

NATURAL WATER RETENTION IN STEPWISE REGRESSION IN THE CATCHMENT BASIN OF THE OPAVA RIVER DURING FLOOD IN JULY 1997

J. Prudký, M. Palát

Ústav aplikované a krajinné ekologie, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR, tel.: 545 132 464, fax 545 136 059,

e-mail: prudky@mendelu.cz ;

Ústav statistiky a operačního výzkumu, Provozně ekonomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR, tel.: 545 132 412,

e-mail: palat@mendelu.cz

The floods in July 1997, which affected vast areas of Moravia and Eastern Bohemia, evoked a whole range of questions even disputes among specialists as well as laics about further methods of flood protection. Nevertheless, both the sides are lacking arguments based on deeper knowledge concerning the dynamism of natural retention process in the catchment area and above all the knowledge concerning the quantity of water retention of landscape during flood for different catchment basins. The aim of the analysis involved in the article is to define the significance of separate factors affecting the natural process of retention in the catchment basin in order to assess the priorities in undertaking flood protection. The analysis was based on results achieved by using a new method how to determine water retention in the catchment basin. Resulting dependent variables of effective long-time retention, effective short-time retention, effective total retention and maximum specific runoff for single catchment basins of the Opava river, were evaluated statistically by means of linear regression and correlation analysis, stepwise regression and multiple regression. Resulting statistical relations are given in equations (1) – (4), where left side is formed by effective long-time retention, effective short-time retention, effective total retention and maximum specific runoff. The right side is formed by average height of flood precipitation in catchment basin, average maximum height of daily flood precipitation in catchment basin, proportion area of arable land in catchment basin, proportion area of perennial grass in catchment basin, proportion area of forests and average terrain gradient in catchment basin. This contribution brings a more detailed view into internal dynamic process of stepwise regression.

It is possible to say, that the results achieved may suggest to re-evaluate some established views concerning the role of separate factors influencing natural retention of the landscape. The results of the research testify the fact that in case of densely settled floodplain regions the combined flood protection measures, i.e. as technical and nature friendly ones should be applied.

Due to relatively small collection of observations it is not possible to generalize all the conclusions absolutely, nevertheless they have certain validity at least for the given area.

Key words: single catchment, natural water retention, effective short-time retention, effective long-time retention, effective total retention, maximum specific runoff, regression and correlation analysis, stepwise regression, multiple regression, internal dynamic

VNITŘNÍ DYNAMIKA PROCESU KROKOVÉ LINEÁRNÍ REGRESE UŽITÉ PŘI ANALÝZE PŘIROZENÉ RETENCE VODY V POVODÍ ŘEKY OPAVY ZA POVODNĚ V ČERVENCI 1997

Příspěvek shrnuje rozšířené poznatky z různých fází krokové regresní analýzy faktorů ovlivňujících přirozenou retenční schopnost povodí u 16ti dílčích povodí řeky Opavy o velikosti od 16,5 km² do 2039 km² při povodni v červenci 1997 a navazuje na článek „Analýza přirozené retence vody v povodí řeky Opavy při povodni v červenci 1997“, publikovaný v rámci konference Hydrológia na prahu 21. storočia v roce 2003 ve Smolenici. K tomu účelu byly statisticky vyhodnoceny veličiny charakterizující transformaci extrémního deště povodím, tj. efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def} , efektivní krátkodobá retence povodí R_{kef} , efektivní celková retence povodí R_{cef} a maximální specifický odtok z povodí q_{max} . Pro vyhodnocení se použila vícenásobná regresní a korelační analýza, při které se využil statistický program UNISTAT. Cílem zmíněné analýzy bylo především určit statisticky významné faktory ovlivňující přirozenou retenci povodí. Dosažené výsledky mohou vést k přehodnocení některých ustálených názorů na významnost jednotlivých faktorů ovlivňujících přirozenou retenci krajiny. Z hlediska snížení povodňových průtoků je nejdůležitější efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def} , která vyjadřuje jakou část z přívalového nebo regionálního deště je schopno povodí neškodně zdržet a odvést (tj. jaký podíl se zachytí v půdě a vypaří). Statistickou analýzou se zjistilo, že při červencových povodních 1997 velikost této retence R_{def} nejvýznamněji pozitivně ovlivnily celková výška extrémního deště, poměrné plošné zastoupení trvalých travních porostů v povodí, poměrné plošné zastoupení orné půdy v povodí, poměrné plošné zastoupení lesních porostů a negativně průměrná sklonitost terénu povodí. Efektivní krátkodobou retenci povodí R_{kef} nejvýznamněji ovlivnily průměrná maximální výška extrémního deště v povodí, průměrná sklonitost terénu povodí a poměrné plošné zastoupení trvalých travních porostů, orné půdy a lesních porostů v povodí. Smysl ovlivnění R_{kef} je v případě u trvalých travních porostů, orné půdy a lesních porostů opačný než tomu bylo v případě R_{def} . Efektivní celková přirozená retence povodí je součtem efektivní dlouhodobé a krátkodobé retence povodí ($R_{cef} = R_{def} + R_{kef}$).

Je však třeba poznamenat, že tento příspěvek oproti minulým publikovaným pracím věnuje pozornost vnitřní dynamice krokové regrese ve smyslu sledování úbytku nezávisle proměnných v závislosti na stanovení F hodnoty, charakterizující vstup nebo vyloučení nezávisle proměnné. Jestliže v minulém zpracování bylo krokovou lineární regresí vybráno, jak je výše uvedeno, v konečné fázi 5 nezávisle proměnných nejvíce ovlivňujících velikost přirozené retence vody R_{def} , R_{kef} , R_{cef} , a q_{max} spolu s kvantifikací jejich působení prostřednictvím koeficientů, nedozvěděli jsme se nic o tom, jak při jednotlivých krocích regrese byly ze zpracování vylučovány více či méně významné faktory v určitém mezikase zpracování pro který jsme zvolili počet nezávisle proměnných 7-8 tak, jak zůstanou při stanovení F hodnotě, reprezentované nezávisle proměnnými. V této souvislosti je třeba se zmínit, že výchozí počet nezávisle proměnných byl 15 (viz tab.1) a konečný počet nezávisle proměnných 5. Zvolený počet 7-8 nezávisle proměnných a hlavně jejich hydrologické charakteristiky nám podává určitou informaci o vnitřním vývoji procesu lineární krokové regrese jak probíhal, než se dospělo ke koncovému stanovení pěti nezávisle proměnných.

dílčí povodí, přirozená retence povodí, efektivní krátkodobá retence povodí, efektivní dlouhodobá retence povodí, maximální specifický odtok z povodí, efektivní celková retence povodí, regresní a korelační analýza, kroková regrese, vnitřní dynamika procesu

Úvod

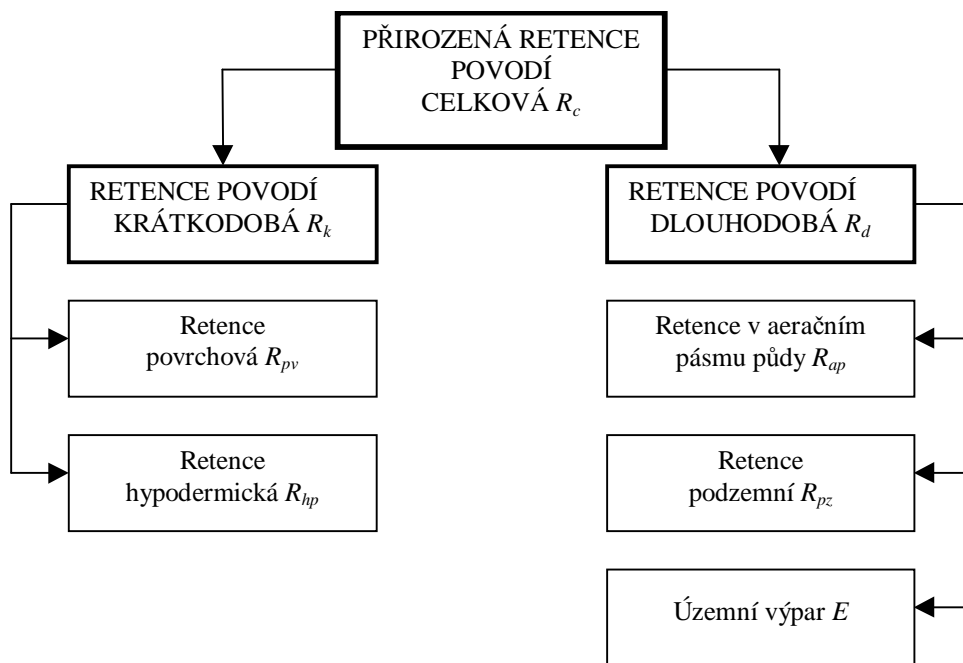
Přestože povodně z roku 2002 v Čechách překonaly rozhodně co do rozsahu materiálních škod povodně na Moravě z roku 1997, soubor dat z moravské povodně nebyl překonán co do úplnosti jejich zpracování, které vyplývalo ze zadání vládního úkolu. Přes doposud provedené výzkumné práce v oblasti přirozené retence doposud trvá situace, kdy chybí hlubší znalost vnitřní dynamiky retenčního

procesu. Doposud zveřejněné vztahy v konečné podobě přinesly pět hydrologických charakteristik, které odbornou veřejnost svou skladbou nejspíš nikterak nepřekvapily. Jednalo se o v rovnicích uplatněné procentické zastoupení trvalých travních porostů, lesů a orné půdy v povodí, dále pak průměrnou svažitost v povodí a velikost a typ srážky, tak jak vyšly v konečné fázi krokové lineární regrese, dále pak maximální denní srážku u krátkodobé efektivní retence a objem povodňové srážky u dlouhodobé efektivní retence. O něco zajímavější byla jejich kvantifikace vyjádřená velikostí koeficientů ve vztazích pro výpočet jednotlivých druhů retence. Překvapující byla například vysoká hodnota koeficientu u procentického zastoupení orné půdy v povodí, která je vysvětlitelná pokročilým zapojením polních kultur v červenci. Nicméně samotné dosud publikované výsledky lineární krokové regrese málo odbornou veřejnost informovaly o průběhu procesu.

Snahou autorů tohoto příspěvku je proto přispět novými podrobnějšími poznatky k hlubšímu poznání uvedeného procesu. Důraz je v daném případě kladen na vnitřní dynamiku procesu charakterizovaného jednotlivými kroky regresní analýzy. Chtěli bychom ukázat jak bude výběr nezávisle proměnných vypadat jeden krok zpátky, kdy se v regresních rovnicích uplatní celkem 7,8 nebo i 9 nezávisle proměnných hydrologických charakteristik. Jsme přesvědčeni, že do procesu vstoupí další zajímavé okolnosti, které dříve pro stručnost a přehlednost závěrů byly zpracovateli vynechány. Důležitost jednotlivých charakteristik vyjádřených čtrnácti nezávisle proměnnými lze poměřit na základě dřívějšího či pozdějšího vyloučení při určitém stanoveném prahu důležitosti F . Složitost celého procesu lze doložit faktem, že na samotném začátku krokové regrese jsme pracovali se 52 nezávisle proměnnými z nichž se na základě neprokázané statistické významnosti, případně kolinearit bylo postupně 37 proměnných vyloučeno. Zachovaných 15 nezávisle proměnných je uvedeno v tabulce 1.

Příspěvek navazuje na předchozí práce věnované uvedené problematice, ve kterých byly zjištěné výsledky získány pomocí nové originální metody. Metoda i některé výsledky jsou podrobněji popsány v pracích D u m b r o v s k ý a kol. (1998), H l a d n ý a kol. (1998), S p i t z, P r u d k ý (2000), S p i t z a kol. (2000). Podklady pro statistickou analýzu uvedenou v příspěvku byly metodologicky zpracovány ve shodě s uvedenými pracemi. Pro statistické zhodnocení daného materiálu byly použity metody z prací P a l á t (1991, 1997) a S e g e r et all. (1998).

Rozdělení celkové přirozené retence povodí R_c na jednotlivé složky je schematicky ukázáno na obr.1.



Obr. 1. Schéma rozdělení celkové přirozené retence povodí R_c na jednotlivé složky

Materiál a metody

Základní pojmy procesu přirozené vodní retence jsou tyto:

Celková přirozená vodní retence povodí R_c je voda dočasně zdržená na povrchu terénu, v půdě, v korytě toku aj. přirozeným způsobem, tj. bez retence v umělých vodních nádržích a v inundacích. Lze ji rozdělit do dalších pěti dílčích složek:

- *retence povrchové R_{pv}* , obsahující vodu zdrženou na povrchu terénu a v korytě toku,
- *retence hypodermické R_{hp}* , obsahující vodu podpovrchovou pohybující se v bezprostřední vrstvě pod povrchem aniž by dosáhla hladiny podzemní vody,
- *retence v aeračním pásmu půdy R_{ap}* , sestávající z vody zachycené v kapilárách nenasycené zóny půdy a vody infiltrující do podzemní vody,
- *retence podzemní R_{pz}* , zahrnující infiltrovanou vodu zvětšující zásobu podzemní vody,
- *územního výparu E* , tj. výparu z povrchu půdy území společně s transpirací (výpar vydaný rostlinami) a intercepce (výpar z části srážky, která ulpí na povrchu rostlin).

Za povodně se objemy retence v aeračním pásmu půdy, podzemní retence a územního výparu mění mnohem pomaleji než objemy retence povrchové a hypodermické. Proto součet retence povrchové a hypodermické je nazván *retence krátkodobá R_k* . Součet retence v aeračním pásmu půdy, retence podzemní a územního výparu je nazván *retence dlouhodobá R_d* . (CHOW VEN TE, 1964)

Při povodňové události je nejdůležitější kulminační hodnota celkové retence povodí, neboť snižuje povodňovou průtokovou špičku v závěrovém profilu toku. Tato hodnota je nazvána *efektivní celková přirozená retence povodí R_{cef}* a její složky analogicky *efektivní krátkodobá retence povodí R_{kef}* a *efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def}* . Nejdůležitější veličinou z uvedených je efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def} , která vyjadřuje jakou část z přívalového nebo regionálního deště je schopno povodí neškodně zdržet a odvést (tj. jaký podíl se zachytí v půdě a vypaří).

Případně zájemce o podrobnější studium této problematiky podle výše udaných pramenů je třeba upozornit, že pojem krátkodobé a dlouhodobé retence se kryje s dříve udávanou dynamickou a statickou retencí. Změna názvů zohledňuje připomínky některých hydrologů.

Výsledné hodnoty veličin (závisle proměnných) efektivní dlouhodobé retence povodí R_{def} , efektivní krátkodobé retence povodí a také maximálního specifického odtoku z povodí q_{max} z dílčích povodí řeky Opavy při povodni v roce 1997 byly statisticky vyhodnoceny pomocí vícenásobné regresní a korelační analýzy a počítány programem UNISTAT. Dílčí výsledky jsou uvedeny v pracích (SPITZ, PRUDKÝ 2001, DUMBROVSKÝ a kol. 1998, SPITZ, DUMBROVSKÝ, PODHRÁZSKÁ 2000).

V případě uvedených závisle proměnných byly vzaty do úvahy jako nezávisle proměnné veličiny podle tab. 1. Efektivní celková přirozená retence povodí R_{cef} byla stanovena součtem vztahů zjištěných u retencí R_{def} a R_{kef} .

Pro výběr nezávisle proměnných veličin - faktorů, které jsou nejvýznamnější pro kvantitativní stanovení každé z předchozích uvedených závislých veličin se částečně použila metoda krokové analýzy výběrem vpřed. Konečný výběr proměnných byl proveden s ohledem na vyloučení kolinearit, nahodilostí a celkovou logiku výběru nejdůležitějších hydrologických charakteristik povodí.

Kritérii pro ukončení výběru dále byly: hodnota koeficientu vícenásobné korelace, posouzení, zda vybrané nezávisle proměnné pro kvantitativní stanovení příslušné závisle proměnné veličiny lze logicky interpretovat a také velikost relativních odchylek hodnot skutečných od hodnot teoretických ze stanovené regresní funkce.

Tab. 1 Přehled závisle a nezávisle proměnných vstupujících do statistické analýzy

Závisle proměnné	Efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def}	Efektivní krátkodobá retence povodí R_{kef}	Maximální specifický odtok z povodí q_{max}
Nezávisle proměnné			
Součinitel tvaru povodí ω	ne	ne	ano
Plocha povodí	ano	ano	ano
Délka toku L	ano	ano	ano
Objem povodňové srážky	ano	ano	ano
Součinitel předchozích srážek API	ano	ano	ano
Efektivní dlouhodobá retence povodí	ne	ne	ano
Efektivní krátkodobá retence povodí	ne	ne	ano
Maximální denní srážka	ano	ano	ano
Zastoupení orné půdy v povodí	ano	ano	ano
Zastoupení trvalých travních porostů v povodí	ano	ano	ano
Zastoupení ostatních druhů pozemků v povodí	ano	ano	ano
Zastoupení hydrologické skupiny půd B	ano	ano	ano
Zastoupení lesů v povodí	ano	ano	ano
Průměrná sklonitost terénu v povodí	ano	ano	ano
Zastoupení odvodnění v povodí	ano	ano	ano

Výsledky a diskuse

Přehled základních údajů 16 dílčích povodí řeky Opavy vybraných pro statistickou analýzu je uveden v tab. 2. Jsou to všechna povodí v jejichž závěrových profilech byly při povodni v roce 1997 vodoměrné stanice Českého hydrometeorologického ústavu.

Tab. 2 Základní údaje o dílčích povodích řeky Opavy vybraných pro statistickou analýzu

Pořadové číslo povodí	Data-bankové číslo	Název vodoměrné stanice v závěrovém profilu povodí	Název toku	Číslo hydrologického povodí	Plocha povodí [km ²]
1.	2851	Mnichov	Černá Opava	2-02-01-003	51,46
2.	2590	Železná	Střední Opava	2-02-01-008	54,28
3.	2612	Karlovice	Opava	2-02-01-011	151,29
4.	2630	Krnov	Opava	2-02-01-037	370,50
5.	2650	Krnov	Opavice	2-02-01-056	175,98
6.	2660	Opava	Opava	2-02-01-089	929,65
7.	2680	Malá Morávka	Bělokamenný potok	2-02-02-006	16,50
8.	2690	Rýmařov	Podolský potok	2-02-02-016	50,67
9.	2700	Velká Štáhle	Moravice	2-02-02-021	168,06
10.	2701	Valšov	Moravice	2-02-02-027	243,28
11.	2711	Mezina	Černý potok	2-02-02-048	92,16
12.	2723	Slezská Harta pod nádrží	Moravice	2-02-02-055	464,31
13.	2730	Kružberk pod nádrží	Moravice	2-02-02-065	566,67
14.	2740	Branka	Moravice	2-02-02-077	716,33
15.	2741	Jakartovice	Hvozdnice	2-02-02-080	31,08
16.	2750	Děhylov	Opava	2-02-03-023	2039,11

Pro efektivní dlouhodobou retenci povodí R_{def} v mm byl odvozen původní vztah:

$$R_{def} = -464,7 + 0,1066\Sigma H'_i + 4,79F'_{OP} + 7,30 F'_{TTP} + 5,54F'_L - 1,117s_t \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

kde $\Sigma H'_i$ průměrná výška povodňové srážky v povodí [mm],

F'_{OP} poměrné plošné zastoupení orné půdy v povodí [% plochy povodí],

F'_{TTP} poměrné plošné zastoupení trvalých travních porostů [% plochy povodí],

F'_L poměrné plošné zastoupení lesních porostů v povodí [% plochy povodí],

s_t průměrná sklonitost terénu povodí [úhlové stupně],

Na první pohled jsou v tomto vztahu zastoupeny víceméně očekávané charakteristiky (nezávisle proměnné) jako jsou plošná zastoupení lesních, travních a polních kultur, průměrná sklonitost terénu povodí a samozřejmě průměrná výška povodňové srážky v povodí. Učiníme-li krok zpět v krokové regresi a sice hodnoty F snížíme na 0,25 – 0,30 dostaneme do vztahu další charakteristiky jako jsou plocha povodí F v km², délka povodí L v km, součinitel tvaru povodí ω , dále procento ostatních ploch

tedy plochy zpevněné z hydrologického hlediska nechvalně známé rychlým odtokem. Vzhledem k ploše, kterou v povodí zaujímají (často 3-5%) však nejsou zanedbatelné. Zajímavou charakteristikou (i když ne neočekávanou) je index předchozích srážek API.

Pro efektivní krátkodobou retenci povodí R'_{kef} v mm byl zjištěn původně vztah:

$$R'_{kef} = 309,204 + 1,11H'_{max} - 2,36 F'_{OP} - 4,48 F'_{TTP} - 2,40 F'_L - 8,33 s_t \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

kde H'_{max} průměrná maximální výška povodňové denní srážky v povodí [$\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}$],

F'_{OP}, F'_{TTP}, F'_L a s_t viz vztah (1)

Opět při kroku vzad v krokové lineární regresi a nastavení hodnoty F na 0,9 – 1,0 získáváme 8 charakteristik, kde se kromě opakujících se H'_{max}, F'_{TTP}, F'_L a s_t můžeme jako další charakteristiku spatřit plochu odvodnění v procentech plochy povodí F'_O , dále délku toku L v km, index předchozích srážek API a součinitel tvaru povodí ω . Oproti minulému vztahu zůstala nezařazena orná půda vyjádřená procentem plochy povodí F'_{OP} .

Jelikož velikost efektivní celkové přirozené retence povodí R_{cef} vyjádřená v mm je součtem efektivní dlouhodobé a krátkodobé retence povodí, lze ji stanovit pomocí součtu vztahů (1) a (2) a upravit do výrazu:

$$R_{cef} = -155,496 + 0,1066 \Sigma H'_i + 1,11 H'_{max} + 2,43 F'_{OP} + 2,82 F'_{TTP} + 3,14 F'_L - 9,447 s_t \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

kde $H'_i, F'_{OP}, F'_{TTP}, F'_L, s_t$ viz vztah (1),
 H'_{max} viz vztah (2).

Opět je zřejmé, že pro širší vztah dle výše uvedeného by bylo nutné zahrnout do obou vztahů vyšetřené další již zmíněné charakteristiky. Není cílem této práce zacházet až do tvorby nových, rozšířených vztahů i když by to nebylo nic nemožného a všechny potřebné podklady mají autoři tohoto příspěvku k dispozici. Domnívají se však, že uvedení rozšířených vztahů povede k zneprůhlednění této práce. Bude tak provedeno pouze v případě maximálního specifického odtoku z povodí q_{max} jako příklad.

Maximální specifický odtok z povodí q_{max} v $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ se stanoví podle vztahu:

$$q_{max} = 3284 + 5,147H'_{max} - 30,968 F'_{OP} - 53,26 F'_{TTP} - 34,729 F'_L + 37,746 s_t \quad [l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}] \quad (4)$$

kde H'_{max} , viz vztah (2),
 $F'_{TTP}, F'_{OP}, F'_L, s_t$ viz vztah (1).

Maximální specifický odtok z povodí q_{max} v $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ se v rozšířené podobě se sedmi nezávisle proměnnými stanoví podle vztahu:

I tento vztah si lze představit v poněkud rozšířenější formě při učinění kroku vzad v rámci krokové lineární regresní analýzy. Dalšími členy oproti původní pětici se při stanovení hodnoty F 1,8 – 1,5 se stanou plocha povodí F v km^2 , dále F'_{OSP} tedy procento ostatních ploch v povodí, součinitel předchozích srážek API, podíl hydrologické skupiny půd B a procento odvodněné půdy v povodí.

$$Q_{max} = 1221 + 8,86 F_{OSP} - 47,64 F_{TTP} - 0,331F + 2,35 API + 1,636 \Sigma H'_i + 35,44 s_t - 36,25B$$

Výše uvedené rovnice byly odvozeny pro povodně z letních extrémních dlouhotrvajících regionálních dešťů v povodí Opavy. Rovnice platí pro tato rozmezí hodnot nezávisle proměnných veličin: Průměrné množství povodňové srážky $\Sigma H'_i$ od 167,6 mm do 686,0 mm, maximální denní srážka H'_{max} od 46,7 mm do 198,8 mm, poměrné plošné zastoupení orné půdy v povodí F'_{OP} od 0 % do 53,51 %, trvalých trav. porostů F'_{TTP} od 0,81 % do 26,55 % a lesních porostů F'_L od 23,38 % do 98,07 %, průměrná sklonitost terénu s_i od 4,9° do 11,3°. (PRUDKÝ 2003)

Závěr

Na základě vyhodnocení statistické analýzy pro povodně vzniklé extrémním regionálním deštěm v červenci 1997 v povodí řeky Opavy lze učinit závěry týkající se významnosti jednotlivých faktorů ovlivňujících velikost retenční schopnosti krajiny. Tyto faktory lze současně chápat jako hydrologické charakteristiky povodí či krajiny. Pro širší zobecnění uvedených výsledků by bylo třeba statisticky zpracovat větší soubor pozorování.

Výsledky statistické analýzy lze shrnout do následujících poznatků:

- a) Velikost hodnot efektivních retencí povodí R_{def} , R_{kef} , R_{cef} i maximálního specifického odtoku z povodí q_{max} nejvíce ovlivňuje buď průměrná výška povodňové srážky v povodí $\Sigma H'_i$, (u veličin R_{def} , R_{cef}) nebo průměrná maximální výška povodňové denní srážky v povodí H'_{max} (u veličin R_{kef} , R_{cef} , q_{max}).
- b) Vyšší poměrné plošné zastoupení orné půdy F'_{OP} zvyšuje efektivní dlouhodobou retenci povodí R_{def} a snižuje maximální specifický odtok z povodí.
- c) Vyšší poměrné plošné zastoupení trvalých travních porostů v povodí F'_{TTP} zvyšuje efektivní dlouhodobou retenci povodí R_{def} a snižuje maximální specifický odtok z povodí q_{max} .
- d) Vyšší poměrné plošné zastoupení lesních porostů F'_L zvyšuje efektivní dlouhodobou retenci povodí R_{def} a snižuje maximální specifický odtok z povodí q_{max} .
- e) S vyšší průměrnou sklonitostí terénu povodí s_i se nepříznivě snižuje efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def} a nepříznivě zvyšuje maximální specifický odtok z povodí q_{max} , snižuje efektivní krátkodobá retence povodí R_{kef} .
- f) S vyšší hodnotou indexu předchozích srážek API se nepříznivě snižuje efektivní dlouhodobá retence R_{def} a nepříznivě se zvyšuje maximální specifický odtok z povodí q_{max} .
- g) S vyšším poměrným zastoupením ostatních ploch (zpevněné plochy) se zvětšuje maximální specifický odtok z povodí q_{max} a snižuje se efektivní dlouhodobá retence R_{def} .
- h) S vyšším poměrným zastoupením hydrologické skupiny B půd (filtrace 0,06 – 0,12 mm/min) se zvyšuje efektivní dlouhodobá retence a snižuje se maximální specifický odtok z povodí q_{max} .
- i) S vyšší hodnotou efektivní dlouhodobé retence povodí R_{def} se snižuje maximální specifický odtok z povodí q_{max} .
- j) Efektivní dlouhodobá retence povodí R_{def} , která vyjadřuje jakou část z přívalového nebo regionálního deště je schopno povodí neškodně zdržet a odvést, (tj. jaký podíl se zachytí v půdě a vypaří) působí příznivě na snížení povodňového průtoku i na snížení škodlivých rozlivů, v případě svážných území však může způsobit sesuvy půdy.
- k) Vliv efektivní krátkodobé retence povodí R_{kef} obsahující vodu zdrženou na povrchu terénu, v korytě toku a vodu hypodermickou není pro příznivou transformaci povodně jednoznačný. Při velkých povodních je obvykle škodlivou složkou celkové retence, neboť může způsobovat škodlivé rozlivy vody. U menších povodní však může působit příznivě na snížení povodňového průtoku.
- l) Významnost jednotlivých faktorů vyjadřujících hydrologické charakteristiky povodí uvedených pod písmeny a) až e) lze posoudit podle velikosti jejich koeficientů v regresních rovnicích.
- m) Příznivý vliv orné půdy vyplynul ze stavu všech porostů v období první poloviny července 1997, kdy zejména u obilovin a pícnin byl velmi dobře vyvinut kořenový systém podporující zasakování vody.

Závěrem je též nutné zmínit se alespoň stručně o kvantitativní stránce procesu přirozené retence vody v povodí, neboť tato má velký praktický dosah. Pro určitou nejednoznačnost působení efektivní

krátkodobé retence R_{kef} (viz bod h) byla pro sledování účinků retence zvolena dlouhodobá efektivní retence R_{def} . Součinitel dlouhodobé efektivní retence ρ_{def} udává poměr mezi hodnotou dlouhodobé efektivní retence a objemem povodňové srážky. Hodnoty ρ_{def} se pohybují pro různá dílčí povodí takto: 0,22 pro řeku Moravici pod kružberskou nádrží, 0,23 pro řeku Opavu v Karlovicích a v Krnově, 0,24 pro Bělokamenný potok v Malé Morávce, 0,25 pro Černou Opavu v Mnichově a pro Opavu v Opavě, 0,26 pro Opavici v Krnově, 0,27 pro Moravici v profilu Slezská Harta pod nádrží a a Střední Opavu v Železné, 0,28 pro Černý potok v Mezině, 0,32 pro Opavu v Děhylově, 0,35 pro Moravici ve Velké Štáhli, 0,36 pro Moravici ve Valšově, 0,37 pro Hvozdnici v Jakartovicích a 0,48 pro Podolský potok v Rýmařově. Dlouhodobá efektivní retence vyjádřená v milimetrech má následující hodnoty ve stejném pořadí: 67,7; 143,5; 10,9; 85,9; 169,5; 100,1; 78,8; 120,2; 83,7; 130,1; 83,6; 78,7; 129,9; 127,1; 62,6 a 134,9.

Příspěvek je výstupem výzkumného záměru MSM 6215648904.

Literatura:

- [1] DUMBROVSKÝ, M. A KOL.: *Rozbor retenčního potenciálu povodí řeky Opavy s analýzou zastoupení a plošného rozmístění kultur* (zpráva). VÚMOP Praha, 1998, 25 s.
- [2] ELIÁŠ, V., KUBÍK, F., LICHNER, L., PRAŽÁK, J., SYROVÁTKA, O., ŠÍR, M., TESAŘ, M.: Retenčně evapotranspirační jednotka. In: *Hydrologické dny 2000*. ČHMÚ Praha, 2000, s. 299–306.
- [3] CHOW VEN TE: *Handbook of Applied Hydrology*. Mc Graw – Hill Book Company New York, 1964.
- [4] KLEMENTOVÁ, E., SKALOVÁ, J.: Small water reservoirs in the Slovak Republic. In: 17th International Congress on Irrigation and Drainage. *Water For Agriculture in the Next Millennium*. Granada, Španělsko, 11.-19. září 1999, s. 41-56.
- [5] KRÍŽ, H.: Vliv geografických podmínek na vznik extrémních hydrologických jevů v povodích. In: *Hydrologické dny 2000*, ČHMÚ Praha 2000 s. 95-101.
- [6] PALÁT, M.: Model of the organic matter flow in a representative of the floodplain forest. In: Penka, M., Vyskot, M., Klimo, E., Vašíček, F. (Edits.), *Floodplain forest Ecosystem. 2. After Water Management Measures*, Academia Praha/Elsevir Amsterdam, 1991, pp. 265 – 277. ISBNO-444-98756-8.
- [7] PALÁT M.: Biomass flow in a floodplain forest ecosystem and in man-made Norway spruce forest. *Forestry*, 43, 1997 (10): 441-452. ISSN 1212-4834.
- [8] PRUDKÝ, J.: Analýza přirozené retence vody v povodí řeky Opavy při povodni v červenci 1997 In: *Acta Hydrologica Slovaca*, Ročník 4, č. 2, 2003, s. 248 – 254.
- [9] SEGER, J., HINDLS, R., HRONOVÁ, S.: *Statistika v hospodářství*, ECT Publishing Praha, 1998, s.636. ISBN 80-86006-56-5.
- [10] SOUKUP, M.: Červencové povodně 1997 a návrhy preventivních opatření v povodí. *Vědecké práce VÚMOP Praha*, 1999, č. 10, s. 123-129
- [11] SPITZ, P., DUMBROVSKÝ, M., PODHRÁZSKÁ, J., PRUDKÝ, J.: Retenční schopnost povodí a její vliv na transformaci povodňových vln. In: *Hydrologické dny 2000*. ČHMÚ Praha, 2000 s. 315 – 321.
- [12] SPITZ, P., DUMBROVSKÝ, M., PODHRÁZSKÁ, J.: Hodnocení retenční schopnosti krajiny při povodni. *Vědecké práce VÚMOP Praha*, 2000: č. 11, s 137 - 147. . ISSN 1210-1672.
- [13] SPITZ, P., PRUDKÝ, J.: *Metodika výpočtu retence povodí při povodních* (zpráva). Uživatelský výstup projektu NAZV č. EP 9153 „Hodnocení vodní retenční kapacity půd a krajiny při povodni a možnosti jejího zvyšování“, VÚMOP Praha, 2001. 19 s., 10 příl.