

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Geografie a kartografie



Lucie Živsová

Vytvoření lokální letokruhové chronologie dubu
Development of the local tree-ring chronology of oak

Bakalářská práce
Vedoucí práce: doc. Mgr. Václav Tremel, Ph.D.

Praha 2025

Zadání bakalářské práce

Téma práce: Vytvoření lokální letokruhové chronologie dubu

Cíl práce: 1) Vytvořit lokální letokruhovou chronologii dubu; 2) Analyzovat klimatický signál vytvořené chronologie

Zájmové území: dubový les nacházející se v oblasti Brdské vrchoviny nedaleko obce Svinaře

Metody: rešerše, letokruhová analýza, korelační analýza (klimatický signál)

Datové zdroje: vlastní data, klimatická data ČHMÚ

Datum zadání: 23. 11. 2023

Jméno studenta: Lucie Živsová

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: doc. Mgr. Václav Tremel, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně,
pouze s použitím citované literatury.

V Praze

.....

Lucie Živsová

Poděkování

Zde bych velmi ráda poděkovala doc. Mgr. Václavu Tremlovi, Ph.D. za rady, rychlou komunikaci a trpělivost, kterou vůči mně při psaní této práce měl. Díky patří také RNDr. Janu Tumajerovi, Ph.D. a RNDr. Jiřímu Maškovi, Ph.D. za rady ve výpočetních technologiích. Největší díky patří mé rodině, tátovi, za nadšení a zájem o můj obor, mámě za každé nabité objetí, (mé nejmilovanější) sestř(i)ce za každé „neboj, to dáš“ a babi, za to že tu pro mě je, díky za podporu a pochopení. Poslední poděkování patří mým kamarádům, kteří mě vždycky dokážou přivést na jiné myšlenky.

Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zabývá studiem klimatických faktorů, které ovlivňují růst dubu zimního (*Quercus petraea*) ve vybraném zájmovém území jihovýchodně od obce Svinaře. Pro účely studie byly v této lokalitě odebrány vzorky, ze kterých byla následně vytvořena chronologie reprezentující dané stanoviště. Po zpracování vzorků dendroklimatickou analýzou byly zjištěny faktory, které jsou naopak pro růst limitující. Důležitou součástí studie bylo také zjištění a interpretace významných roků, které jsou zaznamenány pomocí pozitivních i negativních letokruhových signatur.

Výsledky odhalily závislost růstu dubu zimního na srážkách předchozího roku, především z jarního období předchozího roku a vlhkostních podmínkách podzimního a zimního období také z předchozího roku. Negativní vliv na růst stromů mají vysoké teploty hlavně v letním období předchozího roku a záporné hodnoty indexu SPEI.

Nejvýznamnější negativní letokruhová signatura byla zaznamenána v roce 2007, avšak následné výpočty resilience ukázaly dobré a rychlé zotavení růstu dubu zimního v následujících letech. Naopak mezi pozitivní pointer year byl zařazen rok 2009, který zaznamenal vysoký radiální přírůstek dřeva také díky vysoce nadprůměrnému úhrnu srážek v jarních měsících.

Bakalářská práce navazuje na dřívější studie zabývající se vlivem klimatu na růst dubu, zaceluje prostorový nedostatek chronologií dubu ve středních Čechách a dává tím prostor pro další studium a rozvoj tématu.

Klíčová slova: dub zimní, letokruhová chronologie, klimatické faktory, dendroklimatologie, sucho

Abstract

The presented bachelor thesis deals with the study of climatic factors that influence the growth of the pedunculate oak (*Quercus petraea*) within the area southeast of the village of Svinaře. For the purposes of the study, I established a new tree-ring chronology of pedunculate oak. A dendroclimatic analysis revealed factors that limit the growth of the oak. An important part of the study was the discover and interpretation of pointer years.

The results showed an importance of spring precipitation of the previous year on the growth of the oak and the importance of the humidity during autumn and winter time also from previous

year. Negative effect played the high temperature during summer of the previous year and negative SPEI index.

The most significant negative annual ring signature was recorded in 2007, but subsequent resilience calculations showed a rapid recovery of growth of the oak during the following years. On the contrary, 2009 was included among the positive pointer years, which recorded high radial wood growth also due to the highly above-average precipitation in the spring months. This bachelor thesis builds on earlier studies dealing with the influence of climate on oak growth, provides some new perspectives and thus provides space for further study and development of the topic.

Key words: sessile oak , tree-ring chronology, climatic factors, dendroklimatology, drought

Obsah

Abstrakt	5
Abstract	5
1. Úvod a cíle práce.....	8
2. Rozšíření dubu v Evropě a České republice	9
3. Charakteristika dubu zimního	15
3.1. Ekologie.....	15
3.2. Stavba dřeva	16
3.3. Fenologie	17
4. Vliv klimatických podmínek na růst dubu letního/zimního.....	17
4.1. Sucho	18
4.2. Teplota a srážky.....	19
5. Vliv biotických faktorů na růst dubu letního/zimního	20
6. Dlouhé letokruhové chronologie a klimatické rekonstrukce na základě dubu letního a zimního.....	21
7. Materiál a metodika	22
7.1. Studované území.....	22
7.2. Odběr vzorků	23
7.3. Zpracování vzorků	24
8. Výsledky	26
8.1. Statistické výsledky	26
8.2. Korelace chronologií s klimatickými faktory ovlivňující radiální růst dřeva	27
9. Diskuze	32
9.1. Korelace s klimatickými faktory	32
9.2. Významné roky.....	32
10. Závěr	33
11. Literatura.....	35

1. Úvod a cíle práce

Stromy jsou významným aktérem při zaznamenávání klimatu. Jejich letokruhové chronologie mohou poskytnout záznamy o klimatických změnách a výkyvech s přesností na rok. Letokruhy také mohou zaznamenat informace o lidské činnosti, antropogenních emisích v ovzduší a fungovat jako velké globální úložiště uhlíku (Körner 2003). S měnícím se klimatem se postupně mění i záznamový arch, který je součástí stromů, které na změny klimatu musí reagovat a postupně se jim přizpůsobovat (Morin a kol. 2010). Tím, že jsou lesy velkou zásobárnou atmosférického uhlíku (Nowak 1993), s měnícím se klimatem se mění i množství uhlíku, které mohou lesy alokovat (Pan a kol. 2011). I z toho důvodu je důležité zjišťovat, jaké faktory nejvíce ovlivňují růst stromů (Saurer a kol 1995). Ovlivňujícími faktory pro duby rostoucí v teplejších oblastech jsou i nedostatek srážek a sucho, které může způsobovat menší radiální růst dřeva (Gea-Izquierdo 2011). Relativně senzitivnější jsou suchem ohrožené nížinné lesy temperátní části Evropy, kterých je součástí i studovaný dub zimní (Scharnweber a kol. 2011).

Dendrochronologické studie pokrývají široké spektrum otázek, ať už se jedná o ekologické otázky v lesních porostech nebo datování dřevěných archeologických nálezů historických staveb (Prokop a kol. 2016). Nejdéší letokruhové chronologie sahají více než 10 000 let zpět do historie (Haneca a kol. 2009). V České republice se začal dendrochronologický výzkum prosazovat koncem minulého století (Kolář a kol. 2012) a i proto se dnes mohou české laboratoře zabývat archeologickými nálezy, paleoekologií či paleoklimatologií.

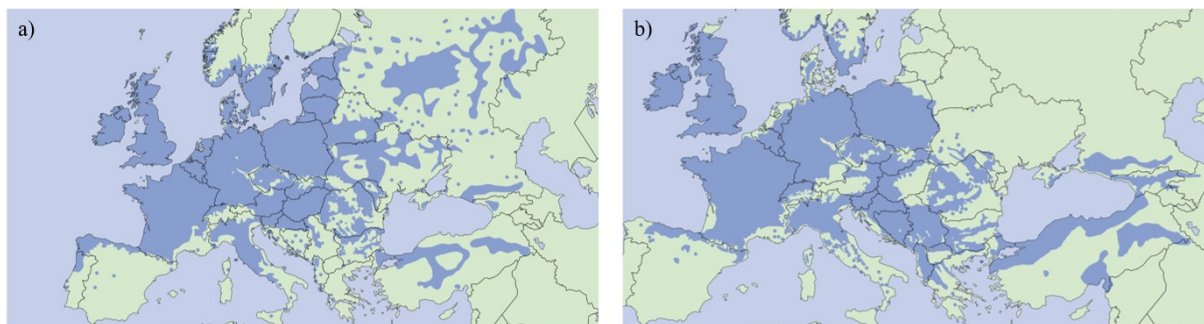
Dub je nejčastějším rodem, který se používá pro klimatické a archeologické datování (Čufar a kol. 2015) a tato práce je další příspěvek, který rozšíří tento rozrůstající se výzkum, v tomto případě jako doplnění na lokální úrovni.

Cílem předložené bakalářské práce bylo vytvořit letokruhovou chronologii dubu zimního a popsat klimatické faktory ovlivňující jeho růst.

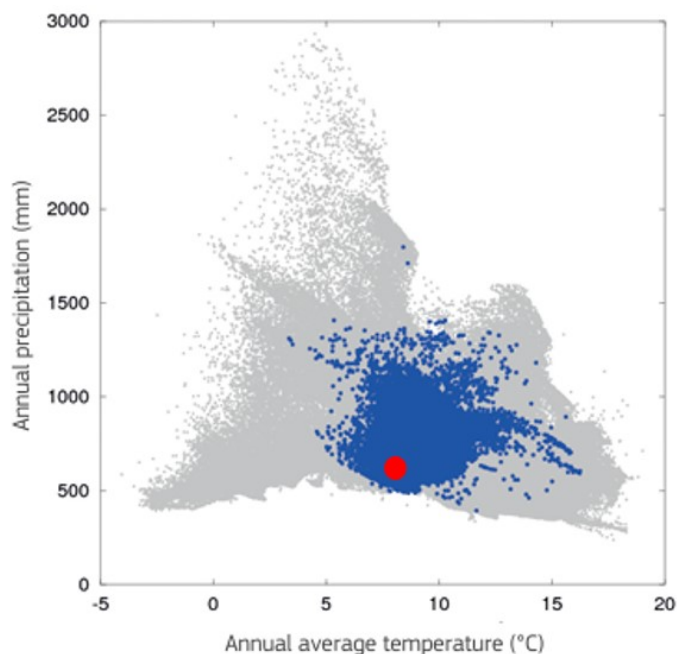
2. Rozšíření dubu v Evropě a České republice

Duby patří v Evropě mezi dominantní stromy, u kterých je vysoká pravděpodobnost zaznamenání klimatologického signálu, na rozdíl od potlačených dřevin reagujících převážně na kompetiční faktory (Haneca a kol. 2009). Vyskytoval se na území Evropy již před posledním glaciálem, který přežíval v severním Středomoří, později, s nástupem holocénu, se začal rozšiřovat přes Pyreneje, Karpaty a Alpy, které však tvořili bariéru k centrální Evropě a proto byl dub rychleji rozšířen u pobřeží Atlantiku (Brewer a kol. 2002). Studie Stewart a Lister (2001) se zmiňuje o možnosti dalšího refugia, kde dub přežíval v době posledního glaciálu a to v belgických Ardenách, kde se skrze radiokarbonové datování našly důkazy o výskytu dubu v době interglaciálů Bölling-Alleröd, teplejšího období posledního glaciálu, které se datuje 13 000 let B. P. Dnes dub letní i zimní patří mezi nejrozšířenější stromy v Evropě a i díky tomu je na nich založeno nejvíce dendrochronologických studií (Sochová a kol. 2021). Různé druhy dubu se v temperátních opadavých lesích dnes vyskytují po celé Evropě od Irska až po západní Rusko s výjimkou severní Skandinávie, jižní oblasti Pyrenejského poloostrova a cípu Balkánského poloostrova (Eaton a kol. 2016).

Obrázek 1: Evropské rozšíření dubu letního (a) a dubu zimního (b), (Ducouso a Bordacs 2003)



Obrázek 2: Klimatická nika dubu zimního v Evropě (Eaton a kol. 2016, upraveno). Šedě je znázorněna klimatická nika celé Evropy, modře lokality s výskytem dubu letního a zimního. Červeně je označena studovaná lokalita.



Klimatická nika dubu zimního v Evropě zobrazena v diagramu je založena na terénních pozorováních (Eaton a kol. 2016). Jsou zde zobrazeny klimatické faktory, konkrétně průměrná roční teplota na ose x a průměrná roční hodnota srážek na ose y. Je tedy možné z diagramu vyčíst jaká průměrná roční teplota a srážky jsou nutné pro výskyt dubu v Evropě. Jak je zřejmé z hodnot vykreslených šedou barvou, je příhodné, aby průměrné srážky na daném území napříč teplotou dosahovaly alespoň 250 až 500 mm za rok. Také je zde vidět, že po přesáhnutí 1500 mm srážek za rok, duby potřebují růst v oblasti s nižší průměrnou roční teplotou.

Pro lokalitu analyzovanou v této práci byla vypočítána průměrná roční teplota, srážky a výsledné protnutí těchto dvou hodnot bylo přidáno do grafu (červená). Klimatické podmínky studovaného území v tomto případě odpovídají hodnotám naměřených při pozorování rozložení dubu v Evropě.

V České republice se duby nejčastěji vyskytují v oblastech, kde průměrná teplota dosahuje více než 7°C a průměrné srážky jsou nižší než 650 mm ročně (Chytrý 1997). Dubové porosty zde dělíme mezi čtyři hlavní typy, nejvíce rozšířené hercynské dubohabřiny vyskytující se hlavně v centrálních a severních oblastech Čech, polonské dubohabřiny vyskytující se na Ostravsku a jeho okolí, karpatské dubohabřiny v centrální a východní části Moravy a panonské dubohabřiny na jižní Moravě (Chytrý a kol. 2010). Hlavními dominantami dubohabřin jsou habr obecný,

dub letní a dub zimní vyskytující se na rovinách i svazích (Chytrý a kol. 2010) nížin a předhůří hor převážně do 500 m n. m. (Chytrý 1997). Zřídka se vyskytují nejen v Českomoravské vysočině, která dělá bariéru mezi dubohabřinami Čech a Moravy (Kolář a kol. 2012), ale také v jižních a západních Čechách (Chytrý a kol. 2010) a vysokohorských oblastech, kde pro dub nejsou příznivé klimatické podmínky. Keřové patro se v dubohabřinách vyskytuje pravidelně, kromě oblastí s hustým vysokým porostem, kde se v důsledku nedostatku slunečního záření vyskytuje sporadicky nebo zcela chybí (Chytrý a kol. 2010). Dále se zde vyskytuje bylinné patro, ve kterém je možné najít sasanku hajní, ostřice chlupatá nebo zvonek broskvolistý (Chytrý a kol. 2010).

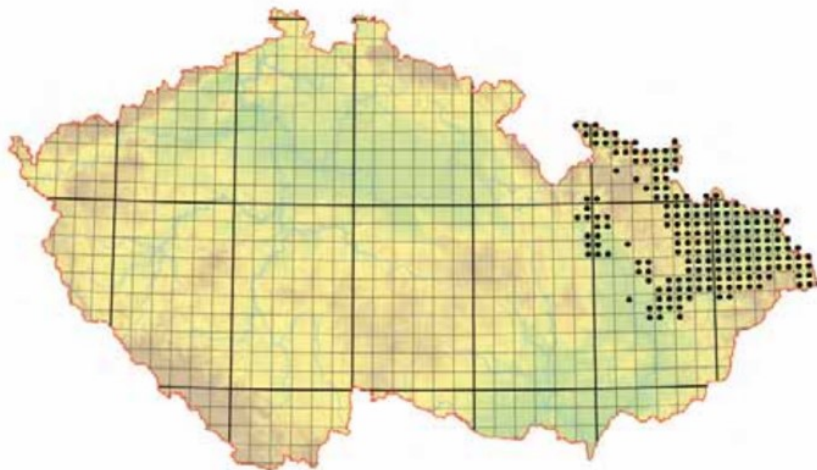
Nejvíce rozšířené hercynské dubohabřiny, se vyskytují v mírně teplých či teplých oblastech na plošinách a svazích s půdou bohatou na živiny (Chytrý a kol. 2010, obr. 3).

Obrázek 3: Rozšíření hercynských dubohabřin v ČR (Chytrý a kol. 2010).



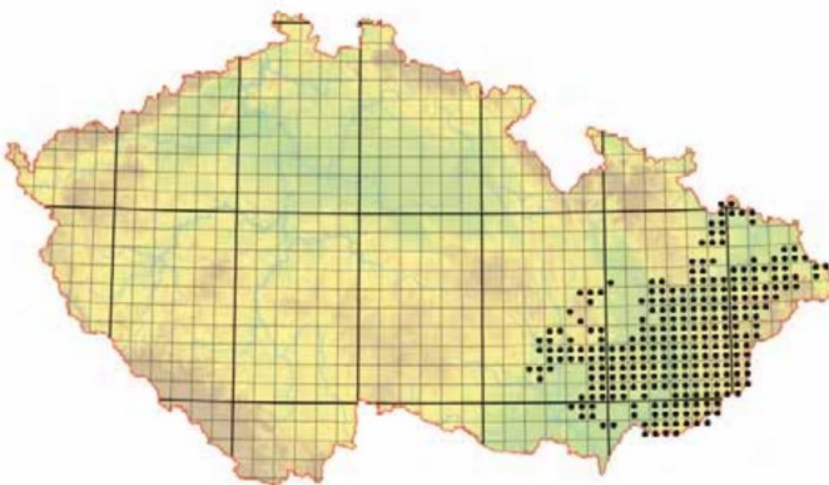
Dalším již podstatně méně rozšířeným typem dubohabřin jsou dubohabřiny polonské vyskytující se v oblasti Slezska, kde lesy více doplňuje lípa srdčitá a stejně jako u ostatních typů se zde v keřovém patře vyskytují hlavně nižší jedinci dřevin stromového patra (Chytrý a kol. 2010).

Obrázek 4: Rozšíření polonských dubohabřin v ČR (Chytrý a kol. 2010).

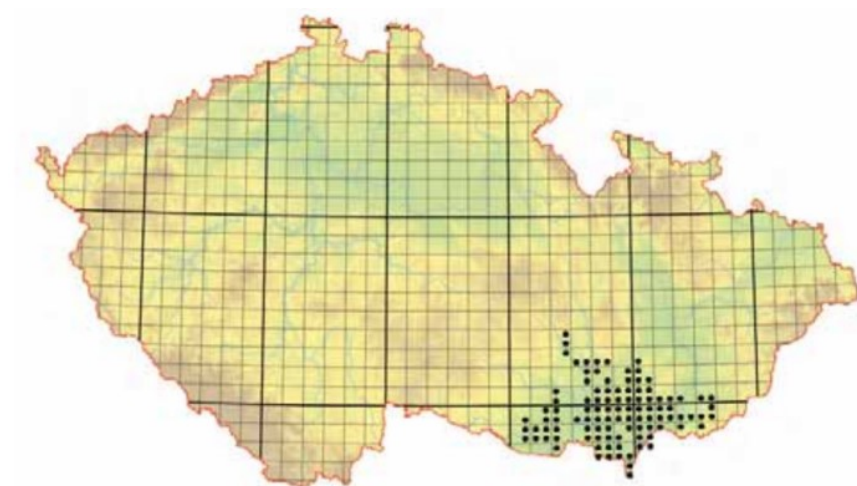


Poslední dva typy, do kterých jsou řazené dubohabřiny v Katalogu biotopů ČR, jsou dubohabřiny karpatské vyskytující se v Karpatech a Podbeskydské pahorkatině a dubohabřiny panonské, které se vyskytují na jižní Moravě a jejich areál je v porovnání s výše zmíněnými typy dobohabřin nejmenší (Chytrý a kol. 2010)

Obrázek 5: Rozšíření karpatských dubohabřin v ČR (Chytrý a kol. 2010).



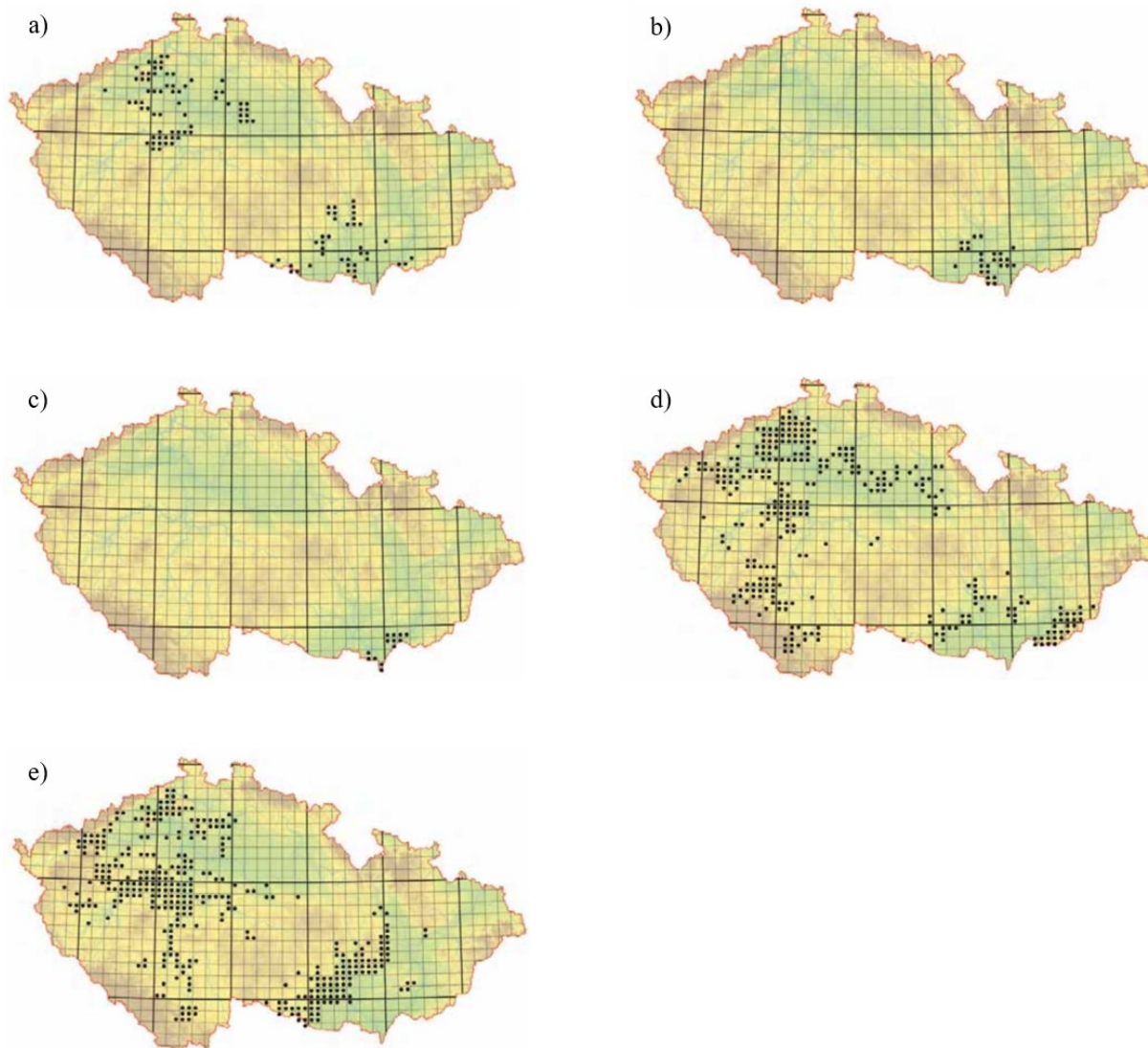
Obrázek 6: Rozšíření panonských dubohabřin v ČR (Chytrý a kol. 2010).



Vedle biotopu dubohabřin je také nutné zmínit biotopy teplomilných a acidofilních doubrav. Teplomilné doubravy, jak již sám název napovídá, se převážně vyskytují v teplejších oblastech České republiky, primárně v oblasti Polabí a jižní Moravy (Chytrý a kol. 2010). V lesech doubrav dominují nejběžnější druhy dubů a to dub letní a zimní dále doplněné o dub šipák či dub cedr, který můžeme najít hlavně na již zmiňované jižní Moravě (Chytrý a kol. 2010). Teplomilné doubravy u nás dělíme mezi pět typů, perialpidské bazifilní teplomilné doubravy, panonské teplomilné doubravy na spraši, panonské teplomilné doubravy na písku, středoevropské bazifilní teplomilné doubravy a acidofilní teplomilné doubravy (Chytrý a kol. 2010). První zmiňovaný typ doubrav se rozkládá přibližně na 900 ha republiky v oblastech s méně suchými půdami či makroklimaticky vlhčím prostředím s dominancí dubu šipáku a dubu zimního (Chytrý a kol. 2010). Panonské teplomilné doubravy na spraši a panonské teplomilné doubravy na písku se nejvíce vyskytují na naváté spraši a písčích jedné z neúrodnějších půd mírného podnebného pásma – černozemi - a nejrozšířenějšími půdami v České republice - kambizemí - u výběžku jižní Moravy, kde se stékají řeky Morava a Dyje (Chytrý a kol. 2010). Dalším typem teplomilných doubrav jsou středoevropské bazifilní teplomilné doubravy nacházejících se na rovinatém terénu nebo mírných svazích sporadicky zastoupené na jižní Moravě, Polabí, Šumavském podhůří nebo Podkrušnohorské oblasti (Chytrý a kol. 2010). Poledním typem teplomilných doubrav jsou acidofilní teplomilné doubravy, které se mohou vyskytovat i na méně úrodných typech půd jako je ranker, a jsou rozptýlené po Čechách a na Moravě ve východní oblasti Českomoravské Vysočiny (Chytrý a kol. 2010).

Obrázek 7: Rozšíření teplomilných doubrav v ČR (Chytrý a kol. 2010).

a) perialpinské bazifilní teplomilné doubravy, b) panonské teplomilné doubravy na spraši, c) panonské teplomilné doubravy na písku, d) střeoevropské bazifilní teplomilné doubravy, e) acidofilní teplomilné doubravy

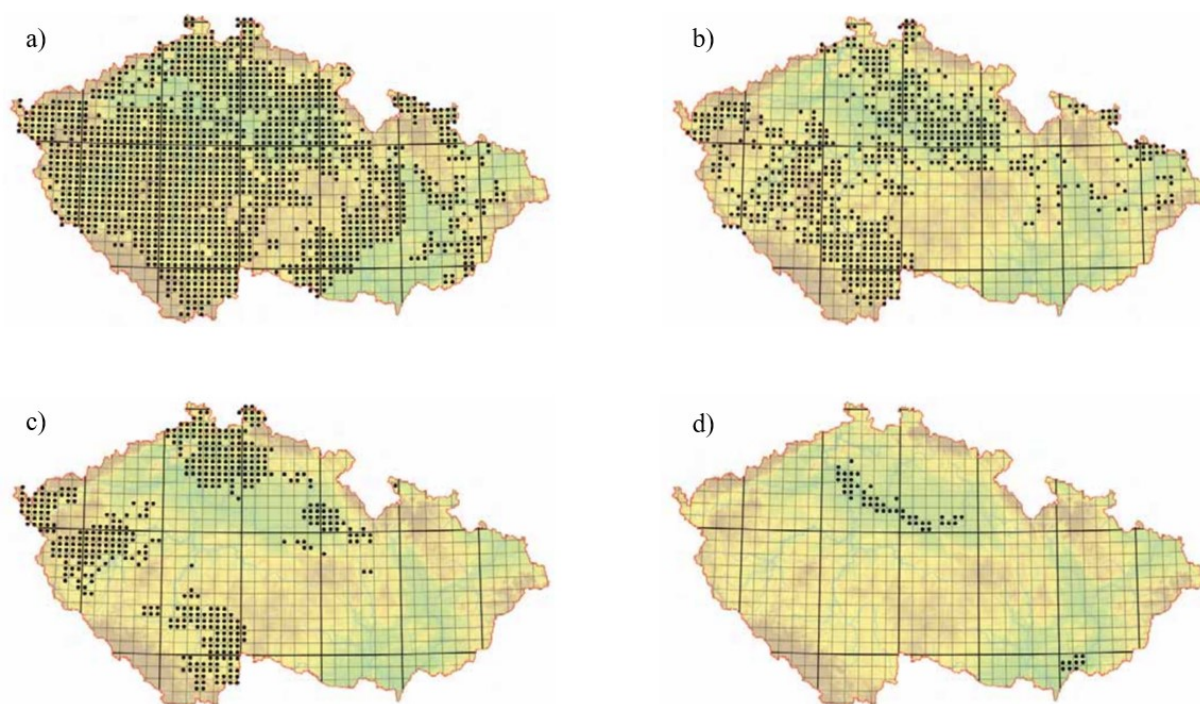


Posledním z výše zmíněných biotopů, na které dělí Chytrý a kol. (2010) české lesy v Katalogu biotopů České republiky, jsou acidofilní doubravy, které najdeme po celém státu, jsou druhově chudé a stejně jako v předešlých biotopech, i zde nejvíce dominují dub letní a zimní doplněné o další druhy stromů. I tento biotop se dělí na více druhů, přičemž prvním zmíněným jsou suché acidofilní doubravy, ve kterých kromě dubu můžeme najít borovici lesní nebo břízu bělokorou (Chytrý a kol. 2010). Další typy acidofilních doubrav jsou vlhké acidofilní doubravy, subkontinentální borové doubravy a acidofilní doubravy na písku, které se vyhýbají horským oblastem a povětšinou se vyskytují do 500 m n. m. (Chytrý a kol. 2010). Tyto biotopy jsou

vedle dubů obohacené o břízu bělokorou, jeřáb ptačí, borovici lesní nebo smrk ztepilý ve stromovém patře a metličku křivolatou, vřes obecný, ostřici jarní a borůvku v patře bylinném (Chytrý a kol. 2010).

Obrázek 8: Rozšíření acidofilních doubrav v ČR (Chytrý a kol. 2010).

- a) suché acidofilní doubravy, b) vlhké acidofilní doubravy,
c) subkontinentální borové doubravy, d) acidofilní doubravy na písku



3. Charakteristika dubu zimního

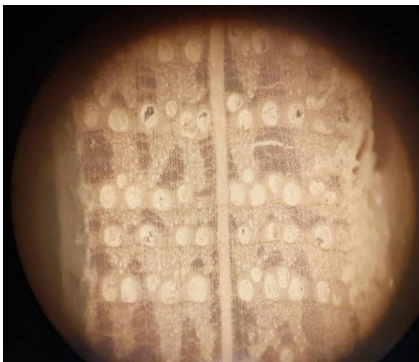
3.1. Ekologie

Dub zimní se řadí mezi teplomilné, světlomilné dřeviny, ačkoli si klade nižší nároky na světlo nežli dub letní, které se v Evropě vyskytují v mírném pásmu smíšených listnatých lesů (Eaton a kol. 2016). Nachází se tedy spíše na sušších a teplejších stanovištích do nadmořské výšky 760 m n. m. (Chytrý a kol. 2010). Společně s dubem letním se řadí mezi dominantní stromy s vysokou ekologickou amplitudou a může tak růst na celé řadě půdních typů, ať už se jedná o bohatší vápencové či pískové půdy, ale také kyselé, propustné a kamenité půdy (Eaton a kol. 2016), na kterých si díky rozsáhlé, hluboké kořenové soustavě může zajistit přísun vody z hlubších půd a tím lépe přežít suchá období (Brada a kol. 1993).

3.2. Stavba dřeva

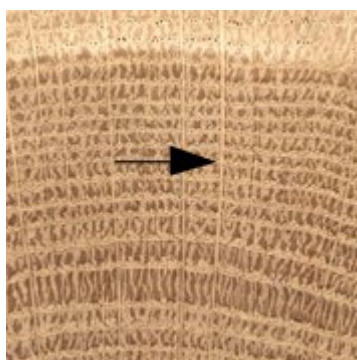
Xylém dubu je tvořený z větší části jádrovou částí hnědého zbarvení, kterou doplňuje relativně úzká běl podobného světlehnědého zbarvení (Lexikon dřevin). Samotné letokruhy jsou tvořené cévami v axiálním směru, které se dělí u listnatých stromů na makrocévy, které jsou viditelné pouhým okem a dosahují velikosti větší než 0,1 mm a mikrocévy, které jsou menší než 0,1 mm (Lexikon dřev). Makrocévy je možné dobře vidět na snímku níže, neboť se při broušení vzorků dostaly do makrocév prachové částičky. Skrz mikroskop bylo možné zaznamenat primárně makrocévy z jarní tvorby dřeva, díky kterým je snadno rozpoznatelná hranice mezi jarním a letním dřevem. Jednotlivé mikrocévy, které byly vytvořené převážně v letní době tvorby dřeva, nejsou na snímku rozpoznatelné.

Obrázek 9: Makrocévy a mikrocévy na příčném řezu analyzovaného vzorku dřeva dubu (vlastní ztvárnění)



Cévy se skládají s cévních článků, buněk, které jsou poskládané nad sebou a navazují na sebe přepážkou. Důležitou součástí dřeva jsou libriformní vlákna, která zastávají mechanickou funkci a tvoří oporu a výplň kmene, která může u listnatých stromů tvořit i více než 50 %. Součástí dřeva dubu jsou i dřevné paprsky tvořené parenchymatickými buňkami, které vedou kolmo na osu kmene od jádra směrem ke kůře, zastávají zásobní funkci a umožňují transport vody či organických látek získaných například z procesu fotosyntézy (Stavba dřeva). Dřevné paprsky listnatých stromů jsou navíc schopné zadržet více zásobních látek nežli dřevné paprsky u jehličnatých stromů.

Obrázek 10: Paprsky na příčném řezu dřeva dubu (Stavba dřeva).



Na ilustračním obrázku je možné vidět hned několik dřevných paprsků vedoucích napříč letokruhy dubu. Na snímku makrocév a mikrocév na příčném řezu je také možné vidět jeden dřevný paprsek, který vede kolmo na analyzované letokruhy.

3.3.Fenologie

Výhodou u růstu dubu oproti jiným dřevinám je, že na začátku vegetační sezóny, ještě než začne rašit, začne s tvorbou nového letokruhu, na který má připravené zásoby z předešlé vegetační sezóny (Puchalka a kol. 2017, Marchand a kol. 2021). Tento rychlý růst je možný díky vytvořeným makrocévám na obrázku x v kapitole „stavba dřeva“. Tím, že se nejdříve dub zaměří na rychlý růst letokruhu a raší později, přibližně na konci dubna, začátku května, má větší šanci se vyhnout jarním mrazíkům, které by mohly rašící listy poškodit (Eaton a kol. 2016).

Naopak fenologie na konci vegetační sezóny je dle některých studií (Archetti a kol. 2013, Xie a kol. 2018) řízena výhradně teplotou. S vyšší minimální říjnovou teplotou se může oddálit konec zbarvování listů a s tím i opadávání stromů (Xie a kol. 2018).

4. Vliv klimatických podmínek na růst dubu letního/zimního

Česká republika se vyskytuje ve vegetačním pásmu opadavých lesů mírného pásu s hlavní vegetační sezónou na jaře a v létě a vegetačním klidem v zimě (Prach a kol. 2009). Přirůstání letokruhů, jeden za každý rok, v průběhu vegetační sezóny závisí na mnoha faktorech, mezi které patří množství živin, slunečního záření a vody. Pro své přežití vedou o tyto tři faktory neustálý boj všechny druhy dřevin. Nedostatek těchto prvků má za následek tvorbu tenkých letokruhů či vyšší mortalitu (Kozłowski 1949).

Duby, stejně jako ostatní duhy dřevin, reagují na vodu i sucho tvorbou širších letokruhů při větší zásobě vody a živin a tvorbou letokruhů tenkých v suchých podmínkách

s nepříznivě vysokou teplotou a nedostatkem vláhy (Čufar a kol. 2008). Pointer years jsou letokruhové signatury zaznamenávající extrémní výkyvy ve tvorbě dřeva v celé sledované oblasti (Kaennel a Schweingruber 1995) způsobené převážně meteorologickými podmínkami jako již zmiňované suché roky (Bréda a Badeau 2008). Mezi tzv. pointer years patří například suché roky 1964, 1976, 1993 a 2003 (Bréda a Badeau 2008). Sucho roku 1993 bylo způsobeno nižšími srážkami a horkým létem předešlé vegetační sezóny, nízkými zimními a jarními srážkami roku 1993 a nadprůměrnou květnovou teplotou v daném vegetačním období (Rybníček a kol. 2015). Naopak mezi roky s nejvyššími přírůstky dřeva se řadí rok 2009 (Rybníček a kol. 2015).

4.1.Sucho

Sucho je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících růst dubu se signifikantní pozitivní korelací koncem jara a přes léto (Sochová a kol. 2024). Index sucha byl hlavním faktorem i při výzkumu na Slovensku, kde byly zjištěny významné pozitivní statistické korelace s říjnovými hodnotami (Prokop a kol. 2016). Sucho je hlavním faktorem také ve studii Friendrichs a kol. (2009), která byla lokalizována v severozápadním Německu. V dané studii byla zjištěna souvislost mezi suchem a růstem letokruhů u všech studovaných druhů stromů a to buku lesního, borovice lesní a dubu zimního. Na rozdíl od buku a borovice, dub snáší období sucha snáze, je v tomto ohledu více rezistentní (Friendrichs a kol. 2009).

Menší ovlivnitelnost dubu suchem může být i dána jeho hlubšími kořeny, díky kterým má možnost čerpat zásoby vody z hlubších vrstev půdy (Scharnweber a kol. 2013) a anizohydricitou, procesem, který dovoluje rostlině zachovat vyšší vodivost průduch a asimilaci CO₂ pro vyšší produktivitu v optimálních či mírně stresových podmínkách na úkor většího výkyvu vodního potenciálu, na rozdíl od izohydrických rostlin, které striktně regulují otevírání průduch a tím i potenciální ztrátu vody (Sade a kol. 2012). Zároveň délka a intenzita suchého období může definovat rychlost obnovení úrovně růstu dřeva, na úroveň jakou měl strom před pozorovanou fází (Bose a kol. 2021). Ze studie Bose a kol. (2021) vychází, že duby lépe kompenzují nárůst dřeva po jarních a letních suchých obdobích předešlé vegetační sezóny, nežli zimní sucha před analyzovanou vegetační sezónou.

Opakovaný nízký přísun ročních srážek má hlavně v suchých oblastech za následek menší sezónní radiální přírůstek dřeva (Bose a kol. 2024). Ačkoli dle studie Gea-Izquierdo a kol. (2020) jsou duby více tolerantní a odolné vůči obdobím sucha ani jim neprospívá nízký přísun srážek. Dle výzkumu Bose a kol. (2024), nedostatek srážek a suchá vegetační sezóna měli v

Evropě větší negativní dopady na růst dubu zimního, pro který celkové zotavení trvalo 1-5 let. Naopak dub letní v následujících 5 letech po suchém období nevykazoval výrazné negativní změny v růstu dřeva a jeho růst se rychleji vrátil do trendu původního růstu před stresovým suchým obdobím (Bose a kol. 2024).

4.2. Teplota a srážky

Výrazný význam na tvorbu letokruhů mají také teplota a množství srážek předešlého roku (Scharnweber a kol. 2011). Teplejší zima s větším množstvím srážek může být často pozitivní predispozicí pro tvorbu letokruhu dané sezóny.

Dub pozitivně reaguje na vyšší srážky, prvně na zimní srážky před vegetační sezónou a sekundárně na jarní srážky v průběhu vegetační sezóny, na rozdíl od buku, pro který jsou více důležité srážky přes celou vegetační sezónu (van der Werf a kol. 2007). Na toto navazuje i výsledek studie van der Werf a kol. (2007), který poukazuje na fakt, že dub roste rychleji na jaře a dříve začne stagnovat v porovnání s bukem, který dokáže využít vlhkost i na konci sezóny pro svůj růst.

Teplejší léta podporují růst dřeva spíše v severní části Evropy (Haneca a kol. 2009), kde jsou chladnější podmínky v porovnání s centrální Evropou. Naopak horká léta jsou nepříznivá pro Středomoří (Haneca a kol. 2009), kde je celoročně méně srážek a převažuje zde nad nimi výpar.

V Evropě, vyjímaje Islandu, se v budoucnu očekává nárůst výskytu suchých období, zejména v jižní části, kde nárůst výskytu sucha může vzrůst až o 50 %, stejně tak na Britských ostrovech či Francii, kde se očekává nárůst přibližně o 40 % (Spinoni a kol. 2018). Zároveň je zde i predikce o zvýšení frekvence výskytu dešťů v oblasti Balkánského poloostrova a tudíž menšího nárůstu suchých období ve zmíněné oblasti (Spinoni a kol. 2018).

Dle studie Bose a kol. (2021) se zájmovým územím v oblasti západní a severní Evropy, je pro dub letní i zimní významnějším faktorem úhrn srážek a vodní bilance nežli teplota daného území. Mezi srážkami mají nejvyšší význam srážky zimy předešlého roku (rok předešlý tvorbě letokruhu), u dubu letního je pozitivní význam 33,3 %, u dubu zimního 34,4 %, naopak teplota má v případě obou druhů pozitivní význam menší 17 % (Bose a kol. 2021). Dále jsou důležité srážky v průběhu vegetační sezóny, ve které se letokruh vytváří (Sochová a kol. 2024).

V Maďarsku byla také jako hlavní faktor ovlivňující růst dubu zimního zjištěna letní dostupnost vody a to na relativně mladých jedincích, ze kterých byla složena krátká chronologie (Móricz a kol. 2021). V tanních lesích, kde převažuje dub letní a zimní se jako významné ukázaly letní

srážky od května do srpna a sekundárně srážky zimní, od listopadu do prosince (Árvai a kol. 2018).

V severní části Východní Evropy je naopak důležitější pozitivní korelace s teplotou v jarním období (Sochová a kol. 2021).

Faktory ovlivňující roční růst letokruhů dubu mohou být i více regionální či lokální a vzniklé letokruhové chronologie mohou ve větším měřítku vykazovat menší shodu. Například chronologie letokruhů dubu sestavená z odběrů na Slovensku má největší shodu s chronologiemi z Moravy v sousední České republice, Rakouska a Ukrajiny. Menší shoda dané chronologie se vyskytuje s chronologiemi letokruhů ze západního Polska a vzdálenějšího Slovinska (Prokop a kol. 2016).

5. Vliv biotických faktorů na růst dubu letního/zimního

Mezi faktory ohrožující zdravý růst stromů, konkrétně dubů, nepatří jen abiotické faktory, ale také biotické faktory v podobě hmyzu, který mohou dubové lesy poškodit. Jedním z parazitů dubu je tesařík dubový (Imrei a kol. 2019).

Dalším parazitem dubů je polník dvojtečný, *Agrilus biguttatus* (Moraal a Achterberg 2001). Tento druh se vyskytuje po celé Evropě, v 80. letech 20. století se polník rozšířil především v Německu, kde napadl primárně slabší jedince dubu a zapříčinil zde nárůst mortality (Moraal a Achterberg 2001).

Předposledním zmíněným parazitem dubu v této práci je bělokaz dubový, *Scolytus intricatus*. Tento brouk neškodí dubům jen vytvářením larvových chodbiček v xylému pod kůrou, ale také přenášením patogenních hub, které následně strom napadají a ničí (Vrkočová a kol. 2000).

Posledním zmíněným parazitem je chroust maďalový. Larvy tohoto parazita se přiživují na kořenech dubu a tím poškozují kořenový systém, což následně vede k defoliaci či zvýšené mortalitě (Švestka 2006). Vývojový cyklus chrousta povětšinou trvá okolo 4 let, může se však urychlit či zpomalit v návaznosti na půdních a klimatických podmínkách (Švestka 2006). Tento parazit preferuje písčité půdy v teplých oblastech a v České republice se začíná rojit v dubnu až na přelomu května, kdy průměrné denní teploty stoupají k 15°C (Švestka 2006). Na Moravě v oblasti Vracova se chroust silně vyrojil také díky svému čtyřletému cyklu v roce 2003 (Švestka 2006) a v roce 2007 (Švestka 2010). V roce 2007 se vyrojilo o polovinu méně parazitů tohoto druhu v porovnání se zaznamenanou populací v roce 2003 (Švestka 2010). Zajímavé je, že ačkoli bylo v minulosti období, kdy byl chroust maďalový rozšířený po celé republice až do poloh 800 m n. m., v druhé polovině 20. století byl pokles populace parazita z důvodu vývoje

technologií v zemědělství tak výrazný, že byl na pokraji vyhynutí, avšak následným šířením a nárůstem populace nejen začátkem 21. století se tato situace bezpečně zažehnala (Švestka 2010).

Škody po parazitech se na stromech a tvorbě dřeva projevují mnoha způsoby. U polníka dvojtečného je snadné nalézt místa s nakladenými larvami, neboť vytvářejí černé skvrny na kůře stromů a larvy samotné vytváření chodbičky v lýku a bělu (Silvarium 2011) a tím narušují růst nových letokruhů. V důsledku narušení kořenové soustavy chroustem maďalovým (Švestka 2006) se vytváří tenké letokruhy s malým obsahem pozdního dřeva (Billamboz 2014) a dochází zde i k defoliaci zapříčiněné dospělými jednicemi zmiňovaného parazita (Švestka 2010).

6. Dlouhé letokruhové chronologie a klimatické rekonstrukce na základě dubu letního a zimního

Aby bylo možné dostat co nejdále do historie, nestačí pro vytváření chronologií jen vzorky z živých stromů, ale je nutné získat letokruhové chronologie ze starých, ať už se jedná o součásti historických budov či jiných konstrukcí nebo subfosilního dřeva a archeologických artefaktů (Kolář a kol. 2012, Prokop a kol. 2016, Haneca 2009).

Jak v Evropě, tak i v České republice, se primárně dendrochronologické datování provádí na dubu (Kolář a kol. 2012), jehož druhy se vyskytují po celé republice s výjimkou horských oblastí (Chytrý a kol. 2010) a Vysočiny, kde je můžeme najít jen zřídka (Chytrý a kol. 2010). Z důvodu vysoké anatomické podobnosti dubu letního a zimního, jsou tyto dva druhy v evropských studiích často brány jako jeden (Sohar a kol. 2014). Výjimkou jsou studie lokalizované v Pobaltí (Sohar 2012, Vitas a Zunde 2007), kde se vyskytuje ze zmiňovaných dubů pouze dub letní, jak je možné vidět na přiloženém obrázku 1 (Ducouso a Bordacs 2003).

Česká dubová chronologie s několika přerušeními sahá až do roku 4682 př. n. l. (Kolář, Kyncl, Rybníček 2012). Při porovnání s chronologiemi jiných evropských států má česká chronologie největší shody s datováními z Německa, východního Rakouska či polskou chronologií lokalizovanou u hranic se Slezskem (Kolář a kol. 2012), což není překvapením, neboť při regionálních studiích klimatických faktorů ovlivňujících růst dubu a jejich chronologiích se často výsledky shodují s dřívějšími studiemi v okolních regionech a státech (Árvai a kol. 2018, Čufar a kol. 2008). Pro rozšíření původní letokruhové chronologie CZGES 2005, která sahala do roku 462 př. n. l., se pro studii Koláře, Kyncla a Rybníčka (2012) získalo přes 500 letokruhových sérií nejen z subfosilních kmenů, dřeva historických konstrukcí a žijících stromů dubu (tvořilo 95,2 % vzorků), ale také ze smrků, javoru nebo jiných druhů stromů (zbylých

4,8 % vzorků), a díky tomu, bylo možné původní chronologii rozšířit až do roku 4682 př. n. l. (Kolář a kol. 2012).

V sousedním Slovensku se díky studii Prokopa a kol. (2016) sestavila dubová chronologie datovaná od roku 967 do roku 2013. Stejně jako v české chronologii, i zde byly použity vzorky z živých stromů či dřevěného materiálu z historických konstrukcí primárně zastoupené dubem letním a dubem zimním, který se vyskytuje napříč celým Slovenskem vyjímaje severní části centrálního Slovenska, kde se nacházejí horské oblasti (Prokop a kol. 2016).

Nejdelší chronologie dubu sahají skoro až na počátek Holocénu do roku 8480 př. n. l. (Haneca a kol. 2009) a to hlavně díky nejdelší chronologii vytvořené v Německu z subfosilních vzorků z dubu v jižním Německu, která se datuje až do již zmiňovaného roku 8480 př. n. l. (Friedrich a kol. 2014). Mezi jedny z nejdelších chronologií se také řadí chronologie ze Severního Irsku, konkrétně z Královské univerzity v Belfastu, která s pomocí od německých kolegů, byla schopna datovat chronologii až do roku 5289 př. n. l. (Brown a kol. 1986).

7. Materiál a metodika

7.1. Studované území

Zájmové území předložené práce se nachází v geomorfologickém podcelku Hřebeny, který je součástí celku Brdská vrchovina, který spadá do Poberounské soustavy nacházející se západně od Prahy, kde hraničí s Benešovskou pahorkatinou sousední Česko-moravské soustavy (Bína a Demek 2012). Jedná se o protáhlý hřbet vybíhající z Brdské vrchoviny směrem na SV, který tvoří strmé svahy se středním sklonem $7^{\circ}01'$ (Bína a Demek 2012). Střední výška podcelku Hřebeny je 440 m n. m. a nejvýše položené místo je Studený vrch s 660 m n. m. (Bína a Demek 2012).

Samotné odběrovém místo vzorků se nachází na kambizemi dystrické (Půdní mapa 1 : 50 000) a vyskytují se zde sedimenty z období svrchního ordoviku v podobě pískovců, prachovců, jílovitých břidlic a droby (Geologická mapa 1 : 50 000). V blízkém okolí je pak možné najít další subtypy kambizemě se sedimenty křemenného pískovce nebo slepence též z období ordoviku a kamenitý až hlinito-kamenitý sediment vyskytující se v glejových či pseudoglejových typech půd v korytech nedalekých toků (Geologická mapa 1 : 50 000, Půdní mapa 1 : 50 000).

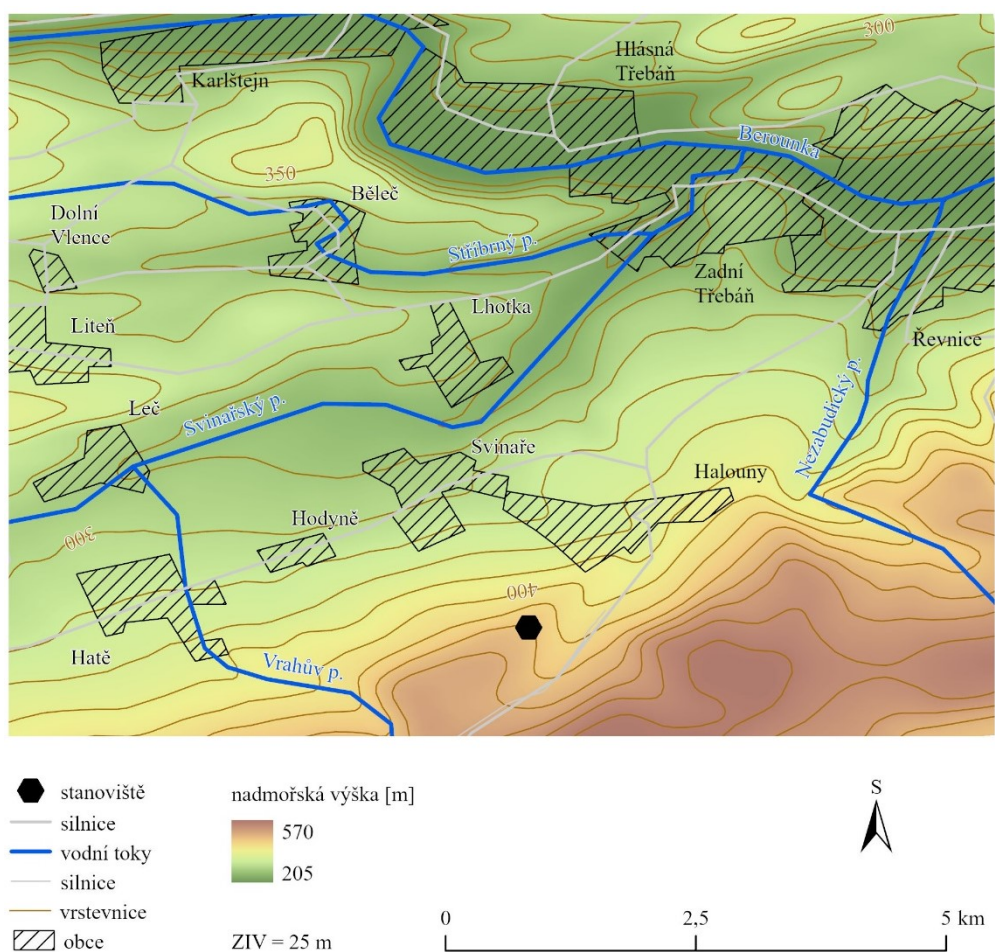
Území spadá do klimatické oblasti MT7, mírně teplá oblast, kde jara a léta jsou mírné s mírnými suchy, s průměrnými srážkami 400-450 mm ve vegetačním období (Quitt 1971). Tako

klimatická oblast se dále vyskytuje v oblasti Českomoravské vrchoviny a dalších podhůří českých pohoří (Quitt 1971).

7.2. Odběr vzorků

Vzorky dubu zimního byly odebrány 5. 2. 2024 jihovýchodně od obce Svinaře (49°52.648'N, 014°11.781'E). Vzorky byly odebírány primárně z dominantních stromů, které neměly vnější známky poškození jako ulomený vrchol nebo jiné poškození. Z každého stromu byl odebrán jeden vzorek (vývrt) za pomoci Presslerova vrtáku nasazeného na vrtačku v typické výšce 130 cm od paty kmene. Vzorků bylo celkem vyvrtáno 22. Vzorky byly odebrány na rovném terénu, v případě mírného sklonu byl strom navrtán po vrstevnici, aby se zabránilo zkreslení výsledků v důsledku excentrického dřeva. U každého stromu, ze kterého byl odebrán vzorek, byl změřen obvod a výška. Průměrná výčetní tloušťka byla 44,15 cm, přičemž nejmenší průměr byl naměřen 37 cm a největší průměr 55,1 cm. Průměrná výška odběrových stromů byla 19 m.

Obrázek 11: Odběrové území (vlastní ztvárnění)



Stanoviště pro odběr vzorků se nachází podél lesní cesty vedoucí od penzionu Rochota do nedaleké obce Halouny v nadmořské výšce 450 m na rovinatém terénu se sklonem do 2°. Jihozápadním směrem od odběrového místa byl otevřený prostor, palouk, který dával prostor pro proniknutí většího množství slunečního záření do nižších patrech porostu.

7.3. Zpracování vzorků

Vzorky byly ponechány po dobu dvou týdnů v papírových deskách v laboratoři, kde vzorky vyschly a následně byly nalepeny na dřevěné lišty. Dále byly vzorky zbrušeny, aby zde byl vidět příčný řez. Pro broušení se použil brusný papír o hrubosti 240 a 300, a na úplné dohlazení 600 zrn na mm². Následně byly vzorky naskenovány do počítače a v programu WinDendro (Regent Instruments 2021) byla poloautomaticky analyzována šířka letokruhů každého vzorku. Dalším krokem bylo křížové datování v programu Past5, které bylo provedeno vizuálně s pomocí statistických indexů (souběžnost, t-test) a datováno s pomocí nejbližše lokalizovaných chronologií v databázi TreeDataClim z Českého krasu a Křivoklátska. Křížové datování je základní metoda používaná v dendrochronologii. Jedná se o porovnávání letokruhových chronologií s jinými již vytvořenými chronologiemi, na jejichž základě je možné chronologie správně datovat (Honey 1922). Tato metoda je užitečná například při datování archeologických vzorků, které zaznamenaly jen určitý počet letokruhů v historii, a které je možné porovnat s již vzniklou chronologií, u které přesně víme léta vytváření letokruhů. Z porovnání je poté možné zjistit, do jakého období, či konkrétních let je možné archeologický nález zařadit. Posledním programem, který byl použit pro zpracování a následnou analýzu dat, byl program RStudio. Do programu byly importovány série pro všech 22 vzorků. Aby bylo docíleno relevantních výsledků, je nutné, aby byly série detrendované. Detrendování letokruhových sérií je v dendrochronologii významným faktorem. V prvních letech růstu strom vytváří silnější letokruhy, neboť má menší obvod, ve kterém by měl nový letokruh vzniknout. Čím je strom starší a letokruhy přibývají, nové dřevo se musí formovat podél většího obvodu stromu, a tudíž bude užší nežli v prvních letech růstu i bez ohledu na klimatické podmínky. Z tohoto důvodu je důležité detrendovat letokruhovou sérii, aby výsledek nebyl zkreslený tloušťkou prvních letokruhů stromu. Pro tento proces byla použita funkce *spline*. Pro funkci *spline* bylo použito okno 60 let, které zachovává variabilitu způsobenou klimatickými a jinými faktory a odstraňuje růstový trend ovlivněný mládím či stářím stromu. Výsledné hodnoty vykazují oscilace kolem hodnoty 1. Následně byla sestavena společná chronologie všech již detrendovaných sérií.

Dalším krokem byla korelace chronologie s klimatickými parametry, SPEI – Standardizovaný srážkový evapotranspirační index, který měří vlhkostní podmínky, srážkami a teplotou. Pro tuto práci byla použita již zpracovaná klimatická data s průměrnými měsíčními hodnotami. Korelační koeficienty chronologií byly analyzovány s měsíčními průměry za aktuální i předešlý rok, konkrétně od června předešlého roku po srpen aktuálního roku. Základní korelace byla vypočítána pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Pro klouzavé korelace bylo použito „moving window“ o délce 35 let a posunu vždy o 1 rok.

Vypočítána byla také hodnota R_{bar} – korelační koeficient, který vypočítává průměrnou párovou korelaci všech použitých sérií a říká, zdali jsou si série navzájem podobné či nikoliv (Cook a kol. 2000).

Dále byla spočítána hodnota EPS – Expressed Population Signal, hodnota, která vypovídá o kvalitě chronologie. Obecně se používá jako zlomová hranice hodnota 0,85, pokud je hodnota nižší, chronologie může být více ovlivňována variabilitou jednotlivých sérií nežli signálem celého stanoviště (Speer 2010).

$$EPS_t = \frac{t * r_{bt}}{t * r_{bt} + (1 - r_{bt})} \quad (\text{Speer 2010})$$

Vzoreček kde t je průměrný počet sérií a r_{bt} je průměr mezisériová korelace (Speer 2010).

Pomocí funkce *pointer years* byly zjištěny významné roky pro každou sérii a následně byly zobrazeny v tabulce s hodnotami zobrazující informaci o intenzitě významného roku. Tabulka byla následně použita pro lepší pochopení intenzity konkrétních pointer years. Po analýzu bylo použito okno 11 let, které každý rok porovnávalo s průměrem 5 let pře a 5 let po. Dále bylo pro výpočet použito z-skóre.

„Resistance $R_t = Dr/PreDr$

Resilience $R_s = PostDr/PreDr$ “ (Loret a kol. 2011)

Loret a kol. (2011) uvádí vzorečky výpočtů pro resistenci, která se vypočítá jako poměr růstu stromů ve významném roce (Dr) k průměrnému růstu předchozího období ($PreDr$) a resilienci, která hodnotí poměr růstu po významném roce ($PostDr$) k poměru růstu před významným rokem ($PreDr$).

Pro vybrané pointer years byla zjištěna resistance, která se pro účely této práce počítala se čtyřmi předchozími roky, a resilience, která říká, jak dobře se strom zotavuje po extrémním roku, kdy se zde počítalo se čtyřmi předchozími a čtyřmi následujícími roky.

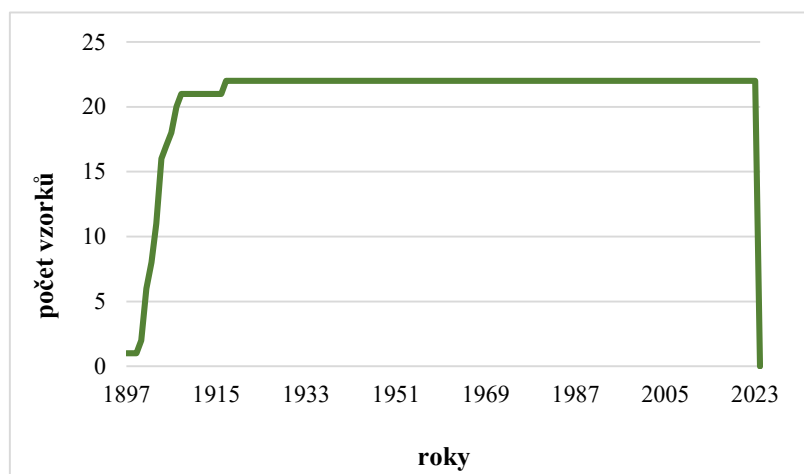
Při datování jednotlivých vzorků se nevyskytl žádný, který by se svou chronologií výrazně lišil od ostatních vzorků.

8. Výsledky

Jak je již zmíněno výše v předložené práci, počet odebraných vzorků byl 22 a všechny tyto vzorky, jejich série a společná chronologie byly následně použity do dendroklimatické analýzy.

Z výsledné chronologie bylo zjištěno, že nejdelší získaná letokruhová chronologie sahá do roku 1897 a letokruhy všech 22 vzorků sahají minimálně do roku 1917. Jak je možné vidět v níže přiloženém grafu (obr. X), od tohoto roku až do roku 2023 je chronologie tvořena plným počtem vzorků.

Obrázek 12: Počet vzorků v chronologii v jednotlivých kalendářních letech



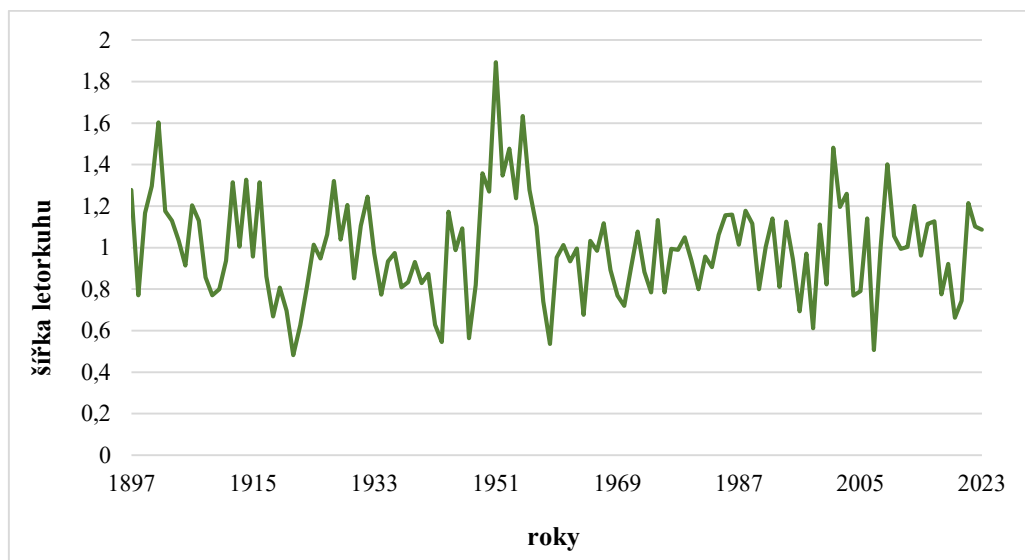
8.1. Statistické výsledky

Průměrná délka série byla vypočítána na 120 let. Průměrná senzitivita, která hodnotí meziroční variabilitu v přírůstku letokruhu a hodnotově se pohybuje mezi 0 a 1, byla vypočítána na 0,26, což vypovídá o lehké roční variabilitě v růstu stromů, neboť za ideální hodnotu se v tomto případě uvádí 0,2 (Speer 2010).

Již výše zmíněný Rbar dosáhl hodnoty 0,43, což vykazuje silný společný signál na odběrovém stanovišti a potvrzuje, že stromy, ze kterých byly vzorky odebrané, s velkou pravděpodobností reagují velmi podobně na klimatické faktory, jako jsou srážky nebo jejich nedostatek.

Hodnota EPS, spočítaná pomocí Rbar hodnoty vážené počtem vzorků, vyšla 0,94. Přesáhla tedy hraniční hodnotu 0,85 a je možné říci, že růstový signál odběrového stanoviště je velmi silný a chronologie by tak mohla být použita pro reprezentaci růstu stromů v dané oblasti.

Obrázek 13: Graf letokruhové chronologie



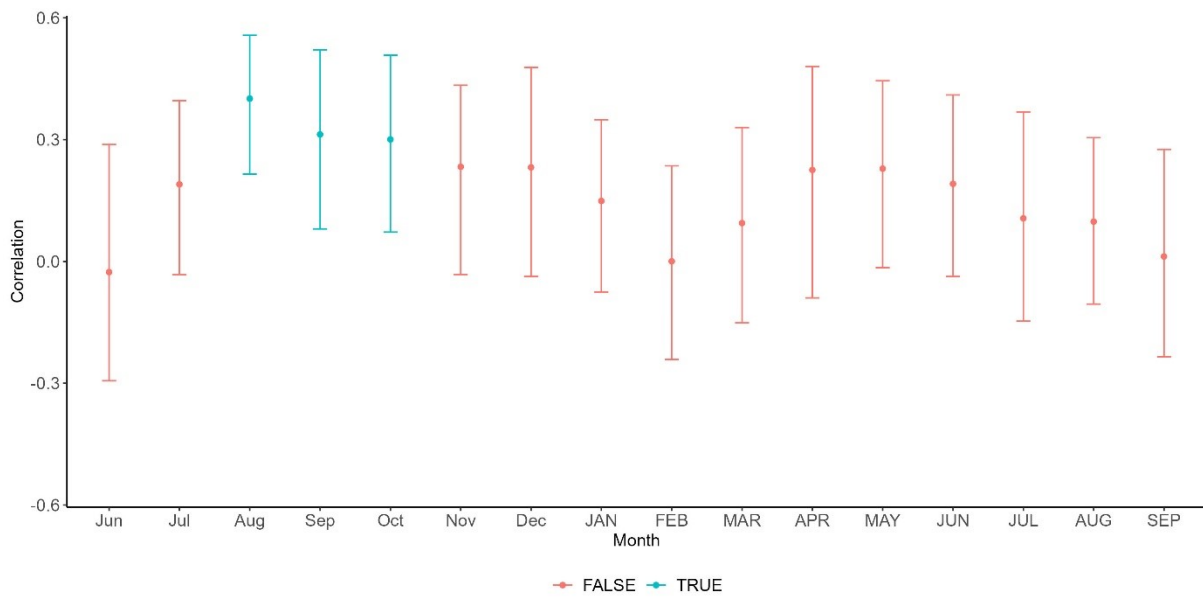
Výsledná chronologie zobrazená v grafu (obr. 13) zobrazuje šířku letokruhů a jejich výkyvy v průběhu růstu. Jsou zde zřejmé také pointer years, pozitivní je například rok 1901 a 1951, mezi negativní pointer years byly zařazeny roky 1921 a 2007.

8.2. Korelace chronologií s klimatickými faktory ovlivňující radiální růst dřeva

Výsledná sloučená chronologie byla korelována s měsíčními daty srážek, teplot a indexem sucha SPEI.

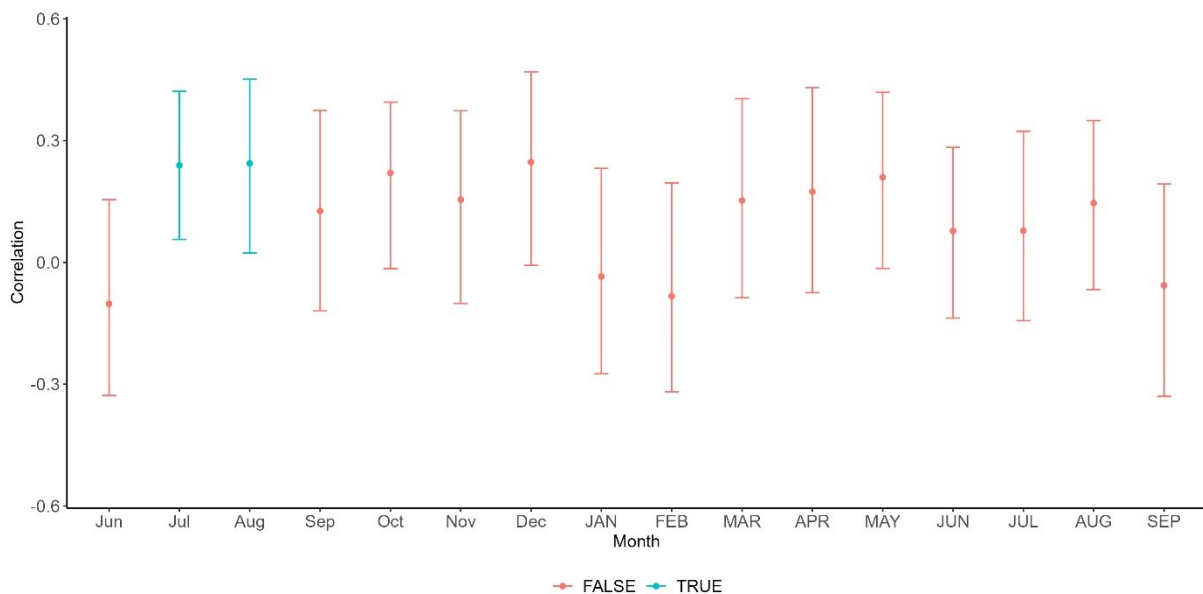
V následujících grafech (obr. 14, obr. 15, obr. 16) jsou zobrazeny signifikantní (TRUE – modrá barva), nesignifikantní (FALSE – červená barva), pozitivní (hodnota vyšší než 0) a negativní (hodnota nižší než 0) korelace použitých klimatických dat.

Obrázek 14: Korelace chronologií se SPEI



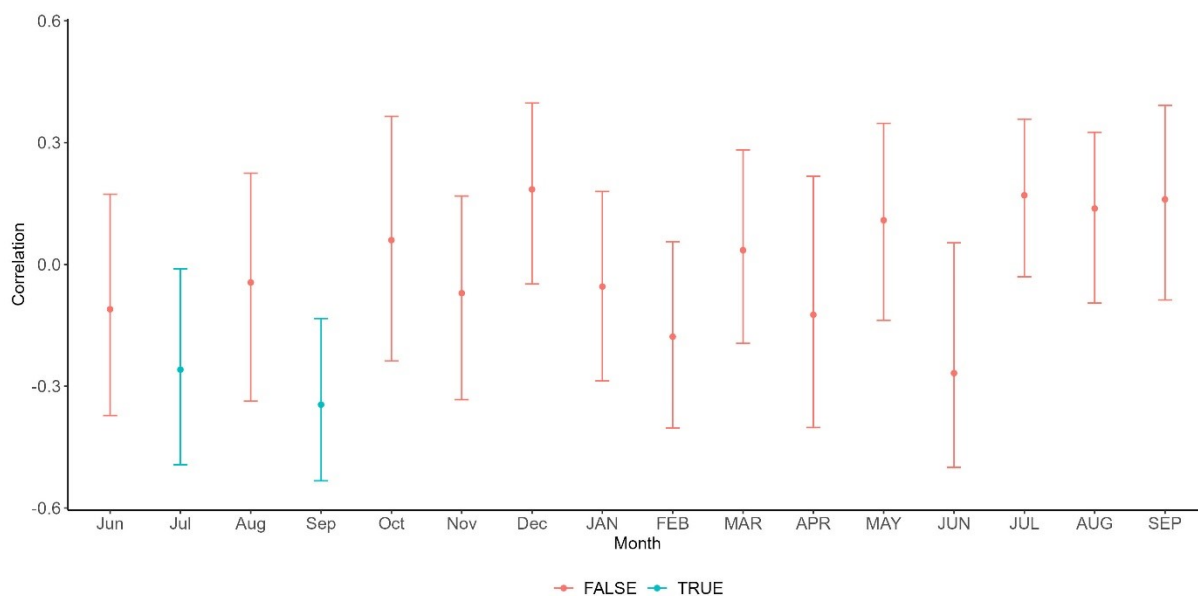
Prvním klimatickým faktorem je SPEI. Jak je zobrazeno v grafu, sucho předchozího vegetačního období, konkrétně měsíců srpna, září a října má signifikantní pozitivní korelaci s růstem letokruhu (obr. 14). Kladné hodnoty zobrazují vlhčí období a s tím i dostatek srážek, které jsou základem pro růst stromů, v tomto případě dubu. Z grafu je tedy zřejmé, že kladné hodnoty SPEI předešlého roku měli větší pozitivní vliv na růst letokruhů, nežli zjištěné SPEI na jaře dané vegetační sezóny.

Obrázek 15: Korelace chronologií se srážkami



Druhým klimatickým faktorem jsou srážky. Dle grafu je zřejmé, že hlavní srážky, které podporují růst letokruhů, jsou srážky od léta do zimy předchozí vegetační sezóny (obr. 15). Signifikantní pozitivní korelace je zobrazena v červenci a srpnu předchozího roku. Důležité jsou také srážky posledního vegetačního období, jsou však nesignifikantní pozitivní. Je tak dáno u jarních měsíců března, dubnu a květnu.

Obrázek 16: Korelace chronologií s teplotou



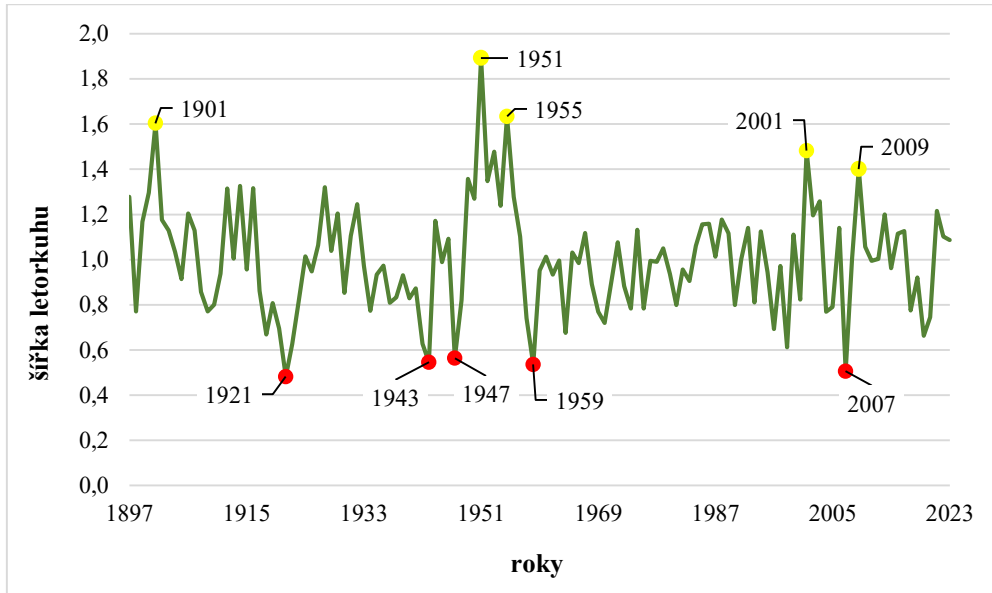
Třetí a posledním korelovaným klimatickým faktorem je průměrná měsíční teplota. V grafu (obr. 16) vykazují signifikantní negativní korelace v období července a září. To indikuje, že zvýšená teplota v těchto měsících silně negativně ovlivňuje růst nového dřeva. Naopak pozitivní vliv mají zimní teploty předešlého roku a letní teploty daného roku.

Z korelací je zřejmé, že nejvíce ovlivňují růst letokruhů dubu klimatické podmínky předešlého roku, což je možné vidět signifikantních pozitivních a negativních korelacích v přiložených grafech (obr. 14, obr. 15, obr. 16).

Nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím růst dubu zimního jsou srážky, i z důvodu, že voda patří mezi hlavní faktory, které zajišťují růst stromu. Radiální růst dřeva je na množství srážek a jejich rozložení během roku závislý. V případě nedostatku srážek a s tím spojený záporný index SPEI dochází k extrémním suchým rokům, které jsou popsány v navazující kapitole pointer years. Důležitým faktorem je také teplota, která ovlivňuje i období začátku vegetační sezóny. Dub na začátku vegetační sezóny preferuje rychlý růst a až poté růst listů (Eaton a kol. 2016), což podporují nejen nastrádané zásoby z předešlého roku, ale také kladné jarní srážky.

8.3.Pointer years

Obrázek 17: Graf letokruhové chronologie s vyznačenými pozitivními (žlutá) a negativními (červená) pointer years



Obrázek 18: Tabulka hlavních pozitivních a negativních pointer years

pozitivní pointer year		negativní pointer year	
rok	hodnota	rok	hodnota
1901	1,60	1921	0,48
1951	1,89	1943	0,55
1955	1,63	1947	0,56
2001	1,48	1959	0,54
2009	1,40	2007	0,51

Pro zobrazení pointer years byla použita funkce *pointer years*. Ve výsledné tabulce byly zjištěny roky s nižšími a vyššími přírůstky dřeva. Jak je zobrazeno v grafu výše (obr. 17), hlavními pozitivními pointer years jsou roky 1901, 1951, 1955, 2001 a 2009. Všechny tyto roky vykazují hodnoty vyšší než 1,4, což je zřejmé i z přiložené tabulky (obr. 18). Rok 1901, který patří mezi první měřené v této práci, má třetí nejvyšší naměřenou hodnotu a to 1,6.

Největší radiální přírůstek byl v analyzované chronologii zaznamenán v roce 1951. Významné je celé období trvající od roku 1950 do roku 1956, kdy každý rok přírůstek letokruhu dosáhl hodnoty vyšší 1,2, v případě roku 1951 dosáhla růst hodnoty až 1,89.

Roku 2001 dosáhla šířka letokruhu hodnoty 1,5. Pro růst letokruhu v tomto roce byly důležité průměrné měsíční zimní teploty roku předešlého, které se držely v kladných hodnotách. Srážky

v průběhu vegetační sezóny roku 2001 byly po většinu měsíců nadprůměrné, což nejspíš kompenzovalo spíše podprůměrné srážky předešlé vegetační sezóny. V tomto případě se tedy jedná o výjimku, oproti jiným letům a výše zobrazené korelaci chronologií a srážek.

Rok 2009 navazuje na pozitivní resilienci dubu v návaznosti na rok 2007, kdy v nadcházejícím období duby rostly o 10 % lépe nežli před slabým letokruhem roku 2007. Nadprůměrný přírůstek roku 2009 byl ovlivněn srážkami předešlého roku i dané vegetační sezóny, která zaznamenala nadprůměrné srážky v květnu, červnu a červenci. S tím je i spojené pozitivní SPEI těchto měsíců a vysoká průměrná teplota v dubnu daného roku.

Druhým extrémem jsou letokruhové signatury s neobvykle nízkým radiálním přírůstkem dřeva. Nejextrémnějšími roky 1921, 1943, 1947, 1959 a rok 2007. Nejnižší radiální přírůstek byl zaznamenán v roce 1955, kdy hodnota klesla na 0,56 a vytvořila tak velmi úzký letokruh.

Rok 1959 vykazoval negativní hodnoty přírůstku na 19 z 22 odebraných vzorků. Hodnota šířky letokruhu klesla v tomto roce na hodnotu 0,54, což je skoro polovina ideálního průměru.

Mimořádně zajímavý je v této práci rok 2007, který byl v analýze dat vyhodnocen, jako extrémně suchý rok s nízkým přírůstkem dřeva, avšak ve studiích zmíněných v této práci se nevyskytuje. V provedené analýze byly u 21 vzorků zjištěny silně negativní hodnoty vypovídající o neobvykle nízkém přírůstkem dřeva v dané vegetační sezóně. V porovnání s výše zmíněnými negativními pointer years, rok 1976, který je označován za extrémně suchý (Bréda a Badeau 2008) měl negativní hodnoty pouze u osmi vzorků z celkových 22. Od března do června roku 2007 byly zjištěny negativní hodnoty SPEI, které informují i suchém období a nedostatku vody, v případě měsíců dubna a května se jedná o extrémní sucho, kdy hodnoty SPEI klesly pod -2, což vykazuje silný nedostatek vody. S tím jsou spojené i srážky od března do května, které byly silně podprůměrné, zejména v dubnu, kdy napršelo pouze 2,1 mm srážek. Tato hodnota byla nejnižší průměrný dubnový úhrn srážek za celé období, ze kterého byla použita klimatická data.

Pro lepší pochopení výkyvu radiálního růstu v roce 2007 byly data porovnána s daty z projektu Treedataclim vedeného Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy. Zmiňovaný projekt se zaměřuje na současnou i budoucí odezvu vícero lesních dřevin v důsledku klimatické změny (Treedataclim 2025). Z dat projektu Treedataclim (Treedataclim 2025) je zřejmé, že se v roce 2007 snížení růstu dubu letního a zimního nejvíce projevilo v oblasti jižní Moravy, jižních Čech, kde došlo s extrémnímu snížení nárůstu a v oblasti Brdské vrchoviny a jejího okolí, kde proběhl odběr vzorků v rámci této bakalářské práce.

Pro rok 2007 byl spočítán index resistance a resilience. Index resistance nabył hodnoty 0,51, což značí snížení radiálního růstu na polovinu ve srovnání s normální úrovní růstu ve čtyřech předchozích letech. V tento rok měl tedy nízkou resistenci. Naopak hodnota resilience je pozitivní, vyšla 1,1, což je možné interpretovat jako rychlý návrat k původnímu trendu růst dřeva, dokonce duby rostly o 10 % lépe než před významným suchým rokem 2007 a vykazují tak dobrou regenerační schopnost. Důkazem rychlé regenerace je i výše zmíněný a komentovaný rok 2009.

9. Diskuze

9.1. Korelace s klimatickými faktory

Ve studiích zaměřených na datování se nejčastěji chronologie porovnávají s klimatickými faktory, jako jsou srážky, teplota a SPEI nebo PDSI. Z těchto výzkumů vyplývá, že největší vliv na růst stromů má sucho a s ním spojené množství srážek, jejich dostatek a nedostatek a vodní bilance (Bose a kol. 2021, Móričz a kol. 2021) Dle studie Móričz a kol. (2021) jsou důležitým faktorem srážky aktuální sezóny. Zde bylo zjištěno, že nejdůležitější srážky pro růst dubu jsou srážky z léta předchozího roku. V tomto se výsledky analýzy od výsledků odborných studií liší.

9.2. Významné roky

V přeložené práci bylo vyhodnoceno několik významných roků, pozitivních i negativních.

Studie Brázdil a kol. (2009) poukazuje na dlouhodobý trend zvyšování teploty, ubývání srážek a s tím spojený nárůst intenzity a délky suchých období. Ke stejnému názoru došla i studie Trnka a kol. (2008) zabývající se také změnami v půdní vlhkosti mezi lety 1881-2005. Obě tyto studie poukazují na suchá období na konci 40. let, které se nejvíce projevilo v roce 1947 (Brázdil a kol. 2009, Trnka a kol. 2008). Tento suchý rok se projevil také v analýze této práce a patří mezi hlavních 5 zjištěných negativních pointer years v období 1897-2023. Nejextrémnější sucho zjištěno mezi lety 1881-2005 bylo v první polovině 90. let (Trnka a kol. 2008). Zmíněné suchá perioda v této bakalářské práci neprojevila, analýza ukázala pouze reakci letokruhů na sušší období v druhé polovině 90. let (obr. 17.).

Trnka a kol. (2016) ve své studii zmiňuje další negativní významné roky, mezi které patří rok 1976, 2003 a 2007. Ačkoliv se ve více studiích (Becker & Levy, 1982, Brázdil a kol. 2009, Bréda a Badeau 2008, Higgs a Wood 1995, Trnka a kol. 2016) mluví o roku 1976 jako o roku s extrémním suchem, v této práci se jako výrazný pointer year neprojevuje. Tedy v porovnání

s jinými studii bylo zjištěno, že lokalita, na které byly vzorky dubu zimního odebrány pro tuto práci, neutrpěla takové škody v roce 1976, jako jiné oblasti. Shodný je naopak rok 2007, který je zde zahrnut mezi období suchých epizod (Trnka a kol. 2016).

Zajímavým je i rok 2003, který měl v pozitivní radiální přírůstek. Ve studiích zabývajících se parazitem chroustem maďalový je rok 2003 zmiňovaný jako rok vyrojení chrousta v jeho čtyřletém cyklu (Švestka 2006, Švestka 2010). Jarní a letní teploty v roce 2003 byly lehce nadprůměrné, což přispívá k rojení a šíření tohoto parazita. V porovnání s výsledky bakalářské práce je možné prohlásit, že zájmové území a dost pravděpodobně i jeho blízké okolí se tomuto parazitnímu nájezdu vyhnulo. V roce 2007, kdy proběhl další nárůst zmiňovaného parazita (Švestka 2010) zájmové území a okolní les s největší pravděpodobností také nebyl postihnut, neboť při odběru a zpracování vzorků nebyla zjištěna žádná viditelná poškození na kůře stromů ani ve vzorcích samotných.

Studie Rybníčka a kol. (2015) lokalizovaná v oblasti Českého krasu se zabývala vlivem klimatických faktorů na růst dubu a hledá odpověď mimo jiné na otázku, zdali se v posledních desetiletích změnily klimatické parametry. Při vyhodnocování hodnoty EPS, na čtyřech zájmových územích, neklesl výsledek pod 0,85, což jak je zmíněno výše v text, hodnotí získaná data jako kvalitní a ovlivněná společným signálem území, dokonce jedno stanoviště vykazovalo EPS hodnotu 0,93, což je v podstatě stejná hodnota, která vyšla v této práci (Rybníček a kol. 2015). Stejně jako v této analýze i Rybníček a kol. (2015) zdůraznily důležitost měsíčních srážek z předešlého roku a jarní srážky aktuální sezóny. Negativní vliv na růst stromů mají průměrné letní teploty předchozího roku (Rybníček a kol. (2015), přičemž podobný trend se projevil i v této práci.

10. Závěr

Cílem předložené bakalářské práce bylo vytvořit letokruhovou chronologii dubu zimního (*Quercus petraea*) a popsat klimatické faktory ovlivňující jeho růst ve vybraném zájmovém území v oblasti Brdské vrchoviny. Na základě analýzy odebraných vzorků a následné statistické analýzy získaných dat, bylo zjištěno, že růst dubu zimního pozitivně ovlivňují červencové a srpnové srážky předešlého roku. S tím je i spojena závislost radiálního růstu dřeva na indexu SPEI, který hodnotí vlhkostní podmínky založené na srážkách a potenciální evapotranspiraci, který v analýze vyhodnotil signifikantní pozitivní korelace v letních měsících předešlého roku. Negativní dopad na růst letokruhů byl zjištěn ve spojitosti s vyššími teplotami v červenci a září v průběhu vegetačního období předešlého roku.

Důležitou součástí této práce byla identifikace významných roků, které se sezónním přírůstkem dřeva výrazně lišili od průměru, ať už pozitivně či negativně. Vyhodnoceno bylo 5 nejvýznamnějších pozitivních a 5 negativních pointer years. Největší roční přírůstek byl zaznamenán v roce 1951. Mezi pozitivní významné roky byl zařazen také rok 2001 a rok 2009. Nejextrémnějším negativním významným rokem byl zjištěn rok 1901, který klesl na méně než polovinu průměrného růstu ve srovnání s vypočítaným průměrným radiálním růstem. Více analyzovaný byl již zmíněný rok 2007, který zaznamenal záporné hodnoty v růstu dřeva na 21 z 22 analyzovaných vzorků.

Vysoká hodnota R_{bar} (0,43) vypovídá o dobré vzájemné shodě v růstovém trendu letokruhů. Hodnota EPS, která byla naměřena na 0,94, poukazuje na velmi dobrou kvalitu chronologie, která zobrazuje signál celého stanoviště a není ovlivňována variabilitou jednotlivých sérií.

Výsledky studie poukazují na důležitost klimatických faktorů ve spojitosti s růstem dubu zimního ve středních Čechách. Konkrétně analýza zjistila silnou spojitost růstu letokruhů s hodnotami klimatických faktorů předchozího roku.

11. Literatura

ARCHETTI, M., RICHARDSON, A. D., O'KEEFE, J., DELPIERRE, N. (2013): Predicting Climate Change Impacts on the Amount and Duration of Autumn Colors in a New England Forest. PLoS ONE 8(3): e57373.

ÁRVAI, M., MORGÓS, A., KERN, Z. (2018): Growth-climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) tree-ring chronology in Eastern Hungary. iForest - Biogeosciences and Forestry, 11(2), 267-274.

BÍNA, J., DEMEK, J. (2012): Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky. Academia, Praha.

BRADLEAY, R. S. (1999): Paleoclimatology: reconstructing climates of the quaternary (1999). 2nd, ed. San Diego, CA: Academic Press.

BREDA, N., COCHARD, C., DREYER, E., GRANIER. (1993): Water transfer in a mature oak stand (*Quercus petraea*): Seasonal evolution and effects of a severe drought. Canadian Journal of Forest Research, 23(6), 1136-1143.

BECKER, M., LEVY, G. (1982): Ecological Causes of Oak Decline in the Tronçais Forest, France, INRAE - Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. France.

BERNARD, V., MARGUERIE, D., RENAUDIN, S. (2006): Evidence of trimmed oaks (*Quercus* sp.) in north western France during the early middle ages. Charcoal analysis: new analytical tools and methods for archaeology. BAR Int Ser, 1483, 103-108.

BILLAMBOZ, A. (2014): Dendroarchaeology and cockchafers north of the Alps: Regional patterns of a middle frequency signal in oak tree-ring series. The Journal of Human Palaeoecology, 19(2), 114-123.

BOSE, A. K., DOLEŽAL, J., SCHERRER, D., ALTMAN, J., ZICHE, D., MARTÍNEZ-SANCHO, E., BIGLER, CH., BOLTE, A., COLANGELO, M., DORADO-LIÑÁN, I., DROBYSHEV, I., ETZOLD, S., FONTI, P., GESSLER, A., KOLÁŘ, T., KOŇASOVÁ, E., ALEKSADROVICH KORZNIKOV, K., LEBOURGEOIS, F., BORJA, M. E. L., MENZEL, A., NEUWIRTH, B., NICOLAS, M., MIKHAYLOVICH OMELKO, A., PEDERSON, N., PETRITAN, A. M., RIGLING, A., RYBNÍČEK, M., SCHARNWEBER, T., SCHRÖDER, J.,

SILLA, F., SOCHOVÁ, I., SOHAR, K., UKHVATKINA, O. N., STEPANOVA VOZMISHCHEVA, A., ZWEIFEL, R., CAMARERO, J. J. (2024): Revealing legacy effects of extreme droughts on tree growth of oaks across the Northern Hemisphere. *Science of The Total Environment*, 926, 172049.

BOSE, A. K., SCHERRER, D., CAMARERO, J. J., ZICHE, D., BABST, F., BIGLER, CH., BOLTE, A., DORADO-LIÑÁN, I., ETZOLD, S., FONTI, P., FORRESTER, D. I., GAVINET, J., GAZOL, A., GONZÁLES DE ANDRÉS, E., KARGER, D. N., LEBOURGEOIS, F., LÉVESQUE, M., MARTÍNEZ-SANCHO, E., MENZEL, A., NEUWIRTH, B., RIGLING, A. (2021): Climate sensitivity and drought seasonality determine post-drought growth recovery of *Quercus petraea* and *Quercus robur* in Europe. *Science of The Total Environment*, 784, 147222.

BRÁZDIL, R., TRNKA, M., DOBROVOLNÝ, P., CHROMÁ, K., HLAVINKA, P., ŽALUD, Z. (2009): Variability of droughts in the Czech Republic, 1881–2006. *Theoretical and Applied Climatology*, 97, 297-315.

BREWER, S., CHEDDADI, R., BEAULIEU, J. L., REILLE, M. (2002): The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. *Forest Ecology and Management*, 156, 27–48.

BRÉDA, N., BADEAU, V. (2008): Forest tree responses to extreme drought and some biotic events: Towards a selection according to hazard tolerance?. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(9-10), 651-662.

BRÉDA, N., COCHARD, H., DREYER, E., GRANIER, A. (1993): Water transfer in a mature oak stand (*Quercus petraea*): Seasonal evolution and effects of a severe drought. *Canadian Journal of Forest Research*, 23(6), 1136-1143.

BROWN, D. M., MUNRO, M. A. R., BAILLIE, M. G. L., PILCHER, J. R. (1986): Dendrochronology – the absolute Irish standard. *Radiocarbon*, 28(2A), 279-283.

COOK, E. R., BUCKLEY, B. M., D'ARRIGO, R. D., PETERSON, M. J. (200): Warm-season temperatures since 1600 B.C. reconstructed from Tasmanian tree rings and their relationship to largescale sea surface temperature anomalies. *Climate Dynamics*, 16(2/3): 79–91.

ČUFAR, K., DE LUIS, M., ECKSTEIN, D., KAJFEŽ-BOGATAJ, L. (2008): Reconstructing dry and wet summers in SE Slovenia from oak tree-ring series. *International Journal of Biometeorology*, 52, 607-615.

- ČUFAR, K., DE LUIS, M., ZUPANČIČ, M., ECKSTEIN, D. (2008): A 548-Year Tree-Ring Chronology of Oak (*Quercus* spp.) for Southeast Slovenia and its Significance as a Dating Tool and Climate Archive. *Tree-Ring Research* 64(1), 3-15.
- ČUFAR, K., TEGEL, W., MERELA, M., KROMER, B., VELUŠČEK, A. (2015): Eneolithic pile dwellings south of the Alps precisely dated with tree-ring chronologies from the north. *Dendrochronologia*, 35, 91-98.
- DIERS, M., WEIGEL, R., LEUSCHNER, CH. (2022): Both climate sensitivity and growth trend of European beech decrease in the North German Lowlands, while Scots pine still thrives, despite growing sensitivity. *Trees: Structure and Function*, 37, 523–543.
- DUCOUSSO, A., BORDACS, S. (2003): EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for: Pedunculate and Sessile Oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*). Euforgen, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 s.
- EATON, E., CAUDULLO, G., OLIVEIRA, S., DE RIGO, D. (2016): *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species, European Atlas of Forest Tree Species, Luxembourg, pp. e01c6Df.
- EKHOLM, A., TACK, A. J. M., BOLMGREN, K., ROSLIN, T. (2019): The forgotten season: the impact of autumn phenology on a specialist insect herbivore community on oak. *Ecological Entomology*, 44(3), 425-435.
- EPRON, D., DREYER, E. (1993): Long-term effects of drought on photosynthesis of adult oak trees [*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.] in a natural stand. *New Phytologist*, 125, 381-389.
- FRIEDRICH, D. A., BÜNTGEN, U., FRANK, D. C., ESPER, J., NEUWIRTH, B., LÖFFLER, J. (2009): Complex climate controls on 20th century oak growth in Central-West Germany. *Tree Physiology*, 29(1), 39-51.
- FRIEDRICH, D. A., TROUET, V., BÜNTGEN, U., FRANK, D. C., ESPER, J., NEUWIRTH, B., LÖFFLER, J. (2009): Species-specific climate sensitivity of tree growth in Central-West Germany. *Trees*, 23, 729-739.
- FRIDERICH, M., REMMELE, S., KROMER, B., HORMANN, J., SPURK, M., FELIX, K. K., ORCEL, C., KÜPPERS, M. (2004): The 12.460 year Hohenheim oak and pine tree-ring

chronology from Central Europe – a unique annual record for radiocarbon calibration and palaeoenvironment reconstruction. *Radiocarbon*, 46(3), 1111-1122.

GEA-IZQUIERDO, G., ARANDA, I., CAÑELLAS, I., DORADO-LIÑAN, I., OLANO, J. M., MARTIN-BENITO, D. (2020): Contrasting species decline but high sensitivity to increasing water stress on a mixed pine–oak ecotone. *Journal of Ecology*, 109, 109–124.

GEA-IZQUIERDO, G., CHERUBINI, P., CAÑELLAS, I. (2011): Tree-rings reflect the impact of climate change on *Quercus ilex* L. along a temperature gradient in Spain over the last 100 years. 262(9), 1807-1816.

GRYC, V., VAVRČÍK, H.: Stavba dřeva, Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologií, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně.

HANECA, K., ČUFAR, K., BEECKMAN, H. (2009): Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archeological Science*, 36(1), 1-11.

HENEY, A. J. (1922): DOUGLASS ON CLIMATIC CYCLES AND TREE-GROWTH. MONTHLY WEATHER REVIEW, Weathw Bureau, Washington, D.C.

HIIGS, K. H., WOOD, V. (1995): Drought susceptibility and xylem dysfunction in seedlings of 4 European oak species. *Annals of Forest Science*, 52(5), 507-513.

HUBER, B., HOLDHEIDE, W., RAACK, K. (1941): Zur Frage der Unterscheidbarkeit des Holzes von Stiel- und Traubeneiche. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 4, 373–380.

CHYTRÝ, M. (1997): Thermophilous oak forests in the Czech Republic: Syntaxonomical revision of the *Quercetalia pubescenti-petraeae*. *Folia Geobotanica*, 32, 221–258.

CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M., GRULICH, V., LUSTYK, P. (2010): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 447 s.

IMREI, Z., MOLANDER, M. A., WINDE, I. B., LHONYAI Z., BÁLINTNÉ CSONKA, É., FAIL, J., HANKS, L. M., ZOU, Y., MILLAR, J. G., TÓTH, M., LARSSON, M. C. (2019): Identification of the aggregation-sex pheromone of *Plagionotus arcuatus* ssp. *arcuatus* (Coleoptera: Cerambycidae) from two geographically separated European populations. *The Science of Nature*, 106(18).

JETSCHKE, G., VAN DER MAATEN, E., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M. (2019): Towards the extremes: A critical analysis of pointer year detection methods. *Dendrochronologia*, 53, 55-62.

KAENNEL, M., SCHWEINGRUBER, F. H. (1995): Multilingual Glossary of Dendrochronology Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Bern: Haupt, 467 s.

KNÍŽEK, M. (2011): Polník dvojtečný *Agrilus biguttatus* (Fabricius, 1777) (a ostatní krasci rodu *Agrilus* na dubech). Lesnická práce, Lesní ochranná služba.

KOLÁŘ, T., KYNCL, T., RYBNÍČEK, M. (2012): Oak chronology development in the Czech Republic and its teleconnection on a European scale. *Dendrochronologia*, 30(3), 243-248.

KOLÁŘ, T., DOBROVOLNÝ, P., SZABÓ, P., MIKITA, T., KYNCL, T., KYNCL, J., SOCHOVÁ, I., RYBNÍČEK, M. (2021): Wood species utilization for timber constructions in the Czech lands over the period 1400–1900. *Dendrochronologia*, 70, 125900.

KÖRNER, CH. (2003): Carbon limitation in trees. *Journal of Ecology*, 91(1), 4-17.

KOZŁOWSKI, R. (1949): Les Graptolithes et quelques nouveaux groupes d'animaux du Tremadoc de la Pologne. - *Palaeontologia Polonica* 3, 1-235.

KUSTER, T. M., AREND, M., GÜNTHARDT-GOERG, M. S., SCHULIN, R. (2012): Root growth of different oak provenances in two soils under drought stress and air warming conditions. *Plant and Soil*, 369, 61-71.

LEXIKON DŘEV (2025): Anatomická stavba dřeva, Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně.

LLORET, F., KEELING, E. G., SALA, A. (2011): Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Nordic Society Oikos*, 120, 1909-1920.

MARCHAND, L. J., DOX, I., GRIČAR, J., PRISLAN, P., VAN DER BULCKE, J., FONTI, P., CAMPIOLI, M. (2021): Timing of spring xylogenesis in temperate deciduous tree species relates to tree growth characteristics and previous autumn phenology. *Tree Physiology*, 41(7), 1161-1170.

- MEZEI, P., FLEISCHER, P., ROZKOŠNÝ, J., KURJAK, D., DZURENKO, M., RELL, S., LALÍK, M., GALKO, J. (2022): Weather conditions and host characteristics drive infestations of sessile oak (*Quercus petraea*) trap trees by oak bark beetles (*Scolytus intricatus*), *Forest Ecology and Management*, 503, 119775.
- MOORAL, L. G. VAN ACHTERBERG, C. (2001): *Spathius curvicaudis* (Hymenoptera: Braconidae) new for the Netherlands; a parasitoid of the oak buprestid beetle, *Agilus biguttatus* (Coleoptera: Buprestidae). *Entomologische Berichten*, 61(11), 165-168.
- MÓRICZ, N., ILLÉS, G., MÉSZÁROS, I., GARAMSZEGI, B., BERKI, I., BAKACSI, Z., KÁMPEL, J., SZABÓ, O., RASZTOVITS, R., CSEKE, K., BEREZKI, K., NÉMETH, T. M. (2021): Different drought sensitivity traits of young sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands along a precipitation gradient in Hungary. *Forest Ecology and Management*, 492, 119165.
- MORIN, X., ROY, J., SONIÉ, L., CHUINE, I. (2010): Changes in leaf phenology of three European oak species in response to experimental climate change. *New Phytologist*, 186(4), 900-910.
- NOWAK, D. J. (1993): Atmospheric Carbon Reduction by Urban Trees. *Journal of Environmental Management*, 37(3), 207-217.
- PAN, Y., BIRDSEY, R. A., FANG, J., HOUGHTON, R., KAUPPI, P. E., KURZ, W. A., PHILLIPS, O. L., SHVIDENKO, A., LEWIS, S. L., CANADELL, J. G., CIAIS, P., JACKSON, R. B., PACALA, S. W., MCGUIRE, A. D., PIAO, S., RAUTIAINEN, A., SITCH, S., HAYES, D. (2011): A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, 333(6045), 988-993.
- PRACH, K., ŠTECH, M., ŘÍHA, P.: *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. Scientia, Praha, 188 s.
- PROKOP, O., KOLÁŘ, T., BÜNTGEN, U., KYNCL, J., KYNCL, T., BOŠEĽA, M., CHOMA, M., BARTA, P., RYBNÍČEK, M., (2016): On the palaeoclimatic potential of a millennium-long oak ring width chronology from Slovakia. *Dendrochronologia*, 40, 93-101.
- PUCHALKA, R., KOPROWSI, M., GRIČAR, J., PRZYBYLAK, R. (2017): Does tree-ring formation follow leaf phenology in Pedunculate oak (*Quercus robur* L.)?. *European Journal of Forest Research*, 136, 259–268.

- QUITT E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav Československé akademievěd, Brno, 75 s.
- RYBNÍČEK, M., ČERMÁK, P., PROKOP, O., ŽID, T., TRNKA, M., KOLÁŘ, T. (2016): Oak (*Quercus* spp.) response to climate differs more among sites than among species in central Czech Republic. *Dendrobiology*, 75, 55-65.
- RYBNÍČEK, M., ČERMÁK, P., ŽID, T., KOLÁŘ, T., TRNKA, M., BÜNTGEN, U. (2015): Exploring growth variability and crown vitality of sessile oak (*Quercus petraea*) in the Czech Republic. *Geochronometria*, 42, 17-27.
- RYBNÍČEK, M., KOŇAS, P., KOLÁŘ, T. (2010): The Benefits of Tree-Ring Curves Detrending for Dating Archaeological Wood. *Geochronometria*, 35, 85-90.
- SADE, N., GEBREMEDHIN, A., MOSHELION, M. (2012): Risk-taking plants: anisohydric behavior as a stress-resistance trait. *Plant Signaling & Behavior*, 7(7), 767–770.
- SAURER, M., SIEGENTHALER, U., SCHWEINGRUBER, F. (1995): The climate-carbon isotope relationship in tree rings and the significance of site conditions. *Tellus*, 47(3), 320-330.
- SCHARNWEBER, T., MANTHEY, M., CRIEGEE, CH., BAUWE, A., SCHRÖDER, CH., WILMKING, M. (2011): Drought matters – Declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *Forest Ecology and Management*, 262(6), 947-961.
- 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(4), 425-437.
- SOHAR, K., LÄÄNELAID, A., ECKSTEIN, D., HELAMA, S., JAAGUS, J. (2014): Dendroclimatic signals of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Estonia. *European Journal of Forest Research*, 133, 535-549.
- SOHAR, K., VITAS, A., LÄÄNELAID, A. (2012): Sapwood estimates of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in eastern Baltic. *Dendrochronologia*, 30(1), 49-56.
- SOCHOVÁ, I., KOLÁŘ, T., ÁRVAI, M., BOŠELA, M., ČUFAR, K., KERN, Z., KYNCL, J., MARČIŠ, P., MÉSZÁROS, I., MORGÓS, A., MURSA, A., POPA, A., ROIBU, C. C., SOPUSHYNSKYI, I., RYBNÍČEK, M. (2024): The palaeoclimatic potential of recent oak tree-ring width chronologies from Southwest Ukraine. *Dendrochronologia*, 84, 126168.

SOCHOVÁ, I., KOLÁŘ, T., RYBNÍČEK, M. (2021): A Review of Oak Dendrochronology in Eastern Europe. *Tree:Ring Research*, 77(1), 10-19.

SOCHOVÁ, I., KOLÁŘ, T., RYBNÍČEK, M. (2021): The dendrochronological proof of origin of oak churches located in the Czech Republic. *Dendrochronologia*, 70, 125892.

SPINONI, J., VOGT, J. V., NAUMANN, G., BARBOSA, P., DOSIO, A. (2018): Will drought events become more frequent and severe in Europe?. *International Journal of Climatology*, 38(4), 1718-1736.

SPEER, J. H. (2010). *Fundamentals of Tree-Ring Research*. Tuscon: University of Arizona Press.

STEWART, J. R., LISTER, A.. (2001): Cryptic northern refugia and the origins of the modern biota, *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (11), 608-613.

ŠVESTKA, M. (2006): Distribution of tribes of cockchafers of the genus *Melolontha* in forests of the Czech Republic and the dependence of their swarming on temperature. *Journal of Forest Science*, 52(11), 520-530.

ŠVESTKA, M. (2010): Changes in the abundance of *Melolontha hippocastani* Fabr. and *Melilontha melolontha* (L.) (Coleoptera: Scarabeidae) in the Czech Republic in the period 2003-2009. *Journal of Forest Science*, 56(9), 417-428.

TREEDATACLIM (2025): TREEDATACLIM, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, <https://treedataclim.cz/>

TRNKA, M., KYSELÝ, J., MOŽNÝ, M., DUBROVSKÝ, M. (2009): Changes in Central-European soil-moisture availability and circulation patterns in 1881–2005. *International Journal of Climatology*, 29, 655-672.

TRNKA, M., BALEK, J., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., MOŽNÝ, M., EITZINGER, J., ŽALUD, Z., FORMAYER, H., TURŇA, M., NEJEDLÍK, P., SEMERÁDOVÁ, D., HLAVINKA, P., BRÁZDIL, R. (2016): Drought trends over part of Central Europe between 1961 and 2014. *Climate Research*, 70, 143-160.

VAN DER WERF, G. W., SASS-KLAASSEN, U. G. W., MOHREN, G. M. J. (2007): The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on a dry site in the Netherlands. 25(2), 103-112.

VITAS, A., DALY, A., LÄÄNELAID, A., MAŽEIKA, J., PUKIENÉ, R., ZUNDE, M. (2023): Subfossil oaks from riverine sediments of the Seda River in Latvia: The first results of dendrochronological and radiocarbon analysis. *Dendrochronologia*, 80, 126115.

VITAS, A., ZUNDE, M. (2007): Dendrochronological investigation on historical English oak (*Quercus robur* L.) in Lithuania and Latvia: problems and potential. *TRACE–Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, 6(08).

VRKOČOVÁ, P., VALTEROVÁ, I., VRKOČ, J., KOUTEK, B. (2000): Volatiles released from oak, a host tree for the bark beetle *Scolytus intricatus*, *Biochemical Systematics and Ecology*, 28(10), 933-947.

XIE, Y., WANG, X., WILSON, A. M., SILANDER JR., J. A. (2018): Predicting autumn phenology: How deciduous tree species respond to weather stressors. *Agricultural and Forest Meteorology*, 250-251, 127-137.

Programy

REGENT INSTRUMENTS (2001): WinDendro

BUNN, A. G. (2008). A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*, 26(2), 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002>

KNIBBE, B. (2004): PAST 4. Brunn, SCIEM.

RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC. <https://www.rstudio.com>

Data

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)(2025): Historická klimatická data [online databáze] <https://www.chmi.cz/>