

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Vliv hospodaření v lužních lesích jižní Moravy:
rekonstrukce obmýtních cyklů a
dendroklimatologická analýza růstu dřevin**

Diplomová práce

Eliška Janská

Školitel: Mgr. Jan Altman
Konzultant: Doc. Mgr. Jiří Doležal, Ph.D.

České Budějovice 2014

Janská E. (2014) Vliv hospodaření v lužních lesích jižní Moravy: rekonstrukce obmýtních cyklů a dendroklimatologická analýza růstu dřevin. [Effect of management in alluvial forests of South Moravia: reconstruction of harvest cycles and dendroklimatological analysis of tree growth, Mgr. Thesis, in Czech], 47 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic

Anotace:

Tato práce se zabývá historií hospodaření v lesích na jižní Moravě. Pomocí dendrochronologických a dendroklimatologických analýz jsme odhalili proběhlé disturbance, ze kterých jsme rekonstruovali dřívější způsob lesního hospodaření, a ukázali jsme vliv klimatu a odvodnění v oblasti na růst dubu (*Quercus robur*).

Annotation:

This thesis deals with management history of floodplain forests in south Moravia. Using dendrochronological and dendroclimatological analyses, we revealed past disturbances and inferred former forestry practices, and we demonstrated the effect of climate and decrease of water table on the growth of oak (*Quercus robur*).

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 25. dubna 2014

.....
Eliška Janská

Poděkování:

Mé největší poděkování patří školiteli Honzovi Altmanovi a konzultantovi Jirkovi Doležalovi za pomoc počínající prací v terénu přes zpracování dat až po poslední komentáře k textu. Zejména děkuji Honzovi za trpělivost a ochotu při sepisování práce, protože opravování a kontrola této práce ho stála mnoho úsilí a nervů. Dále děkuji všem za pomoc při práci v terénu, hlavně Tomášovi a Vítkovi, bez kterých bych vyvrtala tak leda jedli, ale žádný dub. Bez jejich pomoci nejen v terénu, ale i při zpracovávání vzorků a výsledné práce bych byla ztracená. Za práci a za pomoc při měření děkuji také Markétě a Evě, změřit dohromady 35 tisíc letokruhů opravdu není sranda. Nesmím zapomenout ani na Pěťu a jeho trpělivost při psaní mé práce a mnoho cílených připomínek. Díky patří také Terce za finální kontrolu stylu a gramatiky. Děkuji své rodině za podporu při studiu a celkové zázemí, díky kterému mohla tato práce vzniknout.

Poděkování patří také Ing. Dovrtělovi z LČR za poskytnutí lesnických údajů, Českému hydrometeorologickému ústavu za poskytnutí dat o průtoku řeky Moravy a Botanickému ústavu AVČR v Průhonicích, jmenovitě Doc. Janu Wildovi za poskytnutí klimatických dat.

Práce byla financována výzkumným projektem P504/12/1952 Grantové agentury České republiky.

Seznam zkratek

ČHMU Český hydrometeorologický ústav

LHP Lesní hospodářský plán

Obsah

1 Úvod	1
2 Dendrochronologie	3
2.1 Disturbance	3
2.2 Trendy růstu.....	5
2.3 Dendroklimatologie	6
3 Studované území	7
3.1 Lužní lesy	7
3.2 Lesy studovaného území	7
3.3 Historie území	9
4 Cíle a hypotézy	13
5 Metodika.....	15
5.1 Sběr dat.....	15
5.2 Analýza dat.....	15
5.2.1 Detekce uvolnění	16
5.2.2 Trendy růstu.....	17
5.2.3 Klimatické analýzy	18
6 Výsledky.....	20
6.1 Letokruhové charakteristiky	20
6.2 Detekce uvolnění	20
6.3 Trendy růstu.....	25
6.4 Klimatické analýzy	25
7 Diskuze	33
7.1 Detekce uvolnění	33
7.2 Porovnání analyzovaných uvolnění s údaji z LHP	34
7.3 Trendy růstu.....	35
7.4 Klimatické analýzy	36
8 Závěr.....	39
9 Literatura	40
10 Přílohy	48

1 Úvod

Lesy jsou v Evropě jedny z nejrozsáhlejších ekosystémů pokrývající 44,5% její rozlohy. V České republice lesy zaujímají 34% plochy a v posledním století se rozloha lesů stále zvyšuje (FAO, 2011). Dříve u nás převládaly původní opadavé lesy mírného pásu (od doubrav v nižších polohách po jedlobučiny až horské smrčiny ve vyšších polohách). Postupně se ale složení lesa měnilo a nyní na většině území převládají monokulturní smrkové lesy (zastoupení smrku je cca 52%). Na našem území se ale přesto zachovala území s přirozenou druhovou skladbou. Některá z nich byla následně vyhlášena jako lesní rezervace s bezzásahovým managementem. Mezi nejznámější patří Žofínský a Boubínský prales (2 nejstarší pralesní rezervace na našem území), Mionší, Razula (jedlobukové porosty) či Cahnov – Soutok a Ranšpurk (lužní lesy).

Management Evropských lesů je silně spjatý s vývojem lidské společnosti. Do 12. století je osídlení na našem území poměrně řídké a dřevo jako surovina je poměrně hojné. Od 13. století, kdy se zakládala první města, se poptávka po dřevě výrazně zvyšuje, a to jak po palivovém, tak po stavebním. Navíc lesy ustupují na úkor zemědělské půdy. Lesní porosty se často vypalují, kvůli rychlejšímu získávání zemědělské půdy (Mezera 1958, Penka, 1985). Dřevo na palivové účely je získáváno tzv. pařezením, což znamená, že pařezy vzniklé těžbou se ponechávají, jako vhodné stanoviště pro růst nových mladých větví (Fuller & Warren, 1993). K získávání většího, hlavně stavebního dřeva, zůstávají v lese tzv. výstavky, což jsou stromy, které se nechávají dorůst do větších rozměrů. Takovýto les, kde je prováděno pařezení a zároveň ponechávání výstavků se nazývá pařezina s výstavky, popřípadě střední les. Tradiční je ve 13. století také lesní pastva. (Fuller & Warren, 1993, Vera, 2000, Frelich, 2002, Guyette et al., 2002, Bergmeier et al., 2010, Niklasson et al., 2010, Altman et al., 2013a). S rostoucími nároky lidské společnosti v průběhu času je nutné začít se o lesy více starat. Ve 14. století se proto na území českého státu objevují první snahy o regulaci kácení a odnosu dřeva z lesa, a později také první zmínky o zavádění umělé obnovy v lese. Zavedením umělé obnovy tak postupně dochází k převodu porostů s tradičním stylem hospodaření na les vysoký. Ve vysokém lese není výrazná věková ani prostorová struktura a je zde absence starých a již částečně odumírajících stromů, které jsou pro některé organismy (hlavně bezobratlé) nezbytné (Ranius et al., 2009, Miklín & Čížek, 2013) Během 20. století způsobují rozsáhlá intenzifikace lesnictví a zemědělství výrazné změny krajiny, především fragmentaci přirozeného prostředí (Stoate et al., 2001).

Zbytky rozvolněných lesů dnes patří mezi jedny z druhově nejbohatších stanovišť mírného pásu a jsou domovem pro velké množství společenstev, protože v nich žije jak lesní biota, tak biota otevřených stanovišť (Fuller & Warren, 1993, Bergmeier et al., 2010). Zároveň zde žijí i druhy unikátní pro tato společenstva. (Chytrý et al., 2012, Miklín & Čížek, 2013). Typické pro rozvolněné lesy je výskyt starých solitérních stromů. Tyto staré stromy patří v rozvolněných lesích k nejdůležitější složce ekosystému. Tvoří nezaměnitelný habitat, na kterém je závislé množství chráněných rostlin, živočichů a hub a proto si zaslouží náležitou ochrannářskou pozornost v celé Evropě (Bengtsson et al., 2000). Bohužel právě tyto významné prvky byly v průběhu posledního století významně redukovány. Postupem času a zvyšujícími se nároky na dřevo jako surovinu se lesy postupně měnily a začala se z nich vytrácet původní druhová bohatost. (Bengtsson et al., 2000, Hédli et al., 2010). Opuštěním původního managementu (pařezení či pastvy) a převodem na vysoký les se zvyšuje zápoj stromového patra (Altman et al., 2013a). Takováto změna v původně rozvolněných lesích má za následek snižování diverzity jak rostlinných, tak i živočišných druhů (Fuller & Warren, 1993). Pro ochranu diverzity je potřeba zabránit úbytku těchto biotopů a to nejlépe zachováním původního managementu.

Lesní ekosystémy jsou ovlivňované nejen managementem, ale i jinými lidskými zásahy, například regulací vodních toků, nebo klimatem. Pro studium historických procesů v lesích lze využít například letokruhové analýzy, tzv. dendrochronologie.

2 Dendrochronologie

2.1 Disturbance

Jedním z jevů, které lze pomocí dendrochronologie zaznamenat jsou disturbance. Ty jsou jedním z nejdůležitějších procesů významně ovlivňující strukturu a složení lesa. White & Pickett, (1985) definují disturbance jako relativně samostatné události v čase, které narušují ekosystém, společenstvo nebo populační strukturu a mění dostupnost zdrojů, substrát nebo fyzikální podmínky. Disturbance jsou hlavní silou, která řídí dynamiku většiny lesních ekosystémů a jsou jeho nedílnou součástí (Frelich, 2002). Vliv disturbancí hraje v ekosystémech klíčovou roli z pohledu jejich fungování, druhové bohatosti a struktury (Doležal et al. 2009, Reyes et al. 2010, Šebek et al. 2013).

Disturbance lze dělit podle několika kritérií. Disturbance mohou být přirozené (větrná kalamita, záplavy, sucho, požár, invaze a přemnožení škůdců) nebo způsobené lidskou činností (těžba dřeva, zástavba) (Turner et al., 2003). Disturbance ale může být charakterizována i rozsahem, rozmístěním, četností, vážností (White & Pickett, 1985).

Frelich (2002) popisuje 3 základní typy lesních disturbancí podle vážnosti

- 1) Malá disturbance – je narušena pouze malá část podrostu nebo stromového patra nebo obojího. Tato situace může nastat po menším větrném polomu, požáru nebo malé těžbě, která vytvoří volný prostor.
- 2) Střední disturbance – většina podrostu nebo/a stromového patra je zničena, ale zůstal značný podíl matečných stromů nebo semenáčků. Příkladem může být polom po vichřici nebo těžbě, když je poškozeno stromové patro, ale semenáčky zůstaly nebo naopak požár nebo intenzivní pastva divoké zvěře, která zničí všechny semenáčky, ale stromové patro zůstává neporušeno.
- 3) Velká disturbance – je zničena většina podrostu a zároveň i stromového patra. Příkladem je korunový požár a těžba s následným pálením zbylého materiálu.

V lesích hrají výraznou roli malé a střední disturbance, které diverzifikují les a vytváří tak důležité mikrohabitaty pro život a tím pádem i biodiverzitu (McCarthy, 2001). Malou disturbance může být například pád jednotlivých stromů nebo malý polom, který ovlivní pouze bezprostřední okolí. Zároveň i management lesů je důležitý faktor, který v průběhu vývoje lesa výrazně ovlivňuje změny přírůstu letokruhů (Spiecker, 2002). Jedním z faktorů

posuzující vážnost disturbance je doba, za kterou se postižené území vrátí do původního stavu (Frelich, 2002).

Pro odhalení disturbancí lze použít různé metody, například analýzu věkové struktury porostu (Foster, 1988) nebo využití historických dat (Black & Abrams, 2001). Další možností je tzv. dendrochronologie. Pomocí letokruhových dat lze zjistit rozmanité množství informací o vztahu mezi stromy a jejich prostředím (Fritts, 1976, Schweingruber, 1996). Letokruhová data jsou využívána především ke zjišťování stáří stromu, rekonstrukci klimatických poměrů, zjištění přirozeného i antropogenního narušení lesa, ale také například k datování různých dřevěných objektů (například sakrálních nebo archeologických) (Schweingruber, 1995). Dendrochronologie nám tak umožňuje nahlédnout do historie desítky, stovky, výjimečně i tisíce let nazpět a rekonstruovat široké spektrum jak abiotických tak biotických faktorů prostředí ovlivňujících růst stromů (Splechna et al. 2005, Buntgen et al. 2011, Altman 2013a).

V posledních letech se letokruhová data začínají rovněž hojně využívat k rekonstrukci disturbancí (Altman et al., 2014). Některé disturbance lze detekovat již při měření letokruhových dat (např. jizvy způsobené požárem, pryskyřičné kanálky) (Jordan, 1966). Avšak ne každá událost je patrná již při vizuálním prozkoumání vzorku, ale i přesto ji lze z naměřených údajů zjistit. Jedná se o nepřímý vliv disturbance, kdy strom, v jehož okolí došlo například k pádu stromu, tedy k disturbanci, reaguje na zvýšenou dostupnost světla náhlým zvětšením radiálního růstu (např. Altman et al., 2014). Toto náhlé zvětšení radiálního růstu se nazývá uvolnění (*release*) (Lorimer & Frelich, 1989, Black et al., 2003, Splechna et al., 2005, Black et al., 2009,). Například dub ihned reaguje na narušení stromového zápoje a nejvýraznější uvolnění je obvykle druhý rok po disturbanci, dále se už přírůsty pouze zmenšují (Nowacki & Abrams, 1997).

Rubino & McCarthy (2004) ve svém review přezkoumali dendrochronologické metody používané pro detekce historického narušení. Výsledkem bylo rozdělení metod do několika kategorií:

- 1) Neměnné uvolnění (*Static*) – pokud je šířka měřeného letokruhu větší než daná kritická hodnota, je to považováno za uvolnění.
- 2) Standardizace (*Standardization*) – metoda používá standardizované nebo detrendované letokruhové série k identifikaci udržitelného nárůstu

- 3) Střední hodnota uvolnění (*Mean*) – uvolnění je zaznamenáno, pokud předem daný počet let bude mít širší letokruhy než je průměrná šířka letokruhu daného jedince
- 4) Odpověď na událost (*Event response*) – uvolnění je určeno porovnáním růstových změn ve srovnání se stejným obdobím, které mu předcházelo
- 5) Metoda radiálního přírůstu (*Radial-averaging, running mean*) – Metoda zahrnuje identifikaci konkrétního roku a porovnání průměrné růstové křivky před a po daném roce pro definovaný počet let. Pokud je zaznamenán zvýšený nárůst nad kritickou hodnotu, pak je to považováno za uvolnění.

Nicméně, od roku 2004 bylo vyvinuto několik nových metod, které se snaží vylepšit a co nejvíce eliminovat limitace metod starších např. Black & Abrams, (2003), Druckenbrod (2005), Fraver & White (2005). Z těchto metod se nejčastěji využívá tzv. *boundary line* Black & Abrams, 2003, která rozšiřuje parametry stanovené v práci Nowacki & Abrams (1997). Další alternativní přístupy nabízí tzv. metoda absolutního nárůstu (*absolute increase method*) (Fraver & White 2005). Metoda spočívá v tom, že místo stanovení procentuální růstové změny se definuje, jak už z názvu vyplývá, absolutní hodnota změny přírůstů, která identifikuje disturbanci.

2.2 Trendy růstu

Trendy růstu slouží jako nástroj ke zjištění životní strategie (světломilnost vs. stínomilnost) stromu a rekonstrukci prostředí v jakém strom vyrůstal (Oliver & Stephens 1977, Frelich 2002, Nuikkanen & Kuuluvainen (2011). Trend růstu stromu se určuje z tvaru růstové křivky.

Frelich (2002) a Nuikkanen & Kuuluvainen (2011) popisují 5 základních trendů růstu:

- 1) Klesající – od počátku klesající trend. Typické pro stínomilné druhy, které hned na počátku dorostou do stromového patra a postupně růst snižují. Snížený růst je způsobený rovnoměrným přírůstem biomasy, ale zvětšující se plochou, kam dřevo přirůstá. Typické pro stejnověké porosty nebo velké *gapy* různověkého lesa.
- 2) Unimodální – jeden výrazný růstový vrchol. Typické pro stromy, které zpočátku života rostou v podrostu, ale s narušením dojde k nárůstu do stromového patra, kde růst stromu pokračuje rovnoměrným přírůstem.
- 3) Bimodální – dva růstové vrcholy. V průběhu života stromu se v okolí vyskytly 2 disturbance, na které strom zareagoval zvýšeným přírůstem.

- 4) Vyrovnaný – rovnoměrný přírůst stromu bez klesajícího charakteru
- 5) Nepravidelný – jiný trend nepopsaný výše, nejčastěji se jedná o stále zvětšující se růst. Tento trend je typický pro mladší jedince, které jsou v růstové fázi a ještě nedosáhli stromového patra.

2.3 Dendroklimatologie

Jak již bylo zmíněno, šířka letokruhů reaguje na klimatické charakteristiky prostředí. Zejména je pak ovlivněna teplotami a srážkami, se kterými často koreluje (Brázdil et al., 2002, Doležal et al., 2010) Mnoho studií se zabývá změnou klimatu a reakcí stromů na tyto změny (Graumlich, 1993, Pan et al., 1997, Rozas, 2005). Klimatické výkyvy dokládá například studie Büntgen et al. 2011, kde je ilustrováno, že dlouhodobě v lidské historii dochází ke kolísání teplot, nicméně během posledních 100 let došlo k výraznějšímu nárůstu teploty a zároveň snížení srážek.

3 Studované území

3.1 Lužní lesy

Lužní lesy jsou specifické ekosystémy nacházející se v blízkosti vodních toků. Je pro ně charakteristická vysoká hladina spodní vody a pravidelný režim záplav, který přináší do ekosystému velké množství živin. Lužní lesy představují velmi citlivý ekosystém, ve kterém se vyskytuje řada vzácných a chráněných druhů jak rostlin, tak živočichů (krasec, mlok skvrnitý, čáp černý, bobr evropský, bledule jarní) Těchto specifických ekosystémů ale v celé střední Evropě neustále ubývá. Je to způsobeno hlavně úpravou vodních toků, vysušováním území a ochrannou před povodněmi.

Lužní les můžeme rozdělit na dva typy – měkký a tvrdý luh. Měkký luh je v blízkosti vodního toku v místech, která bývají dlouhodobě zatopena. Často se zde vyskytují periodické i celoroční tůně. Stromy jsou těmto podmínkám přizpůsobeny. V měkkém luhu se vyskytují zejména vrby, topoly, olše. Tvrdý luh je zaplavován pouze krátkodobě. Nejčastější dřevinou tvrdého luhu je dub letní, jílny a topoly.

Typickým stromem lužních lesů je dub letní (*Quercus robur*). Je zastoupen hlavně v tzv. tvrdém luhu. Dub je světlomilná a teplomilná dřevina citlivá k pozdním mrazům. V Čechách má výskyt poměrně široký – od teplomilných doubrav, kde bývá smíšen s dubem zimním (*Quercus petraea*), který lépe snáší sucho až po lužní lesy v nížinách (Koblížek, 2003). Duby jsou vysoce tolerantní k zaplavení a nedostatku kyslíku v půdě a mohou být až 100 dní v zaplavené půdě bez viditelnějších následků (Kreuzwieser et al., 2004). U nás byla převážná část doubrav přeměněna na zemědělskou půdu, protože půdy, na kterých se duby vyskytují, jsou vysoce úživné. Pro duby je charakteristická dlouhověkost, čehož se využívá v dendrochronologii.

3.2 Lesy studovaného území

Studované území se nachází v lužních lesích na soutoku řek Morava a Dyje. Quittova (1971) kategorizace ho zařazuje do v teplé a suché klimatické oblasti. Terén je zde rovinný (148-184 m.n.m.).

Z geomorfologického pohledu patří oblast do Dyjsko-moravské nivy. Oblast tvoří převážně kvartérní sedimentové usazeniny obou řek (písčité až jílovité) spolu s organickými usazeninami. Celková mocnost těchto vrstev může dosahovat až 8 metrů. Zajímavým a

ekologicky významným prvkem v krajině jsou tzv. hrůdy, což jsou váte písčiny starších písčitéch sedimentů vyčnívající nad sedimentové vrstvy. Významné jsou zejména během povodní, kdy hladina vody nedosahuje takové výše, aby je zaplavila, takže slouží jako útočiště pro zvěř. V dřívějších dobách byly tyto útvary využívány také k sídelním účelům. (Havlíček, 2004).

Roční průměrná teplota je 9,6°C, nejteplejšími měsíci jsou červenec a srpen s průměrnými teplotami 26,2°C, resp. 26°C, naopak nejstudenějšími měsíci jsou leden (-4,6°C a únor(-3,2°C). Dlouhodobý roční úhrn srážek je 520 mm, nejvyšší dlouhodobý úhrn srážek je během června a července (68, resp. 67 mm), nejméně srážek spadne během ledna a února (28, resp. 27 mm). Dlouhodobý průtok řek je u Moravy 59,6 m³/s (vodoměrná stanice Strážnice) a v případě Dyje 41,7 m³/s (vodoměrná stanice Ladná) (Bíza et al., 2013). Minimální průtok na Dyji byl zaznamenán v roce 1935 a činil pouhých 2,4 m³/s, maximální pak v roce 1941, kdy protékalo 820 m³/s. Oba údaje byly naměřeny v Dolních Věstonicích (Heteša et al., 2004). Minimální průtok na Moravě byl naměřen v září roku 1947 s průtokem 5,5 m³/s, maximum 434 m³/s bylo naměřeno při povodni v červenci v roce 1997. Nejnižší průtoky bývají na Moravě během září a října (5,5 m³/s), nejvyšší pak během března (112,6 m³/s). Všechny tyto údaje byly zaznamenány ve Strážnici pro období 1921 – 2013(ČHMU).

Celá oblast se řadí do tzv.*biodiversity hot-spot* oblasti střední Evropy (Miklín & Čížek, 2013, Rozkosny & Vanhara 1996). Lužní lesy jižní Moravy patří k nejlépe dochovaným lužním lesům na našem území. Z pohledu ochrany přírody se na studovaném území vyskytuje hned několik stupňů ochrany přírody. Nachází se zde 3 Ptačí oblasti: a 2 Evropsky významné lokality. Od roku 2003 celá oblast spadá do Biosférické rezervace Dolní Morava. V území se rovněž vyskytuje několik národních přírodních rezervací (NPR).NPR Cahnov-Soutoka NPR Ranšpurk (obě vyhlášeny 1949)patří v České Republice mezi rezervace s nejlépe dochovanými ukázkami lužního lesa ponechaného samovolnému vývoji. Oblast rovněž spadá pod ochranu Ramsarské konvence, kde je oblast zapsána jako RS9 Mokřady dolního toku Dyje o rozloze 11 500ha. Téměř celé území je zařazeno do Evropské ekologické sítě a vede tudy nadregionální biokoridor a nadregionální biocentrum (www.ochranaprirody.cz). Byla zde snaha o vyhlášení chráněné krajinné oblasti, ale bez úspěchu (Miklín & Smolková, 2011).

Typický je výskyt jak tzv. měkkého, tak tvrdého luhu. Dále jsou zde nivní louky s mohutnými solitérními duby, které jsou významnými hnízdišti ptáků (čáp bílý, orel

královský, luňák červený, včelojed lesní raroh velký) (Horal, 2011, Horal, 2014). Dalšími převažující stromy v oblasti jsou habr obecný (*Carpinus betulus*), lípy srdčitá a velkolistá (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*), jasan úzkolistý (*Fraxinus angustifolia*), jilmy (*Ulmus laevis*, *U. minor*), topol bílý (*Populus alba*) a javor babyka (*Acer campestre*). Žije zde také mnoho skupin bezobratlých organismů, hlavně brouků (tesařík obrovský, páchník hnědý) (Miklín & Čížek, 2013).

Historicky byly lesy v oblasti Soutoku obhospodařovány hlavně pastvou a pařezením. Od tohoto typu obhospodařování se začalo upouštět před zhruba 150 lety převodem pařezin na vysoký les s dobou obmýtí 90 – 150 let. Stále se zde ale nachází zbytky rozvolněných lesů s výrazně staršími jedinci (150 a více let), převážně duby. V současné době na území hospodaří státní podnik Lesy ČR, LZ Židlochovice podle platného lesního hospodářského plánu pro období 2010 – 2019. Převažuje zde holosečný způsob hospodaření po 2ha pasekách (Vrška a kol. 2006, LZ Židlochovice – osobní sdělení). V celé oblasti je velký problém s přirozenou obnovou, to je zapříčiněno tím, že celá oblast je hojně hospodářsky využívána a zároveň je tato oblast oborou s vysokou hustotou zvěře (především srnčí, jelení, dančí a černé), proto je přirozené zmlazení omezené. Před touto zvěří jsou chráněny pouze bezzásahové rezervace, které jsou oploceny (Janík et al., 2008).

3.3 Historie území

Historie osídlení oblasti je velmi staré. Heteša et al. (2004) uvádí, že území je osídleno nepřetržitě již 25 000 let, ale až do 9. století nebyly nívné oblasti zaplavovány. Důkazem jsou zbytky opevněných sídel na Mikulčicku a sídliště Pohansko. Je totiž velmi málo pravděpodobné, že by si Moravané budovali sídla v oblasti, která je 45-100 dní v roce zaplavena. V této době ale ještě nepředpokládáme tolik záplav jako v pozdější době, už jenom díky existenci těchto osad. Postupné odlesňování horních toků řek ale způsobilo zrychlený odtok vody a zvýšenou erozi, která vedla k zaplavování oblasti, které se zde zachovalo až do významnějších regulací provedených v polovině 20. století (Vrška et al. 2006). Průměrná doba záplav mezi léty 1807 – 1962 byla 26 dní ve vegetačním období a 24 dní mimo vegetační období (Penka, 1985).

První písemné zmínky o lužních lesích oblasti Soutoku pochází z roku 1384, kdy byl pořízen soupis všech lichtenštejnských majetků, kam patřily i lesy na Lednicku a Mikulovsku. Toto období je charakteristické intenzivní těžbou (stavba sídel), po které vznikaly velké plochy pařezin s dobou obmýtí 7-10 let (Mezera 1958, Penka 1985, Klimánek 2002). V druhé

polovině 15. a během 16. století tvořily převážnou část lužních lesů pařeziny s menším počtem výstavků, které vyrostly ze semen a byly ponechány buď na stavební a užitkové dříví nebo na semenáče. Zásahy se omezovaly pouze na čistky suchého a vadného dříví nebo na prosvětlování příliš hustých porostů. Palivové dřevo se těžilo v pařezinových porostech, pouze užitkové dříví se vybíralo po celém lese. Doba obmýtní se pohybovala mezi 10–20 lety podle potřeby obyvatel. Již v této době se paseky oplocovaly, aby mladý nálet neničila zvěř nebo pasoucí se dobytek. V době po třicetileté válce pokleslo zalidnění a tím i spotřeba dřeva. V roce 1740 byly lesy na Mikulovsku postiženy velkou vichřicí, po které následovalo napadení stromů škůdci. Již v této době se vyskytoval problém s nadměrnými těžebními zásahy. Kompenzace výsevem, nebyly na všech pasekách dodržovány. Navíc zde bylo výrazné procento porostů poškozených zvěří (Mezera 1958). V roce 1754 vydala Marie Terezie tzv. „Císařský patent lesů a dříví se týkající“, v němž zakázala lesní pastvu, což částečně pomohlo při obnově porostu. Oblast Soutoku patřila v té době částečně do vlastnictví rodu Lichtenštejnů, částečně do oblasti Lanžhot, kde se zákaz pastvy příliš nedodržel a pastva v lese zde probíhala až do roku 1873, kdy byla celá oblast zabrána Lichtenštejny, kteří pastvu i klučení dříví definitivně zakázali (Vrška et al. 2006).

V záplavových oblastech se příliš neosvědčil výsev žaludů, proto od roku 1764 začali v oblasti vznikat první lesní školky a bylo doporučeno používat k obnově lesa ne výsevu, ale výsadby obrostlých semenáčků, které lépe odolávají jarním záplavám. Záplavy byly jeden z hlavních důvodů problematického přirozeného zmlazování lužních lesů. Začínají se také vysazovat rychle rostoucí cizokrajné dřeviny (např. topol kanadský, javor jasanolistý, jasan americký) (Mezera 1958). Začátkem 19. století mikulovský lesník doporučuje převod pařezinových lesů, kde se doba obmýtní prodloužila až na 20–30 let, na lesy vysokokmenné. Argumentuje výpočty výnosů, kdy propočítal, že vysoký les má ve 120 letech dvojnásobný výnos dřeva. Vysoké lesy krom vyššího výnosu i lépe odolávají záplavám a okusu zvěře a dobytka. Zpočátku byl ovšem převod lesa na vysokokmenný často přehlížen, protože na rozdíl od pařezinového lesa nepřinášel okamžitý zisk. Od druhé poloviny 19. století se péče o les výrazně zlepšila, což se projevilo jak zintenzivněním a zdokonalením hospodářské úpravy, tak i ochranou lesů (Mezera 1958, Penka 1985). Od začátku 20. století se definitivně upustilo od původních forem hospodaření a porosty byly většinou převedeny na vysoký les. Miklín & Čížek, (2013) porovnávali historické letecké snímky z roku 1938 se snímky z roku 2009 ve studované oblasti. Výsledkem bylo zjištění, že v roce 1938 bylo přibližně stejné území rozvolněných (40,1%) a zapojených lesů (50,8%). Nicméně v roce 2009 pokryvnost

otevřených lesů byla již pouze 5,7%, zatímco zapojených lesů bylo 79,4%. Je tedy patrný vliv zalesňování a snahy o co největší produkci lesa na úkor rozvolněných lesů. Jediný zaznamenaný pokles lesní plochy byl v oblasti mokřadních lesů, které se změnilly na mokřadní louku.

Další významnou změnou, ke které ve studované oblasti došlo je regulace vodních toků. Nejstarší návrhy na regulaci vodních toků pocházejí z konce 18. století (Mezera 1958, Klimánek, 2002). První výraznou změnou bylo prokopání některých meandrů, důvodem bylo zabránění povodní. V polovině 19. století zmiňuje Heteša et al. (2004) první regulaci Dyje, ale pouze z oblasti horního toku řeky na rakouské straně, od konce 19. století ale už jsou zmíněny i první hráze (Mezera 1958). V průběhu 20. století pokračují regulace jak Dyje, tak i Moravy. Vrška et al. (2006) uvádí pokles hladiny spodní vody vlivem regulace řek mezi lety 1932 – 1976 o téměř 2 metry. Důvodem regulací byly stále větší povodně na obou řekách. Úpravy koryt řek probíhaly následovně:

1968 – 1973 provedena úprava Dyje v úseku Nové Mlýny – Břeclav

1969 – 1977 provedena úprava Moravy v úseku Hodonín – Lanžhot

1975 – 1989 provedena úprava soutoku řek Moravy a Dyje (Klimánek, 2002).

Poslední přirozená povodeň na řece Dyji byla v roce 1972, na řece Moravě pak 1977 (Heteša et al., 2004). Regulace obou řek a výstavba hrází v jejich okolí dokončené v roce 1976 bylo příčinou zamezení dalších povodní v ekosystému lužního lesa a pokles hladiny spodní vody o cca 2m (Heteša et al., 2004, Vrška et al. 2006). Navíc napřímení vodních koryt způsobilo rychlejší odtok vody a byla snížena schopnost přirozené akumulace vody v krajině (Vrška et al., 2006). Vodní tok byl zkrácen v případě Dyje o 4,6 %, v případě Moravy dokonce o 39.6%. Zkrácení vodních toků způsobilo výrazné rozšíření volné vodní plochy (tůňky slepých ramen) (Milkín & Smolková, 2011)

I přes odpor biologů a ekologů začala v roce 1975 výstavba vodního díla Nové mlýny. První nádrž byla napuštěna roku 1979, prostřední 1981 a poslední v roce 1988. (Heteša et al., 2004, Klimánek, 2002). Úživnost půdy v lesích a na polích byla závislá na množství naplaveného sedimentu, ale také na tom, kolik ho povodně odplavily a v jakou dobu povodně přišly. Po vybudování Novomlýnských nádrží je sedimentace v oblasti soutoku omezena, protože většina živin je zachycena ve zmíněném vodním díle (Heteša et al., 2004).

Ekosystém lužního lesa všemi regulacemi a napuštěním Novomlýnských nádrží přišel charakteristický rys lužního lesa – o pravidelné záplavy. Proto se začalo uvažovat o tzv. umělém povodňování, kterým by se navrátil zpátky pravidelný vodní režim do komplexu lužního lesa. Postupně se obnovila stará slepá ramena a kanály, kterými se zejména v jarním období přivádí voda zpět do lužního lesa. V období přívalových dešťů a povodní může Soutok sloužit jako poldr, který zpomalí a zadrží vodu a sníží tím škody způsobené povodní níže po toku. Zároveň tím vzniknou nové stanoviště pro různé druhy živočichů. (Heteša et al., 2004, Vrška et al. 2006). Systém umělého povodňování byl poprvé obnoven v roce 1991.

Počet přirozených ploch a solitérních stromů však stále a rychle klesá a proto je důležité podle nich určit základ pro ochranný management, který má být pro oblast navrhnout. Naše studie má být podkladem pro tento návrh.

4 Cíle a hypotézy

Předkládaná práce se skládá ze dvou částí, které nám mohou pomoci odhalit procesy probíhající ve studované oblasti. První část se věnuje rekonstrukci disturbancí (v našem případě se jedná výhradně o antropogenní narušení) a životní historie na zkoumaném území dominantního dubu letního pomocí letokruhových dat. Ve druhé části se zabývám vlivem klimatu a změn v hydrologickém režimu na růst stromů. Na základě získaných výsledků lze doporučit vhodný management z pohledu růstu stromů. Tato práce je součástí multidisciplinárního projektu, který se zabývá výzkumem biodiverzity lužních lesů v oblasti Soutoku Moravy a Dyje v závislosti na aplikovaném managementu.

Hlavními cíli této práce jsou:

- Rekonstruovat obmýtní cykly pomocí moderních dendrochronologických metod a porovnat zjištěné výsledky s údaji z lesnického hospodářského plánu.
 - *Specifické hypotézy*

Lze předpokládat na základě publikovaných studií výraznou růstovou odpověď výstavek na pařezení do roku 1950, kdy bylo od tradičního managementu upuštěno. Naopak po tomto roce neočekávám více detekovaných disturbancí v krátkém časovém horizontu. Detekované disturbance se pokusím potvrdit pomocí stáří porostu uvedeném v lesnickém hospodářském plánu.

- Zjistit pomocí trendu růstu životní strategii dubu letního a případné rozdíly mezi jednotlivými lokalitami.
 - *Specifické hypotézy*

Dub je popisován jako světlomilná dřevina, která není schopna snést dlouhodobější zástin, a tudíž v zapojených lesích nezmlazuje. Na základě tohoto popisu očekávám převládající růstové trendy indikující světlomilnost.

- Zjistit vliv klimatu (teplot a srážek) na růst stromů v různých typech porostu.
 - *Specifické hypotézy*

Na základě publikovaných studií lze očekávat pozitivní vliv srážek v počátku růstové sezóny (květen a červen) na růst stromů. Naopak na konci růstové sezony očekávám pozitivní vliv teplot na růst stromu v následujícím roce.

- Analyzovat vliv průtoku řeky Moravy a změny vodního režimu (zabránění pravidelným záplavám výstavbou hrází podél řek) na růst dubu v různých typech porostu.

- *Specifické hypotézy*

Předpokládám pozitivní vztah mezi průtokem Moravy a radiálním růstem dubu. Očekávám snížení radiálního růstu v období po výstavbě protipovodňových hrází z důvodu nedostatku podzemní vody při absenci pravidelných jarních záplav. Lze očekávat rozdílnou reakci mezi solitérními jedinci a stromy rostoucími v zapojeném porostu, kde je výraznější kompetice, avšak stabilnější mikroklíma ve srovnání se solitéry.

5 Metodika

5.1 Sběr dat

Během terénních výjezdů v letech 2012 a 2013 byly odebrány vzorky z dubu letního (*Quercus robur*) v zájmovém území. K odběrům byly vybírány dominantní, živé i mrtvé stromy, které byly výrazně větší než okolní jedinci a měli rozsáhlou korunou. Široká koruna poukazuje na to, že se jedná o výstavkové stromy z bývalého středního lesa (Altman et al., 2013a). Rovněž se může jednat o stromy, které byly v minulosti solitéry a později byl kolem nich vysázen les. Zároveň byly odebrány vzorky ze solitérních stromů. U všech vzorkovaných jedinců byla zaznamenána GPS pozice a výška, druh, DBH a zdravotní stav. Dále byly u těchto stromů odebrány vývrty Presslerovým nebozezem (Mora, Švédsko) o délkách 40, 50 nebo 60 cm. Vývrty byly odebrány v prsní výšce (135 cm). Celkem bylo odebráno 312 vývrtů, z nichž 17 bylo dále nepoužitelných pro následné dendrochronologické analýzy (shnilé, rozlámané). K analýzám se použilo 295 vývrtů z celkem 258 dubů.

Příprava vývrtů k měření obnášela seřiznutí (žiletkou nebo pomocí mikrotomu), po kterém vyniknou hranice jednotlivých letokruhů. Seřiznutá plocha se pro lepší viditelnost hranic letokruhů zvýraznila bílou křídou. Samotné měření probíhalo pod stereomikroskopem (Olympus SZ51) se záměrným křížem a s použitím měřicí lavice TimeTable (www.sciem.com). Měření probíhalo v programu PAST4 (www.sciem.com).

Z aktuálního lesního hospodářského plánu (LHP) byl zjištěn stávající věk porostů na odběrových lokalitách. Klimatická a hydrologická data byla poskytnuta Botanickým ústavem AV ČR a Českým hydrometeorologickým ústavem.

5.2 Analýza dat

Odebírané vývrty byly rozděleny do 4 kategorií:

- 1) duby rostoucí samostatně (solitéry) – 25 vývrtů z 20 dubů
- 2) duby rostoucí na okraji lesa – 66 vývrtů z 61 dubů
- 3) duby v rozvolněném lese – 79 vývrtů z 67 dubů
- 4) duby v zapojeném lese – 125 vývrtů ze 110 dubů

V rámci těchto 4 kategorií jsou i 2 lokality, které byly pro vybrané analýzy počítány navíc jako samostatná podkategorie. Jedná se o lokalitu Dyje (v těsném sousedství řeky), kde bylo odebráno 37 vývrtů a o lokalitu Hráz (v těsném sousedství s hrází zabraňující rozlivu vody z řeky Dyje), kde bylo odebráno 31 vývrtů. Tyto lokality byly specifické hojným výskytem dominantních dubů vhodných pro dendrochronologické analýzy. Pro analýzu vlivu průtoku řeky Moravy na růst stromů byly navíc také vybrány lokality v blízkosti toku Moravy (88 vývrtů).

Bylo provedeno tzv. křížové datování, což znamená přidělení konkrétního data jednotlivým letokruhům. Vzorky, které byly odebrány z mrtvých stromů nebo jim chyběl podkorní letokruh byly zdatovány podle průměrných křivek již zdatovaných stromů. Po zdatování všech stromů byly vytvořeny průměrné přírůstové křivky jak pro celé území, tak pro jednotlivé kategorie.

5.2.1 Detekce uvolnění

K vyhodnocení uvolnění byly použity 2 základní metody, ze kterých byla následně vybrána ta, která byla přísnější (detekovala méně uvolnění):

- 1) Metoda procentuální růstové změny (*percent - growth change*) podle Nowacki & Abrams (1997) počítaná podle vzorce:

$$\%GC = [(M_2 - M_1) / M_1] \times 100$$

kde %GC – procentuální růstová změna, M_1 – průměr pro předchozích 10 let, M_2 – průměr pro následujících 10 let. Například pokud chceme zjistit %GC pro rok 1850, tak M_1 = průměr z let 1841-1850, M_2 = průměr z let 1851-1860. Vzhledem k tomu, že pro zjištění hodnot %GC jsou potřeba údaje z 20 let, nelze spočítat hodnoty pro prvních a posledních 10 let (pokud datovaný strom je z období 1760 – 1930, tak první %GC spočteme až pro rok 1770 a poslední pro rok 1920). Spočítáním desetiletých úseků se odfiltrují případné krátkodobé klimatické výkyvy.

- 2) Metoda “*boundary line*“ (Black & Abrams, 2003), rozšiřuje předchozí metodu a zohledňuje rozdílnou rychlost růstu, která se může vyskytovat mezi jedinci (zástin × *gap*, úživnost stanoviště) nebo i v rámci samotného jedince (růst v mládí × stáří). Hodnoty procentuální růstové změny jsou vyneseny do grafu, kde osa x zobrazuje

velikost průměrného přírůstu za desetileté období předcházející danému roku (předchozí růst z anglického *prior growth*) a na ose y velikost procentuální růstové změny. Předchozí růst je následně rozdělen na 0,5 mm úseky a pro každý se vybere 10 nejvyšších hodnot průměrné růstové změny, pro které se spočítá průměr. Pro výsledné průměry nejvyšších hodnot byla nafitována výsledná funkce. Rovnice pro výpočet *boundary line* byla následující:

$$R^2=0,98 \quad y=-0,08702+4,67671^{\exp(-0,50150*x)}$$

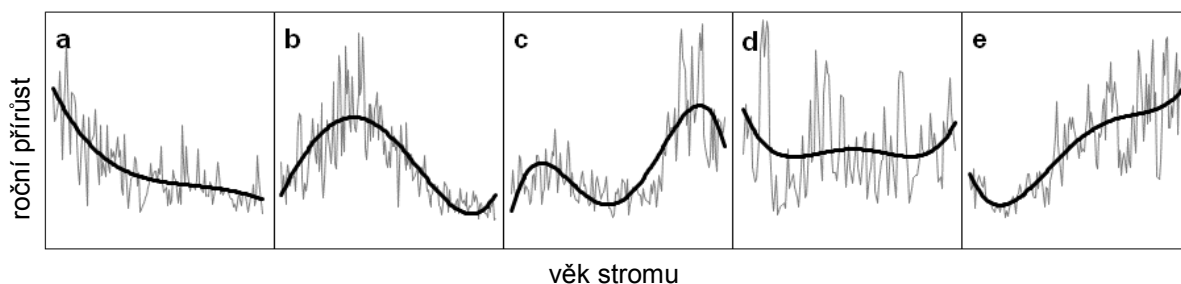
Oba výpočty byly spočítány pomocí balíku TRADER (Altman et al. 2014) v programu R (R Development Core Team, 2013).

Detekovaná uvolnění byla verifikována vizuální kontrolou na grafickém výstupu, kde je vynesena přírůstová křivka jednotlivých stromů a procentuální růstová změna, resp. *boundary line*. Prahová hodnota indikující střední uvolnění byla pro metodu *growth change* 25%, pro metodu *boundary line* 20%, velké uvolnění mělo shodně prahovou hodnotu 50%. Prahová hodnota musela být překročena po dobu více jak 5 let, aby událost byla považována za uvolnění. Rokem uvolnění byl zvolen ten, ve kterém dosáhla růstová změna nejvyšší hodnoty.

Zjištěná uvolnění jsme porovnali s lesním hospodářským plánem (LHP) (Lesprojekt, 2000). Porovnávali jsme shodu námi detekovaných uvolnění s dobou vysazení porostu, která byla spočítána z věku porostu podle LHP s tolerancí ± 10 let. Dále jsme porovnávali věk dvou nejstarších námi změřených živých stromů s věkem porostu uváděným v LHP. Jako shoda se počítaly stromy, které byly stejně staré nebo mladší do 30 let. Toto relativně vysoké rozmezí bylo určeno vzhledem k možnosti minutí středu stromu při odběru vývrtů a rovněž z důvodu doby, kterou strom potřebuje na dosažení výšky, ve které byly vzorky odebírány.

5.2.2 Trendy růstu

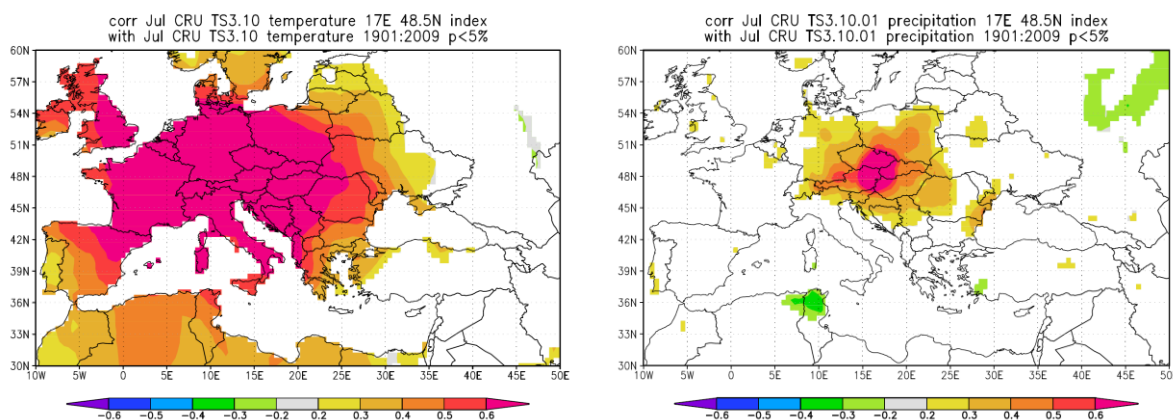
Pro každého jedince byly z letokruhových dat sestrojeny přírůstové křivky, které byly proloženy polynomickou funkcí čtvrtého stupně pro vyhlazení krátkodobých růstových změn a pro lepší určení průměrného růstového trendu. Určení růstového trendu proběhlo vizuální kontrolou jednotlivých křivek. Celkem jsme rozlišovali 5 trendů růstu 1) klesající, 2) unimodální (jeden růstový vrchol), 3) bimodální (dva vrcholy růstu), 4) rovnoměrný, 5) nejasný (Obr. 1). Pro každou kategorii lesa jsem určila zastoupení jednotlivých trendů růstu.



Obrázek 1: Příklady analyzovaných trendů růstu: a) klesající, b) unimodální, c) bimodální, d) rovnoměrný, e) nejasný.

5.2.3 Klimatické analýzy

Reakce stromů na srážky, teploty a průtok byla zjišťována dendroklimatologickými analýzami. K výpočtům byla použita teplotní a srážková klimatická datová řada z Vídně, která poskytla nejdelší časovou řadu klimatických dat od roku 1845. Pomocí modelu CRU TS3.10 jsme zjistili vysokou korelaci (jak pro teploty, tak pro srážky) mezi zkoumaným územím a Vídní (Obr. 2) (Harris et al., 2013). Pro zjištění vlivu hladiny vody byla použita průtoková data pro řeku Moravu od roku 1921. Údaje o průtocích na řece Dyji jsou zaznamenávány od roku 1981, což je příliš krátký časový úsek pro dendroklimatologické analýzy.



Obrázek 2: Rozsah korelace teplot (vlevo) a srážek (vpravo) pro námi studované území v měsíci červnu (Harris et al., 2013). V obou případech oblast s nejvyšší shodou zahrnuje i Vídeň, odkud byla námi použita data.

Klimatické analýzy byly spočítány z růstových křivek, které byly detrendovány negativní exponenciálou a následně funkcí *spline*. Následně byly jednotlivé křivky zprůměrovány, čímž vznikla standardní chronologie. Nakonec byla odstraněna autokorelace a vytvořena residuální chronologie.

Vliv klimatických faktorů na růst dřevin byl sledován prostřednictvím *response* funkcí pro všechna data a v rámci posuvných korelací. Klimatická data byla seřazena od září předchozího roku do srpna daného roku. Posuvná korelace byla vytvořena s 80 letým oknem od roku 1845 pro srážkové a teplotní dat, pro průtoková data s 25 letým oknem od roku 1921. Analýzy jsem provedla zvlášť pro jednotlivé kategorie.

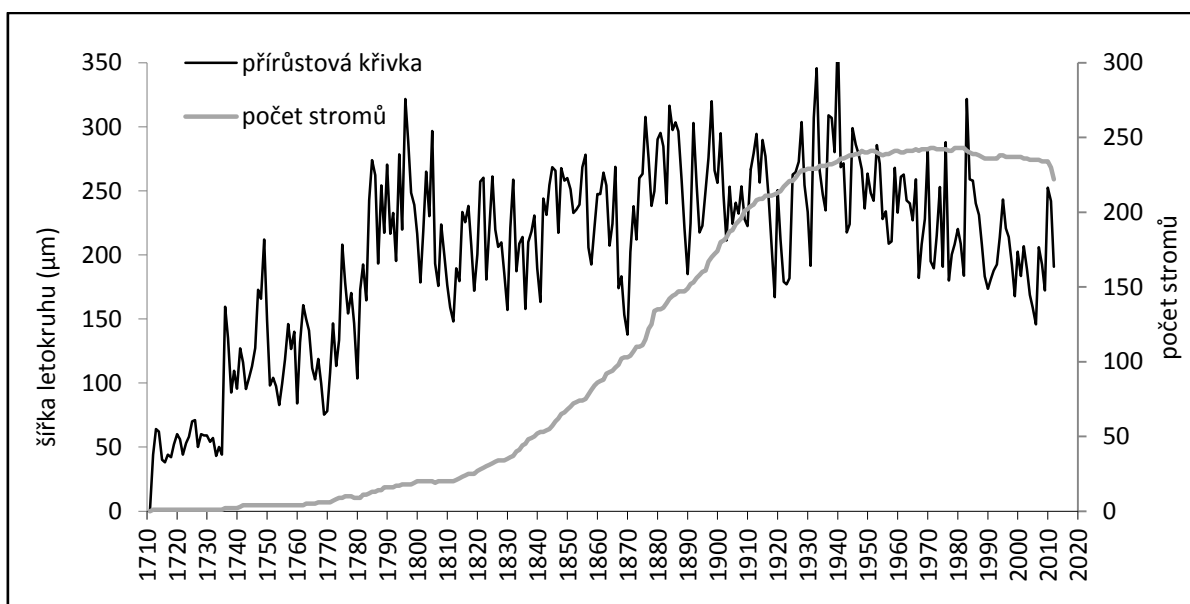
Všechny výpočty se prováděly v balíku *dplR* (Bunn, 2008) a *bootRes* (Zang & Biondi, 2013) v programu R (R Development Core Team, 2013)

Vliv odvodnění na přírůst stromů od roku 1970 v jednotlivých kategoriích by porovnáván lineární regresí. Porovnávali jsme procentuální změny přírůstu zjištěné z regresních rovnic.

6 Výsledky

6.1 Letokruhové charakteristiky

Na 295 vývrtech bylo dohromady změřeno celkem 34 680 letokruhů. Nejstarší změřený strom byl starý 251 let, nejstarší datovaný letokruh sahá do roku 1711. Věky stromů a ostatní charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 1. Průměrná přírůstová křivka pro zkoumanou oblast sestrojena na základě naměřených dat vykazuje z počátku (1710-1780) zvyšující se přírůsty, naopak od roku 1940 se průměrné roční přírůsty snižují. Mezi těmito dvěma úseky (1780-1940) je růst bez výraznějších trendů (Obr. 3). Před rokem 1800 je ale také velmi nízký počet vzorků.



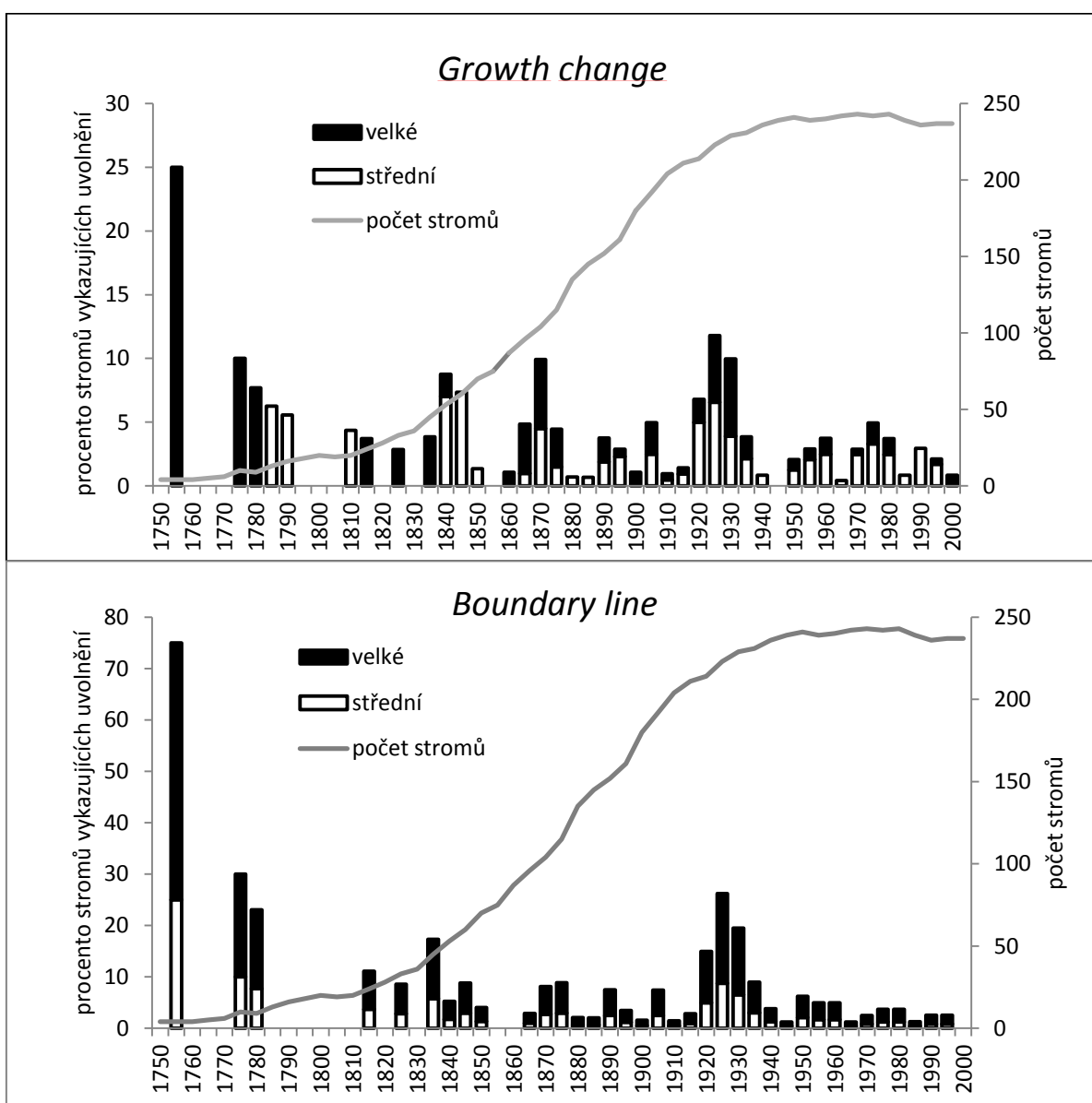
Obrázek 3: Průměrná přírůstová křivka pro všechny změřené stromy.

6.2 Detekce uvolnění

K analýze uvolnění byly použity 2 metody – *growth change* (Nowacki & Abrams, 1997) a *boundary line* (Black & Abrams, 2003). Metoda *growth change* detekovala 128 středních a 88 velkých uvolnění u celkem 144 stromů, metoda *boundary line* odhalila 121 středních a 242 velkých uvolnění u 126 stromů (Obr. 4). U obou metod je patrná perioda disturbancí po cca 30 letech (\pm 1755, 1780, 1815, 1840, 1870, 1895, 1925, 1960 a 1975). Pro následné analýzy jsme si zvolili přísnější metodu, tedy *growth change*, kde je menší riziko zatížení

výsledků rekonstrukcí tzv. falešných uvolnění. Přehled změřených údajů včetně detekovaných uvolnění (metodou *growth change*) shrnuje Tab. 1.

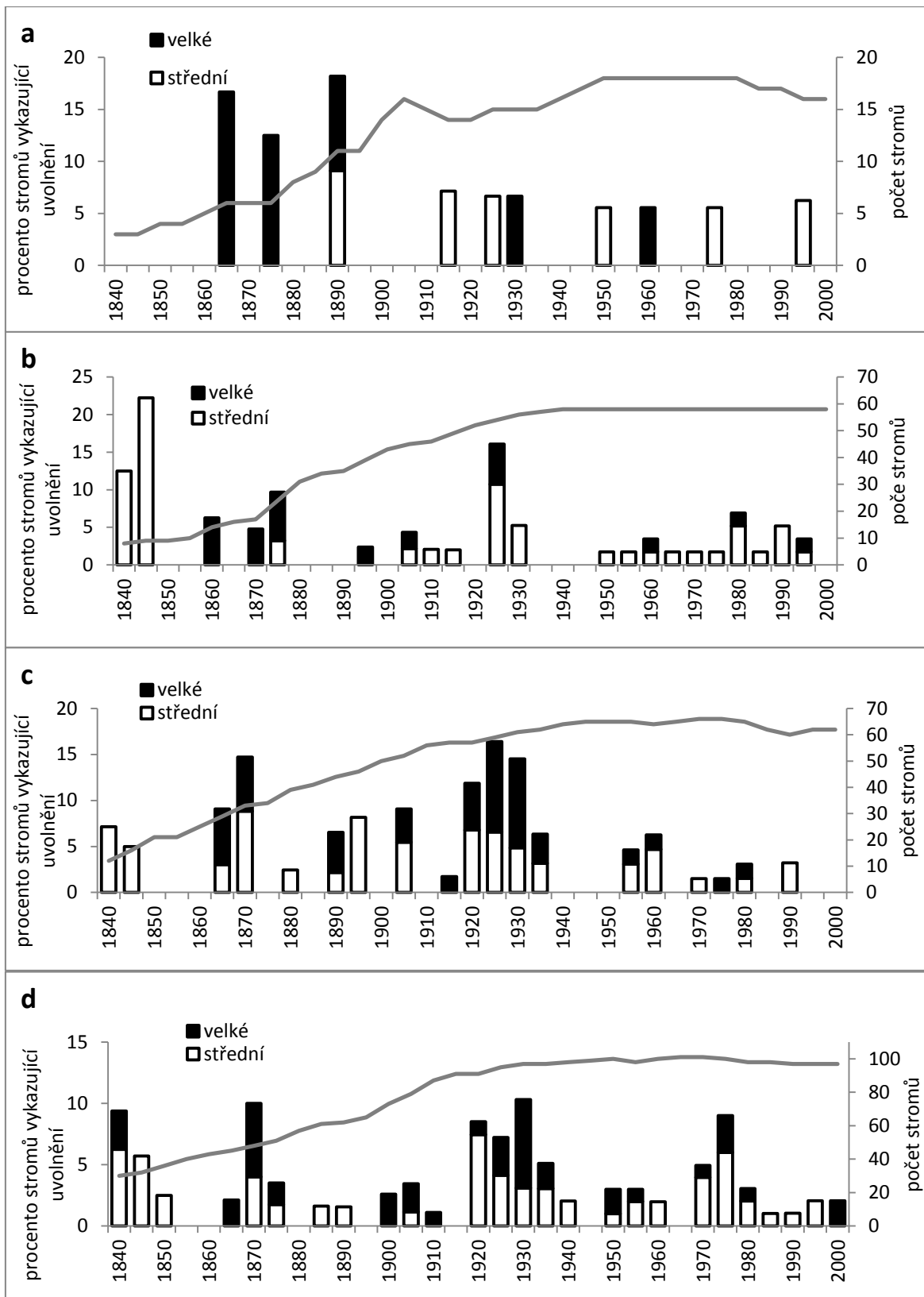
Vzhledem k relativně malému počtu vzorků pro starší období, jsem pro další analýzy použila jen časový úsek od roku 1840, kdy je již reprezentativní množství vzorků pro jednotlivé kategorie (celkem 53 stromů - solitéry 3, okraj lesa 8, rozvolněný les 12, zapojený les 30). U kategorií rozvolněný a zapojený les je patrná perioda 30 let mezi skupinami uvolnění až do roku 1970 (Obr. 5).



Obrázek 4: Detekce uvolnění – porovnání metod *growth change* a *boundary line* (rozlišeno střední a velké uvolnění).

Tabulka 1: Celkové charakteristiky odebíraných stromů rozdělených podle kategorií. Údaje detekce uvolnění se vztahují pouze k metodě *growth change*.

	Solitéry	Okraj lesa	Rozvolněný les	Zapojený les	Celkem
Počet stromů	20	61	67	110	258
Počet analyzovaných vývrťů	25	66	79	125	295
Počet živých stromů	15	58	57	95	225
Počet mrtvých stromů	5	3	10	15	33
Průměrný obvod	424 cm	344 cm	298 cm	312 cm	345 cm
Největší obvod	622 cm	629 cm	636 cm	619 cm	636 cm
Průměrné stáří	119 let	129 let	133 let	134 let	130 let
Maximální stáří	190 let	242 let	251 let	241 let	251 let
Minimální stáří	63 let	31 let	42 let	46 let	31 let
Počet stromů vykazujících uvolnění (% z počtu stromů)	9 (45%)	30 (49%)	46 (69%)	59 (53%)	144 (55%)
Počet detekovaných uvolnění celkem (střední + velké)	12 (6+6)	44 (31+13)	69 (37+32)	90 (53+37)	216 (128+88)
Průměrné stáří pro stromy s uvolněním	145 let	148 let	144 let	146 let	146 let
Průměrné stáří pro stromy bez uvolnění	98 let	107 let	109 let	121 let	111 let
Nejstarší změřený strom	190 let	242 let	251 let	241 let	251 let
Délka průměrné křivky	1766 – 2012 247 let	1762 – 2013 252 let	1735 – 2013 279 let	1711 - 2013 303 let	1711 – 2013 303 let



Obrázek 5: Výsledky analýzy uvolnění (rozlišeno velké a střední uvolnění) analyzovaná metodou *growth change* (Nowacki & Abrams, 1997) pro jednotlivé kategorie lesa. a) solitéry, b) okraj lesa, c) rozvolněný les, d) zapojený les.

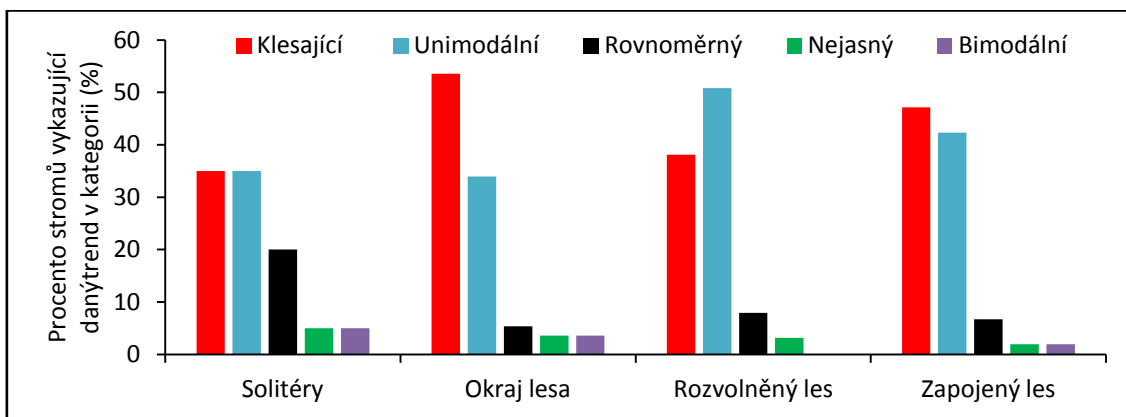
Naše údaje se s údaji z LHP shodovali pouze částečně. Rok vysazení porostu podle LHP se shodoval s námi detekovanými uvolněními v 36,5%. Věk porostu s věkem námi změřených stromů se shodoval v 16% případů (Tab. 2).

Tabulka 2: Údaje zjištěné dendrochronologickými metodami a údaje o stáří lesa zjištěné z LHP. Jednotlivé řádky odpovídají odběrovým lokalitám. Tučné údaje zobrazují uvolnění, která vykazovala více stromů v rámci lokality, podtržené údaje si ± 10 let odpovídají. Prázdné buňky patří plochám, které nejsou vedeny jako lesní porost.

počet odebíraných stromů	počet stromů vykazující uvolnění	střední uvolnění	velké uvolnění	pravděpodobná doba uvolnění	vysazení porostu (LHP)	Věk dvou nejstarších změřených stromů	věk porostu LHP 2010
37	16	16	8	1755, 1775, 1850, 1874-1880 , 1920-(1923)-1925, 1965-1980	<u>1890</u>	242, 232	120
31	24	15	24	1784, 1815, 1869 - 1877 , 1908, 1925 - 1935 , 1938, <u>1992</u> , 2000	1950, <u>1997</u>	271, 216	60, 13
27	18	9	12	1863, 1925, 1930, 1935 , 1957 , <u>1964</u> , 1981	1835, 1854, <u>1939</u> , 1944, <u>1970</u>	181, 177	175, 156, 71, 66, 40,
13	6	8	1	1925 - 1930! , 1980 - <u>1990</u>	1853, 1945, <u>1994</u>	183, 142	157, 22
13	5	4	3	1876, 1897, 1975 - 1980	1810, 1945, <u>1994</u>	190, 156	200, 65, 16
13	8	7	2	1908, 1923, 1925 - 1930, 1982	1797	198, 176	213
10	4	4	2	<u>1978-1979</u>	1902, 1939, <u>1970</u>	200, 175	71, 108, 40
9	6	5	2	1890 - <u>1895</u> , 1925 - 1930 , 1964	<u>1896</u>	188, 138	114
8	5	7	5	1837, 1840-1845, 1925-1930 , 1995-2000		238, 217	
7	5	8	2	1840- <u>1845</u> , 1926, 1975-1980	<u>1850</u> , 1985	241, 197	160, 25
5	3	3	2	1825, 1905, 1920 - <u>1925</u>	<u>1935</u>	240, 166	75
5	5	2	3	1915 - 1923	<u>1832</u>	155, 153	178
5	1	1	1	1871	1914	158, 135	96
4	2	4	1	1837 , 1873	1889	151, 108	121
3	2	2	1	1920 - 1930	1797	110, 104	213
3	2	2	1	<u>1875</u>	<u>1882</u>	190, 178	128
3	2	2	2	1869, <u>1925</u> - 1930	1855, <u>1921</u>	193, 188	155, 89
3	3	1	4	1890, 1926 , 1935	1950, 1997	173, 169	60, 13
3	3	4	2	1909, 1920- 1923	1944, 1970	186, 176	66, 40
3	3	4	1	1867		164, 123	
2	2	0	2	<u>1955-1960</u>	1840, <u>1969</u>	108, 105	170, 41
2	2	1	1	1930		131, 132	
2	1	0	1	<u>1871</u>	<u>1870</u> , 1982, <u>1990</u>	155, 141	140, 20, 28
2	2	2	1	1895-1900, 1983	1880, 1925	135	130, 85
2	2	1	1	1870-1880	<u>1882</u>	173, 167	128
1	1	1	1	1890, 1930		146	

6.3 Trendy růstu

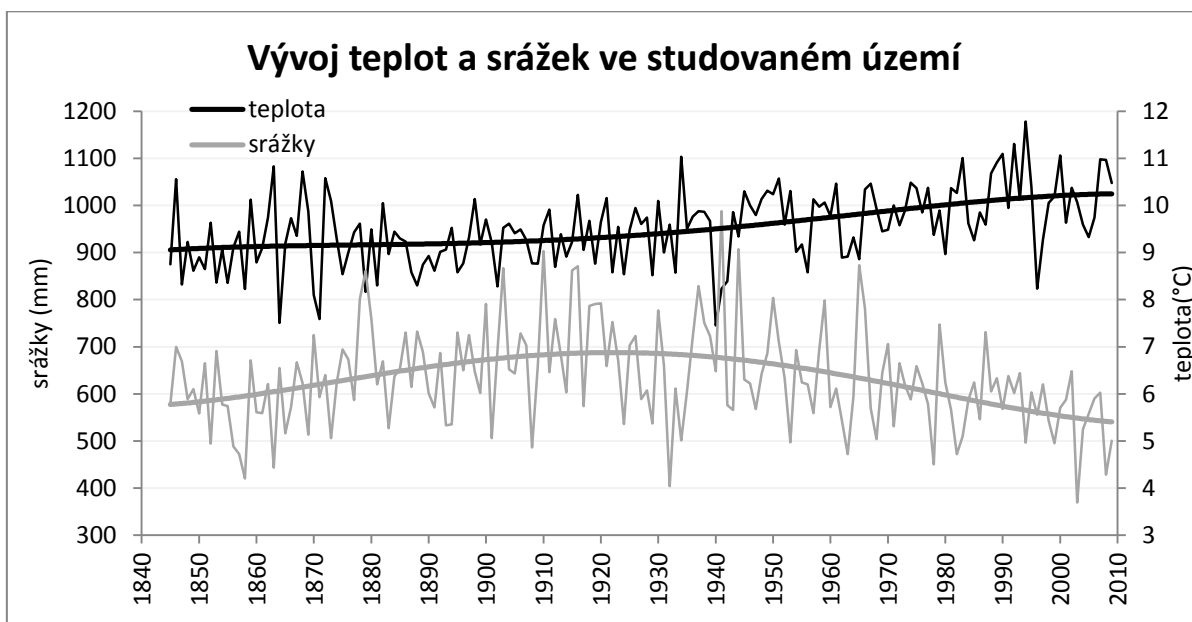
Ve všech kategoriích výrazně převládal klesající a unimodální trend růstu (více než 30% u každého typu pro každou kategorii). Pouze u solitérních dubů byl ještě hojněji zastoupený rovnoměrný trend růstu (20%) (Obr. 6).



Obrázek 6: Trendy růstu v jednotlivých kategoriích lesa.

6.4 Klimatické analýzy

Vývoj klimatu v oblasti ukazuje postupné mírné zvyšování teplot, zatímco srážky v oblasti do roku 1930 stouply a následně můžeme zaznamenat mírný pokles (Obr. 7).

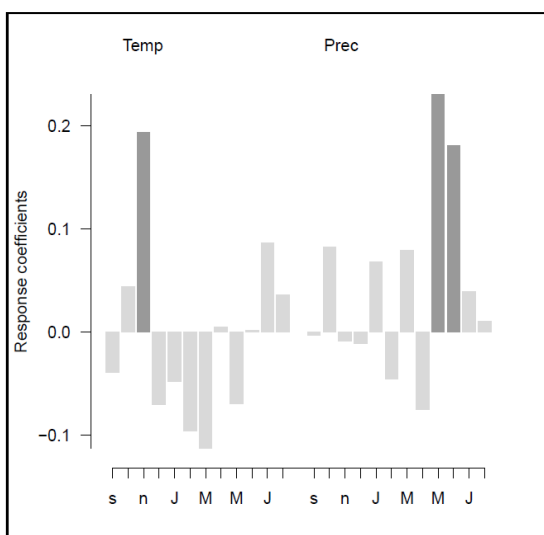


Obrázek 7: Vývoj teplot a srážek ve studovaném území. Data jsou proložena polynomickou křivkou 4. stupně.

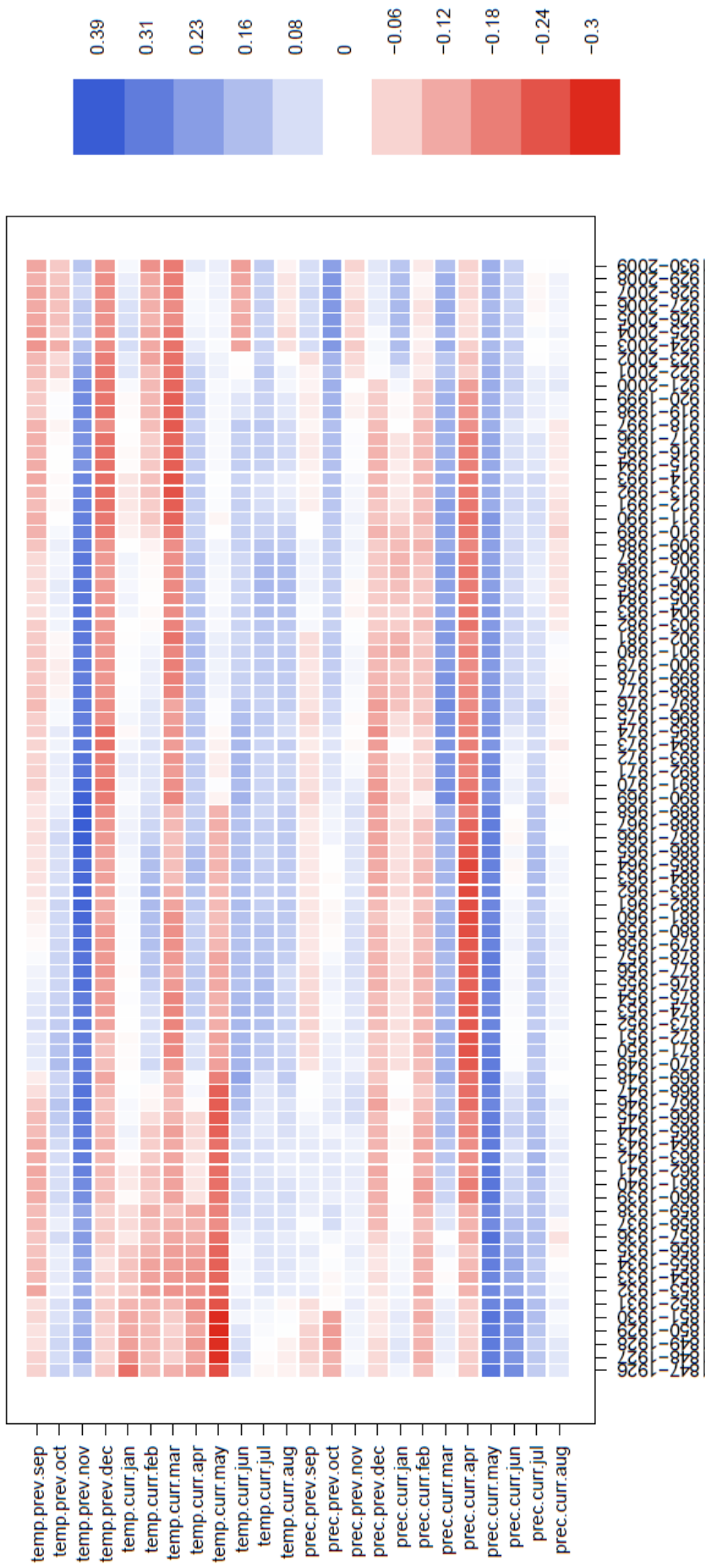
6.4.1 Vliv teploty a srážek

Analýza *response* funkce prokázala pozitivní vliv teploty a srážek na přírůsty dubu. Celková analýza ukázala, že přírůsty dubu jsou pozitivně ovlivněny teplotou v listopadu předchozího roku a srážkami v květnu, resp. červnu roku stávajícího (Obr. 8). Co se týče jednotlivých kategorií porostu, solitéry a okraj lesa jsou navíc oproti celkové analýze pozitivně ovlivněny teplotami v červenci (Příloha 1). Pouze v kategorii zapojený les nebyl zjištěn průkazný vztah mezi růstem a teplotou v žádném měsíci (Příloha 1). U všech kategorií kromě solitérů je sice neprůkazný, ale negativní vliv teplot na růst stromů od listopadu do března (Obr. 8 a Příloha 1). Vliv srážek je u všech kategorií pozitivní v květnu a kromě kategorie rozvolněný les i v červnu (Příloha 1).

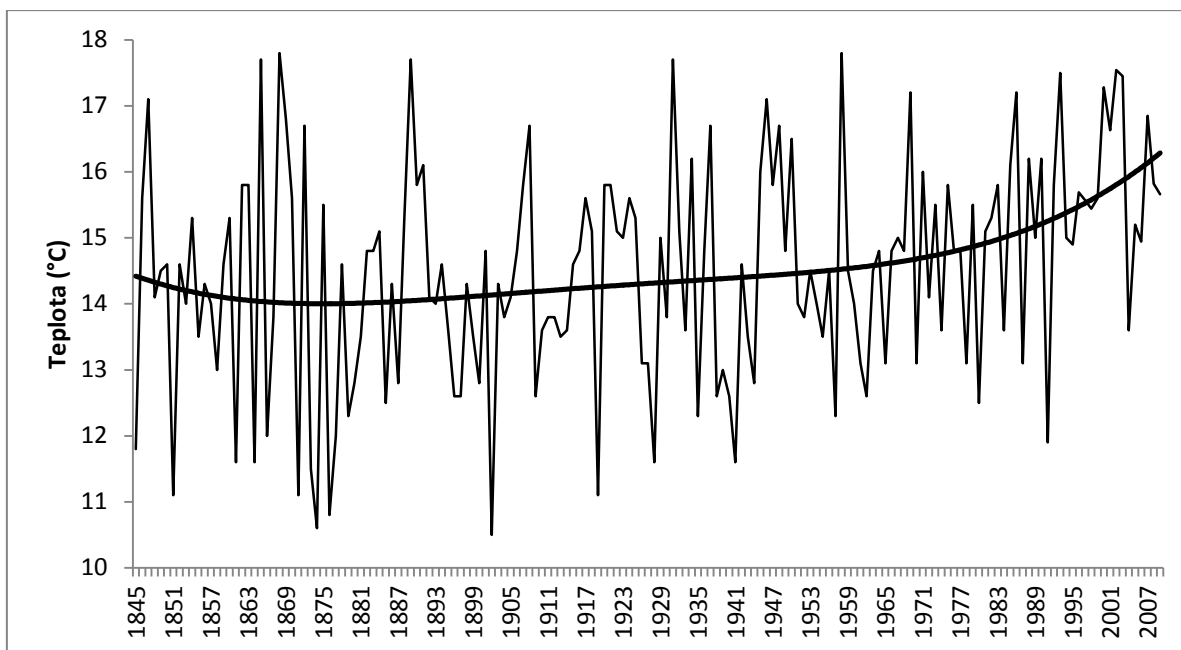
Analýza posuvné korelace odhalila podobné vlivy jako prostá *response* funkce. Jediným výraznou změnou v průběhu zkoumané periody je vliv teplot v květnu, který byl zpočátku výrazně negativní a postupně se změnil ve slabě pozitivní (Obr. 9). Vývoj teplot v květnu vykazuje nárůst od roku 1970 (Obr. 10), což je rok, kdy dochází ke změně při výpočtu posuvných korelací (Obr. 9). Výsledky posuvných korelací pro jednotlivé kategorie jsou prezentovány v Příloze 2.



Obrázek 8: Vliv teploty a srážek na přírůsty stromů. *Response coefficient* (osa y) udává růstovou reakci stromu na danou klimatickou proměnou. Osa x zobrazuje měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku. V levé polovině grafů je zobrazena teplota (Temp), v pravé polovině srážky (Prec).



Obrázek 9: Posuvná korelace vlivu teplot a srážek pro všechny stromy. Velikost okna je 80 let s posunem po jednotlivých letech (osa x). Osa y zobrazuje shora měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku nejprve pro teplotu a poté pro srážky.



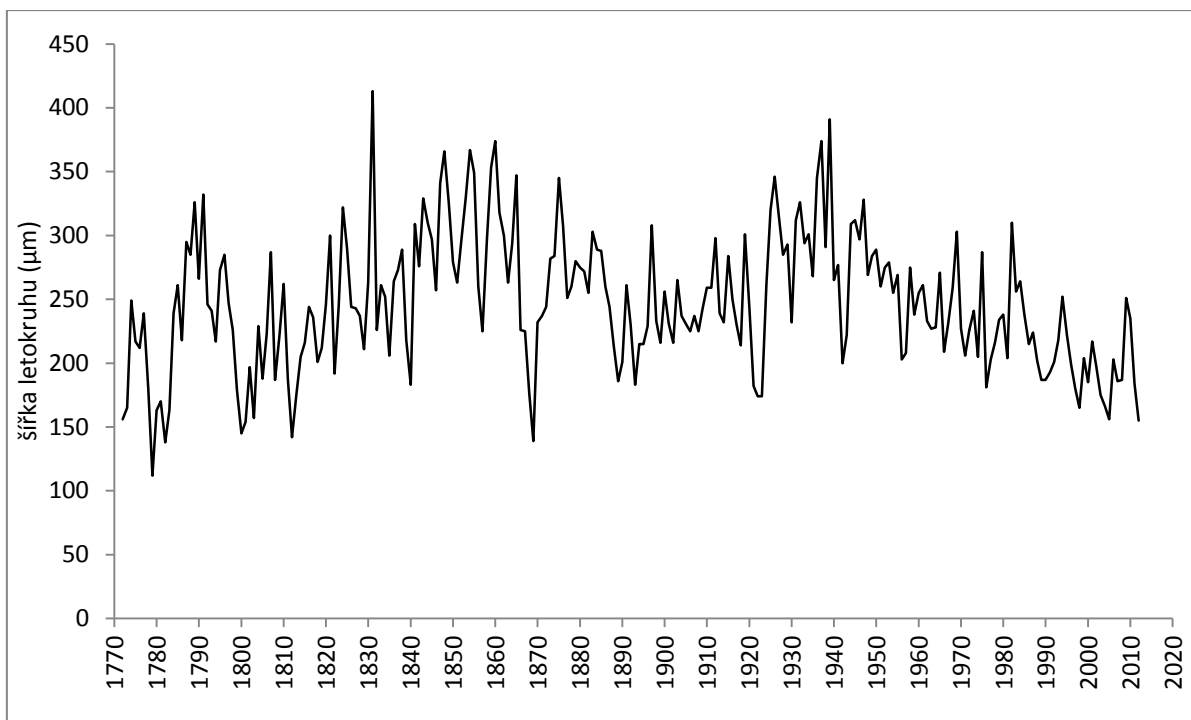
Obrázek 10 : Vývoj teplot v měsíci květnu proložen polynomicou funkcí 4. stupně.

6.4.2 Vliv průtoku

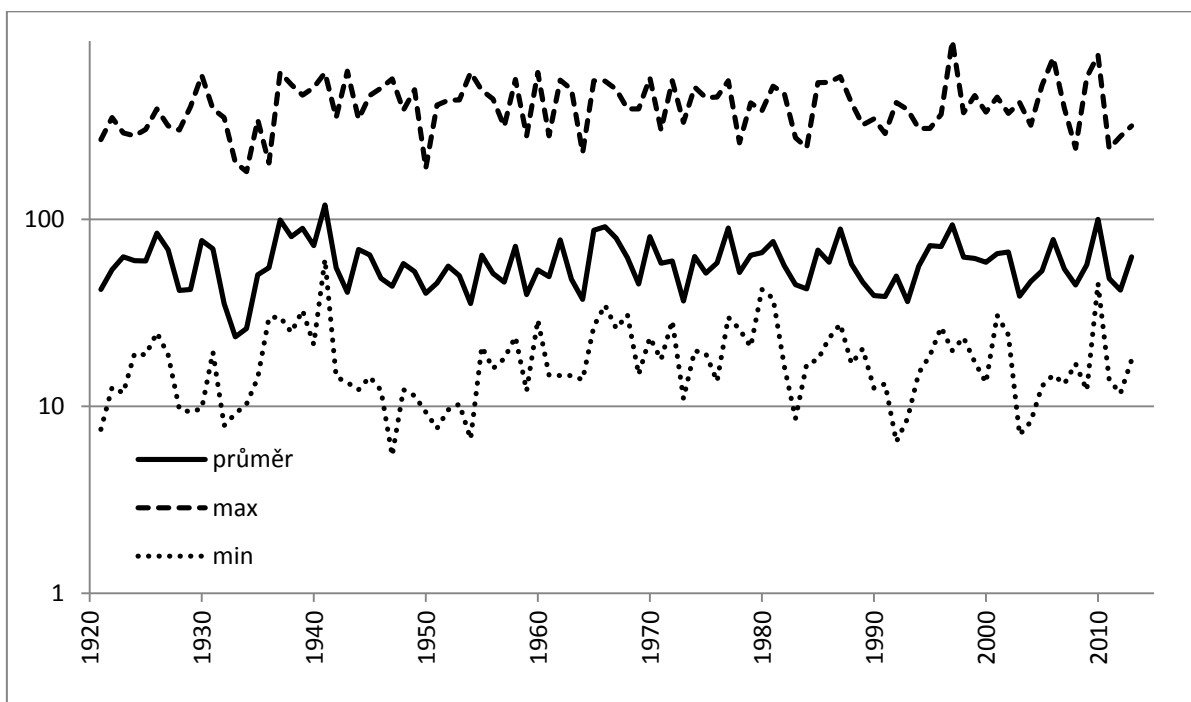
Přírůstová křivka zobrazuje přírůsty pouze pro lokality v blízkosti řeky Moravy. Od poloviny 20. století můžeme pozorovat výrazný pokles růstu (Obr. 11), i když průtok na Moravě za posledních 90 let se jeví jako konstantní (Obr. 12).

Jediné dvě kategorie, na které neměl průtok žádný průkazný vliv, byly solitéry a lokality podél Moravy. Ostatní kategorie prokázaly pozitivní vliv v listopadu předchozího roku (výjimku tvoří odběrová plocha Dyje) a pozitivní vliv v dubnu (kromě zapojeného lesa a odběrové plochy Dyje). Celkově můžeme říct, že průtoky v letních měsících (duben, květen, červen) mají pozitivní vliv na růst stromů (Obr. 13). Vliv průtoků ale není přes celé studované období stejný, a vliv průtoku se několikrát změnil, nejvýraznější je změna v letech 1970-2000 (Obr. 15). Průběh těchto změn je přibližně stejný pro jednotlivé kategorie porostu (data nejsou prezentována).

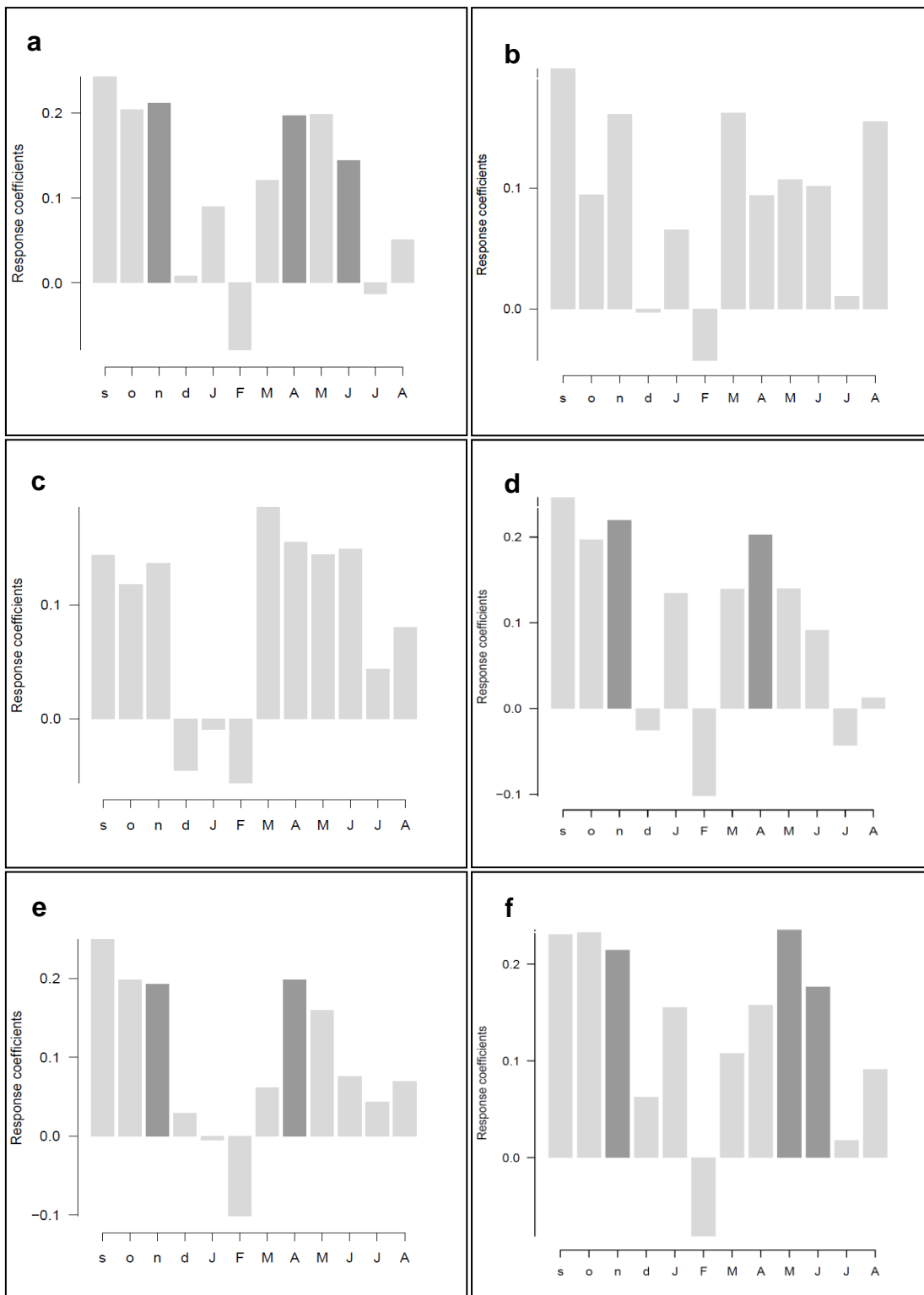
Úprava vodního režimu způsobila změnu růstu v jednotlivých kategoriích. Za období od roku 1970 do roku 2012 solitéry vykázaly změnu růstu o + 4%, ostatní kategorie vykázaly negativní změnu růstu, a to okraj lesa o - 11%, zapojený o - 18% a rozvolněný les o - 29% (Obr. 14)



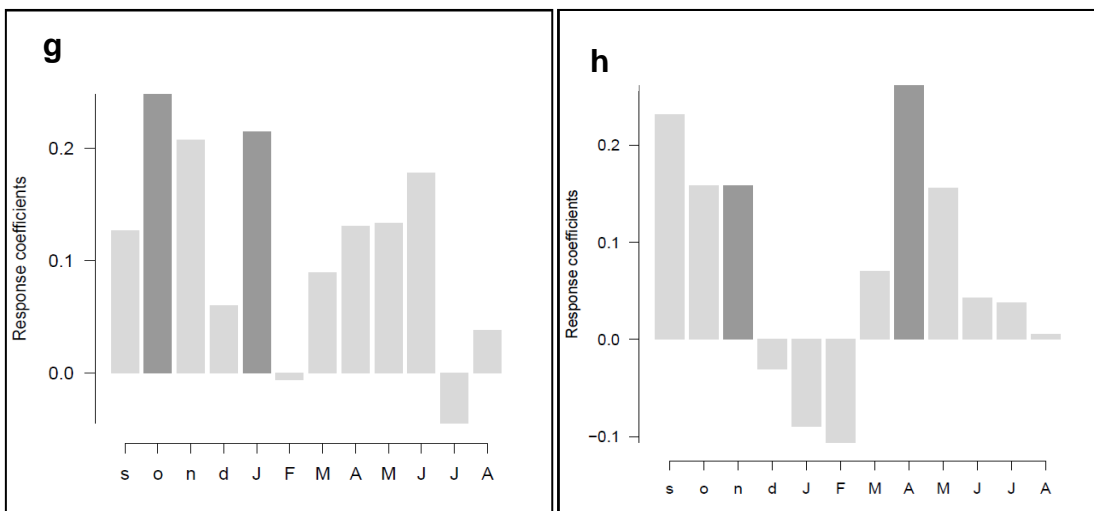
Obrázek 11: Přírůstová křivka pro lokality odebírané v blízkosti řek Moravy.



Obrázek 12: Měsíční průměrné, minimální a maximální průtoky na řece Moravě. Pro lepší viditelnost je osa y zobrazena v logaritmickém měřítku.

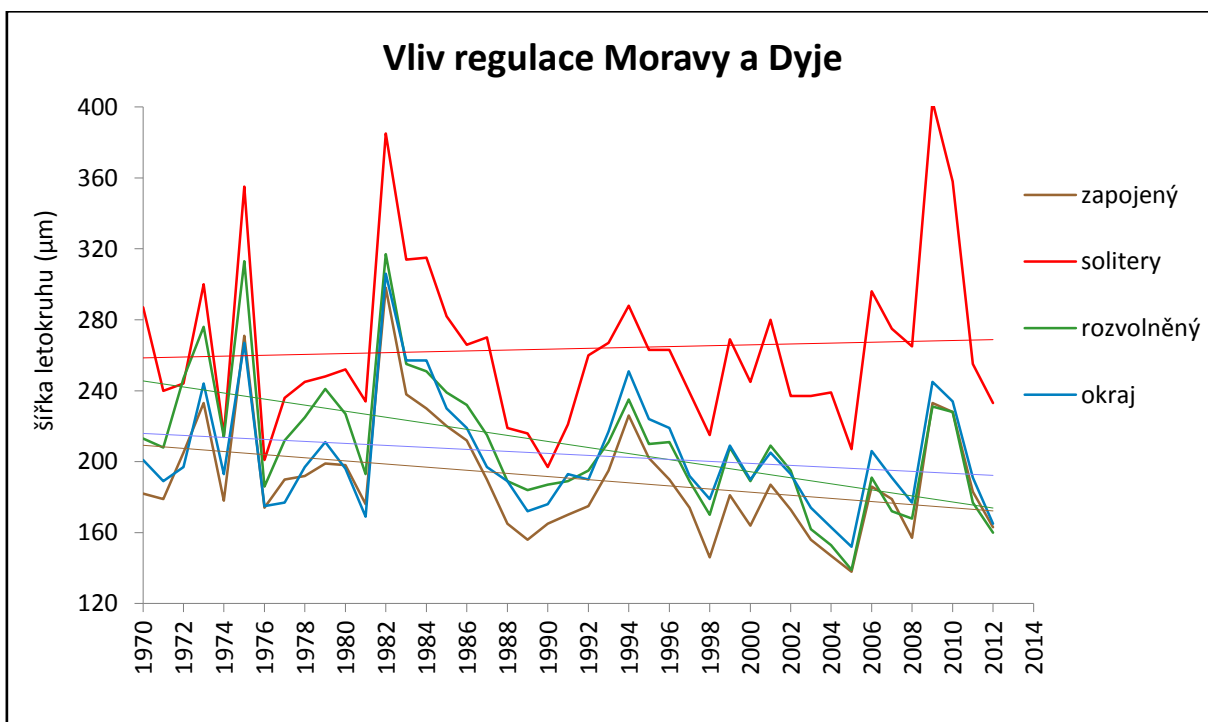


Obrázek 13: Vliv průtoku řeky Moravy na růst stromů, a) všechny stromy, b) lokality podél Moravy c) solitéry, d) okraj lesa, e) rozvolněný les, f) zapojený les. *Response coefficient* udává reakci stromu na daný klimatický jev. V levé polovině grafů je zobrazena teplota (Temp), v pravé polovině srážky (Prec). Osa x zobrazuje měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku.

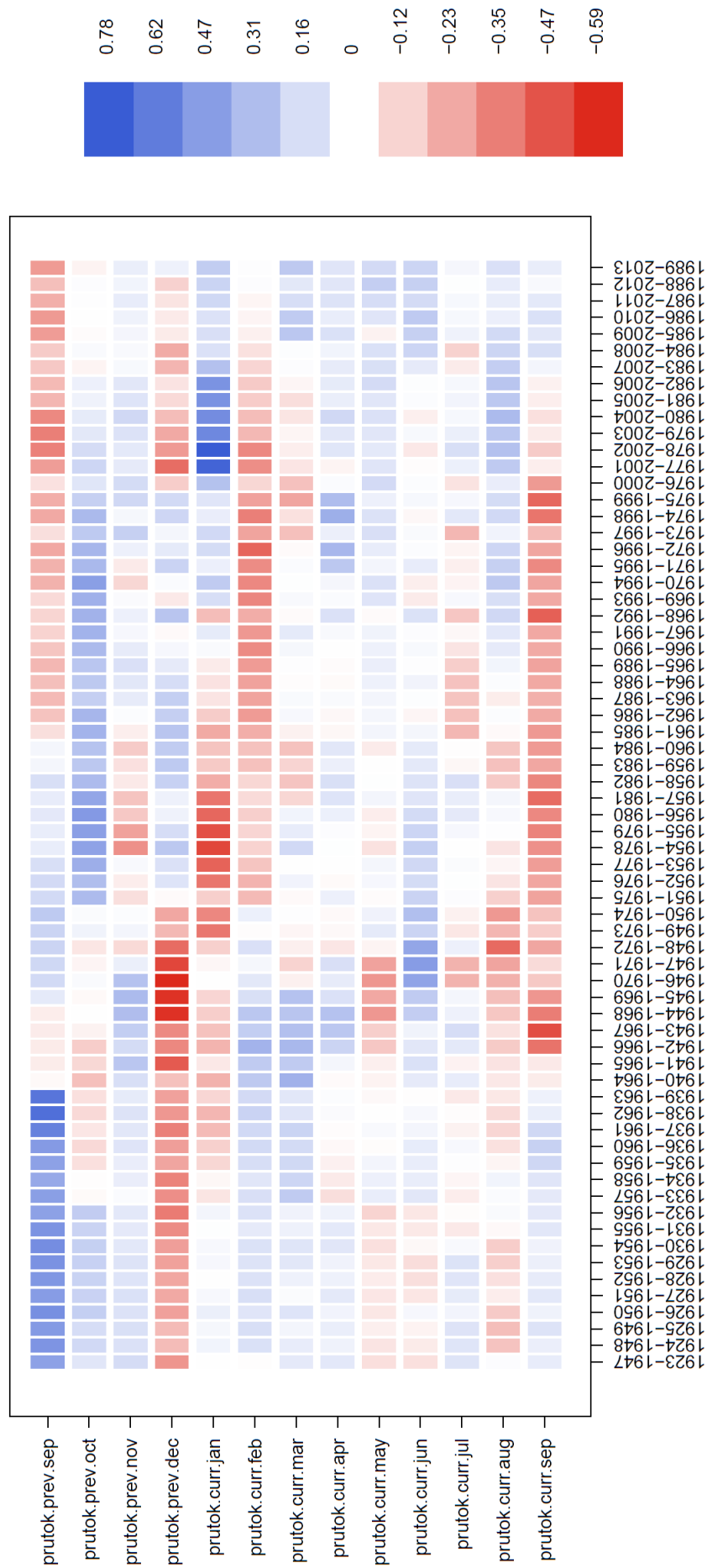


Obrázek 13 (pokračování): Vliv průtoku řeky Moravy na růst stromů. g) odběrová plocha

Dyje, h) odběrová plocha Hráz. *Response coefficient* udává reakci stromu na daný klimatický jev. V levé polovině grafů je zobrazena teplota (Temp), v pravé polovině srážky (Prec). Osa x zobrazuje měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku.



Obrázek 14: Růst stromů od 70 let 20. století, kdy došlo k výraznému ovlivnění oblasti regulací řek a výstavbou hrází.



Obrázek 15: Posuvná korelace průtoku řeky Moravy pro všechny stromy. Velikost okna je 25 let. Osa y zobrazuje odshora měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku.

7 Diskuze

7.1 Detekce uvolnění

Na základě předchozích studií jsme očekávali, že metoda *boundary line* je přísnější a bude detekovat méně uvolnění (Black & Abrams, 2003). Copenheaver et al. (2009) zjistili, že *growth change* detekovala až o 15% více uvolnění než *boundary line*. V našem případě sice *boundary line* detekovala uvolnění u méně stromů (49%) než *growth change* (55%), ale častěji detekovala u jednoho stromů více uvolnění, takže celkově detekovala o 59% více uvolnění než *growth change*. U těchto metod se také liší poměr mezi detekovaným středním a velkým uvolněním, který je u metody *growth change* 3:2, zatímco u *boundary line* je poměr 1:2. V našem případě tedy byla přísnější metodou *growth change*, proto jsme pro další analýzy využily pouze tuto metodu.

V rámci celého území můžeme zaznamenat pravidelné výrazné periody mezi jednotlivými cykly uvolnění s přibližnou periodou 30 let. To s velkou pravděpodobností odráží cykly pařezení, od kterého se od poloviny 19. století upouštělo (Mezera 1958), ale trend kácení v těchto periodách mohl být zachován až do poloviny 20. Století (Bridge et al., 1986, Fuller & Warren, 1993). Při pohledu na jednotlivé lesní kategorie je tento trend nejvíce patrný v rozvolněném a zapojeném lese, zatímco solitérní stromy a jedinci na okraji porostu již pravidelné cykly nemají. To samozřejmě dáno místem růstu těchto jedinců, kteří z principu zaznamenají méně disturbancí než jedinci v porostu. Fuller & Warren (1993) potvrzují, že pařezení u dubů probíhalo zhruba v intervalu 25 – 35 let. Od roku 1950 v kategorii okraj lesa, kde nebyla perioda tak výrazná, a od roku 1970 v rozvolněném a zapojeném lese se perioda vytrácí. Pro naše území sice není o opuštění od pařezení přímý záznam, ale v nedaleké NPR Děvín byla se pařezeno naposledy v letech 1935 – 1939 (Altman et al. 2013). Při pohledu na intenzitu uvolnění si lze všimnout, že poslední perioda s významným podílem velkých uvolnění je kolem let 1925-1934. Altman et al. (2013a) ukazují, že vliv pařezení je z ekologického pohledu srovnatelný s velkou disturbancí, která je v našem případě detekována jako velké uvolnění. Na základě těchto zjištění předpokládáme, že letech 1925-1934 došlo k poslednímu pařezení v oblasti. Dva následující vrcholy uvolnění v 50. a 70. letech s dominancí středního uvolnění pravděpodobně odrážejí již zásahy spojené s převodem na vysoký les.

Na původním způsobu hospodaření (pařezení) je závislá diverzita lesních ekosystému v této oblasti, které jsou rozmanité a jejich struktura je velmi atraktivní pro mnoho různých organismů (Fuller & Warren, 1993, Miklín & Čížek, 2013). Je tedy v zájmu ochrany přírody zbytky těchto biotopů zachovat a případně je ještě jejich rozlohu rozšířit. Vzhledem k tradiční způsob hospodaření nebyl opuštěn před dlouhou dobou (50 - 70 let) a v mnoha lesích jsou stále patrné obrážející pařezy a ponechané výstavky se specifickou strukturou koruny (Altman et al. 2013), je stále možnost navrátit se k původnímu hospodaření stále otevřena.

7.2 Porovnání analyzovaných uvolnění s údaji z LHP

Dendrochronologické metody reprezentují díky vysokému časovému a prostorovému rozlišení nejlepší nástroj při zjišťování historie lesa Frelich (2002). V přirozených lesích jsou tyto metody hlavní možností k rekonstrukci procesů v lesních ekosystémech (Altman, 2013b), zatímco v hospodářských lesích je dendrochronologie využívána méně často. Nicméně výsledky letokruhových analýz mohou být použity nejen pro ekologické studie, ale mohou být i podkladem pro lesní management (Bridge, 1986, Fonti et al., 2006). O hospodářských lesích jsou vedené záznamy ve formě lesních hospodářských plánů (LHP), ze kterých je možné zjistit hospodaření, ale pouze pro nadcházející (zpravidla desetileté) období. Z těchto LHP nelze zpětně zjistit, jak se v daném území hospodařilo a údaje o provedeném kácení se nevedou (Ing. Jan Dovrtěl – ústní sdělení). V LHP jsou vedené věky jednotlivých porostů a dobu vysazení porostů lze porovnat s výsledky dendrochronologických analýz.

Při porovnání našich údajů jsme zjistili přibližně třetinovou shodu detekovaných uvolnění s vysazením porostu s desetiletou tolerancí. Přitom studie Dobrowolské (2008) dokazuje, že otevření porostu například těžbou prospívá hlavně dubům, a prokazují zvýšený přírůst. Podle nyní platného zákona č. 289/1995 Sb. o lesích je povinnost zalesnit holinu do dvou let a do sedmi let musí být porosty tzv. zajištěny. Otázkou je, jak tomu bylo v dřívějších dobách, v jakém intervalu po případné těžbě vykácené plochy zalesňovali. Mezera (1958) zmiňuje, že se zalesňovalo již v roce 1740, ale neudává, jestli jen po případných kalamitách nebo i po běžných těžbách. První lesní školku datuje do roku 1764, ale zmiňuje se hlavně vysazování sazeniček z důvodu větší odolnosti vůči záplavám. Nicméně z toho vyplývá, že od konce 18. století probíhalo v oblasti plánované zalesňování.

Zajímavé je rovněž srovnání mezi stářím lesa udávaném v LHP a věkem stromů změřených pro účely této práce. U 16% lokalit věk stromů odpovídal věku udanému v LHP s tolerancí \pm 30 let. U ostatních jsme zpravidla naměřili výrazně starší stromy, než byl udávaný věk v LHP (max. 211 let). Jen ve výjimečných případech byly naše nejstarší stromy mladší než udávaný věk porostu. Tento rozdíl může být tím, že v LHP nelze vést záznamy o všech stromech, tudíž je zde udán pouze věk porostu. V některých případech je uveden i věk výstavků, ale podle našich měření ne všechny oblasti s výstavkovými stromy jsou v LHP zaznamenány. Vzhledem k tomu, že námi odebírané stromy nebyly v porostu ojedinělé, ale většinou jich bylo více podobného vzhledu, tím pádem i věku, je s podivem, že jsme mnohokrát naměřili tak výrazné rozdíly (běžně více než 50 let), než byl udávaný věk porostu v LHP.

I přes většinový nesoulad našich výsledků je 36,5% detekovaných uvolnění následováno výsadbou porostu (= věk porostu v LHP). Více studií dokládá, že nejvýraznější růstová odpověď na narušení stromového zápoje je druhý rok po disturbanci, dále se už relativní změny přírůstu pouze zmenšují (Nowacki & Abrams, 1997, Rentch et al., 2002, Altman et al., 2013b)

7.3 Trendy růstu

Všechny kategorie lesa vykazují převahu klesajícího a unimodálního trendu růstu. Tento výsledek může být dán ekologickou charakteristikou dubu, který je považován za pionýrskou a světlomilnou rostlinu (Koblížek, 2003). To v praxi znamená, že od počátku života potřebuje dostatek světla k růstu. Pokud se semenáček nachází v takovýchto podmínkách, tak se daný jedinec dostává poměrně rychle do korunového zápoje a poté nevykazuje žádné výraznější změny v růstu (klesající trend). Avšak ne vždy se semenáček naskytne ideální podmínky od počátku života. Alternativou tedy je, že semenáček vyklíčí v zástínu pod korunovým zápojem. V takových podmínkách dokáže světlomilný druh přežít jen krátce. Jeho záchranou je disturbance, která vytvořením gapu umožní dosažení korunového patra (Frelich, 2002). V takovém případě se fáze, kdy byl vytvořen gap, odrazí i v přírůstové křivce. Na fázi pomalého růstu v době zastínění navazuje náhlé zvýšení radiálního růstu, které se vytvoří růstový vrchol (unimodální trend) (Lorimer et al., 1988).

U solitérních stromů se projevilo také jisté procento stromů vykazujících rovnoměrný růst. Takovýto jedinci pravděpodobně od počátku svého života rostly jako solitéry, tedy ve

stejných podmínkách bez kompetice o světlo a nic jejich růst v průběhu života výrazněji neovlivnilo. Tento trend ale není dlouhodobě udržitelný, protože s narůstající biomasou strom při stále stejném přírůstu biomasy musí snížit letokruhové přírůsty (Smith & Long, 2001), proto se s ním setkáme u nejstarších jedinců Frelich (2002) a Lorimer & Frelich (1989) také potvrzují tyto trendy růstu, kdy stromy s klesajícím, unimodálním nebo rovnoměrným trendem rostou od raných fází svého života ve stromovém patře

Malé procento stromů vykazovalo nejasný trend růstu. Za nejasný trend se považuje každý, který neodpovídá žádnému z výše popsaných, proto je někdy poměrně těžké jej interpretovat. Často se může vyskytovat u mladších stromů, které právě dosáhly korunového patra při růstu v gapu a jejich trend růstu je tedy rostoucí, avšak lze očekávat následný pokles růstu (Lorimer & Frelich, 1989, Smith & Long, 2001). Nicméně nejasný trend vykazovalo minimum vzorků. Vzorky s nejasným růstovým trendem pochází z vyhnílych stromů, kde vývrty reprezentují jen krátký časový úsek, tudíž je nelze ekologicky interpretovat. Bimodální trend byl zjištěn u nejmenšího počtu stromů. Toto zjištění je v souladu s předchozími studiemi, které odhalili menší sensitivitu u stromů v korunovém patře na otevření okolního porostu ve srovnání s jedinci z podrostu (Nowacki & Abrams 1997). Bimodální trend bychom tedy mohli spíše nalézt u stínomilných dřevin (Altman, 2009).

7.4 Klimatické analýzy

Pro duby rostoucí v zapojeném lese je sice hlavním faktorem ovlivňujícím jejich růst kompetice, nicméně růst stromů je stále ovlivněn i klimatem (Nowacki & Abrams, 1997). V klimatických datech je patrný mírný nárůst teploty a pokles srážek ve druhé polovině 20. století, což odpovídá mnohým klimatologickým studiím (např. Jones et. al, 1999, Briffa et al., 2001, Buntgen et al., 2011). V témže období dochází i k poklesu průměrného přírůstu. To přisuzujeme především regulaci vodních toků v oblasti (viz níže), ale vliv celkové změny klimatu nelze vyloučit.

I když bylo odebráno ve srovnání s ostatními typy porostu “pouze” 20 soliterních stromů, tak na základě našich analýz (silná korelace mezi jednotlivými sériemi) můžeme toto množství považovat za dostačující počet vzorků. Podobný či nižší počet vzorků se využívá v dendroklimatologických studiích (např. Sohar et al., 2013)

7.4.1 Vliv teploty a srážek

Celková analýza vlivu teploty na růst stromů odhalila průkazný vliv teploty v listopadu předchozího roku, což je to pravděpodobně způsobeno tím, že strom si již v podzimních měsících vytváří zásoby, ze kterých následný rok tvoří jarní dřevo (Dobry & Klinka, 1998, Scharnweber et al., 2013). Jediná kategorie nevykazující žádné ovlivnění teplotami byla kategorie zapojeného lesa, což může být způsobeno stabilnějším mikroklimatem v porostu (Graumlich, 1993).

Pozitivní vliv srážek v jarním období (květen, červen) může být spojován s počátkem nové vegetační sezóny a tvorbou listů (Pan et al., 1997) Scharnweber et al., (2013) experimentálně potvrdili toleranci dubu k zavodnění a zjistili, že ani extrémně mokré podmínky během jara ani letní sucha neovlivnily přírůst dubu, což také odpovídá našim výsledkům.

7.4.2 Vliv průtoku na růst stromů

Hladina spodní vody je ovlivněna nejen srážkami, ale i průtoky řek. Ty proto mohou mít nepřímý vliv na přírůsty stromů, které přímo reagují na hladinu spodní vody (Scharnweber et al., 2013). Naše výsledky ukazují celkově pozitivní vliv průtoků. Neprůkazný vliv průtoků ve všech měsících byl zaznamenán pouze u solitérů a u lokalit podél Moravy. To nám indikuje, že lokality v těsné blízkosti řeky Moravy mají stabilnější hladinu podzemní vody ve srovnání s kategoriemi, kde měl již průtok Moravy průkazný vliv na růst stromů. Jiná situace je u solitérních stromů, kteří se nenacházejí v okolí řeky a tudíž by měli být více ovlivněny výkyvy hladiny podzemní vody (Pederson et al., 2012). Nicméně solitérní stromy si na rozdíl od stromů v lesním porostu či na jeho okraji nekompetují s dalšími jedinci, tudíž průkazně ovlivnění výkyvy v dostupnosti vody. Pozitivní vliv průtoků v listopadu předchozího roku a v dubnu, květnu a červnu indikuje, že růst stromů je závislý na dostupnosti vody (Pederson et al., 2012). Změny směru korelací v průběhu sledovaného období ukazují na změny v hydrologickém režimu způsobené výstavbou hrází omezujících záplavy v 70. letech a umělým povodňováním od 90. let.

7.4.3 Vliv odvodnění

Omezení záplavového režimu způsobilo pokles vodní hladiny až o 2 metry od roku 1976 (Vrška et al. 2006). Tomu odpovídá i pokles růstu stromů ve všech kategoriích kromě solitérních stromů, které vykazují rovnoměrný růst. Nejmenší pokles růstu byl zaznamenán na okraji lesa, což by se dalo očekávat, protože je to kategorie, která se nejvíce blíží solitérům. Větší pokles byl zaznamenán v rozvolněném a zapojeném lese. I když trendy v grafu vypadají relativně slabé, největší pokles přírůstu za sledované období (1970 – 2012) dosáhl téměř 30%. Nezměněný růstový trend u solitérů si můžeme vysvětlit tím, že tyto stromy na rozdíl od jiných kategorií nejsou vystaveny kompetici, mají mohutnější kořenový systém (Lyford, 1980) a mohou čerpat vodu z větší hloubky, díky čemuž dokáží přečkat dlouhodobé období sucha bez velkých změn (Scharnweber et al., 2013). U ostatních kategorií je pokles růstu pravděpodobně způsoben kompeticí, která umocňuje vliv poklesu hladiny spodní vody.

8 Závěr

Zpracováním letokruhových dat z lužních lesů na soutoku Moravy a Dyje se podařilo získat následující výsledky:

- 1) Rekonstrukce disturbancí odhalila \pm 30leté úseky se zvýšeným výskytem disturbancí, které odrážejí obmýtní cykly pařezení.
- 2) Porovnáním námi změřených dat a LHP jsme zjistily neshody mezi reálným porostem a porostem vedeným v LHP.
- 3) Pomocí trendu růstu jsme potvrdili světlomilnost dubu. Shoda v zastoupení jednotlivých trendů růstu nám rovněž nepřímo potvrzuje, že všechny zkoumané stromy rostly v minulosti jako solitérní stromy či v rozvolněném porostu.
- 4) Byl zjištěn pozitivní vztah mezi radiálním růstem dřevin a srážkami (květen, červen), resp. teplotami (listopad předchozího roku). Tyto vztahy můžeme najít v celém zkoumaném území bez ohledu na typ porostu.
- 5) Průtok řeky Moravy má převážně pozitivní vliv na růst stromů. Nejvýraznější je tento vliv v první části růstové sezóny (duben až červen). Stromy rostoucí v relativní blízkosti řeky vykazují rovněž převážně pozitivní závislost, avšak není již tak výrazná, jako u ploch vzdálenějších. Stejný vztah byl zjištěn i pro solitérní stromy, které profitují na tom, že oproti jedincům rostoucím v lese nejsou postiženi kompeticí.
- 6) V přírůstových křivkách je od 70. let 20. století (počátek výstavby protipovodňových hrází) patrný trend zmenšování růstu pro všechny stromy rostoucí v lese, zatímco solitérní jedinci nevykazují změnu v růstu. Tento rozdíl je zřejmě opět způsoben absencí kompetice stromů u solitérních jedinců.
- 7) Na základě těchto výsledků doporučuji zvýšení počtu solitérních jedinců v této oblasti, jelikož jsou ve srovnání s jedinci rostoucími v lese odolnější vůči změnám prostředí. Zároveň tvoří významný krajinný prvek této oblasti, na který je vázána značná druhová bohatost oproti zapojeným lesním porostům.

9 Literatura

- Altman, J. (2009) *Analýza lesních porostů na vulkánu Hallasan: zhodnocení vlivu disturbance a kompetice na růst a přežívání stromových populací na gradientu nadmořské výšky*, Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 60s.
- Altman J., Hédl R., Szabó P., Mazůrek P., Riedl V., Müllerová J., Kopecký M. & Doležal J. (2013a) Tree-rings mirror management legacy: dramatic response of standard oaks to past coppicing in Central Europe. *Plos One* 8, s. e55770.
- Altman, J., Doležal, J., Černý, T., Song, J. S. (2013b) Forest response to increasing typhoon activity on the Korean peninsula: evidence from oak tree-rings. *Global change biology*, **19**, 498-504.
- Altman, J., Fibich, P., Doležal, J., Aakala, T. (2014) TRADER: A package for tree ring analysis of disturbance events in R, *Dendrochronologia*, **32**, 107-112
- Bengtsson, J., Nilsson, S. G., Franc, A. & Menozzi, P. (2000) Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, **132**, 39-50.
- Bergmeier, E., Petermann, J., Schröder E. (2010) Geobotanical survey of wood-pasture diversity, threats and conservation. *Biodiversity conservation*, **19**, 2995-3014.
- Bíza, P., Sobotková, J., Kourová, E., Pešek, J., Lošťáková, Z., Sobotková, J. (2013) Vodohospodářská bilance povodí Moravy za rok 2012 – textová část, Povodí Moravy, státní podnik Brno, 83 s.
- Black, B.A., Abrams, M.D. (2001) Influences of Native Americans and surveyor biases on metes and bounds witness tree distribution. *Ecology*, **82**, 2574-2586
- Black, B. A. & Abrams, M. D. (2003) Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria. *Ecological Applications*, **13**, 1733-1749.
- Black, B. A., Abrams, M. D., Rentch, J. S. & Gould, P. J. (2009) Properties of boundary-line release criteria in North American tree species. *Annals of Forest Science*, **66**, 1 - 19

- Brázdil, R., Štěpánková, P., Kyncl T., Kyncl, J. (2002) Fir tree-ring reconstruction of March – July precipitation in southern Moravia (Czech Republic), 1376 – 1996, *Climate research*, **20**, 223-229
- Bridge, M. C., Hibbert, F. A., Rackham, O. (1986) Effects of coppicing on the growth of oak timber trees in the Bradfield woods, Suffolk, *Journal of Ecology*, **74**, 1095-1102
- Briffa, K. R., Osborn, T. J., Schweingruber, F. H., Harris, I. C., Jones, P. D., Shiyatov, S. G., Vaganov, E. A. (2001) Low-frequency temperature variations from a northern tree ring density network, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012)*, **106**, 2929-2941.
- Bunn A. G. 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia* **26**, 115–124.
- Büntgen, U., Tegel, W., Nicolussi, K., McComick, M., Frank, D., Trouet, V., Kaplan, J. O., Herzig, F., Heussner, K.-U., Wanner, H., Luterbacher, J., Esper, J. (2011) 2500 years of European variability and human susceptibility, **331**, 578-582
- Copenheaver, C. A., Black, B. A., Stine, M. B., McManamay, R. H. & Bartens, J. (2009) Identifying dendroecological growth releases in American beech, jack pine, and white oak: Within-tree sampling strategy. *Forest Ecology and Management*, **257**, 2235-2240.
- Dobrowolska, D. (2008) Effect of stand density on oak regeneration in flood plain forests in Lower Silesia, Poland. *Forestry*, **81**, 511-523.
- Dobry, J., Klinka, K. (1998) Reconstructing temperature from tree rings of Pacific silver fir in Coastal British Columbia, *Northwest science*, **72**, 81-87
- Bridge, M. C., Hibbert, F. A., Rackham, O. (1986). Effects of coppicing on the growth of oak timber trees in the Bradfield Woods, Suffolk. *The Journal of Ecology*, **74**, 1095-1102
- Doležal, J., Mazůrek, P., Klimešová, J. (2010) Oak decline in Southern Moravia: the association between climate change and early and late wood formation in oaks. *Preslia*, **82**, 289-306
- Doležal, J., Song, J.-S., Altman, J., Janeček, Š., Černý, T., Šrůtek, M., Kolbek, J. (2009) Tree growth and competition in a post-logging *Quercus mongolica* forest on Mt. Sobaek, South Korea, *Ecological Research*, **24**, 281-290

- Druckenbrod, D. L. (2005) Dendroecological reconstructions of forest disturbance history using time-series analysis with intervention detection, *Canadian Journal of Forest Research*, **35**, 868-876
- Esper, J., Cook, E.R., Schweingruber, F.H. (2002) Low frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability, *Science*, **295**, 2250 – 2253
- FAO (2011) State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe, Ministerial conference in sustainable forest management in Europe, Oslo, 344p.
- Foster, D.R. (1988) Disturbance history, community organization and vegetation dynamics of the old-growth Pisgah Forest, southwestern New Hampshire, USA. *Journal of Ecology* **76**, 105-134
- Fraver, S. & White, A.S. 2005. Identifying growth releases in dendrochronological studies of forest disturbance. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 1648-1656.
- Frelich, L. E. (2002) *Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests*. Cambridge University Press, Cambridge, 266 p.
- Fonti, P., Cherubini, P., Rigling, A., Weber, P., Biging, G. (2006) Tree rings show competition dynamics in abandoned *Castanea sativa* coppices after land-use changes. *Journal of Vegetation Science*, **17**, 103-112
- Fritts H. C. (1976) *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London, New York, San Francisco, 567 p.
- Fuller, R. J., & Warren, M. S. (1993). *Coppiced woodlands: their management for wildlife*. Joint Nature Conservation Committee.
<http://jubilee101.com/subscription/pdf/Coppicing/Coppiced-Woodlands---Their-Management-for-Wildlife---29pages.pdf>
- Graumlich, L. J. (1993) Response of tree growth to climatic variation in the mixed conifer and deciduous forests of the upper Great Lakes region, *Canadian Journal of Forest Research*, **23**, 133-143.
- Guyette R. P., Muzika, R. M., Dey, D. C. (2002) Dynamics of an anthropogenic fire regime, *Ecosystems*, **5**, 472-486.

- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. and Lister, D.H. (2013) Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 dataset. *International Journal of Climatology* **34**: 623–642.
- Havlíček, P. (2004) : Geologie soutokové oblasti Dyje s Moravou. In Hrib M., Kordiovský E. *Lužní les v Dyjsko-Moravské nivě*. Moraviapress, Břeclav. 591 s.
- Hédli, R., Kopecký, M., Komárek, J. (2010) Half a century of succession in a temperate oakwood: from species-rich community to mesic forest, *A Journal of Conservation Biogeography*, **16**, 267-276.
- Heteša, J., Kopp, R., Soukup, I., Marvan, P., Keršner, V., Skácelová, O. (2004) Zhodnocení historického vývoje, současného stavu a prováděných zásahů v aluviu dolní Dyje na život v lesních tůních této oblasti. In Hrib M., Kordiovský E. *Lužní les v Dyjsko-Moravské nivě*. Moraviapress, Břeclav. 591 s.
- Horal, D. (2011) Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) in the Czech Republic, *Acta Zoologica Bulgarica*, **3**, 55-59
- Horal, D. (2014) Status of the eastern imperial eagle (*Aquila heliaca*) in the Czech Republic – 2013 update, ringing results and new findings, *Slovak Report Journal*, **8** (1), 41-46
- Chytrý, M., Ermakov, N., Danihelka, J., Hajek, M., Hajkova, P., Horsak, M., Koci, M., Kubesova, S., Lustyk, P., Otypkova, Z., Pelankova, B., Valachovic, M. & Zeleny, D. (2012) High species richness in hemiboreal forests of the northern Russian Altai, southern Siberia. *Journal of Vegetation Science*, **23**, 605-616.
- Janík, D., Adam, D., Vrska, T., Hort, L., Unar, P., Kral, K., Šamonil, P., Horal, D. (2008) Tree layer dynamics of the Cahnov – Soutok near-natural floodplain forest after 33 years (1973 – 2006), *European journal of forest research*, **127**, 337-345
- Jones, P. D., New, M., Parker, D. E., Martin, S., Rigor, I. G. (1999) Surface air temperature and its changes over past 150 years, *Reviews of Geophysics*, **37**, 173 – 199
- Klimánek M. (2002) *Klimatický vliv Novomlýnských nádrží a lužní les*. In Rožnovský, Litschmann eds. (2002): *XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 200*, ISBN 80-85813-99-8, s. 161-179

- Koblížek, J. (2003) *Quercus L. – Dub* in Hejný, S. & Slavík, B. *Květena České Republiky* 2, 21 - 35
- Kreuzweiser, J., Papadopoulou, E., Rennenberg, H. (2004) Interaction of flooding with carbon metabolism of forest trees, *Plant biology*, **6**, 299 – 306
- Lesprojekt (2000): *Lesní hospodářský plán pro LHC Židlochovice*. Lesprojekt Brno.
- Lorimer, C. G., Frelich, L. E., Nordheim, E. V. (1988) Estimating gap origin probabilities for canopy trees, *Ecology*, **69**, 778-785
- Lorimer, C. G., Frelich, L. E. (1989) A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forest, *Canadian Journal of Forest Research*, **19**, 651 – 663
- Lyford, W. H. (1980) Development of the root systems of northern red oak (*Quercus rubra* L.), Harvard university, 32 pp.
- McCarthy, J. (2001) Gap dynamics of forest trees: a review with particular attention to boreal forests. *Environmental Reviews*, **9**, 1-59.
- Mezera, A. (1958) *Středoevropské nížinné luhy II: Lesy Českomoravských údolních niv, jejich historie a lesní hospodářství v lužních porostech*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 362 s.
- Miklín, J., & Čížek, L. (2013) Erasing a European biodiversity hot-spot: Open woodlands, veteran trees and mature forests succumb to forestry intensification, succession, and logging in a UNESCO Biosphere Reserve. *Journal for Nature Conservation*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2013.08.002>
- Miklín, J., Smolková, V. (2011) Land use/land cover changes of the Pálava PLA and proposed Soutok PLA in the years 1841 – 2006, *Moravian Geographical Reports*, **19**, 15-28
- Niklasson, M., Zin, E., Zielonka, T., Feijen, M., Korczyk, A. F., Churski, M., Samojlik, T., Jedzejewska, B., Gutowski, J. M., Brzeriecki, B. (2010) A 350-year tree-ring fire record from Bialowieza Primeval Forest, Poland: implications for Central European lowland fire history, *Journal of Ecology*, **98**, 1319-1329

- Niukkanen, L., Kuuluvainen, T. (2011) Radial growth patterns of dominant trees in two old-growth forests in eastern Fennoscandia. *Journal of forest research*, 16(3), 228-236
- Nowacki, G. J., Abrams, M. D. (1997) Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, **67**, 225-249.
- Oliver, C.D. & Stephens, E.P. 1977. Reconstruction of a mixed-species forest in central New England. *Ecology* 58: 562-572.
- Pan, C., Tajchman, S. J., Kochenderfer, J. N. (1997) Dendroclimatological analysis of major species of the central Appalachians, *Forest Ecology and Management*, **98**, 77 - 88
- Pederson, N., Tackett, K., McEwan, R. W., Clark, S., Cooper, A., Brosi, G., Stockwell, R. D. (2012). Long-term drought sensitivity of trees in second-growth forests in a humid region. *Canadian Journal of Forest Research*, **42**, 1837-1850
- Penka M., Vyskot, M., Klimo, E., Vašíček, F. (1985) *Floodplain forest ecosystem: I. Before water management measures*, Academia, Praha, 466s.
- Quitt E. (1971) Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica*, Geografický ústav ČSAV, Brno, 73s.
- Ranius, T., Niklasson, M., Berg, N. (2009) Development of tree hollows on pedunculate oak (*Quercus robur*), *Forest Ecology and Management*, **257**, 303 - 310
- R Development Core Team, 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>
- Rentch, J. S., Desta, F., Miller, G. W. (2002). Climate, canopy disturbance, and radial growth averaging in a second-growth mixed-oak forest in West Virginia, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, **32**, 915-927
- Reyes, G. P., Kneeshaw, D., De Grandpre, L., Leduc, A. (2010) Changes in woody vegetation abundance and diversity after natural disturbances causing different levels of mortality, *Journal of Vegetation Science*, **21**, 406-417.
- Rozas, V. (2005) Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: tree-ring growth responses to climate, *Annals of forest Science*, **62**, 209-218

- Rozkosny, R., Vanhara, J. (1996) Terrestrial Invertebrates of the Pálava Biosphere Reserve of UNESCO, I–III. *Folia Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. Biologia*, **92**:1–208, **93**:209–408, **94**:409–630
- Rubino, D. L., McCarthy, B. C. (2004) Comparative analysis of dendroecological methods used to assess disturbance events. *Dendrochronologia*, **21**, 97-115.
- Smith, F. W., Long, J. N. (2001) Age-related decline in forest growth: an emergent property. *Forest Ecology and Management*, **144**, 175-181.
- Scharnweber, T., Manthey, M., Wilmking, M. (2013) Differential radial growth patterns between beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on periodically waterlogged soils. *Tree physiology*, **33**, 425-437
- Schweingruber F. H. (1995) *Principles of dendrochronology*. 57 p.
- Schweingruber, F. H. (1996) *Tree rings and environment: Dendroecology*., Paul Haupt AG Bern, Berne, 609 p.
- Sohar, K., Helama, S., Läänelaid, A., Raisio, J., & Tuomenvirta, H. (2014) Oak decline in a southern Finnish forest as affected by a drought sequence. *Geochronometria*, **41**, 92-103
- Spiecker, H. (2002) Tree rings and forest management in Europe. *Dendrochronologia*, **20**, 191-202.
- Splechtna, B. E., Gratzner, G. & Black, B. A. (2005) Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest - A spatial dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, **16**, 511-522.
- Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Carvalho, C. R., de Snoo, G. R. & Eden, P. (2001) Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, **63**, 337-365.
- Svoboda, M., Janda, P., Nagel, T. A., Fraver, S., Rejzek, J., Bace, R. (2012) Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. *Journal of Vegetation Science*, **23**, 86-97.

Šebek, P., Altman, J., Platek, M., Cizek, L. (2013) Is active management the key to the conservation of saproxylic biodiversity? Pollarding promotes the formation of tree hollows. *PloS one*, **8**, e60456

Turner, M.G., Collins S.L., Lugo A.L., Magnuson J.J., Rupp T.S., Swanson F.J. (2003) Disturbance Dynamics and Ecological Response: the contribution of long-term ecological research. *BioScience*, **53**, 47-56.

Tyree, M. T., Cochard, H. (1996) Summer and winter embolism in oak: impact on water relations, *Annales des sciences forestières*, **53**, 173-180

van Hess, A. F. M. (1997) Growth and morphology of penunculate oak (*Quercus robur L*) and beech (*Fagus sylvatica L*) seedlings in relation to shading and drought, *Annals of forest science*, **54**, 9 – 18

Vrška, T., Adam, D., Hort, L., Odehnalová, P., Horal, D., Král, K. (2006) *Dynamika vývoje pralesovitých rezervací v České republice II: Lužní lesy Cahnov-Soutok, Ranšpurk, Jiřina*, Academia, Praha, 216 s.

White, P. S., Pickett S.T.A. (1985) *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academia Press, 472 p.

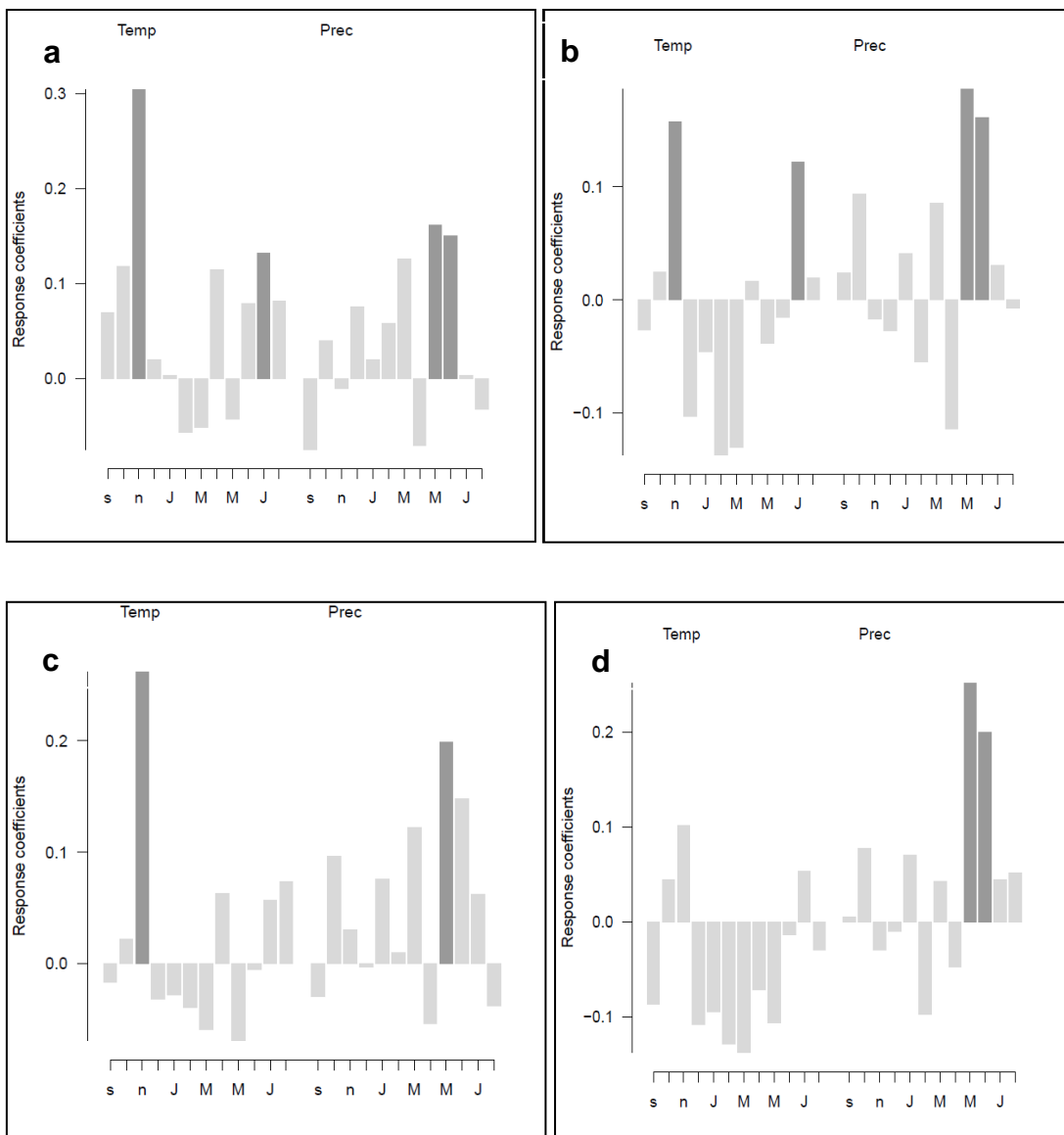
Williams, A. P., Allen, C. D., Millar, C. I., Swetnam, T. W., Michaelsen, J., Still, C. J. & Leavitt, S. W. (2010) Forest responses to increasing aridity and warmth in the southwestern United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**, 21289-21294.

Vera, F. W. M. (2000) *Grazing ecology and forest history*. CABI Publishing, Oxon, 506 p.

Zang, C., Biondi, F. (2013) Dendroclimatic calibration in R: *The bootRes* package for response and correlation function analysis. *Dendrochronologia*, **31**, 68-74.

10 Přílohy

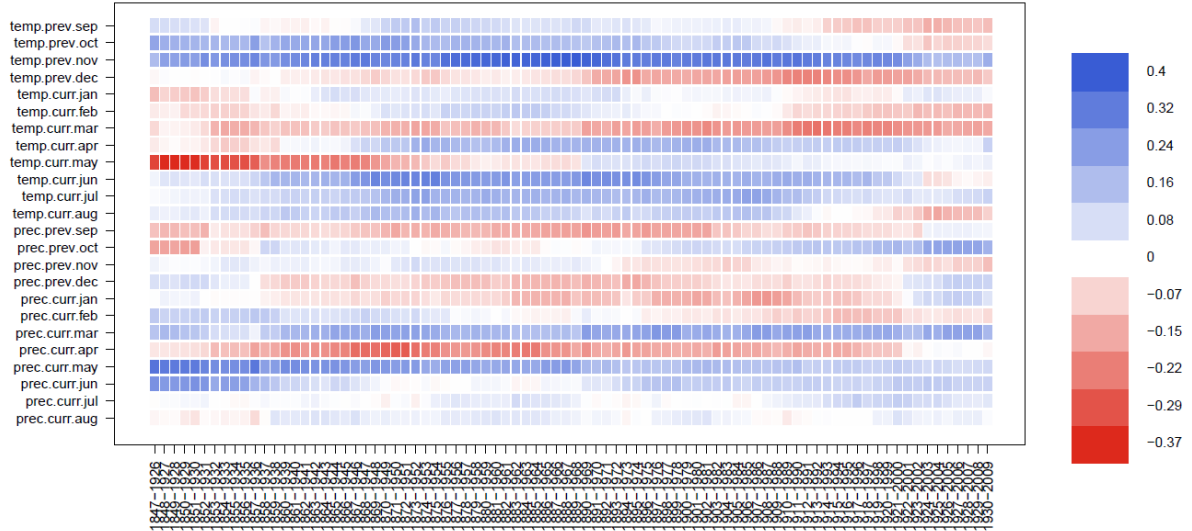
Příloha 1



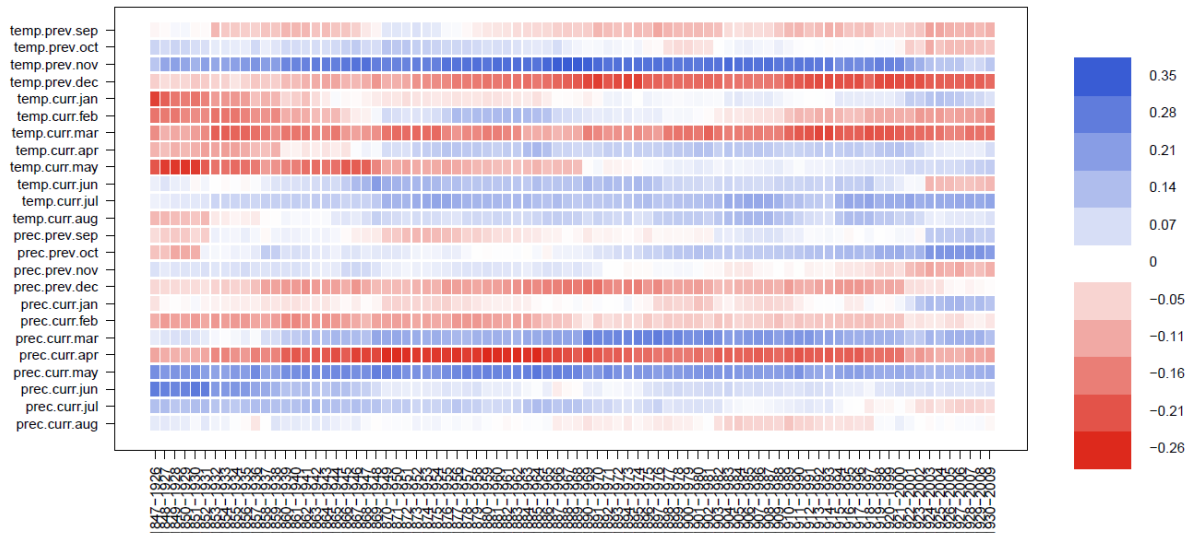
Vliv teploty a srážek na přirůsty stromů. a) solitéry, b) okraj lesa, c) rozvolněný les, d) zapojený les. *Response coefficient* udává reakci stromu na daný klimatický jev. V levé polovině grafů je zobrazena teplota (Temp), v pravé polovině srážky (Prec). Osa x zobrazuje měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku.

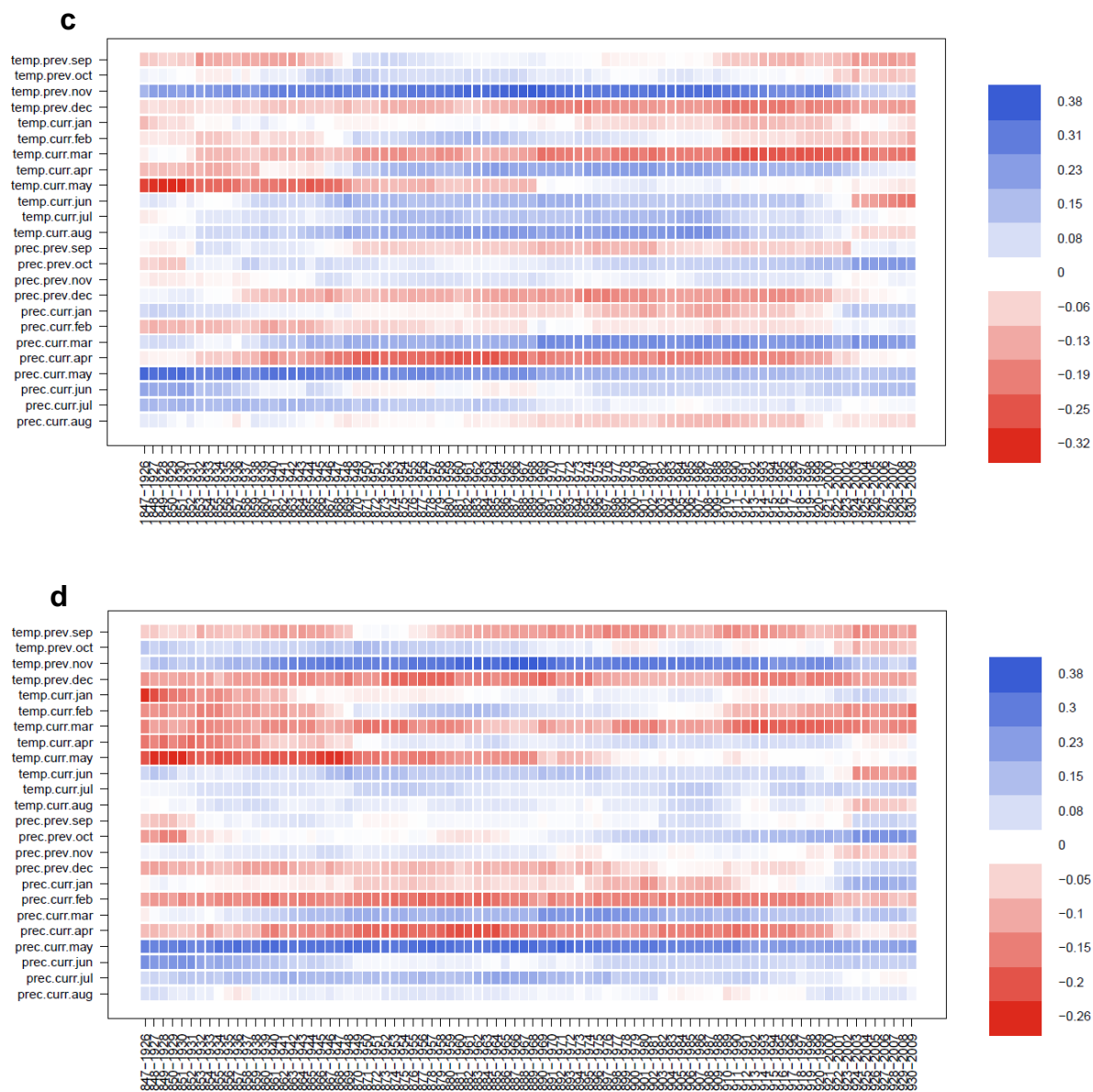
Příloha 2

a



b





Posuvná korelace vlivu teplot a srážek. a) solitéry, b) okraj lesa, c) rozvoněný les, d) zapojený les. Velikost okna 80 let. Osa y zobrazuje odshora měsíce od září předchozího roku do srpna daného roku nejprve pro teplotu a poté pro srážky.