

LOKÁLNE PRÍVALOVÉ POVODNE: MÔŽU ICH VÝZNAMNE OVPLYVNÍŤ VLASTNOSTI POVODÍ?

V. Novák

Abstrakt. Prívalové zrážky teplých období roka, počas ktorých spadne na relatívne malú plochu horných častí povodí (desiatky km²) viac ako 50 mm vrstva vody, môžu spôsobiť lokálne povodne s ničivými následkami. Z výsledkov kvantitatívnej analýzy vyplýva, že manažmentom porastov (zalesňovanie, odlesňovanie, zmena štruktúry porastov) alebo úpravou pôdnych pomerov nie je možné v podmienkach Slovenska zabrániť lokálnym povodňiam. Technické opatrenia v horných častí povodí (malé vodné nádrže, prehrádzky) sú len málo účinné. Pasívne protipovodňové opatrenia (výstavba mimo záplavového územia, zvýšenie vodivosti tokov, revitalizácia povodí) však môžu významne znížiť škody spôsobené lokálnymi povodňami.

Abstract. Flash floods: Can they be reduced significantly by catchment management?

Rainstorms during the summer part of the year with totals over 50 mm water layer reaching the relatively small upper part of mountainous catchments (approx. tens km²) can generate local floods with disastrous results. There were attempts to decrease the risk of flash floods by the management of catchment area. As it follows from quantitative analysis, such canopy management (afforestation, deforestation, or canopy structure changes) or by attempts involving some technical structures (small water reservoirs, and antierosion structures) are not effective enough. The soil cover management focusing to increase rain infiltration are not effective too. The so called passive antiflood measures (constructions building out of inundation area, catchment revitalisation) cannot lower the flood risks, but there could be avoided damages due to flash floods significantly.

Úvod

V teplejšej časti roka sa u nás pomerne pravidelne vyskytujú poveternostné situácie cyklonálneho charakteru, kedy v priebehu niekoľkých dní spadne na veľkom území nadnormálne množstvo vody. Zvýšeným priamym odtokom môžu vzniknúť regionálne povodne, ktoré môžu postihnúť celé povodia tokov. Regionálne povodne boli v až po druhú polovicu 20 storočia na Slovensku časté (najničivejšie boli takmer pravidelné povodne v povodí rieky Váh, ale aj na Východoslovenskej nížine). Návrhom a vybudovaním vodohospodárskych diel najmä v povodí riek Váh a Bodrog sa podarilo regionálne povodne, ktoré boli rizikom pre podstatnú časť Slovenska, minimalizovať, akútnym nebezpečenstvom pre majetok a životy sú stále lokálne prívalové povodne.

Lokálne prívalové povodne vznikajú spravidla v horných častiach povodí v dôsledku lokálnych prívalových a letných búrkových zrážok. Zvyšujúce sa teploty atmosféry, ktoré sú dôsledkom prebiehajúcej klimatickej zmeny spôsobujú zvýšenú extremalitu letných zrážok. Ak klimatická zmena bude pokračovať, dá sa očakávať že extremalita zrážok sa bude naďalej zvyšovať. Vyplýva to z jednoduchej analýzy vplyvu zvyšujúcich sa teplôt na obsah vody v atmosfére a jej dynamiku. Samozrejme, tým sa zvyšuje aj riziko lokálnych povodní.

Ochrana proti lokálnym povodňiam je obtiažna, snahy o primitívne a často komické návrhy riešenia protipovodňových opatrení (drevené prehrádzky, alebo malé vodné nádrže v horných častiach povodí) nemajú šancu na úspech.

Pokúsme sa teda posúdiť, aké možnosti znižovania rizika lokálnych prívalových povodní umožňuje manažment horných častí povodí, ktorý zahŕňa manažment porastov a pôdy.

Lokálne prívalové povodne

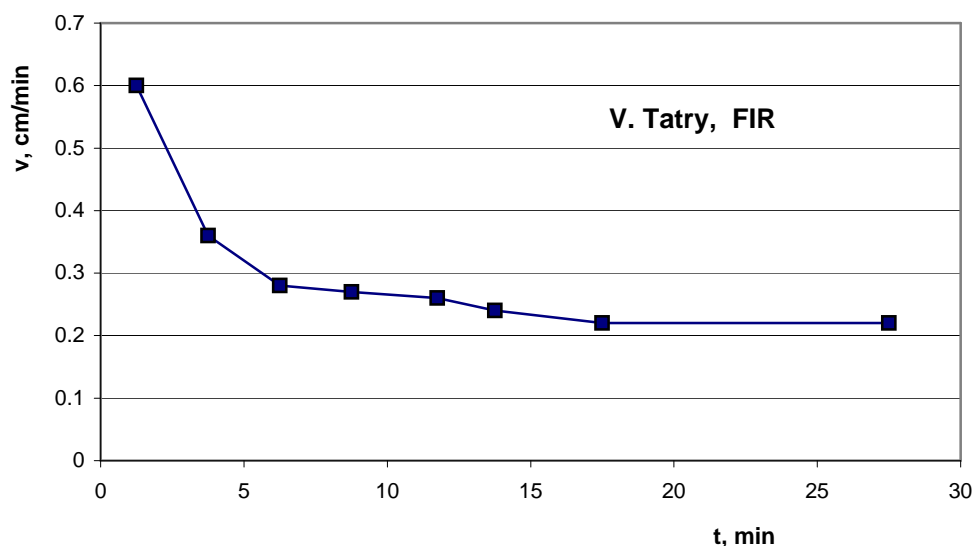
Vznikajú predovšetkým v horných častiach povodí, na tzv. drobných tokoch, ktorých máme na Slovensku viac ako 18 tisíc kilometrov (Garan, Šolc, 2010).

Časť zrážok sa zachytí na porastoch - intercepcia (Novák, 2010), zvyšok dosiahne povrch terénu, vsiakne do pôdy a podložného materiálu (až na relatívne zriedkavý jav povrchového odtoku, kedy voda tečie po povrchu pôdy a eroduje povrchovú vrstvu pôdy). Časť vsiaknutej vody zvýši obsah vody v pôde a po dosiahnutí maximálnej retenčnej kapacity pôdy doplní podzemné vody. V lesných povodiach (na rozdiel od pôdohospodárskych pôd) sa spravidla v malej hĺbke pod povrchom terénu nachádza viac – menej kompaktná vrstva horniny, s malou hydraulickou vodivosťou, ktorú označujeme ako nepriepustnú vrstvu. Vo väčšine horských povodí je táto málo priepustná vrstva v hĺbke 50 – 60 cm; vidieť to najmä podľa hrúbky koreňového systému drevín po polomoch, ktoré sú koncentrované v tejto vrstve.

V neextrémnych podmienkach vsiaknutá voda napája pramene a toky, bez tvorby povrchového odtoku, (Ben- Hur, et al., 2011). V prípade extrémnych zrážok, t.j.dlhotrvajúcich zrážok vysokej intenzity, sa k podpovrchovému odtoku pridruží tiež povrchový odtok. Súbeh týchto odtokov tvorí tzv. priamy odtok; takýto odtok vytvára povodňovú vlnu (Holko, 2011).

Skúsme si rozobrať proces infiltrácie zrážok do pôdy a posúdiť možnosti pôdy znížiť, prípadne eliminovať riziko povodní z prívalových zrážok.

Špecifickou vlastnosťou pokryvných vrstiev v horskom prostredí je teda relatívne tenká vrstva pôdy (spravidla do 1,0 metra), pod ktorou sa nachádza relatívne nepriepustná hornina. Ak sa infiltrovaná voda naplní pôdny profil (dosiahne sa jeho retenčná kapacita), potom dochádza k podpovrchovému odtoku (často je nazývaný hypodermickým) v smere sklonu nepriepustnej vrstvy. V prípade extrémnych zrážok (extrémne intenzity a úhrny), keď sa voda nestačí odvádzať podpovrchovým odtokom, vzniká tiež odtok povrchový, ktorého rýchlosť je rádovo vyššia ako rýchlosť odtoku podpovrchového a dochádza k ničivým povodňam. To sa stalo aj v hornej časti povodia potoka Gidra s kritickými dôsledkami pre stavby v obci Píla v Malých Karpatoch (2011).



Obr.1. Infiltračná krivka morény v lokalite FIR (V. Tatry), získaná infiltračným testom dvojvalcovou metódou. Koeficient hydraulickej vodivosti vodou nasýtenej pôdy (koeficient filtrácie) je $K = 0,22 \text{ cm min}^{-1}$.

Skúsme demonštrovať proces tvorby odtoku na príklade analýzy tzv. infiltračnej krivky (závislosť medzi rýchlosťou infiltrácie a časom), ktorá bola získaná meraním na lokalite FIR po polome vo V. Tatrách. Infiltračná čiara na obr. 1 má typický priebeh; ak pôda nie je nasýtená vodou rýchlosť infiltrácie v počiatočných fázach procesu je relatívne vysoká. Vtedy sa plní pôdny profil vodou, povrchový ani podpovrchový odtok nevzniká. Časový interval plnenia pôdneho profilu vodou ($0, t_k$) je charakterizovaný znižovaním rýchlosti infiltrácie; po čase t_k sa pôda naplní vodou (je vodou nasýtená), rýchlosť infiltrácie sa ustáli na hodnote, ktorá sa rovná nasýtenej hydraulickému vodivosti pôdy (koeficientu filtrácie). Touto rýchlosťou (na obr. 1. je to hodnota 2,2 mm/min) môže voda infiltrovať teoreticky neobmedzene dlho, ak je pôdny profil nekonečne hlboký. Problém je v tom, že pôdny profil lesných pôd v hornatom teréne je (ako bolo povedané) plytký a teda voda odteká podpovrchovým odtokom, alebo ak je rýchlosť podpovrchového odtoku nedostačujúca odvieť podkorunové zrážky, vzniká povrchový odtok. V takejto situácii môže vzniknúť povrchový odtok aj na relatívne vodivej pôde, ak je táto nasýtená vodou.

Ak sa vrátíme k obr.1, tak zistíme, že nasýtená hydraulická vodivosť pôdy (v tomto prípade vysoko vodivej morény s hrúbkou niekoľkých metrov) je 316 cm d^{-1} , teda vznik povrchového odtoku v týchto podmienkach je málo pravdepodobný. Ak je však vodivý pôdny profil hlboký 1,0 meter alebo menej, aj napriek vysokej vodivosti pôdy, v podmienkach intenzívnej a dlhotrvajúcej zrážky môže dôjsť k priamemu odtoku s výrazným povrchovým odtokom a teda aj k nebezpečnej lokálnej povodni. Je to podmienené štruktúrou pokryvnej vrstvy v horských podmienkach.

Extrémne zrážky a ich dôsledky v nížinných oblastiach

Tab.1. Hydraulická vodivosť (súčiniteľ filtrácie) pôd Východoslovenskej nížiny. Merania boli vykonané na piatich lokalitách pre päť typických druhov pôdy, pre ornú a podornú vrstvu. (Šútor, 1985, Novák et al., 1986, Šútor et al., 1995).

Lokalita	Druh pôdy	Hrúbka vrstvy	K, hydraulická vodivosť pôdy		
			cm	m/d	mm/h
Veľký Kamenec	ľahká	0-30	5	500	210
		30-110	1	100	42
Dúbravka	stredne ťažká	0-30	0,65	65	27
		30-110	0,13	13	5
Milhostov	ťažká	0-30	0,2	20	8
		30-110	0,051	13	5
Veľký Kamenec	veľmi ťažká	0-30	0,14	5	2
		30-110	0,35	3,5	1,5
Zempl. Hradište	extrémne ťažká	0-30	0,025	2,5	1
		30-110	0,01	1	0,5

Nížiny (roviny) sú typické svojimi jemnozrnnými pôdami, ktoré sú dôsledkom sedimentácie nížinných tokov, ktoré sa v minulosti pri povodňových situáciách rozlievali na veľkej ploche, v nej obsiahnuté jemné častice sa usadili a v priebehu času prešli pôdotvorným procesom. Príkladom takýchto procesov sú nivy väčších tokov, najmä v inundačnom území Dunaja a tokov na VSN. Ako vidieť z tab. 1, ustálené rýchlosti infiltrácie (infiltrácia v podmienkach vodou nasýtenej pôdy) v ťažkých pôdach sú vyjadrené v mm/h a sú rovné súčiniteľu hydraulického vodivosti vodou nasýtenej pôdy. To znamená, ak zrážka počas ustáleného režimu infiltrácie má intenzitu vyššiu ako je príslušná hodnota K, dochádza k akumulácii vody zo zrážky na povrchu terénu, prípadne k povrchovému odtoku vody.

Významnú úlohu pri odvodňovaní nížinných oblastí majú odvodňovacie kanály, na Slovensku ich máme 5800 kilometrov. Problémom je ich údržba ako aj funkčnosť čerpacích staníc, lokalizovaných na týchto kanáloch.

Príkladom fungovania tohoto mechanizmu môže byť vegetačné obdobie roku 2010, keď sa počas extrémnych zrážok vytvárali na poľnohospodársky využívaných pôdach dočasné vodné plochy, ktoré spôsobili anaerobné podmienky v pôdach a následné vädnutie porastov. Len v extrémnych prípadoch tento mechanizmus viedol k povodňam; povodne v nížinných oblastiach (napr. v obci Húl) boli spôsobené tokmi napájanými v horných častiach povodí. Samozrejme, vysoká vlhkosť pôd v nížinných oblastiach zvyšuje riziko lokálnych povodní.

V tab.1 sú pre ilustráciu uvedené výsledky meraní súčiniteľov hydraulickej vodivosti vodou nasýtenej pôdy v podmienkach VSN (Šútor, 1985, Novák et al., 1986, Šútor, et al., 1995). Vidieť, že v celom spektre pôdnych druhov (stredne ťažká – extrémne ťažká pôda) je pravdepodobnosť povrchovej retencie – tvorby kaluží vysoká a sú pozorované takmer každoročne.

Vplyv lesa na režim odtoku a tvorbu povodní

Vplyv porastov na dynamiku povodní bol analyzovaný v príspevku prednesenom počas minuloročnej konferencie (Novák, 2010), je však vhodné tam uvedené informácie doplniť o tie, ku ktorým som sa dostal neskôr a môžu významne doplniť závery, ku ktorým sme sa dostali v minulosti. Zaujímavé je to, že štúdium vplyvu lesa na tvorbu odtoku bolo realizované vo veľkom rozsahu aj v minulosti, predovšetkým na území ZSSR.

Výsledky rozsiahleho výskumu vplyvu holorubov lesov v pohorí Ural na režim odtoku 7 riek ukázali, že na území celých povodí riek počas 12-tich rokov ktoré nasledovali po holoruboch sa v piatich tokoch zo siedmich odtokový koeficient prekvapujúco znížil (Pobedimskij, Krečmer, 1984). Maximálne prietoky sa v 4 prípadoch zo siedmich zvýšili, minimálne prietoky sa v 4 prípadoch tiež zvýšili. Keď zhrnieme výsledky tohoto mnohoročného výskumu, môžeme konštatovať, že maximálne zvýšenie odtoku po holoruboch bolo 4,7% (rieka Lobva) a najväčšie zníženie odtoku počas letného obdobia bolo 3,5 % na tej istej rieke. Je zrejme, že podmienky tvorby odtoku v pohorí Ural sú odlišné od tých na Slovensku (pôda, sklony, porasty). Tieto výsledky sa však kvalitatívne zhodujú s výsledkami meraní publikovanými Holkom (2010), z ktorých vyplýva, že odlesnenie značnej časti malých povodí vo V. Tatrách nespôsobilo identifikovateľné zmeny v odtokovom režime. Výsledky výskumu v indických povodiach (Influence of deforestation, 1988-1989) konštatujú, že odlesňovanie zásadným spôsobom (v podmienkach Indie) zvyšuje riziko erózie, avšak môže byť nevýznamné pre tvorbu veľkých povodní. Raftoyanis et al., (2011) a Novák et al., (2011) v prehľadných prácach konštatovali výrazný vplyv porastov na tvorbu odtoku (porasty znižovali merný odtok), a tiež na bilanciu vody v povodí, avšak v prípade extrémnych zrážok nemali porasty identifikovateľný vplyv na povodňové odtoky. Možno teda konštatovať, že v podmienkach strednej Európy, nebol identifikovaný významný vplyv odlesňovania alebo zalesňovania na tvorbu extrémnych odtokov a teda na tvorbu povodní.

Záver

Lokálne prívalové povodne v horných častiach horských povodí s relatívne veľkými sklonmi svahov počas prívalových zrážok s vysokou intenzitou sú umocnené predovšetkým malou hrúbkou pôdneho profilu s relatívne malou retenčnou kapacitou a výskytom málo priepustnej vrstvy horniny v hĺbke menšej ako jeden meter. Po naplnení pôdneho profilu sa formuje podpovrchový a následne aj povrchový odtok, ktorý môže spôsobiť eróziu a povodne. Tieto, (z hľadiska tvorby lokálnych povodní nepriaznivé vlastnosti pôdy) nie je možné významne ovplyvniť, a teda manažment vlastností pôdneho krytu nevedie k zníženiu rizika povodní.

V nížinných oblastiach sa často vyskytujú pôdy s malou hydraulickou vodivosťou, do ktorých po nasýtení pôdy vodou táto infiltruje pomaly a preto sa tvoria na povrchu pôdy kaluže, prípadne vodné plochy. Tieto javy spravidla nespôsobujú povodne, pretože sklony povrchu sú malé.

Z výsledkov výskumu vyplýva, že manažmentom lesov (holorub, zalesňovanie) v podmienkach mierneho pásma (relatívne nízka teplota, zriedkavý výskyt extrémnych zrážok) sa riziko výskytu povodní významne nemení, aj keď zmena štruktúry porastov môže významne ovplyvniť štruktúru prvkov rovnice bilancie vody v povodí.

Charakteristická vysoká intercepčná kapacita lesných porastov (v porovnaní s nízkymi porastami), však výrazne neznižuje riziko lokálnych povodní, je však významným protieróznym činiteľom.

Literatúra

Ben – Hur, M., Fernandez, C., Sakaeri, S., Cerezal, J.C.S. 2011. Overland flow, soil erosion and stream water quality in forest under different perturbations and climate conditions. In: Forest management and water cycle, an ecosystem based approach. (M. Bredemeier, S. Cohen, D.L. Goldbold, E. Lode, V. Pichler, P. Schleppe, Eds.) Ecological Studies 212, Springer Science + Bussines Media B.V., 263 – 289.

Garan, J., Šolc, J. 2010. Povodňová ochrana horných povodí tokov (Teória, alebo prax – Podklady a projektovanie. In: Zb. Z konferencie Povodne 2010: Príčiny, priebeh a skúsenosti. VÚVH Bratislava, CD ROM.

Holko, L. 2011. Vplyv krajinných štruktúr na zrážkovo - odtokové pomery. In: Lesy Slovenska a voda, (J. Mindáš, J. Škvarenina, editori), Tech. Univerzita Zvolen, pp.129.

Influence of deforestation and afforestation on various hydrological parameters, National Institute of Hydrology, Roorkee, India, 1989 –1990, pp. 20.

Novák, V. a kol. 1986. Regulácia vodného režimu pôd VSN. In: Zborník zo sympózia Ekologická optimalizácia využívania VSN. Zemlinska Širava. Bratislava, II. Diel, 1-17.

Novák, V. 2010. Vplyv porastu na pohyb vody v povodí a na povodne v podmienkach Slovenska. In: Zborník z medzinárodnej konferencie „Povodne 2010: príčiny, priebeh a skúsenosti“, Štrbské pleso, VÚVH Bratislava, CD ROM.

Novák, V., Pichler, V., Graf- Panatier, E., Farrell, E.P., Homolák, M. 2011. Forest management effects on below – ground hydrological processes. In: Forest management and water cycle, an ecosystem based approach. (M. Bredemeier, S. Cohen, D.L. Goldbold, E. Lode, V. Pichler, P. Schleppe, Eds.) Ecological Studies 212, Springer Science + Bussines Media B.V., 291 –312.

Pobedimskij, A.V., Krečmer, V. 1984. Funkce lesu v ochrane vod a pudy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, s. 256.

Raftoyanis, Y., Bredemeyer, M., Buozyte, R., Lamersdorf, R., Mavrogiakoumos, A., Oddsdottir, E., Velichkov, I. 2011. Afforestation strategies with respect to forest – water interactions. In: Forest management and water cycle, an ecosystem based approach. (M. Bredemeier, S. Cohen, D.L. Goldbold, E. Lode, V. Pichler, P. Schleppe, Eds.) Ecological Studies 212, Springer Science + Bussines Media B.V., 225 –245.

Šútor, J. 1985. Hydrologické aspekty nenasýtenej zóny v podmienkach VSN. Vodohosp. Čas., 33, 458 – 467.

Šútor, J., Mati, R., Ivančo, J., Gomboš, M., Kupčo, M., Šťastný, P. 1995. Hydrológia Východoslovenskej nížiny. Media Group, Michalovce, pp.467.

Szolgay, J., Holko, L., Hlavčová, K., Novák, V., Kohnová, S. 2010. Možnosti hodnotenia a znižovania povodňového rizika zvyšovaním retencie v krajine. Život. Prostredie, 44, 5, 232 – 236.

Autor

Ing. Viliam Novák, DrSc, Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 83102 Bratislava 3, e-mail: novak@uh.savba.sk