HYDROSYNOPTICKÁ ANALÝZA POVODŇOVÝCH SITUACÍ V POVODÍ HORNÍ OHŘE

Radek Čekal, Josef Hladný

Analýzou sledů a přestaveb příčinných cirkulačních podmínek a odpovídajících srážek naměřených na ploše povodí horní Ohře po Karlovy Vary byly identifikovány jejich nejvíce nebezpečné typy pro vznik povodňových situací v této oblasti. Následně byl posouzen u letních výskytů velkých vod i vliv dynamických atmosférických faktorů, vyvolaného srážkového pole a odtokové odezvy v říční síti na podobný tvar a průběh povodňových vln v závěrovém profilu povodí. Jako vstupní soubor byly použity vlny z profilu Karlovy Vary za období 1959 – 2002. Ze synoptické analýzy vyplynulo, že na tvar letních průtokových vln má signifikantní vliv směr postupu příčinné tlakové níže.

Klíčová slova: Sled typů povětrnostních situací, trajektorie středu tlakové níže, typizace povodňových vln

Hydro-synoptic analysis of flood situations in the Upper Ohře catchment. *Analysis of daily precipitation totals measured in the Upper Ohře river catchment in the Czech territory, and the sequence and reconfiguration of the causal circulation conditions occurring prior to culmination discharges has helped to identify the conditions that pose the greatest flood risk for the catchment. We have then assessed the effect of dynamic atmospheric factors, the resulting precipitation field, and the runoff response in the river network on the similarity of the shape and variation over time of flood waves at the last site in the catchment. The input set of data included that on summer (May to October) flood waves observed at the Karlovy Vary site between 1959 and 2002. Synoptic analysis has revealed that the direction of movement of the causal pressure lows influence the shape of summer flood waves.*

Key words: Flood efficiency of weather situation types, trajectory of the cyclone centre, types of flood waves

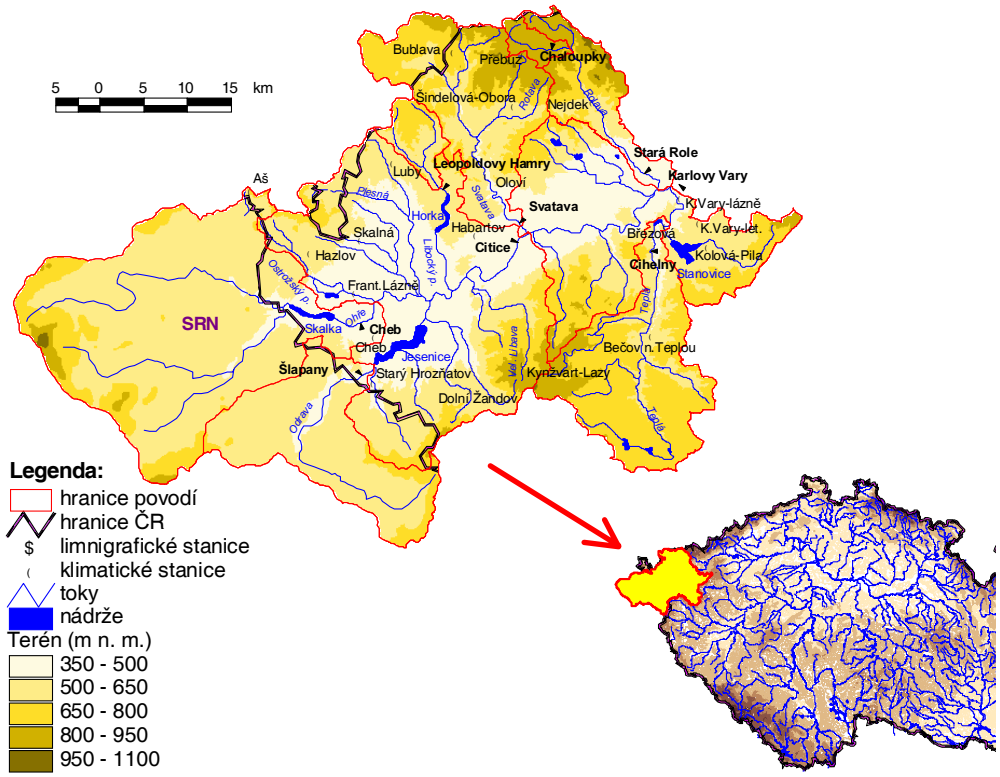
---

1. ÚVOD

Příspěvek se zabývá hydrosynoptickou analýzou povodní, které se vyskytly v období let 1959 – 2002 nad prahovým kulminačním průtokem 100 $m^3.s^{-1}$ (1/2-letý průtok) v českém povodí horní Ohře v profilu Karlovy Vary, viz obr. 1. Cílem bylo objasnit mechanismus vzniku a vývoje průtokových vln v tomto povodí, které je z hlediska povodňové ochrany důležité pro vývoj povodňové situace v Podkrušnohoří. Konkrétně šlo o vyšetření vztahů mezi příčinnými cirkulačními podmínkami v atmosféře, časovým a prostorovým rozdělením vyvolaných srážek ve fyzickogeografických poměrech daného povodí a odtokovou odezvou v příslušné říční síti. Tento fázový triplet vývoje povodňové události byl nazván jako hydrosynoptické kontinuum.

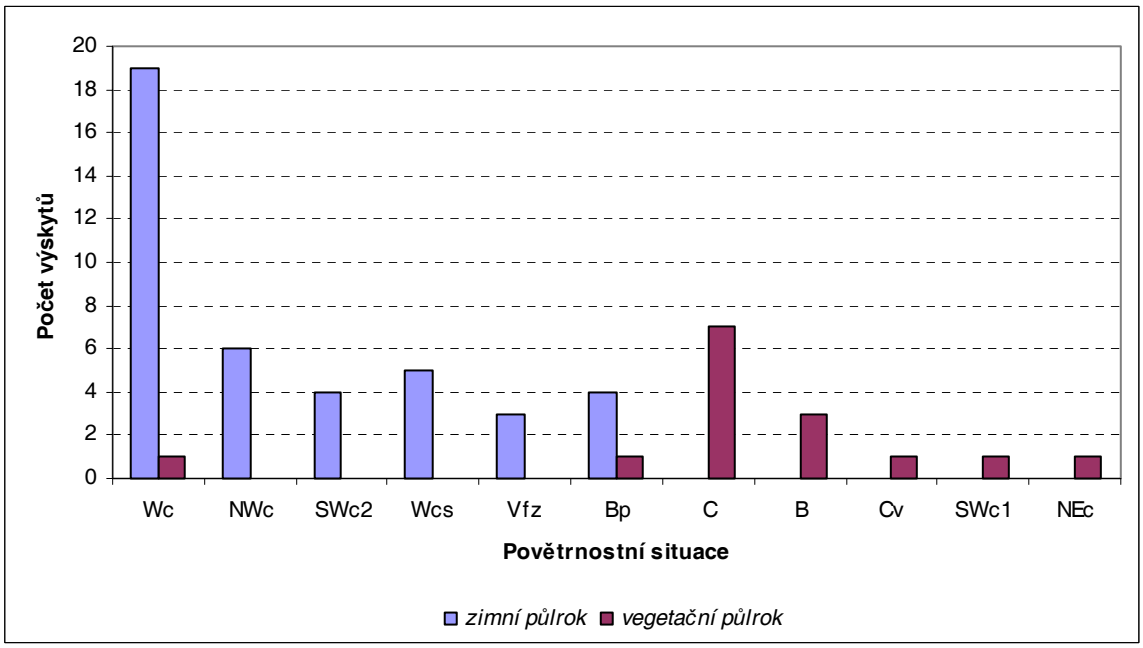
2. VLIV ATMOSFÉRICKÉ CIRKULACE NA VZNIK POVODNÍ

Z celkového počtu 28 klasifikovaných meteorologických situací, které obsahuje permanentně aktualizovaný *Katalog povětrnostních situací* [viz zkratky a názvy situací v publikaci *Brádka et al.,* 1961] bylo identifikováno jejich 11 typů, které mohou být za určitých okolností příčinou vzniku povodní anebo rozvodnění v povodí. Z toho jen dva typy (Wc a Bp) mohou způsobit povodeň jak v letním, tak i v zimním půlroce. Ostatní jsou svým výskytem vázány výlučně na jednu z obou těchto sezón, viz obr. 2.



Obrázek 1: *Povodí horní Ohře a jeho pozice na území České republiky*

Figure 1: *The upper part of the Ohře river catchment and its position in the Czech Rebublic*

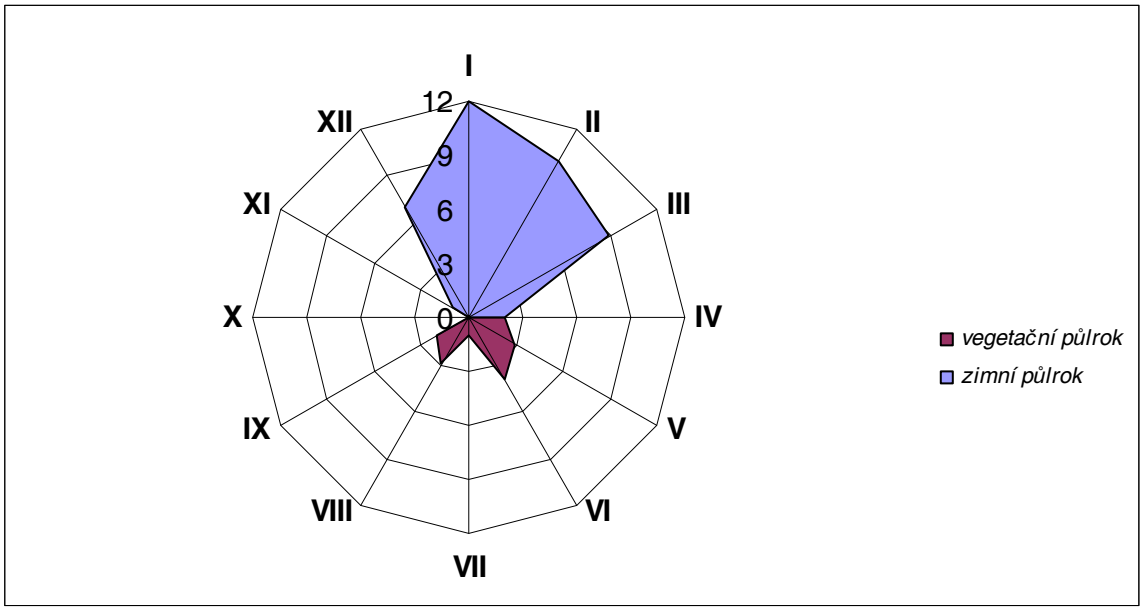


Obrázek 2: *Četnost výskytů příčinných povětrnostních situací v povodí horní Ohře za období 1959 - 2002*

Figure 2: *Flood causing synoptic situations for Upper Ohře river (period 1959 – 2002)*

2.1 Sezonalita výskytu povodňových situací

Z celkového souboru 56 průtokových vln se jich vyskytlo 41 v zimním (listopad – duben) a 15 v letním (květen – říjen) pololetí hydrologického roku.



Obrázek 3: Sezonalita výskytu povodní v povodí horní Ohře v Karlových Varech za období 1959 - 2002

Figure 3: Flood seasonality of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1959 – 2002)

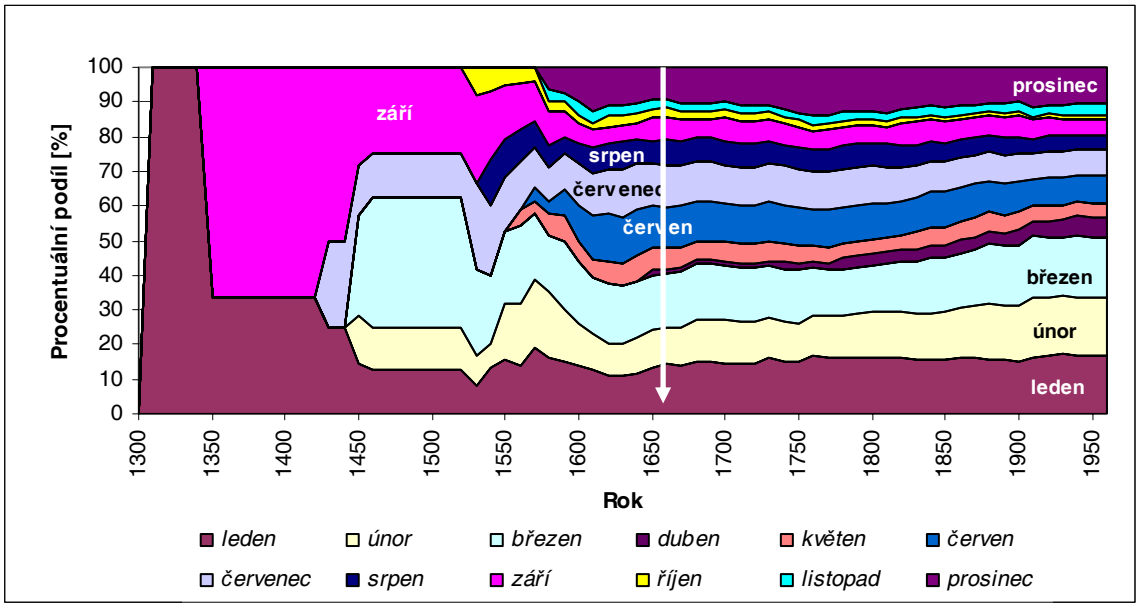
Zimní povodně se ponejvíce vyskytují v povodí horní Ohře v lednu, únoru a březnu, viz obr. 3. Největší frekvenci v březnu zapříčiňuje typické sezónní střídání vzduchových hmot, čímž se zvyšuje pravděpodobnost spadu dešťových srážek a tání sněhu i ve vyšších horských polohách.

Dominující zimní asymetrie ve výskytu povodní oproti letním případům je zřejmá i v dlouhodobém měřítku. Svědčí o tom výsledky retrospektivní analýzy časové řady narativních údajů o výskytu povodní od roku 1310, viz obr. 4, [*Kynčil*, 1979]. U této řady lze pozorovat (v jejím věrohodnějším úseku od roku 1650) sice mírnou tendenci k narůstání výskytu zimních a jarních povodní na úkor letních případů. Při omezené vypovídající schopnosti proxy dat zůstává však toto zjištění zatím na úrovni hypotézy, jejíž platnost by bylo třeba prověřit speciálním dalším výzkumem.

Zimní sezonální složka, která u 75 % výskytů všech povodní (při jiné prahové hodnotě průtoku může být poněkud odlišná) je již tak vysoká, že přichází do úvahy její využití pro adaptabilní způsob hospodaření s vodou v nádržích.

2.2 Mechanismus vzniku letních a zimních povodní

V zimním období je povodí Ohře, které je protáhlého tvaru s páteřním tokem orientovaným v mírně severovýchodním směru, srážkově dávkováno při převažujících zonálních situacích ze západního, jihozápadního i severozápadního sektoru, směrem po toku. Při tomto vývoji intenzita narůstání extremity kulminací průtokových vln v páteřním toku zesiluje v důsledku interferenčních účinků vln z přítoků. Rychlému zvětšování průtoků v důsledku dešťových srážek brání poněkud retenční kapacita sněhové pokrývky zejména v horských polohách. Z toho vyplývá, že na počáteční vývoj zimních povodní mají rozhodující vliv především sněhové zásoby v podhůří, kde výška sněhové pokrývky bývá obvykle nižší a tím menší i její retenční účinek.



Obrázek 4: *Vývoj podílu jednotlivých měsíců s výskytem povodní na Ohři za období let 1310 - 1960*

Figure 4: *Flood seasonality of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1310 - 1960)*

Mechanismus letních průtokových vln vytvářejí povětrnostní situace s více meridionální směrovou složkou. Uplatňuje se při nich proto výrazněji srážkový stín anebo návětrný efekt Krušných hor. Výrazně menší výskyt situací přicházejících z jižního sektoru v povodí Ohře je patrně způsoben vlivem Alp. To však neznamená, že by se nemohly v letním období vyskytnout v povodí Ohře extrémní povodně (viz např. povodeň v roce 1890, 1926, 1954, aj.). Dochází k tomu zejména při situacích s retrográdním pohybem cyklony, [*Kakos,* 2005]. Při výjimečně kolmém směru proudění od jihu na hradbu Krušných hor se výrazně projevují návětrné efekty zejména v důsledku poměrně větší plochy svahů s jižní složkou expozice. Severně orientována složka proudění způsobuje intenzivnější srážky zejména v hřebenových partiích Krušných hor.

U ostatních situací dochází k relativně častějšímu srážkovému dávkování proti směru páteřního toku. Tím se interferenční účinek na extremitu průtokových vln zmenšuje.

2.3 Určení příčinné meteorologické situace a jejího časového předstihu

Průměrné trvání povodňové synoptické situace se v povodí horní Ohře pohybuje okolo 2,7 dne. Je tedy u povodní v zimním půlroce přibližně o jednu třetinu a u letních pak o jednu čtvrtinu kratší než je průměrná dlouhodobá hodnota průběžných synoptických situací v délce 4,1 dne, vypočtená na základě všech jejich typů [*ČHMÚ*, 1967]. Z toho vyplývá, že u převážné většiny (v použitém souboru 90 %) povodňových případů dochází v průběhu uvažované 5-denní předkulminační fáze (od D-5 až po den kulminace D) minimálně k jedné přestavbě potenciálních typů meteorologických situací na jiný následný typ.

Pouze cca u 10 % povodňových výskytů si zachovávají atmosférické řídící útvary (tlakové níže – cyklóny a tlakové výše – anticyklóny) zhruba stacionární polohu a směr proudění. Pokud mají tyto situace dostatečný přísun vlhkého vzduchu a mohou se srážkově vyvinout, jsou nebezpečné v oblasti zájmového povodí svými déletrvajícími dešti.

Směrem k datu kulminace odtokové odezvy musí vliv kauzality atmosférických cirkulací na vznik průtokové vlny přibývat a obráceně, neurčitost ve změnách atmosférických procesů daná počtem možných kombinací jejich vyskytujících se typů, by měla zase ubývat. To znamená, že den, kdy se vyskytuje v průměru za celé referenční období spektrum možných typů situací v nejmenším rozsahu čili v jejich nejmenším počtu, lze chápat, že jsou to situace příčinné, které se podílejí s největší pravděpodobností na vzniku povodňové události. V povodí horní Ohře se vyskytuje nejmenší počet možných příčinných povětrnostních typů v den D-2.

2.4 Genetický kód hydrosynoptického vývoje povodní v povodí horní Ohře

Spektra typů možných situací, připadající na každý den předkulminační a pokulminační fáze všech povodňových případů, vytvářejí jakýsi genetický kód povodně (viz tab. 1 a 2), z něhož lze vyčíst vedle zmíněného časového předstihu příčinných cirkulačních podmínek dále, že:

- neurčitost cirkulačních poměrů v atmosféře začne opět narůstat již v průběhu zpoždění kulminace odtokové odezvy oproti výskytu příčinné meteorologické situace,
- neurčitost vývoje v atmosféře v pokulminační fázi má tendenci se vrátit do stavu před počátkem nástupních procesů, které vedly ke vzniku povodňové události,
- příčinné situace v průběhu časového předstihu vykazují určitý rozptyl podle jejich typu,
- vývojový sled situací se postupně uskutečňuje pouze z jejich určitého vymezeného počtu.

Tabulka 1: Genetický kód zimních povodňových situací za období 1959 - 2002

Table 1: Type of synoptic situation for days before and after the peak flow

Počet	Typ povětrnostní situace vyskytující se ve dnech											
	D - 9	D - 8	D - 7	D - 6	D - 5	D - 4	D - 3	D - 2	D - 1	D	D + 1	D + 2
1	A	A	A	A	A	A	B	Bp	Ap_2	A	A	A
2	B	B	Ap2	Ap2	Bp	Ap_2	Bp	NWa	Bp	B	Ap_1	Ap_1
3	Bp	Bp	Bp	Bp	Nc	B	Nc	NWc	NWa	Bp	Ap_2	Ap_2
4	Nc	Nc	Nc	Nc	NWa	Bp	NEc	SWa	NWc	Nc	B	B
5	NEc	NEc	NWa	NWa	NWc	Nc	NWc	SWc_2	SWa	NWa	Bp	Bp
6	NWc	NWc	NWc	NWc	SEa	NEc	SWa	Vfz	SWc_1	NWc	Nc	C
7	SEa	SEa	SEa	SEc	SWa	NWc	SWc_2	Wc	SWc_2	SWc_1	NEa	Ea
8	SEc	SEc	SEc	SWa	SWc_1	SEa	Vfz	Wcs	Vfz	SWc_2	NEc	Nc
9	SWa	SWa	SWa	SWc_1	SWc_2	SWa	Wa		Wc	Vfz	NWa	NEa
10	SWc_1	SWc_1	SWc_1	SWc_2	Vfz	SWc_1	Wc		Wcs	Wa	NWc	NEc
11	SWc_2	SWc_2	SWc_2	SWc_3	Wa	SWc_2	Wcs			Wc	Sa	NWa
12	SWc_3	SWc_3	SWc_3	Vfz	Wc	Vfz				Wcs	SWc_1	NWc
13	Vfz	Vfz	Vfz	Wa	Wcs	Wa					SWc_2	Sa
14	Wa	Wa	Wa	Wc		Wc					Vfz	SEc
15	Wc	Wc	Wc	Wcs		Wcs					Wa	SWa
16	Wcs	Wcs	Wcs								Wc	SWc_2
17											Wcs	SWc_3
18												Vfz
19												Wa
20												Wc
21												Wcs
Σ	16	16	16	15	13	15	11	8	10	12	17	21

V genetickém kódu byla zjištěna vedle D-2 také existence podružného dalšího minima výskytu povětrnostních situací a to v den D-5 u zimních povodňových vln a v den D-7 u letných vln. Zjištěné typy povětrnostních situací připadající na tyto dny by měly mít rovněž určitý vliv na meteorologický vývoj v předkulminační fázi povodňových případů. Je to zajímavý podnět pro další návazný výzkum.

V zimní polovině roku se v referenčním období 1959 – 2002 se podílelo na vzniku povodňových epizod celkem šest typů povětrnostních situací, z nichž největší podíl na frekvenci výskytu povodní připadal situaci typu Wc. Nejvyšší srážkové úhrny v příčinný den byly dosahovány u situací typu Vfz a nejrychlejší odtávání sněhové pokrývky probíhalo v průběhu situace typu SWc_2. Celkově nejvyšší dvoudenní průměrné srážkové úhrny v povodí a tedy i potenciálně největší odtoková odezva v zimním půlroce v povodí horní Ohře byla zjištěna u povodní s příčinnou situací typu Vfz, které předcházela situace Wc.

Tabulka 2: *Genetický kód letních povodňových situací za období 1959 - 2002*

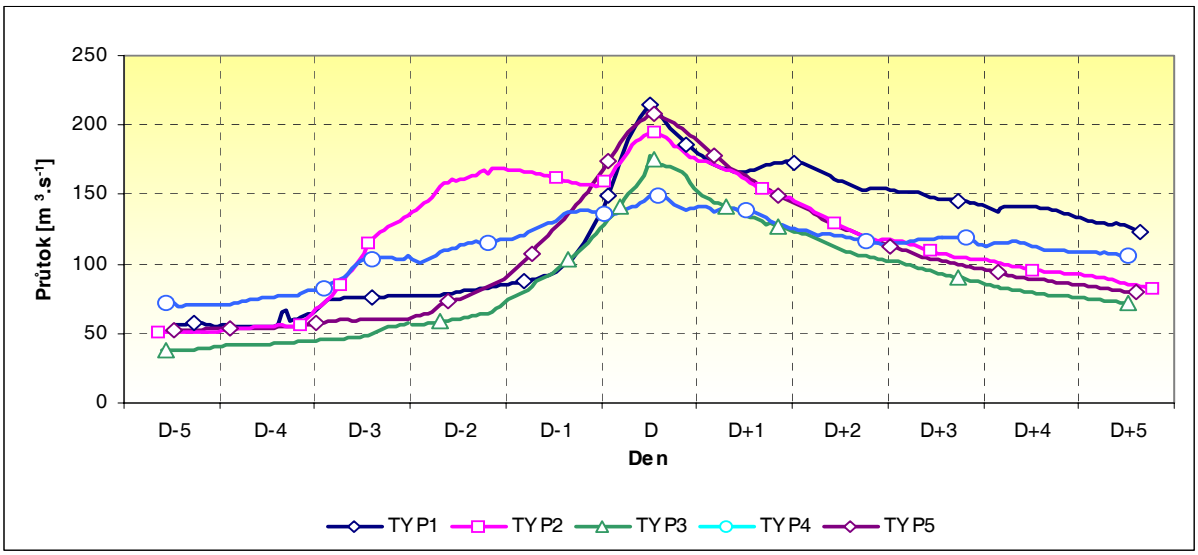
Table 2: *Type of synoptic situation for days before and after the peak flow*

Počet	Typ povětrnostní situace vyskytující se ve dnech											
	D - 9	D - 8	D - 7	D - 6	D - 5	D - 4	D - 3	D - 2	D - 1	D	D + 1	D + 2
1	Ap_3	Ap_3	Bp	Ap_2	Ap_1	B	B	B	B	B	A	A
2	B	Bp	C	Bp	Ap_2	C	C	C	Bp	Bp	B	B
3	C	C	Sa	C	B	Ec	Nc	NEc	C	C	Bp	Bp
4	Ea	Sa	SWc_1	Ec	Bp	Nc	SEc	SWc_1	Cv	Cv	C	C
5	Ec	SWc_1	SWc_3	Sa	C	Sa	SWa	Wc	NEc	Nc	Nc	Nc
6	Sa	SWc_3	Wal	SWc_1	Ec	SEc	SWc_2		SWc_1	NEc	NEc	NEc
7	SWc_1	Wal	Wcs	SWc_3	Nc	SWa	Wal			SWc_1		NWc
8	SWc_3	Wcs		Wal	Sa	SWc_2	Wc					SWc_1
9	Vfz			Wcs	SEc	Wal						Wc
10	Wal				SWa	Wc						
11	Wcs				Wal							
12					Wc							
Σ	11	8	7	9	12	10	8	5	6	7	6	9

V letní polovině roku se podílelo na vzniku povodní celkem sedm typů povětrnostních situací. Nejvíce byly zastoupeny situace typů C a B. Průměrně nejvyšší denní srážkové úhrny v povodí v příčinný den byly zjištěny u situace typu SWc_1. Nejvyšší dvoudenní průměrné srážkové úhrny v povodí a povodňově „nejnebezpečnější“ ve vegetační části roku byl v zájmovém povodí sled synoptických situací typu C ukončených příčinnou situací SWc_1.

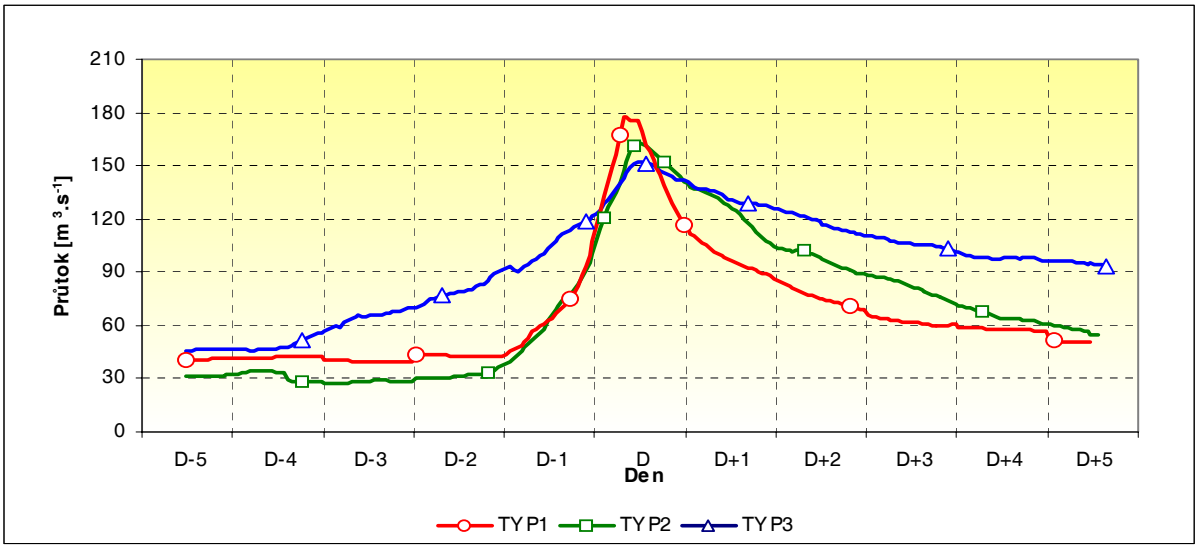
3. KATEGORIZACE ZIMNÍCH A LETNÍCH POVODŇOVÝCH VLN

Dalším cílem bylo zjistit, zda danému typu příčinné synoptické situace odpovídá určitý typ průtokových vln. Kategorizace se prováděla na základě vizuálního porovnání společných znaků jednotlivých průtokových případů. Komformní vlny byly pak seřazeny podle osy procházející jejich kulminací. Typová kategorie vznikla zprůměrováním pořadnic takto vzniklého souboru vln. Soubor průtokových vln u zimních rozvodnění byl rozdělen na pět základních typů a u letních situací na tři, viz obr. 5 a 6.



Obrázek 5: *Průběh jednotlivých typů zimních povodňových vln*

Figure 5: *Courses of winter floods of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1959 –2002)*

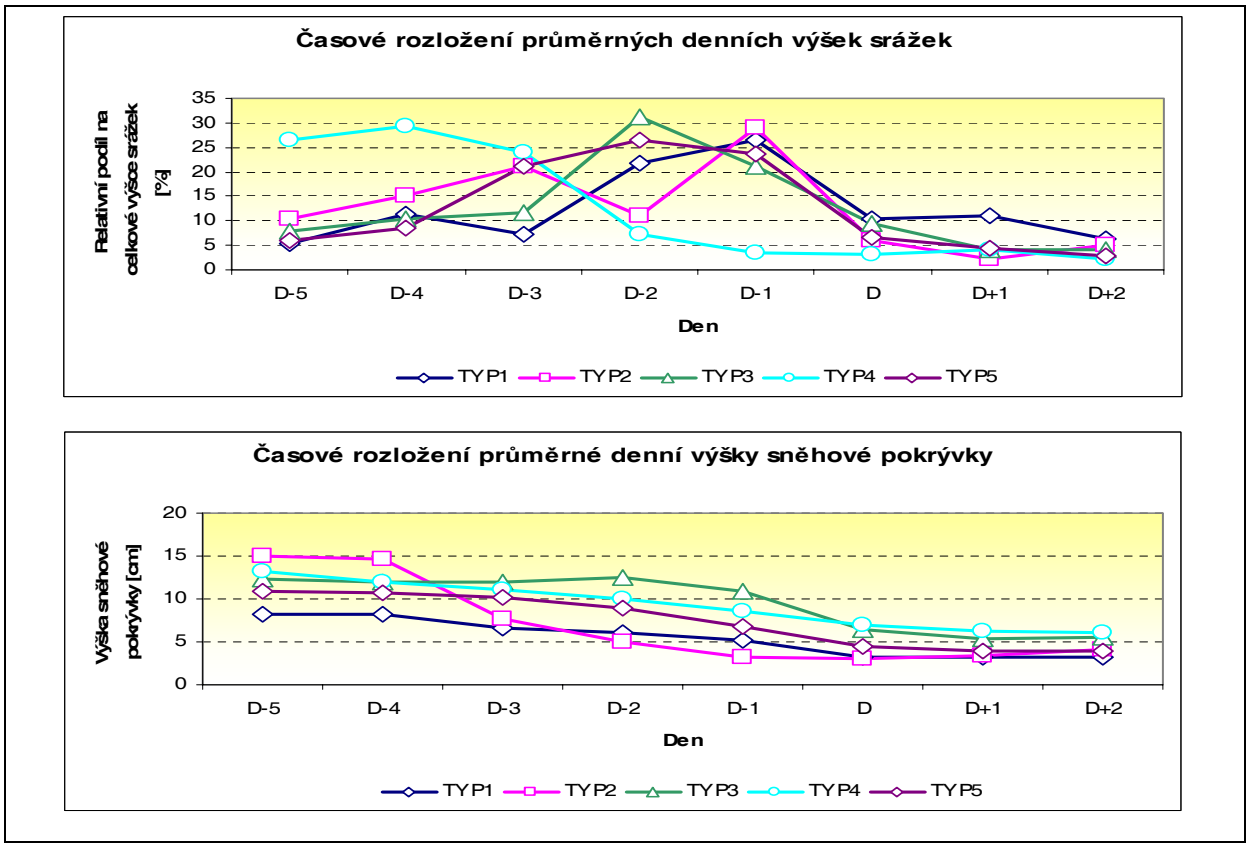


Obrázek 6: *Průběh jednotlivých typů letních povodňových vln*

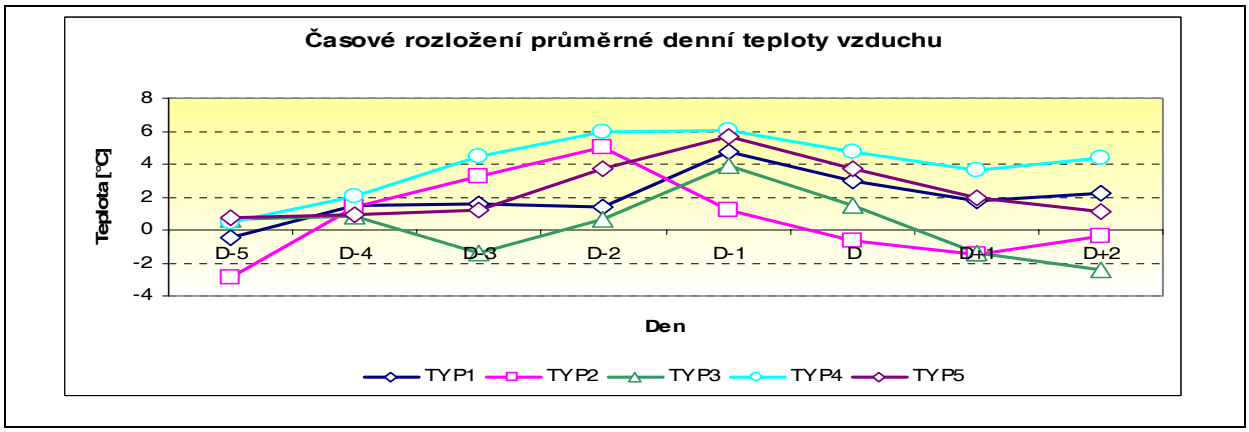
Figure 6: *Courses of summer floods of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1959 –2002)*

K odvozeným kategoriím průtokových vln byly přidruženy průměrné typové modely časoprostorového rozložení srážek, u zimních pak i výšky sněhové pokrývky, jakož i průměrné denní teploty vzduchu na ploše zájmového povodí ve dnech D-5 až D+2, viz obr. 7 a 8. Získané poznatky mají význam pro regionalizaci krajiny podle jejího povodňového zatížení.

Sezonální porovnání průměrného průběhu odvozeného ze všech typových vln a průměrných příčinných srážek naznačuje, že retenční kapacita povodí horní Ohře je v letním období větší než v období zimním.

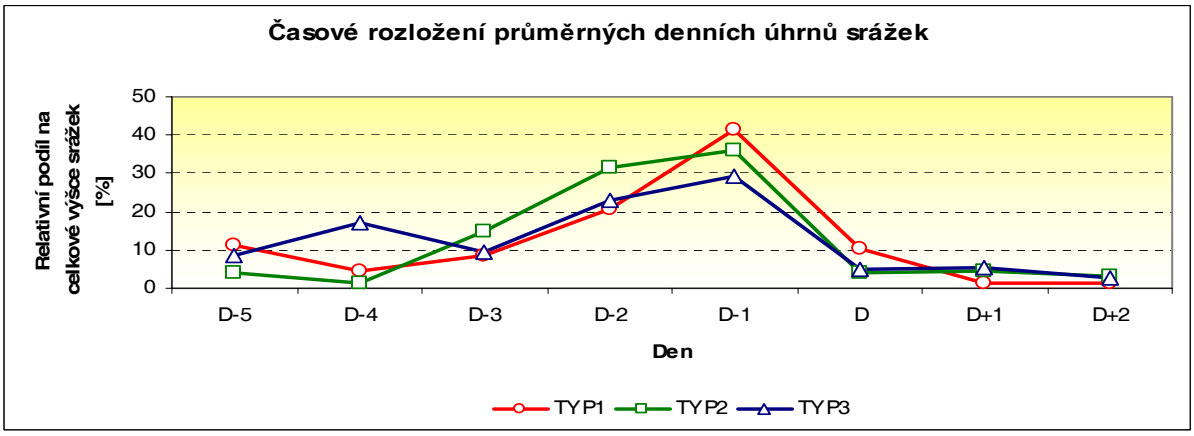


Obrázek 7



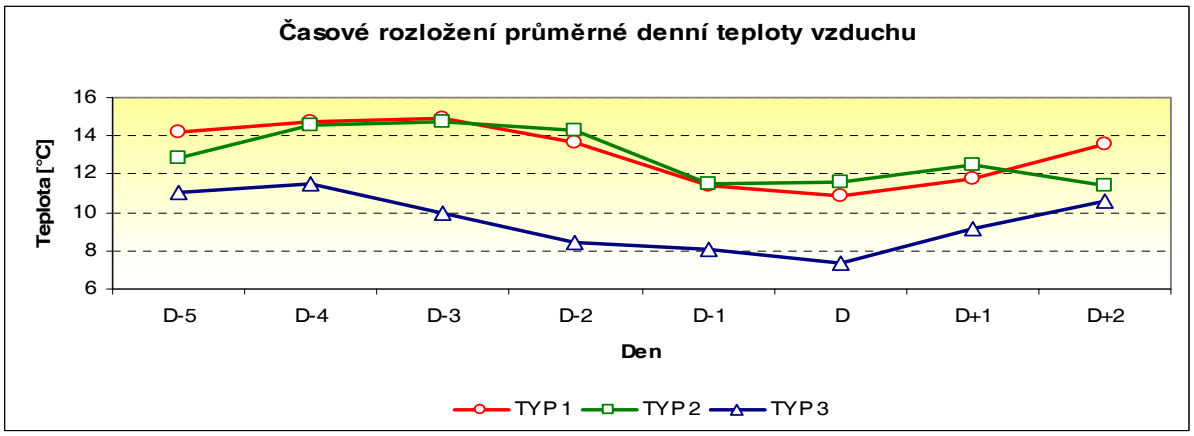
Obrázek 7: *Typové modely časoprostorového rozložení srážek, výšky sněhové pokrývky a teploty vzduchu u zimních povodňových vln*

Figure 7: *Temporal course of precipitation, snow cover and air temperature for particular flood types of winter floods*



Obrázek 8: *Typové modely časoprostorového rozložení srážek u letních typů povodňových vln*

Figure 8: *Temporal course of precipitation for particular flood types of summer floods*



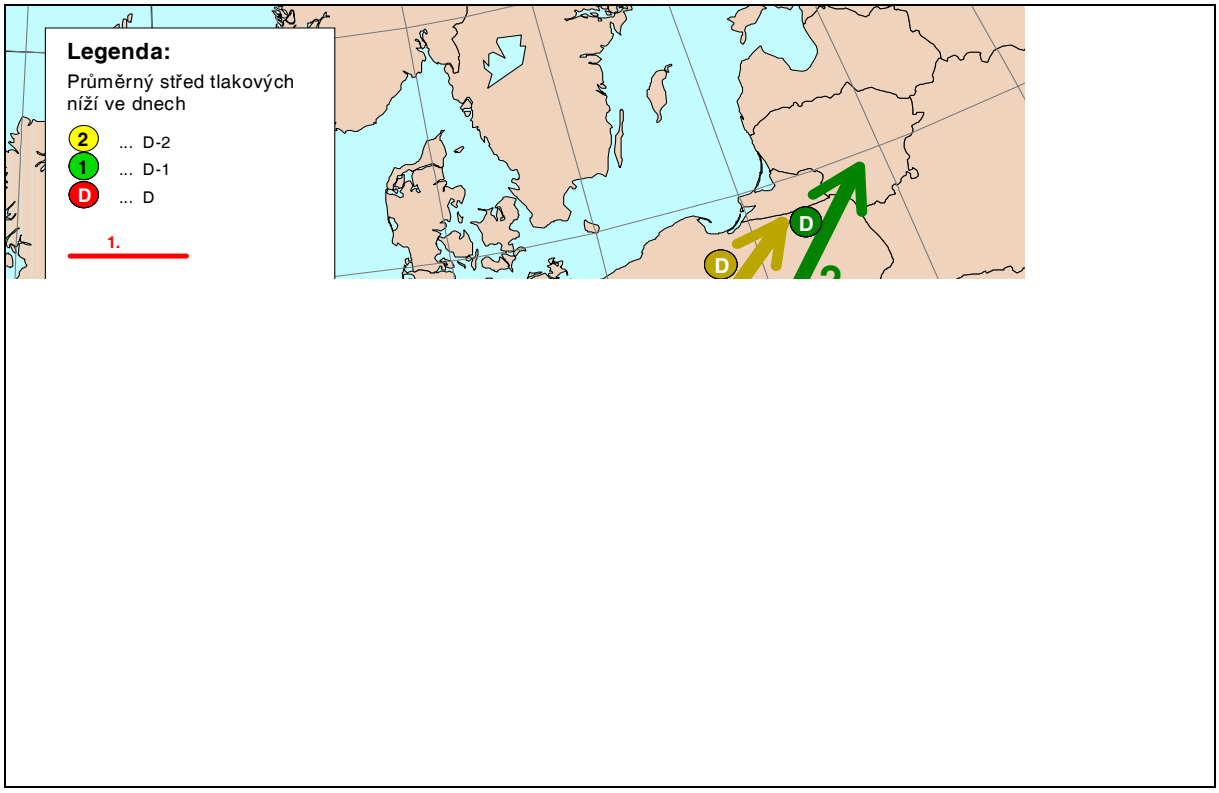
Obrázek 8: *Typové modely časoprostorového rozložení teploty u letních typů povodňových vln*

Figure 8: *Temporal course of air temperature for particular flood types of summer floods*

4. VLIV POLOHY TRAJEKTORIÍ STŘEDŮ PŘÍČINNÝCH TLAKOVÝCH NÍŽÍ NA KATEGORIZACI LETNÍCH POVODŇOVÝCH VLN

Hydrosynoptickou analýzou povodňových případů byly nejprve lokalizovány vždy středy jejich příčinné cyklony ve stejnou dobu každého dne v intervalu D-3 až D+1. Propojením takto určených bodů přímkou na synoptické mapě byly získány schematizované úseky dráhy pohybu (trajektorie) jednotlivých „povodňových“ cyklon. Na podkladě zobrazených trajektorií byly pak určeny rozměry veličin jako jsou průměrná nejmenší vzdálenost dráhy středů cyklony od geometrického těžiště zájmového povodí, dále rychlost a převládající směr jejího postupu vztaženého ke dni výskytu příčinné meteorologické situace. Spojením průměrných poloh středů příčinných tlakových níží ve dnech D-2, D-1 a D u příslušných typů průtokových vln byl získán směr jejich koridoru ve fyzicko-geografickém prostředí střední Evropy v předkulminační fázi letních povodňových případů, viz obr. 9.

Z převažujícího počtu postupů tlakových níží zapříčiňujících vznik povodní 1. a 2. typu je patrné, že většina z nich přichází ze západního až jihozápadního sektoru. Rozdíl je pouze ve vzdálenosti trajektorie od povodí horní Ohře a ve směru postupu tlakové níže ve dnech D-2 → D-1 a D-1 → D. Trajektorie příčinné tlakové níže u vln 2. typu přechází v bezprostřední blízkosti zájmového povodí ve dnech D-2 → D-1 v azimutu cca 90°, zatímco u vln 1. typu je azimut trajektorie postupu tlakové níže v těchto dnech cca 45° a vzdálenost od povodí je relativně nejmenší. Pro vlny 3. typu je charakteristický posun tlakové níže ve dnech D-2 → D-1 v jižním směru a ve dnech D-1 → D ve směru severovýchodním.



Obrázek 9: *Koridory postupu středů tlakových níží u letních povodňových vln 1., 2. a 3. typu*

Figure 9: *Typical trajectories of low pressure centers of summer floods (Type 1,2 and 3)*

Dále bylo prostřednictvím faktorové analýzy prokázáno, že příčinné cirkulační podmínky vykazují vliv spíše na prostorové a časové rozdělení srážek, které mají vliv na uvádění říčního systému do povodňového stavu. Při tom vznik průtokové vlny určitého typu může být vyvolán více meteorologickými situacemi a naopak, že jedna meteorologická situace může být příčinou více typů průtokových vln.

Tabulka 3: Soubor vstupních dat do faktorové analýzy

Table 3: Variables of summer floods

Den kulminace	$Q_{kul.}$ [$m^3.s^{-1}$]	Q_0 [$m^3.s^{-1}$]	Těžiště hyeto-gramu [dny]	Příčinná srážka [mm]	Trvání příčinné srážky [dny]	Max. denní srážka [mm]	UPS_{30} [mm]	Pokles teploty [°C]	Počet vrcholů na vlně	Trvání vzestup. větve [hod.]	Směr pohybu cyklóny [°]	Vzdálenost cyklóny od povodí [km]	Rychlost pohybu cyklóny [$km.den^{-1}$]
12.5.1965	134	63	3,10	39,4	5	10,2	40,2	4,2	4	101	150	604	707
11.6.1965	137	48	2,88	39,0	3	19,0	48,3	3,1	3	111	135	18	398
30.6.1966	180	18	1,82	71,0	4	39,5	18,3	2,0	2	42	90	367	829
26.4.1968	161	48	1,55	35,2	3	16,3	1,7	12,0	1	28	30	289	569
20.4.1970	244	82	1,94	19,1	5	12,0	19,8	7,2	2	115	75	73	1237
22.8.1970	215	21	1,49	61,7	3	31,2	31,2	6,6	2	41	95	621	353
8.5.1978	217	12	1,12	66,2	3	47,9	8,2	7,2	2	37	5	148	219
22.7.1980	196	61	1,63	26,0	2	25,2	72,9	5,1	1	17	100	191	819
7.6.1984	137	38	1,89	50,9	3	34,6	40,8	11,0	2	27	32,5	18	824
13.8.1984	98	27	2,34	39,9	3	21,5	33,6	2,4	3	44	17,5	10	1079
31.5.1986	99	15	2,11	45,6	3	28,9	35,2	12,7	3	63	40	435	1017
1.9.1995	124	29	2,89	46,8	2	24,0	49,0	4,0	1	24	240	126	431
16.9.1998	132	23	2,61	45,6	4	18,9	57,4	6,7	2	34	87,5	411	694
13.8.2002	273	21	1,78	73,7	2	40,8	43,9	3,5	1	32	20	200	776

5. FAKTOROVÁ ANALÝZA

Závěrem byla u meteorologických příčin a jimi vyvolaných letních průtokových vln s využitím faktorové analýzy určena fyzikální struktura a váha faktorů (vyjádřená prostřednictvím vstupních proměnných), které mají podstatný vliv na hydrometeorologický vývoj povodňové situace v povodí horní Ohře. Do analýzy vstupoval soubor 13 hydrologických a klimatologických proměnných včetně parametrů popisujících polohu, rychlost a směr pohybu tlakových níží (vzhledem k zájmovému povodí), které způsobily vypadávání příčinných srážek na povodí, viz tab. 3.

Dříve než bylo přistoupeno k aplikaci faktorové analýzy bylo provedeno celkové posouzení korelační struktury dat s vyznačením signifikantnosti vztahů mezi jednotlivými parametry na hladině významnosti 0,05, [*Meloun, Militký,* 2002], viz tab. 4.

Tabulka 4: Korelační matice vstupních dat

Table 4: Correlations variables

Proměnná	$Q_{kul.}$	Q_0	T_H	S	T_s	UPS_{30}	S_{dmax}	t	P	$D_{vz.}$	c	D	R
Kulminační průtok $Q_{kul.}$	**1,00**	0,13	-0,61	0,27	-0,04	-0,20	0,37	-0,15	-0,49	-0,02	-0,25	0,00	-0,08
Průtok v patě vlny Q_0	0,13	**1,00**	0,24	-0,82	0,42	0,12	-0,73	-0,01	0,09	0,55	0,26	-0,18	0,35
Těžiště hyetogramu T_H	-0,61	0,24	**1,00**	-0,32	0,26	0,47	-0,62	-0,35	0,50	0,45	0,67	0,03	0,08
Příčinná srážka S	0,27	-0,82	-0,32	**1,00**	-0,26	-0,21	0,84	-0,19	-0,13	-0,40	-0,22	0,23	-0,41
Délka příčinné srážky T_s	-0,04	0,42	0,26	-0,26	**1,00**	-0,32	-0,46	0,00	0,58	0,67	0,03	0,33	0,34
Ukazatel srážek UPS_{30}	-0,20	0,12	0,47	-0,21	-0,32	**1,00**	-0,18	-0,30	-0,03	-0,11	0,44	-0,04	0,08
Max. denní srážka S_{dmax}	0,37	-0,73	-0,62	0,84	-0,46	-0,18	**1,00**	-0,02	-0,32	-0,53	-0,41	-0,08	-0,30
Pokles teploty t	-0,15	-0,01	-0,35	-0,19	0,00	-0,30	-0,02	**1,00**	-0,10	-0,13	-0,40	0,13	0,08
Počet vrcholů na vlně P	-0,49	0,09	0,50	-0,13	0,58	-0,03	-0,32	-0,10	**1,00**	0,68	0,03	0,25	0,17
Trvání vzestupné větve $D_{vz.}$	-0,02	0,55	0,45	-0,40	0,67	-0,11	-0,53	-0,13	0,68	**1,00**	0,20	0,01	0,23
Směr pohybu cyklóny c	-0,25	0,26	0,67	-0,22	0,03	0,44	-0,41	-0,40	0,03	0,20	**1,00**	0,16	-0,28
Vzdálenost cyklóny od povodí D	0,00	-0,18	0,03	0,23	0,33	-0,04	-0,08	0,13	0,25	0,01	0,16	**1,00**	-0,17
Rychlost pohybu cyklóny R	-0,08	0,35	0,08	-0,41	0,34	0,08	-0,30	0,08	0,17	0,23	-0,28	-0,17	**1,00**

Hodnoty korelačních koeficientů v intervalu <0,65; 1> jsou vyznačeny červeně, <0.50; 0.64> oranžově a <0,33; 0,49> žlutě.
Signifikantní parametry na hladině významnosti 0,05 jsou podtrženy.

Z korelační matice je patrné, že je zde několik případů s vysokým korelačním koeficientem (až 0,84). Významné vztahy meteorologických a hydrologických veličin potvrdily známou koncepci srážko-odtokového procesu na povodí. Co je však pozoruhodné, je signifikantní vliv působení směru pohybu cyklony na polohu těžiště hyetogramu příčinných srážek. Čím větší úhel směru pohybu, tím větší doba koncentrace, tzn., že povodí je více citlivé na jižní až severozápadní směr pohybu cyklon, které jsou v průměru příčinou intenzivnější srážkové činnosti.

Hlavním kritériem pro určení počtu faktorů byla hodnota vysvětlené kumulované variability cca 75 % a nejnižší hodnota tzv. charakteristického čísla faktorů byla 1. Ukázalo se, že těmto zadávacím podmínkám vyhovuje počet čtyř faktorů.

Výsledkem faktorové analýzy letních povodňových epizod jsou faktorové zátěže zvolených proměnných popisující letní povodně, viz tab. 5.

Tabulka 5: Faktorové zátěže zvolených proměnných při letních povodních za období 1959-2002

Table 5: Factor Loadings variables

Proměnná	Faktor			
	1	2	3	4
Kulminační průtok $Q_{kul.}$	-0,059	0,062	-0,043	0,954
Průtok v patě vlny Q_0	0,894	-0,152	0,219	0,205
Těžiště hyetogramu T_H	0,264	-0,658	0,273	-0,569
Příčinná srážka **S**	-0,930	0,004	-0,042	0,222
Délka příčinné srážky T_s	0,267	0,070	0,880	0,023
Ukazatel srážek UPS_{30}	0,205	-0,592	-0,395	-0,300
Max. denní srážka S_{dmax}	-0,755	0,233	-0,330	0,331
Pokles teploty **t**	0,106	0,761	-0,078	-0,284
Počet vrcholů na vlně **P**	0,009	-0,070	0,765	-0,464
Trvání vzestupné větve $T_{vz.}$	0,427	-0,188	0,766	0,041
Směr pohybu cyklóny **c**	0,142	-0,841	0,030	-0,189
Vzdálenost cyklóny od povodí **D**	-0,392	-0,046	0,468	-0,145
Rychlost pohybu cyklóny **R**	0,560	0,321	0,134	-0,089

Poznámka: Faktorové zátěže vyšší než ±0,7 jsou vyznačeny červeně

Faktorové zátěže dominujících proměnných byly u každého ze čtyř faktorů vysoké od 0,95 (u čtvrtého) do 0,88 (u třetího faktoru). Jako mezní hodnota pro interpretaci faktorů byla určena hodnota (±0,7).

U prvního faktoru nabyly největších hodnot kladné zátěže proměnných: průtok v patě vlny a záporné pak velikost příčinné srážky a maximální denní srážky.

V druhém faktoru zaznamenaly nejvyšší zátěž proměnné: záporná hodnota směr pohybu cyklony a pokles teploty.

Třetí faktor se vyznačuje vysokými kladnými zátěžemi proměnných: délka příčinné srážky, počet vrcholů na vlně a trvání vzestupné větve.

Poslední čtvrtý faktor nabývá nejvyšší zátěž u proměnné kulminačního průtoku.

6. ZÁVĚR

(1) Z 28 uvažovaných meteorologických situací bylo v rámci hydrosynoptického kontinua identifikováno 11 jejich typů, které se nejvíce podílely buď samy o sobě anebo v kombinaci na vzniku rozvodnění v povodí horní Ohře po Karlovy Vary za období 1959 - 2002. Z toho 9 z nich se uplatňuje jen v určité sezóně.

(2) V povodí Ohře se projevuje tzv. sezonální metabolismus tím, že permanentně převládají v průměru případy průtokových vln v zimní polovině roku nad letními v poměru 3 : 1. Tato výrazná asymetrie zimní sezonální složky průtokových excesů je již tak vysoká, že přichází do úvahy její využití pro adaptibilní způsob hospodaření s vodou v nádržích.

(3) Průměrné trvání atmosférických cirkulací, které jsou příčinou vzniku rozvodnění se pohybuje okolo 2,7 dne a je o 1/4 až 1/3 kratší než trvání běžných synoptických situací. V jejich průběhu dochází ke zvýšené hysterezi atmosférických procesů a počtu přestaveb ve formaci řídících tlakových útvarů.

(4) Analýzou genetického kódu povodně bylo prokázáno, že typ příčinné meteorologické situace, který se vyskytuje v průměru s časovým předstihem dvou dnů, má největší vliv na kulminaci průtokových vln (± 1 den v závislosti na typu a sezóně).

(5) Z faktorové analýzy parametrů letních povodňových vln z profilu Karlovy Vary za období 1959 – 2002 a jejich meteorologických příčin vyplývá, že na tvar povodňových vln má výrazný vliv směr (azimut) postupu středů tlakové níže.

Literatura

Brádka, J., Dřevikovský, A., Gregor, Z., Kolesár, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha, HMÚ, 126 s.

Brádka, J., 1963. O srážkovém stínu za Krušnými horami. Meteorol. Zpr. 16 (2), ČHMÚ, Praha, s. 26-28.

Brázdil, R., Štekl, J., 1986. Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Univerzita J.E.Purkyně, Brno.

Brázdil, R., et al., 2005. Historické a současné povodně v České republice. Masarykova Univerzita, Brno, [*v tisku*].

ČHMÚ, 1967. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. HMÚ, Praha, 94 s.

Hladný, J., 1995. Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů. In: Povodňová ochrana na Labi. ČHMÚ, Ministerstvo životního prostředí, Povodí Labe, Ústí nad Labem, s. 161-246.

Kakos, V., 1978. Hydrometeorologická charakteristika povodní na území ČSR. VTEI 20 (4), s. 127-131.

Kakos, V., 1983. Hydrometeorologický rozbor povodní na Vltavě v Praze za období 1873-1982. Meteorol. Zpr. 36 (6), ČHMÚ, Praha, s.171-181.

Kakos, V., 1985. Hydrometeorologická analýza povodňových situací v povodí Labe. Meteorol. Zpr. 38 (5), ČHMÚ, Praha, s.148-151.

Koblihová, E., 1989. Možnosti využití hydrosynoptických vztahů pro předpověď povodní na Odře v Bohumíně. Meteorologické zprávy, 42, č. 6, s. 168-172.

Konček, M., Rein, F., 1971. Katalog der Witterungstypen für Mitteleuropa. Acta Fac. Rer.Nat.Univ.Comen., Meteorologia IV, s. 1 – 33.

Krečmer, V., et al., 2003. Lesy a povodně. In: Sborník z celostátního semináře Lesy a povodně. Dům ČSVTS, Praha, s. 5-7.

Křivancová, S., Vavruška, F., 1997. Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961-1990. Národní klimatický program ČR č. 27, Praha, 114 s.

Kynčil, J., Lůžek, B., 1979. Historické povodně v povodí Bíliny a Ohře. Povodí Ohře, Chomutov, 48 s.

Meloun, M., Militký, J., 2002. Kompendium statistického zpracování dat metody a řešené úlohy včetně CD. Academia, Praha, 764 s.

Plate, E. J., Bárdoossy, A., 1992. Space time model for daily rainfall using atmospheric circulation patterns. Water Resources Research 28, s. 1247-1259.

Mgr. Radek Čekal, ČHMÚ – Praha 4, Na Šabatce 17, 143 00, cekal@chmi.cz

Ing. Josef Hladný, CSc., ČHMÚ – Praha 4, Na Šabatce 17, 143 00, hladny@chmi.cz