

Petr Kantor, František Šach

# MOŽNOSTI LESŮ PŘI TLUMENÍ POVODNÍ

V příloze „Věda“ deníku MF DNES byl 31. srpna 2002 publikován příspěvek „Mohou naše lesy účinně tlumit záplavy?“. Podnětem k sepsání této krátké studie byly názory jednotlivců i představitelů různých organizací, prezentované ve sdělovacích prostředcích, o negativním vlivu obhospodařování lesů (obnova lesa, nevhodná druhová skladba) na intenzitu povodně a rozsah záplav v srpnu tohoto roku. Stručný výtah článku byl zveřejněn i v rubrice Aktuality v LP 10/2002 (str. 465). V následujícím textu je tato problematika s mimořádně závažným celospolečenským dopadem analyzována podrobněji.

Na lesy, které zaujmají rozlohu asi 33,5 % rozlohy ČR, spadne 50 % srážek. Není to způsobené tím, že lesy „přitahují“ vodu, ale skutečností, že největší lesnatost mají u nás středohorské a horské polohy s vysokými úhrny ročních srážek (800 až 1 500 mm). Na stránkách LP není samozřejmě nutné zdůrazňovat, že v posledních 200 letech se velmi významně změnilo druhové složení našich lesů. Zatímco v přirozené skladbě byly zastoupeny jehličnany pouze 34 % (z toho smrk jen 11 %), dnes je jejich podíl více než dvojnásobný - 77 % (z toho smrk 54%).

**Přitom je obvykle smrk v médiích prezentován laické veřejnosti jako dřevina vodohospodářsky nevhodná, listnáče naopak jako dřeviny, které mohou významně svou vysokou spotřebou vody přispět k tlumení povodní. Vesměs se však jedná o ničím nepodložené názory a hypotézy bez konkrétních důkazů.**

Jaká je tedy skutečnost? Lze kvalifikovaně odpovédět na otázku naznačenou v nadpise tohoto článku? V první řadě je třeba uvést, že se jedná o nesmírně komplikovaný okruh problémů, na který hledá odpověď lesnický výzkum déle než 100 let.

## STRUČNÁ HISTORIE VODOHOSPODÁŘSKÉHO LESNICKÉHO VÝZKUMU

Prvá systematická měření některých položek vodního režimu lesních porostů uskutečnil již v roce 1863 v německém Tharandtu **Krutsch** (*Delfs 1955*). Světově proslulá a dodnes citovaná je ale zejména klasická studie **Englera** (1919), v níž je srovnáván vodní režim a průběh odtoku v bezlesém a plně lesnatém malém povodí ve Švýcarsku. Obdobná srovnávací šetření byla postupně zakládána v dalších lesnických vyspělých evropských zemích. Výjimkou nebylo ani Československo, kde byly již od roku 1928 studovány

vodohospodářské otázky v lesnatém povodí Kyřochové a v bezlesém povodí Zděchovky na Valašsku (*Válek 1958, 1977*).

Po 2. světové válce byl z popudu akademiků **Mařana a Lhoty** soustředěn lesnický vodohospodářský výzkum do oblasti Moravskoslezských Beskyd. Zde jsou v nepřerušené řadě **od roku 1953** dodnes studovány základní vazby otázek „lesa a vody“ ve dvou plně lesnatých dílčích povodích (povodí Malá Ráztoka s původními převážně bukovými porosty, povodí Červík s původním dominantním smrkem). Řadu nesmírně cenných poznatků z těchto stacionářů lze čerpat z řady prací **Zeleného** (1971, 1974), **Jařabáče a Chlebka** (1988, 1996).

Podobně zaměřené výzkumné programy byly založeny i v Německu, Švýcarsku, Rusku i dalších zemích (*Brechtel, Hoyningen-Huene 1978, Benecke, van der Ploeg 1978, Mitscherlich 1971, Schmaltz 1969 a další*).

## SPOLEČNÝ PROJEKT LDF MZLU V BRNĚ A VÚLHM V OPOČNĚ

Výše naznačený okruh základních otázek a vazeb „lesa a vody“ se snaží řešit i jeden z výzkumných programů Lesnické a dřevařské fakulty MZLU v Brně v součinnosti s Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti - Výzkumnou stanicí v Opočně. Projekt s výstižným názvem *florské lesní ekosystémy a jejich obhospodařování s cílem tlumení povodní* je v současné době finančně podporován prestižní Grantovou agenturou (GA) ČR. Jeho součástí jsou i trvalé výzkumné plochy v katastru obce Deštné v Orlických horách, kde se studuje vodní režim obou hlavních dřevin horských lesů - smrku a buku, a to v běžném hospodářském lese. Měření všech položek vodní bilance těchto lesních porostů probíhá v Deštném v nepřerušované řadě již od roku 1977, takže dnes máme k dispozici 25letou řadu výsledků včetně po-



Obr.1 Liniové uspořádání srážkoměrů ve smrkovém porostu pro měření podkorunových srážek

znatků z přívalových povodní v červenci 1997, v červenci 1998 i z poslední povodně na přelomu 1. a 2. dekády srpna 2002.

## VODNÍ REŽIM SMRKU A BUKU

Vodní režim lesních ekosystémů je v prvé řadě závislý na nabídce atmosférických srážek, dále na spotřebě vody lesem (tzv. sumární výpar, tj.: intercepce + transpirace + evaporace z půdy) a změnách zásoby vody v půdě. Základní rovnici vodní bilance tak lze např. znázornit v této podobě:

$$O = S - ITE \pm \Delta Vp$$

kde

O = odtok,

S = srážky volné plochy

ITE = sumární výpar (I = intercepce; T = transpirace;

E = evaporace z půdy)

$\Delta Vp$  = změna zásoby vody v půdě

Zjednodušeně lze tedy konstatovat, že z lesa odečte takové množství vody, které není spotřebováno na jeho fyzikální výpar (intercepce, evaporace z půdy), fyziologické potřeby (transpirace) a na doplnění zásob půdní vody.



Obr. 2 Velmi významné postavení ve vodním režimu bukových porostů má stok po kmenech stromů



Obr. 3 Stok po kmenech smrků je nepodstatný i při přívalových srážkách

Spotřeba vody lesními porosty - sumární výpar je pochopitelně mj. závislý na biomase lesních ekosystémů, zejména pak na množství asimilačních orgánů. A to je vždy výrazně vyšší u jehličnatých smrkových porostů (ve fázi tyčovin a kmenovin v průměru 15 až 20 tun sušiny jehličí na hektar) než u porostů bukových (v průměru 2 až 4 tuny sušiny listů na hektar, navíc jen v průběhu 5 až 7 měsíců vegetačního období).

### ZJEDNODUŠENÝ PRŮBĚH VODNÍ BILANCE OBOU SROVNÁVANÝCH TYPŮ POROSTŮ

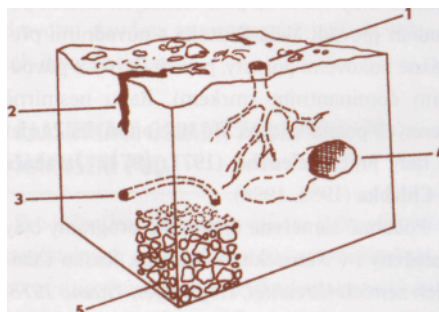
Při každé srážce je jejich část zadržena v korunách stromů, odkud se později vypaří (intercepce). Vzhledem k výše uvedeným údajům zadrží koruny smrků pochopitelně podstatně více srážek než koruny buků, což bylo potvrzeno bez výjimky při všech experimentálních šetřeních (Delfs 1955, Mitscherlich 1971, Schmaltz 1969, Válek 1958, Zelený 1974 a mnozí jiní). Konkrétně v Orlických horách činila intercepce ve smrkovém porostu v ročním průměru 210 mm (16 % srážek), v bukovém porostu jen 85 mm (7 % srážek).

Zbývající část srážek propadne korunami k půdě, popř. steče po kmenech stromů. Jako zajímavost lze uvést, že po jednom kmeni dospělého buku soustředěně steče při srážce o síle 50 mm až 1 500 litrů vody, naopak u smrku je stok po kmeni výrazně nižší (při téže srážce jen 30 až 50 litrů).

Po dopadu na lesní půdu se do ní srážková voda v rozhodující míře vsakuje. Kromě sycení půdních porů a následného prosakování se infiltrovaná voda dostává také systémem vodních cest (kanálek vytvářených v lesní půdě kořeny dřevin, živočichy apod.) k horninovému podloží, po němž stéká a přitom se v jeho prohlubních i zadržuje.

Je-li horninové podloží nepropustné, přechází infiltrovaná voda do podpovrchového odtoku

půdou, pokud je puklinové, prostupuje dále do podzemních vod a podílí se na odtoku podzemním. A právě zde je podstatný rozdíl vodohospodářské účinnosti lesů ve srovnání se zemědělskými půdami, jejichž vsakovací schopnost bývá



Obr. 4 Soustava makroporů vytvářejících gravitační vodní cesty v lesní půdě (1 - kanálky po odumřelých kořenech, 2 - mrazové trhliny, 3 - chodbičky půdních červů, 4 - nory malých živočichů, 5 - prostory mezi půdními agregáty)

zpravidla výrazně nižší. I při přívalových deštích, které vyvolaly povodně v létě 1997, 1998 i v srpnu tohoto roku byl odtok po povrchu půdy ve smrku i buku nepodstatný (Šach, Kantor, Černohous 2000). Opakovaně je třeba připomenout, že se v daném případě jedná o běžně obhospodařované lesní porosty. Zvýšený povrchový odtok (i když zpravidla ne nebezpečný) bývá obvykle zaznamenán jen při jarním tání sněhu v nesmíšeném bukovém porostu, kde ulehlá vrstva listů má menší vsakovací schopnost než smrková hrabanka. Navíc intenzita tání sněhu bývá v bezlistých bukových porostech zejména za slunečního počasí až o 30 % vyšší než v zapojených smrkových porostech.

Při běžném režimu srážek je voda v půdě čerpána kořeny stromů pro zajištění jejich fyziologických procesů (transpirace). **Intenzita transpirace je u listnatých porostů obvykle 2 až 5 krát vyšší než u porostů jehličnatých. S ohledem na výrazně větší hodnoty biomasy jehličí smrkových porostů oproti biomase listů v bukových porostech se ale zpravidla rozdíl mezi transpirací jehličnanů a listnáčů neliší.** Tento velice významný poznatek byl potvrzen zejména německými výzkumy již před 30 až 40 lety (Ladefoged 1963, Mitscherlich 1971, Schmaltz 1969). Podobně dospělé lesní porosty smrku i buku v Orlických horách spotřebovaly na tuto formu výparu prakticky shodné množství srážek (průměrně 180 až 200 mm ročně).

Konečně určitá část půdní vláhly (evaporace) se přímo vypaří z povrchu půdy - v našem případě se jednalo v obou typech porostů řádově o 80 mm za rok.

Z dosud uvedeného je tedy zřejmé, že lesní ekosystémy jsou značným spotřebitelem srážkové vody. Přitom nejen poznatky z Orlických hor, ale i všechny dostupné zveřejněné prameny zcela jednoznačně potvrdily podstatně větší spotřebu vody smrkových porostů v přímém srovnání s porosty bukovými (tab. 1).

Z pohledu tlumení velkých vod a povodní má dále zcela mimořádné postavení maximální vodní kapacita lesních půd. Je to největší množství vody, které je schopna půda zadržet. V našem konkrétním případě v Orlických horách (lehká písčitohlinitá až hlinitopísčité kambizem s průměrnou 50% příměsí skeletu) činila její hodnota při hloubce půdy 70 cm řádově 270 mm. Přitom v průběhu letních měsíců se pohyboval skutečný obsah vody v půdě obou porostů mezi 170 mm až 190 mm a ani v bezsrážkových periodách neklesl pod 150 mm. V daném případě tak byla lesní půda horských smrkových a bukových porostů schopna běžně zadržet a akumulovat 40 až 60 mm srážkové vody, maximálně pak

Tabulka 1: Vodní bilance dospělých smrkových a bukových porostů (mm / %)

Autor Oblast šetření	Srážky volné pl.	Smrk		Buk	
		celkový výpar	odtok	celkový výpar	odtok
Brechtel, Hoyningen - Huene (1978) NSR - Frankfurt n.M.	663	582 88	81 12	554 84	109 16
Benecke, van der Ploeg (1978) NSR - Solling	1066	616 58	450 42	515 48	551 52
Ambros (1978) Slovensko - Karpaty	1100	550 50	550 50	451 41	649 59
Zelený (1971, 1974) ČR - Beskydy	sm 1080 bk 1250	476 44	604 56	433 35	817 65
Kantor (1984) ČR - Orlické hory	1296	491 38	805 62	346 27	950 73

100 mm. V momentě dosažení plné vodní kapacity lze půdu přirovnat k houbě plně nasycené vodou, která není již schopna zadržet ani milimetr dalších srážek.

## ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ

Na základě dlouhých časových řad experimentálních pozorování nejen v Orlických horách, ale i v Beskydech a analýzou řady zahraničních studií lze s vysokou mírou pravděpodobnosti považovat za prokázané následující základní poznatky, které byly publikovány v již zmíněném článku v MF DNES a Aktualitách LP:

• **Povrchový odtok a následná půdní eroze jsou v lesních porostech zcela zanedbatelné. To platí nejen pro přirozené lesy, ale i pro lesy hospodářské.** Dokonce i na holých sečích nejsou erozní procesy (s výjimkou balvanitých lokalit) důsledkem pouhého vykácení stromů, ale jsou vždy projevem špatně organizovaného nasazení a pohybu těžkých mechanizačních prostředků a dalších činností člověka. Absence povrchového odtoku v lese (který zde kromě vysoké vsakovací schopnosti půdního tělesa eliminuje

i soustava vodních cest vytvářených v lesní půdě kořeny stromů, živočichy aj.), oproti jeho častému výskytu na zemědělsky obhospodařovaných pozemcích, je tak prvním a velmi významným předpokladem tlumení povodní v krajině.

Jako učebnicový příklad lze uvést lokální povodeň ze dne 15.7.2002 v povodí toku Hodonínky (okr. Blansko). V prakticky bezlesých částech katastrů obcí Crhov a Olešnice spadlo v průběhu dvou hodin 100 až 170 mm srážek, které bezprostředně stekly v rozhodující míře po povrchu zemědělských pozemků do toků a způsobily mnohamilionové škody na majetku a bohužel i ztráty dvou lidských životů.

• Z pohledu ekologické stability i trvalosti a bezpečnosti produkce je jednou z nezpochybnitelných priorit lesního hospodářství přeměna smrkových monokultur na smíšené porosty. Výsledky výzkumu ale zcela jednoznačně prokázaly, že zvýšený podíl listnáčů nesníží nebezpečí velkých vod a povodní. Listnaté dřeviny jsou totiž vzhledem k bezlistému stavu v mimovegetačních obdobích i menší biomase asimilačních orgánů schopny zadržet a odčerpát měř srážkové vody než dřeviny jehličnaté (zejména smrk).

• Středohorské a horské lesy (na rozdíl od všech nelesních ekosystémů) tlumí velmi snadno přívalem srážky o síle do 50 mm. Souvislé srážky o velikosti do 100 mm se již projeví na celkové výši odtoku vody z lesa, ale z pohledu vodohospodářské účinnosti jsou ještě přijatelné. **Za kritickou mez pro účinné tlumení povodní lesem lze považovat hranici 150 až 200 mm souvislých srážek. Při tomto úhrnu je již lesní půda vždy zcela nasycena vodou včetně zaplnění prohlubní jak v půdním povrchu, tak v horninovém podloží. Poté nastává neřízený a spontánní odtok vody celým půdním profilem, vystupující často i na povrch půdy, a to bez ohledu na druhovou skladbu nebo sebejemnější způsoby obhospodařování.** Jinými slovy řečeno i těleso lesní půdy má podobně jako technická zařízení - přehradní nádrže - své kapacitní možnosti, které nelze, byť bychom si to sebevíce přáli, překročit.

Seznam použité literatury je k dispozici u autora.

Referát byl vypracován v rámci Výzkumného projektu finančně podporovaného GA ČR (č. 526/02/0851) a Výzkumného záměru LDF MZLU v Brně (č. MSM 434100005).

Adresa autorů:

Prof. Ing. Petr Kantor, CSc.  
Ústav zakládání a pěstění lesů,  
LDF, MZLU v Brně  
Zemědělská 3, 613 00 Brno,  
e-mail:kantor@mendelu.cz

Ing. František Šach, CSc.  
VÚLHM - Výzkumná stanice Opočno  
517 73 Opočno,  
e-mail:sach@vulhmop.cz



Obr. 5 Plocha pro měření povrchového odtoku ve smrku



Obr. 6 Měření složek vodní bilance probíhá nepřetržitě i v zimních obdobích