

## **POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**Jméno a příjmení studenta:** Jiří Mašek

**Název diplomové práce:** Faktory ovlivňující růstové trendy a stabilitu klimatického signálu u střeoevropských jehličnanů

### **1) Splnění zadání práce**

Diplomová práce se zabývá problematikou individuální růstové variability stromů v kontextu nížinných a vysokohorských lokalit. Cíle práce jsou vhodné a jasně definované. Rešerše odborné literatury je poměrně obsáhlá a relevantní v rámci kontextualizace zkoumané problematiky. Vhodné zdroje jsou také použity k podpoře argumentů a možnému vysvětlení výsledků. Jen bych podotkl, že k tématu divergence a individual growth response mohly být citované další relevantní publikace jako např. Briffa et al. (1998) - *Philosophical Transactions of The Royal Society of London Series B-Biological Sciences*; Wilson et al. (2007) – *Journal of Geophysical Research*; Nehrbass-Ahles et al. (2014) – *Global Change Biology*; Rydval et al. (2018) – *Holocene*.

Bylo provedeno poměrně podrobné zhodnocení klimatického signálu na zájmových lokalitách a vyhodnocen vliv různých faktorů na růst. Přestože omezená replikace dendrochronologických dat a temporální rozsah analýzy představují faktory, které do jisté míry omezily robustnost a rozsah některých dosažených zjištění, poznatků a závěrů, komplexní charakter řešeného tématu, nadstandardní způsob zpracování, celkově vysoká úroveň použitých metod, produkce dat a způsob jejich analýzy se pozitivně projevilo na celkové kvalitě této práce, která splňuje zadání a stanovené cíle.

### **2) Přínos autora a celkový odborný přínos**

Diplomová práce se zabývá aktuálním a důležitým vědeckým tématem. Práce obsahuje unikátní data a experimentální výsledky, které jsou po vědecké stránce rozhodně přínosné. Výsledky práce rozšiřují a navazují na zjištění některých publikovaných studií a mohou pomoci lépe charakterizovat růstové trendy dvou významných stromových druhů a objasnit vztahy mezi růstem a klimatickými proměnnými a změny těchto vztahů v čase na nízko i vysoko položených lokalitách v severní části ČR. Po provedení úprav by výsledky této práce mohly být publikované v odborném vědeckém periodiku.

### **3) Vhodnost a náročnost použitých metod**

K vypracování diplomové práce byla použita široká škála poměrně složitých dendrochronologických a statistických metod a postupů (jako např. PCA) včetně specializovaných programů a statistických balíčků. Použité metody jsou poměrně sofistikované, zcela adekvátní a vhodné k dosažení stanovených cílů. Aplikace těchto metod je celkově správná a svědčí o dobrém porozumění použitých metod.

### **4) Hodnocení formální správnosti práce**

Diplomová práce neobshuje žádné podstatné nebo systematické formální nedostatky a obecně je v souladu s citační etikou. Až na drobné výjimky je prezentace a použití obrázků a tabulek velmi dobré. Celkově je práce velmi dobře napsaná, jasně a logicky strukturovaná a obsahuje veškeré potřebné náležitosti. S výjimkou níže zmíněných drobných nedostatků práce splňuje formální požadavky.

- V popisu obrázku 4 (ani jinde v textu) není definována metoda 'WA' a 'LA'.
- Pomohlo by uvést také názvy jednotlivých zkoumaných lokalit přímo na Obr. 5 a 7.
- Velikost písma u některých obrázků (např. Obr. 41, 42 je příliš malá)
- V obrázku 28 chybí graf pro PC3 v levém spodním rohu.
- Občas se objevují drobné překlepy.
- Seznam použitých pramenů ve většině případů obsahuje veškeré potřebné informace a je správně prezentovaný, avšak formát pramenů v některých případech není zcela konzistentní a malý počet pramenů v seznamu použité literatury neobsahuje všechny potřebné informace, např: "Büntgen U., Wilson R., Wilmking M., Niedzwiedz T., Bräuning A (2009): The 'Divergence Problem' in tree-ring research. 9 s." nebo "Buras et al. (2018b): Introducing the Individualistic Growth Response network (IGR). Poster at TRACE 2018."

## 5) Věcná správnost řešení a konkrétní připomínky:

Závěry odvozené z provedených analýz jsou až na pár výjimek obecně správné a jsou celkově podpořeny výsledky a zaznamenanými vztahy. Úplně ale nesouhlasím s použitím termínu 'divergence' v kontextu této práce k označení některých identifikovaných vztahů. Řekl bych, že kromě zásadního neklimatického vlivu imisní zátěže v 80. letech minulého století spíš jde o relativně krátkodobé / dočasné výkyvy ve vztahu mezi chronologiemi a klimatickými proměnnými, což by například mohlo souviset s obecnou nestabilitou klimatického signálu na zkoumaných lokalitách. Nezdá se, že by šlo o zásadní změnu v tomto vztahu ve smyslu definice divergence například v D'Arrigo et al. (2007). Proto si myslím, že označení těchto vztahů jako 'divergence' v tomto případě není zcela přesné.

Některé titulky u obrázků jsou příliš stručné a v některých případech (např. Obr. 16-20, Tab. 4) by měly obsahovat podrobnější informace o obsahu obrázků (např. z hlediska použitých dat, o jaké období se jedná, atp.), aby bylo možné pochopit obsah obrázků / tabulek samostatně bez potřeby hledání těchto informací v textu.

Přestože oceňuji lepší přehlednost uvedením pouze signifikantních vztahů v obrázcích s korelačními hodnotami mezi chronologiemi a měsíčními klimatickými daty, vzhledem k poměrně nízké korelaci některých signifikantních vztahů by v některých případech bylo užitečné vidět i nesignifikantní vztahy, aby bylo možné porovnat i vztahy, které jsou třeba jen těsně pod hranicí signifikantnosti.

- Str. 19: Doporučil bych termín PCA definovat a alespoň obecně uvést jak tento druh analýzy funguje.
- V části 3.4. (a v textu obecně) by také měly být zmíněny disturbance jako jeden z potenciálních faktorů ovlivňující individuální růstovou variabilitu. Disturbance jsou sice jednou zmíněny (na straně 54), ale vzhledem k potenciálně zásadnímu vlivu tohoto faktoru na růst na zkoumaných lokalitách by měl mít v práci větší zastoupení (alespoň by měl být součástí diskuze o možném vysvětlení některých výsledků).
- Str. 23: Pro lepší orientaci by pomohlo uvedení názvů stanovišť v Obr. 5 a 7.
- Str. 31: Citace Mitchell and Jones 2005 není aktuální a vztahuje se ke starší verzi použité databáze. Zmíněná verze dat CRU TS 3.1 také není správná. Vzhledem k temporálnímu rozsahu použitých klimatických dat se nejspíš jedná o CRU TS 4.01 nebo 4.02 – správná citace je Harris et al. (2014).
- Str. 32: Vzhledem k tomu, že Obr. 11 jako jediný obsahuje informace o obecném umístění zájmových lokalit v širším prostorovém kontextu, bylo by vhodné v tomto obrázku také uvést pozici krkonošských lokalit. Dále by bylo vhodné alespoň do přílohy přidat vizuální porovnání klimatických sérií z Doks a dat CRU (pro vybrané měsíce nebo třeba roční průměr). Přestože teplotní data z obou zdrojů jsou si velmi podobná, u srážek je vztah výrazně slabší. V tomto případě by mohlo být vhodnější použití metody 'scaling' místo regrese (*sensu* Esper et al., 2005 – Geophysical Research Letters). Diskuze by zároveň mohla obsahovat stručnou zmínku o omezeních, které souvisí s takto použitými srážkovými daty a potenciální vliv tohoto faktoru na interpretaci výsledků.
- Str. 34: Není jasné, zda křížové datování bylo provedeno pouze vizuálně (což by bylo nedostatečné) nebo i statisticky (např. pomocí korelace, t-test, gleichläufigkeit). Spolu s replikací a r-bar bych očekával i uvedení klouzavých hodnot EPS pro všechny chronologie (alespoň v příloze), aby bylo možné posoudit robustnost chronologií pro celé analyzované období.
- Str. 35: Chybí stručné vysvětlení proč jsou v analýze použity zrovna PC1-4. Předpokládám, že byly ponechány pouze PC s eigenhodnotou vyšší než 1. Pro podrobnější vyhodnocení možných změn vztahu klimatického signálu a růstu v čase ve smyslu optimalizace těchto vztahů by také mohla být provedena analýza mezi PC1 a klimatem podobně jako se standardními chronologiemi v Obr. 41, 42. V metodice není uvedena definice a popis statistiky EPS.
- Str. 35: Období pro vyhodnocení změn je poměrně krátké a výsledky tedy mohou být citlivé na konkrétní zvolené období. Zachycení změn ve vztahu mezi chronologiemi a klimatem tímto způsobem má značná omezení vzhledem k tomu, že trendy krkonošských lokalit byly v analyzovaném období ovlivněny imisemi.
- V diskuzi by měl být zmíněn antikorelační vztah letních teplot a srážek / sucha. Také podrobnější analýza reziduálních chronologií by mohla pomoci omezit a vyhodnotit vliv autokorelace na vztahy s klimatickými proměnnými v předchozím roce a celkově bez vlivu trendů v datech.

- Str. 37: Není jasné, jakým způsobem byly určeny významné roky (kvantitativně nebo jen vizuálně).
- Str. 41: Doporučil bych také ukázat klouzavý r-bar a EPS pro responder chronologie.
- Str. 42: Vzhledem k velmi nízké replikaci (v některých případech jen asi pět sérií) nemá sestavení responder chronologií a jejich analýza příliš velký význam, protože tyto chronologie neobsahují dostatečně silný reprezentativní signál identifikovaných podskupin, ale spíše jsou řízeny růstovou variabilitou několika jedinců. K provedení nějaké podstatné analýzy by bylo potřeba nasbírat výrazně větší počet vzorků. Tento problém by bylo možné alespoň částečně vyřešit například vytvořením responder chronologií na bázi všech vzorků z každé oblasti (tedy pro Krkonoše a Kokořínsko). Vzhledem ke krátkému temporálnímu rozsahu zkoumaného období (pouze 40 let) bohužel také není možné interpretovat pozorované trendy a rozdíly v dlouhodobějším historického kontextu.
- Str. 45: "Korelace PC2 s teplotami června předchozího roku je v Bílém Labi i Modrém dole okolo 0,4." – Z obrázku 26 je však zřejmé, že tato věta popisuje PC3.
- Postrádám vysvětlení proč pro rozdělení sérií do responder chronologií byla použita korelace zrovna s PC2? Například ve mnohonásobně citované studii Wilmking et al. (2005) autoři použili korelaci jednotlivých sérií právě s hlavním klimatickým signálem (tedy vlastně PC1) k rozdělení do responder chronologií.
- Str. 49: V hlavním textu a také v titulcích u Obr. 31-34 by mělo být definováno a lépe vysvětleno co znamená 'POS', 'NON' a 'NEG'.
- Str. 49: Není jasné proč chronologie uvedené v Obr. 31-34 vypadají, že jsou zhlazené.
- Str. 49: "... rozdíly v šířkách letokruhů", Str. 50: "... rozdíly mezi šířkami letokruhů" – v obou případech jde o nepřesný výrok, protože se jedná o relativní trendové rozdíly v datech a ne o absolutní rozdíly.
- Str. 57/58: Intuitivnější prezentací výsledků v Obr. 41/42 by bylo uvedení měsíců obráceně (tedy předchozí rok nahoře, aktuální rok dole). Vizuální oddělení předchozího a aktuálního roku by také pomohlo. Při použití klouzavých korelací se také většinou uvádí korelace pro prostřední rok daného okna místo posledního roku, což by také usnadnilo interpretaci těchto výsledků.
- Str. 58: Hned na začátku části 7.3.2. by mělo být uvedeno o jaké časové období se v provedené analýze jedná. Tato informace by tedy měla být uvedena už dříve a také by měla být uvedena v popisu tabulky.
- Str. 59/61 (Tabulka 4 a 5): Informace v tabulkách by bylo možné shrnout v jednoduchém grafu nebo statisticky a prezentované tabulky by mohly být v celkové podobě uvedeny pouze v příloze. Na první pohled není jasné jakým způsobem tyto výsledky vypovídají o měnícím se vztahu v čase (chybí důležité podrobnosti). Také předpokládám (z popisu tabulky to není jasné), že uvedené výsledky se vztahují ke standardním chronologie a ne k reziduálním verzím. Nemohly by tyto výsledky tedy ovlivnit právě trendy v datech? To je důležité i proto, že růstové trendy v období 1974-1995 byly ovlivněny zásadním neklimatickým faktorem (imisemi). Z tohoto důvodu by určitě bylo přínosné tuto analýzu také provést na reziduálních chronologiích. Dále není jasné o jakou změnu se konkrétně jedná (celý rok, různé měsíce). Větší význam by mělo provedení této analýzy na nějakém definovaném standardním růstovém období (např. červen-srpen). Z výsledků v příloze se zdá, že u krkonošských lokalit jde především o změnu reakce na srážky / sucho na začátku jara a ne o hlavní vztah s letními klimatickými podmínkami. Tato analýza také zahrnuje různé druhy změn, které se mohou mezi jednotlivými vzorky zásadním způsobem lišit a mohou mít třeba i opačný charakter. Užitečnost těchto výsledků je tedy do jisté míry omezená.
- Str. 64/65: Interpretace responder chronologií je v této práci logicky odvozena od identifikovaných vztahů. Avšak kvůli velmi nízké replikaci těchto chronologií narážíme na problém, že responder chronologie nejspíš nejsou robustní a výsledky by tudíž měly být interpretovány hodně opatrně a spíš jen jako náznak. V diskuzi je uvedeno, že "[h]ypotéza vlivu individuálních proměnných na rozdílné růstové trendy v porostu nebyla zamítnuta". Zároveň ale nebyla nijak výrazně podpořena. Na získání jasnějšího výsledku by asi bylo potřeba provést rozsáhlejší studii. Nabízí se také otázka do jaké míry nebo v jakých případech jsou identifikované signifikantní vztahy smysluplné či zda některé z nich mohou být jen náhodné nebo přechodné? Například, přestože je identifikován signifikantní vztah DBH s PC2 u většiny stanovišť, kontrastní character těchto vztahů u sousedních stanovišť (pozitivní vztah stanoviště KOS a negativní vztah stanoviště KOJ) je zvláštní. Obecně trochu chybí nějaké vysvětlení či opodstatněný nebo zhodnocení, zda tyto a také některé další vztahy jsou tedy opravdu smysluplné.

- Str. 65-68: Interpretace a závěry ohledně klimatického signálu na lokalitě Kostelec se mi zdá celkem správné a poměrně přesné. Přejde mi ale, že důležitost potenciálního vlivu vyšších teplot v Krkonoších v 50. letech i v současnosti je přeceněna a výsledky v tomto případě zcela nepodporují uvedené závěry. “Nabízí se ovšem otázka, zda tyto silící letní korelace nejsou pouze statistickým artefaktem rostoucího trendu jak letokruhových, tak teplotních časových řad.” – Upozornil bych ale, že v tomto případě pravděpodobně nejde o trendový artefakt vzhledem ke vztahu letních teplot a růstu na této lokalitě - vyšší teploty a rychlejší růst spolu přímo souvisí a přítomnost tohoto trendu v obou případech by neměl být ignorován.
  - “Pravděpodobně se jedná o důsledek nižších srážkových úhrnů a vyšších teplot (obrázek 44), které ústí ve větší a častější sucha než dříve.” – V tomto případě jde o opačnou (nesprávnou) interpretaci výsledků. Jde o negativní vztah a ne o negativní vliv. Tzn., že růst reaguje pozitivně na sušší (a většinou zároveň i teplejší) léto. Letní sucho růst tedy přímo neovlivňuje. Nejde o přímou závislost, ale spíše se jedná o antikorelaci mezi letními teplotami a parametrem sucha (tento statistický vztah se v literatuře běžně eviduje).
  - “Přesně v této době začaly mít teploty v lednu a předešlém září silně negativní dopad, což může být způsobeno tím, že narůstající teploty jsou již příliš vysoké.” - U předešlého září pravděpodobně nejde o přímý vztah s růstem, ale znovu jde spíše o antikorelaci se srážkami / suchem. Vztah s lednem bude komplikovanější (např. teplejší zima -> méně sněhu -> málo vody na jaře). Nemyslím si tedy, že by to poukazovalo na omezení růstu kvůli příliš vysokým teplotám (vzhledem k tomu, že jde o leden). K podpoření takového závěru by spíše musel být zaznamenán negativní vztah růstu s letními teplotami, což nepozorujeme.
  - “Aktuálně je růst smrku na horní hranici lesa v Krkonoších příznivě ovlivněn vyššími teplotami v červnu a červenci, ovšem ve zvýšené míře začíná i zde růst reagovat na indikátory limitace nedostatku vláhy. Vyšší teploty způsobují větší sucha, které má na růst naopak negativní dopad.” – Toto tvrzení je jen částečně správné. Letní sucho nemá žádný přímý vliv na růst. Zdá se ovšem, že výsledky místo toho zachycují nový vliv sucha na konci zimy / začátku jara.
- Str. 66: Obr. 43 a 44 v diskuzi měly být prezentované a popsány ve výsledcích. Jak již bylo zmíněno, prezentace dalších grafů s korelacemi reziduálních chronologií pro obě lokality jak s teplotami, tak i se srážkami a PDSI (alespoň v příloze) by mohlo pomoci opodstatnit nebo vyvrátit existenci některých vztahů identifikovaných pouze pomocí standardních chronologií.

## 6) Celkové hodnocení diplomové práce

Vypracování této diplomové práce student prokázal, že získal rozsáhlé a podrobné znalosti o daném tématu, rozumí relevantním metodám a postupům a dokáže je komplexním a konstruktivním způsobem aplikovat k dané problematice. Dále je schopný samostatně provést rozsáhlou analýzu za použití poměrně komplikovaných metod, kriticky zhodnotit výsledky těchto analýz, a odvodit z nich patřičné a smlýslupné závěry. Diplomovou práci tímto **doporučuji** k obhajobě.

## 7) Dotazy k obhajobě:

- Do jaké míry si myslíte, že divergence je unikátní fenomén současné doby bez historického precedentu a mohl by souviset s klimatickými změnami?
- Proč byly použity především standardní chronologie místo reziduálních chronologií k provedení většiny analýz?
- Do jaké míry je sestavení a analýza responder chronologií užitečná vzhledem k tomu, že ve většině případů tyto chronologie zahrnují poměrně malý počet vzorků a tudíž z nich nejspíš není možné sestavit robustní chronologie?
- Je možné určit, zda signifikantní vztahy opravdu mají reálný význam?

**Datum: 20. května 2019**

**podpis oponenta:**



**Miloš Rydval, Ph.D.**