DATABANKA POVODNÍ OTAVY A JEJÍ MOŽNÉ VYUŽITÍ V PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANĚ

Tomáš Vlasák[1]

Abstrakt

Příspěvek se zabývá návrhem a realizací databanky povodní v povodí Otavy po Písek a jejím využitím pro potřeby protipovodňové ochrany. Databanka, zpracovaná do formy Katalogu povodní, obsahuje informace o povětrnostních podmínkách, meteorologických příčinách (srážky, teploty) a o odtokové odezvě. Pomocí shromážděných informací byl popsán mechanismus vzniku povodní v povodí Otavy a byla navržena metoda předpovědního analogu, která na základě podobnosti mezi příčinami povodní vyhledává v historických záznamech epizody, podle které by bylo možné zhruba odhadnout vývoj odtokové situace. Pro databanku povodní bylo vybráno 72 povodňových epizod z období let 1890 – 2006, které v Písku překročily hodnotu průtoku 1leté, respektive 10leté povodně.

Klíčová slova: povodeň, historické povodně, Otava, metoda předpovědního analogu

1. Úvod

Povodeň je výsledkem střetu ojedinělých jevů jak v atmosféře tak v povodí. Tyto jevy jsou determinovány fyzicko-geografickým prostředím vně i uvnitř povodí. Působení faktorů jako je reliéf, charakter říční sítě, půd je v čase relativně stabilní, a proto tyto faktory zanechávají v procesu vzniku každé povodně „stopy“, které utvářejí specifičnost povodňového mechanismu každého povodí. Jsou to například různé sezonální složky ve výskytu povodní, typické zdrojové oblasti povodní, srážko-odtokové charakteristiky jednotlivých částí povodí nebo typická interference průtokových vln v soutokovém uzlu.

Všeobecně diskutované moderní trendy v protipovodňové ochraně zdůrazňují potřebu komplexního řešení v celém povodí na úkor lokálních opatření. Antropogenní zásahy do krajiny za účelem snížení povodňových škod jsou plošné a netýkají se pouze bezprostředního okolí toků. Je zřejmé, že přínos těchto opatření může být zvýšen, pokud se při jejich plánování vezmou do úvahy faktory vyplývající ze studia mechanismu vzniku povodní. Znalosti procesu vzniku povodní v konkrétním povodí navíc mohou být nápomocné při odhadu aktuálního vývoje hydrologické situace, protože rozšiřují povědomí hydrologa o možných dopadech aktuální meteorologické situace na vývoj povodně.

Protože variabilita krajiny a přírodních procesů neumožňuje ani při současných znalostech fyzikálně popsat proces vzniku a formování povodně, neobejde se studium povodňového mechanismu bez rozboru historických povodní. Předchozí práce, zabývající se analýzou povodní využívaly údajů o historických povodní zpravidla jednorázově, což vedlo k jejich opakovanému shromažďování a rozboru již dříve zpracovaných podkladových materiálů. Proto bylo primárním úkolem navrhnout funkční platformu pro databanku povodní, která by mohla být základním zdrojem informací pro budoucí práce zabývající se povodněmi ve sledovaném území a zároveň databanku vyplnit pro nejvýznamnější povodně, které se na Otavě vyskytly.

Tato databanka pak byla podkladem pro popis povodňového mechanismu, definování povodňových rizik a pro testování metody předpovědního analogu. Podrobně byla práce publikována jako disertační na Přírodovědecké fakultě UK v Praze [7].

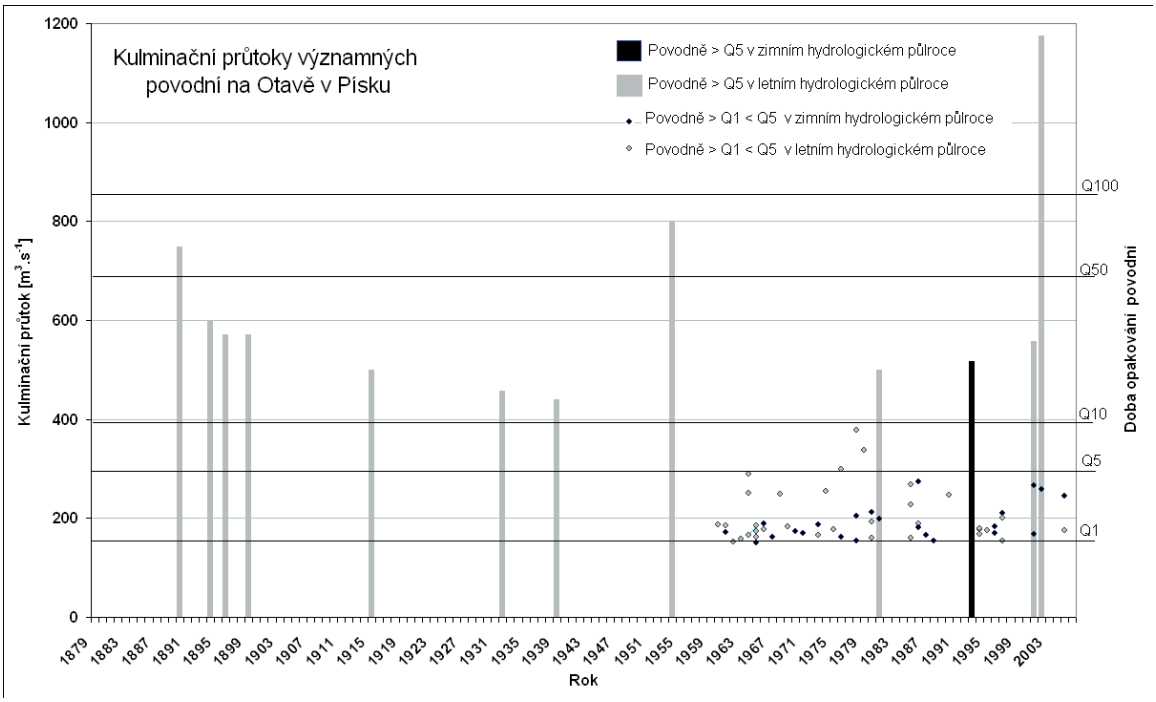
2. Návrh databanky povodní

Pro naplnění databanky povodní byly použity všechny povodňové epizody, při kterých mezi lety 1890 – 2006 překročil kulminační průtok na Otavě v Písku hodnotu desetileté vody tedy 395 $m^3.s^{-1}$ a všechny povodně, které mezi lety 1961 – 2006 překročily hodnotu jednoleté vody (146 $m^3.s^{-1}$). Tímto způsobem bylo vybráno 72 epizod.

Předložená databanka povodní byla zpracována do grafické podoby (viz Obr. 1) a obsahuje následující skupiny komponent:

1) meteorologické symptomy – typy povětrnostních situací, snímky tlakového pole,
2) údaje o časoprostorovém rozložení srážek, jejich průměrných úhrnech na povodí a o průběhu teplot vzduchu,
3) ukazatel nasycenosti povodí a zásoby sněhové pokrývky,
4) průběhy průtokových vln na nejvýznamnějších vodoměrných profilech .

Takto zpracovaná databanka povodní Otavy je dostupná na internetových stránkách http://old.chmi.cz/cb/povodne



Obr. 1: Přehled zpracovaných povodní, výskyt podle roku a podle sezóny a kulminační průtoky Otavy ve stanici Písek.

3. Analýza mechanismu vzniku povodní

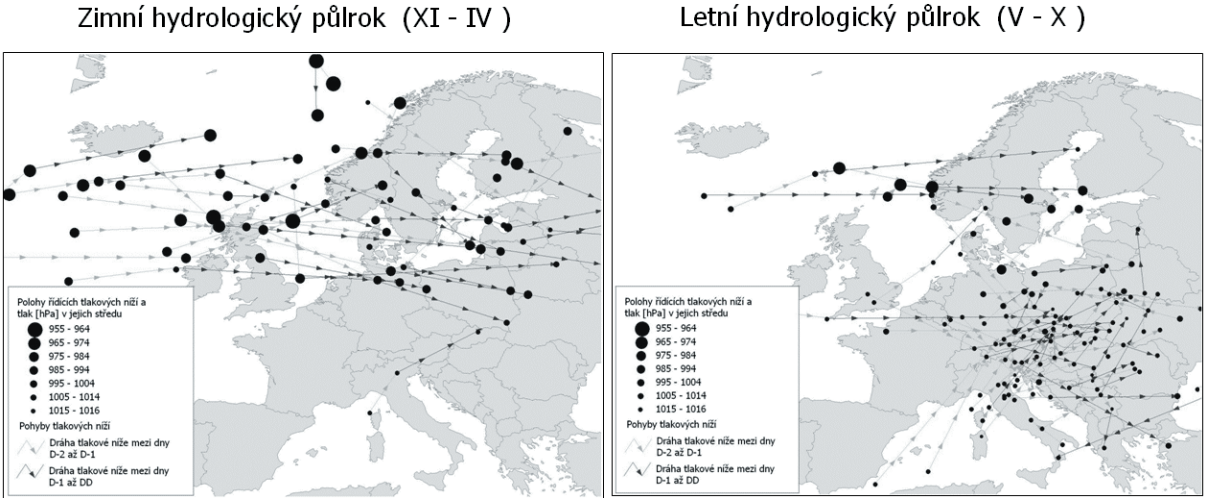
Na podkladě shromážděných materiálů byly studovány a popsány specifické aspekty v procesu vzniku povodní v souvislosti s vlivem fyzicko-geografického prostředí povodí Otavy. Příčiny vzniku povodní by vyhodnoceny pomocí několika metod mezi něž patří například:

- kvantifikace podílu tání sněhu na jejich vzniku [5],
- sezonální analýza [3],
- hydrosynoptická analýza četnosti výskytu příčinných povětrnostních typů a popis drah řídících tlakových útvarů [2], [4],
- identifikace polohy a velikosti jádra srážkové činnosti.

Z výsledků vyplývá, že u otavských povodní existuje především v mnoha aspektech výrazná diferenciace mezi povodněmi vzniklými v teplé a chladné části roku. Tato odlišnost je kromě různých klimatických charakteristik těchto období způsobena různým vlivem reliéfu povodí na vznik srážek, které se geneticky v zimní a letní části roku v povodí Otavy významně liší.

Z nejzřetelnějších vlastností povodňového mechanismu Otavy, lze jmenovat například tyto faktory:

- Naprostá většina velkých povodní na Otavě s kulminací v Písku nad desetiletou vodou (11 případů z 12 mezi lety 1890 - 2006) se vyskytla v letním hydrologickém půlroce (květen – říjen).
- Zimní povodně vyvolávají povětrnostní situace klasifikované typy Wc, Wcs, SWc2,3 a NWc, [1], které jsou spojené s přesunem často velmi hlubokých tlakových níží západovýchodním směrem v sektoru mezi 50. a 65. rovnoběžkou. Srážky jsou vázané na výrazné frontální systémy, které v silném západním proudění přecházejí přes povodí Otavy často v krátkém sledu po sobě (viz Obr. 2).
- U letních povodní převažují situace typu C, B, Ec, SEc, NEc s polohou tlakové níže nebo brázdy nízkého tlaku v oblasti střední Evropy. Tyto tlakové útvary mají často svůj původ v severním Středomoří a do střední Evropy se dostávají pro dráze Vb.

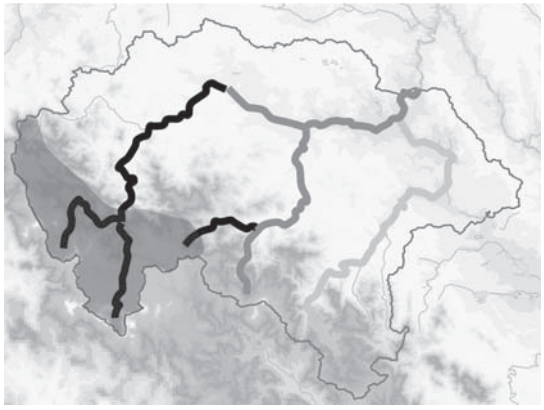


Obr. 2: Dráhy a hloubka řídících tlakových níží ve dnech, které předcházely vzniku povodní v povodí Otavy rozdělené podle letního a zimního hydrologického půlroku

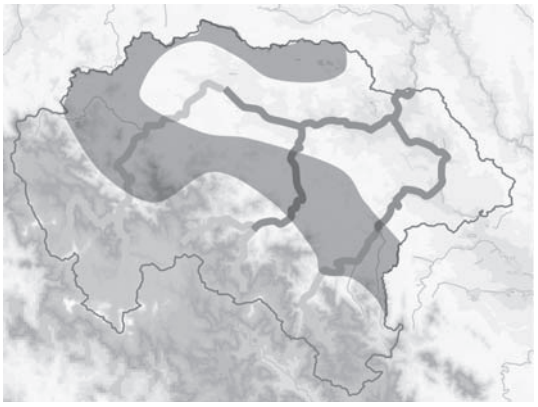
- U zimních povodní, na jejichž vzniku se významněji podílelo tání sněhu, bylo identifikováno pouze 8 a z hlediska kulminačního průtoku patří mezi menší povodně. Hlavním důvodem malé citlivosti povodí Otavy na tento typ povodní je velká výšková členitost povodí, která způsobuje postupné odtávání sněhu.
- Většina zimních povodní byla způsobena dešťovými srážkami, které byly díky silnému západnímu proudění výrazně orograficky zesílené v nejvyšších partiích Šumavy. Nejvyšší úhrny srážek se u těchto povodní vyskytují výlučně v povodí horní Otavy po Sušici. Z tohoto důvodu také prakticky u všech zimních epizod je podíl dolní a východní části povodí Otavy na kulminaci Otavy velmi malý. Tyto povodně se vyskytují mnohem častěji v měsících listopad a prosinec než ve zbytku zimy.
- U letních povodní je škála příčin pestřejší, vyskytují se mezi nimi epizody, které se svým mechanismem vzniku podobají zimním povodním. Převládají však situace způsobené přechodem oblasti nízkého tlaku přes střední Evropu, při kterém se povodí Otavy dostává do severovýchodního až severního proudění a vytváří se méně výrazné návětří na severním úpatí Šumavy. Vydatné srážky zpravidla zasahují celé povodí, nejvyšší úhrny se vyskytují v horní části rozvodí mezi Volyňkou a Otavou a u extrémních povodí často i na

horní Blanici. Blanice se svým průtokem významně podílí na kulminaci Otavy v Písku a také často dochází ke střetávání povodňových vln v soutokovém uzlu Otavy a Blanice.

Syntézou dílčích poznatků z těchto analýz byla vytvořena kategorizace povodní, která pro povodí Otavy vyčleňuje 9 typů povodní, u nichž se společné znaky v meteorologických příčinách promítají do typických vlastností odtokové odezvy jako je tvar průtokové vlny Otavy v Písku nebo střetávaní se průtokových vln Otavy s jejím největším přítokem Blanicí. Výsledky rozboru povodňového mechanismu umožnily odhad potenciálního povodňového rizika v základní říční síti povodí Otavy. Riziko je rozděleno podle příčiny povodní, sezóny a povětrnostní situace (viz Obr. 3).



1. Zimní dešťové povodně



2. Jarní povodně z tání sněhu





3. Letní povodně při západním proudění



4. Letní povodně při SV proudění

Obr. 3: Potenciální povodňová rizika v povodí Otavy podle typu povodně

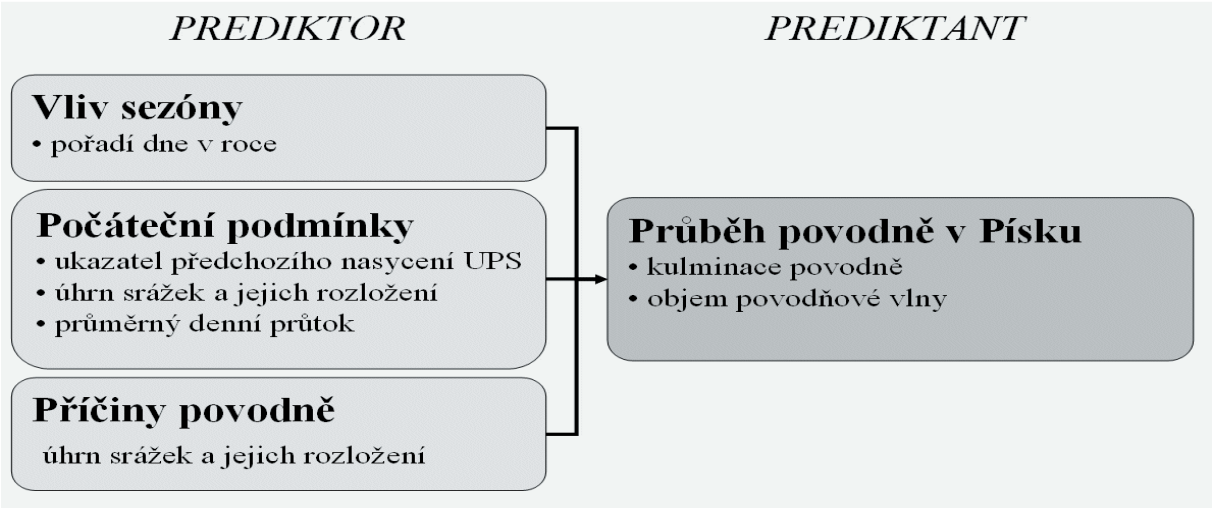
4. Návrh metody předpovědního analogu

Metoda předpovědního analogu patří mezi klasické předpovědní techniky a používá se tam, kde se z různých důvodů nedaří matematicky modelovat přírodní procesy. Princip metody analogu jako předpovědního nástroje spočívá v nalezení analogické situace z hlediska příčin a předpokládá se, že podobné budou i následky [6]. Je zřejmé, že u přírodních procesů, které jsou velmi složité a komplexní, není možné najít absolutně identický analog, a proto se hledá analog nikoliv na základě shody, ale podobnosti. Kvantifikace podobnosti mezi prediktory a stanovení jejich limit je hlavním předmětem různých metodických přístupů a diskuzí pro použití této metody.

Aplikace této metody pro srážko-odtokový vztah, tak jak byla navržena, není v moderní hydrologii obvyklá zejména z důvodu převládajícího použití matematických modelů. I tak jsou

zřejmé výhody toho přístupu mezi něž patří především „průhlednost“ metody, která umožňuje větší zapojení osoby hydrologa do procesu přípravy hydrologické předpovědi. Mezi nevýhody tohoto přístupu patří velká náročnost na množství zpracovaných dat, nutnost omezit se zejména u srážek na jevy, které lze popsat pouze v denních kroku a relativně malý soubor povodní, který neumožňuje použít sofistikovanějších vyhledávácích metod jako je například neuronový systém.

Metoda byla navržena pro předpověď maximálního okamžitého průtoku a objemu odtoku v následujících čtyřech dnech na základě aktuálního stavu povodí a známé předpovědi srážek pro následující 3 dny. Nejpodobnější povodňová epizoda se známým průběhem odtokové odezvy byla hledána v historických záznamech podle podobnosti mezi příčinami, které v tomto případě reprezentují sezóna výskytu povodně, nasycenost povodí, množství a rozložení srážek v různém vztahu ke dni, ke kterému je hledán předpovědní analog (viz Obr. 4). Pro vyjádření podobnosti jednotlivých příčinných faktorů byly navrženy rovnice, které matematicky standardizují míru podobnosti do intervalu o velikosti (0-1), kde 0 znamená nejmenší podobnost a 1 úplnou shodu. Souhrnný index podobnosti (*Ipo*) dvou povodňových epizod, zahrnující všechny porovnávané příčinné faktory, byl získán váženým součtem všech standardizovaných měr podobností. Stanovení vah v této sumační rovnici bylo předmětem kalibrace metody, která byla provedena na základě maximalizace korelačního koeficientu mezi velikostí souhrnného indexu podobnosti a podobností kulminačních průtoků a objemů vln.

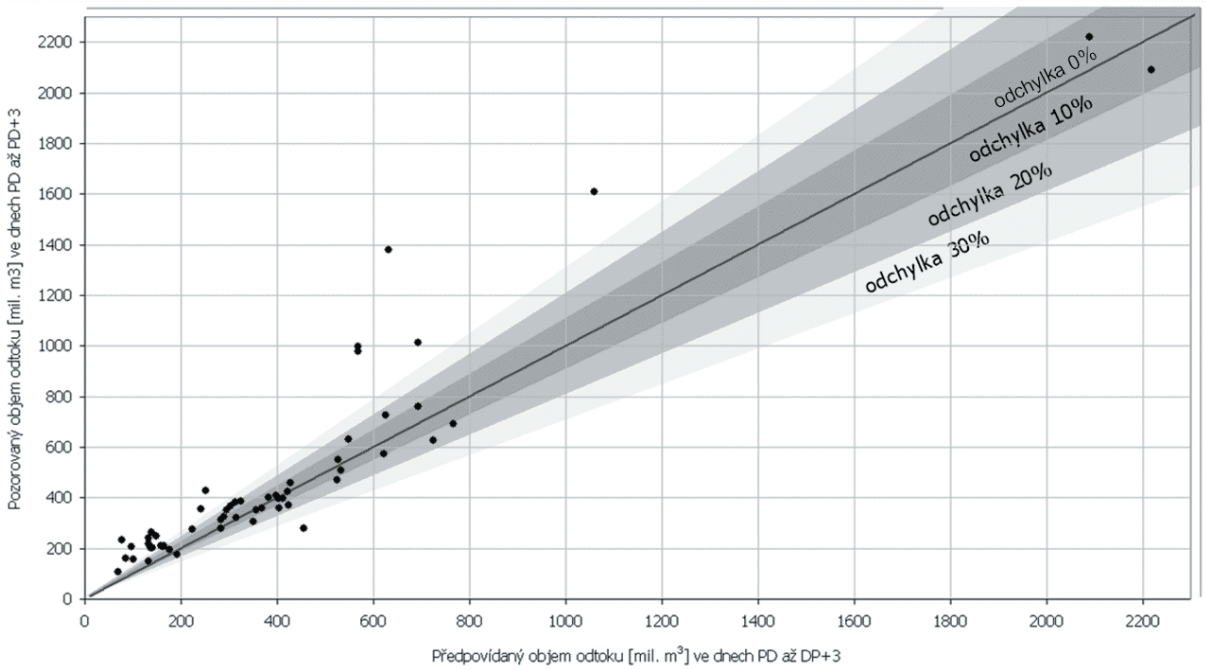


Obr. 4: Základní schéma příčin (prediktorů) a následků (prediktantů) použitých při aplikaci metody předpovědního analogu

Navržená metoda předpovědního analogu je tedy založená na syntéze charakteristik příčin povodně do jednoho indexu (*Ipo*), jehož výpočet byl optimalizován tak, aby na jeho velikosti byla závislá také míra podobnosti kulminačního průtoku a objemu odtoku v následujících čtyřech dnech. Při porovnání uvedených charakteristik příčin povodní dosahuje vyšší závislosti na indexu *Ipo* podobnost předpovídaných a skutečných objemů odtoku. Pro nalezení optimálního předpovědního analogu pro odhad objemu odtoku má největší vliv podobnost mezi průtoky Otavy v Písku v předpovědní den a mezi dvoudenními a třídenními srážkovými úhrny ve dnech následujících.

Z porovnání nejvhodnějších předpovědních analogů (s nejvyšší hodnotou indexu *Ipo* k 56 testovaným povodním) vyplývá, že i navržená metoda pro předpověď kulminačním průtoků má poměrně dobré výsledky. Předpovězený kulminační průtok se u 56 testovaných povodní odchyloval od skutečnosti v 16 případech o méně než 10 %, u 14 předpovědí o méně než 20 %, u 14 předpovědí o méně než 30 % a 12 předpovědí se lišilo o více než 30 %. U předpovědí objemu odtoku se u 56 testovacích povodní 15 předpovědí lišilo od skutečnosti

o méně než 10 %, 13 předpovědí o méně než 20 % , 10 předpovědí o méně než 30 % a 10 předpovědí o více než 30 % (viz Obr. 5). Například objem druhé vlny povodně ze srpna 2002 by se od předpovědního analogu, kterým je povodeň ze září 1890, lišil pouze o 8 % !



Obr. 5: Porovnání předpovídaných a pozorovaných objemů odtoku u 56 povodní Otavy Písku, jejichž charakteristiky byly použity pro testování metody předpovědního analogu

Literatura

[1] BRÁDKA, J. – DŘEVIKOVSKÝ, A. – GREGOR, Z. – KOLESÁM, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha, HMÚ, s. 126.

[2] ČEKAL, R., 2000. Hydrosynoptická analýza povodňových situací v povodí Horní Ohře, [Disertační práce], Přírodovědecká fakulta UK, Praha, s. 208.

[3] HLADNÝ, J. a kol., 1995. Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 3. Část Meteorologické symptomy. Praha. SPIS s.r.o., s. 1–37.

[4] KAKOS, V., 1985. Hydrometeorologická analýza povodňových situací v povodí Labe, Meteorologické zprávy, 38, č. 5, s. 148 – 151.

[5] LOUKAS, A. – VASILIADES, L. – DALEZIOS. R. N., 2000. Flood producing mechanisms identification in southern British Columbia, Canada. Journal of hydrology, Volume 35, Issues 3 – 4, 31 pp 299 – 311.

[6] MARTIN, D. E., 1972. Climatic presentation for short-range forecasting based on event occurrence and reoccurrence profiles. Journal of Applied Meteorology.

[7] VLASÁK, T., 2008. Návrh databanky povodní Otavy a její využití v protipovodňové ochraně, [Disertační práce] Přírodovědecká fakulta UK, Praha. 98 s.

Kontakty na autora

1 Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice, e-mail: tomas.vlasak@chmi.cz