

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a environmentální**

Katedra pěstování lesů, Katedra staveb, Katedra vodního hospodářství

Katedra biotechnických úprav krajiny

v koedici s

**Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy Praha**

---



**Meliorace v lesním hospodářství  
a v krajinném inženýrství**

*Amelioration in the Forestry and in the Landscape Engineering*

**Sborník referátů**

**Pavla Neuhöferová (ed.)**

**Kostelec nad Černými lesy  
26.-27.1.2006**

# RETENCE SRÁŽKOVÉ VODY LESNÍ PŮDOU V HORSKÉM POVODÍ

Vladimír Švihla – Vladimír Černohous – Zbyněk Kulhavý  
– František Šach

## Abstrakt

Švihla, V., Černohous, V., Kulhavý, Z., Šach, F.: Retence srážkové vody lesní půdou v horském povodí

Experimentální lesní povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách slouží ke komplexnímu výzkumu prostředí a obnovy lesních porostů v imisní oblasti. Jedním z podkladů k nápravným opatřením je i poznání změn srážko-odtokových procesů, jejichž příčiny měl objasnit hydropedologický průzkum. Lesní půda je považována za hlavní regulátor odtoku vody z lesních porostů. Proto cílem hydropedologického průzkumu bylo stanovit retenční kapacitu lesních půd. Sumární retence srážkové vody půdou při dvou studovaných povodňových situacích byla 29,4 a 31,1 mm, tj. přibližně 22 % celkové retenční kapacity půd a 75, resp. 67 % spadlých srážek. Retenční kapacita byla v příspěvku rozdělena na retenční kapacitu půdy statickou (kapilární) a dynamickou (gravitační), což umožnilo bližší pohled na regulaci infiltrované srážkové vody lesní půdou. Ve srážko-odtokovém procesu hraje podstatnou roli retenční kapacita lesních půd. Retence dynamická regulovala 89, resp. 69 % objemu odtoku velkých vod, přičemž byla využita přibližně z 59 a 56 %. Zamokřené okrsky rašelin a podzolů vysokou hladinou podzemních vod první zvodně vyžadovaly sporadické odvodnění, které bylo experimentálně provedeno otevřenými příkopy v červenci 1996.

**Klíčová slova:** lesní povodí, srážky, odtok, průtoková vlna, lesní půda, retence, hydromeliorační zásah

## Abstract

Švihla, V., Černohous, V., Kulhavý, Z., Šach, F.: Retention of Precipitation Water by Forest Soil in a Mountain Catchment

The experimental forest watershed “U Dvou louček” in the Orlické hory Mts serves for the comprehensive research of the environment and regeneration of forest stands in the air-polluted area. One of the basic data for remedial measures is also the knowledge of changes in precipitation-runoff processes the causes of which were to be elucidated through hydropedological survey. Forest soil is considered to be the main regulator of runoff from forest soils. Therefore, the aim of the hydropedological survey was to determine the retention capacity of forest soils. The summary retention of precipitation water by soil in two flood situations under investigation was 29.4 and 31.1 mm, respectively, i.e. about 22% total retention capacity of soils and 75 or 67% of rainfall. The retention capacity was divided to static (capillary) and dynamic (gravitation) retention capacity of soils which made possible a more detailed view of the regulation of infiltrated precipitation water by forest soil. In the precipitation-runoff process, the significant role is played by the retention capacity of forest soils. The dynamic retention controlled 89 or 69% of the volume of stormflows being used roughly from 59 and 56%, respectively. The districts of peats and podzols waterlogged by the high level of ground water of the first groundwater body required sporadic drainage which was experimentally carried out by open ditches in July 1996.

**Key words:** forest catchment, precipitations, runoff, storm flow, forest soil, retention, drainage measure

## Úvod

Cílem statě je přispět k poznání funkce lesní půdy v srážko-odtokovém procesu lesního povodí. Protože základ velkých povodňových epizod vzniká právě v horských oblastech, je úloha lesních porostů a zvláště lesních půd při tvorbě odtoku rozhodující. Za hlavní regulátor odtoku vody z lesních porostů považujeme retenční kapacitu lesních půd. Ucelený přehled o zmiňované problematice podává publikace *Lesy a povodně* (KREČMER A KOL., 2003). Předkládaný příspěvek studuje retenci a její konkrétní projevy na odtok srážkové vody v podmínkách experimentálního povodí „U Dvou louček“ ve vrcholové partii Orlických hor před a po hydromelioračním zásahu (ČERNOHOUS, 2003).

## Metody

### Hydrologie odtoku

Dynamické projevy odtokového procesu v půdě byly analyzovány rozborem hydrogramů povodňových vln v závěrovém profilu povodí. Použito bylo modifikací následující bilanční rovnice :

$$H_S = Q_Z + Q_H + Q_P \pm Q_{NZ} \pm \Delta Z + U_V \quad (1)$$

- $H_S$  - úhrn srážky [mm]
- $Q_Z$  - základní odtok - vyjádřený odtokovou výškou [mm]
- $Q_H$  - hypodermický odtok - vyjádřený odtokovou výškou [mm]
- $Q_P$  - povrchový odtok - vyjádřený odtokovou výškou [mm]
- $Q_{NZ}$  - výměna s nižšími zvodněmi - vyjádřená odtokovou výškou [mm]
- $\Delta Z$  - změna zásob vody v půdě - vyjádřená výškou vodního sloupce [mm]
- $U_V$  - územní výpar včetně intercepce - vyjádřený úhrnnou výškou [mm]

Základní symboly použité v textu, vyjádřené jednotkami v mm:

- $H_S$  - přívalová srážka
- $Q_P$  - povrchový odtok
- $U_V$  - územní výpar
- Inf - infiltrace srážek do půdy
- $Q_H$  - hypodermický odtok
- $Q_Z$  - základní odtok
- $\Sigma Q$  - celkový odtok v závěrovém profilu povodí, kdy  $\Sigma Q = Q_Z + Q_H + Q_P$
- $\varepsilon$  - celkový odtok do kulminace
- $RK_D$  - retenční kapacita půdy dynamická
- $RK_{ST}$  - retenční kapacita půdy statická
- VZ - voda zadržaná v povodí
- DA - detence

## Výsledky

### Rozbor povodňových vln

Hydrologická bilance povodňové vlny č. 1 před odvodněním:

$$H_S = Q_Z + Q_H + Q_P + U_V + RK_{ST} \quad (2)$$

$$39,0 = 20,3 + 12,8 + 0 + 5,9 + 0 \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

$$100,0 = 52,1 + 32,8 + 0 + 15,1 + 0 \quad [\%] \quad (4)$$

$$C = \frac{Q_Z + Q_H + Q_P}{H_S} = \frac{20,3 + 12,8 + 0}{39,0} = 0,849 \quad [-] \quad (5)$$

Součinitel odtoku  $C = 0,849$ . V tomto případě, kdy  $Q_P=0$ , vyjadřuje současně podíl srážkové vody infiltrované do půdy. Retence dynamická (množství vody zadržené v gravitačních pórech v době kulminace, které při poklesu vlny odteče, je 75,4 %  $H_S$ , tj. 88,9 % celkové velikosti povodňové vlny vyjádřené odtokovou výškou. Před kulminací velké vody odteklo 9,5 %  $H_S$ , tj. 11,2 % celkové velikosti povodňové vlny. Celková skutečná retence je 21,2 % celkové retence potenciální a 59,4 % potenciální retence dynamické. Poměr celkové velikosti odtoku skutečného ku celkovému odtoku potenciálnímu  $\Sigma Q/[H_S - U_V]$  je 1,0, odtekla tedy všechna srážková voda, která odtéci mohla. Protože infiltrované množství srážkové vody je rovno odteklému, odtok byl pouze půdou, ale retence statická byla rovna nule, protože svrchní vrstva půdy v povodí byla nasycena kapilární vodou.

Poměr výšky skutečného a potenciálního odtoku do kulminace  $PO^{K_1}$  (potenciálním odtokem se rozumí odtok po povrchu zamrzlé nebo vodou nasycené půdy)

$$PO^{K_1} = \frac{Q_{SK}^K}{Q_{POT}^K} = 1 - \frac{RK_{SK}^C}{Q_{POT}^C} = 1 - \frac{29,4}{33,1} = 0,11 \quad [-] \quad (6)$$

$$Q_{POT}^C = H_S - U_V \quad [\text{mm}] \quad (6a)$$

$PO^{K_1}$  - poměr velikostí skutečného a potenciálního odtoku do kulminace [-]

$Q_{SK}^K$  - odtok skutečný do kulminace, vyjádřený odtokovou výškou [mm]

$Q_{POT}^K$  - odtok potenciální do kulminace vyjádřený odtokovou výškou [mm]

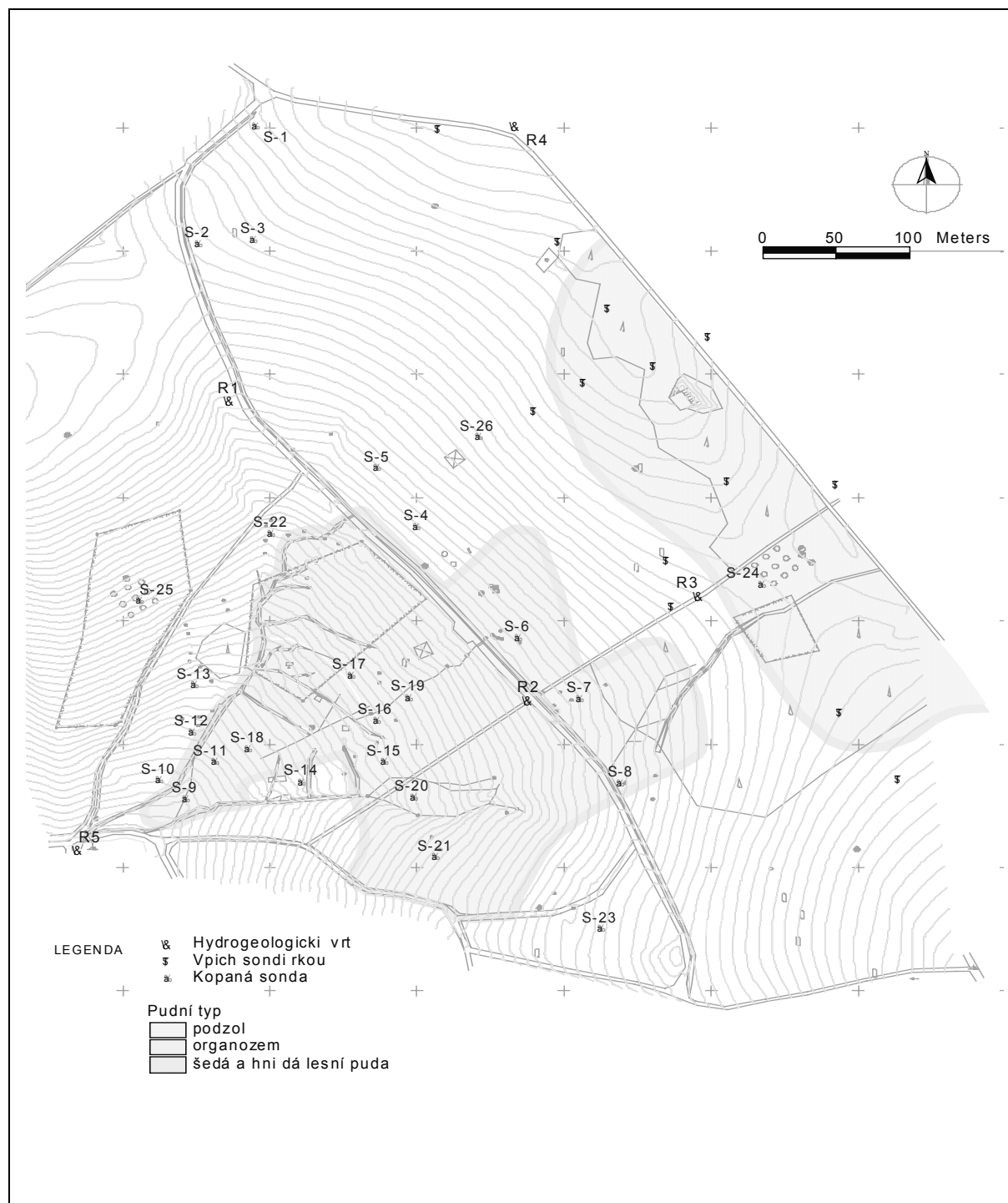
$Q_{POT}^C$  - odtok potenciální celkový vyjádřený odtokovou výškou [mm]

$RK_{SK}^C$  - retence skutečná, celková [mm] (viz  $\Sigma RK$  v Tab.1)

$$PO_1^C = \frac{Q_{SK}^C}{Q_{POT}^C} = \frac{Q_Z + Q_H + Q_P}{H_S - U_V} = \frac{33,1}{33,1} = 1,0 \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

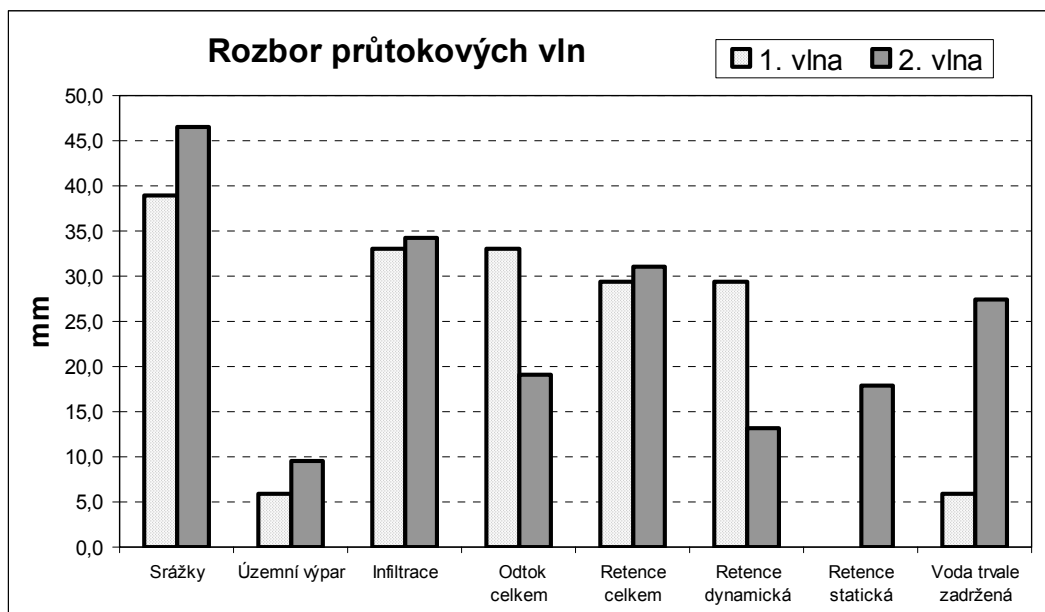
$PO_1^C$  - poměr velikosti celkového skutečného a celkového potenciálního odtoku

Lze tedy konstatovat, že před dešťovou srážkou bylo povodí nasyceno kapilární vodou, přičemž 100 % odtoku prošlo lesní půdou. Retenčním prostorem gravitačních pórů proteklo do kulminace povodně 11,2 % celkového odtoku, v době kulminace zadržoval retenční prostor dynamický (gravitační) 88,8 % celkového odtoku. Dynamická retenční schopnost půdy transformovala celkový odtok na 38,7 % odtoku hypodermického a 61,3 % odtoku základního. Dynamický retenční prostor snížil kulminaci velké vody oproti kulminaci potenciální na 1/9. Využito bylo 59,4 % kapacity retence dynamické, tj. objemu gravitačních pórů v lesní půdě. Kulminační průtok v závěru povodí byl  $178 \text{ l.s}^{-1}$  ( $556 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), tj. 26,5 % průtoku 1leté velké vody. Bez retence půdou by tento průtok byl  $1602 \text{ l.s}^{-1}$  ( $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), tj. 10letá velká voda. Kulminační specifický průtok  $5,6 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  svědčí o vysoké drenážní schopnosti lesní půdy „U Dvou louček“.

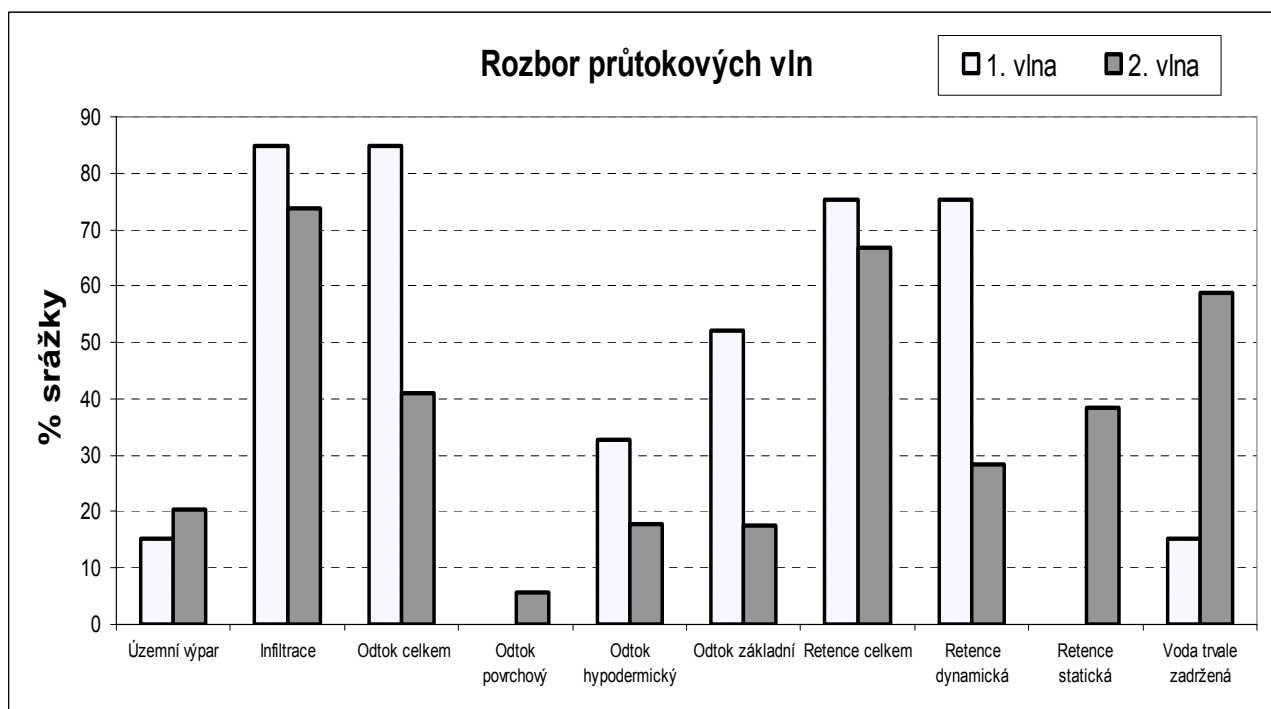


Obrázek 1. Náskres povodí U Dvou louček s vyznačením kopaných půdních sond (S) a geologických vrtů (R)

Figure 1. Situation map of watershed including both soil pits (S) and geological drills (R).



**Obrázek 2. Rozbor průtokových vln před a po odvodňovacím zásahu**  
 Figure 2. Storm flow analysis before and after drainage treatment



**Obrázek 3. Rozbor průtokových vln před a po odvodňovacím zásahu vyjádřený v procentech spadlé srážky**  
 Figure 3. Storm flow analysis before and after drainage treatment expressed as per cent of precipitation

Rozbor povodňové vlny č. 2 po odvodnění:

$$H_S = Q_P + Q_H + Q_Z + U_V + RK_{ST} \quad (8)$$

$$46,5 = 2,7 + 8,3 + 8,1 + 9,5 + 17,9 \quad [\text{mm}] \quad (9)$$

$$100,0 = 5,8 + 17,9 + 17,4 + 20,4 + 38,5 \quad [\%] \quad (10)$$

$$C = \frac{Q_Z + Q_H + Q_P}{H_S} = \frac{8,1 + 8,3 + 2,7}{46,5} = 0,411 \quad [-] \quad (11)$$

Před kulminací velké vody oteklo gravitačními póry 6,9 %  $H_S$ , tj. 16,8 % celkové velikosti povodňové vlny. Povrchový odtok byl 5,8 %  $H_S$ , tj. 14,1 %  $\Sigma Q$ .

$$PO^C_2 = \frac{Q_{SK}^C}{Q_{POT}^C} = \frac{Q_Z + Q_H + Q_P}{H_S - U_V} = \frac{19,1}{37,0} = 0,516 \quad [-] \quad (12)$$

$PO^C_2$  - poměr velikosti celkového skutečného a celkového potenciálního odtoku

$Q_{SK}^C$  - odtoková výška povodňové vlny skutečná celková [mm]

$Q_{POT}^C$  - odtoková výška povodňové vlny potenciální celková [mm]

Působením retence v lesní půdě oteklo jen 51,6 % odtoku potenciálního (tj. odtoku při plném nasycení půdy vodou nebo při zamrzlém povrchu půdy).

Do lesní půdy infiltrovalo 73,8 %  $H_S$ , gravitačními póry oteklo z půdy 35,3 %  $H_S$  a půdou bylo zdrženo 38,5 %  $H_S$  v pórech kapilárních.

$$PO^K_2 = \frac{Q_{SK}^K}{Q_{POT}^K} = 1 - \frac{RK_{SK}^C}{Q_{POT}^C} = 1 - \frac{31,1}{37,0} = 0,16 \quad [-] \quad (13)$$

Symbolika je ekvivalentní symbolice rovnic (6) a (12).

Lze tedy konstatovat, že před dešťovou srážkou byly lesní půdy povodí nasyceny kapilární vodou maximálně z 80 %, což se projevilo trvalým zdržením 38,5 %  $H_S$  půdou (19,9 % potenciální statické retenční kapacity). V době kulminace povodňové vlny zdržoval retenční prostor dynamický v gravitačních pórech půdy 69,1 % celkového odtoku, který transformoval na 80,5 % celkového odtoku hypodermického a základního. (Do kulminace velké vody oteklo 19,5 % celkového odtoku hypodermického a základního). Povrchový odtok byl 14,1 %  $\Sigma Q$ , do kulminace velké vody oteklo 16,8 %  $\Sigma Q$  jako odtok podpovrchový a základní (19,5 % odtoku hypodermického a základního). Ve srážko-odtokovém procesu bylo využito 22,3 % celkové retenční kapacity lesní půdy. V makropórech se při kulminaci velké vody nahromadila i část půdní vody, která se později vsákla do pórů kapilárních. Výpočet snížení potenciálních velikých vod retenčním prostorem půdy je přibližný, bylo při něm použito trojúhelníkové metody schematizace povodňové vlny, ale dobře vystihuje podstatu jevu.

Celkový retenční prostor skutečný snížil přibližně kulminační průtok velké vody na 1/6 průtoku potenciálně možného. Kulminační průtok velké vody v závěrečném profilu povodí byl  $134 \text{ l.s}^{-1}$  ( $419 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), tj. 20 % 1leté velké vody. Bez retence půdou by tento průtok byl  $838 \text{ l.s}^{-1}$  ( $2,62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), tj. 1 - 2 letá velká voda.

Při studovaných povodňových situacích byla RK (celková) využita půdou z necelé 1/4. Záleží to na nasycenosti půdy vodou před srážkovými epizodami a na charakteru přívalemých srážek. Celý proces je charakterizován vysokým objemem infiltrace do nadloží půdy a svrchních velmi propustných vrstev půdy s dynamickou retenční kapacitou 47 - 51 mm, které rozdělují infiltrovanou vodu do sítě makropórů ve spodních vrstvách půdy (horizontech B). Odtud potom jednak odtéká z gravitačních pórů hypodermickým a základním odtokem, jednak se stabilně v půdě zdržuje v pórech kapilárních, které se z makropórů sytí. Vliv počáteční vlhkosti půdy je jasně patrný z údajů Tab. 1. Při první vlně



byla půda téměř kapilárně nasycena ( $RK_{ST} \approx 0$ ), při druhé vlně byly naopak částečně nasyceny i póry gravitační. Je vyloučeno, aby RK půd byla v povodí U Dvou louček využita plně pro jejich vysokou vlhkost a vysoko položenou hladinu podzemních vod.

Schopnost lesní půdy zadržovat vodu je základem pro řešení dalších důležitých otázek. Půdní okrsky s humusovým podzolem a rašelinou rozhodně nedostatkem vláhy netrpí. Naopak přebytek vody v aerační vrstvě půdy sytí po velkou část roku kořenovou vrstvu rostoucích dřevin vodou z vysoko položené hladiny podzemní vody první zvodně, což je způsobeno přítokem podzemních vod z výše ležícího okrsku hnědých lesních půd. Zde je proto na místě snížení hladiny podzemních vod odvodněním otevřenými příkopy. Bylo provedeno sporadické odvodnění sítí příkopů.

Naopak občasným nedostatkem vláhy v půdě trpí lesní porosty na okrsku hnědých (šedých) lesních půd. Hladina podzemní vody je zde zakleslá několik m pod terénem (ŠEDA, 2003), a proto v delších obdobích sucha při poklesu hladiny podzemní vody pod 1,2 – 1,3 m je lesní vegetace na tomto typu lesních půd odkázána na zásobení vodou převážně jen ovzdušnými srážkami, přičemž důležitou roli hraje  $RK_{ST}$  – retenční kapacita hnědé lesní půdy statická (kapilární) (ŠVIHLA, 2005). Ta se zde pohybuje v průměru kolem 90 mm v okrsku možného vzlínání při hloubce hladiny podzemní vody 1,2 - 1,3 m. Retenční kapacita a její plné využití či prázdňení je základem studia vodního režimu lesních půd.

Tabulka 1. Porovnání hydrogramů odtokových vln metodou hydrologické bilance (údaje v mm)

Table 1. Stormflow-hydrograph comparison by hydrological budget method (data in mm)

Parametr	Před odvodněním - 15.5.1996		Po odvodnění - 1. 7. 1997	
	Výška v mm	Poznámky	Výška v mm	Poznámky
$H_S$	39,0		46,5	
$Q_P$	0,0		2,7	
$U_V$	5,9		9,5	
$Inf$	33,1	$Inf = H_S - Q_P - U_V$	34,3	
$Q_H$	12,8		8,3	
$Q_Z$	20,3		8,1	$H_S = \Sigma Q + U_V + RK_{ST}$ (odečte se $Q_H + Q_Z$ do kulminace, $RK_D$ jen výtok po kulminaci)
$RK_D$	29,4	$RK_D = Q_H + Q_Z - \varepsilon$ ( $\varepsilon = 3,7$ mm)	13,2	
$RK_{ST}$	0,0		17,9	$\varepsilon = \Sigma (Q_H + Q_Z)$ do kulminace $\rightarrow 3,2$ mm
$\Sigma RK$	29,4	$\Sigma RK = RK_D + RK_{ST}$	31,1	zadrženo v době kulminace půdou povodí
VZ	5,9	$VZ = U_V + RK_{ST}$	27,4	$VZ = U_V + RK_{ST}$
Bilanční rovnice	$H_S = Inf + U_V + Q_P$ $39,0 = 33,1 + 5,9 + 0$		$\Sigma Q = Q_P + Q_H + Q_Z$ $19,1 = 2,7 + 8,3 + 8,1$ $H_S = \Sigma Q + U_V + RK_{ST}$ $46,5 = 19,1 + 9,5 + 17,9$	

## Shrnutí a závěr

Charakter lesních půd v povodí „U Dvou louček“ odpovídá výsledkům jiných průzkumů v Orlických horách (PELÍŠEK, 1973; KANTOR, 1995). Jde o půdy nehomogenní propustné, vzdušné a dobře drénované, silně kamenité s různým stupněm zamokření. Hnědé lesní půdy bez přítoku cizích vod mají vodní režim závislý na ovzdušných srážkách, rašelina a podzoly jsou zamokřeny přítokem cizích vod. Vodní režim minerálních lesních půd je zde dynamický, půdy jsou propustné, bez znaků oglejení nebo glejových procesů.

Ve srážko-odtokovém procesu hraje podstatnou roli retenční kapacita lesních půd. Retenční kapacita dynamická reguluje podle výsledků rozborů povodňových vln 89 a 69 % objemu odtoku studovaných velkých vod, při 21 a 22 % využití celkové retenční kapacity sledovaných lesních půd.

Při transformaci infiltrované srážkové vody do půdy má rozhodující roli objem gravitačních pórů v půdě. V první vlně bylo pro transformaci odtoku využito 59 %, při druhé vlně 56 % dynamické retenční kapacity lesních půd (objemu gravitačních pórů). Skutečná retence srážkové vody půdou vedla k podstatnému snížení potenciálního kulminačního průtoku velkých vod, přibližně 9 a 6krát. Šlo o velké vody s periodicitou opakování menší než 1 x za rok.



Proces retenace srážkové vody lesní půdou je podmíněn potenciální intenzitou infiltrace do půdy  $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  a infiltrační kapacitou gravitačních pórů nadloží půdy a jejich svrchních propustných vrstev 38 - 43 mm. Zde nahromaděná voda prosakuje do hlubších vrstev půdy průměrnou profilovou rychlostí  $0,3 - 0,4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , ale makropóry postupuje  $4 - 5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Kulminační specifický odtok z lesní půdy  $5,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  svědčí o vysoké drenážní schopnosti lesních půd dané preferenčními cestami, které působí jako odvodňovací (vsakovací) i transportní elementy.

O celém procesu transformace srážko-odtokového vztahu rozhoduje počáteční vlhkost půdy. Při první vlně byla lesní půda plně nasycena kapilární vodou, retenace statická se neuplatnila a transformační proces proběhl jen v zóně makropórů. Odteklo proto 85 % ovzdušné srážky. Ve druhé vlně se uplatnila i retenace statická, což vedlo k odtoku jen 41 % ovzdušné srážky.

Cílem práce bylo přispět k poznání funkce lesní půdy v srážko-odtokovém procesu výzkumem vodního režimu lesních půd na malém lesním povodí v horské oblasti a poukázat na některé směry řešení. Použitý způsob využití retenčních křivek ke stanovení retenční kapacity půd vyžaduje širší ověřování. Teprve výsledky dalších systematických měření v terénu mohou zdokonalit naše představy o hydrické funkci lesních půd v obdobných podmínkách. Lze však odůvodněně potvrdit, že význam funkce lesních půd při tvorbě odtoku z lesních porostů je vysoký a specifický. Poznání této funkce je pro možné ovlivnění srážko-odtokového procesu v lesních porostech a na imisních holinách mimořádně významné.

## 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 příspěvkem NAZV, projektu 1G57016 Srážko-odtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha.

## Literatura

- ČERNOHOUS, V. Vliv obnovy hydrografické sítě devastované při imisních těžbách na odtokový proces. Písemný rozbor literatury pro státní doktorskou zkoušku. ČZU, Lesnická fakulta ČZU v Praze, 2003, 47 s.
- KANTOR, P. Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných středohorských lesů. Habilitační práce. MZLU, Fakulta lesnická a dřevařská v Brně, 1995, 332 s. - příl. 32 tab.
- KREČMER, V. a kol. Lesy a povodně. Souhrnná studie. Národní lesnický komitét a MŽP ČR v Praze, 2003. ISBN 80-7212-255-X, 48 s.
- PELÍŠEK, J. Půdy Orlických hor a přilehlé podhorské oblasti (ČSSR). Lesnictví, 19, 1973, č. 2, s. 97 - 130.
- ŠEDA, S. Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách - U Dvou louček. Závěrečná zpráva. OHGS Ústí nad Orlicí, 2003, 12 s. - 19 příl.
- ŠVIHLA, V. Příspěvek k řešení problému vztlínání podzemní vody na povodí U Dvou louček v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, VÚLHM Jíloviště-Strnady, 50, 2005, č. 1, s. 53 - 57. ISSN 0322-9688

## Kontakt

**Doc. Ing. Vladimír Švihla, DrSc.**

[ceskras@schkocr.cz](mailto:ceskras@schkocr.cz)

Správa chráněné krajinné oblasti Český kras  
267 18 KARLŠTEJN 85

**Ing. Vladimír Černohous**  
[cernohous@vulhmop.cz](mailto:cernohous@vulhmop.cz)

**Ing. František Šach, CSc.**  
[sach@vulhmop.cz](mailto:sach@vulhmop.cz)

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady  
Výzkumná stanice Opočno  
Na Olivě 550  
517 73 OPOČNO

**Ing. Zbyněk Kulhavý, CSc.**  
[kulhavy@hydromeliorace.cz](mailto:kulhavy@hydromeliorace.cz)

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha  
Pracoviště Pardubice  
B. Němcové 2625  
530 02 PARDUBICE

