hazardov a veľmi rizikových oblastí.

V predchádzajúcom príspevku (Grešková 2001) sme poukázali na nutnosť detailnejšie analyzovať podmienky, hľadať príčinné súvislosti, za ktorých dochádza k vzniku povodňovej hrozby a k tvorbe povodňových prietokov, prehľbovať spresnenie charakteristík jednotlivých rizikových faktorov, ako aj hodnotenie ich podielu a významu ich vplyvu. V procese identifikácie rizikových faktorov vzniku povodní je rozhodujúca nielen časová a priestorová analýza zrážok a kulminačných prietokov. Tento proces predpokladá aj existenciu databázy charakteristík (nielen empirických poznatkov) o území, v ktorom sa odohráva celý zrážkovo-odtokový proces. Táto databáza umožní rozpoznať rizikové faktory, resp. identifikovať kľúčové (uzlové) body a rizikové oblasti potenciálneho vzniku povodní v danom konkrétnom povodí. Vytvorením digitálnej siete malých povodí Slovenska a databázy ich fyzickogeografických charakteristík (Solín et al. 2000) vznikli základné predpoklady na rozsiahlejšiu analýzu podmienok a identifikáciu rizikových faktorov vzniku a priebehu prívalových povodní.

VÝCHODISKÁ A METODICKÝ POSTUP

Vytvorená digitálna sieť malých povodí (Solín a Grešková 1999) a databáza ich fyzickogeografických charakteristík (Solín et al. 2001), vytvorená na Geografickom ústave SAV, umožnila identifikovať povodia zasiahnuté prívalovými povodňami a poskytnúť relevantné údaje o prostredí, v ktorom sa formovali a prebiehali povodňové udalosti. Takto sa získali poznatky o podmienkach vzniku a priebehu prívalových povodní, ktorými boli postihnuté malé povodia vo viacerých horských a podhorských oblastiach Slovenska v rokoch 1997-1999

(Grešková 2001). Vyhodnotené boli priemerné hodnoty vybraných charakteristík malých povodí s výskytom jednotlivých povodňových N -ročných prietokov.

Vďaka rozširovaniu siete pozorovacích objektov na povrchových tokoch v 60-tych a 70-tych rokoch máme dnes k dispozícii viac ako 270 povodí s hydrologickým pozorovaním s plochou menšou ako 150 km^2 (Solín a Grešková 1999). Problém je v získaní údajov o priebehu povodní a veľkosti prietoku z horných častí povodí, kde sa vodomerné stanice spravidla nenachádzajú. Na nižšie ležiacich staniách môžu byť zaznamenané už len niekoľkonásobne nižšie N -ročné prietoky, ale ničivé následky v horných častiach povodí dokazujú často prechod 50-100- a viacročných povodňových prietokov. Hydroklimatické situácie povodňových udalostí, ktorých sme boli svedkami v minulých rokoch, boli podrobne vyhodnotené. Fyzickogeografickým parametrom povodia bola venovaná iba okrajová pozornosť, a to v dôsledku dovtedy chýbajúcej databázy.

Prívalová povodeň ako extrémna hydrologická odozva povodia – základnej priestorovej hydrologicej jednotky – má autochtónny charakter, t. j. je produktom primárneho impulzu – extrémnych zrážok – transformujúceho sa cez fyzickogeografické parametre povodia.

Malé povodie ako elementárna plocha odvodňovaná jedným riečnym systémom po miesto zaústenia do toku vyššieho rádu a priestorovo vymedzená orografickou rozvodnicou má jeden vstup – zrážky a jeden výstup – odtok v záverečnom profile. Takéto hydrologicky autochtónne priestorové jednotky spolu s databázou ich fyzickogeografických charakteristík sú vhodným materiálom k objasneniu podmienok, za ktorých došlo k extrémnym povodňovým udalostiam. Sieť malých povodí zahŕňa 4615 jednotiek, z ktorých väčšina (4344) má rozlohu do 30 km^2 a iba sedem povodí má rozlohu väčšiu ako 100 km^2 (Solín a Grešková 1999).

Mimoriadne cenné a relevantné informácie v tomto smere môžeme získať analýzou prívalových povodní, ktoré už nastali. V nadväznosti na predchádzajúce výsledky (Grešková 2001) v tejto štúdii identifikujeme povodňové udalosti za roky 1997-2002 v sieti malých povodí Slovenska a zameriavame sa na hlbšiu analýzu vybraných parametrov povodí zasiahnutých prívalovými povodňami. Práca s digitálnou sieťou malých povodí (Solín a Grešková 1999) a ich charakteristikami vytvára predpoklad pre identifikáciu priestorovej variability výskytu povodňových udalostí 1997-2002 a následné vyhodnotenie vybraných fyzickogeografických charakteristík povodňami postihnutých povodí. Okrem toho, že v práci sú vyhodnotené vybrané fyzickogeografické charakteristiky týchto povodí, poukazuje sa aj na ďalšie charakteristiky a parametre povodia, ktoré tak tiež vplývajú na vznik a priebeh prívalových povodní.

Povodie a jeho riečna sieť sa dajú opísať viacerými charakteristikami. Rozlišujeme charakteristiky povodia a charakteristiky riečnej siete. Z charakteristík – parametrov povodí opisujúcich morfológiu reliéfu sme hodnotili priemernú nadmorskú výšku, maximálnu nadmorskú výšku, minimálnu nadmorskú výšku, rozdiel nadmorských výšok, maximálny sklon a priemerný sklon. Z geometrických charakteristík povodí bola hodnotená rozloha, tvar povodia a dĺžka rozvodnice. Charakteristikám riečnej siete sa v tomto príspevku venujeme iba okrajovo. Poukazujeme najmä na charakteristiky riečnej siete, ktoré majú podľa nás významný vplyv na koncentráciu povrchového odtoku, na vznik a priebeh lokálnych prívalových povodní a doteraz sa im v tejto súvislosti nevenovala žiadna pozornosť.

K analyzovanému súboru malých povodí sme sa dopracovali postupne, využívajúc dostupné informácie o výskyte povodňových udalostí. Údaje o povodniach majú rôzny charakter; sú to jednak správy o obciach postihnutých povodňami, hodnoty kulminačných prietokov pre vodomerné profily a stupne povodňovej aktivity, udávané pre jednotlivé toky, resp. ich úseky. Využívajúc všetky dostupné zdroje informácií o výskyte povodní na území Slovenska sme sa snažili vybrať malé povodia tak, aby najlepšie vystihli priestorový výskyt povodní.

Súbor 77 malých povodí s výskytom prívalových povodní v rokoch 1997-2002 nemôžeme považovať za vyčerpávajúci, niektoré povodňami postihnuté povodia boli z tohto súboru vylúčené. Vylúčené bolo napríklad povodie Rudlovského potoka (povodeň v roku 1999), v ktorom z celkovej rozlohy 3,95 km² tvorí až 70 % zastavaná plocha. Taktiež povodie Teplice, zasahujúce na hornom toku mimo nášho územia, bolo v prípravnom procese vylúčené. Považujeme za dôležité upozorniť aj na niektoré ďalšie fakty. Napríklad povodie Malej Svinky (1998) s rozlohou 61 km², brané ako jeden celok po sútoku so Svinkou, nebolo detailnejšie diferencované. Prívalovými povodňami boli postihnuté viaceré obce na strednom a dolnom toku Malej Svinky (Uzovské Pekľany, Jarovnice). Povodeň mala však svoj pôvod na samom hornom toku Malej Svinky po sútoku s Renčišovským potokom. Pripúšťame, že by bolo zaujímavé vyhodnotiť fyzicko-geografické charakteristiky v tejto časti povodia aj samostatne. Iným príkladom je územie zasiahnuté povodňou na Krupinici v roku 1999. Najväčšou ničivou silou sa prejavila povodeň v Krupine a Plášťovciach. Avšak povodia prislúchajúce k týmto vodomerným profilom sú príliš veľké (viac ako 100 km²). Sú to povodia vyššej hierarchickej úrovne, zahŕňajúce aj medzipovodia v sieti malých povodí. Pre naše účely sa hodnotilo samostatne povodie horného toku Krupinice (72,97 km²) po Suchý potok a každé malé povodie prítokov Krupinice s povodňovou situáciou na najnižšej hierarchickej úrovni.

PRÍČINY POVODNÍ A POVODNE ZOSILUJÚCE FAKTORY

Prívalové povodne (*flash floods*), označované aj ako náhle, resp. bleskové povodne, sú zaznamenané u nás v posledných rokoch v malých povodiach prevažne horských a podhorských oblastí. Iniciované boli prívalovými dažďami, patriacimi k extrémnym meteorologickým javom, pri ktorých vypadne veľké množstvo zrážok za krátku dobu na relatívne veľmi malú a ostro ohraničenú plochu, rádovo niekoľko km². Medzi faktormi ovplyvňujúcimi odtok a rozhodujúcimi o vzniku a veľkosti prívalových povodní majú veľmi intenzívne prívalové zrážky kľúčovú, primárnu úlohu. V posledných rokoch sa často vyskytujúce zrážkové extrémy a po nich aj extrémne hydrologické následky dávajú do súvislosti s nástupom predpokladaných klimatických zmien. Dnes je ťažko posúdiť, či ide o väčšie alebo menšie oscilácie, resp. prejavy klimatickej nestacionarity, alebo či príčiny treba hľadať v zmenách spôsobených antropogénnou činnosťou.

Vznik prívalovej povodne sekundárne ovplyvňujú lokálne, resp. regionálne fyzickogeografické a hydrologické podmienky, ktoré môžu prívalovými dažďami iniciovaný proces ešte akcelerovať alebo stlmiť (Grešková 2001). Každá náhla povodeň má svoje špecifiká, ktoré odzrkadľujú lokálne podmienky daného povodia. Akceptácia pestrosti a rôznorodosti miestnych, lokálnych podmie-

nok každého povodia, ich fyzickogeografických charakteristík, je nevyhnutná k pochopeniu príválových povodní ako hydrologickej odozvy malých povodí na extrémne meteorologické situácie. Našou snahou bolo posúdiť, objasniť úlohu vybraných fyzickogeografických parametrov, ktoré určitým spôsobom ovplyvňujú veľkosť odtoku po intenzívnych zrážkach, ako aj vznik a priebeh povodní.

Empirické poznatky potvrdzujú, že z rovnako veľkých zrážkových úhrnov môžu odtečť rôzne veľké odtokové množstvá. Závisí to od mnohých faktorov, rozhodujú o tom relatívne stabilné fyzickogeografické parametre povodia, ale aj urbanizované a technizované prvky v povodí, najmä v riečnych nivách, aktuálny stav hospodárenia v povodí, ako aj priestorová organizácia krajinných jednotiek, ich štruktúra, pattern atď.

Celý zrážkovo-odtokový proces, prebiehajúci v konkrétnych, reálnych podmienkach krajiny je nimi riadený, ovládaný a ovplyvňovaný (*environmental controls on meteorological and hydrological processes*). Podľa Acremana a Sinclaira (1986) typ a rýchlosť hydrologických procesov vyskytujúcich sa vo vnútri povodia sú determinované jeho prírodným prostredím a jeho charakteristikami. Spomínaní autori sa domnievajú, že dominantné *podmieňujúce faktory* môžu byť reprezentované aj malým počtom premenných. Môže to byť plocha a tvar povodia, sklon svahov, dĺžka toku, sklon toku, hustota riečnej siete, disekcia reliéfu, zrážky, pôdna pokrývka, retenčná kapacita povodia, krajinná pokrývka, jej fragmentácia a ďalšie. Pritom každú by sme mohli ďalej špecifikovať, napr. zrážky – dobou trvania, intenzitou a frekvenciou, pôdy – typom, druhom, hĺbkou, počiatočnou vlhkosťou (aktuálnou zásobou pôdnej vody), infiltračnou kapacitou, retenčnou kapacitou a pod. Vo väčšine projektov a publikovaných prác sa akceptujú z praktických dôvodov premenné (parametre), ktoré sa dajú ľahko odčítať (resp. odmerať) z existujúcich publikovaných máp. Často však ide o kompromis medzi faktormi, ktoré majú značný vplyv a tými, ktoré sa dajú ľahko získať.

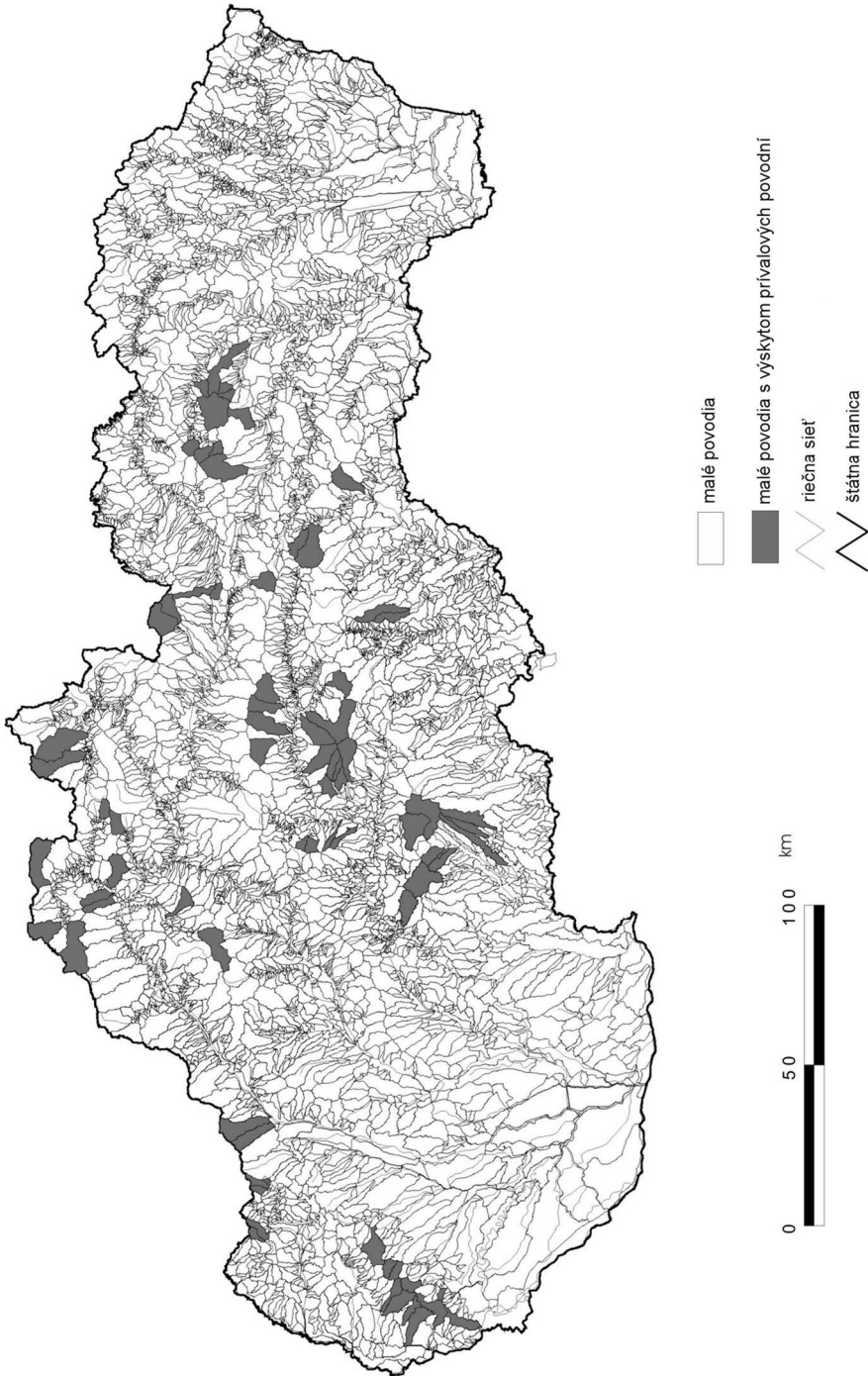
Smith a Ward (1998) pripisujú významnú úlohu pri vzniku a priebehu príválových povodní najmä morfometrickým parametrom, tvaru povodia a riečnej siete. Schematicky rozlíšili príčiny povodní (*causes of floods*) a povodne zosilujúce faktory (*flood-intensifying factors*).

Príčinami povodní môže byť dažď, sneh a topiaci sa sneh, kombinácia dažďa a topiaceho sa snehu, ľadová kaša, zosun svahov, pretrhnutie hrádze a pod.

Povodne zosilujúce faktory členia na:

- stabilné faktory povodia (plocha, tvar, sklon, orientácia, nadmorská výška),
- variabilné faktory povodia (klíma, geológia, pôdny typ, vegetačná pokrývka, antropogénne vplyvy na retenčnú kapacitu, infiltráciu a transmisivitu),
- faktor riečnej siete,
- faktor koryta.

S malými výhradami, ako je začlenenie geológie medzi variabilné faktory povodia, môžeme s daným členením súhlasiť. Mnohé z faktorov zosilujúcich povodne urýchľujú pohyb vody vo vnútri povodí, niektoré z nich pôsobia nezávisle na iných.



Obr. 1. Malé povodia s výskytom prívalových povodní v rokoch 1997-2002

GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODIA

Z geometrických charakteristík povodia sme si všimli veľkosť, tvar a obvod povodia, t. j. dĺžku rozvodnice. Okruh charakteristík je možné rozšíriť a zohľadniť napríklad aj pôdorysnú symetriu, resp. asymetriu povodia.

Plocha povodia je dôležitá najmä z hľadiska, aká časť povodia je zasiahnutá privalovým dažďom. Čím väčšia časť povodia je zasiahnutá zrážkovou udalosťou, tým väčšia môže byť povodeň produkovaná z povodia. Ak je povodie väčšie (napr. nad 50 km²), pri privalových búrkach s priemerom niekoľko km² je pravdepodobné, že zasiahnutá bude iba časť povodia. Otázne je, ako sa to prejaví na celkovom odtoku, ak je zrážkovou udalosťou zasiahnutá iba časť povodia. Pri menších povodiach (do 10 km²) je pravdepodobnejšie, že privalové zrážky môžu zasiahnuť podstatnú časť povodia.

Veľkosť povodí (area, km²) sa v nami analyzovanom súbore pohybovala od 3,49 km² u najmenšieho povodia Kltipoch po 97,25 km² u najväčšieho povodia Kysuce, pričom priemerná hodnota dosahovala 35,73 km². Početnosť v rámci jednotlivých veľkostných kategórií je nasledovná:

kategória veľkosti (km ²)	početnosť
menej ako 10,00	4
10,01 - 20,00	19
20,01 - 30,00	15
30,01 - 40,00	9
40,01 - 50,00	14
50,01 - 60,00	2
60,01 - 70,00	7
70,01 - 80,00	3
80,01 - 90,00	2
90,01 a viac	2

Spolu 61 povodí (79 % z celkového počtu) má veľkosť do 50 km². Iba 16 povodí má plochu väčšiu ako 50 km². Všeobecne platí, že odtok z malých povodí je oveľa viac závislý od iných faktorov ovplyvňujúcich odtok ako je tomu u veľkých povodí.

Tvar povodia spolu s charakterom riečnej siete výrazne vplýva na koncentráciu povrchového odtoku a na veľkosť odtoku (Smith a Ward 1998). Pri plošne rovnako veľkých povodiach s podobnými fyzickogeografickými charakteristikami sa stretávame s rôznymi hodnotami odtoku. V povodiach zaokrúhleného tvaru sa voda sústreďuje, koncentruje rýchlejšie, v kratšom časovom intervale a je tu predpoklad vytvorenia väčších odtokov ako pri povodiach pozdĺžneho tvaru. Pre povodia pozdĺžneho tvaru je charakteristické, že prítoky vtekajú do hlavného toku postupne. Na rozdiel od povodí zaokrúhleného, resp. vejárovitého tvaru, kde sa prítoky zlievajú v jednom bode, resp. s minimálnym priestorovým a časovým odstupom, je tu prítomný určitý priestorový a časový interval. Tak ako veľkosť povodia aj jeho tvar rozhoduje o množstve zrážok ktoré povodie

prijme, resp. obdrží. Prvoradý význam tvaru pri charakteristike povodia rezonuje vo viacerých prácach. Dub (1954) definoval tvar povodia charakteristikou α , ktorá sa určuje ako podiel plochy povodia P a druhej mocniny dĺžky toku L

$$\alpha = P/L^2$$

Tento vzťah použili aj Hrádek a Ondráček (1995) pri posudzovaní vplyvu tvaru povodia na vznik prívalovej povodne v povodí Kozlovského potoka, ležiaceho v centrálnej časti Českomoravskej vrchoviny, kde pri zasiahnutí celého povodia zrážkami zohral významnú úlohu aj jeho vejárovitý tvar a úzke údolie. Dub (1954) rozlíšil na základe pomeru šírky a dĺžky údolnice vejárovité (1:1), podlhovasté (1:4) a pretiahnuté (1:5) povodia. Čermák et al. (1970) navrhuje rozdeliť charakteristiku tvaru povodia (α) pre povodia do 50 km² a nad 50 km² a rozlišuje pretiahnuté, vejárovité a povodia prechodného typu. V práci Solína et al. (2000) bol tvar povodia vyjadrený indexom okrúhlosti RC (circularity ratio), vyjadrujúcim pomer medzi plochou povodia a plochou kruhu s rovnakým obvodom ako je obvod povodia. Tento index sa vyjadruje vzťahom (Zavoianu 1985)

$$RC = 4\pi A/P^2$$

kde A označuje plochu povodia a P jeho obvod. RC sa nikdy nerovná 1.

Podobne je možné tvar vyjadriť aj pomerom dĺžky rozvodnice (P) k obvodu kruhu, ktorý má rovnakú plochu (A) ako povodie (Forman a Godron 1986)

$$D = P/(2\sqrt{\pi A})$$

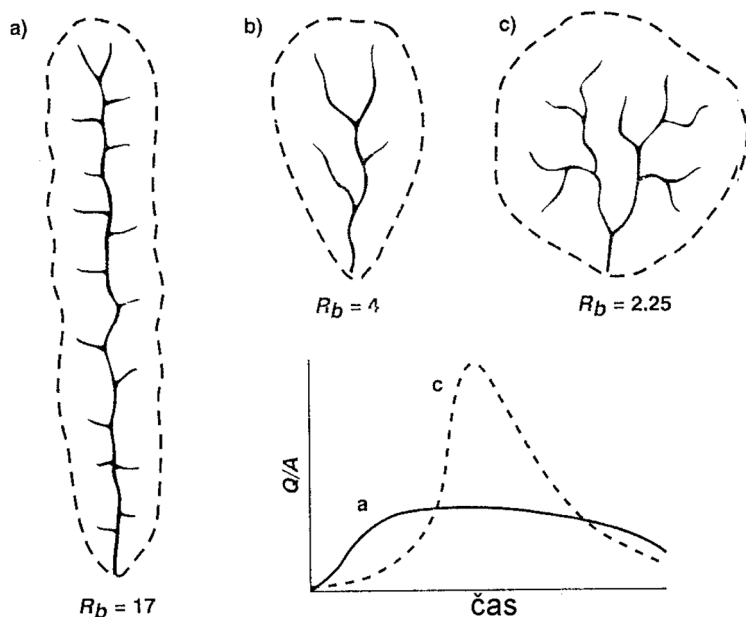
V tejto práci je tvar povodí hodnotený na základe indexu okrúhlosti RC . Priemerná hodnota RC pre celý súbor povodí je 0,4595. Najvyššie hodnoty RC prislúchajú povodiam Lipníka (0,7541), Bystrice (0,6890) a Škapovej (0,6741). Sú to povodia s plochou do 25 km². Z plošne väčších povodí dosahuje vysoké hodnoty indexu okrúhlosti povodie Slavkovského potoka (0,6212). Zo stredne veľkých povodí má vysoké hodnoty RC povodie Jasenianskeho potoka (0,6475) a povodie Štiavničky (0,6438). Najnižšie hodnoty indexu okrúhlosti majú úzke podlhovasté povodia, ako je povodie Vrbovníka (0,1567) a Badínského potoka (0,2306). Z celého súboru povodí zasiahnutých povodňami má 44 hodnotu RC väčšiu ako 0,4500, čo znamená, že prevládajú povodia skôr zaokrúhleného tvaru ako podlhovasté povodia.

Dĺžka rozvodnice (obvod povodia) závisí od tvaru povodia a rozvinutia riečnej siete. Najväčšiu dĺžku rozvodnice má v našom súbore povodie Vrbovníka (61,711 km), povodie úzkeho podlhovastého tvaru s plochou iba 47,48 km². Veľkosťou jemu podobné povodie Litavy (44,55 km²) má rozvodnicu dlhú iba 47,618 km. Podobne aj najväčšie povodie súboru Kysuca (97,25 km²) má obvod povodia menší (54,477 km). Aj u druhého plošne najväčšieho povodia Kamenitého potoka (84,41 km²) dosahuje dĺžka rozvodnice 57,560 km. Veľkosť povodia a dĺžka rozvodnice nie sú priamo úmerné. Dĺžka rozvodnice je podmienená najmä tvarom povodia a tvarom, resp. charakterom riečnej siete a vypovedá aj o členitosti jeho pôdorysu.

CHARAKTERISTIKY RIEČNEJ SIETE

Charakteristiky riečnej siete úzko súvisia s morfometrickými a geometrickými charakteristikami povodia. Tvar povodia úzko súvisí s tvarom riečnej siete. *Pattern* riečnej siete a tvar povodia podľa Smitha a Warda (1998) vplyvajú na veľkosť a tvar povodňových vln (obr. 2). Vývoj a charakter riečnej siete úzko súvisí s vývojom siete dolín a medzidolinových chrbtov (geomorfologickej siete). Priestorová kompozícia geomorfologickej siete daného povodia je výrazne determinovaná miestnymi štruktúrno-litologickými, morfoštruktúrnymi a aj morfoklimatickými pomermi (Lacika 2001). Hydrografická sieť sa vyvíjala v určitých klimatických a morfoštruktúrnych podmienkach a aj dnes podlieha zmenám v čase a priestore. Riečnu sieť povodia môžeme opísať viacerými charakteristikami. Chorley a Kennedy (1971) uvádzajú medzi charakteristikami povodia aj nasledovné charakteristiky riečnej siete:

- dĺžka tokov daného rádu u (l_u) v km,
- celková dĺžka všetkých tokov v povodí (Σl_u) v km,
- hustota riečnej siete ($\Sigma l_u/P = D$) v km/km²,
- počet tokov v danom ráde u (n_u),
- celkový počet všetkých tokov (Σn_u),
- početnosť (frekvencia) tokov ($\Sigma n_u/P = F$) udáva sa ako počet na km²,
- koeficient bifurkácie ($n_u/n_{u+1} = R_b$),
- textúra riečnej siete.



Obr. 2. Vzťah medzi tvarom povodia, koeficientom bifurkácie (R_b) a veľkosťou odtoku (podľa Smitha a Warda 1998)

Namiesto dĺžky toku sa udáva niekedy údolnica, pričom však skutočná dĺžka najmä meandrujúceho toku je iná. Na tomto mieste by sme upozornili aj na rozdiel medzi rádom a hydrologickým poradím toku. U nás sa používa od roku 1914 Graveliova hierarchická stupnica rádu tokov v riečnej sieti (riečnej sústave), kde tok vlievajúci sa do mora je tok I., t. j. najvyššieho rádu na rozdiel od Strahlerovej klasifikácie, kde číslovanie úsekov tokov je opačné, pramenné úseky tokov sú najnižšieho, I. rádu a tok druhého rádu sa formuje spojením dvoch tokov I. rádu. Takto sa u nás chápe hydrologické poradie (podľa *Názvoslovia hydrológie*), ktoré predstavuje postupné zoradenie tokov od prameňa po prúde, od toku nižšieho rádu k vyššiemu.

Okrem toho môžeme každý tok charakterizovať maximálnou nadmorskou výškou (prameň) a minimálnou nadmorskou výškou (ústie). Ďalej sklonom toku, ktorý môže byť udaný absolútnou alebo relatívnou hodnotou. Absolútny sklon toku udáva celkové prevýšenie na jeho celej dĺžke od prameňa po ústie (túto charakteristiku obsahuje databáza o tokoch vytvorená na Geografickom ústave SAV pre *Rámcovú smernicu o vode*). Relatívny sklon, udávajúci prevýšenie toku na jednotku dĺžky (‰), rozhoduje o rýchlosti a unášačej sile pretekajúcej vody. Zisťuje sa v jednotlivých úsekoch toku niveláciou. Tento parameter je významný pri hodnotení rizika vzniku záplav. V miestach, kde nastáva náhla zmena sklonu, dochádza častejšie k rozliatiu, najmä ak je zmena sklonu sprevádzaná aj zmenami šírky doliny a striedaním jej úzkych a širších častí (systém lievik – polder).

Pre vznik a priebeh prívalovej povodne má významnú úlohu typ usporiadania (textúry) riečnej siete. Schématické znázornenie 42 možných topologicky odlišných usporiadaní riečnej siete, utvorenej zo 6 tokov I. rádu s 11 spojovacími úsekmi podľa Strahlerovho systému, je príkladom možností, ktoré sa reálne môžu vyskytnúť (Haggett a Chorley 1969). Pritom každé z týchto možných usporiadaní riečnej siete má odlišný vplyv a prejav v odtokovom procese. Usporiadanie riečnej siete môže nadobúdať rôzne tvary od radiálnej, vejárovitej, stromovitej až po perovitú, paralelnú, pravouhlú a mriežkovitú textúru. Pri hodnotení vplyvu charakteristík riečnej siete je potrebné posúdiť každé konkrétne usporiadanie riečnej siete, ako aj z toho vyplývajúce dôsledky pri formovaní a priebehu povodňových vln. Tiež je potrebné všímať si rozvinutosť riečnej siete, či je symetrická, resp. asymetrická, a z toho vyplývajúce dôsledky.

Významným momentom pri vzniku povodňových situácií je koncentrácia odtoku v jednom alebo vo viacerých bodoch. Preto je dôležité rozpoznanie hlavných, kritických hydrologických, ale aj geomorfologických uzlov, t. j. miest spojenia hlavných dolinových a riečnych sietí. V odtokovom procese zohrávajú významnú úlohu aj charakteristiky vlastného toku, akými sú šírka toku, charakter koryta, vzdialenosť toku od rozvodnice a pod., ktoré spolu s charakterom nivy (v nížinách, kotlinách, ale aj v dolinách pohorí) tiež spolurozhodujú o priebehu povodňových vln.

Na tomto mieste by sme radi upozornili, že bola vytvorená hierarchická štruktúra tokov (riečnej siete) SR a databáza malých povodí, budovaná na Geografickom ústave SAV, sa doplnila aj o charakteristiky hlavného toku povodia. Charakteristikám riečnej siete by bolo potrebné venovať v budúcnosti viac pozornosti; na tomto mieste sme chceli iba poukázať na ich významnú úlohu z aspektu vzniku a priebehu prívalových povodní.

MORFOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODIA

Z morfolometrických charakteristík povodí boli hodnotené:

- maximálna nadmorská výška – ele_max [m n. m.],
- minimálna nadmorská výška – ele_min [m n. m.],
- rozdiel nadmorských výšok – $(ele_max - ele_min) = ele_rang$ [m],
- priemerná nadmorská výška – ele_avg [m n. m.],
- maximálny sklon v smere spádovej krivky – $slop_max$ [°],
- priemerný sklon v smere spádovej krivky – $slop_avg$ [°].

Priemerná *nadmorská výška* povodí v súbore je 689,71 m n. m. Najvyššie hodnoty maximálnych a priemerných nadmorských výšok dosahujú povodia odvodňujúce vysoké pohoria (Tichý potok, Kôprový potok a Mlynica). Vysoké hodnoty maximálnych a priemerných nadmorských výšok dosahujú aj povodia tokov stekajúcich z južných a severných svahov Nízkyh Tatier (Vajskovský potok, Bystrá, Štiavnička, Jasenienský potok a Čierny Váh). Najnižšie hodnoty priemerných nadmorských výšok majú povodia odvodňujúce svahy Malých Karpát (Suchý potok, Pernecká Malina, Vydrica a Jablonovský potok). Najnižšie maximálne nadmorské výšky povodí sa vyskytujú v povodiach odvodňujúcich vrchovinné oblasti Malých a Bielych Karpát a Krupinskej planiny. Priemerná minimálna nadmorská výška všetkých povodí v súbore má hodnotu 417,45 m n. m. V rámci minimálnych hodnôt, ako aj maximálnych nadmorských výšok sú v rámci povodňami postihnutých povodí veľké rozdiely. Najväčšie hodnoty minimálnych nadmorských výšok sa vyskytujú u tatranských povodí (povodie Kôprového a Tichého potoka). Najmenšie minimálne nadmorské výšky nachádzame v povodiach malokarpatských potokov (Jurský potok, Suchý potok, Vydrica). Z hľadiska prírodných faktorov prispievajúcich k vzniku povodní má významnú váhu relatívna výška (rozdiel maximálnej a minimálnej nadmorskej výšky) povodia. Jej najväčšie hodnoty sú charakteristické pre vysokotatranské a nízkotatranské povodia a najmenšie hodnoty pre povodia odvodňujúce vrchovinné oblasti. Veľké výškové rozdiely v rámci povodia a väčšia členitosť reliéfu napomáhajú sústredeniu vody a rýchlejšiemu povrchovému odtoku. Dôležitú úlohu v tomto procese zohráva členitosť reliéfu, t. j. hĺbka rozčlenenia podľa výškového rozdielu (vertikálna členitosť reliéfu) a hustota rozčlenenia reliéfu povodia podľa stupňa rozčlenenia sieťou dolín (horizontálna členitosť).

Pre celý súbor povodí sú charakteristické veľké hodnoty maximálneho a priemerného *sklonu*. Priemerná hodnota maximálneho sklonu v celom súbore povodí dosahuje až 41,23°. Najväčšie maximálne sklony nachádzame v povodí Kôprového potoka (77°), Mlynice (66°) a Tichého potoka (58°). Veľké maximálne sklony sa vyskytujú nielen v povodiach odvodňujúcich severné a južné svahy Nízkyh Tatier, ale napríklad aj v povodí Tajovského potoka (62°), Slanej (50°), Osrblianky, Hutnej, Kamenistého potoka, Hodruše (48-49°). Najmenšie hodnoty maximálnych sklonov sú charakteristické pre povodia Myjavy a Chvojnice (23-28°). Priemerný sklon v smere spádovej krivky nadobúda vysoké hodnoty vo väčšine povodňami postihnutých povodí. Priemerný sklon väčší ako 25° vykazujú povodia Kôprového a Tichého potoka. Hodnoty priemerného sklonu v rozpätí 20-25° nachádzame v povodiach Vajskovského potoka, Bystrej

a Štiavničky. Hodnoty priemerného sklonu v rozpätí 15-20° sa vyskytujú napríklad v povodiach Kunerádskeho potoka, Rajčianky, Kopytovského potoka, Čierneho Váhu, Osrblianky a Hodruše. Priemerný sklon od 10 po 15° majú povodia Predmieranky, Kysuce, Bošáčky a Dubovického potoka. Priemerné sklony menšie ako 10° vykazujú povodia Myjavy, Chvojnice, väčšina malokarpatských povodií a povodia prítokov Krupinice.

Sklonitosť povodia je priamo úmerná veľkosti a rýchlosti povrchového odtoku vody a jej sústreďeniu v jeho záverečnom profile. Sklon svahov a tvar údolia v kotlinách a dolinách pohorí majú významný vplyv pri vzniku a priebehu povodní. Najmä úzke tvary údolia, vytvárajúce „lievik“ so strmými svahmi (ktoré, ak sú zastavané, môžu umocniť ničivé následky povodne), nedovolia vode rozlíať sa do šírky a výška záplavy môže byť mimoriadne vysoká. Úloha sklonitostných pomerov pri vzniku prívalových povodní spolu s ďalšími charakteristikami, ako je vysoká intenzita krátkodobých zrážok a stupeň nasýtenia povodia predchádzajúcim zrážkami, bola jasne preukázaná vo viacerých povodiach Strednej Európy, postihnutých povodňovými udalosťami v rokoch 1997-1999. Veľká súvislosť existuje aj vo vzťahu s krajinou pokrývkou. Všeobecne platí, že čím je sklonitosť a členitosť reliéfu malých povodií väčšia, tým väčší je aj rozdiel medzi odtokom zo zalesneného a nezalesneného povodia po intenzívnych zrážkach (Zachar 2001).

ZÁVER

Výsledky hodnotenia povodí postihnutých povodňami z aspektu vplyvu jednotlivých fyzickogeografických charakteristík na vznik a priebeh povodne umožňujú určité zovšeobecnenie (Grešková 2001). Je možné všeobecne stanoviť, ktoré fyzickogeografické charakteristiky sa podieľajú, resp. prispievajú k vzniku povodňových situácií a akým spôsobom. Nie je však možné určiť podiel, resp. váhu vplyvu, akou sa podieľajú jednotlivé fyzickogeografické charakteristiky pri vzniku a priebehu povodní pre celý súbor malých povodí postihnutých povodňami. Pre konkrétne malé povodie a konkrétnu hydrometeorologickú situáciu je možné určiť, čo prispelo rozhodujúcou mierou k akcelerácii povrchového odtoku a k vzniku prívalovej povodne po vypadnutí intenzívnych zrážok. Spravidla vždy ide o spolupôsobenie viacerých rôznorodých podmienok, pričom je nevyhnutné zohľadniť povodie komplexne, od prírodných podmienok cez charakter krajiny pokrývky až po jeho urbanizované a technizované prvky.

Povodia s extrémnymi povodňami, ktoré spôsobujú aj extrémne následky, by bolo potrebné analyzovať zvlášť. Mechanizmus, ktorý vytvára veľké povodne (napr. 50 až 100- a viacročné prietoky), môže byť úplne iný ako pri menších povodniach. Aj úloha, sila pôsobenia a váha vplyvu jednotlivých parametrov povodia môže byť odlišná. V tomto smere môžeme iba súhlasiť s tvrdením Hrádeka a Ondráčka (1995), že každá prívalová povodeň má svoje špecifické charakteristiky, ktoré odzrkadľujú lokálne podmienky, ako prírodné, tak aj antropogénne.

Doteraz sme sa po jednotlivých povodňových udalostiach stretávali iba s následným hodnotením. Perspektívne, z hľadiska predchádzania ničivých následkov prívalových povodní, by bolo nesporne významným prínosom individu-

álne ohodnotenie povodí z hľadiska náchylnosti k vzniku povodní na základe ich morfolometrických, geometických a ďalších charakteristík.

Príspevok bol spracovaný za podpory grantovej agentúry VEGA v rámci riešenia projektu č. 2/7050/22.

LITERATÚRA

- ACREMAN, M. C., SINCLAIR, C. D. (1986). Classification of drainage basins according to their physical characteristics: an application for flood frequency analysis in Scotland. *Journal of Hydrology*, 84, 365-380.
- ČERMÁK, M., SOCHOREC, R., ŠOLNAR, O., ZATKALÍK, G. (1970). Velké vody *n*-leté. In *Hydrologické poměry ČSSR*, III. Praha (HMÚ), pp. 87-104.
- DUB, O. (1954). *Všeobecná hydrologia Slovenska*. Bratislava (Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied).
- FORMAN, R. T. T., GODRON, M. (1986). *Landscape ecology*. New York (Wiley).
- GREŠKOVÁ, A. (2001). Identifikácia rizikových oblastí a rizikových faktorov vzniku povodní v malých povodiach. *Geografický časopis*, 53, 247-268.
- HRÁDEK, M., ONDRÁČEK, S. (1995). Investigation into the causes of the origin of the flash floods in the Czech Republic. *Studia Geographica*, 98, 112-139.
- CHORLEY, R. J., KENNEDY, B. A. (1971). *Physical geography: a systems approach*. London (Prentice Hall).
- LACIKA, J. (2001). Vývoj geomorfologických sietí slovenskej časti povodia rieky Slaná. *Geografický časopis*, 53, 269-291.
- MP SR (2001). *Správa o vodnom hospodárstve v Slovenskej republike*. Bratislava (Ministerstvo pôdohospodárstva SR).
- SMITH, K., WARD, R. (1998). *Floods: physical processes and human impacts*. Chichester (Wiley).
- SOLÍN, Ľ., GREŠKOVÁ, A. (1999). Malé povodia Slovenska – základné priestorové jednotky pre jeho hydrogeografické regionálne členenie. *Geografický časopis*, 51, 77-96.
- SOLÍN, Ľ., CEBECAUER, T., GREŠKOVÁ, A., ŠÚRI, M. (2000). *Small basins of Slovakia and their physical characteristics*. Bratislava (Slovak Committee for Hydrology and Institute of Geography of the SAS).
- ZACHAR, D. (2001). Vodohospodárska funkcia lesov – kľúčový problém dneška a zajtrajška. *EnviroMagazin*, 5, 16-17.
- ZAVOIANU, I. (1985). *Morphometry of drainage basins: developments in water science*. Amsterdam (Elsevier).

Anna Grešková

ANALYSIS OF SELECTED BASIN PARAMETERS FROM THE POINT OF VIEW OF FLASH FLOOD OCCURRENCE

Floods and flash floods especially became, with regards to their frequency, spatial diversity and also destructive power, a highly topical problem. The aim of the paper is to assess and clarify the role of selected physical parameters which affect the size of runoff following an intensive rainfall, as well as the origin and process of floods. The existing digital network of small basins and the database of their physical characteristics make it possible to identify parameters of basins struck by flash floods and render relevant data on the environment where the flood events rise. The task of the paper is to assess the morphometric and geometrical characteristics of small basins struck by flash

floods and also to point to the relevant characteristics of river networks. The assessed relief morphometric parameters of basins were: mean sea level altitude, minimum sea level altitude, difference of sea level altitudes, maximum inclination, and the mean inclination in the direction of the gradient line. The geometrical basin parameters assessed were the area, shape of basin and the length of the water dividing line. The characteristics of the river network are closely connected to the morphometric and geometrical parameters of the basin. The so far underestimated characteristics of river network which substantially influence the concentration of surface runoff, origin and process of local flash floods are also pointed to.

A set of 77 small basins with occurrence of flash floods in the years 1997-2002 was assessed. The surface of 79 % of the basins in the set is smaller than 50 square kilometres. Generally, the small basin's runoff depends more on factors other than those affecting runoff of large basins. The shape of basins was assessed applying the circularity ratio *RC*. The *RC* of 44 basins struck by floods is bigger than 0,4500. It means that basins of round shape prevail over the elongated ones. Morphometric basin characteristics are remarkable for their high maximum sea level altitude, mean sea level altitude and maximum inclination. The dissection of the relief, that is the depth of dissection measured by the altitude difference or vertical relief and the density of relief dissection of the particular basin according to the level of dissection by valley dissection (horizontal dissection), plays an important role in the runoff process. Most of the basins are characterized by high inclination of slopes which along the narrow shape of the valley influences the flood origin and its process.

It is possible to generally assess the physical characteristics contributing to the origin of flood situations. However, assessment of the share and weight of the individual physical characteristics is only possible for particular small basins and the particular hydrological situation. The factors which have decisively influenced acceleration of surface runoff and origin of flash floods following the intensive rainfall can be assessed only after the comprehensive estimate of natural conditions, land cover character and the presence of urbanized and technicized elements in the basin.

Translated by H. Contrerasová