GEOGRAFIE – SBORNÍK ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI
ROK 2005 • ČÍSLO 1 • ROČNÍK 110

ZDENĚK KLIMENT, MILADA MATOUŠKOVÁ

TRENDY VE VÝVOJI ODTOKU V POVODÍ OTAVY

Z. Kliment, M. Matoušková: Trends of runoff processes in the Otava River basin. – Geografie – Sborník ČGS, 110, 1, pp. 32-45 (2005). – Recent floods in the Czech Republic raised many questions about a possible man-made impact on the outflow process. The contribution evaluates runoff changes in the Otava River basin. Attention is paid to the methodology, which is based mainly on the use of mass curves of rainfall and runoff characteristics. Results of analysis are discussed and compared with climatic factors and human activities.
KEY WORDS: hydrology – hydrological regime – runoff changes – the Otava River basin.

Příspěvek byl podpořen grantem GAČR a Výzkumným záměrem geografické sekce Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

1. Úvod

Nedávno proběhlé povodňové události v Česku vyvolaly četné diskuse o možném vlivu změn přírodního prostředí na srážko-odtokový proces. Vliv přímé i nepřímé činnosti člověka na oběh vody v krajině prokázala řada studií z různých oblastí světa, včetně několika domácích. Většinou se jednalo o jednostranně zaměřené studie v maloplošných experimentálních povodích. Někdy až protichůdné názory byly způsobeny značnou rozmanitostí sledovaných území a absencí komplexnějšího pohledu na působení člověka v krajině.V našich podmínkách bylo sledováno zejména působení vlivu lesa a odlesnění na změny v odtokovém režimu. Příkladem může být dlouholetý výzkum v experimentálních povodích Kychové a Zděchovky v oblasti Javorníků (Válek 1953, Netopil 1955, Kříž 1981), v povodích Malé Ráztoky a Červíku v Moravskoslezských Beskydech (Jařabáč, Chlebek 1984; Křeček 1980). Celkově nižší a vyrovnanější odtok z lesních ploch v porovnání se zemědělsky obhospodařovanými plochami se projevil v šesti modelových územích v povodí Trnavy (Skořepa 1981), vyšší hodnoty specifického odtoku na zemědělských plochách potvrdily i studie Kulhavého (1999). Změny v sezónním rozložení odtoku prokázaly studie v imisemi poškozených oblastech Jizerských hor (Blažková, Kolářová 1994; Šeborová 1994). Bilanční příspěvek odvodňovacích soustav v době povodňových situací sledoval Doležal (2003). Zvláštní pozornost byla věnována vlivu vodních nádrží a odběru vody pro zásobování obyvatelstva a průmyslu (Kaňok 1999, Kříž 2003).

Stanovit míru ovlivnění odtoku antropogenními zásahy do přírodního prostředí a krajiny bylo jedním z cílů grantového projektu GAČR (Langhammer a kol. 2003). V modelovém povodí Otavy byly v tomto smyslu provedeny analýzy vývoje a stavu land use a krajinného pokryvu, doplněné změnami hydro-

grafické sítě. Za zasadní změny faktorů ovlivňujících odtok v dané oblasti můžeme považovat postupný nárůst lesních ploch, výrazný úbytek orné půdy po r. 1948 (po r. 1990 i v nižších polohách), změny ve struktuře krajiny v důsledku kolektivizace zemědělství po r. 1948, značnou upravenost vodních toků (zejména v první polovině 20. stol. a též v době socialistického zemědělství) provázenou napřimováním a výrazným zkrácením délky říční sítě, místně až o 40 % původní délky a velký rozsah plošného odvodnění (zejména 70. léta 20. stol.). V návaznosti na výše uvedené poznatky byla provedena i analýza změn srážkoodtokových poměrů v povodí Otavy.

2. Metodika a postup řešení

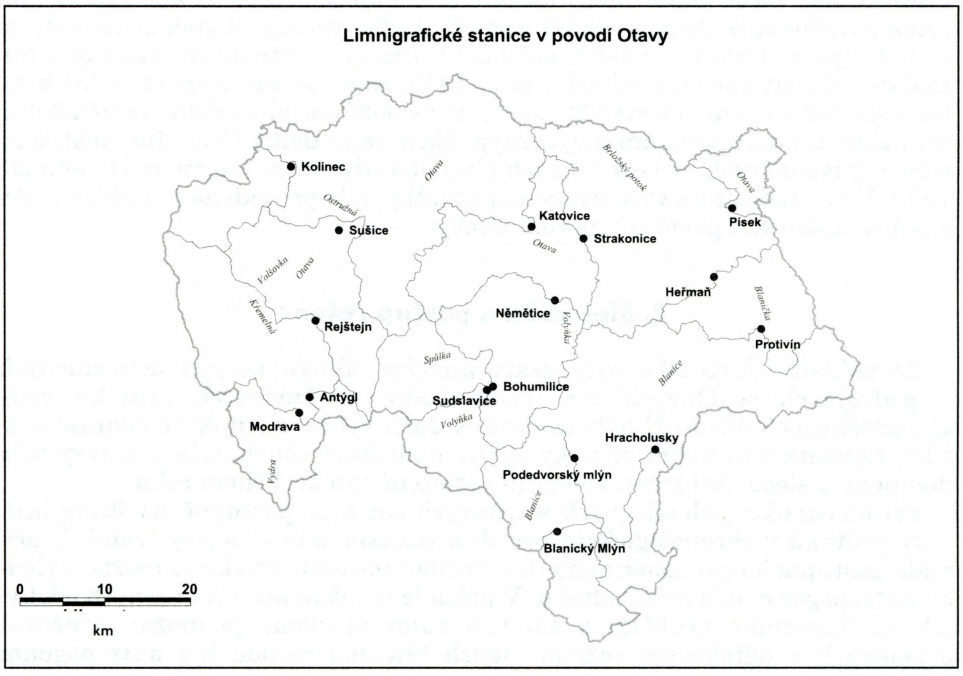
Za základní metodiku byly vzaty analýzy odtoku pomocí jednoduchých a podvojných součtových čar. Vedle hodnot průměrných průtoků vody Q a srážkových úhrnů H byly sledovány další vybrané odtokové charakteristiky, zejména minimální průtoky Qmin a odtokové součinitele. Analýzy byly doplněny o sledování změn ve vývoji rozložení odtoku během roku.

Při konstrukci jednoduchých součtových čar byly postupně načítány hodnoty průtoků v chronologickém pořadí a zaznamenán vývojový trend. V případě postupného rovnoměrného (lineárního) nárůstu křivky je možno vyloučit antropogenní ovlivnění odtoku. V případě identifikace významných odchylek od lineárního průběhu a zároveň nalezení zlomů je možno uvažovat o změnách v odtokovém režimu. Jejich příčinou mohou být antropogenní

Tab. 1 – Přehled limnigrafických stanic v povodí Otavy

DBČ	Název	Řeka	ČHP	Měří od – do	P (km^2)	Hs* (mm)	Qa (m^3/s)	qa ($l/s/km^2$)	Hs-62,x* (mm)	Ho-62,x (mm)	φ-62,x* (%)
1350	Modrava	Vydra	10801013	1931–	93,410	1192,0	3,39	36,29	1192,0	1141,1	95,7
1360	Antýgl	Hamerský potok	10801015	1963–	20,727	1136,4	0,47	22.68	1150.6	715,1	62,2
1370	Rejštejn	Otava	10801040	1911–	336,500	1186,4	8,13	24,16	1186,4	752,5	66,0
1380	Sušice	Otava	10801064	1931–	543,762	1059,0	10,55	19,40	1059,0	611,3	57,7
1390	Kolinev	Ostružná	10801073	1949–	91,887	792,9	1,20	13,06	792,9	432,4	54,5
1410	Katovice	Otava	10801125	1912–	1136,280	862,1	13,95	12,28	862,1	393,8	45,7
1413	Sudslavice	Volyňka	10802009	1984–	81,603	758,8	0,83	10,17	800,5	320,8	40,1
1417	Bohumilice	Spůtka	10802020	1965–	104,583	848,9	1.00	9.56	852,7	301,5	35,4
1430	Němětice	Volyňka	10802041	1931–	383,491	731,7	2,89	7,54	731,7	233,5	31,9
1440	Strakonice	Otava	10802046	1959–93	1719,990	802,8	17,29	10,05	781,8	323,6	41,4
1450	Blatnický Mlýn	Blanice	10803011	1953–	85,213	734.0	0,92	10,80	734,0	333,1	45,4
1470	Podedvorský Mlýn	Blanice	10803025	1949–	202,009	749,2	1,96	9.70	749,2	310,7	41,5
1485	Hracholusky	Zlatý potok	10803058	1977–	74,886	688,4	0,56	7,48	694.1	235,8	34,0
1490	Protivín	Blanice	10803084	1941–96	708,150	650,7	3,94	5,56	643,2	179,0	27,8
1500	Heřmaň	Blanice	10803096	1961–	841,844	637,2	4,53	5,38	637,2	170,4	26,7
1510	Písek	Otava	10803101	1912–	2941,316	726,4	23,61	8,03	726,4	258,8	35,6

Pozn.: Hs – průměrná roční srážka na povodí (1962-2002); Qa – průměrný roční průtok pro celé období pozorování; qa – průměrný roční specifický odtok pro celé období pozorování; Hs-62,x – průměrná roční srážka na povodí (1962–2002, s výjimkou profilů s kratší dobou pozorování); Ho-62,x – průměrná roční výška odtoku (1962–2002, s výjimkou profilů s kratší dobou pozorování); φ-62,x – průměrný součinitel odtoku (1962–2002 s výjimkou profilů s kratší dobou pozorování); * – hodnoty byly odvozeny polygonovou metodou.



Obr. 1 – Limnigrafické stanice v povodí Otavy

Obr. 2 – Srážkoměrné stanice v povodí Otavy

úpravy hydrografické sítě, strukturní a kvalitativní změny v povodí, např. změna využití krajiny, změna zdravotního stavu vegetačního pokryvu. Příčinnou odchylek v průběhu jednoduché součtové čáry mohou být rovněž změny ve srážkových úhrnech. Proto byly rovněž zkonstruovány jednoduché součtové čáry srážkových úhrnů. Pro přesnější identifikaci zlomů ve vývojovém trendu srážko-odtokového režimu byly dále vyneseny podvojné součtové čáry, tj. vynesení závislosti kumulativních ročních srážkových úhrnů a kumulativních průměrných ročních průtoků.

Předpokladem pro samotné zpracování bylo vytvoření jednotné databáze odtokových a srážkových údajů pro povodí Otavy, včetně nezbytné homogenizace srážkových dat. Pro odvození srážkových úhrnů pro dílčí povodí byla použita polygonová metoda. Analýzy součtových čar byly provedeny pro 16 limnigrafických stanic v povodí Otavy (viz tab. 1 a obr. 1). K vyhodnocení srážkových poměrů bylo použito údajů ze 42 srážkoměrných a klimatologických stanic (viz obr. 2).

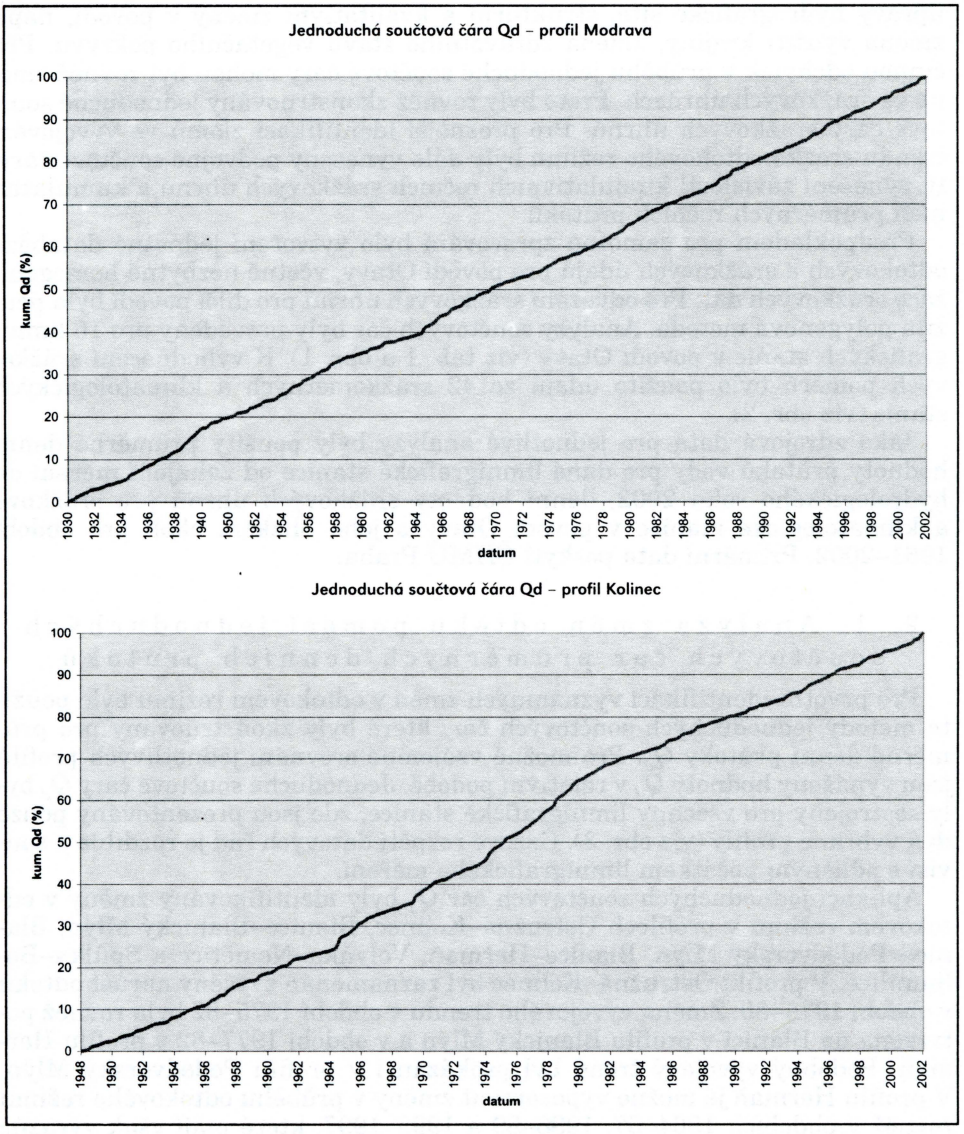
Jako zdrojová data pro jednotlivé analýzy byly použity průměrné denní hodnoty průtoků vody pro dané limnigrafické stanice od zahájení měření do hydrologického roku 2002, denní hodnoty srážkových úhrnů pro srážkové a klimatologické stanice v povodí Otavy a jeho blízkém okolí pro období 1961–2002. Primární data poskytl ČHMÚ Praha.

2. 1. Analýza změn odtoku pomocí jednoduchých součtových čar průměrných denních průtoků

Pro prvotní identifikaci významných změn v odtokovém režimu bylo použito metody jednoduchých součtových čar, které byly zkonstruovány pro průměrné denní průtoky Q_d. Pro možné vzájemné srovnání jednotlivých profilů jsou vynášeny hodnoty Q_d v relativní podobě. Jednoduché součtové čáry Q_d byly sestrojeny pro všechny limnigrafické stanice, zde jsou prezentovány pouze dva vybrané profily (viz obr. 3). Časové rozpětí datových řad je rozdílné a souvisí s odlišným počátkem limnigrafického měření.

Aplikací jednoduchých součtových čar Q_d byly identifikovány změny v odtokovém režimu v profilech Ostružná–Kolinec, Blanice–Blanický Mlýn, Blanice–Podedvorský Mlýn, Blanice–Heřmaň, Volyňka–Nemětice a Spůlka–Bohumilice. V profilu Ostružná–Kolinec byl zaznamenán zvýšený nárůst odtoku v období 1975–80. Změna vývojového trendu v období 1975–82 byla rovněž potvrzena na Blanici v profilu Blanický Mlýn a v období 1977–82 v profilu Heřmaň. Podobný vývojový trend byl prokázán i v profilu Podedvorský Mlýn. V profilu Heřmaň je možno vypozorovat změny v průběhu odtokového režimu rovněž v obdobích 1964–67, 1986–89 a 1993–1997, které mají však výrazně kratší trvání než období 1975–82. V profilu Nemětice je možné sledovat určité zvýšení odtoku v období 1938–42, obdobný nárůst byl zaznamenám rovněž v období 1977–82 a na profilu Spůlka–Bohumilice v období 1977–80. V profilech Vydra–Modrava a Otava–Písek nebyly rozpoznány výrazné změny v odtokovém režimu. Součtové čáry Q_d vykazují pozvolný lineární nárůst bez výrazných zlomů. Tento trend byl zaznamenán rovněž v profilech Otava–Rejštejn, Otava–Sušice a Otava–Katovice.

Analýzou jednoduchých součtových čar Q_d byly prokázány výraznější změny v odtokovém režimu v období limnigrafického pozorování zejména na přítocích Otavy Ostružné, Blanici a Volyňce. Profily na horním toku Otavy nevykázaly výrazné změny v odtoku, rovněž tak profily na dolním toku Otavy.



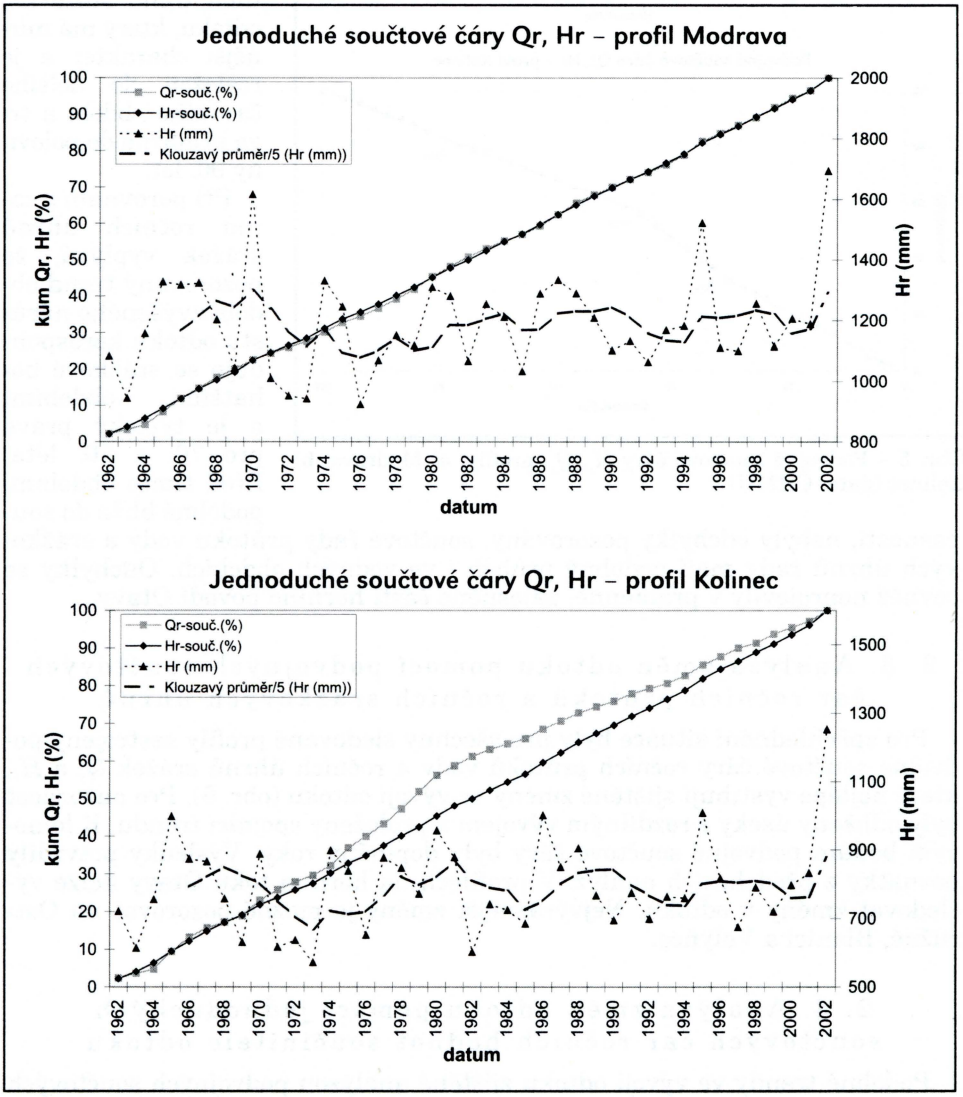
Obr. 3 – Jednoduché součtové čáry Q_d pro profily Modrava a Kolinec (data: ČHMÚ)

2. 2. Analýza změn odtoku pomocí jednoduchých součtových čar průměrných měsíčních a ročních průtoků vody a srážkových úhrnů

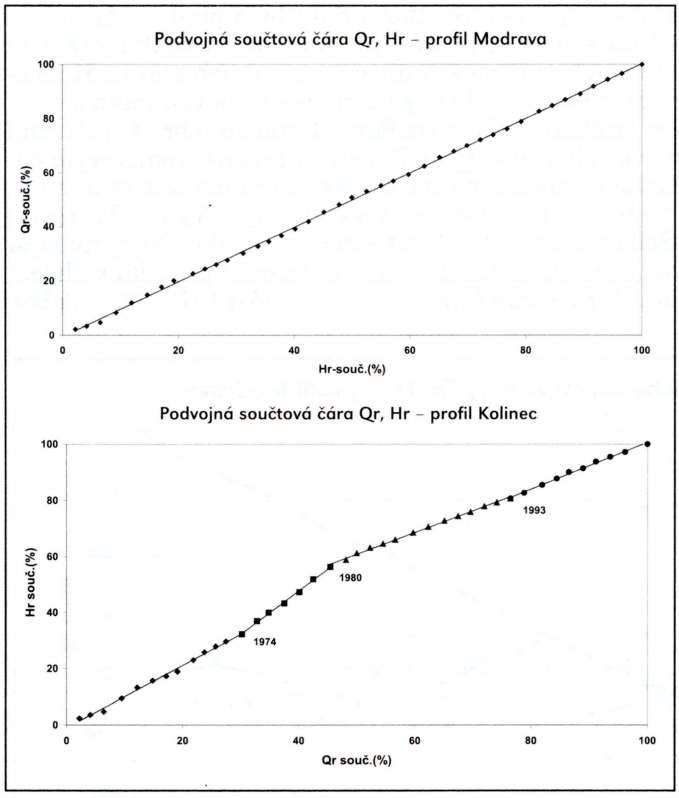
Pro detailnější sledování trendů v odtokovém režimu bylo použito dále společných jednoduchých součtových čar průtoků vody a srážkových úhrnů pro povodí nad daným profilem. Ke konstrukci bylo použito nejprve kumulovaných měsíčních hodnot Q_m a H_m, posléze pro lepší přehlednost bez ztráty informace kumulovaných ročních hodnot Q_r a H_r. Délka hodnoceného hydrologického období 1962–2002 byla ovlivněna dostupností srážkových dat potřebných pro od-

vození úhrnu srážky na plochu povodí. Srážková data byla před použitím homogenizována. Chybějící data byla doplněna na základě výsledků regresní analýzy časových řad měsíčních srážkových úhrnů sousedních stanic. Hodnoty srážkových úhrnů pro dílčí povodí byly vypočteny polygonovou metodou.

Průběhy součtových čar průtoků vody a srážkových úhrnů (obr. 4) potvrzují pro některé profily změny ve velikosti odtoku. Změny se projevují směrovým odklonem součtové čáry odtoku od součtové čáry srážek, která má bez výjimky lineární charakter. V profilech na horním toku Otavy (Vydra–Modrava, Otava–Rejštejn, Otava–Sušice) nelze vysledovat změny v odtoku. Nejvýraznější změny je možné pozorovat v profilu Ostružná–Kolinec (nárůst průtoku v období 1975–80), podobně na Blanici (Blanický Mlýn: nárůst průtoku 1975–82, podobně



Obr. 4 – Jednoduché součtové čáry Q_r, H_r pro profily Modrava a Kolinec (data: ČHMÚ)



Obr. 5 – Podvojné součtové čáry H_r, Q_r, profily: a) Modrava, b) Kolinec (data: ČHMÚ)

Podedvorský Mlýn, Hracholusky i Heřmaň) a na Volyňce (Volyňka–Nemětice: 1977–82, Spůlka–Bohumilice: 1977–80). Na středním a dolním toku Otavy je tento trend už méně patrný. Zároveň můžeme sledovat v návaznosti na období nárůstu odtoku trend snižování odtoku, který má mírnější charakter a je rozložen do delšího časového období a trvá přibližně do poloviny 90. let.

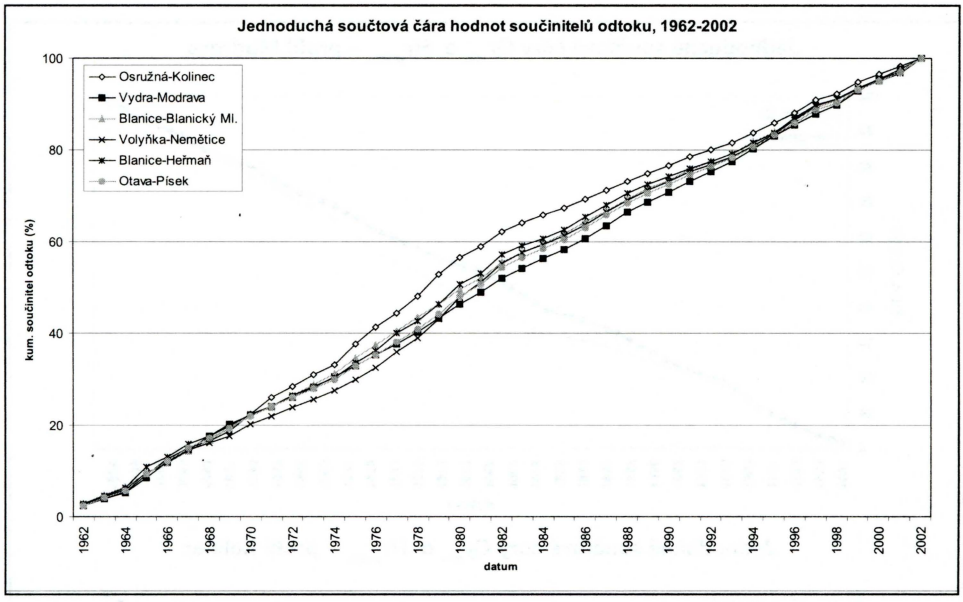
Při porovnání s čarou ročních úhrnů srážek vyplývá, že pozorovaný trend období zvýšeného nárůstu odtoku koresponduje se srážkově bohatšími obdobími a je typický právě pro 70. a 80. léta. Před tímto obdobím, podobně blíže do současnosti, nebyly odchylky pozorovány, součtové řady průtoku vody a srážkových úhrnů řady mají podobný průběh i ve vodných obdobích. Odchylky se rovněž neprojevily v pramenné, zalesněné části horního povodí Otavy.

2. 3. Analýza změn odtoku pomocí podvojných součtových čar ročních průtoků a ročních srážkových úhrnů

Pro zpřehlednění situace byly pro všechny sledované profily sestrojeny podvojné součtové čáry ročních průtoků vody a ročních úhrnů srážek Q_r a H_r, které nejlépe vystihují zjištěné změny ve vývoji odtoku (obr. 5). Pro názornost byly odlišeny úseky s rozdílným vývojem a proloženy spojnicí trendu. K lomovým bodům podvojné součtové čáry byly doplněny roky. Výsledky potvrdily poznatky z předchozích analýz. V profilech na horním toku Otavy nelze vysledovat změny v odtoku. Nejvýraznější změny je možné pozorovat na Ostružné, Blanici a Volyňce.

2. 4. Analýza změn odtoku pomocí jednoduchých součtových čar ročních hodnot součinitele odtoku

Podobné trendy ve vývoji odtoku zjištěné analýzou podvojných součtových čar ročních průtoků a srážkových úhrnů pro sledované profily dokumentují



Obr. 6 – Jednoduchá součtová čára hodnot součinitelů odtoku, 1962–2002

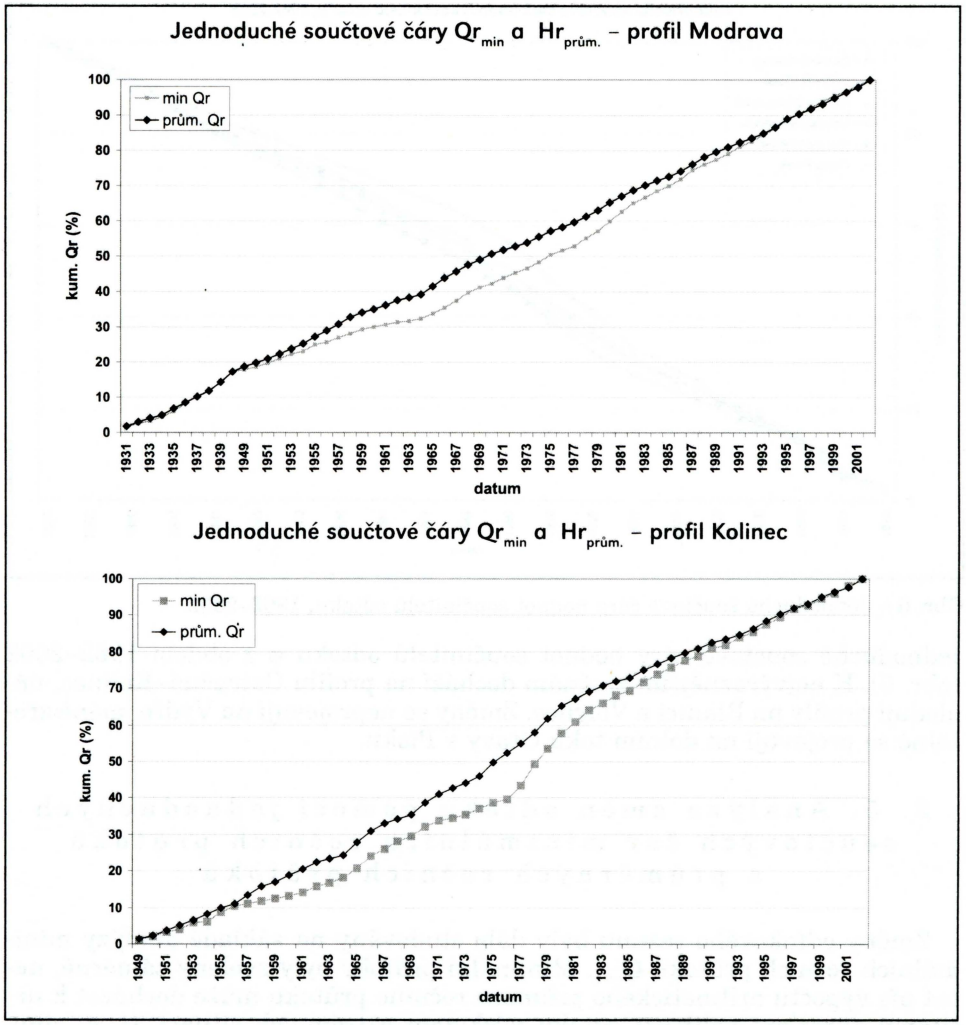
jednoduché součtové čáry hodnot součinitelů odtoku φ z období 1962–2002 (obr. 6). K nejvýraznějším změnám dochází na profilu Ostružná–Kolinec, následují profily na Blanici a Volyňce. Změny se neprojevují na Vydře, méně zřetelně se projevují na dolním toku Otavy v Písku.

2. 5. Analýza změn odtoku pomocí jednoduchých součtových čar minimálních ročních průtoků a průměrných ročních průtoků

Změny odtokového režimu byly dále studovány na základě analýzy minimálních ročních průtoků Q_{min}. Minimální průtoky byly zvoleny záměrně, neboť při výpočtu aritmetického průměru ročního průtoku může docházet k určitému zkreslení velikosti odtoku výskytem extrémních situací, tj. minimy a maximy. Při analýze minimálních ročních průtoků byly opět použity jednoduché součtové čáry. Do grafů byly rovněž vynášeny kumulativní hodnoty průměrných ročních průtoků Q_r pro znázornění odlišných vývojových trendů obou veličin (obr. 7).

Při vyhodnocení minimálních ročních průtoků došlo k významnějšímu odchýlení vývojového trendu od směrnice průměrných ročních průtoků u profilů: Ostružná–Kolinec, Blanice–Blanický Mlýn a Blanice–Heřmaň. Nejvýznamnější nárůst odtoku byl opět prokázán v profilu Ostružná–Kolinec v období 1977–82. V profilu Blanice–Heřmaň byl zaznamenán mírnější vzestup Qmin v období 1975–82. V profilu Blanice–Blanický Mlýn vykazují Qmin zvýšený nárůst již od roku 1974.

Oproti předchozím analýzám byly zaznamenány změny vývojového trendu Qmin i u profilů na horním toku, tj. Vydra–Modrava, Hamerský potok–Antýgl. V případě profilu Vydra–Modrava byl identifikován mírný nárůst odtoku Qmin v období 1977–82, rovněž tak na profilu Hamerský potok–Antýgl



Obr. 7 – Jednoduché součtové čáry Q_r a Q_{min} pro profily: a) Modrava, b) Kolinec (data: ČHMÚ)

v období 1974–82. Zajímavá je rovněž skutečnost, že většina profilů vykazuje v případě směrnic součtových čar Q_{min} významnější nárůst od roku 1983, než je tomu v případě součtové čáry Q_r.

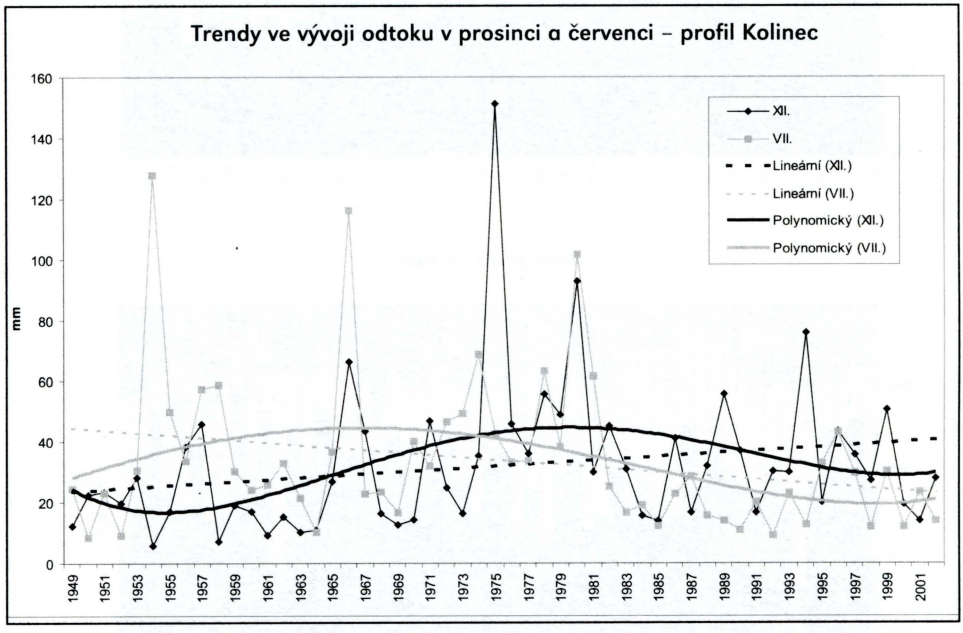
Při analýze vývojových trendů odtokového režimu pomocí jednoduchých součtových čar minimálních ročních průtoků byly rovněž identifikovány změny v odtokovém režimu. Na rozdíl od součtových čar průměrných ročních průtoků byly nalezeny i odlišnosti ve vývojovém trendu na horním toku Otavy, tj. v profilech Vydra–Modrava a Hamerský potok–Antýgl.

2. 6. Analýza změn rozložení odtoku během roku

Analýza změn rozložení odtoku byla provedena pro všechny výše uvedené limnigrafické stanice. Sledován byl jak vývoj procentuálního zastoupení vody

Tab. 2 – Trendy ve vývoji odtoku a srážek podle ročních období, profil Kolinec

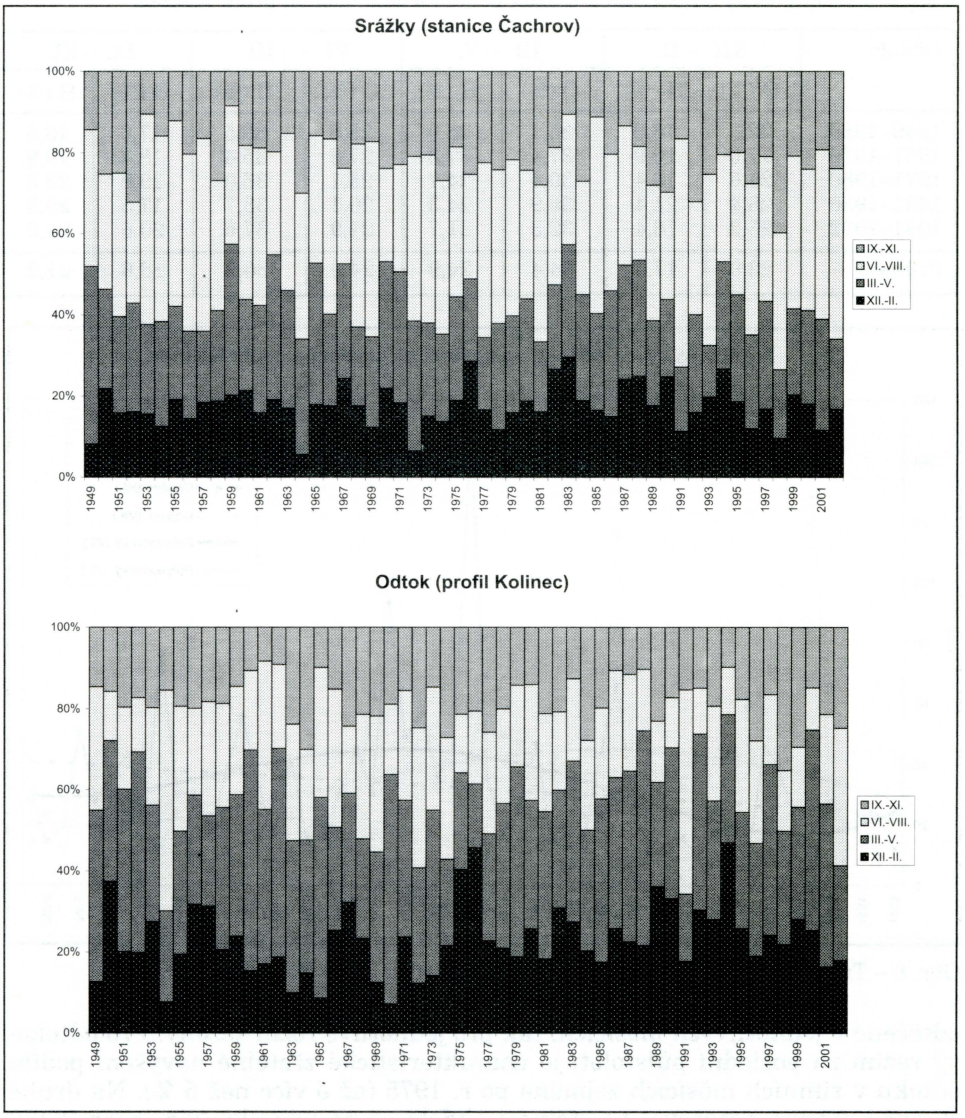
Období	XII. – II.		III. – V.		VI. – VIII.		IX. – XI.	
	O (%)	H (%)	O (%)	H (%)	O (%)	H (%)	O (%)	H (%)
1949–1960	22,3	16,8	35,1	25,9	25,6	38,5	17,0	18,8
1961–1970	17,0	16,9	37,4	27,8	27,3	35,4	18,3	19,9
1971–1980	24,6	16,4	30,4	24,7	25,1	36,0	19,8	22,8
1981–1990	25,4	21,4	36,9	24,3	20,1	33,7	17,5	20,5
1991–2002	25,2	16,4	32,3	21,7	21,9	37,6	20,6	24,2
Průměr	22,9	17,6	34,4	24,9	24,0	36,2	18,6	21,2



Obr. 8 – Trendy ve vývoji odtoku v prosinci a červenci, profil Kolinec

odtečené v jednotlivých měsících, tak pro jednotlivé roční sezóny. Pro odtokový režim za poslední půlstoletí je charakteristické zřetelné navýšení podílu odtoku v zimních měsících zejména po r. 1975 (až o více než 5 %). Na druhé straně můžeme pozorovat ve stejném období až na výjimky (viz srpen 2002) postupný úbytek odtoku v letních měsících. Největší nárůst procentuálního podílu na celoročním odtoku vykazuje prosinec, hlavní úbytek připadá na červenec. Podíly měsíčních i sezónních srážkových úhrnů zůstávají přitom v uvedených ročních obdobích na přibližně stejné úrovni bez znatelných trendů a odchylek. Pouze v jarním období dochází k určitému snížení podílu, naopak se zvyšuje podíl srážek v podzimním období, který se projevuje i v podílu odtoku. Příkladem může být Ostružná, profil Kolinec (viz tab. 2 a obr. 8 a 9).

Podobné trendy ve vývoji rozložení odtoku a srážek můžeme sledovat v celém povodí Otavy. Dobře zřetelné jsou vedle Ostružné zejména na Volyňce (profil Neměticė), na Blanici (profil Podedvorský Mlýn), patrné jsou i v profilech na středním a dolním toku Otavy, včetně koncového profilu Písek. Naopak se příliš neprojevují v povodí Vydry (profil Modrava). Při vyhodnocení del-



Obr. 9 – Rozložení odtoku a srážek podle ročních období 1949–2000, a) srážky stanice Čachrov, b) odtok profil Kolinec

ších časových průtokových řad u některých stanic můžeme zjistit, že v průměru vyšší podíly odtoku v zimním období se vyskytovaly v povodí Otavy i v minulosti, zejména na začátku limnigrafického měření v období 1913–1923, 1945–1950.

Zvýšení podílu odtoku v zimním období je za předpokladu vyrovnaného rozložení srážkových úhrnů pravděpodobně důsledkem teplých zim. Výsledný odtok mohl být ovlivněn i úpravami odtokových poměrů v povodí.

3. Diskuse

Aplikované metody potvrdily určité trendy ve vývoji odtoku v různých částech povodí Otavy. Za základní lze považovat použitou metodu jednoduchých součtových čar odtoku, sestavenou na základě denních hodnot průtoků vody pro jednotlivé stanice od začátku měření do současnosti (až 90letá řada). Změny trendu ve vývoji odtoku bylo možné sledovat podrobněji ve spojení se srážkovými úhrny od hydrologického roku 1962. Omezení na posledních 40 let bylo dáno zejména dostupností digitalizovaných srážkových dat. Objektivitě dosažených výsledků by prospělo prodloužení nejen srážkových, ale i odtokových řad. Ke stanovení průměrné výšky srážky na povodí byla vzhledem k velkému množství zpracovávaných dat použita polygonová metoda. Ta se ukázala zejména v horských oblastech Šumavy, v místech s malou hustotou srážkoměrných stanic, jako nedostatečná, vedoucí k podhodnocení srážkového úhrnu a k vyšším hodnotám součinitele odtoku (např. profil Vydra–Modrava). Dosažené výsledky by zpřesnilo, ne však zásadním způsobem, použití dalších interpolačních métod.

Hlavní otázkou zůstává, co vlastně vyjadřují zjištěné odchylky v použitých součtových čarách u jednotlivých povodí, zda–li se jedná o přirozený jev nebo jev ovlivněný lidskou činností, včetně chybného měření veličin. K evidentnímu nárůstu odtoku dochází na celé řadě sledovaných profilů ve 2. polovině 70. a v 1. polovině 80. let. Nárůst je evidentně vázán na počátek jednoho z vlhčích období. V jiných srážkově bohatších obdobích se podobný efekt neprojevil. V diskutovaném období se začal zvyšovat podíl odtoku v zimních měsících, tento trend pokračuje až na výjimky do současné doby. Zajímavé je, že se celý systém pozvolna vrátil na zač. 90 let do svého původního stavu.

Největší odchylky vykázaly přitom plošně menší povodí v podhorské části Šumavy, nebyly naopak pozorovány na horských povodích na horním toku Otavy, stejně tak se nezřetelně projevily na dolním toku Otavy. Je možné předpokládat, že vedle velikosti plochy povodí, kdy dochází směrem po toku k postupnému setření projevů, vzniklou situaci ovlivnily rozdílná struktura krajinného pokryvu a land use a také rozsah úprav odtokových poměrů v povodích, zejména plošné odvodnění zemědělsky využívaných ploch v 60.–80. letech provázené úpravami drobných vodotečí. Pozvolný návrat by bylo možné vysvětlit zvyšováním retenční schopnosti povodí vlivem zalesňování a rozsáhlého zatravňování dříve obdělávaných ploch a postupnou nefunkčností provedených meliorační úprav. Určitý vliv lze očekávat v souvislosti s klimatickými změnami, především s nárůstem teplot (zvýšený odtok v zimním období, úbytek odtoku v letním období spojený s větším výparem).

4. Závěr

Zvolené metody umožnily sledovat změny ve srážkoodtovém procesu v dílčích povodích Otavy. Pomocí součtových čar vybraných odtokových charakteristik a srážkových úhrnů byly za období limnigrafického pozorování identifikovány zřetelné odchylky ve vývoji odtoku zejména v povodích podhorské části Šumavy. Změny se projevily nárůstem odtoku v 70. a 80. letech a postupným úbytkem odtoku v následujícím období. Nejvýrazněji se tyto trendy projevily v povodí Ostružné. Analýzou vývoje rozložení odtoku a srážek v průběhu roku byly zjištěny určité vazby sledovaných změn na jedno ze srážkově bohatších období s vyšším podílem zimního odtoku. Vzhledem k spe-

cifičnosti a neopakovatelnosti zjištěného trendu ve vývoji odtoku za téměř 90leté období můžeme předpokládat, že se vedle přírodních faktorů na něm podílely antropogenně podmíněné zásahy, zejména pak úpravy hydrografické sítě spolu s budováním rozsáhlých odvodňovacích systémů a také změny ve struktuře a využití krajiny. Stanovení váhy jednotlivých faktorů by bylo v této fázi pro nedostatek podrobnějších informací velmi předběžné a bude předmětem dalšího šetření ve vybraných modelových povodích.

Literatura:

BLAŽKOVÁ, Š., KOLÁŘOVÁ, S. (1994): Vliv odlesnění na hydrologický režim v oblasti Jizerských hor. VÚV T.G.Masaryka, Praha, 76 s.

DOLEŽAL, F. a kol. (2003): Bilanční odhady příspěvku odvodňovacích soustav k průběhu povodní. VÚMOP, Praha.

JAŘABÁČ, M., CHLEBEK, A. (1984): Vliv lesů a lesního hospodářství na odtoky vod a erozi půdy v Beskydech. Vodní hospodářství, č. 4, Praha, s. 109–116.

KAŇOK, J. (1999): Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kozle. Spisy prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, č. 10, Ostravská univerzita, Ostrava.

KŘEČEK, J.(1980): Prognóza vlivu lesní těžby na změnu vodnosti malého povodí. Práce VÚLHM, 56, Praha.

KŘÍŽ, V. (1981): Nástin prognózy potenciálních změn hydrického režimu Moravskoslezských Beskyd. Sborník ČSG, 86, č. 1, Academia, Praha, s. 19–27.

KŘÍŽ, V. (2003): Změny a zvláštnosti vodního režimu řeky Ostravice. Geografie–Sborník ČGS, 108, č. 1, ČGS, Praha, s. 36–48.

KULHAVÝ, Z. (1999): Hodnocení vlivu zemědělského hospodaření na odtokové poměry malých povodí aplikací metod matematického modelování. ZZP EP 7062, VÚMOP, Praha.

LANGHAMMER, J. a kol. (2003): Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník výstupů z dílčích úkolů grantu GAČR 205/03/Z046 "Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní", PřF UK, Praha, 200 s.

NETOPIL, R. (1955): Výzkum vlivu lesa na odtok. Sborník ČSZ, 60, č. 1, Academia, Praha, s. 65–66.

ŠEBOROVÁ, V. (1994): Režim a jakost povrchové vody v povodí Smědé. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 98 s.

VÁLEK, Z. (1953): Výzkum vlivu lesa na odtok v povodí Kychové a Zděchovky. Vodní hospodářství, č. 10–11, Praha.

Summary

TRENDS OF RUNOFF PROCESSES IN THE OTAVA RIVER BASIN

The floods experienced recently in the Czech Republic gave rise to numerous discussions over the changed environment and related potential impacts on rainfall and runoff processes. A handful of studies carried out on experimental river basins showed direct and indirect human impacts on the water cycle in the landscape. A wide diversity of regions studied and absence of any more comprehensive view of the landscape influencing human activities brought about attitudes that sometimes even contradicted each other.

To determine the extent to which the outflow can be influenced by human interventions was also one of the objectives of our research project. Within one part of the research, taking place in the Otava River basin, changes in rainfall–runoff conditions were monitored. Outflow analyses using both the single and the double mass curves over the period of our hydrologic observations were taken as the basic methodology. Beside the discharge averages (Q) and the rainfall totals (H), other selected runoff characteristics were monitored, mainly the minimum discharge (Q_{min}) and runoff coefficients (φ). The analyses were extended to allow monitoring of changes in outflow distribution trends throughout the year. When underway, the study presumed a database of drainage and rainfall data to be generated for the River Otava basin, including the necessary homogenization of rainfall–values data.

Once applied, the methods only confirmed certain outflow development trends in different parts of the said basin. A wide variety of profiles monitored in the 2nd half of the 1970's and in the 1st half of the 1980's showed an obvious outflow increase which must have been related to the beginning of one of the repeatedly coming rather humid episodes. The winter–season proportion of the outflow started to increase in this period of time, and this trend, with some exceptions, has continued until now. It is interesting that the system as a whole came slowly back to its initial condition in the early 1990's.

The greatest deviations were widely observed within the fairly small river basins in the foothill of the Šumava Mountains, but, on the contrary, none of them was registered within the mountain river basins on the upper stream of the Otava River, like their hardly notable manifestations on the down stream of the Otava River. One can assume that not only the area of the river basin where the manifestations gradually vanish downstream, but also the different structure of the landscape cover and land use, as well as the extent to which the drainage conditions have been varied within a river basin, mainly the drainage system of farming land in the 1960's through the 1980's, coming hand in hand with the reconstruction of small drainage channels, have influenced the contemporary state of things. A slow recovery could be explained by an increased retention capacity of the river basin resulting from new forest planting and extensive grassing of the formally cultivated land with the step–by–step dysfunction of the hydro–meliorations carried out. A major influence can be expected in connection with climatic changes, mainly with temperature increases (increased outflow during winter seasons and declined outflow during summer seasons combined with a higher rate of evaporation).

In respect of the specific and unique environment of the revealed outflow development trend over the nearly 90-year span of time, not only natural factors, but also human interventions can be assumed to have played a role here. It would be more than preliminary to assign here particular weights to these individual factors, but this will be the objective of other investigations within a choice of model river basins.

Fig. 1 – Location of gauging sites in the Otava River basin
Fig. 2 – Location of rainfall stations in the Otava River basin
Fig. 3 – Simple mass curves of daily discharge values Q_d for gauging sites: a) Modrava, b) Kolinec. Axis x – years; axis y – cumulative daily discharge values Q_d (%).
Fig. 4 – Simple mass curves of yearly discharge Q_r and rainfall Hr values for gauging sites: a) Modrava, b) Kolinec. Axis x – years; axis y left – cumulative yearly discharge values Q_r (%) and cumulative yearly rainfall values H_r (%); axis y right – yearly rainfall H_r (mm) values and 5-years moving average H_r (mm).
Fig. 5 – Double mass curves of yearly discharge Q_r and rainfall H_r values for gauging sites: a) Modrava, b) Kolinec, 1962–2002. Axis x – cumulative yearly rainfall H_r (%) values; axis y – cumulative yearly discharge values Q_r (%).
Fig. 6 – Simple mass curves of yearly runoff coefficient φ for selected basin area, 1962–2002. Axis x – years; axis y – cumulative yearly runoff coefficient φ (%).
Fig. 7 – Simple mass curves of yearly discharge Qr and yearly minimum discharge values Qmin for gauging sites: a) Modrava, b) Kolinec. Axis x – years; axis y – cumulative yearly discharge values Q_r (%) and yearly minimum discharge values Q_{min} (%).
Fig. 8 – Trends of runoff regime in December and July, gauging site Kolinec 1949–2002. Axis x – years; axis y – runoff values in December and July (mm) and linear and polynomic trends.
Fig. 9. – Trends of rainfall (a) and runoff (b) regimes, hydrological station Kolinec 1949–2002, a) axis x – years; axis y– rainfall (mm); b) axis x – years axis y– runoff (mm).

(Pracoviště autorů: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: kliment@natur.cuni.cz, matouskova@natur.cuni.cz.).

Do redakce došlo 24. 5. 2004