

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



Růstová odpověď topolu kanadského na dynamiku hladiny podzemní vody

Martin Zýka

Bakalářská práce

předložená

na katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc.

Olomouc 2013



Zýka M. 2013. Růstová odpověď topolu kanadského na dynamiku hladiny podzemní vody [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 40 s., česky.

#### Abstrakt

Lužní lesy České republiky jsou dnes vzácným a ohroženým ekosystémem. V porostu se dominantně uplatňují dřeviny vázané na specifický vodní režim půd, utvářený dynamikou hladiny podzemní vody. Tyto druhy velmi citlivě reagují na změny v prostředí, které se projevují v tloušťkovém přírůstu. Příčinou růstového stresu bývá nejčastěji právě narušování vodního režimu. Historii růstových poruch je možné dokázat pomocí dendrochronologie, tj. studiem letokruhů. Pomocí dendrochronologické analýzy jsem sledoval růstové projevy topolu kanadského v prostředí lužního lesa nedaleko Střene, v Litovelském Pomoraví. Stanoviště dlouhodobě vykazuje znaky narušeného vodního režimu. Z kmenových vývrtů jsem získal 47letý záznam, ze kterého je možné vysledovat a datovat stresové události. Letokruhy jsou proměřovány a datovány pomocí programu PAST32. Shodná růstová reakce mezi jednotlivými stromy je přímým důkazem o působení rušivého faktoru. Výskyt nepříznivých roků je možné porovnat s historickým průběhem hladin podzemních vod, které v okolí dlouhodobě monitoruje síť vrtů ČHMÚ. Současně s vývojem zásob podzemních vod jsem sledoval historii vodohospodářských úprav v blízkém okolí. Výsledky prokazují negativní účinky čerpání podzemních vod a úpravy jezu Zamykalka na stav zvodnění podloží. Dlouhodobý pokles hladiny podzemní vody měl původ v čerpání takových objemů, při kterých se zásoby nestačily obnovovat. Mezi úrovní hladiny podzemní vody a šířkou letokruhů nebyl zjištěn v tomto výzkumu průkazný vztah. Tuto skutečnost lze vysvětlit spolupůsobením dalších faktorů, které si žádají další výzkum.

Klíčová slova: dendroekologie, hladina podzemní vody, lužní les, topol kanadský.

Zýka M. 2013. Growth response of Canadian Poplar to water table dynamics. [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc, 40 p., in Czech.

#### Abstract

Foodplain forests of the Czech Republic have become a rare and endangered ecosystem. In the vegetation there dominate woody plants tied to a specific water regime of soils shaped by the dynamics of the water table. These species are very sensitive to changes in the environment which appear in diameter increment. The growth stress is usually caused by the distortion of the water regime. The history of growth failure can be proved by dendrochronology, ie the study of tree rings. Using dendrochronological analysis, I watched growing manifestations of Canadian poplar in the floodplain forest near Stren, in Litovelske Pomoravi. The observation area has been showing signs of impaired water regime. I managed to get a 47-year-old record from a stem hole of which is possible to trace and date stressful events. Growth rings are measured and dated by the PAST32. Consistent growth response among individual trees is a direct evidence of the effect of a disturbing factor. The occurrence of negative years can be compared with the historical process of groundwater monitored by network wells of the Czech Hydrometeorological Institute. Along with the development of groundwater resources, I traced the history of water adjustment in the nearby surrounding. The results demonstrate negative effects of groundwater pumping and treatment of a weir Zamykalka to the state of saturation of the subsoil. Long-term decline in groundwater levels had its origins in the use of such volumes in which the stocks did not manage to recover. The study found no significant relationship between the level of groundwater and the width of growth. This fact can be explained by interaction of other factors which call for a further research.

Key words: Canadian Poplar, dendroekology, floodplain forest, groundwater table.

Prohlášení:

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením prof. Dr. Ing. Bořivoje Šarapatky, CSc. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 6. května 2013

.....

podpis

## Obsah

1.	Seznam obrázků .....	vii
2.	Poděkování.....	viii
3.	Úvod.....	9
4.	Cíl.....	12
5.	Charakteristika lokality .....	13
6.	Metodika .....	17
6.1.	Terénní šetření.....	17
6.1.1.	Lokalizace.....	17
6.1.2.	Produkční šetření - dendrochronologie .....	17
6.1.3.	Měření dynamiky podzemní vody .....	18
6.1.4.	Pedologický průzkum.....	18
6.1.5.	Vegetace.....	19
6.1.6.	Doplňková šetření.....	20
6.2.	Zpracování a interpretace dat.....	21
6.2.1.	Zpracování prostorových dat.....	21
6.2.2.	Zpracování dendrometrických dat.....	21
6.2.3.	Zpracování hydrologických a pedologických dat.....	22
6.2.4.	Zpracování vegetačních dat.....	23
6.2.5.	Zpracování historických údajů .....	23
7.	Výsledky .....	24
7.1.	Půda a vegetace.....	24
7.2.	Růstové charakteristiky a trendy.....	26
7.3.	Hydrologické poměry .....	30
8.	Diskuse.....	33
9.	Souhrn .....	35
10.	Reference .....	36

## 1. Seznam obrázků

Obr. 1. Situační mapa zájmového území.....	13
Obr. 2. Detailní výkres výzkumné plochy.....	14
Obr.3. Srovnání parametrů tloušťkového přírůstu topolu kanadského a) Rozdíly průměrných šířek letokruhů (mm) topolu na ploše A a kontrolní plochy B; b) Rozdíly normalizovaných šířek letokruhů topolu na ploše A a kontrolní plochy B; c) Rozdíly průměrných šířek letokruhů (mm) u topolu na ploše A mezi obdobími 1964–1988 a 1989–2010; d) Rozdíly průměrných šířek letokruhů (mm) u topolu na ploše B mezi obdobími 1964–1988 a 1989–2010.....	27
Obr. 4. Srovnání průměrných stanovištních chronologií topolu kanadského. a) Průměrné stanovištní chronologie topolu k. plochy A a B v absolutních šířkách letokruhů společně s výskytem negativních významných roků. b) Srovnání normalizovaných průměrných chronologií topolu k. plochy A a B.....	28
Obr. 5. Průměrné stanovištní chronologie topolu kanadského plochy A a B, doplněné o průběh HPV a zaznamenané vodohospodářské úpravy: 1) 1977 - oprava jezu Zamykalka; 2) 1979 - čištění koryta Oskavy (1979-1983); 3) 1980 - oprava jezu Včelínek (1979-1980); 4) 1981 - přebudování jezu Zamykalka na pevný; 5) 1988 - zprovoznění prameniště Pňovice-Březové; 6) 1998 - čištění Oskavy od povodňových nánosů; 7) 2006 - čištění Oskavy od povodňových nánosů. ....	29
Obr. 6. a) Záznam ročních průměrů HPV, průměrů za vegetační období a roční kolísavosti hladin vrtu VB0045 Štěpánov, se záznamem vodohospodářských úprav: 1) 1977 - oprava jezu Zamykalka; 2) 1979 - čištění koryta Oskavy (1979-1983); 3) 1980 - oprava jezu Včelínek (1979-1980); 4) 1981 - přebudování jezu Zamykalka na pevný; 5) 1988 - zprovoznění prameniště Pňovice-Březové; 6) 1998 - čištění Oskavy od povodňových nánosů; 7) 2006 - čištění Oskavy od povodňových nánosů . b) Křivky průměrných stavů HPV za rok, vegetační sezónu ve srovnání s křivkou o ročních objemech čerpaných vod v Prameništi Pňovice–Březová. ....	32

## **2. Poděkování**

Rád bych poděkoval prof. Bořivoji Šarapatkovi, CSc. za vedení bakalářské práce. Dík patří lesnímu hospodáři revíru Střeň Josefu Vyroubalovi, Ing. Vladimíru Šalovi z ČHMÚ, Ing. Jiřímu Dlabalovi z Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka a Ing. Petru Zlámalovi z Povodí Moravy za poskytnuté informace. Poděkování si zaslouží Ing. Tomáš Kolář a Ing. Michal Rybníček, Ph.D. z Dendrochronologické laboratoře MZLU v Brně. Odborným zázemím při řešení problematiky půd mi byli Ing. Marián Horváth a Mgr. Ladislav Čáp. Za věcné připomínky a doporučení jsem vděčný prof. Aloisi Praxovi, CSc. a RNDr. Martinu Duchoslavi, Ph.D. Velmi si cením pomoci mého kolegy Romana Kalouse s fytoecnologickým snímkováním. Za obětavou pomoc s anglickým textem děkuji Ivaně Šabatkové a Kláře Michnové za kontrolu pravopisu.

V Olomouci, 6. května 2005



### 3. Úvod

Fenomén lužních lesů je nejčastěji vázán na rovinaté údolí niv řek. Přirozený stav a vývoj lužních lesů spočívá ve specifickém režimu podzemních vod. Žádoucí hydrologické poměry jsou dány především kolísáním hladiny podzemní vody (HPV) s maximy na jaře a minimální úrovní na podzim (Hadaš, Prax 1999). Zákonitosti výkyvu hladin spodních vod lze vysvětlit zvýšenými průtoky v tocích, na jaře způsobenými odtáváním sněhu ve vyšších polohách a poklesem během podzimního přísušku. Tuto skutečnost lze odvodit z dlouhodobých měsíčních průměrů (Netopil 1959).

Ekosystém lužního lesa plní rozmanité funkce. Zbývající území v ČR s bohatou druhovou diverzitou se často stávají předmětem ochrany přírody. Velmi významně se podílí na ochraně půdy, povodí a majetku zmírňováním povodňových vln a také na kvalitě vodních zdrojů (Klimo 2009). Z hospodářského hlediska je zajímavý vysoký produkční potenciál lesa. Příznivý hydrologický režim a půdní prostředí se významně podílí na fyziologických a růstových procesech dřevin.

Vegetace lužního lesa má vysokou spotřebu vody. Nejdůležitějším zdrojem jsou podzemní vody (Čermák, Prax 2002). Růst stromů je nepochybně více řízen pohybem vody než pohybem jiných látek (Fritz 1976). Zhoršení vitality dřevin může být způsobeno vlhkostním stresem jako odpovědí na pokles HPV a sníženého zásobení vodou a živinami (Hadaš, Prax 2001). Negativně ovlivňuje růst a vývoj také dlouhodobě zvýšená hladina podzemní vody (Bayard, Schweingruber 1989). V důsledku toho se snižuje dostupnost kyslíku pro dýchání kořenů, mění se fyzikálně chemické vlastnosti půd a dochází k útlumu mikrobiální aktivity. Kořeny se dusí a přestávají plnit funkci příjmu vody a živin. V obou případech rostlina chřadne a postupně hyne.

Závislost lužních lesů na specifických hydrologických podmínkách zvyšuje riziko jejich zranitelnosti neuvážlivou lidskou činností. Největší hrozbou je narušování vodního režimu, pokles hladiny spodní vody vodárenským jímáním a meliorační úpravy pro odvodňování pozemků. Tuto problematiku komplexně řeší četné výzkumné práce z oblasti soutoku Moravy a Dyje, které hodnotí účinky hydrotechnických úprav na zmiňovaných řekách ze 70. a 90. let (Prax 1991, Hadaš a Litschmann 2007, Hřib 2008 a

další). Negativní dopady odběrů podzemních vod na nivní ekosystémy nebyly na území CHKO Litovelské Pomoraví dosud důkladně prozkoumány. Na základě obecně platných poznatků z oboru ekofyziologie rostlin a dlouhodobých pozorování na území CHKO lze usuzovat spojitost mezi zvýšeným čerpáním podzemní vody a zhoršujícím se stavem nivních ekosystémů (AOPK, 1997).

Mnohé studie (např. Prax 2005, Treml 2007, Bayard et Schweingruber 1989) využívají ke studiu interakce mezi dřevinami a jejich prostředím technik dendrochronologie, resp. dendroekologie. V zásadě se jedná o odvození informace o stavu a vývoji prostředí ze struktury a šířky letokruhů. Rozbor letokruhových řad umožňuje rozpoznat frekvenci a velikost poruch vyvolaných růstovým stresem (Cseke 2003). Důležité je zohlednit ekofyziologické a morfologické aspekty dřevin (Orwig and Abrams 1995). Existenci a znalost historie rušivého vlivu je možné přiřadit a porovnat s průběhem růstu stromů. V případě prokázání vazby lze považovat působení škodlivého faktoru za významné a přijmout vhodná opatření.

Výzkum letokruhů v ČR se v prostředí lužních lesů zaměřuje převážně na hospodářsky ceněné dřeviny, tj. dub a jasan (Prax 2005, Maděra et Úřadníček 2001). U roztroušeně pórovitého dřeva, např. topolu nebo lípy, se dendrochronologie neuplatňuje. Omezená použitelnost těchto dřevin vyplývá z růstu bez výraznějšího rozlišení jednotlivých letokruhů (Kyncl, Rybníček 2003). Rizikovou skupinou pro dendrochronologické zpracování jsou slunné a rychle rostoucí dřeviny (Zach, Drápela 2000). Rychlým a nepravidelným růstem je typický topol. Uvedená omezení nemusí být pro zhodnocení lokálních růstových podmínek rozhodující. Společný výskyt jedinců na jednom stanovišti postiženým stejným faktorem předpokládá shodnou růstovou reakci.

Topoly obecně jsou pionýrské dřeviny, které obsazují obnažené plochy v říčních nivách. Jsou silně citlivé k zastínění, náročné na živiny, především dusík, a vyžadují nepřetržitý přísun vlhkosti (Heilman et al. 1996). Během vegetace snesou zaplavení až 50 dní. Vadí jim dlouhodobě stagnující voda s nízkým provzdušením půd. Kořenový systém topolů vyžaduje dostatek kyslíku. Zvláště v prvním roce růstu je kořenové dýchání topolů mnohonásobně vyšší než u jiných dřevin (Cejlak 2010). Optimum hladiny podzemní vody je v rozsahu 0,6–1,2 m pod povrchem půdy (Čížek 2007). Velký význam má teplota. Tyto dva faktory se překrývají, protože teplota ovlivňuje spotřebu

vody a dalších fyziologické procesy (Kranjcec et al. 1998, McCamant a Black 2000).

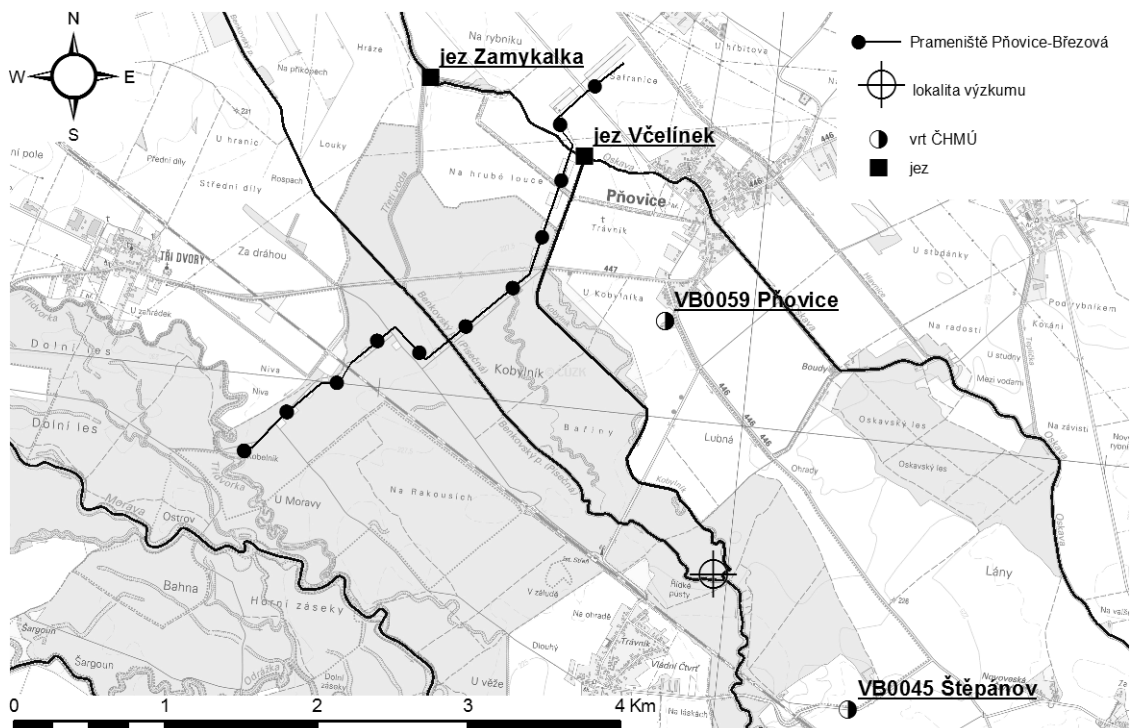
Od počátku 20. století jsou v nížinách původní topolové druhy postupně nahrazovány topolem kanadským (Varga 2007). Jedná se o křížence mezi severoamerickým topolem bavlíkovitým (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh) a evropským topolem černým (*Populus nigra* L.). Topol černý je dnes již vzácný a silně ohrožený druh (C2). Topol má v lesnictví význam jako meliorační dřevina upravující vodní režim půd (Dubský, Benetka 1998). Porosty topolu rostoucí podél toků a mrtvých ramen se významně podílejí na snižování obsahu dusíku a dalších látek ze zemědělských splachů. Chrání povrchové vody před eutrofizací a zlepšují kvalitu podzemních vod (EPA 1999).

#### **4. Cíl**

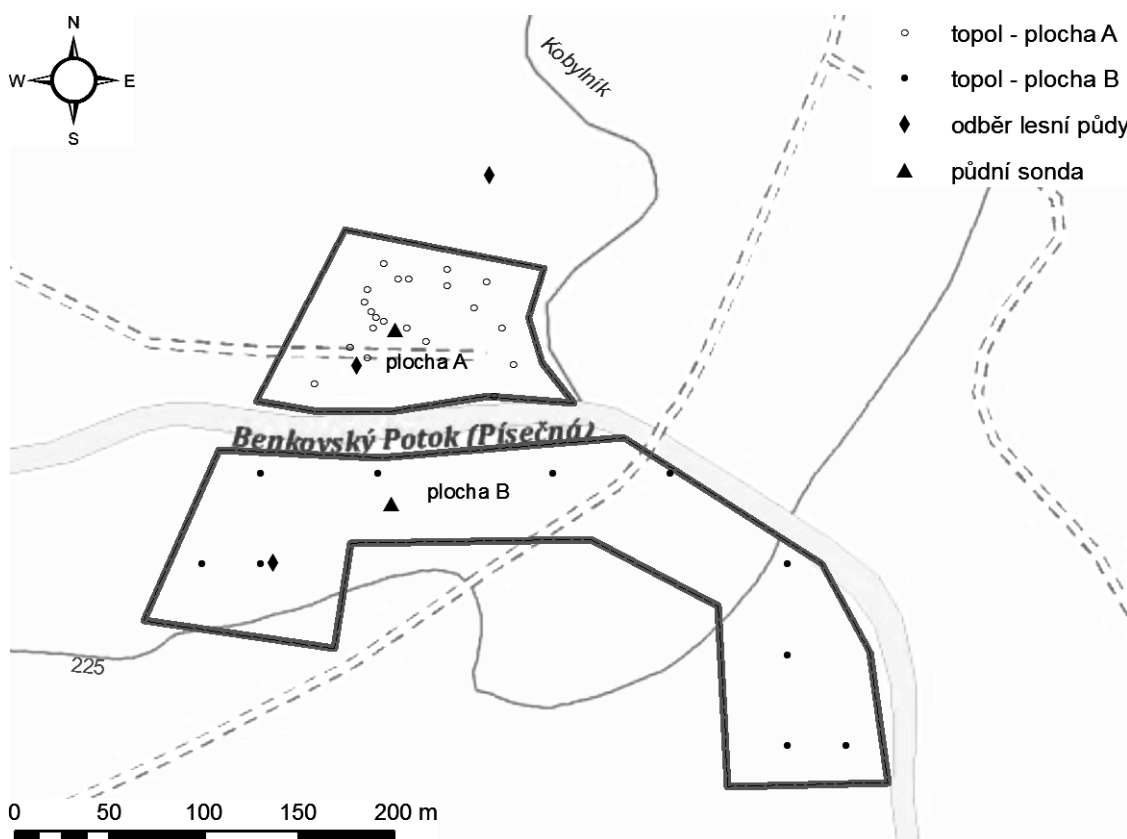
Práce se zaměřuje na uplatnění dendroekologie pro posouzení dlouhodobé závislosti mezi tloušťkovým přírůstem topolu kanadského (*Populus × canadensis* Moench) a dynamikou hladiny podzemní vody a určení míry spolehlivosti tohoto tvrzení. Úkolem je posoudit vhodnost topolu kanadského jako diagnostické dřeviny narušených růstových podmínek. Pro účely práce je sledován porost s předpokládaným negativním vlivem vodohospodářských úprav na vodní režim. Dílčím cílem je posoudit míru uplatnění těchto úprav na místních hydrologických poměrech. Součástí práce je shrnutí informací o lesním prostředí a návrh řešení současné situace.

## 5. Charakteristika lokality

Studovaná lokalita se nachází v CHKO Litovelské Pomoraví, 0,5 km SV od železniční stanice Střeň, v části lužního lesa, kde se stékají Benkovský potok a Kobylník (225 m.n.m., 49°41'57.719"N, 17°9'47.481"E). Podle soutoku se lokalita nazývá "Mezi vody". Benkovský potok dělí výzkumnou plochu na dvě části. První studovaná část A o výměře 1,1ha leží severněji, přímo mezi rameny, v blízkosti soutoku. Druhá kontrolní část B o výměře 2,86ha se nachází podél pravého břehu Benkovského potoka. Pozemek v katastru obce Střeň plní funkci hospodářského lesa. Porost spravuje Lesní správa LČR, s.p. Šternberk, revír Střeň. Území spadá pod Přírodní lesní oblast 34 - Hornomoravský úval (Plíva 1986). Zároveň je součástí II. zóny CHKO. Na území se váže Evropsky významná lokalita, Ptačí oblast a statut Mezinárodně významného mokřadu dle Ramsarské úmluvy. Širší území je intenzivně zemědělsky, lesnický i vodohospodářsky využívané.



Obr. 1. Situační mapa zámjmového území.



Obr. 2. Detailní výkres výzkumné plochy.

### Geomorfologie

Demek a kol. (1987) oblast geomorfologicky řadí do systému Alpsko-himalájského, subsystému Karpat; provincie Západních Karpat a subprovincie Vněkarpatských sníženin. Litovelské Pomoraví patří do oblasti VIII A Západní Vněkarpatské sníženiny, celku VIII A-3 Hornomoravský úval a podcelku VIII A-3B Středomoravská niva. Pro podloží je typická kerná stavba. Reliéf Středomoravské nivy tvoří akumulční rovina bez výrazné výškové členitosti.

### Geologie a pedologie

Podloží vyplňuje mocné souvrství plioceních a pleistoceních štěrkopísků. Nejsvrchnější část pokrývají mocné holocenní náplavové kaly jílovito-hlinito-písčitého charakteru. Nízká propustnost povodňových hlín chrání mělké podzemní vody (Kouřil 1970). Zvodněné souvrství štěrkopísků vytváří významný zdroj pitné vody, vymezený hydrogeologickým rajónem 1622 - Pliopleistocenní sedimenty Hornomoravského úvalu, severní část (VÚV TGM). Oblast je předmětem legislativní ochrany jako Chráněná oblast přirozené akumulace vod Kvartér řeky Moravy.

Podle aplikace Půdní mapa 1:50000, dostupné na mapovém serveru České geologické služby, převažují na studované ploše fluvizemě modální a gleje histické. Fluvizemě jsou typické nivní půdy. Charakteristickým znakem je narušování procesu akumulace humusu záplavami, fluviální ukládání zemin, zvýšená HPV a její periodické kolísání v závislosti na průtocích řek a větších potoků (AOPK). Na lokalitě dominující fluvizemě modální se vytváří ze středně těžkých substrátů (Němeček et al. 2001).

Glej se vyskytuje mezi rameny Benkovského potoka a Kobylníku, zejména v blízkosti jejich soutoku. Vznikají glejovým půdotvorným procesem, pro který je charakteristické trvalé zamokření alespoň spodní části půdního profilu. Časté zamokření půd až k povrchu způsobuje omezený rozklad organické složky, která se poté v půdě hromadí. Tyto znaky jsou typické pro subtyp histický (GLo), se zrašeliněným horizontem T (Němeček et al. 2001).

### **Hydrologie**

Širší území je součástí povodí řeky Moravy, podle hydrologického pořadí 4-10-01 Morava od Třebůvky po Bečvu (Vlček a kol. 1984). Hodnocená oblast se váže na dílčí povodí Benkovského potoka a částečně povodí Oskavy. Správcem toků je Povodí Moravy, s.p., závod Horní Morava. Vydatnost průtoků na Oskavě a Benkovském potoce ovlivňuje režim podzemních vod. Zásoby podzemních vod se doplňují zejména břehovou infiltrací, především mimo vegetační období za nízkého výparu a transpirace. Stav podzemních vod monitoruje síť vrtů Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

#### **Benkovský potok**

Levobřežní přítok řeky Moravy, Benkovský potok (místně nazývaný také Poněva, Písečná, Žantlach), pramení u Králové v nadmořské výšce 260 m. Tok má délku 23,1 km. Plocha povodí činí 43,07 km<sup>2</sup>. Úsek od soutoku s Moravou po silnici Pňovice - Střeň si udržuje přirozený charakter. Navazující úsek po soutok s Třetí vodou byl v minulosti regulován napřimením a zahloubením toku. Vodohospodářská bilance Povodí Moravy uvádí průměrný průtok u ústí 0,09 m<sup>3</sup>/s. Provedené úpravy a odběry podzemních vod způsobují vysychání toku během léta (Q330 = 0,0 m<sup>3</sup>/s). Z levé strany ústí meliorační příkopy Třetí voda a Kobylník, které odvádějí zvýšené průtoky na řece Oskavě. Dělení průtoků na Oskavě do Třetí vody zajišťuje boční jez Zamykalka. Těleso

jezu tvoří pevný betonový přepad bez možnosti manipulace. Současná maximální průtočná kapacita jezu činí 25 m<sup>3</sup>/s. Konstrukční parametry jezu se negativně projevíly na hydrologických poměrech Benkovského potoka. Převáděné průtoky do Třetí vody jsou nedostatečné. Pro zlepšení stavu je přelivná hrana upravena zářezem pro zajištění minimálních průtoků 0,005 m<sup>3</sup>/s. Koryto Třetí vody má malý spád. Průtočný profil snižují nánosy z polí a zarůstající vegetace.

#### Kobylník

Sběrný a odlehčovací příkop Kobylník spojuje Oskavu s Benkovským potokem. Ve vzdálenosti cca 200 m od silnice Pňovice-Střeň po směru toku přechází kanál do svého starého koryta. Následující úsek protékající lesem je bez úprav a vykazuje přirozený charakter. Hydrometrické parametry nejsou známy. Dělení průtoků na Oskavě do Kobylníku zajišťuje boční jez Včelínek. Těleso jezu tvoří pevný betonový přepad. Chybí možnost manipulace. Průtočná kapacita jezu činí 5 m<sup>3</sup>/s. Odtokové poměry jsou shodné se stavem Třetí vody. Za zvýšených průtoků dochází v úseku protékajícího lesem k přelívání vod do lesního porostu, kde poté stagnuje. Příčinou je vyšší kapacita a spádnost koryta meliorované části, která napomáhá k rychlejšímu odvedení průtoků. Přirozený charakter koryta zpomaluje průtok, podporuje sedimentaci a snižuje tak svoji kapacitu. Koryto vedené lesem není schopné pojmout přiváděné zvýšené průtoky z meliorované části.

#### Klima

Území spadá klimatické oblasti teplá – T2 (Quitt 1975). Převládá pevninský charakter. Znakem klimatických poměrů je teplé, suché a dlouhé léto, s velmi krátkým přechodným obdobím s teplým až mírně teplým jarem i podzimem. Zima je krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Vegetační období dosahuje délky 169 dnů. Srážkové úhrny dosahují maxima v červenci a minima v únoru. Za celý rok spadne v průměru 586 mm srážek (Litovel 1961–2000). Podle Langova dešťového faktoru 79 převažuje vlhké klima. Průměrné teploty dosahují 8,4 °C (Olomouc 1961–2000).



## 6. Metodika

### 1.1. Terénní šetření

#### 1.1.1. Lokalizace

V úvodním šetření se zaměřuji na informace o katastrálním území, vymezení studované plochy a GPS zaměření sledovaných objektů. Pro terénní lokalizaci jsem použil přístroj Magellan Meridian. Studovaná plocha se skládá ze dvou částí A a B, jejichž hranice jsem zaměřil pomocí GPS. Výběr a rozloha těchto dílčích ploch je podmíněna výskytem topolu kanadského. Pomocí GPS jsem zaměřil pozice všech vzorkovaných živých jedinců topolu. Dále jsem zaznamenal polohu dvou kopaných půdních sond a středy třech odběrových ploch lesních půd. Zeměpisné souřadnice sledovaných hydrologických vrtů ČHMÚ jsem importoval z mapového podkladu CENIA. Stejně jsem postupoval při vymezení oblasti Prameniště Pňovice-Březové, které provozuje Moravská Vodárenská, a.s. (MOVO). Soubor pozic sledovaných objektů doplňují souřadnice jezů Zamykalka a Včelínek na Oskavě.

#### 1.1.2. Produkční šetření - dendrochronologie

Předmětem produkčního šetření jsou odběry kmenových vývrtů pro letokruhovou analýzu. Odběry vzorků metodicky vycházejí z publikace Drápela a Zach (2000). Vhodnou referenční dřevinou na studované lokalitě je topol kanadský. Věkem splňuje předpoklad dostatečně dlouhé letokruhové série. Patří k dominantně nejpočetnějším dřevinám na studované ploše. Výhodou je stejnověkost porostu. Na kontrolní ploše B se vyskytuje vmíšeně. Výběr topolů z obou stanovišť zohledňuje zjevnou variabilitu růstových podmínek. Výběr tvoří zdravé stromy, bez známek poškození kmene a koruny a bez patrného houbového napadení. Rozsah výběru stromů je omezený počtem jedinců v lokalitě. Vzorky jsem odebíral mimo vegetační období metodou vývrtů Presslerovým nebozezem. Každý kmen jsem navrtal kolmo k ose růstu ze severní a jižní strany, standardně v prsní výšce, tj. 130 cm nad zemí, mimo kořenové náběhy. Pro přesné datování jsou žádoucí vzorky s kůrou, respektive podkorním letokruhem. Vývrty pochází z 22 stromů v části A, a 10 stromů v kontrolní části B. Každý vzorek jsem označil a uložil do spolehlivého obalu. Vysušené vývrty jsem fixoval do dřevěných lišt. Z výběru jsem vyřadil nečitelné vzorky a vzorky s chybějícími částmi. Vzorky se zlomy

jsem měřil pouze v případě čitelně navazující struktury. Vizuálního zvýraznění hranic letokruhů jsem dosáhl seříznutím na mikrotomu, případně navlhčením. Vlastní měření šířek letokruhů jsem provedl na měřicí lavici TIMETABLE s automatickým vstupem dat do počítače. Data byla zaznamenávána v programu PAST32 (Knibbe 2003). Šířky letokruhů byly měřeny s přesností 0,01 mm.

### **1.1.3. Měření dynamiky podzemní vody**

Dlouhodobá měření úrovní hladin podzemních vod v rámci studovaného povodí provádí ČHMÚ Ostrava. Potřebná data pocházejí ze dvou vrtů v blízkosti výzkumné plochy. Vrt VB0045 Štěpánov se nachází 1,8 km JV směrem od studované lokality (49°41'29.559"N, 17°10'37.211"E). Soustavné pozorování na tomto vrtu trvá od roku 1963 po současnost. Vrt VB0059 Pňovice je vzdálený od lokality 1,7 km SZ směrem (49°42'48.100"N, 17°9'22.314"E), se začátkem pozorování od roku 1965.

### **1.1.4. Pedologický průzkum**

O detailnějším charakteru půdních podmínek vypovídají dvě kopané půdní sondy. Umístění půdních sond zohledňuje zjevnou variabilitu ve struktuře porostu mezi studovanými částmi A a B. Hloubku sond omezují vlastnosti půd, případně hladina spodní vody. Sondy v části A jsem kopal na jaře za zvýšené úrovně HPV. Výkop sondy v kontrolní části B jsem provedl na podzim za nízké úrovně HPV. Pořízený popis a klasifikace vychází z Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Němeček et al 2001) pro lesnickou praxi. Standardní součástí terénního zápisu je fotodokumentace profilu.

Specifickým šetřením je odebrání vzorků pro hodnocení stavu půdní organické složky, vyjádřené množstvím dusíku, uhlíku a jejich poměrem C:N. Použil jsem Metodiku monitorování zemědělských a lesních půd a půd chráněných území ČR (ÚKZÚZ 1995). Rozmístění třech odběrových míst v terénu sleduje nejvýraznější změny ve struktuře porostu. Dvě odběrová místa se nacházejí v rámci studované plochy. Třetí referenční odběrová plocha je umístěna severněji od plochy A, v nezalesněné části lokality soutoku. Kolem zvoleného středu, v tomto případě kmene stromu, jsem vytyčil pravoúhlý kříž se sítí odběrových bodů. První rameno kříže míří na SZ. Pozici bodů na ramenech určují soustředné kruhy o poloměru 3, 6, 9, 12, 15 m. Číslování bodů začíná na SZ rameni od kmene a postupuje v celé jeho délce přes křížení kruhů s osou ramene.

Stejným způsobem se pokračuje po směru hodinových ručiček i na dalších ramenech. První odběr je z bodů 1, 5, 7, 13, 19. Odebral jsem vzorek nadložního humusu a minerální půdy. Odběr nadložní humusové vrstvy jsem provedl z plošky 25x25 cm, s předem odstraněnou vegetací až k úrovni minerální půdy. Každý vzorek jsem vložil do sáčku a je označil kódem. Z téže plošek jsem pomocí sondovací tyče odebral vzorky minerální půdy do hloubky 30 cm. Získaný materiál jsem uložil jako směsné vzorky z jednotlivých odběrových míst do sáčků a označil. Výsledkem je 15 vzorků nadložního humusu a 3 směsné vzorky minerální půdy. Odebrané vzorky jsem uložil k důkladnému usušení, mimo zdroj tepla a sluneční zařízení. Vysušenou zeminu jsem prosil sítím s průměrem ok 2 mm. Rostlinné zbytky jsem odstranil. Zbylou zeminu jsem rozdrtil, abych vzorek prosil celý. Obsah organického dusíku jsem stanovil metodou podle Kjeldahla. Půda je mineralizována přístrojem DIGESTION systém 1007 DIGESTER. Vytěsnění amoniaku probíhá na destilačním zařízení KJELTEC System 1002 DISTILLING UNIT. Obsah baňky je titrován 0,01M HCl. Spotřebu HCl jsem násobil koeficientem 0,14 a získanou hodnotu dělil desetinásobkem navážky (g). Výsledek vyjadřuje procentuální obsah organického N (Norg) v kg půdy. Obsah oxidovatelného organického uhlíku (Cox) jsem stanovil metodou Walkley-Blacka. Uhlík se oxiduje za horka přebytkem chromsírové směsi. Nezareagovaný dvojjchroman se stanovuje titrací Mohrovou solí. Faktor Mohrovy soli vychází z výpočtu  $10 \text{ ml } K_2Cr_2O_7 / \text{spotřeba Mohrovy soli}$ . Procentuální obsah organického uhlíku vychází z rovnice  $(10 \text{ ml } K_2Cr_2O_7 - \text{faktor Mohrovy soli}) \times 0,3$ . Index 0,03 odpovídá předpokladu, že 1 ml standardního roztoku dichromanu odpovídá 0,3 mg organického uhlíku. Získanou hodnotu jsem dělil navážkou půdy (g).

### **1.1.5. Vegetace**

Charakter rostlinného společenstva dokumentují 4 fytocenologické snímky z roku 2012. Výběr a velikost snímkových ploch splňuje zásady sběru fytocenologických dat pro lesní ekosystémy (Moravec 1994). Monitorovací plochu tvoří obdélník 10x20 m umístěný v porostu s homogenní strukturou. Zápis vegetačního snímku dokumentuje zjištěné druhy vyšších rostlin a odhad jejich podílu na skladbě porostu podle 7členné Braun-Blanquetovy stupnice abundance a dominance společně s procentuálním odhadem celkové pokryvnosti a pokryvnosti pro jednotlivá vegetační patra.

Pro účely lesnické praxe je porost klasifikován podle Typologického systému

Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL). Na základě produkčních znaků dřevin, výskytem v terénu, půdních vlastností a přítomného společenstva rostlin se odvozuje příslušný lesní typ. Klasifikaci studovaného porostu uvádí lesní hospodářská kniha pro revír Střeň.

#### **1.1.6. Doplnková šetření**

Studium lidských aktivit jsem zacíлил na historii významných vodohospodářských úprav v povodí Oskavy a Benkovského potoka. Základní zdroj dat tvoří bilanční záznamy jímacího území Prameniště Březové a Pňovice I–III, poskytnuté VÚV TGM, v.v.i, Povodím Moravy, s.p. a MOVO Olomouc. Údaje o vodohospodářských úpravách na Oskavě a Benkovském potoce jsou dostupné z archivních materiálů Povodí Moravy.

## **1.2. Zpracování a interpretace dat**

### **1.2.1. Zpracování prostorových dat**

Získaný soubor prostorových dat jsem zpracoval softwarem ArcGIS 10 (ESRI). Naměřená data jsem převedl ze systému WGS 84 do souřadnicového systému S-JTSK Krovak EastNorth. Cílem bylo uspořádání údajů o poloze objektů do jednotné mapové kompozice. Údaje o poloze tvoří součást dílčích charakteristik použitých v textu. Prostorové uspořádání objektů dokládá přehledová mapa. Pro tvorbu mapového výstupu jsem použil podklady ČÚZK a webové mapové služby Ministerstva životního prostředí.

### **1.2.2. Zpracování letokruhových řad**

Letokruhová analýza vychází z metod popsanych Cook et Kairiukstis (1990), Drápela a Zach (1995) Schweingruber (1996), a z doporučení Dendrochronologické laboratoře Ústavu nauky o dřevě MENDELU v Brně. Výstupem jednotlivých měření jsou růstové křivky. Letokruhové křivky se vzájemně náhodně porovnávají, odděleně pro část A a část B. Datování, tedy přiřazení letopočtu jednotlivým letokruhům, se odečítá od roku vzniku posledního podkorního letokruhu. Častým jevem je chybějící poslední letokruh a další růstové poruchy. Řešením je uspořádání porovnávaných letokruhových sérií s maximální mírou překrytí společných růstových znaků od současnosti do minulosti. K tzv. synchronizaci jsem použil program PAST32 (Sciem). Optimální směrovou shodu křivek vyjadřuje procento souběžnosti (GI). Míra podobnosti křivek je stanovena korelačním koeficientem. Hodnoty korelace jsou ověřeny pomocí T-testu na hladině významnosti  $p < 0,0005$ .

Výpočet střední křivky zvýrazňuje společné růstové znaky. Kritériem výpočtu průměrné stanovištní chronologie je soubor křivek, jejichž hodnoty GI jsou větší než 55 % a hodnoty korelačního koeficientu větší než 10. Výstupem jsou průměrné stanovištní chronologie topolu pro část A a B. Pro splnění požadavku normality dat jsem průměrné křivky převedl pomocí Hollsteinovy transformace  $\ln(y_i/y_{i+1})$ . Statistické výpočty a grafická zobrazení vycházejí z absolutních šířek letokruhů a jejich transformací. Průměrné křivky z obou částí jsou hodnoceny pomocí dvouvýběrového T-testu.

U jednotlivé chronologie jsem pozoroval výskyt významných negativních let, ve kterých se projevuje účinek rušivého vlivu. Znakem je přítomnost extrémně úzkého

letokruhu, kdy rozsah redukce v růstu představuje 40 % v porovnání s průměrnou šířkou letokruhu za čtyři předcházející roky. Podmínkou je současný výskyt výrazných minim nejméně u 40% vzorků.

Vztah mezi tloušťkovým přírůstem topolu a dynamikou HPV jsem zjišťoval porovnáním průměrných stanovištních chronologií a bilanční řady průměrných ročních úrovní HPV. Závislost těchto proměnných popisuje regresní analýza. Zpracovaná data se vztahují k období 1964–2009.

### **1.2.3. Zpracování hydrologických a pedologických dat**

Dynamiku podzemních vod dokládají měsíční průměry hladin podzemních vod (v metrech od odměrného bodu). Míra podobnosti údajů z referenčních vrtů je ověřena korelačním koeficientem. Lze vysledovat téměř totožnou bilanci HPV u obou vrtů. Z tohoto důvodu je zdrojem dat pro další zpracování pouze vrt VB0045 Štěpánov. Měření pochází z let 1964 až 2012. Hodnocené období se přizpůsobuje délce stanovištní chronologie. Z průměrných měsíčních hodnot jsem získal hodnoty ročních průměrů a průměrů za vegetační období (duben–září). Přehled o kolísání HPV poskytují absolutní rozdíly ročních maximálních a minimálních stavů. U získaných parametrů se testuje vztah s radiálními přírůsty topolu pomocí regresní analýzy. Míra ovlivnění hydrologického režimu jímáním podzemních vod je zjišťována pomocí lineární regrese. Výchozími hodnotami jsou údaje o ročních objemech čerpaných vod a úrovních HPV. Odběry vody se evidují od roku 1985. Čerpané objemy mezi lety 1985–1988 jsou zanedbatelné. Regresní analýze podstupují hodnoty soustavných odběrů evidovaných v letech 1989 až 2009.

Rozborem půdních sond jsem pořídil záznam o stavu půd. Záznam obsahuje standardní popis půdních profilů, označení půdního typu a zaměření hladiny podzemní vody, případně znaků zamokření. Porovnáváním profilů jsem hodnotil rozdíly půdního prostředí obou částí. Obsah a kvalita organické složky půdy vychází z naměřených hodnot procentuálních obsahů organického dusíku a oxidovatelného organického uhlíku. Procentuální odhad obsahu humusu v půdě jsem stanovil vynásobením obsahu Cox koeficientem 1,724. Tzv. Welteho koeficient vychází z 58% obsahu C v humusu ( $100 / 58 = 1,724$ ). Hodnocení půd, na základě zjištěných odhadů, vychází z jednotných klasifikačních kritérií ÚHÚL. Intenzitu procesu mineralizace a imobilizace N dokládá poměr C:N. Rovnovážný poměr obou procesů je roven 20. Mineralizace převládá nad

imobilizací při hodnotách menších než 20. Opačná situace nastává při C:N větší než 20 (Šantrůčková 2001).

#### **1.2.4. Zpracování vegetačních dat**

Geobotanická klasifikace vychází z curyško-montpelliérské školy. Digitalizaci terénních snímků umožňuje databázový software Turboveg (Hennekens & Schaminée 2001). Pro klasifikaci společenstev jsem použil analytický program JUICE (Tichý 2002). Snímky z Turbovegu jsem exportoval ve formátu CC! do programu JUICE. Vstupní data jsou filtrována expertním systémem pro lesní vegetaci KUBAT9. Klasifikační systémy rozlišují společenstva na základě struktury (druhová skladba, stratifikace, abundance a dominance). Systém řadí snímky do příslušných asociací. Další zpracování vychází ze studia publikací Vegetace ČR (Chytrý 2009) a vegetace mezofilních opadavých lesů (Moravec et al. 1982). Detailní rozlišení do variant zohledňuje vlhkostní poměry stanoviště a hospodářské ovlivnění porostu. Aktuální stav vegetace jsem dále porovnával s typickou druhovou kombinací přítomného biotopu dle Katalogu biotopů ČR (Chytrý, Kučera & Kočí 2001) a skladbou vegetace charakteristickou pro příslušný lesní typ. U použitých klasifikačních systémů jsem posuzoval jejich vzájemnou slučitelnost.

#### **1.2.5. Zpracování historických údajů**

Výsledkem studia archivních záznamů je souhrnný popis vodohospodářských úprav a jejich provozu. Pro vizuální kontrolu možných projevů na vodní a růstový režim, tvoří datování těchto zásahů popisnou část grafů průběhu hladin podzemních vod a dendrochronologických křivek.

## 7. Výsledky

### 1.3. Půda a vegetace

Půdní poměry porostu v levobřežní části A vychází z popisu půdního profilu (49°41'55.315"N, 17°9'49.571"E): O - 0–2 cm: mělká humusová vrstva s dobrým rozkladem, humusová forma: pravý mull; Ahg - 2–32 cm: tmavohnědá, hlinitá, bez skeletu, kyprá, drobtovitá, vlhká, s mírně zvlněným přechodem do B, nevýrazná; Bvg - 32–55 cm: hnědá, hlinitá, bez skeletu, drobivá, hrudkovitá, vlhká. Přechod je difúzní, mírně kapsovité, v pravé části profilu silně zvlňilý, ve spodní části s nevýraznými znaky oglejení; Gor - 55–105 cm: šedá s četnými znaky oxidace, jílovitá, bez skeletu, soudržná, segregovaná (kostečkovitá), vlhká.

Půda je hluboká s nevýraznými, mírně výraznými až difuzními přechody mezi horizonty. Prokořenění v průběhu celého profilu je rovnoměrné do 10%. Hladina podzemní vody v době měření dosahovala úrovně 93 cm pod povrchem. Nízká úroveň HPV není pro glej typická. Tuto skutečnost je možné vysvětlit suchou zimou 2011/2012 a suchým až velmi suchým jarem 2012. I přesto dominuje půdotvorný proces glejový. Zjištěným půdním typem je Glej kambická.

Organický horizont obsahuje velmi vysoký podíl organické hmoty. V rámci studované lokality dosahuje nejvyšších hodnot s průměrem 14 %. Obsah Norg i Cox je velmi vysoký. Dusík je v půdě vázán především v organických látkách. Poměr C:N je menší než 11. Výsledné hodnoty dokládají vysokou intenzitu mineralizace. S rostoucí hloubkou obsah Norg, Cox a současně i humusu klesá. Směsný vzorek půd minerálního horizontu obsahuje vysoký podíl humusu 2,83 %, zároveň i vysoký obsah Norg 0,24 % a Cox 2,12 %. Vzhledem k poměru C:N 7 je dominantním procesem mineralizace.

Půdní poměry porostu v kontrolní části B charakterizuje půdní profil (49°41'53.937"N, 17°9'48.811"E): O - 0–2 cm: mělká humusová vrstva; Ah - 0–15 cm: tmavohnědá, písčitohlinitá, kyprá, krupnatá, vlhká. Přechod mírně zvlněný, nevýrazný; M - 20–55 cm : hnědá, hlinitá, soudržná, krupnatá, suchá. Zřetelný přechod; G – 55–100 cm: hnědá až šedá s výraznými znaky oxidace, hlinitá, vazká, krupnatá, suchá.

Půda je hluboká, s výraznými reduktomorfními znaky v hloubce od 0,6 m. Prokořenění je do poloviny profilu rovnoměrné, hlouběji do profilu klesá. Převažují fluviační procesy. Půdním typem je fluvizem glejová.



Organický horizont obsahuje velmi vysoký podíl humusu, v průměru 8,2 %. Obsah Norg i Cox je stále velmi vysoký. Minerální horizont obsahuje 2,12 % Cox, 0,23 % Norg a 3,66 % humusu. Poměr C:N je menší než 10. Míry procesů mineralizace v organickém horizontu i minerálním horizontu do 30 cm se shodují s předchozí situací. Zároveň ani třetí referenční odběr se významně neliší ve sledovaných parametrech.

Klasifikační systém JUICE nevylišuje společenstvo ze zaznamenané kombinace druhů. Struktura a druhové složení vegetace je významně pozměněna lesním hospodařením. Vymezení fytoecologických jednotek a nomenklatura lesní vegetace se opírá o nejnovější přehledové práce (Moravec 1998, Moravec et al. 2000, Husová et al. 2002, Neuhäuslová 2004, Douda 2008). Lesy odpovídají třídě Mezofilní a vlhké opadavé listnaté lesy (K. Boublík, J. Douda, R. Hédl & M. Chytrý). Svaz: *Alnion incanae* Pawłowski et al. 1928 - Údolní jasanovo-olšové luhy a tvrdé luhy nížinných řek; asociace: *Ficario vernae-Ulmetum campestris* Knapp ex Medwecka-Kornaš 1952 - Středoevropské tvrdé luhy nížinných řek. V důsledku rozdílné vlhkosti stanovišť a míry zastínění lze porost rozlišit na degradované fáze tvrdých luhů, směřující ke střemchovým jaseninám. Snímky z kontrolní části B se vzájemně výrazněji neliší. Stav zachycený snímkem č.3 směřuje k vlhčí variantě *Alnus glutinosa*.

Výrazně odlišné druhové složení uvádí snímek č.4. Řadí porost do velmi vlhké varianty tvrdého luhu. Ve stromovém patře dominuje hybridní topol kanadský. Přimíšenou dřevinou je olše lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Nižší druhová pestrost bylinného porostu je způsobena dominancí invazní netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera* Royle). Zvýšenou vlhkost stanoviště indikují druhy olše lepkavá, tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.) a kosatec žlutý (*Iris pseudacorus* L.). Keřové patro je slabě vyvinuté až nevyvinuté. Porost je celkově prosvětlený.

Typologická klasifikace řadí porost k lesnímu typu 1L9 - Dubová jasenina s ostružiníkem ježíníkem a kosatcem žlutým na těžkých glejových půdách. Levobřežní část A přechází v SZ směru do lesního typu 1G1 vrbová olšina lužní (*Saliceto-Alnetum*), který odráží lokální zamokření půd (Průša 1995).

Současný charakter lokality a druhové skladbě odpovídá podle Katalogu Biotopů ČR (Chytrý, Kučera, Kočí, 2001) kategorii L.2.3B - Tvrdé luhy nížinných řek. Závěry klasifikačních systémů vycházejí shodně. Detailní vylišení společenstva až na úroveň

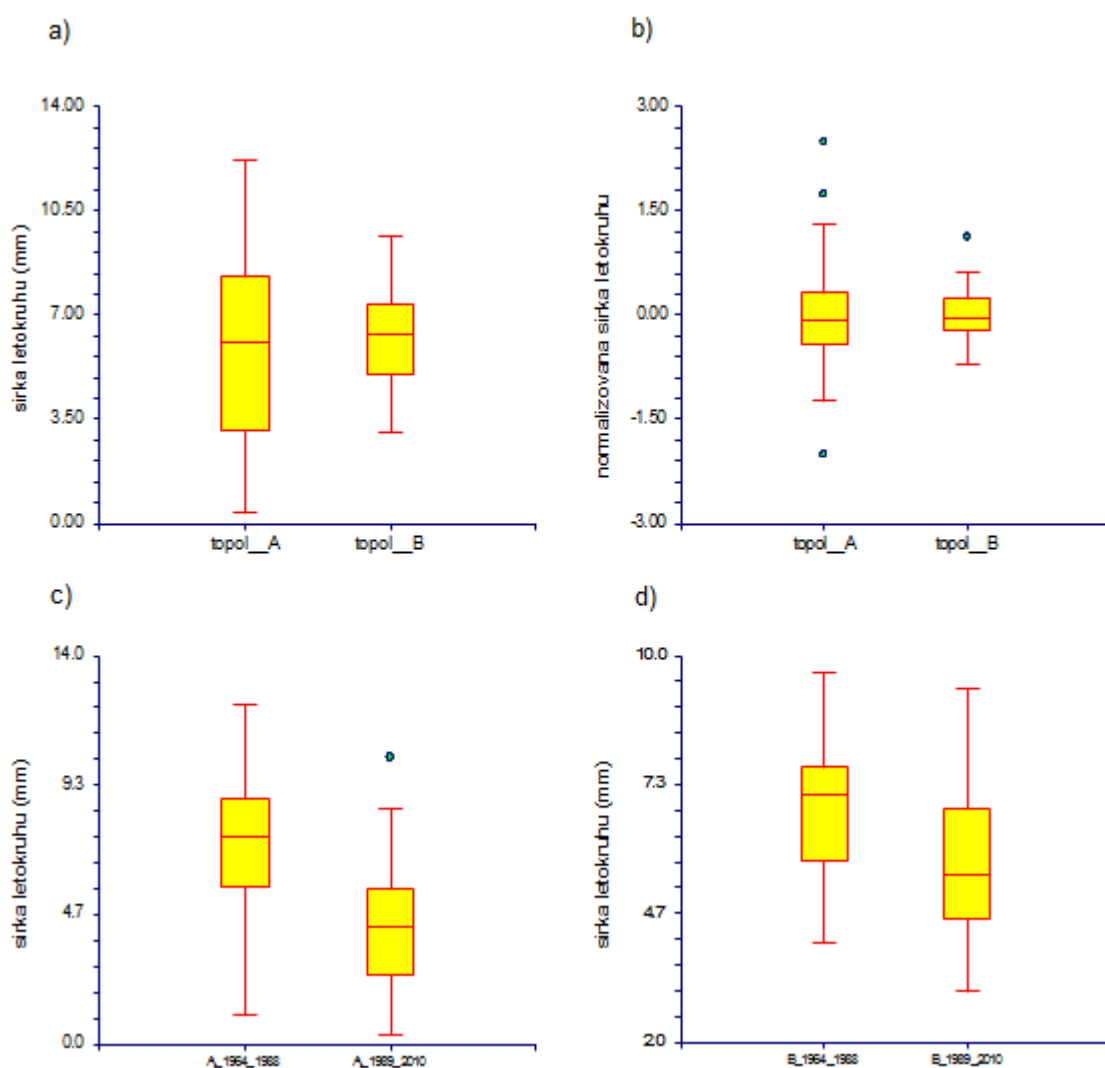
asociace umožňuje geobotanická klasifikace.

#### **1.4. Růstové charakteristiky a trendy**

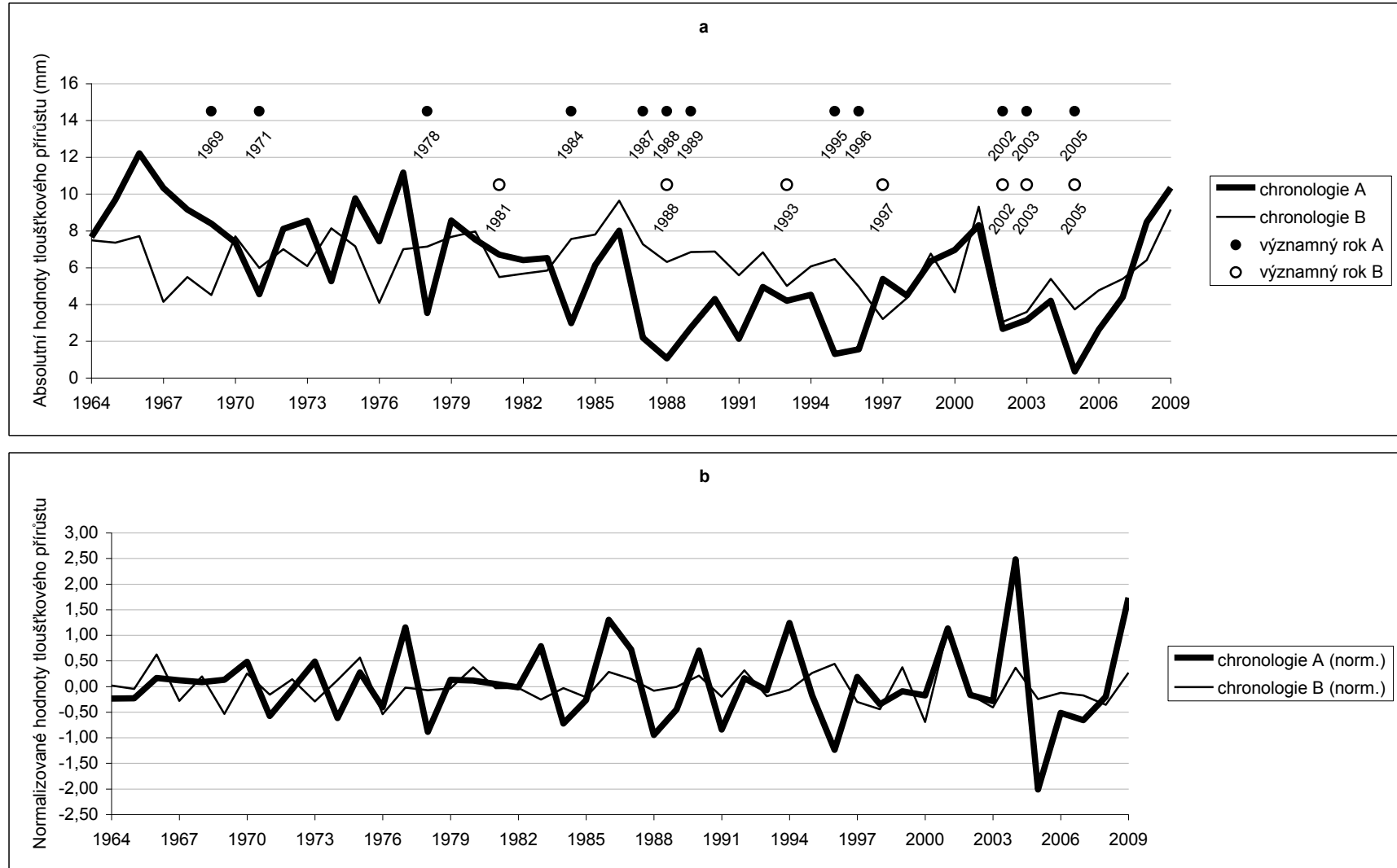
Průměrnou chronologii topolu v části A tvoří 14 letokruhových řad. Průměrná chronologie v kontrolní části B se skládá z 8 letokruhových řad. Délka porovnávaných chronologií je 47 let (1964–2010), 46 let u transformovaných dat (1964–2009). Absolutní tloušťkový přírůst v letech 1964–2010 se u topolu v části A pohybuje v rozmezí 5 až 6,7 mm (průměr 5,8 mm, SD = 2,99). V kontrolní části B přírůst se pohybuje v rozmezí 5,8 až 6,7 mm (průměr 6,2 mm, SD = 1,583). Obě chronologie se mezi sebou významně neliší (t-test,  $t = -0,82$ ,  $df = 92$ ,  $P = 0,414155$ ). Jednotlivé chronologie byly rozděleny na dvě období 1964–1988 a 1989–2010, tj. období před a během jímání podzemních vod. Průměrný přírůst topolu v části A za období 1964–1988 je v rozmezí 6,03 až 8,3 mm (průměr 7,2 mm, SD = 2,75). V letech 1989–2010 se šířky letokruhů pohybují mezi 3,2 až 5,5 mm (průměr 4,3 mm, SD = 2,54). Obě období se liší významně (t-test,  $t = 3,66$ ,  $df = 45$ ,  $P = 0,000652$ ). Tloušťkový přírůst topolu v kontrolní části B v období 1964–1988 vychází v rozmezí 6,2 až 7,3 mm (průměr 6,7 mm, SD = 1,34). V období 1989–2010 se růst dosahují rozmezí 4,9 až 6,4 mm (průměr 5,7 mm, SD = 1,67). Přírůsty mezi obdobími se liší významně (t-test,  $t = 2,3300$ ,  $df = 45$ ,  $P = 0,024348$ ). V obou případech jsou průměrné šířky letokruhů v období 1989–2010 nižší oproti předchozímu. Po transformaci dat se porovnávané chronologie ve sledovaném období 1964 až 2009 významně neliší (t-test,  $t = 0,2338$ ,  $df = 90$ ,  $P = 0,815650$ ). Totéž platí při zohlednění faktu vodárenských odběrů. Přírůsty v období 1964–1988 nezasaženém čerpáním vod a v období čerpání 1989–2009 se v části A významně neliší (t-test,  $t = 0,0937$ ,  $df = 44$ ,  $P = 0,925762$ ), obdobně jako v části B (t-test,  $t = 0,0464$ ,  $df = 44$ ,  $P = 0,963191$ ). Rozdíly v růstových trendech normalizovaných šířek letokruhů jsou neprůkazné všech případech, viz obr. 3.

Chronologie topolu v části A vykazuje nápadné výkyvy růstové křivky, s extrémnějším průběhem v druhé polovině období. Zjevnou růstovou depresi lze spatřit v křivce v letech 1987 až 1997. Další deprese se objevuje v letech 2002 až 2007 v části A i B. Dlouhodobě růstová křivka topolu v části B vyjadřuje stabilnější průběh. V období 1964–2010 bylo z letokruhových řad zjištěno pro část A celkem 13 let s výrazně nízkým přírůstem. Výčet negativních roků pro kontrolní část B je omezen počtem původních letokruhových řad nutných pro výpočet. Ve zkráceném období 1979–2010 se vyskytuje

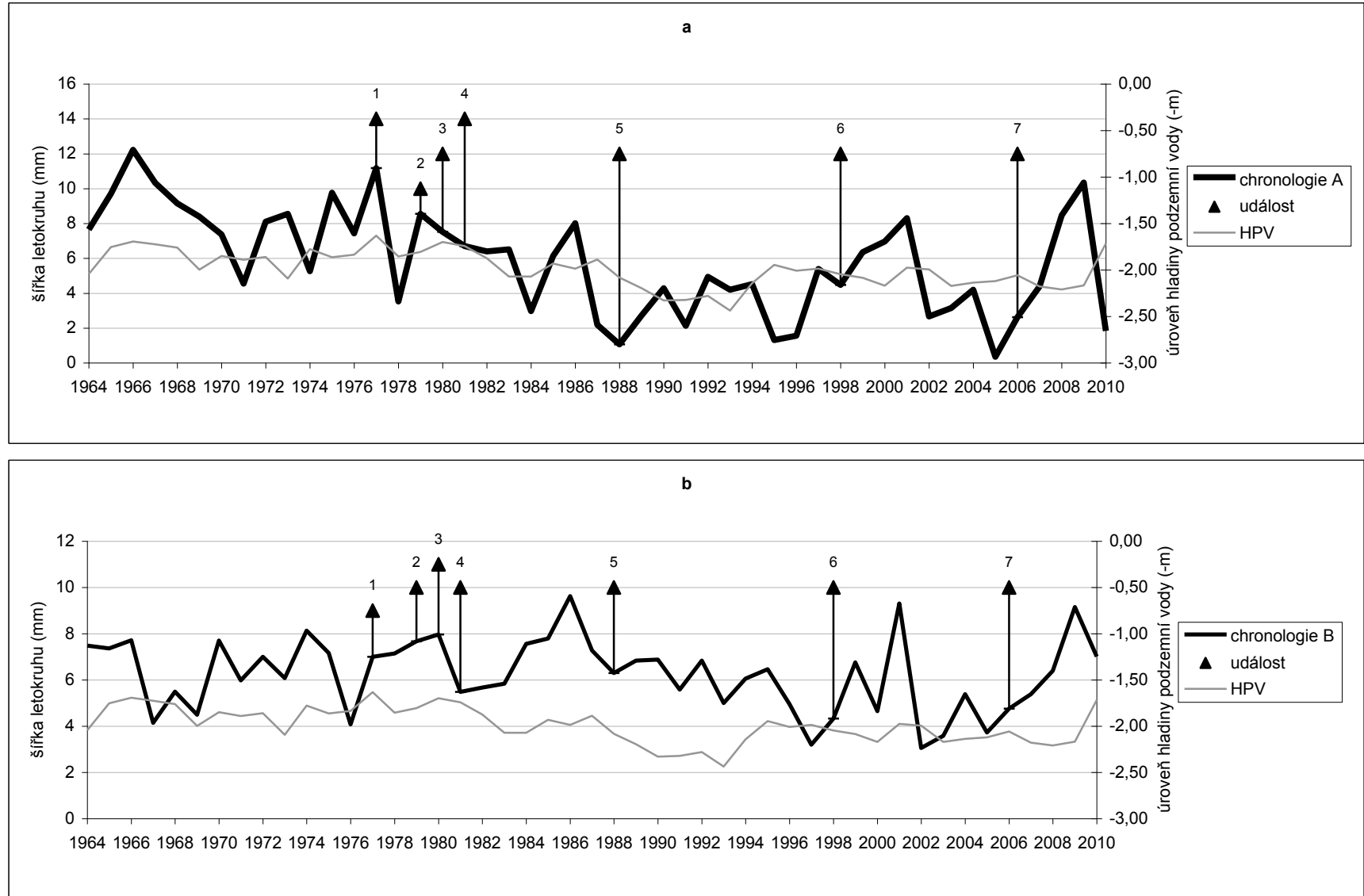
7 negativních let. Ke shodnému výskytu negativních let u obou chronologií došlo v letech 1988, 2002, 2003, 2005 (obr. 4; 5).



Obr.3. Srovnání parametrů tloušťkového přírůstu topolu kanadského a) Rozdíly průměrných šířek letokruhů (mm) topolu na ploše A a kontrolní plochy B; b) Rozdíly normalizovaných šířek letokruhů topolu na ploše A a kontrolní plochy B; c) Rozdíly průměrných šířek letokruhů (mm) u topolu na ploše A mezi obdobími 1964–1988 a 1989–2010; d) Rozdíly průměrných šířek letokruhů (mm) u topolu na ploše B mezi obdobími 1964–1988 a 1989–2010.



Obr. 4. Srovnání průměrných stanovištních chronologií topolu kanadského. a) Průměrné stanovištní chronologie topolu k. plochy A a B v absolutních šířkách letokruhů společně s výskytem negativních významných roků. b) Srovnání normalizovaných průměrných chronologií topolu k. plochy A a B.



Obr. 5. Průměrné stanovištní chronologie topolu kanadského plochy A a B, doplněné o průběh HPV a zaznamenané vodohospodářské úpravy: 1) 1977 - oprava jezu Zamykalka; 2) 1979 - čištění koryta Oskavy (1979-1983); 3) 1980 - oprava jezu Včelínek (1979-1980); 4) 1981 - přebudování jezu Zamykalka na pevný; 5) 1988 - zprovoznění prameniště Pňovice-Březové; 6) 1998 - čištění Oskavy od povodňových nánosů; 7) 2006 - čištění Oskavy od povodňových nánosů.

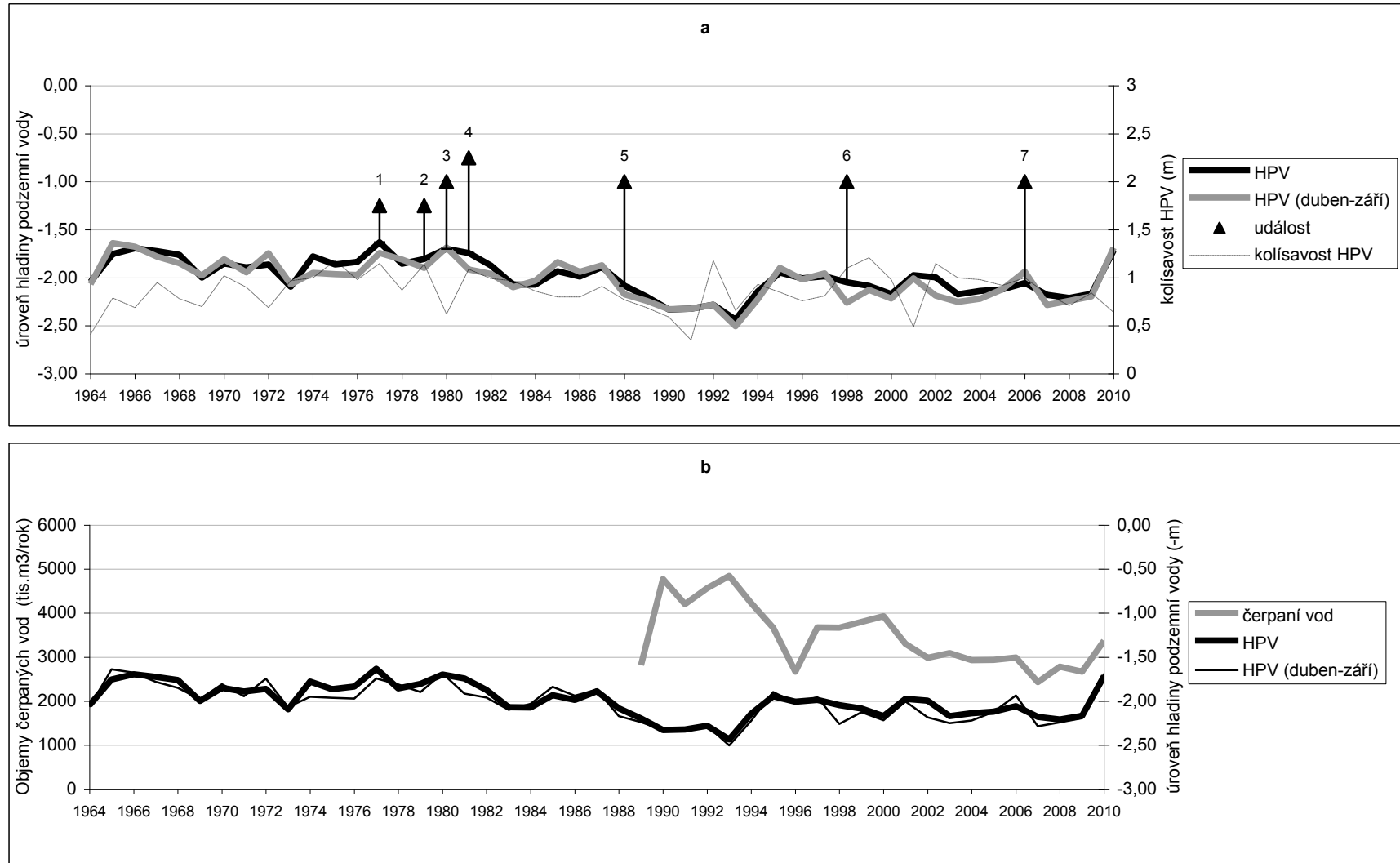
### 1.5. Hydrologické poměry

Hladina podzemní vody se v průměrném roce nachází v hloubce 1,99 m. Roční hodnota kolísání hladin dosahuje v průměru 0,87 m. Mezi průměrnou celoroční úrovní HPV a průměrnou HPV za vegetační období není významný rozdíl (t-test,  $t = 0,7494$ ,  $df = 92$ ,  $P = 0,455527$ ). Vztah mezi HPV a reálnými šířkami letokruhů topolu plochy A dokazuje regresní analýza ( $r^2 = 19,2591$ ,  $P = 0,0000$ ). Naopak regresní analýzou nebyla prokázána závislost normalizovaných šířek letokruhů na průměrné roční hladině podzemní vody v části A ( $r^2 = 0,0012$ ,  $P = 0,819$ ). Obdobný vztah vychází i v kontrolní části B, ovšem závislost je oproti přechodí situaci slabší ( $r^2 = 9,8060$ ,  $P = 0,0002$ ). U normalizovaných dat je v části B patrné mírné zvýšení přírůstů s rostoucí výškou hladiny, nikoliv však významné ( $r^2 = 0,0428$ ,  $P = 0,1675$ ). Neprůkazně vychází vztah mezi přírůsty a kolísáním hladiny v části A ( $r^2 = 0,0091$ ,  $P = 0,53$ ) obdobně jako v kontrolní části B ( $r^2 = 0,0214$ ,  $P = 0,33$ ).

Existuje vztah mezi množstvím čerpané vody a stavem zásob podzemních vod. HPV před začátkem čerpání vod dosahovala průměrné roční úrovně 1,87 m (SD = ). Vynesené křivky ukazují výrazný propad HPV v období 1989–1994 za maximálních odběrů vod (obr. 6). Po útlumu od 2. poloviny 90. let, kdy množství čerpané vody trvale klesá, HPV vykazuje stabilní úroveň. Průměrná úroveň HPV klesla během čerpání vod do hloubky 2,12 m (95% CI 2.19031 až 2.052493 m). Pokles hladiny o cca 0,25 m je statisticky významný (t-test,  $t = -5,91$ ,  $df = 45$ ,  $P = 1$ ). Z ekofyziologického hlediska se nejeví jako zásadní.

Odtokové poměry území dlouhodobě ovlivňuje činnost člověka. V minulosti byly prováděny v povodí následující úpravy a opravy. Pro ochranu kultur jsou pozemky odvodňovány melioračními příkopy. Výčet provedených úprav na Oskavě tvoří vybudování jezu Zamykalka a jeho následná údržba. Původní jez z roku 1914 byl betonový se stavidlovou propustí. Opravy jezu byly provedeny v roce 1977. V roce 1981 byl jez přebudován na jez pevný. Tato úprava se negativně projevila ve vodohospodářských poměrech Benkovského potoka v části lužního lesa. Koryto třetí vody nebylo od přestavby za malých průtoků zvodňováno. V letech 1979–1983 probíhalo na Oskavě odstranění nánosů z koryta, křovin a stromů a oprava opevnění. V rámci těchto úprav proběhla rekonstrukce jezu Včelínek (1979–1980). V letech 1980–1990 bylo hlavní úsilí zaměřeno na výstavbu prameniště Pňovice-Březové a úpravy vody v Příkazích (MOVO). Prameniště Březové bylo stanoveno rozhodnutím z

15.7.1988 (č.j. Voda 2556/88-233.1-Bu). Evidence o množství měsíčních a ročních odběrů vod začíná rokem 1985. Celkem bylo zprovozněno 30 vrtaných studní. Celková vydatnost jímacího území je 219 l/s, využitelná kapacita 161 l/s, z toho prameniště Březové - max. 58,4 l/s, Pňovice I - max. 58,4 l/s, Pňovice II - max. 43,8 l/s, Pňovice III - max. 58,4 l/s (PRVKÚ ČR, Olomoucký kraj). V roce 1998 a 2006 byla Oskava čištěna od povodňových nánosů.



Obr. 6. a) Záznam ročních průměrů HPV, průměrů za vegetační období a roční kolísavosti hladin vrtu VB0045 Štěpánov, se záznamem vodo hospodářských úprav: 1) 1977 - oprava jezu Zamykalka; 2) 1979 - čištění koryta Oskavy (1979-1983); 3) 1980 - oprava jezu Včelínek (1979-1980); 4) 1981 - přebudování jezu Zamykalka na pevný; 5) 1988 - zprovoznění prameniště Pňovice-Březové; 6) 1998 - čištění Oskavy od povodňových nánosů; 7) 2006 - čištění Oskavy od povodňových nánosů. b) Křivky průměrných stavů HPV za rok, vegetační sezónu ve srovnání s křivkou o ročních objemech čerpaných vod v Prameništi Pňovice-Březová.



## 8. Diskuse

Zásadní význam specifického vodního režimu na příznivý stav ekosystému lužního lesa prokazuje nespočet vědeckých prací. Touto vazbou se předpokládá růstový stres u dřevin při současném narušení vodního režimu. Tento předpoklad je testován na příkladu topolu kanadského a jeho růstové reakci na narušený průběh HPV. Na základě zjištěných dat nepodařilo prokázat souvislost mezi šířkou letokruhů a úrovní HPV. Sledovaný růst topolu je velmi nepravidelný. Výrazné růstové fluktuace se vyskytují zejména u topolu v části A. Rozdíl minimálních a maximálních hodnot je v porovnání s porostem v části B 1,8násobný. Průměrný tloušťkový přírůst topolu na kontrolní ploše B je nepatrně vyšší o 0,4 mm, než na ploše A. Zajímavostí je téměř schodný průběh obou chronologií v posledních 20 letech. S rostoucím věkem dřevin zpravidla šířka letokruhů klesá (Zach, Drápela 2000). Tento předpoklad se shoduje pouze s průběhem chronologie A, z něhož je patrný trend poklesu šířek letokruhů. Ovšem pouze do roku 1996, kdy se vývoji projevují dvě období výrazného růstu, která střídají dvě období silného poklesu. Průběh chronologie B vychází dlouhodobě bez zjevného trendu. Průměrná intenzita růstu se od roku 1989 významně snížila oproti předchozímu období. Tento vývoj je společný pro obě porovnávané chronologie. Za příčinu poklesu je možné považovat čerpání podzemních vod v prameništi Pňovice-Březová pouze nepřímo.

Na růstovém projevu se může podílet několik dalších faktorů a jejich proměnlivost. Např. změna okolní porostní struktury během sukcese porostu. Působení konkurence sousedních dřevin a samozřejmě vlastnosti topolu (Čížková 2007). Tyto faktory nejsou známy a mohou být předmětem dalšího výzkumu.

Jednotlivé letokruhy jsou přímo měřitelné ze struktury dřeva. Vyvrací se tím tvrzení Kyncla a Rybníčka (2003) o nevhodnosti těchto dřevin pro dendrochronologickou analýzu, kvůli špatné čitelnosti jejich letokruhů. Ze zkušenosti se však nejvíce jako vhodná referenční dřevina pro hodnocení stanovištních podmínek. Na území Litovelského Pomoraví však představuje snadno dostupný zdroj studijního materiálu. Pokud porost topolu není včas vytěžen, dosahuje obvod kmene značných rozměrů. Zpracování takového materiálu je omezené až nemožné a výsledný ekonomický efekt je zanedbatelný. Jako nepůvodní dřevina stojí současně mimo zájem ochrany přírody. Podle plánu péče CHKO a LHP (2010 - 2019) budou porosty nepůvodních hybridních topolů postupně odkáceny, popř. nahrazovány původním a dnes již vzácným topolem černým.

Hladina podzemních vod každoročně kolísá s maximy na jaře a minimální úrovní na podzim. Rozsah kolísání HPV dosahuje cca 0,8 m (vrt VB0045 Štěpánov). Podle Praxe, Hyblera, Kloupara a dalších tato dynamika kolísání hladin tvoří základní podmínku vitality lužního lesa. Dlouhodobý útlum kolísání hladiny začal v roce 1987 společně s poklesem zásob podzemních vod. Tento stav trval až do roku 1991, kdy došlo k obnovení kolísání hladin v původním rozsahu. Fyziologicky se tato změna neprojevila na porostu topolu. Je tedy namístě zvážit, zda měření pocházející z vrtu VB0045 dostatečně vystihují lokální charakter vodního režimu.

Možnou cestou k prokázání vztahu představuje experimentální zásah s řízením vodního režimu v rámci lokality obdobně jako u studie vlhkostního režimu v oblasti jižní Moravy (Prax, Hadaš, Hybler, 1997, Hadaš, Prax, 2001). Pravidelné měření hladiny podzemní vody přímo ve studovaném porostu může poskytnout detailnější informaci o stanovištních podmínkách. Podmínkou je současné detailní poznání fyziologických procesů dřevin a využití přesnějších metod stanovení růstové reakce, např. dle obsahu izotopů C, H, O ve dřevě.

Zkušenost ukazuje, že snížení úrovně hladiny v období 1987–1997 lze vysvětlit čerpáním podzemních vod. Prameniště je třeba neustále dotovat vodou. K výrazným poklesům zásob podzemních vod dochází při čerpání ročních objemů cca 3500 tis.m<sup>3</sup> a více. Pouze za nižší intenzity čerpání dochází k dostatečnému doplňování zásob infiltrací. Méně patrný je mírný, ale trvalejší pokles HPV od roku 1981. V tomto roce byl přebudován jez Zamykalka na jez pevný. U ostatních zásahů nelze vysledovat souvislost s režimem HPV.

Z charakteristiky půdního prostředí je patrný rozpor mezi údaji z půdních sond a údaji z Půdní mapy ČR. Půdní sondy z roku 2012 poskytují aktuální obraz o stavu půd na studované lokalitě. Správnost pořízeného popisu se opírá platnou metodiku a zkušenosti pedologů. Odlišná klasifikace půd může být způsobena variabilitou stanoviště. Podle sledovaných obsahů N, C a jejich poměrů půda vykazuje vysoký produkční potenciál. S ohledem na neznalost původce narušování stanovištních podmínek nelze doporučit vhodná opatření pro zlepšení stavu porostu.

## **9. Souhrn**

Z výsledků studie nevyplývá přímá odpověď topolu kanadského na dynamiku hladiny podzemních vod. Z charakteru růstových projevů lze předpokládat kombinovaný účinek faktorů na úrovni stanoviště, zejména jeho členitosti, s místními odchylkami v odtokovém režimu. Podařilo se vysledovat účinky vodárenského čerpání na stav zásob podzemních vod. Částečně se na tomto stavu podílí i přebudování jezu Zamykalka z roku 1981.

## 10. Reference

- Benetka V, Dubský M. 1998. Práce na zachování domácího druhu *Populus nigra* L. uskutečněné ve VÚOZ Průhonice. *Acta Průhoniciana* 65:46–50.
- Bradshaw HD Jr, Ceulemans R, Davis J, Stettler R. 2000. Emerging Model Systems in Plant Biology: Poplar (*Populus*) as a Model Forest Tree. *J Plant Growth Regul.* 19(3):306–313.
- Chytrý M, Kučera T, Kočí M. 2001. Katalog biotopů České republiky. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny. 307 s. Cejlak I. Pěstování topolů pro energetické účely – 1. [internet]. *Biom.cz*; 2010 [cit. 2013-04-19]. Dostupný z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-1>.
- Cook ER, Kairiukstis LA. 1990. *Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. 364 p.
- Cseke JJ. (2003). A dendroecological approach for dating individual small-scale canopy disturbance events, Great Smoky Mountains National Park, Tennessee, USA [Doctoral dissertation]. [Knoxville (USA)]: University of Tennessee.
- Čížek. 2007. Základní předpoklady pro zakládání plantáží a pěstování rychlerostoucích dřevin v podmínkách ČR. Valašské Meziříčí: Regionální energetické centrum, o.p.s. Dostupný z: [http://www.regec.cz/\\_data/attachments/1c0d7f7f448776b47c79be94fc688106\\_Zakladni\\_predpoklady\\_RRD1.pdf](http://www.regec.cz/_data/attachments/1c0d7f7f448776b47c79be94fc688106_Zakladni_predpoklady_RRD1.pdf)
- Čížková L. 2007. Domácí topoly se stávají vzácnými dřevinami. *Lesu zdar*. 2:15–17.
- Čupa P. 2009. Lužní les v nivě Moravy a Dyje. Břeclav: Biosférická rezervace Dolní Morava. 95 s.
- Demek J, Mackovičín P, et al. 2006: *Hory a nížiny – zeměpisný lexikon ČR*. 2. vyd. Praha, Brno: AOPK ČR. 582 s.
- Douda J. 2009. O vegetační proměnlivosti a původu současných lužních lesů. *Živa* 2: 56–60
- Drápela K, Zach J. 1995. *Dendrometrie (Dendrochronologie)*. Brno: MZLU. 149 s.
- Francis RA, Gurnell AM, Petts GE, Edwards PJ. 2005. Survival and growth responses of *Populus nigra*, *Salix elaeagnos* and *Alnus incana* cuttings to varying levels of hydric stress. *Forest Ecology and Management*. 210 (1-3):291–301.
- Fritts HC. 1976. *Tree Rings and Climate*. NY: Academic Press. 567 p.
- Hadaš P, Prax A. 2001. Stress factors of soil moisture regime in floodplain forests.

- Ekológia (Bratislava). 20(1):143–162.
- Hobza P, editor. Forest management systems and regeneration of floodplain forest sites. Reviewed Proceedings from the International Conference; 2007 Oct 8–9. 2007; Brno. Brno: Mendelu. 242 p.
- Horváth M, Peřina J. Lesní hospodářství v lužních lesích, specifika v CHKO Litovelské Pomoraví. In: Měkotová J, editor. Říční krajina 6. Sborník příspěvků z konference; 21.10. 2009; Olomouc: Univerzita Palackého; 2009. 209 s.
- Hybler V, Klimánek M, Štibinger J, Kloupar M, Prax A. 2009. Dynamika hladiny podzemní vody jako základ managementu optimalizace vlhkostního režimu lužního lesa na příkladu nivy Dyje v Kančí oboře. In: Měkotová J, editor. Říční krajina 6. Sborník příspěvků z konference. 21.10. 2009. Olomouc: Univerzita Palackého; 2009. 56–62 s.
- Kouřil Z. Podzemní vody údolí řeky Moravy. Brno: Geografický ústav ČSAV. 1970. 221 s.
- Kyncl J, Kyncl T. 2002. Principy dendrochronologie. Živa 6: s. 249–252.
- Lesy České republiky, s. p. 2009. Lesní hospodářský plán pro lesní hospodářský celek Pomoraví, 2000, platnost od 1.1. 2010 do 31.12. 2019. Lesy ČR.
- Machar I. 1998. Ochrana lužních lesů a olšin. Praha: AOPK ČR. 31 s.
- Maděra P, Úradníček L. 2001. Growth response of oak (*Quercus robur* L.) and ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) on changed conditions of the floodplain forest geobiocoene hydrological regime. Ekológia (Bratislava). 20(1):130–142.
- Prax P, Prax A, Kloupar M, Heteša J, Sukop I. 2005. Optimalizace hydrologického režimu lužního ekosystému po antropických zásazích a její zapracování do zásad managementu na polesí Tvrdonice. Brno: LČR. 27 s.
- Quitt E. 1971. Klimatické oblasti Československa. Brno: Academia. 73 s.
- Správa CHKO Litovelské Pomoraví. 2010. Plán péče pro Chráněnou krajinnou oblast Litovelské Pomoraví na období 2009–2018, MŽP ČR.
- Staňa J. 1995. Metodika monitorování zemědělských a lesních půd a půd chráněných území České republiky. Brno: SKZÚZ. 45 s.
- Stokes MA, Smiley TL. 1996. An introduction to tree-ring dating. Tucson: University of Arizona Press. 73 s.
- Šarapatka B, Prax A. 2000. Ovlivnění vlhkostního režimu půd a hladiny podzemní vody při "srážce" řeky Moravy. In: Janeček M, editor. Pedologické dny 2000: sborník přednášek, příspěvků a posterů; 23.-24. říj 2000; Kostelec nad Černými lesy.

- Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy; 2000. 229–234 s.
- Schweingruber FH. 1996. *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. 609 p.
- Treml V. 2007. Možnosti dendrochronologie při určení změn reliéfu vyvolaných povodněmi, případová studie Babí potok. In: Langhammer J. *Povodně a změny v krajině*. Praha: Univerzita Karlova v Praze. 187–196 s.
- Úradníček L, Maděra P, Tichá S, Koblížek J. 2009. *Dřeviny České Republiky*. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce. 367 s.
- Vlček V, et al. 1984. *Zeměpisný lexikon ČSR – Vodní toky a nádrže*. Praha: Academia. 316 s.
- Vyskot M. 1984. Vliv vodohospodářských úprav na vývoj tloušťkového přírůstu dřevin lužního lesa. *Lesnictví*. 30 (9):737–765.