

ZMĚNY HLADINY PODZEMNÍ VODY VLIVEM HYDROMELIORAČNÍHO ZÁSAHU A ODRŮSTÁNÍ OBNOVENÝCH LESNÍCH POROSTŮ

INFLUENCE OF DRAINAGE TREATMENT AND GROWING OF RENEWED FOREST STANDS ON CHANGES IN GROUNDWATER TABLE

VLADIMÍR ČERNOHOUS - DAVID DUŠEK - FRANTIŠEK ŠACH
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The aim of the research emerged from necessity of gaining the long-term objective knowledge about salvage clear-cut area waterlogging and its changes due to impacts of young plantation development in combination with hydroameliorative treatment. Investigation was done in a forested catchment on a waterlogged shoulder of the Orlické hory Mts. The paper deals with changing groundwater level of the first aquifer in a range from 0 to 0.9 m below ground, which was examined within a waterlogged part of the catchment. The changes are related to precipitation, streamflow discharge, run-off, influence of drainage treatment and growth of young forest stands. In the period of 2004 – 2008, the similar relationships were examined also for the second aquifer situated between 9 – 12 m below ground. For revealing relationships and proving significance, the Spearman's coefficient of rank correlation was used. It can be concluded that changes of shallower aquifer level of groundwater are significantly correlated with amounts of rainfall, runoff and growth of a young forest stand. The deeper aquifer does not respond to both precipitation and runoff so closely. The change of deeper groundwater table is perceptible only during long-term periods of rain or drought. Correlation between changes of groundwater level of both aquifers was not found.

Klíčová slova: lesní povodí, odvodnění, hladina podzemní vody, obnova porostů
Key words: forest watershed, drainage, groundwater table, forest stand renewal

ÚVOD

Obnova kalamitních holin (imise, kůrovec, bořivé větry a sníh) je vzhledem k jejich neustálému výskytu aktuální problém vyžadující značné úsilí. Jednou z překážek a komplikací úspěšné obnovy je zamokření lokalit. Zamokření kalamitních holin svahovou proudící vodou a pramennými vývěry (NAVRÁTIL 1997) a kombinované zamokření (KREŠL 1980) vzniká v podstatě ze dvou hlavních příčin. První příčina má povahu biologickou. Jedná se o snížení celkového výparu (zejména transpirace) následkem odstranění stromové a zčásti též přizemní vegetace. Druhá příčina je technického charakteru (cf. SUN et al. 2001) a spočívá v porušení hydrografické sítě těžných ploch pojezdem těžebních a vyvážecích mechanismů (s častým vytvářením bezodtokových míst) a v koncentrovaném přivádění vody propustky s nepřiměřeným rozstupem (BENEŠ 1990, ŠACH 1990). Různé náhledy na obhospodařování takto zamokřených ploch a zvláště pak protichůdné názory na použití hydromelioračních zásahů při obnově porostů vyústily v roce 1991 v založení experimentu s úpravou vodního režimu půd ve vodou ovlivněném horském povodí v Orlických horách. Z lesnického hlediska bylo a je cílem těchto odvodňovacích opatření na zamokřených lesních půdách uvolnění půdního profilu pro vzduch a tím zlepšení produkční schopnosti lesní půdy pro pěstování lesních dřevin. Z hydrologického hlediska zabezpečuje odvodnění zvýšení retenční a akumulární schopnosti lesních povodí pro příjem srážkové vody. Důvodem založení experimentu byla potřeba získání objektivních poznatků o zamokření imisních holin a jeho změnách (stav a zaklesnutí podzemní vody) vlivem vývoje následné vegetace a obnovovaných lesních kultur v kombinaci s hydromelioračním zásahem.

MATERIÁL A METODIKA

Experimentální povodí U Dvou louček (UDL) bylo založeno ve vrcholové partii Orlických hor 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 Kolowratských lesů. Povodí má plochu 32,6 ha a nachází se 880 – 940 m n. m. Na podkladu dvouslídne ruly a svoru série stroňské se zde vytvořily půdní typy humusový podzol a kambizem (hnědá a šedá lesní půda humusová) s lokálním ložiskem organozemě. Kvartérní pokryv je tvořen deluviálními a fluviodeluviálními písčitymi hlínami a jílovitými hlínami s vysokou příměsí skeletu (20 – 50 %). Mocnost kvartérního pokryvu je 1 – 2 m.

Z hydrogeologického hlediska patří povodí ke krystaliniku Orlických hor. Ve vrcholové partii povodí je hladina podzemních vod zakleslá několik metrů pod povrchem terénu. Na příčných tektonických hranicích svorů a rul, které působí hydraulické bariéry, se část infiltrované vody vzdouvá do půdního profilu, ve vlhkých periodách až k povrchu terénu. Na tektonických zlomech vznikají četné přirozené pramenní vývěry. Čtvrtina rozlohy povodí je tedy ovlivněna vysokou hladinou podzemní vody (protékající voda a prameniště) (ŠEDA 2003).

Povodí vykazuje proměnlivý sklon, v dolní části 7,5°, ve střední 8,5° a v horní 4,3°. Vodoteč odvodňující povodí je tvořena dvěma rameny o délce 340 m a 300 m. Plocha vzrostlého bukospmrkového porostu (průměrný věk 80 let) činí 5,7 ha (17,5 % plochy). Zbývající plocha povodí je bývalá imisní holoseč s různověkou smrkovou kulturou o maximálním stáří patnácti let. Lesní vegetaci tvoří lesní typy 7K3,

7P1 a 7T1. Dlouhodobé roční průměry činí u ovzdušných srážek 1 350 mm, u odtoků 910 mm a u územního výparu 440 mm. Hydromeli-orační opatření sledující obnovení funkčnosti existující odvodňovací sítě, podchycení odtoku z pramenišť a bezodtokových míst a přerušení spádnicových erozních vodotečí se uskutečnilo na ploše do 3 ha v roce 1996 sporadickou sítí otevřených příkopů 60 – 70 cm hlubokých. Délka ručně kopaných odvodňovacích příkopů přitom dosáhla ca 500 m.

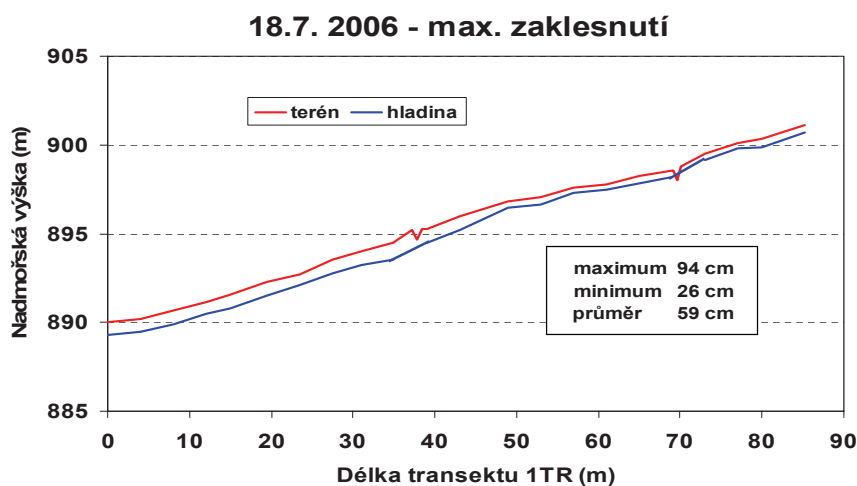
Hladina podzemní vody první zvodně je od roku 1993 sledována 52 jehlovými sondami (hladinoměrnými trubnicemi) o hloubce 70 až 90 cm ve dvou transektech (liniích) a na čtyřech mikroplochách. Transekty jsou vedeny po spádnici (1TR – 85 m) a napříč k melioračním příkopům šikmo k vrstevnicím (2TR – 36 m). Mikroplochy o velikosti 4 x 4 m se lišily vegetačním krytem (porost rašeliničku, třtiny, metlice a smíšený). Interval měření je obvykle sedmidenní, v závislosti na povětrnostních podmínkách. Postupy měření hloubky hladiny mělké podzemní vody jsou prakticky shodné s metodikou, kterou ve stejné době představili na výzkumném povodí s jehličnatým smíšeným lesem v Britské Kolumbii MOORE, THOMSON (1996). Dále jsou počínaje rokem 2003 sledovány změny hladiny podzemní vody druhé zvodně šesti hlubinnými vrty o hloubce 9 až 12 m v intervalu čtrnácti dní. Pět je jich umístěno v rulovém podloží a jeden ve svorovém.

Pro vyhodnocení souvislosti a spjitosti vztahu srážek s kolísáním hladin a průtokem a odtokem byly použity úhrny srážek volné plochy a odtoků za daný interval a průměrné denní průtoky v den měření hladiny. Korelace mezi hodnotami byly zjišťovány a testovány pomocí neparametrického Spearmanova koeficientu pořadové korelace (ZAR 2009). Stejný postup využívá pro detekci a porovnávání párů hydrologických proměnných BURN (2002), který však vzhledem k jednoduššímu rozdělení četností po nulovou hypotézu (koeficient pořadové korelace = 0) použil neparametrický korelační koeficient Kendallův τ (tau). Hodnocení vlivu melioračního zásahu a odrůstání obnovovaných lesních porostů bylo provedeno graficky a pomocí Studentova t-testu. K tomuto hodnocení byly použity průměrné hodnoty zaklesnutí podzemní vody první zvodně a porovnány ve třech obdobích. Porovnávaná období byla získána na základě průběhu dvojné součtové čáry srážek a odtoků (HERBER 1990). První je „kalibrační“ od založení experimentu do provedení hydromelioračního zásahu (hydrologický rok 1992 až 1995), druhé „pozásahové“ (hydrologický rok 1996 až 2001) a třetí „hydrologicko porostní stabilizace“ (hydrologický rok 2002 až 2008). U třetího období se jedná o souběh dvou vlivů jak hydromelioračního, tak porostního.

Přes 80 % plochy povodí UDL představuje bývalá imisní holina s odrůstající smrkovou kulturou, od roku 2001 ve stadiu mlaziny až tyčkoviny. Tyto mladé porosty ovlivňují odtok a hladinu podzemní vody svou luxusní transpirací v zamokřené části povodí a zvyšováním počtu preferenčních cest podél rozrůstajících se kořenů. Jak dokládá např. SIDLE (1980) a NIŽNANSKÁ et al. (2005), srážková voda vniká do lesní půdy a prostupuje jí především makropóry, umožňující rychlý pohyb vody v půdě a to nasyceným i nenasyceným půdním profilem.

VÝSLEDKY

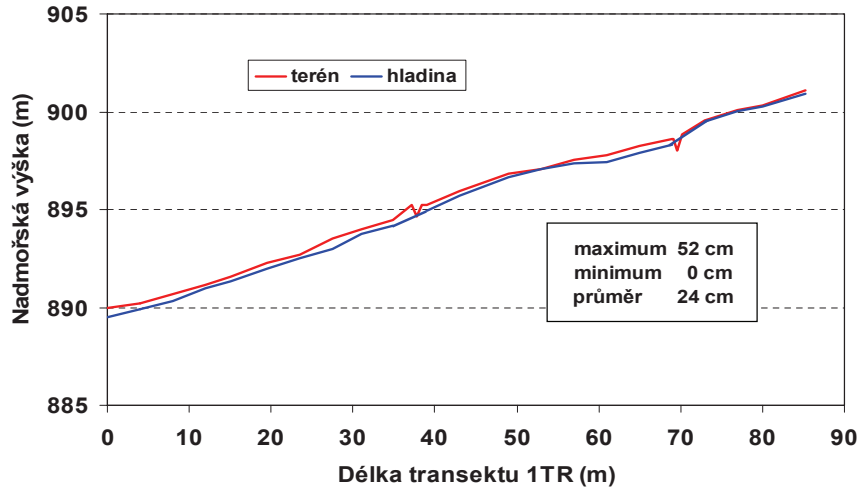
Po 4 letech kalibrace (1992 – 1995) byla ekologicky šetrným postupem včetně ručního provedení realizována rekonstrukce hydrografické (odvodňovací) sítě. Vyhotovený hydromeliorační zásah s úpravou vodního režimu půd a poškozené hydrografické sítě byl proveden v takovém rozsahu a intenzitě, aby zamokřené lokality nevysušil, ale pouze snížil hladinu podzemní vody na potřebnou úroveň k zajištění obnovy porostu. Tuto úroveň FERDA (1967) a HERYNEK (1976) stanovili na 60 – 80 cm pod povrchem. Námi dosažené hodnoty průměrného maximálního zaklesnutí v obdobích sucha v rozmezí 25 až 65 cm se k danému rozpětí přibližují. Šestnáctileté měření hladiny podzemní vody první zvodně v hloubce 0,90 m v zamokřené části povodí včetně rašeliny bylo realizováno jednak v linii – transektu 1TR po spádnici, jednak v linii 2TR napříč (kolmo) k odvodňovacím příkopům (šikmo k vrstevnicím). U maximálního průměrného zaklesnutí hladiny na transektu 1TR po spádnici došlo v obou obdobích po zásahu k většímu poklesu hladiny ze 44 cm na 55, respektive 57 cm pod teréнем s menším rozkyvem hodnot. Minimální zaklesnutí se také prohloubilo z 9 cm na 14 a 25 cm. Statistické porovnání t-testem na hladině významnosti 0,05 potvrdilo rozdílnost kalibračního období od pozásahového a stabilizačního u maximálního zaklesnutí a stabilizačního od kalibračního a pozásahového období u minimálního zaklesnutí. Tyto výsledky jasně prokázaly vliv jak hydromelioračního zásahu, tak hlavně vliv odrůstání lesních porostů ve třetím období hydrologicko porostní stabilizace. Na transektu 2TR napříč k příkopům také došlo ke snížení rozkolísanosti hodnot, ale statisticky významného rozdílu dosáhlo jen maximální zaklesnutí v období hydrologicko porostní stabilizace (32 cm proti 24 cm) vlivem odrůstání porostů. Popsané výsledky jsou ilustrovány obrázky 1 až 4. Nižší zaklesnutí hladiny na transektu 2TR je způsobeno jeho umístěním do více zamokřené části povodí s převahou organozemí.



Obr. 1.

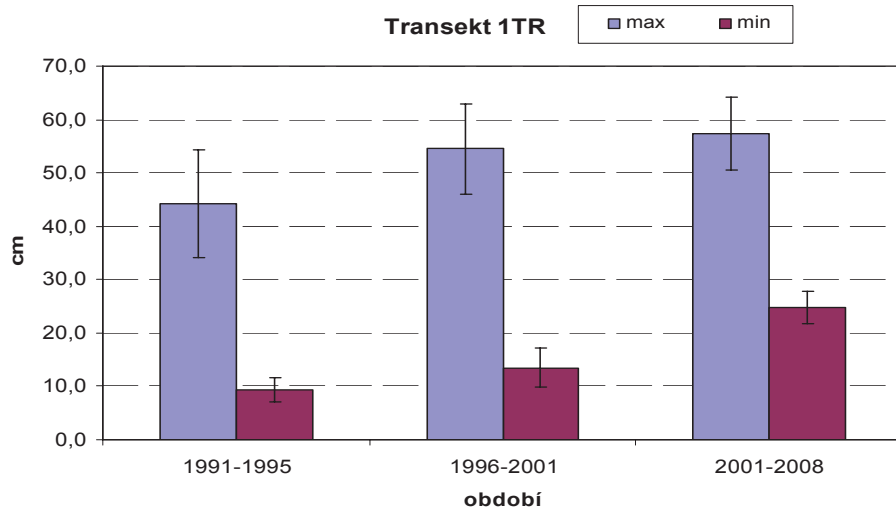
Maximální zaklesnutí hladiny podzemní vody v roce 2006 na transektu 1TR „Po spádnici“
Maximum depth of groundwater level on a downslope transect (1TR) in 2006

9.8. 2006 - min. zaklesnutí



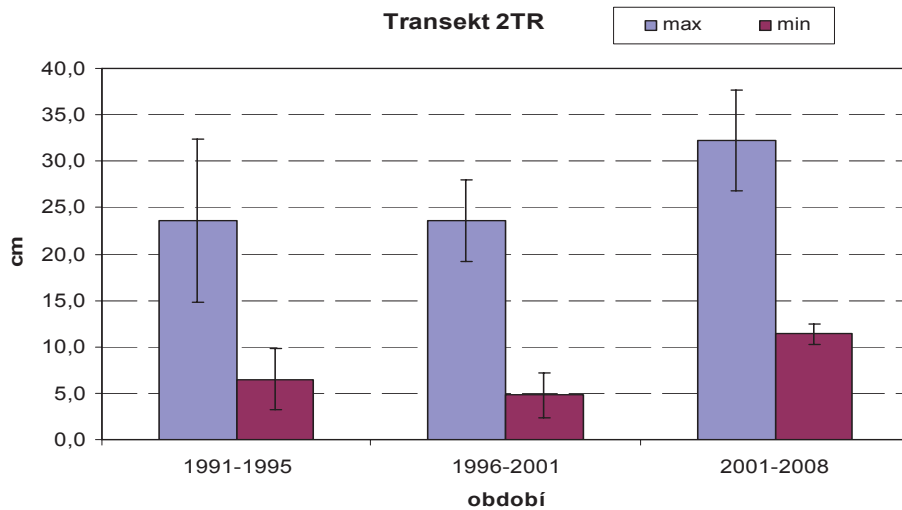
Obr. 2.

Minimální zaklesnutí hladiny podzemní vody v roce 2006 na transektu 1TR „Po spádnici“
 Minimum depth of groundwater level on a downslope transect (1TR) in 2006



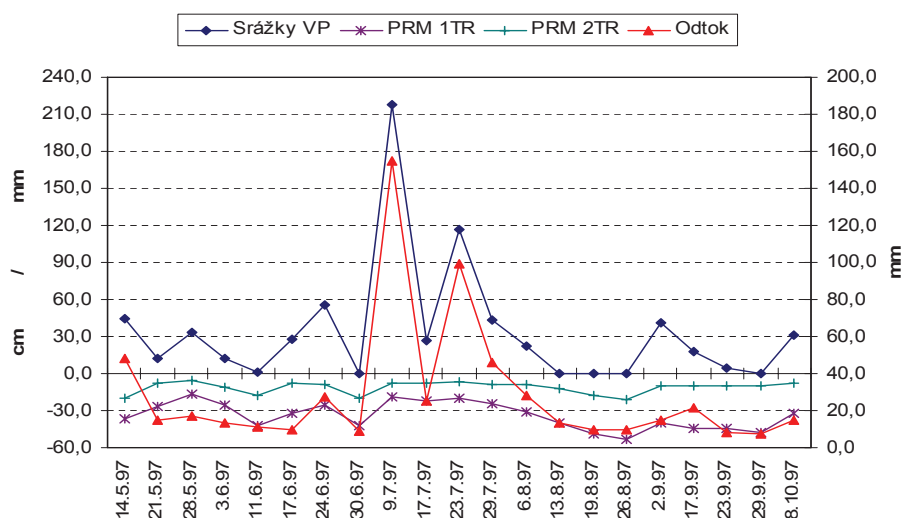
Obr. 3.

Průměrné zaklesnutí hladiny podzemní vody ve sledovaných obdobích na transektu 1TR „Po spádnici“
 Mean depth of groundwater table on a downslope transect (1TR) in investigated periods



Obr. 4.

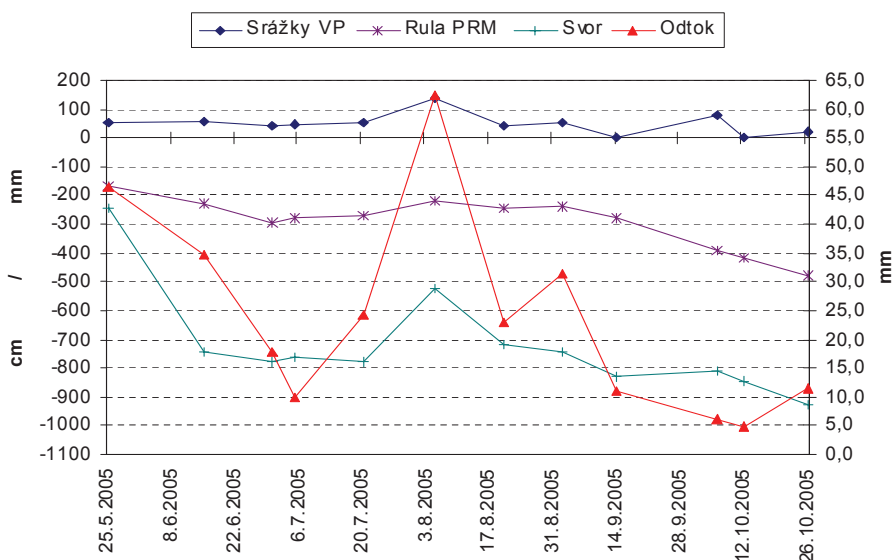
Průměrné zaklesnutí hladiny podzemní vody ve sledovaných obdobích na transektu 2TR „Napříč kanálů“
 Mean depth of groundwater table on a transect across ditches (2TR) in investigated periods



Obr. 5.

Srážky, odtok a průměrné hodnoty kolísání hladiny na transektu 1TR a 2TR v roce 1997

Precipitation, runoff and mean depth values of groundwater level variation (the 1st aquifer) on a downslope transect (1TR) and on that across ditches (2TR) in 1997



Obr. 6.

Srážky, odtok a průměrné hodnoty kolísání hladiny v rule a svoru v roce 2005

Precipitation, runoff and mean depth values of groundwater level variation (2nd aquifer) on gneiss bedrock and on mica schist one in 2005

Úzký vztah (korelace) mezi průběhem srážek, průtoků, odtoků a zaklesnutím hladiny podzemní vody první zvodně během vegetačního období byl prokázán Spearmanovým koeficientem pořadové korelace převážně na hladině významnosti 0,01, viz tabulku 1 a obrázek 5. Neprokázání vztahu mezi srážkami a průtoky v některých letech vzniklo porovnáním sumy srážek za určitý časový úsek a průměrného průtoku v posledním dni tohoto časového úseku, kdy zvýšený průtok vyvolaný srážkou již odezněl. U vztahu srážek a odtoků za stejné časové úseky již k nekorelativnosti nedochází.

Testování prokázalo trvalou významnou korelaci mezi srážkami a odtoky na straně jedné a kolísáním podzemní vody v hladinomě-

ných sondách (trubicích) na straně druhé během celého období sledování pouze v linii 1TR po spádnicí (protékající gravitační voda).

Průkazný výsledek (korelaci) vykazoval měření v linii 2TR hladinoměrných trubic kolmo k odvodňovacím příkopům (šikmo k vrstevnicím) pouze v kalibračním (1992 – 1995) a tzv. pozásahovém období (1996 – 2001). V té době ještě spotřeba vody obnovované smrkové kultury (a tím i celková evapotranspirace ET) nebyla tak výrazná. Od roku 2002 (období porostní a hydrologické stabilizace) se však korelace mezi srážkami a odtoky na jedné straně a kolísáním hladiny podzemní vody v linii trubic napříč odvodňovacími příkopy na straně druhé stala nevýznamnou. V tomto období porostní a hydrologické stabilizace

Tab. 1.

Významnost korelací v rámci první zvodně podle Spearmanova koeficientu pořadové korelace (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)
Significance of correlations in the first, shallower aquifer by Spearman coefficient of rank correlation (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)

	1993	1995	1997	1999	2000	2001	2002	2005	2008
Srážky VP ¹ & Průtok ²	0,37	0,58**	0,58**	0,56**	0,58**	0,33	0,04	0,69**	0,30
Srážky VP & Odtok ³	0,67**	0,61**	0,83**	0,50*	0,44*	0,86**	0,46	0,84**	0,57**
Srážky VP & PRM1TR ⁴	0,64**	0,71**	0,75**	0,73**	0,73**	0,43*	0,81**	0,77**	0,55
Srážky VP & PRM2TR ⁵	0,30	0,65**	0,59**	0,58**	0,69**	0,19	0,16	0,28	0,38
Průtok & Odtok	0,64**	0,79**	0,74**	0,83**	0,72**	0,51*	0,61**	0,67**	0,69**
Průtok & PRM 1TR	0,79**	0,78**	0,83**	0,73**	0,69**	0,67**	0,08	0,86**	0,59**
Průtok & PRM 2TR	0,77**	0,77**	0,52*	0,84**	0,62**	0,40	0,37	0,54*	0,65**
Odtok & PRM 1TR	0,64**	0,67**	0,71**	0,73**	0,54**	0,55**	0,50*	0,64**	0,60**
Odtok & PRM 2TR	0,54**	0,66**	0,47*	0,69**	0,57**	0,36	0,32	0,21	0,49*

Variables: ¹precipitation of open area; ²discharge; ³runoff; ⁴mean depth of groundwater table on a downslope transect; ⁵mean depth of groundwater table on a transect across ditches

Tab. 2.

Významnost korelací v rámci druhé zvodně podle Spearmanova koeficientu pořadové korelace (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)
Significance of correlations in the second, deeper aquifer by Spearman coefficient of rank correlation (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)

	2004	2005	2006	2007
Srážky VP ¹ & Průtok ²	0,000	0,608*	0,300	-0,217
Srážky VP & Odtok ³	0,609*	0,594*	0,733*	0,750**
Srážky VP & Rula ⁴	-0,364	0,608*	0,600*	0,333
Srážky VP & Svor ⁵	-0,286	0,615*	0,367	0,300
Průtok & Rula	0,756**	0,881**	0,767**	0,617*
Průtok & Svor	0,286	0,888**	0,800**	0,767**
Odtok & Rula	0,191	0,783**	0,550	0,817**
Odtok & Svor	0,357	0,895**	0,517	0,767**

Variables: ¹precipitation of open area; ²discharge; ³runoff; ⁴mean depth of groundwater table in gneiss bedrock; ⁵mean depth of groundwater table in mica schist bedrock

(2002 – dosud, tj. 2010) obnovený lesní porost již představoval hlavní regulátor výšky hladiny podzemní vody.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že se meliorační zásah i odrůstání smrkových porostů významně podílelo na změnách zaklesnutí podzemní vody na dané lokalitě. Vzhledem k tomu, že povodí se nachází v CHKO Orlické hory a zásah neměl lokalitu vysušit, ale jen podpořit obnovu lesních porostů, jsou dosažené hodnoty zaklesnutí do 70 cm uspokojivé, zvláště jestliže meliorační zásah budeme považovat za dočasný. Naopak provedením melioračního opatření bylo zajištěno v dané lokalitě s trvalým zamokřením zdárné odrůstání obnovovaných porostů s vnosem buku lesního a jedle bělokoré.

V ostatních částech povodí, kde není hladina podzemní vody nebo je velmi zaklesnutá, jsou dřeviny odkázány na zásoby vody v půdě ze srážek, protože kapilární vztlání je nedostačující nebo nedosahuje do kořenové zóny. Toto konstatování na podkladě hydrologického šetření v povodí U Dvou louček dokládá i ŠVIHLA et al. (2005): „Pro konkrétní půdní profil humusového podzolu na pararule bylo prokázáno dostatečné zásobení kořenové vrstvy lesních porostů při hloubce

hladiny podzemní vody 1,1 m a výšce vztlání 80 až 90 cm. Při větších hloubkách hladiny podzemní vody než 1,2 až 1,3 m je lesní vegetace na tomto typu lesních půd odkázána na zásobení vodou převážně jen ovzdušnými srážkami“. U starších a hlouběji kořenících dřevin je předpoklad škod suchem menší.

Hodnocení pětiletého sledování pohybu hladiny podzemní vody druhé zvodně v hloubce 9 až 12 m pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace prokázalo, že existuje určitý vztah pohybu hladiny v dvouslunné rule a ve svoru série stroňské ke srážkám, průtokům a odtokům. Korelace těchto znaků však není těsná a projevuje se jen v delších obdobích sucha nebo srážek (tab. 2 a obr. 6). Lépe na srážky reaguje změna hladiny druhé zvodně v rule než ve svoru, což je způsobeno rozdílnou zrnitostí a tím i propustností obou hornin pro vodu. Logicky pak průtoky a odtoky více korelují s pohybem hladiny v rule nežli ve svoru.

Korelační vztah mezi kolísáním hladiny obou zvodní (0,9 a 12,0 m) nebyl prokázán. Proto nebyl prokázán ani vliv melioračního zásahu a odrůstání lesních porostů na pohyb hladiny druhé zvodně.

DISKUSE

Změny hladiny podzemní vody vlivem hydromelioračního zásahu byly již v minulosti v ČR sledovány. Jednalo se však převážně o rovinný terén ve 4. lvs Třeboňské pánve. FERDA, ČERMÁK (1980) tam mimo jiné prokázali prospěšnost hydromelioračních zásahů pro vyrovnanější odtokový režim a zlepšující se kvalitu vody odtékající ze zamokřených půd, ale také kladný vliv na přízemní vzdušnou vrstvu a teplotní režim půdy. I když existoval předpoklad perspektivního využití pro horské oblasti, autoři doporučovali provádění výzkumu dlouhodobějšího charakteru na rozsáhlejších plochách také v podhorských a horských oblastech s přihlédnutím ke specifickým podmínkám daného stanoviště. Výsledky našich výzkumů v horském zamokřeném povodí U Dvou louček v Orlických horách jsou s jejich výsledky rámcově konzistentní. Přitom se v obou případech jednalo více či méně o obnovu stavu odvodňovací sítě, který byl na těchto stanovištích již z dřívější.

Se závěry Ferdy a Čermáka se ztotožňuje také Heikurainen (HEIKURAINEN 1976, HEIKURAINEN et al. 1978), když konstatuje daleko větší paralelu finských poměrů i situací ve vztahu k účinkům odvodnění na odtok, než předpokládal. Heikurainen a jeho spolupracovníci ve výše citovaných pracích, v období s našimi výsledky, uvádí větší akumulační schopnost po odvodnění rašelinných stanovišť. Během letního období, které hodnotíme také v našem příspěvku, z odvodněných lesních půd nastávají minimální odtoky vyšší a maximální odtoky nižší než z rašelinných půd neodvodněných (HEIKURAINEN 1980); krátkodobé kulminace z odvodněných ploch při dlouhodobých intenzivních deštích a překročení akumulační kapacity odvodněného profilu však mohou následkem soustředěného odtoku v kanálech převýšit i kulminace z neodvodněných ploch. Tyto závěry jsou analogické s našimi poznatky z období kalibračního, pozásahového a hydrologicko-porostní stabilizace v experimentálním povodí U Dvou louček. Obdobně s již citovanými Ferdou a Heikurainenem se vyjadřuje také PÄIVÄNEN (1980), přitom poznatky ještě více obohacuje o vliv trubkové drenáže: v suchém období je odtok z ploch odvodněných trubkovou drenáží vyšší a ve vlhkém období nižší než z ploch odvodněných otevřenými příkopy. S finskými (HEIKURAINEN, JOENSUU 1981) se české poznatky shodují rovněž v diferencovaných výsledcích z období kalibračního, pozásahového a stabilizačního, rezultující zejména z rozdílné výšky a chování hladiny podzemní vody mělčí zvodně.

Dlouhodobý experiment s holopasečným povodím a jeho melioračním odvodněním hodnotil ve Švédsku mimo jiné ve své studii LUNDBIN (1984). Ve srovnatelných poměrech přírodních a při srovnatelném provádění experimentu jako na povodí U Dvou louček prokázal zanedbatelný rozdíl mezi vysokými odtoky (průtoky) v období po holopasečení a v období po provedení melioračního odvodnění holé seče. Ke zvýšení odtoků (průtoků) docházelo, když zaklesnutí hladiny podzemní vody bylo menší než 20 cm pod povrchem terénu.

MAC CARTHY et al. (1991), ve shodě s naším přístupem v povodí U Dvou louček, zdůrazňují významnost experimentálních postupů ke stanovení složek vodní bilance a získání dat z odvodňovaných mladých porostů *Pinus taeda* včetně vlivu výchovných zásahů na ně pro pozdější modelování a simulace. V pobřežní rovině Severní Karolíny autoři prezentují vazbu mezi tvarem hladiny podzemní vody a intenzitou evapotranspirace $E(t,s)$ = transpirace stromového patra (E_t) a výpar z půdy (E_s). Pro nastavené zaklesnutí hladiny mělké podzemní vody při daném rozestupu odvodňovacích kanálů určuje vysoká denní intenzita $E(t,s)$ v průměru 5 mm/den relativně plochý tvar hladiny mezi kanály. Při prakticky nulové denní intenzitě $E(t,s)$ byla hladina mělké podzemní vody nejvíce vzdutá uprostřed mezi kanály s výrazným snížením ke kanálům v důsledku odtoku.

PÄIVÄNEN (1994a) a také SUN et. al. (2001) dovádějí své studie až k BMP (Best Management Practices) týkající se opatření údržby odvodňo-

vacího systému a následné pěstební péče, zejména výchovy porostů a k tvorbě odpovídající legislativy (PÄIVÄNEN 1994b). V období s nimi pak na bázi experimentálních výsledků z pokračujících výzkumů obsahují nově zpracované postupy také práce domácích autorů BÍBA, ČERNOHOUS (1995), ČERNOHOUS, SACH (2007).

ZÁVĚR

Vyhodnocení šestnáctileté řady měření kolísání hladin podzemní vody první zvodně v hloubce 0,90 m a pětileté řady druhé zvodně v hloubce 9 až 12 m ve vztahu ke srážkám, odtokům a vzájemně mezi oběma zvodněmi pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace přineslo jednoznačné potvrzení, že pohyb hladiny první zvodně úzce souvisí s úhrny srážek a odtoků a odrůstáním lesních porostů. Vztah druhé zvodně ku srážkám a odtokům není tak těsný a je patrný jen v dlouhých periodách deštů nebo sucha. Korelace mezi kolísáním hladin obou zvodní nebyla nalezena.

Na základě získaných výsledků zaklesnutí hladiny podzemní vody lze konstatovat, že se meliorační zásah i odrůstání smrkových porostů významně podílely na změnách tohoto zaklesnutí na dané lokalitě v rámci sledovaných období. Statistické porovnání t-testem na hladině významnosti 0,05 potvrdilo rozdílnost kalibračního období od pozásahového a stabilizačního u maximálního zaklesnutí a stabilizačního od kalibračního a pozásahového období u minimálního zaklesnutí. Tímto byl jasně prokázán vliv jak melioračního zásahu, tak hlavně vliv odrůstání lesních porostů ve třetím období hydrologicko-porostní stabilizace.

Rekonstrukce hydrografické (odvodňovací) sítě umožnila příznivější odrůstání lesní kultury a naplnění její požadované hydrologické účinnosti včetně podpoření její statické a ekologické stability. Rekonstruovaná hydrografická síť zároveň pomohla a pomáhá udržovat volný retenční prostor v lesní půdě pro transformaci vysokých a příválových srážek v pomalejší odtok půdou a v perkolaci do hydrogeologických struktur.

Dále lze konstatovat, že v oblastech bez hladiny podzemní vody nebo s jejím velkým zaklesnutím může pokles vlhkosti svrchních půdních horizontů vést k nedostatku vody pro založené a odrůstající kultury a následně i k jejich poškození (špatné ujímání a růst, úhyn). Zvláště v květnu a červnu je pro nové výsadby úbytek vláhy až k bodu snížené dostupnosti velmi nepříznivý. Mladé kultury nemají dostatečně vyvinutý kořenový systém a nemohou získat vláhu z hlubších vrstev půdního profilu. To dokládá nutné vylepšování založených kultur v procentech plochy vysázené předešlý rok na polesí Řičky a Luisino údolí (ČERNOHOUS 2000). I když příčiny nutného vylepšování založených kultur jsou různé (přísušek, myšovití, hmyzí škůdci, turistika apod.), lze vysledovat vliv suchých period na úhyn, zvláště v roce 1994.

Naopak v místech pramenných vývěřů, okolí vodotečí a v místech soustředování a zadržování povrchové vody mohou vlivem neudržování a narušení hydrografické sítě nastat problémy s vysokou hladinou podzemní vody, a tím i s obnovou porostů. V takových případech je nutné provést šetrný hydromeliorační zásah podle stavu konkrétní lokality s trvalou nebo dočasnou účinností, často cílený jen k rekonstrukci a údržbě již dříve přírodou a našimi předky vytvořené vodopisné sítě.

Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZE ČR výzkumného záměru č. MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a projektu NAZV QH92073 „Horské lesy – základní ekosystémy ovlivňující vodní bilanci, velké vody a suchá období v krajině“.

LITERATURA

- BENEŠ J. 1990/1991. Ekologické požadavky na výstavbu lesních cest. In: Acta universitatis agriculturae, Facultas silviculturae Brno, Series C, sv. 59/60(1/4): 55-71.
- BÍBA M., ČERNOHOUS V. 1995. Zásady úpravy vodního režimu půd a obhospodařování lesů na zamokřených stanovištích. Realizační výstup etapy dílčího úkolu Meliorace lesních půd k zlepšení funkční účinnosti lesního fondu projektu Stabilizace a rozvoj produkční a mimoprodukčních funkcí lesů ... Opočno, VÚLHM-VS: 17 s.
- BURN D. H. 2002. Regional hydrologic impacts of climatic change. In: Sidle R. C. (ed.), Environmental changes and geomorphic hazards in forests. Report no. 4 of the IUFRO Task Force on Environmental Change. Wallingford, Oxon, CABI in association with IUFRO: 25-44. ISBN 0-85199-598-5.
- ČERNOHOUS V. 1996. Hladina podzemní vody a půdní vláhla v zamokřeném povodí po imisních těžbách. Zprávy lesnického výzkumu, 41 (2): 5-8.
- ČERNOHOUS V. 2000. Suché periody v Orlických horách během vegetačního období a jejich potenciální vliv na ujímavost, odrůstání a zdravotní stav smrkových kultur. In: Slodičák M. (ed.): Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor, Sborník referátů z celostátního semináře, Opočno, 31. 8. – 1. 9. 2000, Opočno, VÚLHM-VS: 25-29. ISBN 80-902615-9-0
- ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2007. Vliv obnovy hydrografické sítě poškozené při imisních těžbách na odtokový proces. [Renewal of the hydrographical network damaged by pollution-induced felling and its effect on the runoff process.] In: Vančura, K. et al.: Les a voda v srdci Evropy – Forest and water in the heart of Europe. Praha, MZe ČR; Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 185-193. ISBN 978-80-7084-634-6
- FERDA J. 1967. Základní principy meliorace zamokřených lesních půd. Lesnická práce, 46 (3): 118-121.
- FERDA J., ČERMÁK P. 1981. Vliv odvodnění lesních půd na změny prostředí. Lesnictví, 27 (3): 271-284.
- HEIKURAINEN L. 1976. Effect of human activity on peatlands and surrounding areas in regard to water conditions and ecosystems. In: 5th Int. Peat Congr. Poznan, Poland: 11 s.
- HEIKURAINEN L., KENTTÄMIES K., LAINE J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Suo, 29 (3/4): 49-58.
- HEIKURAINEN L. 1980. Effect of forest drainage on high discharge. In: The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. Proc. of the Helsinki symposium, June 1980. IAHS Publication No. 130. Wallingford, Int. Assoc. of Hydrol. Sci.: 89-96.
- HEIKURAINEN L., JOENSUU S. 1981. The hydrological effects of forest drainage. Silva Fennica, 15 (3): 285-305.
- HERBER V. 1990. Statistické metody v hydrologii I. Brno, Masarykova univerzita, fakulta přírodovědecká: 120 s. ISBN 80-210-0127-5
- HERYNEK J. 1976. Komplexní meliorace zamokřených lesních půd. Lesnická práce, 55 (7): 313-315.
- KREŠL J. 1980. Technické meliorace. Úprava vodního režimu lesních půd. Brno, Vysoká škola zemědělská: 97 s.
- LUNDIN L. 1994. Impacts of forest drainage on flow regime. Studia Forestalia Suecia. 192. Uppsala (Sweden), Faculty of Forestry: 22 s.
- MAC CARTHY E. J., SKAGGS R. W., FARNUM P. 1991. Experimental determination of the hydrologic components of a drained forest watershed. Transactions of the ASAE, 34 (5): 2031-2039.
- MOORE R. D., THOMSON J. C. 1996. Are water table variations in a shallow forest soil consistent with the TOPMODEL concept? Water Resources Research, 32 (3): 663-669.
- NAVRÁTIL P. 1997. Hydrické a související mimoprodukční funkce lesa v oblastních plánech rozvoje lesů. In: Kravka M. (ed.): Současné problémy lesnické hydrologie. Brno, MZLU – Fakulta lesnická a dřevařská: 99-101.
- NIŽNANSKÁ Z., LICHNER Ľ., ŠÍR M., TESAŘ M. 2005. Vplyv biopórov a vodoodpudivosti na infiltráciu vody do pôdy. In: Šír M., Lichner Ľ., Tesař M., Holko L. (eds.): Hydrologie malého povodí 2005. Praha, Ústav pro hydrodynamiku AVČR: 223-227.
- PÄIVÄNEN J. 1980. The effect of silvicultural treatments on the hydrology of old forest drainage areas on peat. In: The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. Proc. of the Helsinki Symposium, June 1980. IAHS Publication No. 130. Wallingford, Int. Assoc. of Hydrol. Sci.: 137-140.
- PÄIVÄNEN J. 1994a. Maintenance of forest drainage areas. Helsinki, Työtehoseura Ry: 4 s.
- PÄIVÄNEN J. 1994b. Forest Improvement Act in steering drainage and treatment of stands on drained sites. Helsinki, Työtehoseura Ry: 4 s.
- SIDLE R. C. 1980. Impact of forest practices on surface erosion. A Pacific Northwest Extension Publication PNW 195. Eugene, Oregon State University: 15 s.
- SUN G., MAC NULTY S. G., SHEPARD J. P., AMATYA D. V., RIEKERK H., COMERFORD N. B., SKAGGS W., SWIFT L. 2001. Effects of timber management on the hydrology of wetland forests in the southern United States. Forest Ecology and Management, 143: 227-236.
- ŠACH F. 1990. Vliv lesní dopravní sítě na odtokové poměry imisních holosečí. Lesnictví, 36 (2): 139-158.
- ŠEDA S. 2003. Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách – U Dvou louček. Závěrečná zpráva. Ústí nad Orlicí, OHGS s. r. o.: 12 s., 20 příloh.
- ŠVIHLA V., ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2005. Příspěvek k řešení problému vztlínání podzemní vody na povodí U Dvou louček v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 50 (1): 53-57.
- ZAR J. H. 2009. Biostatistical analysis. 5th ed. Upper Saddle River, Pearson Prentice Hall: 944 s.

INFLUENCE OF DRAINAGE TREATMENT AND GROWING OF RENEWED FOREST STANDS ON CHANGES IN GROUNDWATER TABLE

SUMMARY

The article deals with changes of a shallower groundwater table at a range from surface to 0.9 m below ground where the first aquifer was investigated in 1993 – 2008. Changes in level of a deeper aquifer (9 – 12 m) were examined in 2004 – 2008. We investigated how drainage treatment and growth of timber affect these changes. A waterlogged mountain watershed situated below a ridge of the Orlické hory Mts. in the Eastern Bohemia was studied. There were considered three periods which were recognized using a double-mass curve of both precipitation and runoff. The first one was called “calibration” period and lasted from the beginning of the experiment till the drainage treatment was carried out (water years 1992 – 1995). The period was followed by “post-treatment” (1996 – 2001) and “stabilization” (2002 - 2008) periods. Drainage treatment and growth of forest stands influenced the level of groundwater. The water table was declined deeper in both “post-treatment” (mean - 55 cm below ground) and “stabilization” (mean - 57 cm below ground) periods showing not so fluctuating values compared to “calibration” pre-treatment period (mean - 44 cm below ground) in downslope transect 1TR (Fig. 3). In 2TR transect (situated across the ditches), we found also less fluctuating values of groundwater table. However, the only significant difference was found in a case the groundwater maximally declined (32 cm below ground) during the “stabilization” period compared to both previous periods (24 cm) in the 2TR transect (Fig. 4). This is attributable to growing forest stands. Reconstruction of drainage conditions helped young forests to grow better and to fulfill its hydrological role (evapotranspiration). In addition, the treatment increased both static and ecological stability of the forest stands. Relationship between precipitation, streamflow discharge, runoff and relationship between both aquifers were expressed using Spearman’s nonparametric correlation coefficients. It can be concluded that changes of the shallower aquifer of groundwater table are strongly correlated with amounts of rainfall, runoff and growth of forest stands. The deeper aquifer does not respond to both precipitation and runoff in a similar way. The level of deeper groundwater table changes only as a result of long-term periods of rain and/or drought. Correlation between changes of groundwater level of both aquifers was not found.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vladimír Černohous, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: cernohous@vulhmop.cz