

Vliv hydromelioračního zásahu na odtok vody z lesního povodí

INFLUENCE OF HYDROMELIORATIVE TREATMENT ON RUNOFF FROM FOREST WATERSHED

VLADIMÍR ČERNOHOUS

ABSTRAKT

Práce představuje část výsledků experimentu zabývajícího se vlivem rekonstrukce hydrografické sítě a odvodňovacího zásahu na srážko-odtokový proces zamokřené-ho povodí U Dvou louček v Orlických horách. Ručně vyhloubené odvodňovací příkopy měří ca 500 m. Časové změny byly hodnoceny metodou dvojně součtové čáry odtoků a srážek, rozbořem výskytu četností průměrných denních průtoků a zkonstruováním výtokových čar pro poklesovou větev hydrogramu a pro vyprazdňování povodí v obdobích bez srážek. Dvojná součtová čára vymezila tři období: kalibrační (1992 až 1995), pozásahové (1996 až 2001) a hydrologicko-porostně stabilizační (2002 až 2005). Vyhodnocení četností výskytu průměrných denních průtoků v jednotlivých obdobích ukázalo zvýšení průtoků po zásahu oproti období kalibračnímu a jejich opětovné snížení v období stabilizace. Změny nastaly převážně v rozptěti průtoků 2 – 16 l.s⁻¹. Výtokové čáry potvrdily výsledky rozboru četností výskytu průměrných denních průtoků a jejich časových změn.

Klíčová slova: malé povodí, les, imisní holina, Orlické hory, zamokření, odvodnění, hydrografická síť, odtok

ABSTRACT

The article performs the part of experimental results dealing with hydrographic system reconstruction by drainage treatment and its influence upon precipitation-runoff process at the mountain water-logged catchment U Dvou louček in the Orlické hory Mts. Manually dug out drainage ditches are ca 500 m long. Time changes have been assessed by following methods: double mass curve of streamflow and precipitation, analysis of frequency incidence of mean daily discharges and construction of hydrograph recession limb and depletion curve at a period without precipitation. The double-mass curve determined 3 periods: calibrating period (1992 – 1995), after treatment period (1996 – 2001) and hydrology and forest stabilizing period (2002 – 2005). Assessment of frequency incidence of mean daily discharges in the separate periods has shown discharge increment after treatment in comparison with the calibrating period and its following decrement at the stabilization period. Changes have arisen mainly in the discharge range of 2 – 16 l.s⁻¹.

Keywords: small watershed, air-pollution, clearcutting, the Orlické hory Mts., waterlogging, drainage, hydrographic system, runoff

Úvod

V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století došlo vlivem imisí k oslabení, následnému rozpadu a devastaci horských lesních porostů, v kterých se nachází převážná část vodohospodářsky významných lesů. V devadesátých letech navázala na imisní kalamitu rozsáhlá kalamita kůrovcová. Tyto kalamity zapříčinily velkoplošné těžby horských lesů a jejich předčasnou obnovu. Na vzniklých kalamitních holinách dochází ke změně mikroklimatu, hydrologických poměrů, a tím ke změně vodní bilance a průběhu odtoků z povodí (zamokření nebo naopak

vysušení dané lokality) oproti stavu ve vzrostlém lese. Různé názory na obhospodařování těchto ploch a zvláště pak protichůdné názory na použití hydromelioračních zásahů při obnově porostů na těchto lokalitách vyústily v založení experimentu s odvodněním půd ve vodou ovlivněném horském povodí v Orlických horách. Odvodňování lesních půd při obnově porostů je klasický lesnický postup a jak dokládají zbytky starých odvodňovacích soustav, mají tato opatření u nás mnoholetou tradici. Dalším důvodem založení experimentu byla potřeba získání objektivních poznatků o zamokření imisních holin a jejich změnách vlivem vývoje následné vegetace a obnovovaných kultur v kombinaci s hydromelioračním zásahem.

Zamokření imisních holin svahovou proudící vodou a pramennými vývěry (Navrátil 1997) a kombinované zamokření (Krešl 1980) vznikalo v podstatě ze dvou hlavních příčin. První příčina měla povahu biologickou. Jednalo se o snížení celkového výparu (zejména transpirace) následkem odstranění stromové a zčásti též přízemní vegetace. Druhá příčina byla technického charakteru a spočívala v porušení hydrografické sítě těžných ploch pojezdem traktorů (s častým vytvářením bezodtokových míst) a v koncentrovaném přivádění vody na plochy pasek propusty (často s nepřiměřeným rozestupem) ze svážnic.

Experiment s úpravou vodního režimu půd a obnovou rozrušené hydrografické sítě pomocí technického hydromelioračního zásahu měl nejprve zaznamenat výchozí stav hydrologických poměrů imisní holiny v zamokřeném horském povodí během pětiletého kalibračního období. Dále měl popsat jejich změnu po provedeném zásahu v několikaletém období a vliv zásahu na celkový srážko-odtokový proces daného povodí. Pozásahové období trvá již devět let a sledování stále pokračují. Tato práce je představením části výsledků popsaného experimentu s cílem vyhodnotit vliv rekonstrukce hydrografické sítě na srážko-odtokový proces horského zamokřeného povodí.

METODIKA

Popis povodí

Experimentální povodí U Dvou louček bylo založeno k řešení problematiky odvodnění zamokřeného lesního povodí umístěného na horském svahu (Černohous 1996). Poloha povodí je určena zeměpisnými souřadnicemi 16°30'56" východní délky a 50°13'16" severní šířky v katastru obce Říčky, na pozemcích Správy Koloňratických lesů. Nadmořská výška povodí je 880 m až 950 m, průměrná výška podle hypsografické křivky 922 m n. m. Povodí má délku rozvodnice 2 290 m a délku údolnice 530 m. Rozloha povodí činí 32,6 ha. Povodí vykazuje proměnlivý sklon, v dolní části 7,5°, ve střední 8,5° a v horní 4,3°. Průměrný sklon vypočtený z průběhu vrstevnic je 6,4°. Údolnice má sklon 5,4°. Jihozápadní expozice povodí přechází v okrajových částech v jihovýchodní a západní. Vodoteč odvodňující povodí je tvořena dvěma rameny o délce 340 m a 300 m. Čtvrtina rozlohy povodí je ovlivněna vysokou hladinou podzemní vody (protékající voda a pramenišť). Plocha vzrostlého buk-smrkového porostu (průměrný věk 80 let) činí 5,7 ha (17,5 % plochy). Zbývající plocha povodí je imisní holosečí s různověkou smr-

kovou kulturou o maximálním stáří patnácti let. Odvodňovací opatření, sledující obnovu funkčnosti existující odvodňovací sítě a podchycení odtoku z pramenišť a bezodtokových míst, se uskutečnilo na ploše větší než 2 ha. Délka ručně vyhloubených odvodňovacích příkopů přítom dosáhla ca 500 m.

K získávání vstupních dat se na povodí měří srážky osmi staničními srážkoměry a dvěma ombrografy napojenými na automatickou meteostanici NOEL. Zjišťovány jsou i další charakteristiky půdně ovzdušné sféry. Průtok ve vodoteči byl sledován plovákovým limnigrafem Metra, od léta 1996 ho zaznamenává manometrický limnigraf fy NOEL s automatickým sběrem dat

Metody vyhodnocení změn odtoku

Hodnocení metodou dvojně součtové čáry

Výchozími a mnohonásobně využívanými základními údaji v hydrologii a meteorologii jsou výsledky soustavných měření různých veličin prováděné v určitém prostorovém a časovém uspořádání. Nejde jen o to, jak probíhají běžné hodnoty v čase, ale jaký je jejich výsledek za delší časový úsek, který zahrnuje řadu intervalových hodnot. Takový jev popisují součtové (úhrnné, kumulativní) řady. Získáme je tak, že postupně sčítáme hodnoty za jednotlivé za sebou jdoucí časové intervaly. To znamená, že k dříve získanému součtu přičteme vždy následující údaj. Vynesením součtových řad do grafů získáme součtové čáry (Nosek 1972). Při zpracování těchto čar má velký význam jejich homogenita. Porušení homogenity časových řad (čar) v hydrologii indikuje změny vyvolané změnou klimatu, změnou v měření, antropogenní vlivy včetně hospodaření a celkový vliv lidské činnosti na vodní režim. Jednou z metod součtových čar je dvojná (podvojná) součtová čára. Základem je existence dvou chronologických řad (například srážek a odtoků) z níž vytvoříme časově si odpovídající dvojice postupných součtů a ty vyneseme do korelogramu. Jestliže je regresní závislost lineární, je výsledná čára přímkou, v případech nehomogenity dat vyvolané výše uvedenými změnami je výsledná čára lomená (více přímek) nebo křivka. V místech lomů dochází ke změnám dosud platných vztahů mezi hodnocenými řadami. Z dosavadních zkušeností s využitím dvojně součtové čáry v hydrologii vyplývá, že je jednoduchá, velmi názorná a signalizuje uplatnění změn způsobených hospodářskou činností člověka a celkových antropogenních vlivů (Blažek, Kříž, Schneider 1981).

Výsledkem mnohaletého měření srážek a odtoků v povodích v mírném klimatu s neměnnými přírodními podmínkami je poznatek, že poměr ročních úhrnů odtoku z povodí a srážek na povodí spadlých (odtokový koeficient) je téměř konstantní, nezávislý na chodu počasí během roku. Změnilo-li dvojitá součtová čára tvar, hledá se v roce, kdy se změna projevila, příčina změny odtokového koeficientu (nehomogenita měření v důsledku obměny měřicí techniky nebo metodiky, stavební zásahy v povodí včetně odvodnění, změny obhospodařování ploch v povodí včetně změny porostů nebo změna klimatu) (Šír, Tesař, Lichner 2004). V případě povodí U Dvou louček byla hledána změna vyvolaná provedeným hydromelioračním zásahem.

Metoda rozboru změn průměrných denních průtoků

Jedním ze základních ukazatelů změn v hydrologii povodí v jednotlivých letech jsou četnosti výskytu průměrných denních průtoků během roku. Výpočet průměrných denních průtoků se provádí ze záznamů změn vodních stavů během dne (limnigramu). Soubor průměrných denních průtoků za dané období se rozdělí do třídních intervalů a zjišťuje se počet výskytů jednotlivých intervalů za uvažované období (měsíc, rok). Toto rozdělení názorně ukazuje, v jakých intervalech se nejčastěji pohyboval průměrný denní průtok v daném období. Posuny v počtech výskytů průtoků korespondují s vlivy působícími na odtok, jako jsou srážky nebo lidská činnost (Švihla 1992). Jakákoliv hydrologická změna na povodí se zpravidla okamžitě projeví na změně četnosti intervalu průměrných denních průtoků. Proto porovnávání čar četnosti výskytů za různá období pak jasně dokládají, zda hydrologické změny v povodí měly vliv na celkovou hydrologii povodí (odtok z povodí). Z četností výskytu se sestavují histogramy nebo čáry rozdělení četností a změny v nich se pak dávají do souvislostí s příčinami a vlivy působícími na povodí. (Dub, Němec 1969, Hrádek 1988, Kemel 1996, Valtýni 1995).

Hodnocení změn odtoku v bezsrážkovém období pomocí výtokových čar

Výtokové čáry znázorňují časový průběh odtoku v období, kdy je tok napájen pouze ze zásob podzemní vody. V tomto období bez srážek je výtoková čára částí klesající větve hydrogramu (Dub, Němec 1969, Hrádek 1988, Kemel 1996, Kemel, Kolář 1982). Pro jejich vyhodnocení jsme vybrali suchá období delší devíti dnů nebo s maximálním úhrnem srážek do 5 mm. Takové srážky jsou v období sucha zanedbatelné, protože smáčí jen povrch vegetace, dochází k jejich okamžitému výparu a ke kořenovému systému se nedostávají. Typický tvar výtokové čáry charakterizuje podmínky základního odtoku z povodí. Tvar výtokové čáry je dán hydraulickými vlastnostmi půd v povodí. Při změně hydraulických vlastností půd dochází také ke změně tvaru výtokové čáry, což umožňuje detekovat hydraulické změny v půdě vlivem změn v povodí.

Tvar výtokových čar se určuje z naměřených hodnot průtoků a jejich časových změn (hydrogramu) buď graficky nebo graficko-početně pomocí logaritmických rovnic různých autorů: Boussinesque, Reitz, Coutagne, Voskresenskij, Mailet (ex Hrádek 1988). Při odvozování rovnic konkrétních výtokových čar vycházíme nejčastěji z obecného tvaru Voskresenského rovnice.

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t^n}$$

Její dvojnásobným logaritmováním dostaneme vhodný tvar.

$$\log(\log Q_0 - \log Q_t) = n \cdot \log t + \log m$$

$$\text{kde: } m = \alpha \cdot \log e$$

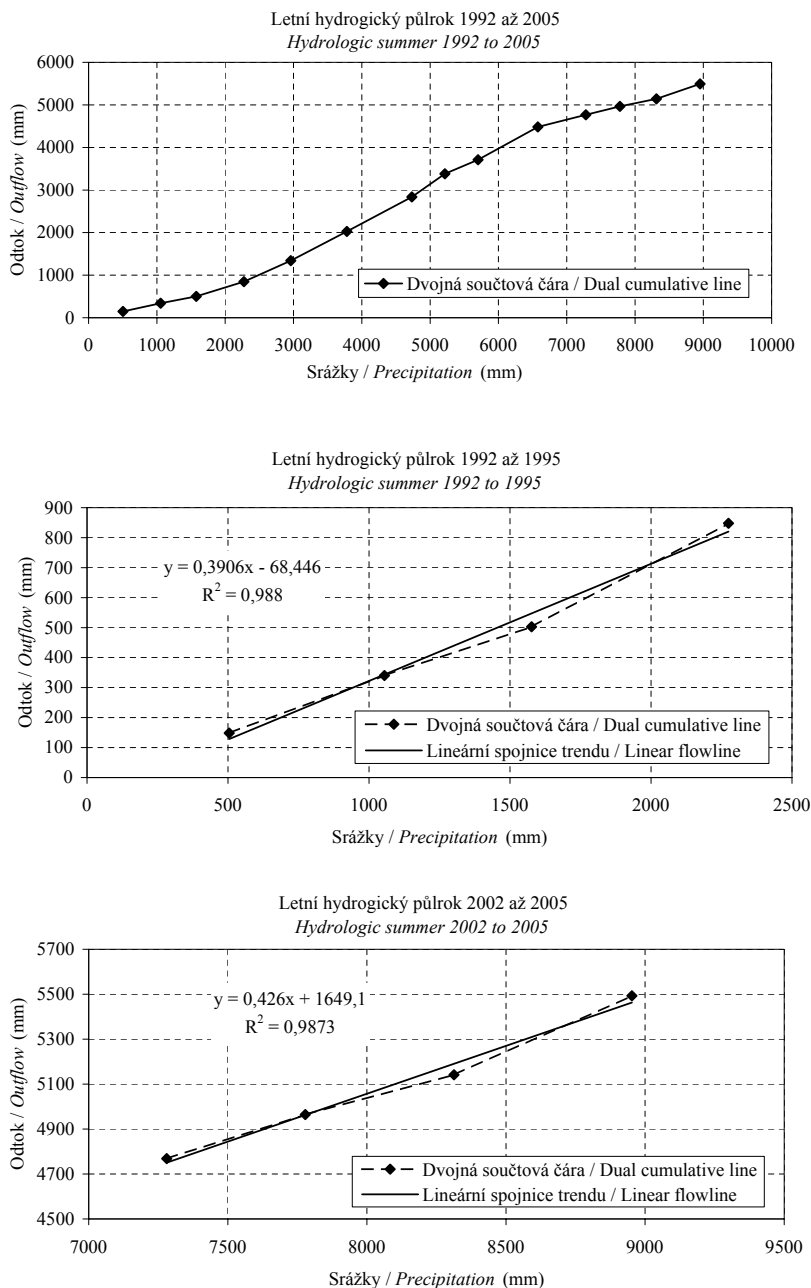
Zlogaritmovaná Voskresenského rovnice vyjadřuje lineární závislost, kterou lze graficky znázornit přímkou. Vyneseme-li na souřadnicovou osu x hodnoty $\log t$ a na osu y hodnoty $\log(\log Q_0 - \log Q_t)$, kde hodnoty Q jsou naměřené hodnoty poklesové větve hydrogramu, dostaneme hodnotové pole, kde hodnoty vyrovnáme přímkou. Z rovnice této přímky ($y = n \cdot \log t + \log m$) určíme parametry n a m charakterizující tvar výtokové čáry a součinitel vyčerpávání povodí α .

Protože exponent n není pro jednotlivé pozorované poklesové větve tentýž, dosazujeme do výsledné rovnice charakterizující povodí jeho průměrnou hodnotu. Počáteční průtok Q_0 je z hydrogramu obtížně stanovitelný, proto se při výpočtu používá hodnota kulminačního průtoku Q_{\max} . Kromě detekce změn v povodí se výtokové čáry využívají hlavně k prognózování průtoků vyčerpávání vodních zásob povodí (základní odtok v období beze srážek) (Hrádek 1988).

Vyhodnocení odtokových čar bylo provedeno ve dvou krocích. Nejprve jsme vyhodnotili výtokové čáry poklesových větví hydrogramů a pak výtokové čáry vypařování povodí v dlouhém období bez srážek. Ze získaných parametrů n a α výtokových čar pro konkrétní hydrogramy jsme vypočetli průměrné hodnoty pro daná období. Protože jednotlivé parametry z konkrétních hydrogramů mají značné směrodatné odchylky od průměru a rozptýly se překrývají, provedli jsme porovnání parametrů jednotlivých období pomocí Studentova T-testu při 95% hladině spolehlivosti.

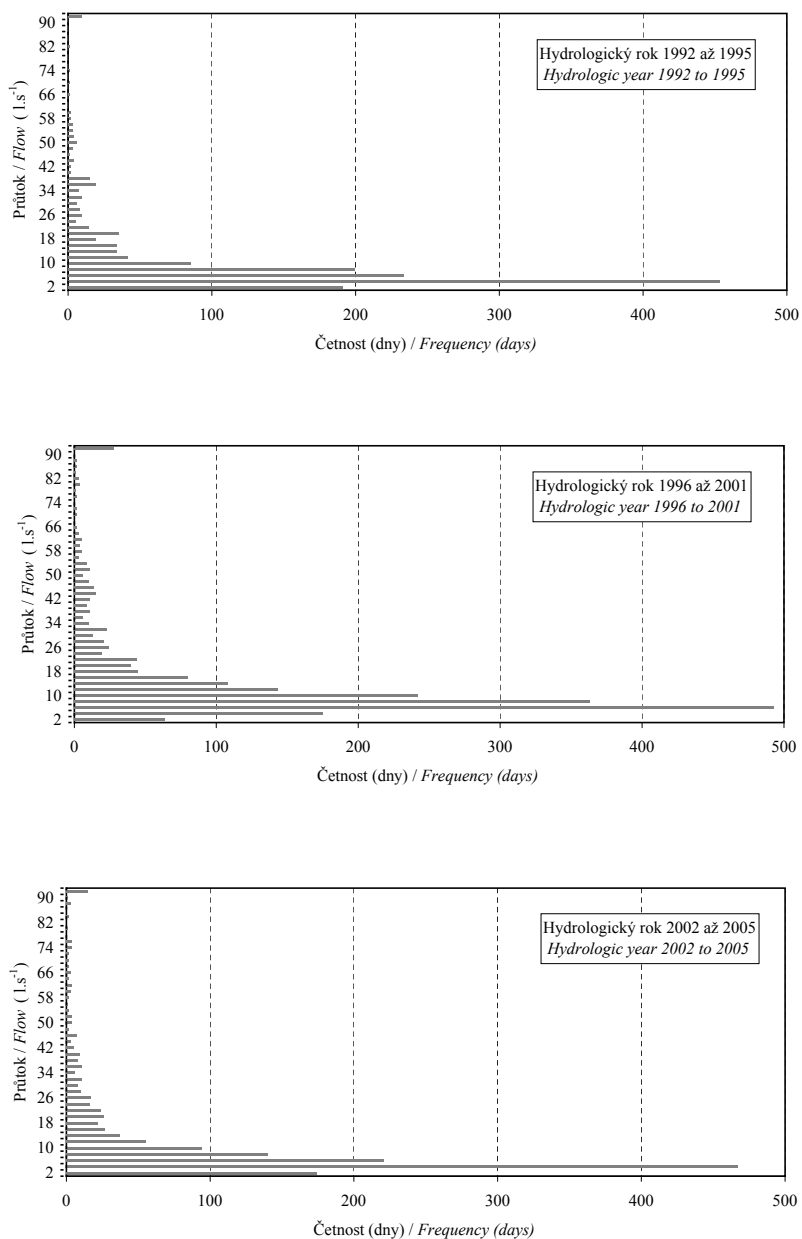
VÝSLEDKY A DISKUSE

Vyhodnocení dosavadního průběhu trvání experimentu z hlediska změn odtoku pomocí dvojnásobné součtové čáry přineslo rozčlenění časové řady do tří období. Prvé kalibrační od založení experimentu do provedení hydromelioračního zásahu (hydrologický rok 1992 až 1995), druhé pozásahové (hydrologický rok 1996 až 2001) a třetí hydrologicko-porostně stabilizační (hydrologický rok 2002 až 2005). K tomuto výsledku jsme došli vynesemím dvojnásobných součtových čar odtoků a srážek pro letní a zimní hydrologické půlroky a celé hydrologické roky. Zlomové roky 1996 a 2001 byly patrně hlavně na součtové čáře letních hydrologických půlroků a vymezily pozásahové období zvýšených odtoků (obr. 1). Na součtové čáře zimních půlroků a celých roků nebyly zlomové roky tak významně patrné. Je to způsobeno jiným srážko-odtokovým režimem, kdy v zimě je velká akumulace srážek ve sněhové pokrývce a zpravidla setrvalý stav minimálních odtoků. Ke zvětšení odtoku dochází při jarním tání nebo oblevě, a to až k odtokům maximálním, které hydromeliorační zásah neovlivňuje. Období 2002 až 2005 jsme nazvali obdobím hydrologicko-porostní stabilizace, protože sklon spojnice trendu (směrnice) této části součtové čáry je s 95% statistickou spolehlivostí shodný se sklonem spojnice trendu kalibračního období, což naznačuje stabilizaci (návrat) srážko-odtokového režimu do původní úrovně před zásahem (obr. 1). K obdobnému zjištění došli mnozí autoři (tab. 1, Krečmer a kol. 2003), avšak u změn odtoku vyvolaných holosečnou těžbou byl návrat k původnímu stavu spojen s obnovou a odrůstáním lesního porostu. Počáteční zvýšení a následné snížení odtoku je v tomto případě spojeno se ztrátou a následnou obnovou intercepce a transpirace lesního porostu. U změn vyvolaných odvodněním se naopak vždy jednalo o změnu trvalou podobu funkčnosti odvodňovací soustavy. Na našem povodí U Dvou louček jde však o souběh obou vlivů, jak melioračního, tak porostního. Osmdesát procent plochy povodí představuje rozsáhlá imisní holina s odrůstající smrkovou kulturou, od roku 2001 ve stádiu mlaziny až tyčkoviny, s luxusní transpirací v zamokřené části povodí.



Obr. 1: Dvojná součtová čára letních hydrogických půlroků z let 1992 až 2005, dále 1992 až 1995 a 2002 až 2005 s lineárními spojnicemi trendu.

Double mass curve of the hydrologic summer half-year 1992 to 2005, 1992 to 1995 and 2002 to 2005 with linear connecting line.

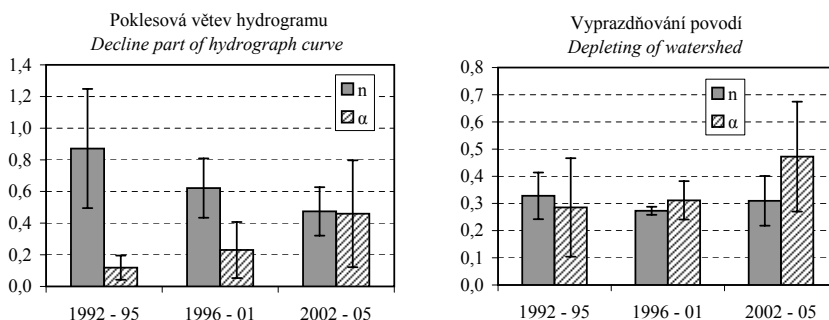


Obr 2: Četnosti výskytu průměrných denních průtoků v hydrologických letech 1992 až 1995, 1996 až 2001 a 2002 až 2005.
Frequency of mean daily flows in the hydrologic years 1992 to 1995, 1996 to 2001 and 2002 to 2005.

Tab. 1: Odtok vody ze 100% lesnatých povodí před a po jednorázovém vytěžení veškeré dřevní hmoty v dospělém porostu.
Runoff from fully forested watershed before and after clear cutting of mature forest stand.

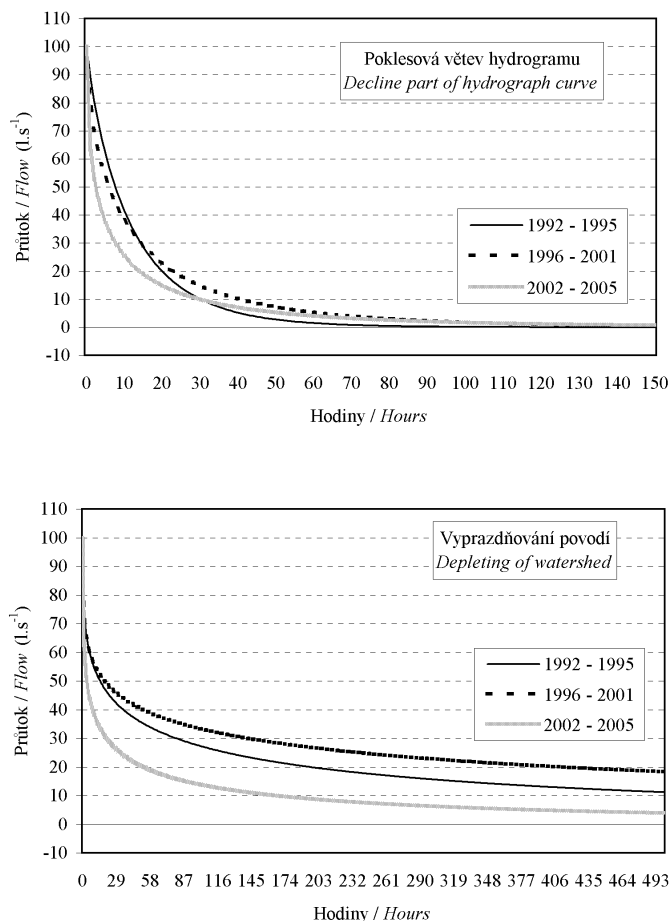
Autor	Oblast šetření	Dřevina	Srážky mm/rok	Odtokový koeficient před těžbou	Odtokový koeficient po těžbě	Doba trvání změny odtokového koeficientu
Author	Research area	Species ⁵	Precipitation mm.year ⁻¹	Runoff coefficient before felling	Runoff coefficient after felling ⁶	Duration of runoff coefficient alteration
Delfs et al.	NSR – Harz ¹	sm	1 237	0,54	0,57	5
Olijnyk Čubatyj	Rusko – Karpaty ²	sm	1 137	0,54	0,58	2
Belenko	Rusko – Kavkaz ³	sm + bk	1 255	0,54	0,77	4
Bitjukov	Rusko – Kavkaz ³	bk	2 300	0,70	0,72	3
Čubatyj	Rusko – Karpaty ²	bk	1 077-1 211	0,54	0,60, poté 0,56	10 + 7
Rosén	Švédsko ⁴	sm + bk	832	0,36	0,71	2

Notes: ¹ Germany, ² Russia - Carpathian, ³ Russia – Caucasus, ⁴ Sweden; ⁵ sm - spruce, bk - beech; ⁶ poté - afterwards



Obr 3: Průměrné hodnoty parametrů n a α výtokových čar a jejich směrodatné odchylky.
Mean values of discharge line's parameters n and α and their standard deviations.

Z hlediska tvorby odtoku dochází na odvodněných lokalitách k mnoha změnám. Odvodnění vytváří podmínky pro rychlý odtok nadbytečného množství vody z půdních gravitačních pórů. Tím zvyšuje potřebný obsah vzduchu v půdě pro oxidační proměnu látek a aerobní mikrobiální procesy, které jsou důležité z hlediska živinného režimu půd, zvětšuje se prostor pro kořenový systém dřevin a půdní



Obr 4: Výtokové čáry poklesové větve hydrogramu a dlouhého období bez srážky (vyprazdňování povodí) v hydrologických letech 1992 až 2005.
Discharge lines of decrease part of hydrograph and long period without precipitation (depleting of watershed) in hydrological years 1992 to 2005.

retenci nových srážek. Umožněná infiltrace a retence srážek v půdním profilu má dva kladné dopady na tvorbu odtoku. Za první infiltrace srážek převádí povrchový odtok na odtok podpovrchový hypodermický, a tím zabraňuje nebezpečnému soustředěnému odtoku způsobujícímu erozi půdy. Za druhé retence části srážek snižuje maxima vyšších průtokových vln. Naopak vyprazdňování gravitačních pórů a podchycení pramenných vývěřů odvodněním zvyšuje základní odtok a nejnižší průtokové vlny. Toto navýšení je způsobeno podchycením vody, která se před odvodněním fyzikálně vypařovala z pramenných rozlivů a míst, kde zamokření dosahovalo povrchu půdy. Takto navýšená odtoková minima lze vhodně vodohospodářsky využít, například k závlaze nebo jiným průmyslovým odběrům. Výše uvedené poznatky o změnách průtokových vln vlivem odvodnění uvádí např. Švihla

(1992), který konstatuje, že odvodňování zvyšuje minimální a vyšší střední průtoky a naopak snižuje vyšší průtoky (mimo průtokových maxim). Toto konstatování bylo potvrzeno i výsledky z našeho povodí. Průměrné denní průtoky při základním odtoku a nejmenších průtokových vlnách, představující největší četnost v roce, se po odvodnění zvýšily z intervalu $2 - 4 \text{ l.s}^{-1}$ (kalibrační období) do intervalu $4 - 6 \text{ l.s}^{-1}$ (pozásahové období) a následně opět poklesly do intervalu $2 - 4 \text{ l.s}^{-1}$ (období hydrologicko-porostní stabilizace). Obdobný průběh měla změna denních průtoků v intervalech $8 - 16 \text{ l.s}^{-1}$ a $40 - 54 \text{ l.s}^{-1}$ (49, 96 a 53 respektive 6, 13 a 7 výskytů v průměru za rok). Zvýšená retence srážek po zásahu v důsledku poklesu hladiny podzemní vody (Černohous 1996) snížila výskyt průměrných denních průtoků v intervalu $34 - 38 \text{ l.s}^{-1}$ z průměrných 9 výskytů za rok na 3 a v období stabilizace došlo opět k mírnému nárůstu na 5 výskytů. Naopak navýšení četnosti doznal interval $60 - 82 \text{ l.s}^{-1}$ z 1 na 4 a následně na 6 průměrných výskytů za rok, a to převážně v období jarního tání, které je ovlivňováno hlavně průběhem klimatických prvků (teplota a kapalné srážky). U ostatních intervalů průměrných denních průtoků nedošlo k podstatným změnám v četnosti jejich výskytu (obr. 2).

Odvodnění nemělo vliv na počáteční reakci povodí na srážku, což dokládá stejný časový úsek od počátku průtokové vlny do kulminace před zásahem i po zásahu. Vliv odvodnění na nejvyšší povodňové průtokové vlny nebyl prokázán. Tyto vlny jsou tvořeny za specifických odtokových podmínek. Jsou vyvolány velkými sumami srážek nebo přivalovými lijáky a prudkým jarním táním. Dochází při nich k plnému nasycení půdního profilu vodou a k tvorbě tzv. nasyceného povrchového odtoku (return flow), který se v lesním prostředí jinak v podstatě nevyskytuje. Odvodňovací soustava má vliv jen na přerušení soustředěného povrchového odtoku ze svahu a jeho usměrnění do určených (erozně ochráněných) kanálů a vodotečí. Neprokázaný vliv na velikost povodňové vlny vyplývá z retenční schopnosti lesních půd, která se pohybuje mezi 80 až 100 mm a vzhledem k jejich počáteční nasycenosti vodou zpravidla dosahuje 40 - 50 mm (Chlebek, Jařabáč 1997). Popisované maximální povodňové vlny jsou tvořeny vyššími srážkami než je uvedená retenční hodnota a veškerá voda přesahující tuto hodnotu odtéká. Potvrdila to i naše šetření v Orlických horách na povodí U Dvou louček (Černohous 1998).

Hodnocené hydrogramy pro výpočet výtokových čar jsme v časové řadě opět rozdělili dle dvojné součtové čáry do tří časových skupin (období kalibrace 1992 - 1995, pozásahové 1996 - 2001 a hydrologicko-porostní stabilizace 2002 - 2005). Studentův T-test průměrných parametrů n a α získaných výtokových čar prokázal statisticky významný rozdíl mezi obdobími v poklesové větvi hydrogramu. Ve výtokových čarách vyprazdňování povodí však statistické rozdíly mezi jednotlivými obdobími nebyly (obr. 3).

Přestože zpětně vypočtené výtokové čáry z průměrných parametrů neodpovídají přesně konkrétním naměřeným hydrogramům, charakterizují průměrný, obvyklý způsob výtoku vody z povodí. Změny těchto čar v časové řadě charakterizují i změny odtoků v jednotlivých obdobích. V poklesové větvi hydrogramu jsme zaznamenali jisté změny ve tvaru výtokových čar. V období kalibrace vyšší průtoky déle setrvaly a měly pozvolnější pokles než v následujících obdobích, ale v ob-

lasti malých průtoků rychle poklesly a dosahovaly menších hodnot. V období pozásahovém došlo k rychlejšímu ústupu vyšších průtoků (vyprazdňování gravitačních pórů) a pak následoval pozvolnější pokles nízkých průtoků na vyšší hladině než v období kalibračním. V období stabilizačním je ústup vysokých průtoků ještě strmější s dosažením menších průtoků v oblasti nízkých průtoků než v období pozásahovém, ale vyšších než v období kalibračním (zvýšená retenace půdy) (obr. 4). Tyto tvary výtokových čar korespondují s výše popsanými četnostmi výskytu průměrných denních průtoků a dokumentují změny v půdním profilu (vyprazdňování gravitačních pórů, retenace vody a nárůst transpirace porostů).

Výtokové čáry vyprazdňování povodí při dlouhém období bez srážek mají trochu jiný, i když obdobný tvar. Dosažená výška úrovně hladiny nízkých průtoků závisí na zvoleném počátečním průtoku při konstrukci výtokové čáry a délce jejího trvání. Pro dosažení stejné hladiny u vyššího a nižšího počátečního průtoku je potřeba delšího časového úseku u výtokové čáry s vyšším počátečním průtokem. Strmostí poklesu průtoků a výškou hladiny nízkých průtoků se výtokové čáry jednotlivých období seřadily sestupně od období pozásahového přes kalibrační ke stabilizačnímu (obr. 4). Zde je opět potvrzeno zvýšení průtoků po zásahu a jejich opětovné snížení v období hydrologicko-porostní stabilizace.

ZÁVĚR

Použití hydromelioračního zásahu na rozsáhlých kalamitních plochách pro podporu obnovy je opodstatněné. Jeho potřebnost pro zakládání a odrůstání lesních kultur a pozitivní vliv na stabilitu porostů je známa. Jeho dopad na odtok z povodí je různě komentován a proto vznikl i náš experiment. Metodou dvojné součtové čáry jsme v časové řadě sledování vymezili tři období s různými charakteristikami odtoku. Prvé kalibrační od založení experimentu do provedení hydromelioračního zásahu (hydrologický rok 1992 až 1995), druhé pozásahové (hydrologický rok 1996 až 2001) a třetí hydrologicko-porostně stabilizační (hydrologický rok 2002 až 2005). Vyhodnocením četností výskytu průměrných denních průtoků v jednotlivých obdobích jsme potvrdili zvýšení průtoků po zásahu oproti období kalibračnímu a jejich opětovné snížení v období stabilizace. Změny průtoků po zásahu vcelku odpovídají poznatkům z literatury (Švihla 1992). Pokles průtoků v období stabilizace je zapříčiněn souběhem hydromelioračního zásahu s obnovou a odrůstáním lesních kultur (obnova hydrické funkce porostu – intercepce a transpirace). Zkonstruované výtokové čáry potvrdily výsledky rozboru četnosti výskytu průměrných denních průtoků a jejich časových změn a probíhající změny v půdním profilu vlivem hydromelioračního zásahu a odrůstání lesních porostů.

LITERATURA:

- Blažek, Z., Kříž, V., Schneider, B.: Využití metody dvojné součtové čáry v hydrologii a meteorologii. Vodohospodářský časopis, 29, 1981, č. 1, s. 100 – 107.
Dub, O., Němec, J.: Hydrologie. Praha, SNTL 1969. 378 s.
Černohous, V.: Hladina podzemní vody a půdní vláha v zamokřeném povodí po imisních těžbách. Zprávy lesnického výzkumu, 41, 1996, č. 2, s. 5 - 8.
Černohous, V., Šach, F.: Vliv lesa na retenci a akumulaci vody v lesních povodích

- a možnosti jejich zvyšování. In: Hydrologická bilance a možnosti zvyšování složek retence a akumulace vody, Praha. LF ČZU 1998, s. 10 – 20.
- Hrádek, F.: Hydrologie. Praha, Vysoká škola zemědělská 1988. 370 s., 12 příl.
- Chlebek, A., Jařabáč, M.: Význam lesů pro ochranu před povodněmi. Zprávy lesnického výzkumu, 42, 1997, č. 2, s. 1 – 8.
- Kemel, M.: Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Praha, ČVÚT 1996. 289 s., 290 obr., 11 příl.
- Kemel, M., Kolář, V.: Hydrologie. Praha, ČVÚT 1982. 292 s.
- Krečmer, V. a kol.: Lesy a povodně. Praha, MŽP 2003. 48 s.
- Krešl, J.: Technické meliorace. Úprava vodního režimu lesních půd. Brno, Vysoká škola zemědělská 1980. 97 s.
- Navrátil, P.: Hydrické a související mimoprodukční funkce lesa v oblastních plánech rozvoje lesů. In: Současné problémy lesnické hydrologie. Brno, MZLU – Fakulta lesnická a dřevařská 1997, s. 99 – 101.
- Nosek, M.: Metody v klimatologii. Praha, Academia 1972. 433 s.
- Šír, M., Tesař, M., Lichner, L.: Klimatická anomálie 1992 – 1996 na šumavském povodí Liz jako důsledek výbuchu sopky Pinatubo v roce 1991. In: Aktuality šumavského výzkumu II. Srní, 2004, s. 74 – 78.
- Švihla, V.: Monografie – Výzkumný objekt Ovesná Lhota. Praha, VÚMOP Praha 1992. 156 s.
- Valtýni, J.: Základy hydrologie a lesnické hydrologie. Zvolen, Technická univerzita 1995. 102 s.

SUMMARY

In the seventies and the eighties of the last century, mountain forest stands declined and died due to air pollution. The mountain forests include just most of hydrologically important forests. In the nineties the immission calamity was followed by vast calamity of bark beetles. The calamities caused vast clearcuttings of mountain forests and their earlier regeneration. Different views on management of afflicted areas and conflicting views on use of hydromeliorative treatments at forest regeneration resulted in establishment of a research object with waterlogged soil drainage experiment on by water influenced catchment U Dvou louček in the Orlické hory Mts.

The catchment lies in altitude 880 – 950 m, it measures 32.6 ha in area and it slopes to SW with incline 6.4°. One fourth of the catchment is influenced by high level of ground water (flowing hillslope water and water of spring area). The vast clearcut issued from immission salvage felling and regenerated by young spruce stand covers 80% from catchment area; on waterlogged part of catchment there is luxurious transpiration of forest vegetation, especially forest tree species.

Time changes have been assessed by following methods: double mass curve of streamflow and precipitation, analysis of frequency incidence of mean daily discharges and construction of hydrograph recession limb and depletion curve at a long period without precipitation. The double-mass curve determined 3 periods with different runoff characteristics (fig. 1): calibrating period (1992 – 1995), after treatment period (1996 – 2001) and hydrology and forest stabilizing period

(2002 – 2005). Assessment of frequency incidence of mean daily discharges in the separate periods has shown discharge increment after treatment in comparison with the calibrating period and its following decrement at the stabilization period (fig. 2). The changes occurred mainly in the discharge range of 2 – 16 l.s⁻¹ in consequence of gravitational pore depleting and retaining water in a soil profile. Decrease of discharges in the stabilization period is caused by concurrence combination of hydromeliorative treatment with regeneration and forest plantation growing up (restoration of hydric forest stand function – interception and transpiration). The recession curves have proved results of frequency incidence analysis of mean daily discharges and their changes (fig. 4).

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí a s finančním příspěvím NAZV, projektu 1G57016 Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha.

Adresa autora:

*Ing. Vladimír Černohous
VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno,
Na Olivě 550, 517 73 Opočno
cernohous@vulhmop.cz*