VPLYV VYUŽITIA KRAJINY NA VODNOSŤ TOKOV V EXPERIMENTÁLNYCH MIKROPOVODIACH ÚH SAV

Pavla Pekárová, Pavol Miklánek, Alojz Koníček†

V príspevku sú prezentované výsledky dlhodobej ročnej hydrologickej bilancie vody v troch experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV v povodí Mošteníka v Strážovskej vrchovine:

- *Rybárik (poľnohospodárske povodie),*
- *Lesný (zalesnené povodie - hrabový porast),*
- *Cingeľová (zalesnené povodie - smrekový porast).*

Príspevok je zameraný na rozbor ročných a mesačných odtokových pomerov v daných experimentálnych mikropovodiach za 30-ročné obdobie 1964/65–1993/94 s dôrazom na vplyv zalesnenia povodia na ročný odtok. Priemerný ročný odtok z poľnohospodársky využívaného mikropovodia je 1,22 krát vyšší ako z povodia Cingeľová, resp. 1,46 krát vyšší, ako z povodia Lesný.

Kľúčové slová: experimentálny výskum, malé povodia, hydrologická bilancia, využitie povodia, lesnatosť

Impact of land use on runoff coefficients in experimental microbasins of IH SAS. *In the study the results are presented of long-term water balance of three microbasins of IH SAS in Strážov highland:*

- *Rybárik- an agricultural catchment (0.119 km^2);*
- *Lesný - a forested catchment (deciduous - hornbeam) (0.086 km^2);*
- *Cingeľová - a forested catchment (coniferous – spruce) (0.22 km^2).*

Paper deals with analysis of annual and monthly runoff in mentioned experimental microbasins for 30-years period of 1964/65–1993/94 with respect to the impact of forest percentage on runoff. Mean annual runoff from the agricultural catchment Rybárik is 1.22 times higher as from Cingeľová catchment, and 1.46 times higher as from Lesný catchment.

Key words: experimental research, small basins, hydrological balance, land use, forest percentage

---

ÚVOD

V roku 2004 uplynulo 45 rokov od založenia Prírodného hydrologického laboratória (PHL) ÚH SAV v povodí Mošteníka pri Považskej Bystrici. Experimentálne povodie potoka Mošteník po záverečný profil Fapšová má 17,2 km^2. Povodie bolo rozdelené na 8 čiastkových subpovodí s plochou od 0,0864 do 12,61 km^2. Počiatočný základný program vedecko-výskumných prác v experimentálnom povodí potoka Mošteník bol orientovaný na overovanie fyzikálnej podstaty hydrologických procesov a rozvoj teórií a metód na stanovenie a upresnenie parametrov jednotlivých komponentov týchto procesov so zameraním najmä na:

- tvorbu a režim odtoku,
- vodnú bilanciu malých povodí,
- a vsakovaciu schopnosť pôdy.

Jednou z najdôležitejších vedeckých úloh riešených na PHL bolo skúmanie vplyvu zalesnenia povodia na bilanciu vody v povodí. Napriek mnohým výskumom vo svete, stanovenie vplyvu lesa na vodnosť tokov dodnes nie je jednoznačné. Niektorí autori zastávajú názor, že zvyšovanie lesnatosti priaznivo vplýva na zvýšenie odtoku z povodia, iní, že zvyšovanie lesnatosti spôsobuje znižovanie odtoku (Valčičák 1967, Zelený 1977, Valtýni 1980). Podľa Zachara (1984) v prípade väčších povodí zvyšovanie lesnatosti zvyšuje ročný odtok z povodia, v prípade malých povodí, zvyšovanie lesnatosti spôsobuje znižovanie ročných odtokov.

V predloženom príspevku je zhodnotený vplyv lesnatosti povodia na priemerný ročný odtok v troch experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV v povodí Mošteníka, a to:

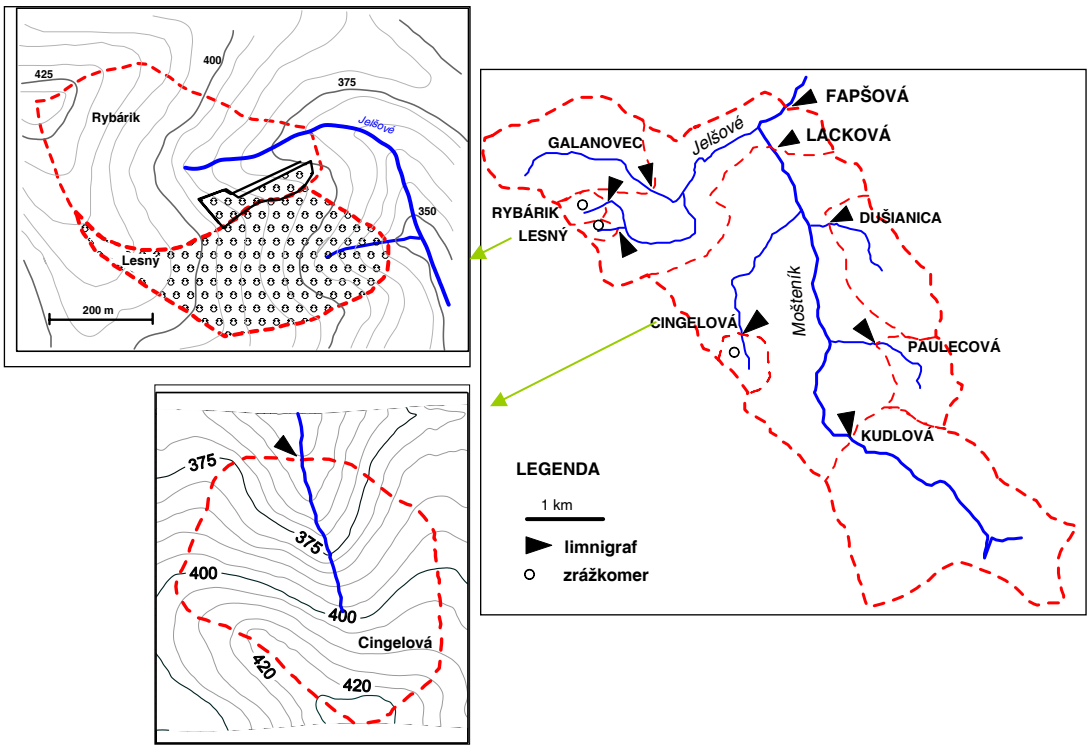
- Rybárik (poľnohospodárske povodie),
- Lesný (zalesnené - hrabový porast),
- Cingeľová (zalesnené - smrekový porast).

1 Opis povodí

Experimentálne mikropovodie Rybárik má po záverečný profil rozlohu 0,119 km^2. Dĺžka toku od prameňa po tento profil je 255 m, priemerný sklon toku je 9,1 %. Tvar povodia je výrazne vejárovitý, priemerný sklon povodia je 14,9 %. Geologické podložie je tvorené flyšoidnými súvrstviami (sliene, slienité bridlice, pieskovce), málo priepustnými pre prúdenie podzemnej vody. Povodie sa nachádza v nadmorskej výške 369–434 m n.m. (obr. 1), je súčasťou Strážovskej vrchoviny. Priemerný ročný úhrn zrážok v skúmanej lokalite za 30-ročné obdobie rokov 1965–1994 je 743,7 mm, priemerná ročná odtoková výška je 239 mm, bilančný výpar 504 mm, koeficient odtoku 0,32, priemerná ročná teplota vzduchu je 7,9°C.

Experimentálne povodie Lesný má po záverečný profil rozlohu 0,0864 km^2. Dĺžka toku od prameňa po záverečný profil je 214 m. Pôdny pokryv tvorí hnedá lesná pôda. Povodie má 90% lesnatosť s nasledujúcou druhovou skladbou: 75 % hrab, 20 % smrek, 5 % borovica. Vek porastu je 70–75 rokov, zakmenenie 0,86. Priemerná nadmorská výška povodia je 380 m n.m., záverečný profil - trojuholníkový merný priepad sa nachádza v nadmorskej výške 350 m.

Povodie Cingeľová s plochou 0,22 km^2 má 95,5 % lesnatosť (ihličnatý porast – 90 % smrek, 10 % borovica), vek porastu 75–90 rokov. Z geologického hľadiska je povodie taktiež budované flyšoidnými súvrstviami (sliene, slienité bridlice, pieskovce). Druh a typ pôdy je rovnaký ako v povodí Lesný. V povodí sa nenachádza lesná cesta, ktorá by ovplyvňovala odtokový režim v povodí. Priemerná nadmorská výška povodia je 382 m n.m (355–435 m n.m.). Priemerný sklon povodia je 17%.
K sledovaniu povrchového odtoku z povodí boli v záverečných profiloch mikropovodí vybudované 2 trojuholníkové merné priepady Thomson (veľký - 90° a malý - 45°; obr. 2), s kontinuálnym zaznamenávaním zmien hladiny vody limnigrafom Valdaj s denným chodom hodinového stroja. V každom modelovom povodí bola vybudovaná zrážkomerná stanica.



Obr. 1 Lokalizácia mikropovodí Jelšové: Rybárik, Jelšové: Lesný a Cingeľová v povodí Mošteníka.

Fig. 1 Localization of Rybárik, Lesný and Cingeľová microbasins in Mošteník catchment.

2 Vplyv zalesnenia povodia na vodnosť toku

2.1 Ročná hydrologická bilancia povodia

Metódam hydrologickej bilancie lesných povodí je venovaná značná pozornosť a sú opísané v odbornej hydrologickej i lesnícko-hydrologickej literatúre. Podrobne sa hydrologickou bilanciou lesných povodí zaoberal Zelený (1977, 1979), Chlebek a Jařabáč (1994), stanovením evapotranspirácie lesa inými metódami (hydropedo-logická, energetická) napr. Miklánek (1985, 1997), Tesař (1990), Molnár a kol. (1991), Kostka a Holko (1996) a iní.

Hydrologická bilancia kvantifikuje obeh vody v uzavretom systéme povodí s jedným sústredeným odtokom v záverečnom profile na vodnom toku. Jediným vstupom do povodia sú atmosférické zrážky v povodí. Rozdiel v zásobách vody v pôde na začiatku a na konci bilancovaného obdobia možno pre dostatočne dlhé obdobie (rok) zanedbať. V tom prípade môžeme stotožniť ročný úhrn evapotranspirácie s rozdielom zrážok a odtoku. Pri mesačnej bilancii, ak určíme mesačný úhrn evapotranspiracie nezávislým spôsobom, dokážeme z rovnice hydrologickej bilancie určiť zmenu zásoby vody v povodí v príslušnom mesiaci.

Pri bilancii sme použili bilančnú rovnicu v tvare:

$$ZR = R + ET + \Delta S, \qquad (1)$$

kde: ZR – priemerný ročný úhrn zrážok [mm];
R – priemerná ročná odtoková výška [mm];
ET – bilančný výpar [mm];
ΔS – priemerný úhrn strát Δt.

Ako už bolo povedané, člen ΔS má vyšší význam v kratších časových intervaloch Δt. Pri dlhodobej bilancii (30 rokov) môže byť tento člen zanedbaný a nahradený $\Delta S = 0$.

Z výsledkov hydrologickej bilancie v povodiach s rôznym využitím (poľnohospodársky využívané mikropovodie, zalesnené mikropovodia) vyplýva, že využitie krajiny má výrazný vplyv na vytváranie zásob vody v povodí, čiže na odtok, a to či už celkový ročný odtok, alebo rozdelenie odtoku počas roka. V tejto práci budeme analyzovať vplyv percenta zalesnenia na odtokovú výšku v experimentálnych mikropovodiach za obdobie 30-tich rokov 1964/65–1993/94. Tridsaťročné merania z experimentálnych mikropovodí majú už veľmi vysokú výpovednú hodnotu.

Pred začatím výpočtov je potrebné posúdiť homogenitu vstupných meraných údajov. Homogenitu radu mesačných odtokových výšok z povodia Rybárik sme testovali Alexanderssonovým testom pre zmenu strednej hodnoty ako aj pre zmenu strednej hodnoty a štandardnej odchýlky (Pekárová a kol. 2005). Homogenitu radu mesačných odtokových výšok Lesného v porovnaní s Rybárikom ako referenčnou homogénnou stanicou sme testovali taktiež Alexanderssonovým testom na období 1964/65–1993/94. Z výsledkov testov vyplynulo, že merania odtokových výšok v povodí Lesný počas prvých piatich rokov nemôžeme považovať (rok 1968/69) za homogénne a pri ďalších analýzach je potrebné tento fakt brať do úvahy. V prípade radu odtokových výšok z povodia Cingeľová sú výsledky testov uspokojivé. Rad mesačných odtokových výšok (a teda aj merania prietokov) z povodia Cingeľovej môžeme považovať za homogénny. Testami sa dokázalo, že oprávnene sa merný profil v stanici Cingeľová považoval za jeden z najlepšie udržiavaných a meraných profilov v povodí Mošteníka.

Vypočítané hodnoty základných zložiek vodnej bilancie poľnohospodárskeho povodia Rybárik za hydrologické roky 1964/65–1993/94 sú uvedené v tabuľke 1.V povodí Rybárik najmokrejší rok za uvedené obdobie bol hydrologický rok 1965/66. Ročný zrážkový úhrn dosiahol 996 mm a ročný odtok 408 mm. Najnižší ročný odtok bol v roku 1992/93 124 mm. Koeficient odtoku v povodí Rybárik kolíše od 21% do 42% s priemerom 32,2 percenta.

Hodnoty základných zložiek vodnej bilancie zalesnených povodí Lesný (hrabový porast) a Cingeľová (smrekový porast) za hydrologické roky 1964/65–1993/94 sú uvedené v tabuľke 2 a 3.

Koeficient odtoku v povodí Lesný kolíše od 11% do 37% s priemerom 23 percent.

V povodí Cingeľová Rybárik kolíše koeficient odtoku od 14% do 40% s priemernou hodnotou 26 percent.

Tab. 1 *Ročná hydrologická bilancia povodia Rybárik za obdobie 1964/65–1993/04; ZR – zrážkový úhrn, R – odtoková výška, ET – ročný bilančný výpar (rozdiel ZR–R), Qa – priemerný ročný prietok, k – koeficient odtoku; q – špecifický odtok, cs – koeficient symetrie (dekádne), cv – koeficient variácie (dekádne), T – teplota vzduchu*

Tab. 1 *Annual hydrological balance of Rybárik catchment during the period 1964/65–1993/04; ZR –precipitation total, R – runoff depth, ET – annual evapotranspiration (difference ZR–R), Qa – mean annual discharge, k –runoff coefficient; q – specific runoff, cs – coefficient of symmetry (decadal), cv – coefficient of variation (decadal), T – air temperature*

Rok	ZR	R	ET	Qa	q	k	c_s	c_v	T
	mm	mm	mm	$l.s^{-1}$	$l.s^{-1}.km^{-2}$				°C
1965	872,4	300,6	571,8	1,13	9,53	0,34			6,8
1966	996,0	408,3	587,7	1,55	13,06	0,41			8,3
1967	720,9	308,1	412,8	1,17	9,85	0,43	0,49	0,27	8,5
1968	822,0	265,0	557,0	1,01	8,47	0,32	0,66	0,28	7,7
1969	578,7	155,9	422,8	0,59	4,99	0,27	0,36	0,27	7,6
1970	854,9	247,0	607,9	0,94	7,90	0,29	0,47	0,27	7,1
1971	607,1	231,2	375,9	0,88	7,39	0,38	-0,23	0,21	7,9
1972	872,7	261,4	611,3	0,99	8,36	0,30	0,53	0,25	8,3
1973	539,6	191,9	347,7	0,73	6,14	0,36	0,77	0,27	8,3
1974	884,4	328,4	556,0	1,25	10,50	0,37	1,15	0,22	8,2
1975	721,3	278,4	442,9	1,06	8,90	0,39	1,11	0,22	7,9
1976	704,7	214,1	490,6	0,81	6,85	0,30	0,97	0,22	6,9
1977	912,5	381,0	531,5	1,45	12,18	0,42	1,09	0,23	7,9
1978	732,8	210,1	522,7	0,80	6,72	0,29	1,23	0,20	6,8
1979	738,4	248,9	489,5	0,95	7,96	0,34	0,91	0,24	7,0
1980	790,4	255,1	535,3	0,97	8,16	0,32	1,06	0,24	7,0
1981	839,0	263,6	575,4	1,00	8,43	0,31	1,05	0,25	7,6
1982	675,3	216,3	459,0	0,82	6,92	0,32	-1,35	0,16	6,8
1983	720,7	255,8	464,9	0,97	8,18	0,35	-1,34	0,16	9,3
1984	700,3	150,6	549,7	0,57	4,81	0,21	-0,72	0,18	7,15
1985	750,6	258,8	491,8	0,98	8,28	0,34	-0,38	0,21	6,7
1986	796,5	199,9	596,6	0,76	6,39	0,25	-0,08	0,24	7,7
1987	745,3	246,9	498,4	0,94	7,90	0,33	-0,15	0,24	6,8
1988	767,5	209,5	558,0	0,80	6,70	0,27	0,18	0,26	8,8
1989	699,5	172,1	527,4	0,65	5,50	0,25	0,13	0,29	8,5
1990	643,0	141,0	502,0	0,54	4,51	0,22	0,29	0,28	8,4
1991	543,2	133,4	409,8	0,51	4,26	0,25	0,48	0,29	8,2
1992	609,1	228,5	380,6	0,87	7,31	0,38	1,00	0,29	9,1
1993	559,0	124,0	435,0	0,47	3,96	0,22	1,12	0,29	8,5
1994	914,1	297,3	616,8	1,13	9,51	0,33	1,10	0,29	9,5
priemer	**743,7**	**239,4**	**504,3**	**0,91**	**7,65**	**0,322**	**0,44**	**0,28**	**7,89**
min	**539,6**	**124,0**	**347,7**	**0,47**	**3,96**	**0,215**			**6,79**
max	**996,0**	**408,3**	**616,8**	**1,55**	**13,06**	**0,427**			**9,55**

Tab. 2 *Ročná hydrologická bilancia povodia Lesný za obdobie 1964/65–1993/94; ZR – zrážkový úhrn, R – odtoková výška, ET – – ročný bilančný výpar (rozdiel ZR–R), Qa – priemerný ročný prietok, k – koeficient odtoku; q – špecifický odtok, c_s – koeficient symetrie (dekádne), c_v – koeficient variácie (dekádne)*

Tab. 2 *Annual hydrological balance of Lesný catchment during the period 1964/65–1993/04; ZR –precipitation total, R – runoff depth, ET – annual evapotranspiration (difference ZR–R), Qa – mean annual discharge, k –runoff coefficient; q – specific runoff, cs – coefficient of symmetry (decadal), cv – coefficient of variation (decadal)*

Rok	**ZR**	**R**	**ET**	**Qa**	**q**	**k**	**c_s**	**c_v**
	mm	**mm**	**mm**	**$l.s^{-1}$**	**$l.s^{-1}.km^{-2}$**			
1965	872,0	200,4	671,6	0,55	6,35	0,23		
1966	969,8	270,8	699,0	0,74	8,59	0,28		
1967	702,1	226,9	475,2	0,62	7,19	0,32	0,70	0,15
1968	811,8	177,1	634,7	0,49	5,62	0,22	0,74	0,16
1969	578,2	185,1	393,1	0,51	5,87	0,32	0,91	0,16
1970	855,2	229,0	626,2	0,63	7,26	0,27	0,82	0,16
1971	601,6	224,0	377,6	0,61	7,10	0,37	-0,59	0,17
1972	852,8	178,8	674,0	0,49	5,67	0,21	-0,66	0,16
1973	514,1	167,8	346,3	0,46	5,32	0,33	-0,50	0,18
1974	868,2	188,5	679,7	0,52	5,98	0,22	-0,19	0,20
1975	679,1	208,5	470,6	0,57	6,61	0,31	0,04	0,21
1976	672,5	128,1	544,4	0,35	4,06	0,19	0,07	0,18
1977	897,5	203,7	693,8	0,56	6,46	0,23	0,46	0,19
1978	712,5	137,1	575,4	0,38	4,35	0,19	0,26	0,20
1979	710,3	150,0	560,3	0,41	4,76	0,21	0,45	0,23
1980	772,3	124,6	647,7	0,34	3,95	0,16	0,79	0,20
1981	822,5	163,2	659,3	0,45	5,18	0,20	0,77	0,20
1982	654,7	133,6	521,1	0,37	4,24	0,20	0,80	0,20
1983	688,7	187,7	501,0	0,51	5,95	0,27	0,41	0,20
1984	698,4	105,1	593,3	0,29	3,33	0,15	0,54	0,21
1985	736,4	138,7	597,7	0,38	4,40	0,19	0,32	0,23
1986	775,5	133,7	641,8	0,37	4,24	0,17	0,07	0,30
1987	744,4	205,0	539,4	0,56	6,50	0,28	0,01	0,30
1988	774,1	171,0	603,1	0,47	5,42	0,22	0,17	0,35
1989	701,8	136,3	565,5	0,37	4,32	0,19	-0,14	0,36
1990	642,9	101,7	541,2	0,28	3,22	0,16	-0,11	0,38
1991	548,2	68,5	479,7	0,19	2,17	0,12	-0,12	0,41
1992	613,6	140,4	473,2	0,38	4,45	0,23	0,04	0,41
1993	564,2	61,8	502,4	0,17	1,96	0,11	0,52	0,43
1994	920,0	197,6	722,4	0,54	6,27	0,21	0,86	0,49
priemer	**731,8**	**164,8**	**567,0**	**0,45**	**5,23**	**0,23**	**-0,08**	**0,29**
min	**514,1**	**61,8**	**346,3**	**0,17**	**1,96**	**0,11**		
max	**969,8**	**270,8**	**722,4**	**0,74**	**8,59**	**0,37**		

Tab. 3 *Ročná hydrologická bilancia povodia Cingeľová za obdobie 1964/65–1993/94; ZR – zrážkový úhrn, R – odtoková výška, ET – – ročný bilančný výpar (rozdiel ZR–R), Qa – priemerný ročný prietok, k – koeficient odtoku; q – špecifický odtok, cs – koeficient symetrie (dekádne), cv – koeficient variácie (dekádne)*

Tab. 3 *Annual hydrological balance of Cingeľová catchment during the period 1964/65–1993/04; ZR –precipitation total, R – runoff depth, ET – annual evapotranspiration (difference ZR–R), Qa – mean annual discharge, k –runoff coefficient; q – specific runoff, cs – coefficient of symmetry (decadal), cv – coefficient of variation (decadal)*

Rok	**ZR**	**R**	**ET**	**Qa**	**q**	**k**	**c_s**	**c_v**
	mm	**mm**	**mm**	**$l.s^{-1}$**	**$l.s^{-1}.km^{-2}$**			
1965	848,90	241,20	607,70	1,68	7,65	0,28		
1966	981,40	337,20	644,20	2,35	10,69	0,34		
1967	694,40	276,70	417,70	1,93	8,77	0,40	0,97	0,25
1968	828,40	193,00	635,40	1,35	6,12	0,23	1,10	0,26
1969	585,20	153,40	431,80	1,07	4,86	0,26	1,18	0,25
1970	827,50	220,20	607,30	1,54	6,98	0,27	1,17	0,25
1971	625,90	200,30	425,60	1,40	6,35	0,32	0,66	0,19
1972	850,30	194,10	656,20	1,35	6,15	0,23	1,14	0,21
1973	489,60	168,20	321,40	1,17	5,33	0,34	1,18	0,22
1974	879,30	211,80	667,50	1,48	6,72	0,24	1,35	0,20
1975	676,90	243,10	433,80	1,70	7,71	0,36	1,63	0,21
1976	687,90	160,80	527,10	1,12	5,10	0,23	1,14	0,22
1977	890,50	300,50	590,00	2,10	9,53	0,34	1,17	0,22
1978	701,60	171,60	530,00	1,20	5,44	0,24	0,85	0,21
1979	697,80	189,40	508,40	1,32	6,01	0,27	0,14	0,27
1980	760,70	177,90	582,80	1,24	5,64	0,23	0,42	0,27
1981	837,40	247,10	590,30	1,72	7,84	0,30	0,42	0,27
1982	692,20	185,60	506,60	1,29	5,89	0,27	-0,48	0,23
1983	719,50	231,70	487,80	1,62	7,35	0,32	-0,52	0,22
1984	740,30	105,10	635,20	0,73	3,33	0,14	-0,26	0,24
1985	766,90	197,00	569,90	1,37	6,25	0,26	-0,06	0,26
1986	787,70	157,20	630,50	1,10	4,98	0,20	-0,17	0,31
1987	780,00	243,30	536,70	1,70	7,71	0,31	0,00	0,31
1988	798,30	176,60	621,70	1,23	5,60	0,22	0,31	0,34
1989	698,90	155,30	543,60	1,08	4,92	0,22	0,01	0,34
1990	652,60	133,10	519,50	0,93	4,22	0,20	0,23	0,36
1991	570,40	78,80	491,60	0,55	2,50	0,14	0,20	0,38
1992	627,10	160,70	466,40	1,12	5,10	0,26	0,45	0,37
1993	563,70	90,70	473,00	0,63	2,88	0,16	0,81	0,41
1994	921,50	241,80	679,70	1,69	7,67	0,26	1,00	0,46
priemer	**739,4**	**194,8**	**544,6**	**1,4**	**6,2**	**0,26**	**0,26**	**0,30**
min	**489,6**	**78,8**	**321,4**	**0,5**	**2,5**	**0,14**		
max	**981,4**	**337,2**	**679,7**	**2,4**	**10,7**	**0,40**		

Tab. 4 *Základné hydrologické charakteristiky experimentálnych mikropovodí Rybárik, Lesný a Cingeľová za obdobie 1964/65–1993/94*

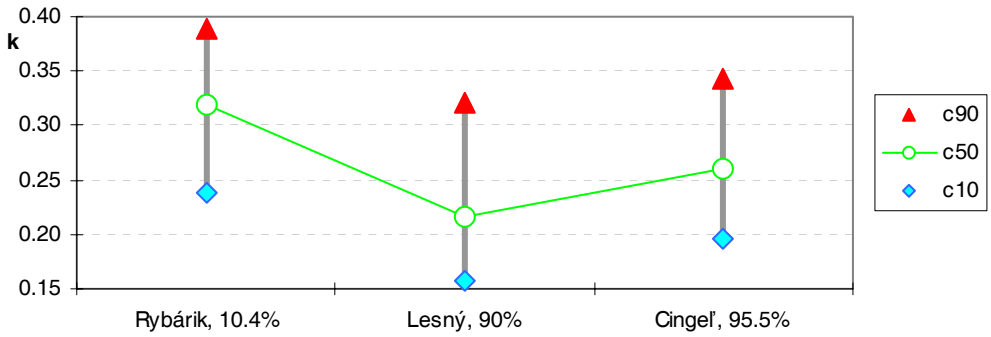
Tab. 4 *Basic hydrological characteristcs of the experimental microbasivs Rybárik, Lesný and Cingeľová during 1964/65–1993/94*

Povodie		Rybárik	Lesný	Cingeľová
Plocha	[km^2]	0,119	0,086	0,22
Lestnatosť	[%]	10,0	90,0	95,5
Priem. nadm. výška povodia	[m n.m.]	401	380	382
Min/Max nadm. výška	[m n.m.]	369/434	350/415	355/435
ZR – dlhodobý ročný zráž. úhrn	[mm]	743	732	739
R – dlhodobý ročný odtok	[mm]	239	163	194
ET - bilančný výpar – dlhodobý prm.	[mm]	504	569	545
K – koeficient odtoku		0,322	0,223	0,263

Základné hydrologické charakteristiky povodí sú zhrnuté v tabuľke 4.
Vypočítané hodnoty bilančného výparu poukazujú na vysoký podiel evapotranspirácie vo vodnej bilancii zalesneného povodia.

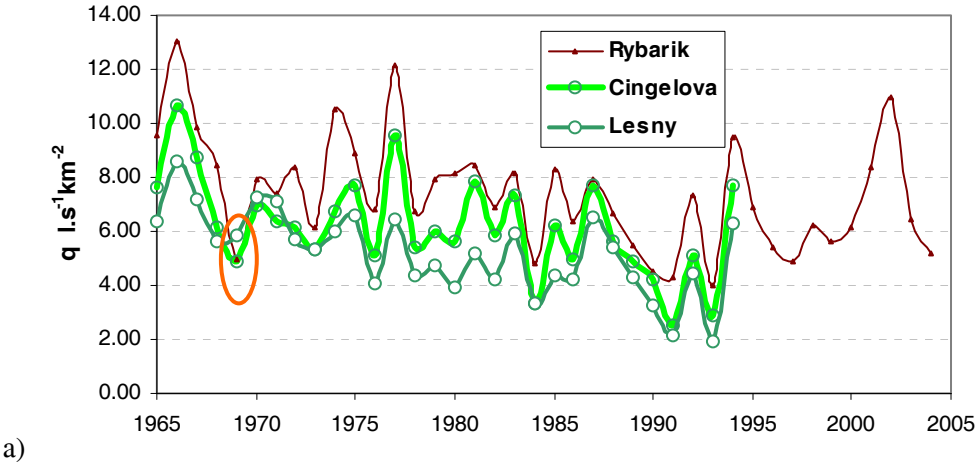
2.2 Vplyv zalesnenia povodia na priemerný ročný odtok

Počas skúmaného obdobia 1964/65–1993/94 sa pohyboval koeficient odtoku (podiel ročného odtoku na ročnom zrážkovom úhrne) v povodí Rybárik od 0,21 do 0,43 s priemerom 0,32. V prípade povodia Lesný sa podiel pohyboval v rozpätí 0,11–0,37 s priemerom 0,23. V povodí Cingeľová nadobúda uvedený koeficient odtoku priemernú hodnotu 0,26 (0,14–0,40). Na obr. 2 je znázornený priebeh horného decilu, mediánu a dolného decilu (c_{90}, c_{50} a c_{10}) koeficientu odtoku v troch experimentálnych mikropovodiach.
Podiel ročného odtoku na zrážkach z poľnohospodárskeho povodia Rybárik je v priemere o 9% vyšší, ako z povodia Lesný (hrab) a o 6% vyšší ako z povodia Cingeľová (smrek).
Na obrázkoch 3a-c sú vykreslené grafy a) priebehy priemerných ročných špecifických odtokov z troch povodí; b) priebehy koeficientov odtoku K z troch povodí v jednotlivých experimentálnych mikropovodiach a c) podiel odtoku Cingeľovej a Lesného na odtoku Rybárika..

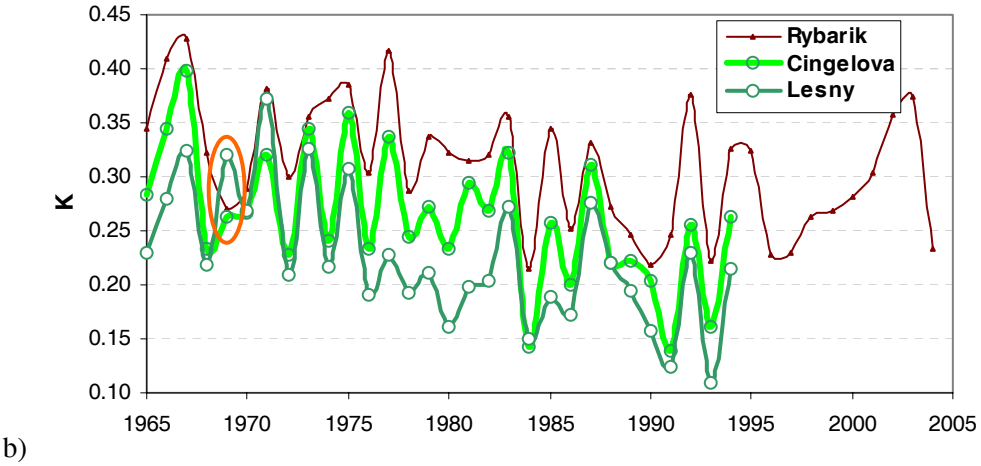


Obr. 2 *Horný decil, medián a dolný decil (c_{90}, c_{50} a c_{10}) koeficientu odtoku v troch experimentálnych mikropovodiach. Percento zalesnenia.*

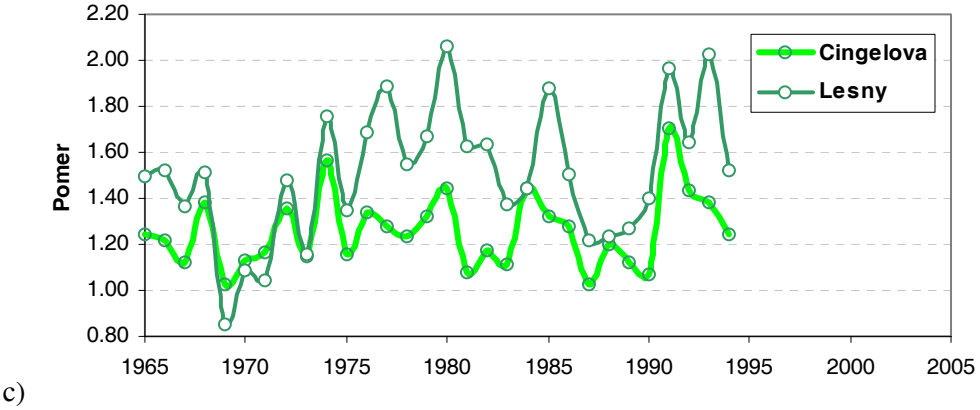
Fig. 2 *Upper decil, , median and lower decil (c_{90}, c_{50} a c_{10}) of runoff coefficients in experimental microbasins. Forest percentage.*



a)



b)



c)

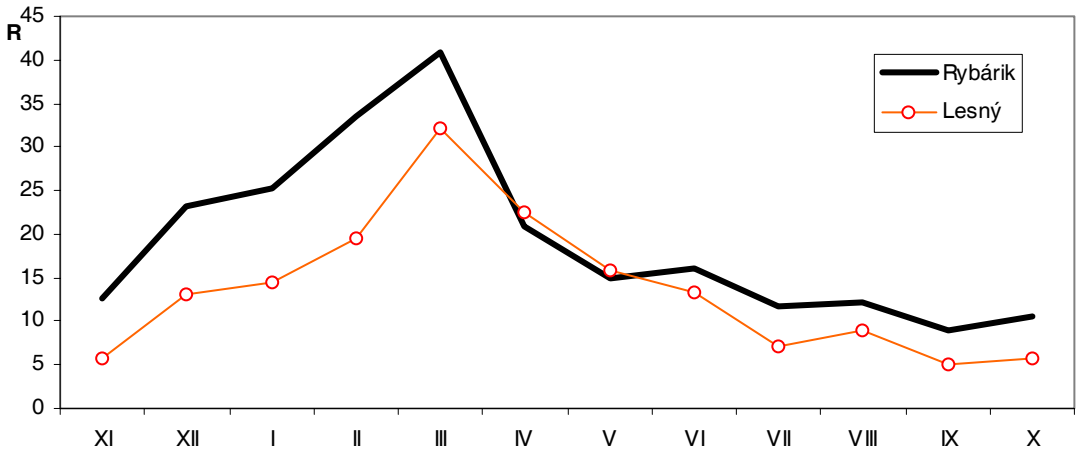
Obr. 3 *a) Priebeh priemerných ročných špecifických odtokov q z troch povod,*
b) Priebehy koeficientov odtoku K z troch povodí
c) Pomer odtoku Cingeľovej a Lesného ku odtoku Rybárika.

Fig. 3 *a) Course of the average specific runoff from three experimental basins,*
b) Course of runoff coefficients K from three experimental basins
c) Ratio of Cingeľová and Lesný runoff to Rybárik runoff.

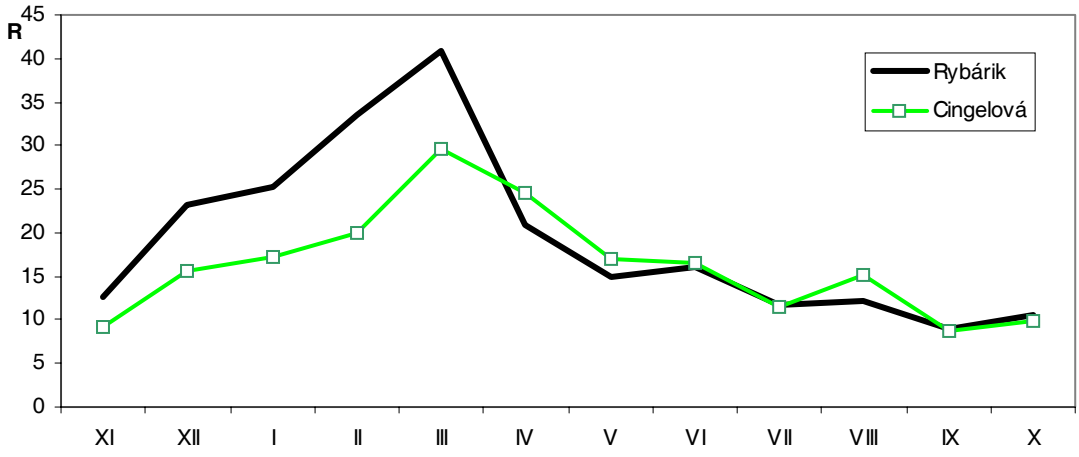
U ročných odtokov sa výrazne preukázal vyšší odtok v povodí Rybárik, využívanom k poľnohospodárskym účelom. Priemerný ročný odtok z tohto povodia je 1,22 krát vyšší ako u povodia Cingeľová, resp. 1,46 krát vyšší, ako u povodia Lesný, ktoré sú povodiami zalesnenými.

2.3 Vplyv zalesnenia povodia na odtok v jednotlivých mesiacoch roka

Na zhodnotenie vplyvu zalesnenia na mesačný odtokový režim sme použili dlhodobé mesačné odtoky z troch experimentálnych mikropovodí (obdobie 1964/65–1993/94).
Dlhodobé mesačné odtoky (priemer za 30-ročie) z troch mikropovodí sú graficky vyjadrené na obr. 4 a uvedené v tabuľke 5. Relatívne hodnoty mesačných odtokov k celoročnému odtoku sú znázornené na obr. 5. Hodnoty sú uvedené v tabuľke 6.



a)



b)

Obr. 4 Porovnanie priebehu priemerných mesačných odtokových výšok v mm a) Rybárik-Lesný; b) Rybárik-Cingeľová; 30-ročné obdobie.

Fig. 4 Comparison of the course of mean monthly runoff depths in mm a) Rybárik-Lesný; b) Rybárik-Cingeľová; 30-yearly period.

Tab. 5 Dlhodobé mesačné odtoky z troch mikropovodí v mm, (priemer za 30-ročie)

Tab. 5 Long-term mean monthly runoff depths in mm form 3 microbasins, (30-years averages)

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	rok
Rybárik	13.0	23.2	25.2	34.0	39.9	20.6	15.3	15.1	11.7	12.0	8.9	10.6	229.56
Lesný	5.76	13.06	14.46	19.46	32.19	22.54	15.84	13.37	7.15	8.98	4.98	5.63	122.55
Cingeľ	9.22	15.66	17.11	19.92	29.64	24.55	17.02	16.56	11.55	15.12	8.70	9.84	146.17

Tab. 6 *Relatívne hodnoty mesačných odtokov k celoročnému odtoku v % z troch mikropovodí, (priemer za 30-ročie)*

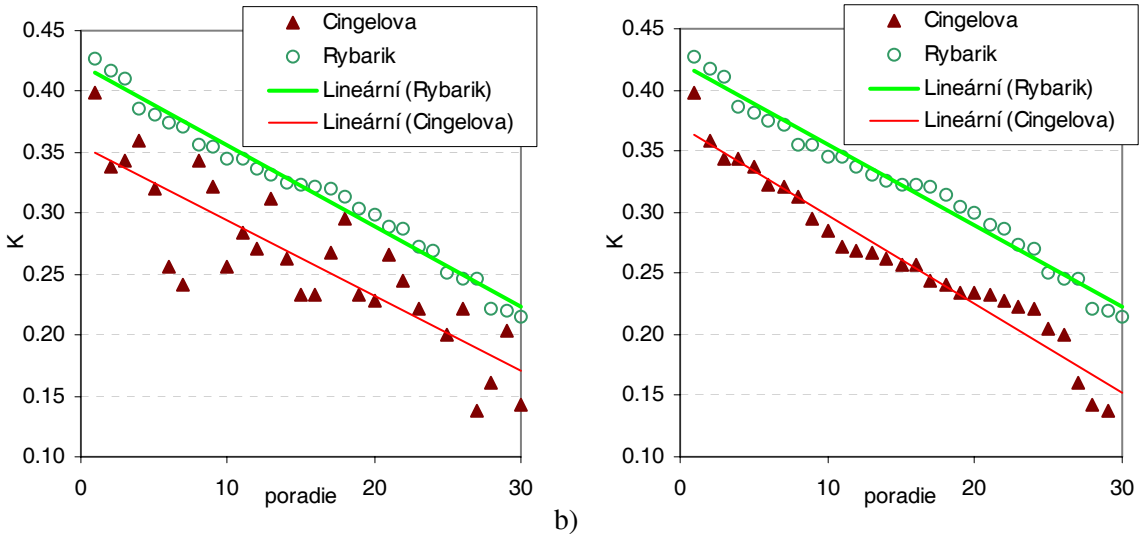
Tab. 6 *Relative values of the monthly runoff to yearly runoff in % form experimental microbasins, (average during 30-years)*

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	rok
Rybárik	5.68	10.11	11.00	14.82	17.37	8.97	6.68	6.59	5.09	5.21	3.88	4.61	100.00
Lesný	3.52	7.99	8.85	11.91	19.70	13.80	9.69	8.18	4.37	5.49	3.05	3.44	100.00
Cingeľ	4.73	8.03	8.78	10.22	15.21	12.60	8.73	8.50	5.92	7.76	4.47	5.05	100.00

Maximálne odtoky vo všetkých troch povodiach sa vyskytujú v čase topenia snehovej pokrývky: vo februári - marci (Rybárik), resp. marci - apríli (Cingeľová, Lesný). Výskyt najnižších odtokov sa presúva na druhú polovicu vegetačného obdobia s absolútnym mesačným minimom v septembri, kedy záverečnými profilmi povodí odtečie iba 3-4,5 % celoročného odtoku. Je zaujímavé, že relatívne odtoky v mesiacoch júl - september sú rovnaké u Rybárika, i v povodí Lesný. Iba v dvoch mesiacoch (v apríli a máji) sú dlhodobé priemerné špecifické odtoky z hrabového povodia vyššie ako z poľnohospodárskeho povodia.

3 Záver

Medzi koeficientmi odtoku z povodia Rybárik a Cingeľová nie je rozdiel vzhľadom na vodnosť roka. Ak by les nadlepšoval odtok z povodia, tak v suchých rokoch by mal byť koeficient odtoku zo zalesneného povodia relatívne vyšší vzhľadom na povodie nezalesnené. Ako však vidieť na obr. 5a, obidve vyrovnávacie priamky usporiadaných radov koeficientov odtoku (podľa koeficientov odtoku Rybárika) majú takmer rovnaký sklon. Navyše, ak usporiadame oba rady koeficientov odtoku (obr. 5b), zdá sa, že v suchých rokoch je medzi radmi koeficientov odtoku väčší rozdiel (tj. les v suchých rokoch spotrebuváva viac vody v porovnaní s poľnohospodársky využívaným povodím, než v rokoch mokrých).



Obr. 5 *Vyrovnávacie priamky usporiadaných radov koeficientov odtoku*
a) podľa koeficientov odtoku Rybárika; b) podľa oboch radov koeficientov odtoku.

Fig. 5 *Fitted lines of sorted series of runoff coefficients*
a) according to runoff coefficients of Rybárik basin; b) according to runoff coefficients of two basins.

Z porovnania mesačnej bilancie vody v lesnom a poľnohospodárskom mikropovodí vyplýva nasledovný poznatok: Lesné povodie nenadlepší výrazne prietoky v mesiacoch jún až október, kedy je nedostatok vody v povodiach. Zvýšený odtok z poľnohospodárskeho povodia v mesiacoch november až marec, ktorý by mohol byť zachytený v nádrži, sa v zalesnenom povodí neakumuluje vo forme zásob vody, ale les ju spotrebuje a vyparí, čiže nie je k dispozícii v letných mesiacoch pri nedostatku vody v krajine.

Poďakovanie
Spracovanie štúdie bolo podporené Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-51-017804 a VEGA 5055.

Literatúra

Chlebek, A., Jařabáč, M. (1994): The factor analysis of research data from the Beskydy experimental basins. Vodohosp. Čas., 42, 4-5, 213–225.

Kostka, Z., Holko. L. (1996): Estimation of Hydrological Balance Components at Variable Conditions of the Mountainous Catchment. Proc. Ecohydrology of High Mountain Areas, ICIMOD, Kathmandu, 181–186.

Miklánek, P. (1985): Určenie potenciálnej evapotranspirácie s hodinovým krokom pre voľnú plochu a lesný porast. Vodohosp. čas., 33, 5, 506–521.

Miklánek, P. (1997): Study of Water Balance Elements in Slovak Experimental Basins. Proc. Int. Workshop Experimental hydrology with reference to hydrological processes in small research basins. St. Petersburg - Valdai (Russia):

Pekárová, P., Koníček. A., Miklánek, P. (2005): Vplyv využitia krajiny na režim odtoku v experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV. Rukopis monografie, VEDA, v tlači, 216 str.

Tesař, V. (1990): Stanovení evapotranspirace povodí s lesním porostem metodou energetické bilance. In: Zborník zo seminára "Hydropedologie 1990", České Budějovice, Locus s.r.o., 14–21.

Valčičák, J. (1967): K otázke vplyvu lesnatosti na priemerný ročný odtok vo vybraných povodiach na území Slovenska. Vodohosp. čas. 15, 2, 133–160.

Valtýni, J. (1980): Vplyv lesnatosti povodia na odtok. Vodohosp. čas. 28, 3, 286–297.

Zachar, D., Krešl, J., Marko, J., Volný, S. (1984): Lesnícke meliorácie. Príroda Bratislava. 484 str.

Zelený, V. (1977): 100 let lesnické hydrologie na území našeho státu. Vodohosp. čas. 25, 1, 15–26.

Zelený, V. (1979): Výsledky lesnicko-hydrologického výzkumu v experimentálních beskydských povodích. Vodohosp. Čas., 27, 6, 584–600.

Autori

RNDr. Pavla Pekárová, CSc.

RNDr. Pavol Miklánek, CSc., ÚH SAV, Račianska 75, 831 02 Bratislava

pekarova@uh.savba.sk