POROVNÁNÍ PŘIROZENÉ VODNÍ RETENCE VYBRANÝCH POVODÍ

Stanislav Kaleta

V tomto příspěvku byla analyzována přirozená vodní retence vybraných povodí – Porubky, Budišovky, Slavíče, Rožnovské Bečvy a Vrbenského potoka. Cílem bylo vyhodnotit a do určité míry kvantifikovat vliv jednotlivých fyzickogeografických faktorů na retenci povodí při povodni v červenci roku 1997. Metodika pro stanovení vodní retence u jednotlivých povodí byla založena především na bilancování hodinových srážkových úhrnů spadlých v bezprostředním okolí povodí a průtoků v jejich závěrových profilech.

In this article natural water retention of chosen river basins – Porubka, Budisovka, Slavic, Roznovska Becva and Vrbensky potok has been analysed. The aim of this study is to evaluate and to a certain extent quantify the impact of partial geographical parameters on water retention of river basins during the flood in July 1997. The estimation of water retention at individual river basins is based on balancing the precipitation amount, which fell in the vicinity of the river basin and on the discharges in the closing profile of the river basin. The precipitation amount and the discharges were obtained in one-hour time interval.

ÚVOD

Pojem *vodní retence území* se dostal vlivem katastrofálních povodní v letech 1997 a 2002 do popředí zájmů odborné veřejnosti. Předmětem diskuse se stává především v otázce volby nejvhodnější protipovodňové ochrany, tzn. zda preferovat výstavbu nových údolních nádrží, či zvýšit přirozenou retenční schopnost krajiny.

Cílem tohoto příspěvku nebylo odpověďět na tuto otázku, ale vyhodnotit a kvantifikovat vliv jednotlivých fyzickogeografických faktorů na retenci povodí při povodni. Analýza byla založena na srovnání retenčního potenciálu vybraných povodí (určeného geografickými podmínkami) s vypočtenými hodnotami retence při povodni v červenci roku 1997.

V příspěvku byly využity poznatky o vodní retenci povodí při povodni získané z práce Dumbrovský a kol. [3].

METODIKA

Vlastní metoda řešení byla rozdělena do dvou oblastí:

- kvantifikace retenční schopnosti vybraných povodí
- zhodnocení hlavních faktorů určujících retenční potenciál povodí a stanovení stupně významnosti jejich vlivu na retenci povodí při povodni

Jelikož do výpočtu vstupovaly bodové hodinové srážkové úhrny, byla vybrána malá povodí s plochou do 40 km^2, na jejichž území je ještě možné vztáhnout hodnotu srážky naměřené v blízké srážkoměrné stanici. Při jejich výběru bylo dále rozhodující to, aby mezi nimi byla zastoupena povodí s různými geografickými podmínkami v nichž není hydrologický režim při povodni významně ovlivňován vodními nádržemi, převody vody apod. Celkem bylo vybráno pět povodí.

2.1. Kvantifikace retenční schopnosti

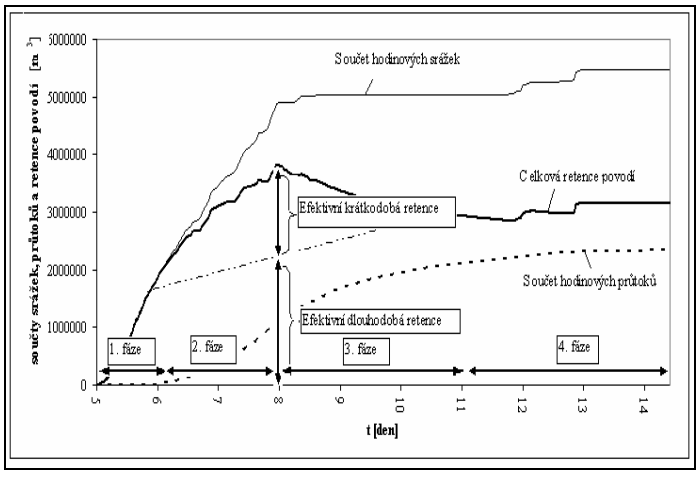
Retenční schopnost krajiny byla zjištěna bilancováním hodinových srážkových úhrnů spadlých na území vybraných povodí nebo v jejich bezprostředním okolí a průtoků v jejich závěrových profilech tj. vodoměrných stanicích v období první povodňové vlny v červenci 1997 (od 1.7. do 15.7. 1997). Tato metoda je vhodná pro posuzování přirozené retence povodí při povodních způsobených přívalovými nebo regionálními dešti. Jejím výsledkem je kvantifikace celkové přirozené retence povodí a jejích dvou hlavních složek – retence krátkodobé a retence dlouhodobé. Celkovou přirozenou vodní retencí

chápeme vodu dočasně zadrženou na povrchu terénu nebo v půdě vyjma retence v umělých vodních nádržích a inundacích. Do dlouhodobé retence jsou pak zahrnuty objemy retence v aeračním pásmu půdy, podzemní retence a územního výparu, které se při povodňové události mění mnohem pomaleji než retence povrchová a hypodermická, jejichž součet tvoří krátkodobou retenci. Průběh vodní retence povodí při povodni postupuje ve čtyřech následovných fázích (obr. 1):

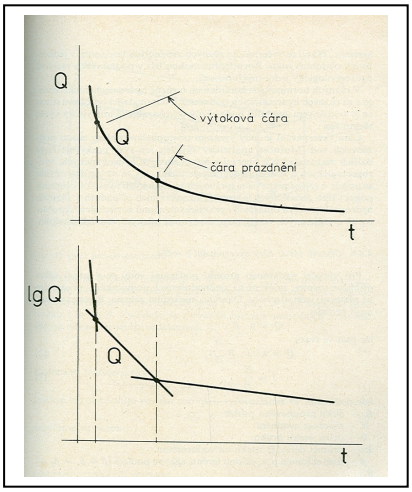
1. Nárůst dlouhodobé retence
2. Vznik a postupný vzrůst krátkodobé retence při současném pokračujícím narůstání dlouhodobé retence.
3. Postupný pokles krátkodobé retence při současném dalším nárůstu dlouhodobé retence.
4. Konec krátkodobé retence a postupný pokles dlouhodobé retence.

Výpočetní postup byl prováděn v tabulkovém editoru Microsoft Excel a jeho kroky jsou podrobně popsány v pracích [3], [4]. Uvedeným postupem bylo možné v každém časovém okamžiku povodně objemově kvantifikovat okamžitou celkovou, dlouhodobou i krátkodobou retenci povodí. K hodnocení retence povodí při povodni je nejdůležitější hodnotou kulminační objem celkové retence povodí, neboť snižuje povodňovou průtokovou špičku. Tato hodnota je označována jako efektivní celková přirozená retence povodí resp. efektivní krátkodobá retence povodí a efektivní dlouhodobá retence povodí (obr. 1). Pro lepší porovnatelnost vybraných povodí se také stanovily součinitelé retence tzn. efektivní hodnoty retence vztažené k příčinné srážce.

Jedním z hlavních bodů výpočetního postupu je stanovení času kdy ustane hypodermický odtok z povodí do toku a průtok v toku je napájen pouze z podzemního odtoku z povodí. Tento bod je časem bilančního konce povodně, kdy je ukončena krátkodobá retence a kdy může být bilance nejdříve ukončena. Z obr. 2 (převzato [1]) je zřejmé, že výtoková čára hydrogramu povodňové vlny se člení na několik na sebe navazujících úseček o stále nižším sklonu. Inflexní bod nejnižšího úseku výtokové čáry je počátkem tzv. čáry prázdnění (vyčerpávání), která výhradně zahrnuje uvolňované příspěvky z přebytků podzemních zásobníků [1]. V hodině počátku čáry prázdnění dosahuje dlouhodobá retence maximální hodnoty a nastává prázdnění podzemním odtokem.



Obr. 1 Součtové čáry srážek, průtoků a celkové retence
Fig. 1 Cumulative lines of the rainfall, discharges and total retention



Obr. 2 Genetické složky výtokové čáry
Fig. 2 Genetic components of the outflow line

2.2. Hodnocení fyzickogeografických faktorů povodí a jejich vlivu na retenci povodí

Na retenční schopnost povodí má vliv více činitelů. Kvantifikace míry jejich působení je mimořádně složitá pro jejich mnohostrannou vzájemnou vazbu a podmíněnost. Faktory, které mají největší vliv na přirozenou retenci povodí jsou:

- využití území (land use/land cover)
- geomorfologické poměry
- geologické poměry

- hydropedologické poměry
- tvar povodí
- nasycenost povodí před povodňovou událostí
- velikost a intenzita příčinného deště

Hodnocení *využití území a krajinného pokryvu* bylo prováděno na základě dat z projektu CORINE. Zdrojová data jsou odvozena ze satelitních snímků družice Landsat TM. Pro hodnocení byly zvoleny tři základní kategorie :

1) zemědělská půda (orná půda, louky a pastviny, zemědělské oblasti s přirozenou vegetací)
2) les
3) ostatní plochy včetně zastavěných ploch

Geomorfologické poměry byly charakterizovány především průměrnou sklonitostí povodí v úhlových stupních a průměrnou nadmořskou výškou. Důležitým podkladem pro určení těchto parametrů byla gridová vrstva digitálního modelu reliéfu v rozlišení 25 x 25 m (DMR 25).

Základním podkladem při odvozování *geologických poměrů* byla vektorová vrstva geologie databáze ArcČR500.

Hydropedologické poměry byly určeny z gridové vrstvy hydrologických skupin půd (HSP). Hydrologické skupiny půdy jsou čtyři (A, B, C, D) a jsou založeny na charakteristice propustnosti. Obecně čím je půda propustnější, tím její vliv je příznivější z hlediska snížení velikosti povodňového odtoku (A – nejvíce propustné písčité půdy, D – nejméně propustné jílovité půdy). Ve výsledné gridové vrtvě bylo toto rozčlenění dále modifikováno vzhledem k další důležité půdní charakteristice - retenční vodní kapacitě - a to na základě úvahy, že i relativně propustná půda, avšak s nízkou retenční kapacitou, je pro tvorbu povodňového odtoku nepříznivá.

Důležitým faktorem odtoku, který přímo souvisí s geometrickým obrazcem povodí, je *tvar povodí.* Je charakterizován bezrozměrným součinitelem počítaným z poměru plochy povodí a druhé mocniny délky údolí příslušného toku. Pro protáhlá povodí má hodnotu pod 0,24 pro vějířovitá větší než 0,26.

Nasycenost povodí před povodňovou událostí byla pro vybraná povodí hodnocena pomocí ukazatele předchozích srážek (API). Hodnoty ukazatele API byly stanoveny za dobu 30 dní před začátkem povodňové události (API_{30}). Čím je tento ukazatel vyšší, tím je vliv předchozích srážek na vlhkost půdy resp. nasycenost povodí větší.

Základem odtoku velkých vod potažmo přirozené retence povodí jsou *srážky*. V tomto případě byla povodňová srážka charakterizována celkovým úhrnem a průměrnou intenzitou.

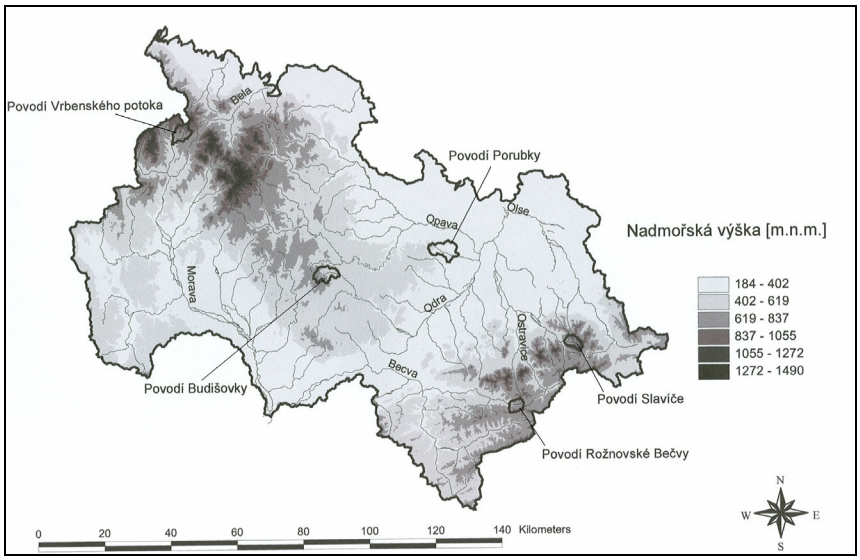
Přestože byly výsledky získány z relativně malého souboru povodí, byla snaha stanovit míru vlivu výše uvedených fyzickogeografických charakteristik na celkovou efektivní retenci povodí, resp. její dlouhodobou složku, a to na základě srovnání párových koeficientů korelace.

VÝSLEDKY

Metodou popsanou ve studiích [3], [4] byla stanovena retenční schopnost u vybraných povodí s těmito zavěrovými profily (pozn.: v další části příspěvku, pokud není uvedeno jinak, se pod pojmem „povodí“ rozumí část daného povodí po uvedený závěrový profil):

1) povodí Porubky – profil Vřesina
2) povodí Budišovky – profil Budišov
3) povodí Slavíče – profil Slavíč
4) povodí Rožnovské Bečvy – profil Horní Bečva
5) povodí Vrbenského potoka – profil Staré Město

Z obr. 3 je zřejmé, že tři povodí se rozkládají v horském pásmu reliéfu s vyšším zastoupením lesa (povodí Slavíče, Rožnovské Bečvy a Vrbenského potoka). Povodí Porubky a Budišovky naopak tvoří rovinatý až pahorkatinný terén pokrytý převážně zemědělskou půdou. Bližší fyzickogeografická charekteristika hodnocených povodí a výsledné hodnoty jejich retence jsou uvedeny níže u dílčího zpracování jednotlivých povodí.

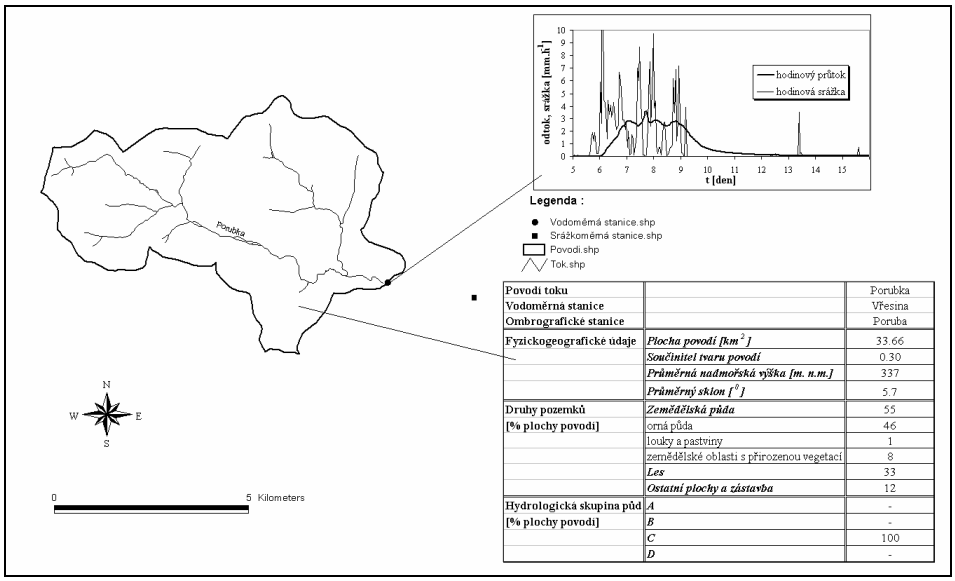


Obr. 3 Znázornění vybraných povodí v územní působnosti ČHMÚ, pobočky Ostrava

Fig. 3 Illustration of chosen river basin in the province of CHMI, branch Ostrava

Pro zpracování retenčních schopností vybraných povodí byla použita první povodňová vlna v době od 5.7. do 15.7. 1997, která byla na většina postiženého území výraznější co do kulminací, objemů i příčinných srážek.

Povodí Porubky



Povodí toku		Porubka
Vodoměrná stanice		Vřesina
Ombrografické stanice		Poruba
Fyzickogeografické údaje	***Plocha povodí [km²]***	33.66
	Součinitel tvaru povodí	0.30
	Průměrná nadmořská výška [m. n.m.]	337
	Průměrný sklon [°]	5.7
Druhy pozemků	***Zemědělská půda***	55
[% plochy povodí]	orná půda	46
	louky a pastviny	1
	zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	8
	Les	33
	Ostatní plochy a zástavba	12
Hydrologická skupina půd	***A***	-
[% plochy povodí]	***B***	-
	C	100
	D	-

Obr. 4 Povodí Porubky s vyznačením průběhu hodinových srážek a odtoků za posuzované období a vybraných fyzickogeografických parametrů

Fig. 4 Waveform rainfall and outflow in one hour time interval with chosen geographical parameters in the Porubka river basin.

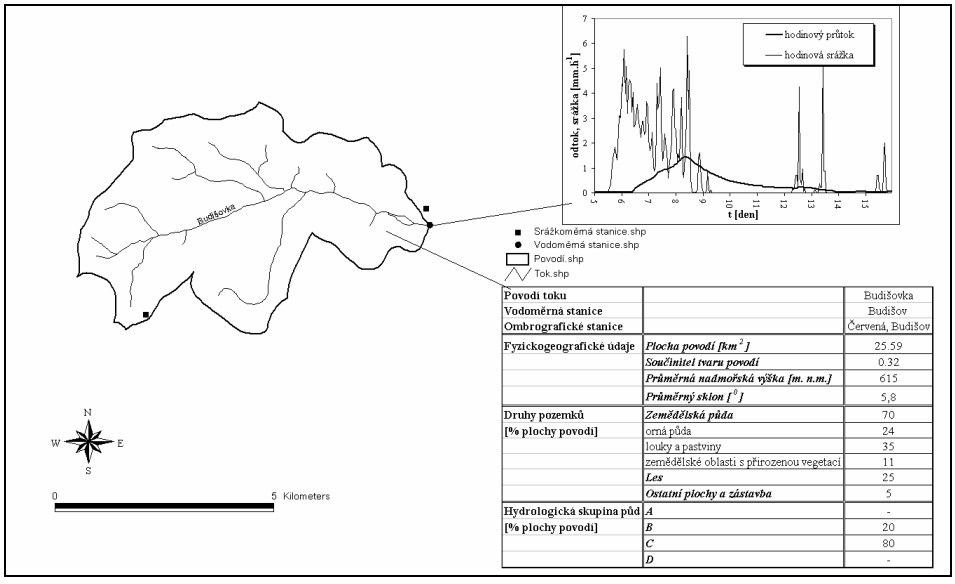
Řeka Porubka je levostranným přítokem řeky Odry. Ústí do ní na katastru města Ostravy. Hodnocené povodí uzavírá profil vodoměrné stanice Vřesina a má velikost 33,66 km^2. Z celkové plochy povodí pokrývají 33 % území lesy, 55 % zemědělská půda (orná půda 46%, louky a pastviny 1%, a zemědělské oblasti 8%) a 12% ostatní plochy.

Povodí Porubky má charakter středně členité pahorkatiny náležející Vítkovské vrchovině, která je součástí geomorfologického celku Nízký Jeseník. Průměrná nadmořská výška povodí je 337 m.n.m., průměrná sklonitost 5,7^o.

Po geologické stránce je povodí Porubky tvořeno převážně horninami starších formací. Konkrétně se jedná o horniny spodního karbonu (kulm) a to převážně pískovce a arkózy, jejichž propustnost je dobrá. Půdní pokryv zde tvoří převážně kambizem (hnědá půda lesní). V údolích podél řek se na naplaveninách vyvinuly převážně glejové půdy nebo fluvizemě glejové. Z hlediska zrnitostního složení jsou půdy v povodí výhradně středně těžké, tzn. hlinité a jílovitohlinité. Podle rychlosti infiltrace patří všechna půda do hydrologické skupiny C tj. s nízkou rychlostí infiltrace.

Povodňová vlna ve vodoměrné stanici Vřesina kulminovala 7.7. 1997 v odpoledních hodinách a dosáhla průtoku s dobou opakování větší než Q_{50} (50-letý průtok). Nasycenost povodí před povodňovou srážkou (hodnota API_{30} = 26,2 mm) byla poměrně vysoká a jak je zřejmé z obr. 4 vyšší odtoky z povodí začaly velice brzy po začátku příčinné srážky. Ačkoli v následujících hodinách po kulminaci spadly na povodí poměrně vydatné srážky, průtok v toku se již dále nezvyšoval vlivem větších rozlivů a zaplavování obcí podél toku. Průměrná intenzita povodňové srážky na povodí dosáhla hodnoty 2,8 mm/hod., maximální intenzita byla zjištěna 6.7.1997 v ranních hodinách a činila 20,0 mm/hod. Celkový úhrn příčinné srážky byl 189,6 mm. Z vypočtených hodnot kriteriálních veličin pro posouzení retence povodí vyplývá, že povodí neškodně (půdou, nepatrně výparem) zachytilo pouze 11 % objemu přívalového deště. Hodnota součinitele celkové retence činí 0,46 (tzn. povodí celkově zadrželo 46 % objemu přívalového deště). Výraznou většinou k ní přispěla retence krátkodobá (povrchová a hypodermická retence), jejíž součinitel dosáhl hodnoty 0,35 (35 % objemu přívalového deště).

Povodí Budišovky



Povodí toku		Budišovka
Vodoměrná stanice		Budišov
Ombrografické stanice		Červená, Budišov
Fyzickogeografické údaje	*Plocha povodí [km^2]*	25.59
	Součinitel tvaru povodí	0.32
	Průměrná nadmořská výška [m. n.m.]	615
	Průměrný sklon [^{o}]	5,8
Druhy pozemků	*Zemědělská půda*	70
[% plochy povodí]	orná půda	24
	louky a pastviny	35
	zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	11
	Les	25
	Ostatní plochy a zástavba	5
Hydrologická skupina půd	*A*	-
[% plochy povodí]	*B*	20
	C	80
	D	-

Obr. 5 Povodí Budišovky s vyznačením průběhu hodinových srážek a odtoků za posuzované období a vybraných fyzickogeografických parametrů

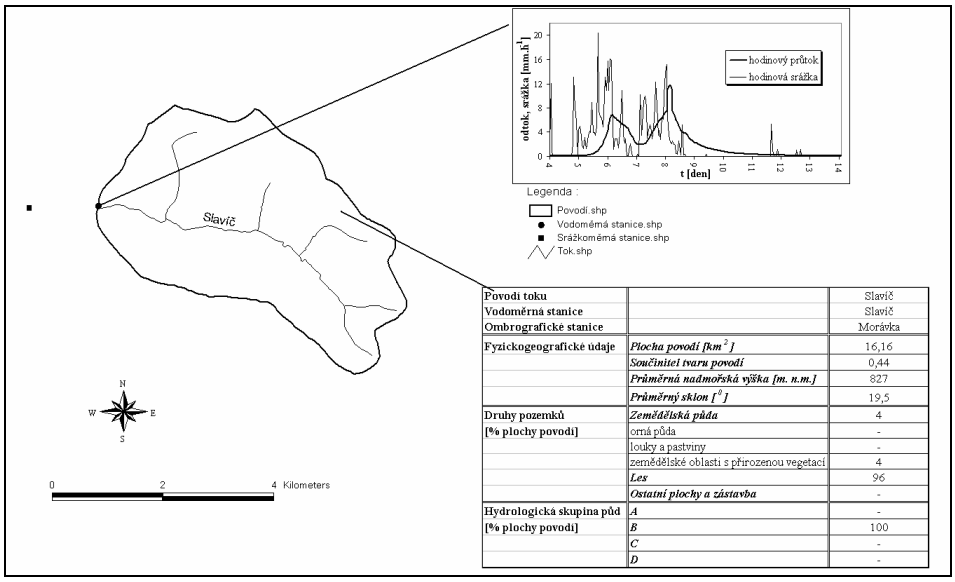
Fig. 5 Waveform rainfall and outflow in one hour time interval with chosen geographical parameters in the Budisovka river basin.

Na řece Budišovce, levostranném přítoku řeky Odry, jsou průtoky sledovány ve vodoměrné stanici Budišov nad Budišovkou, která uzavírá povodí o velikosti 25,59 km^2. Z této plochy pokrývají lesy 25 % území. Zemědělská půda je zastoupena na 70 % plochy povodí, přičemž orná půda tvoří 24 % z celkové plochy povodí, louky a pastviny 35 % a zemědělské oblasti 11%. Ostatní plochy pokrývají 5% zkoumaného území.

Povodí je součástí geomorfologického celku Nízký Jeseník – podcelek Domašovská vrchovina. Jedná se o středně členitý pahorkatinný reliéf o průměrné výšce 615 m.n.m. Průměrná sklonitost povodí je 5,8^o. Geologické podloží je tvořeno paleozoickými horninami spodního karbonu – kulmu (břidlice, vápence). Půdní pokryv zde v největší míře zastupuje kambizem (hnědá půda lesní), která se v nejvyšších partiích na jihovýchodě vyskytuje ve své dystrické podobě (silně kyselá). V depresních územích, kde se hromadí přebytečná voda, se v důsledku převlhčení půdních profilů vyvinuly půdy glejové. Z hlediska textury půd převažují půdy o zrnitost střední (jílovitohlinitá), silně kyselé půdy pak vykazují zrnitost lehčí střední (jílovitopísčitá). Dle rychlosti infiltrace patří 80% půd do hydrologické skupiny C (nízká rychlost infiltrace). Zbytek území náleží k hydrologické skupině půd B se zvýšenou rychlostí infiltrace.

Jak je zřejmé z obr. 5 tvar povodňové vlny ve stanici Budišov je hladký, jednovrcholový (kulminace dne 8.7.1997) s nepatrným vzestupem způsobeným obnovenou srážkovou činností ve dnech 12.-13.7.1997. Ačkoli nasycenost povodí byla poměrně vysoká (API$_{30}$ = 25,6 mm) díky nižší intenzitě hodinových srážek (průměrná intenzita – 2,3 mm/hod., maximální – 6,3 mm/hod) byl vzestup povodňových průtoků pozvolnější a hydrogram povodňové vlny vykazuje celkově plošší tvar. Celkový úhrn povodňové srážky na povodí činil 191,2 mm. Povodí celkově zadrželo až 76 % příčinných srážek, přičemž samotná půda zachytila 44 % objemu srážky. O něco méně se na celkové retenci podílela dynamická retence a to 32 % objemu zadržené srážky.

Povodí Slavíče



Povodí toku		Slavíč
Vodoměrná stanice		Slavíč
Ombrografické stanice		Morávka
Fyzickogeografické údaje	***Plocha povodí [km^2]***	16,16
	Součinitel tvaru povodí	0,44
	Průměrná nadmořská výška [m. n.m.]	827
	Průměrný sklon [^{o}]	19,5
Druhy pozemků	***Zemědělská půda***	4
[% plochy povodí]	orná půda	-
	louky a pastviny	-
	zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	4
	Les	96
	Ostatní plochy a zástavba	-
Hydrologická skupina půd	***A***	-
[% plochy povodí]	***B***	100
	C	-
	D	-

Obr. 6 Povodí Slavíče s vyznačením průběhu hodinových srážek a odtoků za posuzované období a vybraných fyzickogeografických parametrů

Fig. 6 Waveform rainfall and outflow in one hour time interval with chosen geographical parameters in the Slavic river basin.

Řeka Slavíč je pravostranným přítokem vodní nádrže Morávka. Stejnojmenná vodoměrná stanice uzavírá zkoumané povodí nedaleko ústí do nádrže. Plocha povodí je 16,16 km^2. Téměř celé povodí je

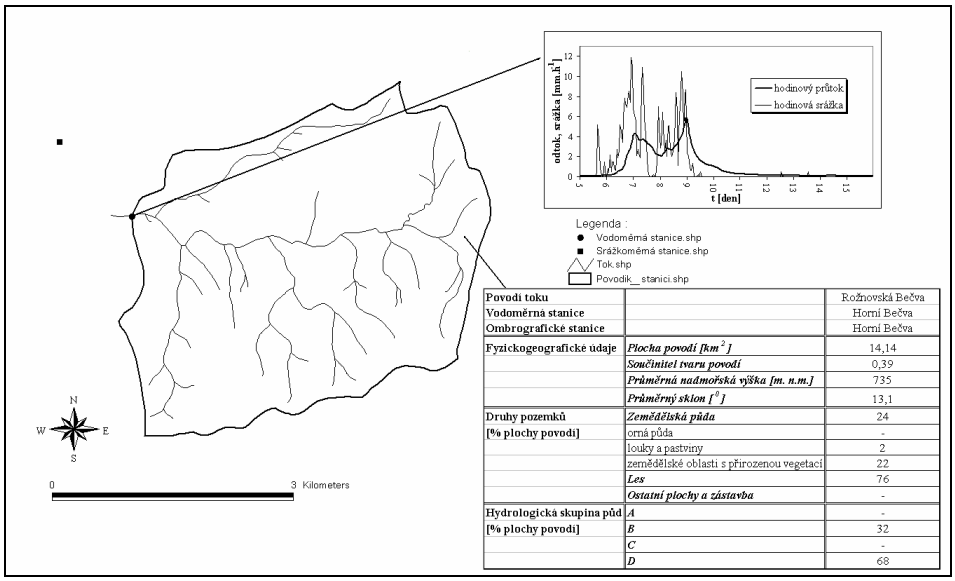
pokryto lesem (96 %). Zbývající 4 % z celkové plochy povodí zaujímá zemědělská půda, která je zde výhradně využita jako zemedělský oblast.

Povodí Slavíče patří dle své průměrné výškové členitosti (400m) k plochým hornatinám. Je součástí Lysohorské hornatiny patřící geomorfologickému celku Moravskoslezské Beskydy. Nejvyšší pásmo kulminuje vrcholy Slavíče (1055 m.n.m.) resp. Ropičanky (1082 m.n.m.). Průměrná nadmořská výška dosahuje 827 m.n.m. Údolí Slavíče tvoří hluboký zářez s úzkým údolním dnem a strmými svahy. Průměrný sklon povodí je 19,5^{o}.

Geologická stavba povodí je homogenní. Tvoří ji výhradně druhohorní formace mohutného vrstevního komplexu godulského souvrství složeného z odolných pískovcových lavic. Propustnost horninového podloží je dobrá. Z půdních druhů se v povodí nejčastěji vyskytují lehčí střední půdy (středně kamenité). Nejrozšířenějšími půdními typy jsou hnědá půda podzolová ve vrcholových partiích a hnědá lesní půda silně kyselá (kambizem dystrická) v nižších částech svahů. Z hlediska rychlostí infiltrace patří půdy v tomto povodí do hydrologické skupiny B tzn. dobře propustné s vyšší rychlostí infiltrace.

Povodňová srážka zaznamenaná v okolí povodí Slavíče byla rozdělena do dvou intenzivnějších epizod (obr. 6). První epizoda trvala od odpoledních hodin dne 5.7.1997 zhruba do odpoledne 7.7.1997 a měla průměrnou intenzitu 6.1 mm/hod. Vyvolala povodňovou vlnu o kulminačním průtoku s dobou opakování menší než Q_{20}. Průměrná nasycenost povodí před touto srážkou byla poměrně vysoká (API_{30} = 41,5 mm). Mezi první a druhou srážkovou epizodou průtoky v toku rychle poklesly až na 1 letý průtok. Avšak již v nočních hodinách dne 8.7.1997 nastoupila druhá významná příčinná srážka, která trvala do dopoledne 9.7.1997. Její průměrná intenzita byla 7.2 mm/hod. Protože spadla do nasyceného povodí, průtoky na ni začaly téměř bezprostředně reagovat prudkým vzestupem, který kulminoval průtokem s dobou opakování větší než Q_{50}. Celkový úhrn srážek z obou epizod byl 445 mm. Součinitel celkové retence činil 44 % z úhrnu srážky. Neškodně (půdou) bylo povodí schopno zachytit pouze 16 % povodňové srážky. Povrchová a hypodermická retence se podílela 28 % na zadržení srážky.

Povodí Rožnovské Bečvy



Povodí toku		Rožnovská Bečva
Vodoměrná stanice		Horní Bečva
Ombrografické stanice		Horní Bečva
Fyzickogeografické údaje	*Plocha povodí [km^2]*	14,14
	Součinitel tvaru povodí	0,39
	Průměrná nadmořská výška [m. n.m.]	735
	Průměrný sklon [^{o}]	13,1
Druhy pozemků	*Zemědělská půda*	24
[% plochy povodí]	orná půda	-
	louky a pastviny	2
	zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	22
	Les	76
	Ostatní plochy a zástavba	-
Hydrologická skupina půd	*A*	-
[% plochy povodí]	*B*	32
	C	-
	D	68

Obr. 6 Povodí Rožnovské Bečvy s vyznačením průběhu hodinových srážek a odtoků za posuzované období a vybraných fyzickogeografických parametrů

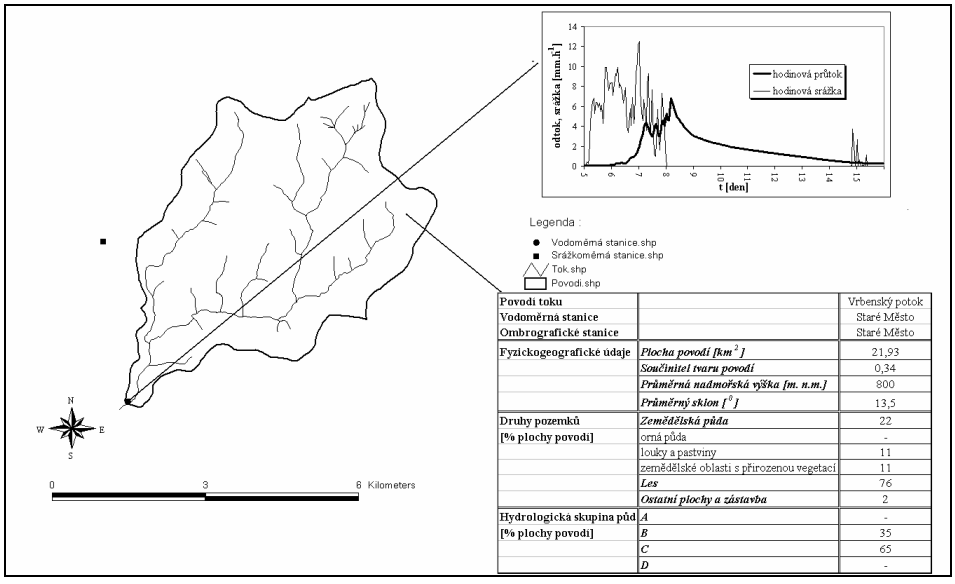
Fig. 6 Waveform rainfall and outflow in one hour time interval with chosen geographical parameters in the Roznovska Becva river basin.

Rožnovská Bečva spolu se Vsetínskou Bečvou tvoří hlavní zdrojnice řeky Bečvy. Oba toky se stékají u Valašského Meziříčí. Zájmové území po profil vodoměrné stanice Horní Bečva pokrývá pramennou

část povodí Rožnovské Bečvy o ploše 14.14 km^2. Výraznou většinu vegetačního pokryvu zde tvoří les (76 % plochy povodí). Na zemědělskou půda připadá 24 % z celkové plochy povodí, přičemž je zde tvořena téměř výhradně zemědělskými oblastmi – 22 %, pouze 2 % připadají na louky. Hodnocené povodí má velmi členitý vrchovinný reliéf patřící k horské části Západních Beskyd. Ty zde zastupují dva významné geomorfologické celky – Moravskoslezské Beskydy (Radhošťská hornatina) na severu a Hostýnsko-vsetínská hornatina (Vsetínská hornatina) v jižní polovině povodí. Hranici mezi oběma celky tvoří Rožnovská brázda, do níž je zahloubeno údolí Rožnovské Bečvy. Vyšších nadmořských výšek dosahuje oblast Hostýnsko-vsetínské hornatiny vrcholící na jihovýchodě horou Vysoká (1024 m.n.m.). Průměrná nadmořská výška povodí je 735 m.n.m. a průměrný sklon povodí dosahuje 13.1^o. Geologické podloží povodí je různorodé. Oblast Vsetínské hornatiny je tvořena málo propustnými terciérními horninami magurského flyše (pískovce a břidlice), zatímco na území Radhošťské hornatiny se nachází druhohorní formace dobře propustných pískovců. Toto rozdělení určuje i pedologické poměry území. Na druhohorních horninách se vyvinuly převážně kyselé podzolové půdy, zatímco na třetihorních horninách alpínského vrásnění se nachází téměř výhradně hnědá horská půda silně kyselá (kambizem dystrická). Z hlediska zrnitostního zastoupení zde mají převahu těžší střední půdy (jilovitohlinitá půda), pouze ve vrcholových oblastech na severu se vyskytují půdy se zrnitostí lehčí střední (jílovitopísčitá s podílem kamenité půdy). Většina půdy (68%) patří dle rychlosti infiltrace do skupiny D (malá intenzita infiltrace). Zbytek půdy (oblast Radhošťské hornatiny) náleží do hydrologické skupiny B s vyšší rychlostí infiltrace.

Rozložení příčinné srážky i tvar hydrogramu povodňové vlny byly téměř totožné jako u povodí Slavíče (obr. 7). Také zde byla povodňová srážka rozdělena do dvou epizod o stejném trvání. První srážková epizoda měla průměrnou intenzitu 4,2 mm/hod. a měla za následek povodňovou vlnu s kulminačním průtokem s dobou opakování Q_5. Druhá epizoda vydatných srážek však začala, na rozdíl od povodí Slavíče, již ve večerních hodinách 7.7.1997. Díky tomu nebyl pokles průtoků po první epizodě srážek tak výrazný jako u povodí Slavíče. Průtok poklesl pouze z hodnoty Q_5 na Q_2. Průměrná intenzita druhé epizody srážek byla 4,9 mm/hod. Druhá vlna po této srážce kulminovala na hodnotě průtoku s dobou opakování Q_{10}. Celkový úhrn srážky činil 322 mm. Součinitel celkové retence, obdobně jako u povodí Slavíče, činil 45 % z celkového úhrnu srážky. Díky nižší intenzitě srážky byla půda schopna zadržet nepatrně větší množství srážek a to 20 %. Zbylých 25 % srážek zadržela povrchová a hypodermická složka retence.

Povodí Vrbenského potoka



Povodí toku		Vrbenský potok
Vodoměrná stanice		Staré Město
Ombrografické stanice		Staré Město
Fyzickogeografické údaje	*Plocha povodí [km^2]*	21,93
	Součinitel tvaru povodí	0,34
	Průměrná nadmořská výška [m. n.m.]	800
	Průměrný sklon [^{o}]	13,5
Druhy pozemků	*Zemědělská půda*	22
[% plochy povodí]	orná půda	-
	louky a pastviny	11
	zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	11
	Les	76
	Ostatní plochy a zástavba	2
Hydrologická skupina půd	*A*	-
[% plochy povodí]	*B*	35
	C	65
	D	-

Obr. 6 Povodí Rožnovské Bečvy s vyznačením průběhu hodinových srážek a odtoků za posuzované období a vybraných fyzickogeografických parametrů

Fig. 6 Waveform rainfall and outflow in one hour time interval with chosen geographical parameters in the Vrbensky potok river basin.

Vrbenský potok tvoří levostranný přítok řeky Krupá, která dále u obce Hanušovice ústí do Moravy. Povodí po vodoměrnou stanici ve Starém Městě má velikost 21.93 km^2 a ze tří čtvrtin je zalesněno. Na zemědělskou půdu připadá 22% z plochy povodí (11% tvoří louky a pastviny, 11% zemědělské oblasti) a na ostatní plochy 2%.

Vrchovinný reliéf povodí je součástí geomorfologického celku Rychlebských hor. Průměrná nadmořská výška povodí je 800 m.n.m. Nejvyšších výšek povodí dosahuje na severovýchodě vrcholy Travná hora (1122 m.n.m.) a Trnová hora (1060 m.n.m.). Průměrný sklon povodí je 13.5°.

Podloží je tvořeno proterozoickými horninami assyntského vrásnění (svory, fylity, pararuly). Jejich propustnost je slabá. Půdní pokryv zde zastupují hnědé půdy kyselé až silně kyselé. V horské části povodí se pak vyskytují hnědá půda podzolová a podzolová půda. Zrnitost půd je hlinitopísčitá až kamenitá. Podle rychlosti infiltrace patří 65% půd do hydrologické skupiny C (málo propustná) a 35% do skupiny B tzn. vyšší rychlost infiltrace.

Z obr. 8 je zřejmé, že hydrogram povodňové vlny, zejména jeho vzestupná větev, je rozeklaný množstvím dílčích poklesů a vzestupů průtoků, které kopírují chod hodinových úhrnů srážek. Povodňová vlna ve stanici Staré Město kulminovala průtokem s dobou opakování výrazně převyšující hodnotu Q_{100}. Tento mimořádně velký průtok byl kromě meteorologických příčin (celkový úhrn povodňové srážky – 472 mm, průměrná intenzita srážky – 6,9 mm/hod.) ovlivněn také extrémním nasycením půdy předchozími srážkami (API_{30} = 91 mm). Díky tomu půda zadržela minimální množství z celkové srážky a to 9 %. Výraznou většinou se na celkové retenci podílela její povrchová a hypodermická složka. Ta zachytila 37 % z celkové srážky. Hodnota součinitele celkové retence je 46%.

Všechny zjištěné hodnoty kriteriálních veličin pro posouzení retence vybraných povodí souhrnně uvádí následující tabulka 1.

Tab. 1 Přehled základních kriteriálních veličin pro posouzení retence u vybraných povodí

Tab. 1 Summary of basic criterial value needed for evaluation of water retention of chosen river basins

Povodí		Porubka	Budišovka	Slavíč	Rožnovská Bečva	Vrbenský potok
Součinitel předchozích srážek API [mm]		26,2	25,6	41,5	40,3	91,2
Celková výška přívalového deště [mm]		189,6	191,2	445,1	322,3	472,4
Průměrná intenzita přívalového deště [mm/hod]		2,8	2,3	6,5	4,4	6,9
Efektivní retence [mm] :	celková	87,2	146,1	195,8	145,3	218,5
	dlouhodobá	20,7	84,2	69,8	64,7	42,7
	krátkodobá	66,5	61,9	125,9	80,6	175,8
Součinitel retence :	celkové	0,46	0,76	0,44	0,45	0,46
	dlouhodobé	0,11	0,44	0,16	0,20	0,09
	krátkodobé	0,35	0,32	0,28	0,25	0,37

Míra vlivu jednotlivých fyzickogeografických faktorů (nezávisle proměnné) na efektivní celkovou retenci a efektivní dlouhodobou retenci (závisle proměnné) byla určena porovnáním hodnot párových koeficientů korelace. Jak vyplývá z tabulky 2 výsledkem této analýzy je zjištění, že největší vliv na celkovou retenci má dle předpokladů celkový úhrn příčinné srážky resp. její intenzita a průměrný sklon povodí. Nejmenší vliv měla plocha povodí a jeho hydrogeologické poměry (HSP). Podobnou míru vlivu měly uvedené faktory také na efektivní dlouhodobou retenci pouze s tím rozdílem, že se zde výrazněji projevil vliv nasycenosti povodí před povodňovou událostí (API_{30}).

Tab. 2 Párové koeficienty korelace vyjadřující míru vlivu geografických parametrů na retenci povodí

Tab. 2 Pair correlation coefficient representing the impact of geographical parameters on water retention of river basins

Fyzickogeografická charakteristika	Retence celková	Retence dlouhodobá
Tvar povodí	0,43	0,16
Ukazatel předchozích srážek API	0,38	0,52
Průměný sklon povodí	0,59	0,42
Průměrný úhrn srážek	0,57	0,54
Průměrná intenzita srážek	0,63	0,61
Hydrologická skupina půd HSP	0,13	0,16
Landuse	0,44	0,28
Plocha povodí	0,28	0,01

ZÁVĚR

Z hodnocení uvedeném v tomto příspěvku vyplynulo, že největší část z objemu povodňové srážky zadrželo povodí Budišovky a to 76 %. Přestože je v tomto povodí zemědělská půda zastoupena na 70 % plochy povodí a lesy pokrývají pouze čtvrtinu území, byla půda schopna zachytit až 44 % z celkového úhrnu efektivní srážky. Naopak u povodí, která jsou téměř celá zalesněna (povodí Slavíče, Rožnovské Bečvy, Vrbenského potoka) byl zjištěn nejméně příznivý součinitel celkové i dlouhodobé retence. Lze to vysvětlit velkou průměrnou sklonitostí uvedených povodí a také největší příčinnou srážkou co do její intenzity i celkového úhrnu. Srovnáním párových koeficientů korelace závislostí retenční schopnosti povodí na fyzickogeografických faktorech byla potvrzena největší míra vlivu srážkových a geomorfologických faktorů, zvláště sklonu povodí.

Je třeba připomenout, že výsledky v tomto příspěvku jsou založeny pouze na analýze jedné povodňové události z roku 1997 způsobené srážkovou situací natolik extrémní, že se vliv způsobu využívání povodí a hydrogeologických charakteristik výrazněji neprojevil na zvýšení či snížení retenční schopnosti povodí. Při hodnocení průběhu více povodňových epizod na větším vzorku povodí dojde pravděpodobně k upřesnění výsledků této analýzy. Na tomto základě pak bude možné sestavit regionální regresní model závislostí retenční schopnosti povodí na vybraných fyzickogeografických faktorech.

Literatura

[1] Anton, Z., Sarga, K. and Slepička, F. (1989): Moderní hydrologické metody pro hydrogeologické testování a bilancování. MON, Praha.

[2] Čermák, M. (1968): Základní činitelé ovlivňující odtok velkých vod. Sborník prací HMÚ, svazek 12, HMÚ, Praha.

[3] Dumbrovský, M., Podhrazská, J., Prudký, J., Spitz, P. and Uhlířová J. (1998): Rozbor retenčního potencionálu povodí řeky Opavy s analýzou zastoupení a plošného rozmístění kultur. Výzkumná zpráva, VÚMOP, Praha.

[4] Spitz, P. and Uhlířová, J. (2004): Přirozená retence povodí. Poster z Konference „Meliorace včera, dnes a zítra“ , Praha - Průhonice.

Autor

Stanislav Kaleta, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3, Ostrava – Poruba, 70800
e-mail: kaleta@chmi.cz