

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FILOZOFICKÁ FAKULTA
ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VÝVOJ KLIMATU A OSÍDLENÍ JIŽNÍCH ČECH NA ZÁKLADĚ POROVNÁNÍ
DENDROKLIMATOLOGICKÝCH A ARCHEOLOGICKÝCH DAT HOLOCÉNU
JIŽNÍCH ČECH

Vedoucí práce: doc. PhDr. Jaromír Beneš, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Jan Altman, Ph.D.

Autor práce: Bc. Libor Vobejda

Studijní obor: ARLn

Ročník: 3.

2021

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Hluboká nad Vltavou 30.7.2021

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Jaromíru Benešovi za cenné rady, odborné konzultace a trpělivost. Janu Altmanovi bych chtěl poděkovat za rady týkající se dendrochronologických metod a možnosti využití jihočeské chronologie a postřehů, které mi usnadnily práci. Také bych chtěl poděkovat Tereze Šálkové, která mi pomáhala získat potřebný materiál a data, bez nichž by práce nemohla vzniknout. Velmi oceňuji pomoci v terénu, kterou poskytli Jiří Bumerl, Jan Ciglbauer, Martina Vasil'ová, Lukáš Rychtár, Filip Vobejda, Nevenka Atanasoska a Martin Hubený.

Anotace

Klimatické změny doprovázejí život na Zemi, která je dynamicky se měnící soustavou. Všechny organismy, lidi nevyjímaje, se s těmito změnami musejí potýkat. Tato práce se zaměřuje na popis klimatu v průběhu holocénu. K poznání stavu minulého podnebí jsou využívány nepřímé zdroje, především z oblasti jižních Čech a střední Evropy, se zaměřením na rekonstrukci minulého klimatu z dendrochronologických křivek. K porovnání klimatu a lidského vývoje je využito odhadu hustoty osídlení a sídelních charakteristik v období zemědělského pravěku, protohistorického období a středověku. Dále je využito rešerše literatury se zaměřením na jednotlivá období.

Klíčová slova: Dendroklimatologie, Paleoklimatologie, Podnebí, Rekonstrukce, Holocén, Jižní Čechy, Osídlení

Annotation

The environment is influenced by the ever changing system of interacting forces. Changes in the climate are amongst many crucial factors that determine life conditions on Earth. All organisms have to cope with the environmental changes and humans are no exception. This thesis is focused on description of climate changes during the Holocene geological epoch. The climate is delineated based on proxy datasets. South Bohemian proxy data, mainly tree ring chronology, are used as primary sources for the reconstruction of past climate. These proxy datasets are complemented by various climatic reconstructions covering the area of central Europe. In order to assess the connection of past human societies to climate, a comparison between climate and settlement proxies is conducted. As an example of the settlement proxies we can list relative population density and location of dwellings. Target populations are agricultural prehistoric and historic societies.

Key words: Dendroclimatology, Paleoclimatology, Climate, Reconstruction, Holocene, South Bohemia, Settlement

Obsah

1	Úvod	10
1.1	Historie a klima.....	10
1.2	Klimatické změny	11
1.3	Lidské adaptace.....	13
2	Geografie a přírodní podmínky jižních Čech.....	15
2.1	Šumava	15
2.2	Šumavské podhůří.....	15
2.3	Novohradské hory	16
2.4	Podhůří Novohradských hor	16
2.5	Českobudějovická pánev	16
2.6	Třeboňská pánev	17
2.7	Táborská Pahorkatina	17
3	Klima jižních Čech	18
3.1	Vliv horských pásů na klima jižních Čech	18
3.2	Oceánský charakter	20
3.3	Atmosférické cirkulace a tlakové útvary.....	21
3.3.1	<i>Interakce azorské cyklony a islandské anticyklony.....</i>	<i>22</i>
3.3.2	<i>Euroasijský kontinentální systém.....</i>	<i>26</i>
3.4	Využití rekonstrukce klimatických oscilací pro poznání minulého klimatu ve střední Evropě.	27
3.5	Srážky	29
3.6	Vlivy na změny podnebí.....	29
3.6.1	<i>Rybniční síť a změna klimatu.....</i>	<i>29</i>
3.6.2	<i>České Budějovice: antropogenní změna klimatu</i>	<i>30</i>
4	Analýza prostoru v archeologii	31

5	Specifika prostorových dat v archeologii	33
5.1	Archeologický kontext	33
5.2	Databáze	34
5.3	Teorie práce s prostorovým daty: modely	36
5.4	Rastr a vektor	39
5.5	Efekt prvního a druhého řádu	40
5.5.1	<i>Analýza efektu prvního řádu</i>	40
5.5.2	<i>Efekt druhého řádu</i>	42
5.5.3	<i>Časová nejasnost</i>	43
5.6	Distribuce:.....	43
5.6.1	<i>Normální rozložení</i>	43
5.6.2	<i>Uniformní rozložení</i>	44
6	Dendrochronologie	45
6.1	Adrew Douglas a základní principy dendrochronologie	45
6.2	Dendrochronologické datování	47
7	Materiály a Metody	51
7.1	Rozdělení jižních Čech podle klimatu.....	51
7.2	Analýza populační hustoty	53
7.2.1	<i>Aoristická analýza</i>	53
7.2.2	<i>Monte Carlo</i>	55
7.2.3	<i>Rekonstrukce zalidnění</i>	56
7.2.4	<i>Další sledované charakteristiky</i>	56
7.3	Analýza minulého klimatu.....	56
7.3.1	<i>Nepřímá data z hrdlořezského močálu</i>	56
7.3.2	<i>Datování</i>	57
7.3.3	<i>Informace o proměnách minulého klimatu</i>	59
7.4	Dendrochronologická analýza jihočeských jedlí	61

7.4.1	<i>Odběr vzorků</i>	61
7.4.2	<i>Příprava vzorků</i>	62
7.4.3	<i>Datování</i>	63
7.5	Nepřímá převzatá data	64
7.5.1	<i>Stanovení pravděpodobnosti klimatické změny na základě šířek letorostů</i>	65
7.5.2	<i>Analýza speleotém</i>	65
7.5.3	<i>Mořské a jezerní sedimenty</i>	66
7.5.4	<i>Informace o solárních vlivech</i>	67
8	Výsledky	69
8.1	Rozdělení jižních Čech podle klimatu	69
8.2	Některé z charakteristik jihočeského osídlení na základě archeologických databází	71
8.3	Výsledky dendrochronologické analýzy	76
8.3.1	<i>Švamberk</i>	76
8.3.2	<i>Rybniční výpusti</i>	77
8.3.3	<i>Vytváření chronologie</i>	77
8.3.4	<i>Dendroklimatologická analýza</i>	77
8.4	Popis holocénního klimatu.	79
8.4.1	<i>Starší holocén</i>	79
8.4.2	<i>Střední holocén</i>	82
8.4.3	<i>Epiatlantik</i>	84
8.4.4	<i>Mladý holocén</i>	89
9	Diskuse: Vztah zemědělského osídlení a klimatu	95
9.1	Období Neolitu 5500-4500	95
9.2	Počátek epiatlantiku	97
9.3	Období eneolitu	97
9.4	Konec středoholocénního klimatického optima	98

9.5	Doba bronzová a závěr epiatlantiku.....	99
9.6	Střední doba bronzová.....	100
9.7	Mladší doba bronzová.....	103
9.8	Pozdní doba bronzová.....	104
9.9	Populační pokles na přelomu doby bronzové a železné: Klima nebo sociální revoluce?.....	105
9.10	Mladší doba železná.....	107
9.11	Zhroucení keltské civilizace.....	109
9.12	Doba římská a stěhování národů.....	111
9.13	Raný středověk.....	111
9.14	Vrcholný středověk.....	112
9.15	14. století.....	113
	9.15.1 Hladomory na příkladu nepříznivých let 14. století.....	114
9.16	15. století.....	115
9.17	16. století.....	116
9.18	17. století.....	119
10	Závěr.....	119
11	Zdroje.....	121
	11.1.1 Literatura:.....	121
11.2	Dendrochronologické soubory.....	143
	11.2.1 Žijící stromy.....	143
	11.2.2 Kolekce ze Švamberka.....	144
	11.2.3 Trubní výpustě:.....	144
	11.2.4 Převzatá data:.....	144
	11.2.5 Dendrochronologické křivky:.....	145
11.3	Internetové zdroje:.....	147
11.4	Přílohy.....	148

1 Úvod

1.1 Historie a klima

Historické a společenské vědy ohledně pohledu na vztah člověka a klimatu prošly dlouhým vývojem. Historici a archeologové v první polovině 20. století měli tendenci vysvětlovat změny v lidské kultuře, války a hladomory klimatickými změnami. Tento interpretační přístup zastávali například historik Herman Flohn (Flohn 1941) a archeolog Herbert Jankuhn (Jankuhn 1952). V historických vědách došlo ke změně. Od 60. let připisují hladomory a krizové události spíše endogenním činitelům (Slavin 2016). Wilhelm Abel a Karl Gunnar Persson představují proud historie, který převládal v poslední třetině 20. století. Tito historikové na rozdíl od předchozích generací neuznávali vliv klimatu na minulé společnosti (Abel 1972; Persson 1999). Geografové a klimatologové v období rychlého rozvoje paleoklimatologických disciplín tvořili často kontrast k příliš skeptickému pohledu historiků, což mělo většinou za následek přílišný vliv klimatického determinismu (Slavin 2016).

Badatelem, který se výrazněji začal zabývat klimatem jako činitelem ovlivňujícím lidské populace, byl například Le Roy Ladurie, který byl spíše skeptikem (Le Roy Ladurie 1971). Jedním z nejvýznamnějších průkopníků historické klimatologie byl Hubert Lamb, který byl v porovnání s Le Roy Laduriem nakloněn spíše klimatickému determinismu (Lamb 1977). V současné době je klima v souvislosti s lidskou historií často spojováno. Problematika hladomorů a krizí je řešena na základě na základě porovnání klimatických rekonstrukcí a historických dat. Významnými pracemi historické klimatologie jsou studie zaměřené na robustní rekonstrukci klimatu a jeho vztah k minulým společnostem. K tomu bývají využívány především historické narativní prameny (Brázdil-Kotyza 1977) či prameny osobní povahy (Brázdil-Kotyza 2014). Raymond Bradley uvádí historickou klimatologii jako jednu z paleoklimatologických disciplín. Jako jedny z nejpřínosnějších prací na poli historické klimatologie zmiňuje studie Rudolfa Brázdila a Oldřicha Kotyzy (Bradley 2015, 517).

Podobně jako historická klimatologie stojí na pomezí přírodních a společenských věd environmentální archeologie, úzce provázaná s paleoekologií (Beneš-Pokorný 2008).

V moderní archeologii jsou stále populárnější multiagentní modely, které se snaží využít poznání klimatu k odhadu např. kolísání výnosů (Např. Štekerová-Danielisová 2016). K rekonstrukci v těchto modelech bývá využito ročních paleoklimatologických dat, především rekonstrukcí indexů sucha. Nejvhodnějšími přírodními archivy, které poskytují informace o klimatu jsou letokruhy (Kohler *et al.* 2007). Ideálními výzkumy environmentální archeologie jsou multiagentní modely založené na dokonale prozkoumané oblasti s nepřerušným klimatickým záznamem ve formě letokruhů.

V případech, kdy je k dispozici relativně málo nenavazujících klimatických proměnných a studovaná oblast svým rozsahem a charakterem archeologických dat neumožňuje využít optimální metody, je nutné zvolit určité kompromisy. K charakteristice klimatu je pak nutné využít více zdrojů klimatických záznamů než pouze letokruhy. Místo modelování na základě dobře probádané malé oblasti je v případě regionu jižních Čech nutné přistoupit k jiným metodám. V této práci je využito sledování obecných charakteristik jihočeského osídlení odvozeného z archeologických databází. Jedná se primárně o rozmístění osídlení ve vztahu ke klimatickým oblastem a o relativní hustotu osídlení.

1.2 Klimatické změny

Dějiny lidské společnosti jsou propojeny s historií klimatu. Klimatické změny jsou tvořeny různými cykly často quasiperiodického charakteru. Rozdílné klimatické události mohou však mít rozdílný dopad na lidské populace. Komplexita klimatu implikuje, že klimatické změny nejsou nikdy identické. Stejně také nejsou lidské společnosti v čase a prostoru. Klimatické oscilace se vyznačují částečnou periodicitou. Jednotlivé fáze se přes množství opakujících se prvků od sebe odlišují ve více ohledech. Výsledné klimatické změny, či události jsou výsledkem vzájemného působení množství různorodých vlivů. Milankovičovy cykly jsou například složeny z několika vzájemně se ovlivňujících oscilací kosmického charakteru.

Změna sklonu rotační osy Země osciluje mezi 22° a 24° v cyklu trvajícím zhruba 41 tisíc let. Sklon rotační osy pak determinuje úhel dopadajících slunečních paprsků na jižní a na severní polokouli. Směr, kterým probíhá zemská osa, rovněž podléhá periodickým změnám.

Krouživý pohyb osy určuje, jakým směrem bude natočena v jednotlivých ročních obdobích. Směr je determinován takzvanou precesí zemské osy. V současnosti je Země vlivem precese v období zimy na severní polokouli nejbliže ke Slunci (v perihéliu). Tento stav tak koresponduje s mírnějšími zimami a chladnějším létem (Imbrie-Imbrie 1980). Třetím faktorem je takzvaná excentricita zemské oběžné dráhy. Tvar oběžné dráhy se mění v průběhu období dlouhých zhruba 40 tisíc let. Kombinace těchto faktorů je pak v době glaciálního zalednění doplněna rostoucím polárním zaledněním (Berger *et al.* 1992; Laskar *et al.* 2004). Ledové plochy mají vliv na odrazivost slunečních paprsků a jsou klíčovým faktorem, který udržuje ochlazování planety (Lee *et al.* 2017). Milankovičovy cykly jsou tak typickým příkladem vzájemného působení množství kosmických i terestrických oscilací na klimatické systémy. V tomto případě mají za důsledek střídání dob ledových a meziledových (Bradley 2015, 36-51).

Každý z množství cyklů determinující charakter klimatu má několik základních charakteristik. Rozsah dopadu klimatických cyklů se dělí do skupin makro, mezo a mikro. Vlivy rozsahu makro zasahují oblasti v globálním rozsahu, od planetárního měřítka po kontinenty. Na oblasti ve vzdálenosti stovek až nižších tisícovek kilometrů působí jevy v měřítku mezo. Mikroklima ovlivňují lokální jevy v měřítku desítek až stovek kilometrů (Dincauze 2000,140-157). Jako makroklimatické intraholocénní oscilace by se daly popsat cykly solární aktivity, které způsobují kolísání klimatu stojícího například za malou dobou ledovou. Tento jev byl poprvé popsán Francis Mathewsem na základě průkopnických studií zabývajících se oscilací rozsahu ledovců v historii (Mathews 1940).

Cykly vlivů působících na klima nabývají v čase a prostoru různých charakteristik. Jedny z nejdůležitějších údajů, které vypovídají o klimatických změnách, jsou rozdíly minima a maxima. Rozsah intenzity minim a maxim je označován jako amplituda. V klimatologii se často využívá roční teplotní amplitudy (Viz. Kapitola 3.2). Amplitudou je v tomto případě rozdíl maxima a minima teplot za jeden rok.

Délka oscilace je označována jako perioda. Perioda je tedy doba mezi dvěma amplitudami. Na základě délky trvání se cykly dělí na dlouhodobé, střednědobé a krátkodobé. Dlouhodobé klimatické oscilace (měřítko makro) se vyznačují periodou několika stovek až desítek tisíc let. Střednědobé oscilace se vyznačují fází trvající tisíce

až stovky let. Krátkodobé oscilace jsou cykly s periodou v rozsahu od desítek let. V případě roční teplotní amplitudy již byl zmíněn nejzřetelnější klimatický cyklus způsobený kosmogenními vlivy s amplitudou jednoho roku, tedy střídání ročních období (Dincauze 2000, 36-41).

Klimatické oscilace jsou způsobeny mnoha zcela odlišnými faktory. Jedny z nejdůležitějších jsou cykly kosmogenního původu, související s intenzitou slunečního záření nebo se změnami oběžné dráhy. Sluneční záření pak interaguje s atmosférickými vlivy, kterými jsou soustavy proměnlivých tlakových útvarů. Atmosférické cirkulace skrze srážky mají přímý dopad na hydrosféru a biosféru. Spolu s událostmi iniciovanými geologickými pochody všechny tyto aspekty vytvářejí vlastní vzájemně propojené cykly působící na klimatický systém Země (Bradley 2015, 13-16).

1.3 Lidské adaptace

Geomorfologie terénu, složení půdních horizontů a dostupnost surovin ovlivňují volby, týkající se zakládání osad a větších sídelních celků. Přesto lidské jednání je základním *činitelem*, který určuje výsledný charakter společnosti, jejíž odraz vnímáme skrze artefakty. Ať už jde o jejich provedení, výzdobu, využití, vynětí z živé kultury a v případě nemovitých artefaktů i jejich rozmístění v prostoru, vždy jde o realizaci vycházející z idejí jednotlivců. Interpretace archeologických pramenů je z tohoto důvodu značně komplikovaná. Nástroje pro analýzu archeologických kultur a pozůstatků minulých populací jsou na poli archeologie značně rozmanité. Často bývají interpretace subjektivním vyhodnocením empiricky pozorovaných, transformovaných dat. Interpretací možnosti rozšířilo v 70. letech přizpůsobení statistických metod pro potřeby archeologie (Clarke 1968, Flannery 1968). Klíčové bylo použití popisných statistik pro kvantifikaci charakteristik souborů, což umožnilo sledování vzorů a přesnější poznání v čase i prostoru.

Při studiu lidského osídlení a lidského jednání ve vztahu k subsistenčním strategiím je třeba přihlížet ke klimatu. Základní chybou při studiu minulých populací je nakládání s klimatem v mentálních modelech jako s neměnným stavem. Klimatické změny mohly mít na svědomí změny podmínek, které ovlivnily chování lidí v minulosti. Pokud bychom klimatický vliv v archeologii chápali jako neměnný stav mnohé souvislosti

lidského jednání by zůstávaly skryty (Dincauze 2000, 36-40). Jako změna je chápáno odklonění od určitého lidmi vnímaného normálu či stavu, na který jsou zvyklí. Na rozdíl od většiny ostatních organismů mohou lidé upravit svoje životní prostředí, aniž by migrovali. Pomocí artefaktů a změn artefaktů člověk modifikuje svoje možnosti adaptace na nejrůznější změny (Schiffer-Skibo 1997).

Změny subsistenčních strategií, artefaktů a aspektů hmotné kultury jsou často připisovány klimatu. Změny lidského jednání, například sídelních zvyklostí, mohou být kontraindikativní. Dena Dincauze (Dincauze 2000, 67) jako tento případ uvádí výsledky studie provedené archeology Seltzerem a Hastorfem týkající se zemědělství v Andách v době vzrůstající glaciace oblasti. Předpokládanou adaptací bylo pěstování více brambor a přesunutí se do nižších poloh. Vlivem společenských či jiných okolností se lidé stáhli do výšinných dobře hájitelných sídel. Na sociální nestabilitu však klima v určité míře pravděpodobně působilo (Seltzer- Hastorf 1990; Dincauze 2000, 6).

2 Geografie a přírodní podmínky jižních Čech

Chceme-li porozumět zemědělským populacím minulosti, jejich volbám při výběru vhodných oblastí pro sídelní aktivitu či využívání prehistorické krajiny, je velmi důležité porozumět podnebí sledované oblasti. V tomto případě se jedná o jižní Čechy. Zájmová oblast se nachází v jižní části české kotliny. Z jihozápadu jsou jižní Čechy ohraničeny šumavským pohořím, na které navazuje podhůří Šumavy, se kterým z východu sousedí Novohradské hory a jejich podhůří sahající severně od Trhových Svinů. Ze severovýchodu na podhůří Novohradských hor navazuje Třeboňská pánev. Ze severu jsou jižní Čechy ohraničeny Tábořskou pahorkatinou. Mezi těmito geografickými celky se ve středu jižních Čech nachází Českobudějovická pánev (Demek *et al.* 2006).

2.1 Šumava

Jihočeské podnebí je z velké části determinováno pohořími. Pomineme-li vliv relativně vzdálených pohoří jako jsou Krkonoše, Alpy a podobné, má na jižní Čechy největší vliv Šumava. Horský pás o rozloze 1671 km² sahá od Vyššího Brodu po Nýrsko v Západočeském kraji. Podloží Šumavy je tvořeno převážně metamorfovanými horninami moldanubika. Půdní pokryv je z většiny tvořen kambisoly a podzoly (Demek *et al.* 1987, 504). Ve vrcholném středověku a především v raném novověku byly velké plochy této oblasti vykáceny v souvislosti s rozvojem sklářského průmyslu (Culek *et al.* 2013, 272 - 275). V době vrcholného středověku před obdobím intenzivní těžby je doloženo rozšíření jedlových bučin a borových lesů, a to především v rašeliništích. V archeologickém materiálu jsou zachyceny druhy typické pro květnaté bučiny. Dále jsou přítomny olše, vrby a břízy (Parkman *et al.* 2020). Ve výšce okolo 1200 metrů se přirozeně objevují smrčiny. V okolí rašelinišť se vyskytují podmáčené smrčiny a na prudších svazích vysokobylinné smrčiny (Culek *et al.* 2013, 274).

2.2 Šumavské podhůří

Na horské oblasti bezprostředně navazují podhůří, která se skládají z oblastí vrchovin či pahorkatin. V případě Šumavy se jedná o oblast o rozloze 2000 km². Šumavské podhůří je tvořeno především Prachatickou pahorkatinou a Plánickým hřbetem. Medián výšky

činí 634 m. n. m. v porovnání s mediánem Šumavy, který je 921 metrů (Demek *et al.* 1987, 505). Podobně jako oblast Šumavy, podléhalo v době vrcholného středověku její podhůří intenzivnímu odlesňování. Přetrvalo zhruba 30% lesních porostů, přičemž většina z nich byla pravděpodobně tvořena acidofilními doubravami v nižších polohách a květnatými bučinami v polohách vyšších (Culek *et al.* 2013, 190-194).

2.3 Novohradské hory

Novohradské hory náleží do jihovýchodního cípu Šumavské hornatiny. Jedná se o oblast při hranicích s Rakouskem mezi Horní Stropnicí a Pohorskou vsí, s rozlohou pouhých 162 km² (Demek *et al.* 1987, 339). Podobně jako v oblasti Šumavy, je tvořena i půda Novohradských hor chudými kambizeměmi a oglejenými půdami. Častým krajinným prvkem jsou balvaniště. Vegetační stupně pokrývající Novohradské hory jsou submontánní až montánní. Horské bučiny jsou podle rekonstrukce přirozené vegetace typické pro většinu Novohradských hor. Časté by měly být i suťové lesy a prameništní luhy. Přirozené horské smrčiny se v Novohradských horách nevyvinuly, jediné oblasti s potenciálně rostoucím smrkem jsou rašelinné smrčiny (Culek *et al.* 2013, 278 - 281).

2.4 Podhůří Novohradských hor

Podhůří Novohradských hor se střední výškou 558 metrů nad mořem tvoří přechod mezi Novohradskými horami a Českobudějovickou a Třeboňskou pánví. Podhůří Novohradských hor je tvořeno mimo jiné Slepíčími horami a Kaplickou brázdou (Demek *et al.* 1987, 337-338). Velkou část Novohradského a Šumavského podhůří tvoří Českokrumlovský bioregion. Potenciální přirozenou vegetací jsou v nižších oblastech acidofilní doubravy. Ve vyšších polohách jsou předpokládány květnaté bučiny a četné jedlové porosty (Culek *et al.* 2013, 197-200).

2.5 Českobudějovická pánev

Podhůří přecházejí v případě naší oblasti zájmu do dvou významných jihočeských pánví. Šumavské podhůří přechází do Českobudějovické pánve. Jedná se o úvar s mediánem nadmořské výšky 408 m. n. m. Podle Jaromíra Demka a kolektivu je od Českých Budějovic protažena až po Strakonice a Písek. Geologické podloží je tvořeno

především křídovými a třetihorními sedimenty. Významné je například Klikovské souvrství ze svrchní křídy (Demek *et al.* 1987, 148). Horniny tvořící Českobudějovické pánve jsou především jezerního původu. Před systematickým vysoušením regionu v průběhu středověku a novověku byla oblast Českobudějovické pánve tvořena z velké části mokřady. Potenciální přirozenou vegetací jsou převážně acidofilní doubravy s vzácně se vyskytujícími teplomilnými doubravami. V oblasti severozápadní části pánve na sprašových půdách jsou předpokládány dubovo-lipové háje. V jádru oblasti v okolí Českých Budějovic a Vodňan měly být zastoupeny bažinné olšiny a vrbové křoviny (Culek *et al.* 2013, 147-150).

2.6 Třeboňská pánev

Z východu na Českobudějovickou pánev a ze severovýchodu na Novohradské podhůří navazuje Třeboňská pánev. Je to oblast zhruba ohraničená po obvodu Hranicemi, Borovany, Lišovem, Veselím nad Lužnicí a Jindřichovým Hradcem. Střední výška v Třeboňské pánvi (457 m. n. m.) je mírně větší než v pánvi Českobudějovické. Geologické podloží tvoří především permské sedimenty a horniny moldanubika (Demek *et al.* 1987, 517). Většinu Třeboňské pánve zabírá třeboňský bioregion. Podobně jako Českobudějovická pánev má Třeboňská pánev charakter roviny s omezeným odtokem vody. V období raného novověku byla velká plocha mokřad přebudována na rozsáhlé rybníční soustavy. V současné době lesy pokrývají velké rozlohy zemědělsky nevyužitelné podmáčené půdy, především rašeliniště. Dalšími sedimenty jsou oglejené půdy a písčité půdy. Přirozenou vegetací jsou blatkové bory a rašeliništní bory, ojediněle ve výšinách acidofilní doubravy. Centra rašelinišť by bez současné sítě odvodňovacích kanálů tvořilo bezlesí (Culek *et al.* 2013, 150-155).

2.7 Tábořská Pahorkatina

Tábořská pahorkatina je geografická oblast o rozloze 1599 km² a rozkládá se od severu Lišovského prahu po Tábor. Medián výšky je 449 m, pahorkatina se nachází na granitoidech středočeského a moldanubického plutonu (Demek *et al.* 1987, 507). Z velké části se shoduje s bechyňským bioregionem. Potenciální vegetace je tvořena v nejteplejších oblastech dubohabřinami, většina oblasti spadá do kategorie acidofilních

doubrav. Květnaté bučiny jsou předpokládány pro oblast pahorkatiny náležející již Písecku (Culek *et al.* 2013, 109 - 110).

3 Klima jižních Čech

Klimatické podmínky jižních Čech můžeme sledovat na základě pozorování různých klimatických proměnných. V současné době je dostupné množství informací využívaných v meteorologii klimatologii. Pro charakteristiku jihočeského klimatu je zejména využito informací o srážkách, teplotách, rozsahu tlakových útvarů a zejména hornatost terénu. V práci jsou pominuty fyzikální procesy ovlivňující pohyby vzduchových částic a jejich termodynamiku či další snadno proměnlivé faktory.

Zřetel je brán pouze na dlouhodobé charakteristiky podnebí. Vlastnosti těchto procesů jsou pro popis dlouhodobého podnebí ne zcela vhodné z důvodu jejich přílišné komplexity a proměnlivosti.

Naopak třeba stabilní poloha pohoří je z důvodu jejich nízké mobility jedním z nejsignifikantnějších faktorů při vzniku atmosférických srážek či změny teplot. Kromě tlakových jevů měřítka mezo až makro závisí výsledné srážky například na antropogenních faktorech. Především v městském prostředí je zřejmý vliv lidské činnosti na podnebí (Brázdil – Štekl 1986, 79). Důraz je v této kapitole kladen na klimatická data první poloviny 20. století, u kterých je předpoklad nižšího ovlivnění člověkem, na rozdíl od klimatu druhé poloviny 20. století. Zároveň data nejsou tak fragmentární jako záznamy 18. století.

3.1 Vliv horských pásů na klima jižních Čech

Geografická poloha jižních Čech determinuje nejednoznačnost vlivu mezoklimatických jevů, které jsou zodpovědné za prostorovou variabilitu evropského podnebí. Oblast střední Evropy se nachází v prostoru na pomezí oceánského a kontinentálního podnebí (Steirou *et al.* 2017). Oblast české kotliny je geograficky velmi distinktivní díky členitému povrchu a relativně vysokému podílu horského a kopcovitého terénu. Přítomnost hor hraje silnou roli především v souvislosti se srážkovými poměry. Lokální orografie má vliv na iniciování vertikálních pohybů vzduchových hmot. Hlavní proces

zodpovědný za zvýšené srážky v horských oblastech by se dal zjednodušeně popsat tak, že vzduchová hmota je tlačena větrem přes horský hřbet. S klesající teplotou se zvyšuje nasycenost vodní párou. Přebytkovou vlhkost vzduchová hmota ztrácí ve formě srážek na návětrné straně (Brázdil – Štekl 1986, 15-21).

K tomuto jevu nejčastěji dochází v zimních měsících, kdy nejsou tak časté konvekce (Brázdil – Štekl 1986, 15). Konvekce jsou způsobovány ohřevem vzduchových hmot nebo promísením vzduchových částic jiné vlhkosti a teploty. K tomu nejčastěji dochází při přechodu vzduchové hmoty přes horské pásy či zalesněné oblasti s vysokou evapotranspirací. Pro tento druh vertikálního pohybu vzduchových hmot je typický vznik konvektivní oblačnosti (Kopáček *et al.* 2002). Konvektivní oblačnost bývá častým původcem prudkých bouřek spojených s přívalovými dešti, které trvají pouze velmi krátkou dobu. V minulých letech tvořily konvektivní srážky převážnou část letních srážek. V kombinaci se stabilní tlakovou výší tak může docházet ke kombinaci suchého léta s krátkými a intenzivními srážkami. Významnou roli hraje závětrná a návětrná strana. Při přechodu jsou srážky mnohem intenzivnější na návětrné straně (např. Kopáček *et al.* 2002).

V horských oblastech tak kombinace jevů způsobuje zesílení srážek o až 400% vlivem horských pásů. Vzhledem k reliéfu jižních Čech je zřejmé, že závětrná oblast nezabírá v jižních Čechách malou plochu. Jedná se zhruba o pás České Budějovice, Vodňany, Volyně a Husinec (Brázdil – Štekl 1986, 16).

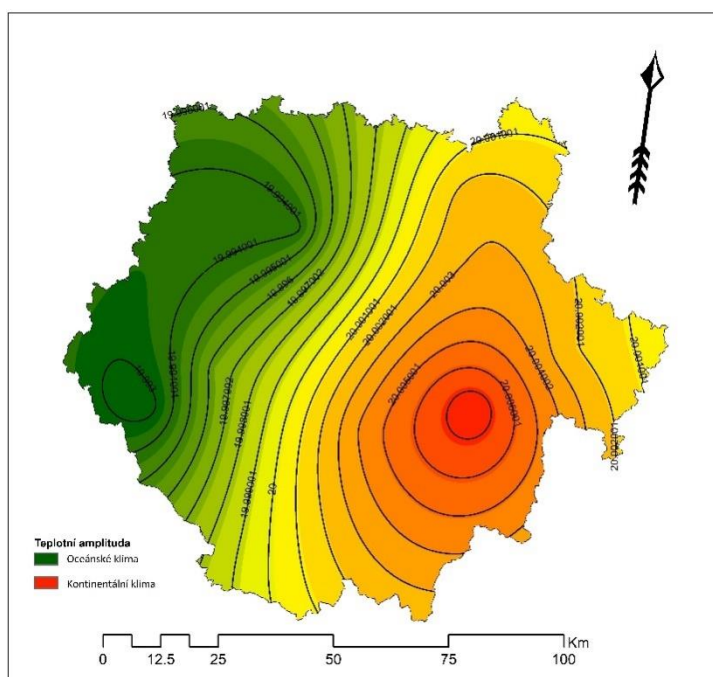
Zimní srážky jsou determinovány především vzdušným prouděním z jihozápadu. Návětrná strana Šumavy má srážky vyšší o 20% než je předpoklad pro stejnou nadmořskou výšku (Nekovář 1967,11). Naopak závětrné strany hor mají nízké srážky v porovnání například se středními Čechami (Brázdil – Štekl 1986, 16). Závětrná strana Šumavy, především Blanský les a Klet', se vyznačuje srážkami nižšími o 20% oproti předpokladu založenému na nadmořské výšce (Nekovář 1967, 11-14). Brázdil-Štekl zasazují největší míru zeslabení úhrnu srážek při přechodu okluzní fronty od západu do oblasti mezi Pískem a Českými Budějovicemi. Maxima se v tomto případě vyskytují na Šumavě. Při průchodu teplé nebo okluzní fronty je srážkové minimum mezi Ševětínem, Pískem a Tábořem (Brázdil – Štekl 1986, 17).

V letních obdobích převládá vzdušné proudění od severu až severozápadu (Nekovář 1967, 13). Často se jedná o srážky na okluzních frontách (Brázdil – Štekl 1986, 16). Návětrná oblast zabírá regiony Šumavského podhůří, Českobudějovicka, Lišovského prahu a severu Novohradských hor. Písecko v závětrí Brd je rovněž poznamenáno zeslabením srážek (Nekovář 1967,13-15)

Situace přechodu okluzní fronty od jihovýchodu má za důsledek snížené srážky v oblasti Písecka. Naopak Českobudějovicko a Třeboňsko jsou v prostoru srážkových maxim (Brázdil – Štekl 1986, 18). Z těchto případů se zdá, že srážková minima se vyskytují nejvíce v oblasti Písecka, což je pravděpodobně dáno polohou Písecka v závětrí Šumavy, Středočeské pahorkatiny a zároveň Brd. Extrémy pocitových teplot na rozdíl od srážkových extrémů náleží do oblastí nížin. Pocitově nejpříznivější počasí bývá nejčastěji na Strakonicku, Vodňansku a Třeboňsku. Pocitově nejméně příznivé teploty jsou dlouhodobě pozorovány v okolí Českých Budějovic. Tyto okolnosti souvisí hlavně s intenzitou a rychlostí vzdušného proudění (Nekovář 1967,28-30).

3.2 Oceánský charakter

Ve většině jižních Čech převládá oceánské klima. Vliv na podnebí jižních Čech mají především oceánské cirkulace nad Atlantikem. Tento vliv je pozorován především v zimních měsících.



Množství srážek v jižních Čechách je v průběhu roku stálé. Jihočeské podnebí se vyznačuje také relativně stabilními teplotami. Na základě dat z let 1954-1964 jsou roční teplotní výkyvy výraznější v nížinách a ve východní části jižních Čech. Naopak stabilnější teploty jsou pozorovány na Šumavě a v západní části jižních Čech.

Obr. 1 Roční teplotní amplituda znázorňující kontinentalitu. Období 1900-1960.

Z toho vyplývá, že od východu k západu a se vzrůstající nadmořskou výškou je pozorována vzrůstající kontinentalita. Zároveň platí, že klimatické podmínky nejsou v delším horizontu stálé. Nekovář zmiňuje, že pro stanice Tábor, České Budějovice a Český Krumlov byly ve sledované periodě 1876-1950 zachyceny dva znatelně odlišné vzorce. V období 1876-1905 činil počet teplotních extrémů 25,7 a v letech 1921-1950 bylo extrémů pozorováno 51. V období 1921-1950 tedy převládalo znatelně oceánské klima na rozdíl od konce 19. století. Rozmezí mezi roky 1906 až 1921 by se dalo označit za jisté přechodné období. Podle indexu termické kontinentality patří jihočeské podnebí do kategorie přechodné-maritimní. Opět je zvýrazněn oceánštější charakter hor a západní části jižních Čech. České Budějovice pak spadají do kontinentálnější části jižních Čech (Nekovář 1966,3-10).

3.3 Atmosférické cirkulace a tlakové útvary

Evropský kontinent je obklopen rozsáhlými mořskými plochami. Nad Evropou a Atlantským oceánem se vyskytuje několik stabilních tlakových útvarů, jejichž vliv na středoevropské klima se v čase a prostoru liší. Zmíněné tlakové útvary jsou dlouhodobě pozorované jevy, které se vyskytují v určitých obdobích roku a jejich vzájemná interakce způsobuje variabilitu evropského klimatu. Jedná se o tlakové výše a tlakové níže. Vzduchové hmoty v atmosféře jsou často nestabilní. Jejich proměnlivé pohyby a interakce v průběhu dní a měsíců způsobují krátkodobou variabilitu počasí. V oblasti Evropy a Atlantického oceánu se nachází několik stálých tlakových útvarů. Jedná se o oblasti, ve kterých většinu roku převládá stejný tlakový útvar (Visbeck *et al.* 2001).

Pro naše území jsou klíčovými středomořská tlaková níže, islandská tlaková níže, azorská tlaková výše, zimní asijská výše a letní jihoasijská tlaková níže. České podnebí v zimním a jarním období souvisí především s azorskou tlakovou výší a s islandskou tlakovou níží. Významnou roli v dubnu a květnu hraje tzv. jihoasijská tlaková níže. V průběhu letního a podzimního období je hlavním faktorem azorská tlaková výše a asijské zimní tlakové výše (Brázdil – Štekl, 62).

Teploty, srážky i převládající směr větru (Philips *et al.* 2013) z velké části souvisí s tlakovými útvary. Jejich vzájemné interakce tvoří komplexní systém atmosférických jevů. Porozumět jejich vlivu na počasí je možné především díky interpolovaným datům

z velkého množství staničních měření po celé Evropě. Jedná se o měření tlaku pomocí staničních dat nebo na základě dat z meteorologických sond (balónů) pro stanovení tlaku ve více výškových stupních. Na základě interpolovaných dat jsou vytvářeny pomocí izolinií mapy znázorňující oblasti s převládajícími tlakovými útvary v určitém období (Hurrell - Deser 2017).

Pro Evropu jsou nejsignifikantnějšími stabilními meteorologickými útvary islandská tlaková níže, azorská tlaková výše, zimní asijská tlaková výše, zimní středomořská tlaková níže a letní jihoasijská tlaková výše. Též významné jsou útvary nazývané islandská tlaková níže (cyklona) a azorská tlaková výše (anticyklona) (Brázdil – Štekl 1986, 49-63).

3.3.1 Interakce azorské cyklony a islandské anticyklony

V rámci světového klimatu patří k jednomu z nejvíce probádaných jevů takzvaná severoatlantická oscilace, anglicky nazývána North Atlantic Oscillation (zkráceně též NAO). Tento klimatický jev je výsledkem interakce dvou cirkulačních útvarů již zmíněných výše (Wanner et al. 2001). Podle Heinze Wannera je NAO nejdůležitějším klimatickým jevem na severní polokouli. Útvar determinuje především vzdušné proudění nad severní Evropou (Wanner *et al.* 2001).

Po většinu roku jsou nad severním Atlantickým oceánem pozorovatelné dva tlakové útvary. V subpolární zeměpisné šířce je v oblasti Grónska a Islandu stálá tlaková níže. Tomuto jevu se říká islandská tlaková níže (cyklona). Islandská tlaková níže pak interaguje s jižněji položenou tlakovou výší v oblasti Azorských ostrovů. Tou je takzvaná azorská anticyklona. Oba tlakové útvary jsou značně stabilní, nicméně jejich rozsah je v čase proměnlivý (Wanner *et al.* 2001). NAO jako jev kolísajícího severoatlantického klimatu je bezprostředním projevem dálkových vazeb (tzv. *teleconnections*) mezi Azorami (azorskou anticyklónou), Islandem a Evropou. Oscilace determinuje převládající směr a teplotu větrů vanoucích z Atlantiku do Evropy (Osborn, 2006). Proudění vzduchových hmot ze severního Atlantiku je v Evropě nejvýraznější v období chladných měsíců. Zhruba od listopadu do dubna je severoatlantická oscilace nejdůležitějším faktorem působícím na počasí západní, střední i jižní Evropy (Hurrell *et al.* 2003).

3.3.1.1 Historie měření projevů NAO

Stabilní atmosférické cirkulační útvary působí jako hlavní síla určující charakter klimatu v jednotlivých ročních obdobích. Rozsah těchto jevů však vyžaduje komplexní přístupy výzkumu. Není tak překvapivé, že k poznání NAO došlo až v 19. století v souvislosti s rozvojem meteorologických měřicích přístrojů. Lidskou zvědavost zvláštnosti počasí přitahovaly již před systematickým využíváním meteorologických měřicích přístrojů. Střídání období mírných a chladnějších zim bylo zaznamenáváno již od středověku (Osborn, 2006).

První písemné zmínky, které se týkají severoatlantické oscilace, pocházejí z konce 18. století. Zmínku o zkušenostech dánských mořeplavců poskytuje deník z let 1770-1778, jehož autorem je dánský misionář Hans Egede Saabye. Podle kterého si prý Dánové všimli, že v obdobích chladných zim v Dánsku jsou zimní měsíce v Grónsku mírnější. Jejich pozorování popisují i opačný jev, kdy jsou mírnější zimy v Dánsku spojeny s chladnými podmínkami v Grónsku. Stejný fenomén je popsán v knize *Historie von Grönland*, vydané v roce 1765 Daviden Krantzem. Mezi obchodníky a misionáři byly obecné klimatické vazby severoatlantického klimatu známy zřejmě dlouho před jejich zapsáním, nicméně až v 19. století umožnilo rozšíření meteorologických stanic dlouhodobé sledování klimatu na základě standardizovaných měření. Teisserenc de Bort v roce 1883 popsal vztah mezi zimními anomáliemi v Evropě islandskou tlakovou níží, azorskou anticyklonou a kontinentální tlakovou výší. Zřetelně protichůdný charakter azorské anticyklony a islandské cyklony objevil v roce 1897 Hildebrandsson (Wanner *et al.* 2001). Roku 1935 byl navržen způsob kvantifikace tohoto jevu na základě údajů z pěti evropských stanic (Walker-Bliss, 1932). Od poloviny 20. století se jako způsob vyjádření interakce atlantických tlakových útvarů využívá rozdíl tlaku na hladině moře na Islandu a Azorách (Jianping–Wang 2003). V literatuře je tento index označován jako NAOI. Přestože se badatelé shodli na způsobu charakterizování stavu severoatlantické oscilace až v první polovině 20. století, indexy jsou dostupné od roku 1829. V těchto letech začínají měřit meteorologické stanice na Islandu a Azorských ostrovech a bylo tedy možné index zpětně dopočítat (Osborn, 2006). V poslední době existuje přes jednotnou definici NAOI velké množství přístupů k co nejpřesnějšímu vystižení hodnoty indexu. Problematika výzkumu stabilních tlakových útvarů je do jisté míry ovlivněna nestabilitou v čase a prostoru. Cirkulační jevy vykazují změnu rozsahu,

tlaková maxima a minima se v rámci tlakových útvarů také mění (Jianping – Wang 2003). Index ukazuje na rozdíly tlaků azorské anticyklony a cyklony a může nabývat kladných a záporných hodnot. Kladný index NAO+ značí silné tlakové útvary tvořící NAO. Záporný index znamená velmi slabou islandskou tlakovou níží a azorskou tlakovou výší (Ottersen *et al.* 2000).

3.3.1.2 Index NAO

V současné době je využíváno mnoho různých způsobů, jak vystihnout index NAO s co nejmenším zkreslením. Tyto způsoby zahrnují využití normalizace, interpolovaných měření nebo rozkladu záznamů na hlavní komponenty (Jianping – Wang 2003). Korelační analýza v následující kapitole využívá ke zhodnocení vlivu NAO na podnebí jižních Čech data z internetových stránek: (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/nao/>). Dostupná data byla stažena již v normalizované formě.

Vzorec, podle kterého byl index NAO vypočten jako rozdíl normalizovaných hodnot:

$$NAOI = PA'm,y - PB'm,y$$

$PA'm,y$ je normalizovaná hodnota tlaku na hladině moře naměřeného na stanici charakterizující tlakové maximum azorské anticyklony (Lisabon, Gibratar, Ponta Delgados na Azorách). $PB'm,y$ je normalizovaná hodnota tlaku na hladině moře naměřeného na stanici Akureyri či Reykjavik.

$$PA'm,y = (P_{Am,y} - P_{Am}) / \sigma_{P35m}$$

P_{Am} je referenční průměr za zvolený měsíc (například průměrný lednový tlak naměřený na Azorách v letech 1951-1980). σ_{P35m} je směrodatná odchylka z referenčního měsíčního průměru.

3.3.1.3 Vliv NAO u nás

Atmosférický útvar označovaný jako severoatlantická oscilace může mít vliv až na 31% klimatické variability v měsících od listopadu do dubna na severní polokouli. Největší vliv lze pozorovat v severozápadní Evropě (Greatbatch, 2000). Severoatlantická oscilace determinuje především intenzitu západních větrů vanoucích do Evropy (Osborn, 2006). V zimních měsících si můžeme všimnout silných bouří, které přichází se vzduchovými hmotami ze severního Atlantiku. Markus Donat a kolektiv zmiňují

například bouři Kyrill z roku 2007 (Donat *et al.* 2010). Bouře v únoru roku 2020 rovněž korespondují s vysokým indexem NAO. Vlivem Corielisových sil vzniká mezi azorským a islandským systémem proudění vzduchu od západu (Osborn, 2006). Zřídka se stává, že dojde k otočení situace a nad Islandem se vytvoří tlaková výše a nad Azorami tlaková níže. V tomto případě se mění směr hlavního vzdušného proudění směrem do Středomoří. Do střední Evropy pak pronikají vzduchové hmoty především z kontinentu. Většina dní je charakterizována hodnotami NAOI okolo nuly (asi 40% dní), silné západní větry související s NAO+ tak lze pozorovat pouze v 6% případech. Kladné hodnoty pak znamenají 25% dní. Podobná situace platí pro negativní hodnoty (Donat *et al.* 2010).

Vliv NAO je pozorován především v severní Evropě a je spjat s oceánským klimatem. V literatuře se uvádí, že tento klimatický jev determinuje zimní a podzimní srážky. Vzduchové hmoty procházející přes Atlantik se nasatí mořskou parou, která má za následek zvýšení srážek v západní Evropě (Donat *et al.* 2010). Pozitivní index NAO související převážně se západními větry znamená sice vlhké počasí, ale většina srážek směřuje do severní Evropy (Osborn 2006). České země leží na pásu předělu mezi kontinentálním klimatem. Je tak otázkou, do jaké míry jsou ovlivňovány jevy v severním Atlantiku (Rust *et al.* 2018). Zdá se, že z ČR jsou s NAO signifikantně spjaty oblasti Krušných Hor, Krkonoš a Šumavy (Steirou *et al.* 2017).

Předmětem následujících odstavců je zhodnotit vliv severoatlantické oscilace na jihočeské klima. K tomu bylo využito záznamů úhrnu srážek a průměrné teploty jihočeských stanic (data byla poskytnuta ČHMU České Budějovice). Meteorologické záznamy pro analýzu byly zvoleny od roku 1901 do roku 2020.

Oblast Čech náleží do oblasti prolínajícího se vlivu kontinentálního a oceánského klimatu. Podle Františka Nekováře se jihočeské podnebí vyznačuje spíše maritimním charakterem (Nekovář 1966,3-10). S tímto závěrem korespondují i výsledky udávající míru ovlivnění jihočeského klimatu severoatlantickou oscilací.

Při porovnání denních hodnot NAOI a jihočeského počasí není pozorováno žádné propojení. V případě porovnání měsíčních hodnot je zřejmý vztah mezi NAO a klimatem v jižních Čechách. Pro popsání vztahu byl použit Pearsonův korelační koeficient (Lepš – Šmilauer 280).

Z výsledků je patrné, že vzdušné proudění z Atlantiku v zimních měsících nemá větší vliv na srážky v oblasti jižních Čech. Vztah mezi teplotami a převládajícím charakterem NAO je velice silný. Tyto výsledky ukazují na velmi výrazný oceánský charakter jižních Čech viz *Tabulka 1*. Z dat je také zřejmé, že korelace mezi NAO a teplotami není konstantní v čase a prostoru *Obr. 2* a *Obr. 3*.

Průměrná teplota	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
České Budějovice	0.34	0.25	0.35	0.14	-0.12	-0.03	0.02	0.10	0.30	0.17	0.20	0.35
Jindřichův Hradec	0.69	0.63	0.45	0.14	0.04	-0.16	0.00	0.21	0.43	0.21	0.21	0.60
Lenora	0.71	0.53	0.44	0.12	0.09	0.02	-0.04	0.08	0.22	0.15	0.36	0.63
Vráž	0.74	0.60	0.50	0.14	0.14	-0.14	0.06	0.20	0.52	0.24	0.29	0.66
Tábor	0.70	0.61	0.48	0.15	0.12	-0.15	0.09	0.23	0.48	0.22	0.25	0.65
Úhrn srážek	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
České Budějovice	-0.21	-0.07	-0.09	0.14	-0.06	-0.11	-0.07	-0.25	-0.12	-0.16	0.05	-0.02
Jindřichův Hradec	0.00	0.09	0.08	0.08	0.09	0.02	-0.12	-0.22	-0.25	-0.05	0.12	0.18
Lenora	0.32	0.30	0.11	0.28	0.21	-0.08	-0.18	-0.25	-0.11	-0.04	0.01	0.24
Kestřany	0.00	-0.08	-0.13	0.02	-0.03	-0.15	-0.11	-0.15	0.00	-0.16	0.06	0.08
Chýnov	0.03	0.06	0.05	0.20	0.02	0.02	-0.26	-0.32	-0.35	-0.01	0.13	0.13

Tab. 1 Tabulka korelačních koeficientů mezi měsíčním průměrem NAOI, měsíční průměrnou teplotou a úhrnem srážek

Severoatlantická oscilace je také jedním z vlivů působících na zimní a jarní přítok řek skrze zvýšení zimních srážek a jejich akumulaci v podobě sněhové pokrývky. Nicméně srážky v jižních Čechách jsou ovlivněny relativně minimálně. V jižních Čechách jde především o oblast Šumavy (Steirou 2017). Klimatická oscilace zvaná NAO, má v jižních Čechách dopad především na zimní teploty. V obdobích, kdy je index NAO záporný, neproudí do Evropy teplý oceánský vzduch a klima je determinováno spíše kontinentálními vlivy. Kladný NAO index tedy symbolizuje oceánské podnebí.

3.3.2 Euroasijský kontinentální systém

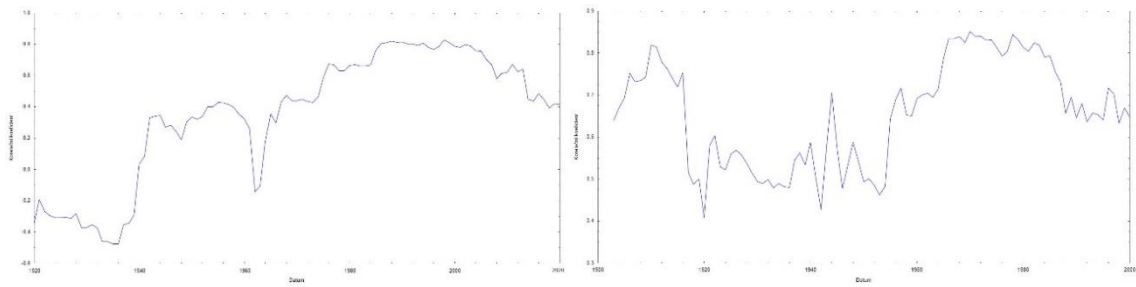
Až 22% variability v chladných měsících na severní polokouli způsobuje takzvaná arktická oscilace. Jedná se jev velmi silně spjatý s NAO. Nad Středozemním mořem je pozorován jev nazývaný mediteránní oscilace, zkráceně MO. Jedná se o vztah subtropických systémů v západním a východním Středomoří (Greatbatch 2000). V

období zimních měsíců kromě NAO a AO určuje klima komplexní systém zvaný Eurasian pattern, který je především projevem kontinentální tlakové výše a souvisí s pronikáním chladného kontinentálního vzduchu. Lze vidět spojitost s jevem severoatlantické oscilace. V období kladného NAO indexu totiž proudí vzduchové hmoty ze západu. Do střední Evropy se tak dostávají teplejší oceánské vzdušné hmoty. Naopak v situaci, kdy je index NAO záporný, je vliv Atlantského oceánu minimální. V takovýchto situacích převládá vliv euroasijského systému a do střední Evropy se tak dostává chladný kontinentální vzduch. Interakce obou systémů pak vysvětluje korelaci NAOI a průměrných teplot. V *tabulce 1* je znázorněn vztah mezi indexem NAO a teplotou. Silná korelace značí značnou souvislost mezi vzestupem teplot a intenzitou vzdušného proudění z oblasti Atlantiku (Ohhashi – Yamazaki 1999).

3.4 Využití rekonstrukce klimatických oscilací pro poznání minulého klimatu ve střední Evropě.

Různé práce se zabývají rekonstrukcí severoatlantické oscilace v minulosti (Hernández *et al.* 2020; Cook *et al.* 2019). V nedávné době byly rekonstruovány indexy NAO do období korespondujícího s počátkem neolitu (Olsen *et al.* 2012) a do období mezolitu (Becker *et al.* 2020). Lee Drake využil rekonstrukce NAO k analýze příčiny tažení Teutonů a Cimbrů a stěhování národů (Drake 2017).

V bakalářské práci autora bylo také extenzivně využito těchto rekonstrukcí k charakteristice klimatu doby římské (Vobejda 2018). V oponentském posudku Oldřich Kotyza upozorňoval na nestálost klimatických jevů a nemožnost odhadu vlivu klimatických systémů na minulé klima (Kotyza 2018). V rámci zhodnocení proměnlivosti vlivu NAO na jihočeské klima byl spočítán dvacetiletý klouzavý průměr korelace NAO indexu a zimních teplot Písku a Českých Budějovic. Grafy: *Obr. 1 a 2* ukazují značnou rozdílnost vlivu NAO v čase. Výrazné je například zvýšení korelace teplot Českých Budějovic, svědčící o rostoucí oceanicitě Českobudějovické pánve v současnosti.



Obr. 2 Vlevo. Desetiletý klouzavý průměr korelace únorových teplot a NAOI. Stanice České Budějovice.

Obr. 3 Vpravo. Desetiletý klouzavý průměr korelace únorových teplot a NAO. Stanice Písek.

Z klouzavého průměru korelace NAOI a teplot jižních Čech vyplývá, že v průběhu 20. století se vliv NAO na jižní Čechy významně měnil. Oblast Českých Budějovic v první polovině 20. století vykazovala negativní korelaci srážek a NAOI (okolo -0,4). Negativní korelace svědčí o vztahu jihočeského klimatu k atlantickým tlakovým útvarům, ale jiného charakteru než v posledních 60 letech. Tento jev může ukazovat na ovlivnění Českobudějovicka například vzduchovými hmotami ze Středomoří nebo na výraznou kontinentalitu Českobudějovické pánve v prvních 40 letech 20. století. Oblast Písecka v této době byla spíše oceánická. Korelace s indexem NAO je v první polovině 20. století taktéž nízká, ale její nejnižší hodnoty se pohybují okolo $r^2=0,4$. Lze tedy říct, že vliv atmosférických cirkulací na jižní Čechy je velmi nestálý v čase a prostoru.

Pokud počítáme s výrazným ovlivněním atmosférických cirkulací solárními vlivy (Magney 2004), není charakter NAO v minulosti zdaleka optimálním ukazatelem klimatických změn. Atmosférické útvary jsou také ovlivněny terestrickými událostmi, jako byl například kolaps laurentinského ledovce, který v době 8,2 tisíce let před současností výrazně ovlivnil golfský proud a klima severní polokoule (Matero *et al.* 2017). Je tedy přínosnější využít nepřímá data a data historické klimatologie ke zpřesnění poznání cirkulačních jevů než naopak. Tato problematika si zajisté zaslouží, aby jí byla věnována další pozornost.

3.5 Srážky

S kontinentalitou souvisí do velké míry rozložení srážek v čase. Při větší kontinentalitě je většina srážek koncentrována do oblasti letních měsíců. To se týká především nížin jižních Čech, ve kterých je 38-41% srážek zaznamenáno v letních měsících. Například ve stanici Prášily procento letních srážek činí 27,8%. Nekovář uvádí, že nejextrémnější jihočeskou stanicí jsou Komařice, kde bylo pozorováno 44% letních srážek a naopak pouze 12,2% zimních srážek. Většina srážek se vyskytuje ve vegetačním období. Pro oblast Šumavy je poměr mezi srážkami, které se vyskytují ve vegetačním období a v době vegetačního klidu 62:38. Srážky jsou tedy rovnoměrně rozprostřeny v průběhu celého roku. Poměr srážek růstového a klidového období pro oblast nížin činí 78:22. Deště se tak vyskytují převážně ve vegetačním období. Největší variabilita srážek je v Českobudějovické pánvi a dále v pásu od Českých Budějovic k Písku a Strakonícím. V oblasti Šumavy, Táborska a Jindřichohradecka jsou naopak srážky rovnoměrněji rozložené v celém roce. (Nekovář 1966, 6-10).

3.6 Vlivy na změny podnebí

3.6.1 Rybniční síť a změna klimatu

Jestliže chceme popsat klima zájmové oblasti v minulosti, je třeba zohlednit možný charakter krajiny nepřetvořené člověkem. Pro účely studia vlivu přírodního prostředí, zejména prehistorické a protohistorické společnosti, je tak nutné porozumět vlivu rybničních systémů na změnu klimatu. Rybníky se v krajině objevují ve větší míře ve vrcholném středověku. Ve této době byly umělé vodní plochy využívány především k hospodaření s vodou. V krajině protkané nádržemi a haltýři postupně začaly převládat rozsáhlé rybniční sítě, jejichž účel byl z velké části ekonomický. Výsledkem rozvoje rybníkářství bylo přetvoření mokřadů, které v jižních Čechách zabíraly a stále ještě zabírají znatelné plochy. Vzhledem k tomu, že rybniční plochy přispívají značnou měrou k srážkám v určitých oblastech, je třeba si položit otázku, jak by se lišil výpar nad těmito oblastmi, kdyby nebyly pokryté rybníky (Křivánek, 14-19).

Vlivem přítomnosti rybníčních ploch na podnebí se zabýval František Nekovář. Z jeho práce plyne, že rybníční oblasti mají o jeden stupeň vyšší průměrnou teplotu než oblasti ve stejné nadmořské výšce, ale bez většího množství vodních ploch.

Vodní plochy také pozitivně ovlivňují srážky. Především v kopcích mezi Třeboňskou a Českobudějovickou pánví. V letních měsících vzdušné proudy vanoucí od západu získávají vlhkost výparem z velkých rybníčních ploch. Srážky se pak uvolňují nad kopcovitým terénem na přechodu Třeboňské a Českobudějovické pánve a na hranicích Jindřichohradecka (Nekovář 1967,3-11). Nicméně rybníční plochy, které pokrývají v jižních Čechách zhruba 25 000 hektarů (<https://www.ceskovdatech.cz/clanek/111-vodni-plochy-v-cesku/>) jsou relativně novým fenoménem. Otázkou je, zdali se liší výpar v oblastech mokřadních a radničních.

Výparem v mokřadních oblastech se zabývali např: Mohamed *et al.* 2011; Anda *et al.* 2015; Acreman *et al.* 2003. Mokřady se liší od otevřených vodních ploch především vegetačním pokryvem. Rybníční plochy jsou ale v krajině také kombinovány s lesy a zemědělskou krajinou. Mokřady se mimo jiné vyznačují značnou rozmanitostí. Skládají se z menších vodních ploch, rašelinišť a otevřených permanentně zaplavených prostor. Často se jedná o pánve nebo horské pláně s omezeným odtokem vody.

V mokřadních oblastech převažuje nad výparem tzv. *transpirace*, tedy uvolňování vody do ovzduší v rámci rostlinného dýchání a fotosyntézy. Výpar vody z půdy a vodní hladiny, půdy či spodní vody tvoří v mokřadních oblastech okolo 20%. Transpirace je v těchto oblastech zodpovědná za zhruba 80% výparu (Anda *et al.* 2015). Vzhledem k značné variabilitě biotopů v jihočeských oblastech, převládajícím lesům a faktu, že mnohé mokřadní oblasti mají vlivem transpirace vyšší výpar, nelze jednoznačně říct, že výpar v oblasti jižních Čech výrazněji ovlivnilo rybníkářství. Změny podnebí způsobené rybníkářstvím jsou s největší pravděpodobností naprosto zanedbatelné.

3.6.2 České Budějovice: antropogenní změna klimatu

Jak již bylo zmíněno, Českobudějovická pánev má v porovnání se zbytkem jižních Čech poněkud odlišné klimatické podmínky. Teploty v okolí Českých Budějovic jsou unikátní kromě jiného kvůli přítomnosti průmyslu a antropogenním faktorům. Tento jev se v menším rozsahu týká i ostatních větších jihočeských měst. Spolu s Třeboňskem

jsou to oblasti s nejvyššími teplotními maximy. Rekordně nízká teplota pak byla naměřena v obci Litvínovice v únoru 1929. Podle Františka Nekováře mají České Budějovice nejnižší míru sluneční iradiance, což je způsobeno také vzdušným znečištěním. Nad Českými Budějovicemi je z důvodu koncentrace průmyslu nejvyšší míra vzdušného znečištění prachovými částicemi a kouřem. V současné době je znečištění na rozdíl od 60 let rovnoměrněji rozprostřeno po kraji v souvislosti s rozvojem průmyslu ve zbytku jižních Čech (Nekovář 1967,26-33). Otázka vlivu průmyslu je pro poznání klimatu v minulosti klíčová, nicméně vzhledem k rozdílnému vlivu znečištění v průběhu roku a dalším rušivým faktorům, velmi těžko zodpověditelná. Podobně jako vliv vodních ploch nelze s jistotou zahrnout ani vliv průmyslu do charakterizování pravděpodobného klimatu regionů jižních Čech v minulosti.

4 Analýza prostoru v archeologii

Na poli dnešní archeologie je velká pozornost věnována prostorové analýze. S přibývajícím množstvím různorodých archeologických dat vyvstávají četné otázky, které jsou tradičními metodami jen velmi těžko uchopitelné (Bevan – Lake 2013).

V archeologii jsou od jejího počátku skloňovány pojmy jako prostor, sídliště, krajina, životní prostředí. Tyto pojmy se často prolínají a v některých případech jsou plně zaměnitelné. Význam těchto pojmů je v jednotlivých paradigmatech archeologické vědy vnímán poněkud rozdílně. V evropském prostoru se takzvané sídlištní archeologii věnovaly v první polovině 20. století generace badatelů. Na počátku století významnou měrou přispěli k výzkumu kulturně historičtí archeologové, kteří si uvědomovali důležitost analýzy sídelních struktur v prostoru. Jedním z nejvýznamnějších byl Gustav Kossina, který do archeologie uvedl pojem sídelní archeologie (*Siedlungarchaeologie*). Tento přístup byl nicméně propojen s populárními vlasteneckými tendencemi. Jedním z největších nedostatků tohoto směru archeologického bádání byly snahy o propojení prostorového členění archeologických kultur s etnicitou. Na Kossinovu sídelní archeologii navázal německý geograf Walther Christaller se svou teorií centrálních míst (Christaller 1933). Do tohoto proudu spadají i práce Herberta Jankuhna z doby jeho působení v NSDAP a SS Ahnenerbe. Poválečná archeologie si již negativní důsledky

vlasteneckých či nacionalistických vlivů v teorii uvědomovala. V rámci denacifikace byla sídelní archeologie těchto vlivů zbavována. Nicméně pod vlivem socialismu zůstala ve střední Evropě kulturně historická archeologie po zbytek 20. století populární (Kuna – Dreslerová 2007).

Přestože analýzy distribucí sídlišť, komponent, artefaktů a hustot osídlení jsou nedílnou součástí archeologie, velké množství archeologů se při interpretaci prostorových vztahů spoléhá na intuitivní přístup k prostorovým datům. Podle Andrew Bevana s kolektivem stojí za nepopularitou matematického vyhodnocení prostorových dat jakési vystřízlivění po jeho rychlém rozmachu v 70. letech 20. století, spolu s nedocenením jejich možností (Bevan *et al.* 2013).

V německé sídelní archeologii došlo v poválečném období ke změnám. Hlavními otázkami výzkumu se stávalo přírodní prostředí, vývoj osídlení v krajině a zaměření na fungování jednotlivých sídlišť. Tento směr je reprezentován v pozdějších pracích Herberta Jankuhna (Jankuhn 1977). Vývoj sídelní archeologie byl později ovlivněn procesualismem. Jedním z prvních badatelů, kteří se zasloužili o zavedení moderních analytických přístupů, byl David Clarke. Kromě možnosti využití popisné a analytické statistiky v artefaktuální archeologii přinesl mnoho inovací do prostorové a sídlištní archeologie (Clarke 1966; Clarke 1977). Ve stejné době se otázkou krajinné archeologie a interpretace prostorového charakteru archeologických dat jako důležitou součástí postprocesuálního přístupu zabýval Ian Hodder (Hodder – Orton 1976).

V rámci procesualismu byly adoptovány nové postupy těžící z realismu. Od 70. let se součástí archeologické teorie stávají principy pronikající z kybernetiky (Kohler). Jedná se například o teorii systémů rozvíjenou pro účely archeologie Kentem Flannerym (Flannery 1968). Teorie systémů je aplikovatelná na většinu v archeologii řešených problémů. V prostorové archeologii do jisté míry navazuje na školu *Siedlungsarcheologie*. Teorie se zakládá na rozložení modelů na systémy mezi sebou interagující (Kohler 2012).

Velká komplexita řešené problematiky vyžadovala adekvátní řešení, kterým bylo využití prostorové statistiky a počítačových simulací (Bevan – Lake 2013). Archeologie má ve zvyku rozdělovat data na určité jednotky. Jde například o členění lidské

společnosti na základě sociálního postavení, prostorové interakce sídelních jednotek na úrovni hospodářství, osad, sídlišť a podobně. Vztahy mezi jednotkami jsou pak odvozovány například z jejich rozmístění v prostoru. Důraz je kladen na způsob vzniku a charakter interakcí (Neustupný 1991).

V našem prostředí je tento přístup k dané problematice poněkud odlišný. Vlivy procesualistického přístupu k analýze se objevovaly jen sporadicky (např. Rulf 1983; Rulf 1989). V pracích Evžena Neustupného hraje důležitou roli teorie využívaná v procesuální archeologii (Neustupný 1991). Osvojování postupů analytické archeologie v české archeologii pak postupovalo relativně pomalu. V současné době je již přirozené využívat pro analýzu prostorových dat prostředí geografických informačních systémů, které se stalo nedílnou součástí analytické archeologie v devadesátých letech. Rozvoj výpočetních kapacit umožnil analýzy obrovských souborů, ale i teoretické simulace. Značnou popularitu v prostorové archeologii získala tvorba predikčních modelů, popřípadě modelování krajiny na základě environmentálních dat. Tento fenomén je označován pojmy jako *Digital archaeology* či *Digital humanities*. Dostupnost souborů paleoklimatologických záznamů poskytuje také informace o vegetačním pokryvu. (<http://botany.natur.cuni.cz/palycz>; <https://www.noaa.gov/>). Využití analýz dohlednosti, dostupnosti zdrojů a například hydrologických modelů násobí možnosti zpracování dat v analytické prostorové archeologii (Bevan – Lake 2013).

5 Specifika prostorových dat v archeologii

5.1 Archeologický kontext

Za artefakty se skrývá mnoho významů důležitých pro fungování živých systémů. Mnoho těchto proměnných bylo odfiltrováno odstraněním artefaktu ze systému a následnými transformačními procesy. Tafonomie způsobuje zánik drtivé většiny artefaktů a redukci informací. Při interpretaci dat se objevují problémy s charakterem artefaktů, které jsou hlavním zdrojem poznání v archeologii. Artefakty již automaticky pokládáme za doklady aktivity v místě nálezu v určitém čase (Crema *et al.* 2010). Otázka archeologického záznamu je však komplexnější. Současná archeologie využívá

značně propracovaných konceptů pro vyrovnání se s tafonomickými procesy a ukotvení předmětů v čase a také popisu nejasnosti jejich polohy v prostoru (Bevan *et al.* 2013).

Michael B. Schiffer věnoval pozornost funkci artefaktů v systemickém kontextu (Schiffer – Skibo 1997), tedy v systému živé kultury. Procesy doprovázející artefakty v době jejich fungování v systemickém kontextu se dělí na několik fází. Z těchto procesů je důležitý pro interpretaci v prostorové analýze transport ovlivňující polohu artefaktu. Správnost datace závisí na prodlevě mezi výrobou artefaktu a jeho odstraněním ze systemického kontextu. Tento časový interval bývá ještě ovlivněn recyklací a opakovaným používáním artefaktu. Po jeho vyřazení z hmotné kultury dochází k transformaci ze systemického kontextu do kontextu archeologického. Většina předmětů však při archeologizaci podléhá tafonomickým procesům (Schiffer 1999).

Časové a prostorové charakteristiky v mnohých případech nabývají nejasných (*fuzzy*) hodnot (Lieskovký – Duračiová 2013). Lokace archeologické akce může být bod, soubor bodů, prostor a podobně. Doba trvání událostí, reprezentovaných nálezy a přenesené body na mapě, je rovněž nejasná (Bevan *et al.* 2013).

Archeologický kontext je tedy jakýmsi otiskem události či procesu, který probíhal po nějakou dobu, někdy v minulosti, někde v prostoru. Dalšímu zjednodušení záznamu se lze jen těžko vyhnout. Při interpretaci/dataci vzniká chyba datování, která bývá eliminována zasazením datace do intervalu (Crema *et al.* 2010; Bevan *et al.* 2012; Demján – Dreslerová 2016; Dreslerová-Demján 2019).

5.2 Databáze

Prostorová analýza často pracuje s databázemi. V dnešní době existuje nepředstavitelné množství archeologických dat a vyvstává tak potřeba jejich zprostředkování badatelům, například pro účely prostorové analýzy. Do nedávna byly jediným zdrojem poznání stavu archeologického bádání v určitých oblastech pouze publikace, články a nálezové zprávy. Databáze archeologických výzkumů a nálezů jsou v současné době dostupné vědecké i široké veřejnosti a značně zjednodušují práci s archeologickými daty. Dostupnost velkých souborů posouvá prostorovou archeologii do nového období, ve kterém mohou být na základě volně dostupných dat a datových souborů řešeny archeologické otázky týkající se měřítka mikro až makro. Kromě databází

archeologických se nově objevují databáze radiokarbonových dat, které svým charakterem umožňují přesnější tvorbu časoprostorových modelů osídlení. Velkou nevýhodou radiokarbonové metody byla dlouhou dobu technická náročnost a cena, která se promítala do množství nalezišť datovaných tímto způsobem. Pokroky na poli spektrometrie způsobily vyrovnávání rozdílů záznamů datovaných tradičními metodami a pomocí metody založené na rozpadu radionuklidu ^{14}C . Eric Robinson s kolektivem uvádějí, že v roce 2019 obsahovala kanadská radiokarbonová databáze více než 100 000 záznamů (Robinson *et al.* 2019).

Nevyhnutelným důsledkem vytváření obsáhlých veřejně přístupných databází je takzvaná decentralizace archeologické vědy. Decentralizace svým způsobem ruší disbalanci mezi profesionálními archeology, kteří mají k dispozici institucionální zázemí, a archeology amatérskými (Farjado – Rottermund 2017). Například projekt AMČR umožňuje amatérským archeologům a samostatným badatelům spolupodílet se na tvorbě záznamů v databázi a z databáze také čerpat (Kuna *et al.* 2015).

Databáze jsou pak samy o sobě převodem archeologického kontextu do virtuální reality a abstrakcí poznatků archeologických akcí. Odraz skutečných poznatků je pro účely databází zredukován na několik klíčových datových sloupců. Většina veřejně přístupných databází vznikla jako interní záznamy institucí zabývajících se památkovou péčí (Robinson *et al.* 2019). Archeologická databáze Čech byla původně interní systém pro Archeologický ústav Akademie věd v Praze (Kuna – Křivánková 2006). Z těchto faktů vyplývá, že se jedná spíše o systém, který má za úkol zpřehlednit stav výzkumu v jednotlivých oblastech a zjednodušit orientaci v nepřehledném množství nalezišť a archeologických akcí. Databáze vytvořené za tímto účelem, mezi které patří také Archeologická databáze Čech, tak netvoří optimální zdroj dat pro prostorovou analýzu. Jedná se nicméně o velice cenný zdroj, který se dá po určitých úpravách použít například ke znázornění populační hustoty (Demján – Dreslerová 2016).

Archeologická databáze Čech a její nástupnický projekt Archeologická mapa České republiky patří k nejrozsáhlejším archivům archeologických dat. Nicméně charakter zápisů značně komplikuje využití databáze při rozsáhlejším vytváření prostorových modelů. V případě Archeologické databáze Čech je velké množství zápisů převzatých z periodik BZO, Výzkumy v Čechách a digitálního archivu nálezových zpráv. Jedná se

tedy z velké části o předběžné zprávy a neúplné informace. Nejdůležitější data jsou zapisována do několika různých sloupců a často do souvislého textu, což komplikuje interpretaci. Nejasné zápisy by mohly být vyřešeny revizí a validací všech starších výzkumů, což je cílem projektu AMČR (Kuna *et al.* 2015).

V případě využití surových dat je nutné údaje dále upravovat. Při další úpravě dat tedy vždy dochází k dalšímu zjednodušení a zkreslení již tak fragmentárních a nepřesných informací. Klíčové je zvolit vhodný kompromis abstrakce záznamů k počítačovému vyhodnocení, který zajišťuje minimální ztráty informací. Při úpravě dat pro vizualizaci či analýzu je třeba vyfiltrovat většinu informací, které bývají součástí článků, nálezových zpráv a podobně. Celá kniha o nalezišti se tak může zmenšit na minimum informací. Klíčem k co nejpřesnějšímu modelování je zvolení vhodných proměnných, které budou lokalitu reprezentovat. Nejčastěji se jedná o redukci na pouhou tečku na mapě reprezentovanou prostorovými souřadnicemi a informacemi o trvání v čase, popřípadě další hodnotou (Bevan *et al.* 2013).

5.3 Teorie práce s prostorovým daty: modely

Jak již bylo zmíněno, epistemologické problémy archeologické vědy se snaží vyřešit různé přístupy k datům. Procesualistická a později behaviorální archeologie prosazovaly zejména v 70. letech pozitivistický přístup k interpretační archeologické teorii, založený na ověřených datech a empirických pozorováních (Binford 1972, Clarke 1968, Gibbon 1989).

Populární bylo zejména vytváření obecných pravidel, které odrážejí fungování přírodních a prehistorických populací (Watson *et al.* 1971). Základem byla formulace zákonů založených na empirickém pozorování a poznatků etnografie (Binford 1978; 2001) nebo statistické analýze a matematických charakteristikách (Clarke 1968; 1977). Behaviorální archeologie se pak ve snaze vytvořit sadu zákonů soustředila na vlastnosti artefaktů ve vztahu k fungování systémů za využití poznatků z evoluční ekologie a antropologie (Binford 1962; Schiffer 1997).

Timothy Kohler považuje tento přístup za obtížně aplikovatelný v archeologické interpretaci a zároveň zmiňuje potenciál archeologické interpretace založené na modelech vytvořených přímo pro řešení konkrétních otázek na konkrétních datech. Na

základě tohoto přístupu jsou vytvářeny různé druhy modelů. Jedním druhem jsou takzvané mentální nebo sémiotické modely. Jejich aplikaci se téměř nedá vyhnout. Princip spočívá ve vytvoření myšlenkového modelu, který vychází z hypoteticko-deduktivního zhodnocení dat za účelem řešení otázek typu: Co se stalo? Proč se to stalo? Jaké mechanismy byly zapojeny? a podobně. Na rozdíl od empirických zákonů není přístup založený na modelech univerzální. Bývá aplikován na jeden konkrétní problém. Za model je považován imaginární systém, který je vložen mezi badatele a mezi předmět zájmu. Takový systém může být jazykový (řeč nebo programovací jazyk), matematický, nebo reprezentován jakoukoliv symbolikou. Rozvoj technologií a metodických postupů umožňuje pokrok na poli archeologie využívající modely. Jistým ideálem přístupu k archeologickým zdrojům jsou takzvané multiagentní modely nebo *agent based models*, které zahrnují složitější interakce vzájemně propojených systémů. Tyto přístupy jsou využívány v návaznosti na teorie komplexních systémů. Je nutné podotknout, že míra realismu v tomto případě klade obrovské nároky na pramennou základnu a prozkoumanost sledovaného regionu (Kohler-van der Leeuw 2007).

Multiagentní modely (nebo. tzv. modely založené na činitelích, či *agent based models*) byly využity například ve studii zabývající se osídlením mikroregionu Messa Verde mezi lety 600 a 1300 našeho letopočtu. Timothy Kohler s kolektivem řešil základní otázky teorie komplexních systémů v archeologii (vznik, transformaci a zánik) pomocí multiagentního modelu zahrnujícího rozložení archeologických dat na činitele, jakými jsou jednotlivé domácnosti. Model zahrnoval mimo jiné dostupnost přírodních zdrojů, jako je palivové dřevě nebo výskyt zvěře. Rekonstrukce klimatu z letorostů a hydrologický model byly využity spolu s informacemi o daných půdách k odhadu výnosu kukuřičných polí, která byla na základě makrozbytkových analýz určena jako hlavní zdroj obživy. Datace jednotlivých sídlišť byla vytvořena na základě pravděpodobností získaných zhodnocením keramické typologie, odhadu badatele, absolutních datací a datování okolních sídlišť. U sídlišť byla v potaz brána rozloha a pomocí nedestruktivního průzkumu a exkavace zjištěný počet struktur obytných komponent na sídlišti, vzdálenosti k ostatním sídlištím a podobně (Kohler *et al.* 2007). Podobné studie jsou například: Dean *et al.* 2000; Axtel *et al.* 2002; Griffin – Stanish 2007; Conrad *et al.* 20018; Chliaoutakis-Chalkiadakis 2019. Metody agentního modelování jsou popsány například zde: Crabtree – Kohler 2012; Macal – North 2014.

Data používaná v modelu jsou ale vždy svým způsobem idealizovaná a dochází k určité míře abstrakce (Bevan-Lake 2013). Abstrakce, založená na již zmíněném zjednodušení a rozložení na komponenty, bývá využitelná především v matematickém hodnocení empirických dat založeném na pozitivistických přístupech (Clarke 1968). Předností abstrakce je relativní jednoduchost systémů. Přístup pochází původně z matematické teorie a je hojně využíván v oblasti informatiky a statistiky. Na základě pozorovaných dat jsou nadefinovány objekty a vztahy mezi nimi. S nadefinovanými matematickými veličinami se dále pracuje. Výhodami abstrakce je možnost přidělení číselných hodnot nebo slovních kategorií artefaktům nebo spíše obecně archeologickým datům. Číselné hodnoty umožňují zjednodušeně popsat realitu, která je běžnými způsoby těžko uchopitelná. Základní jednotkou abstraktního modelování je takzvaný abstraktní datový typ. Jedná se do jisté míry o popis určitých vlastností skutečného objektu pomocí matematických proměnných, v případě archeologické analýzy artefaktů označovaných termínem atribut a deskriptor (Ruggles 1992).

Při využití prostorového modelování v prostředí geografických informačních systémů se nejčastěji využívá právě abstrakce, která umožňuje snadné převedení dat do formátů, ve kterých počítačové systémy pracují. Studie zabývající se využitím geografických informačních systémů se objevují na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století. Základní myšlenky tohoto přístupu čerpají z informatiky a archeologické teorie rozvíjené od sedmdesátých let *novou archeologií* (Ruggles 1992). V současné době jsou díky rozšíření geografických informačních systémů studie využívající abstrakce velmi časté (např: Wright *et al.* 2020).

Za jistý protipól abstrakce můžeme považovat realistický přístup zaměřený na pochopení reality prostřednictvím archeologie. Od 90. let minulého století pronikají do archeologické vědy filozofické směry, které s sebou nesou řadu nových přístupů. Jedním z nich je realismus, který na rozdíl od pozitivismu zaměřeného na abstrakci a ověřená „tvrdá“ data považuje za hlavní úkol archeologie poznání reality. Realismus reagoval na relativistický přístup vlastní především postprocesualistickým badatelům. Relativisté zaujmají k interpretaci značně odlišný postoj, do značné míry ovlivněný skepticizmem a marxismem. Podle relativistů je interpretace artefaktů vždy subjektivní, jedná se o konstrukt založený na současné kultuře a politice, který nemůže objektivně

odrážet realitu. Nepozorovatelná rovina je tedy pouze teoretickou interpretací, která není ve reálném světě relevantní (Malmer 1993).

Michael Shanks a Christopher Tilley popisují interpretaci jako znovustvoření historie skrze současné představy. Relativistická teorie byla kvůli svému až příliš skeptickému přístupu k artefaktům nebo k archeologickým kulturám podrobována značné kritice (Shanks-Tilley 1987). Podobně jako pozitivismus, je realismus založen na exaktních přístupech a empirických datech, nicméně cíle realistů jsou skrze analýzu artefaktu dosáhnout poznání minulosti, kterou pokládají za přímo otištěnou v artefaktech. Mats Malmer uvádí, že *„Způsob myšlení navrhovaný šampiony realistické teorie je naprosto stejná strategie vyzorovaná všemi dobrými archeology od počátků naší disciplíny.“* (Malmer 1993).

Rozdíly mezi realismem a abstrakcí jsou patrné v interpretaci poznatků prostorové archeologie. Každý z těchto přístupů má své výhody a nevýhody a ve většině případů jde o kombinaci těchto dvou přístupů. Vývoj archeologické teorie k převládajícímu názoru o větší vhodnosti realismu oproti ostatním konceptům ovlivnil spolu s rozvojem informatiky způsoby modelování. Badatelé na poli interpretační teorie analytické archeologie se shodují na větší využitelnosti tzv. bottom up přístupu spíše než top-down, zaměřeného na elitní prostředí. V analytickém přístupu k archeologickým datům je klíčové neoddělovat časovou a prostorovou rovinu. Andrew Bevan uvádí důležitost celostních modelů a zmiňuje nebezpečí přístupu, při kterém jsou sledovány jen některé faktory (Bevan–Lake 2013). K tomuto přístupu svádí v poslední době dostupnější data v případě různorodých databází. Pro účely této práce nejde ve sledovaném rozsahu nezjednodušovat, nicméně principy popsané v této kapitole jsou pokládány za ideál.

5.4 Rastr a vektor

Prostorová data využívána v geografických informačních systémech jsou na základě svého charakteru dělena na 2 druhy. Prvním, nejčastěji využívaným druhem dat jsou vektorová data. Jedná se o body, linie, či polygony. Druhým druhem dat jsou data rastrová, která tvoří síť pixelů/čtverců. Každý čtverec je charakterizován jednou či více proměnnými. Nejčastějšími příklady jsou plány povrchu či reliéfu. Vlastnosti rastrů,

kdy je síť charakterizována určitými hodnotami. Rastry jsou také využívány v případě rastrových modelů nebo predikčních map. (Hodgkinson 2010).

5.5 Efekt prvního a druhého řádu

Prostorová data se vyznačují množstvím specifík a jsou charakterizována takzvanými efekty prvního a druhého řádu.

Efekt prvního řádu udává vliv jednotlivých bodů/komponent a jejich vlastností na charakter souboru. První řád tedy souvisí s hodnotami proměnných, které reprezentují prostorová data (tečky na mapě). Jedná se například o počet objektů zachycených na sídlišti. Může se jednat o spojitá data, například o počet zachycených objektů, velikost areálu, absolutní dataci nebo počtem určených makrozbytků. Kromě spojitých hodnot efekt prvního řádu určuje i proměnné kategoriální. Jedná se například o datace v určitém intervalu, rozlohu sídliště podle kategorie či typ fortifikace (Knitter-Nakoinz 2018).

Efekt druhého řádu závisí na vztahu bodů navzájem. Samotný vzor rozložení bodů v prostoru dává odpověď na množství otázek. Efekt druhého řádu se týká například vzdáleností mezi body, rozmístění v prostoru, shlukovitosti a podobně. Data také nemusí být analyzována v jednotném měřítku, což způsobuje určité zkreslení (Ripley 1976). Rozsah a přiblížení determinují vztah mezi body, které vykazují v různých měřících, či prostorových výběrech různé vzory. Z toho vyplývá, že v jednom měřítku se může například jednat o náhodné rozložení a v jiném měřítku se mohou vytvářet shluky (Crema *et al.* 2013). Prostorové rozmístění artefaktů v rámci objektu, výzkumu nebo naleziště se v případě analýzy většího měřítka stává zredukovanou proměnnou jednoho prostorového bodu (Knitter-Nakoinz 2018).

5.5.1 Analýza efektu prvního řádu

5.5.1.1 Autokorelace

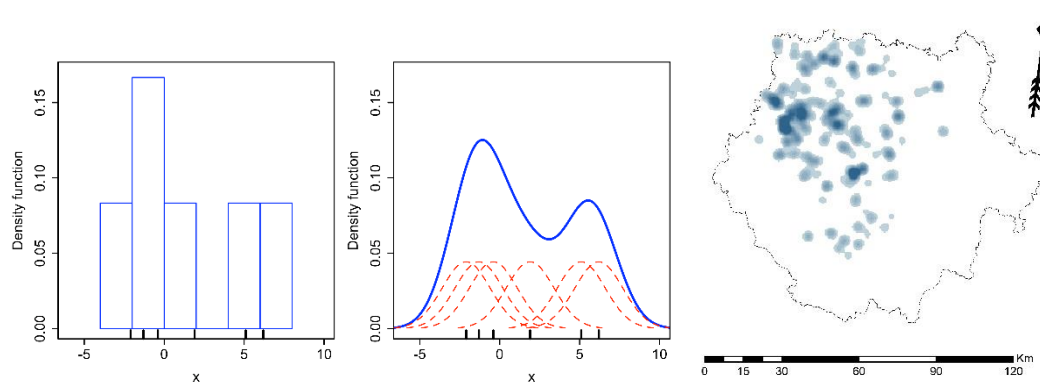
Prostorová data se vyznačují dalšími specifiky. Jedním z nich je autokorelace. Jedná se o vzájemný pozorovatelný vztah mezi prostorovými daty. V prostoru je velice nepravděpodobné, že nastane ojedinělý a výjimečný jev, který nebude mít vliv na své okolí. Jeho výskyt bude spíše souviset s okolními oblastmi, s kterými se bude vzájemně

ovlivňovat. Je zřejmé, že prostorová data spolu souvisí v závislosti na vzdálenosti. Vzdálenější oblasti budou vykazovat menší vzájemnou autokorelaci v porovnání s autokorelací blízkých oblastí (Anselin 1982; Goodchild 1986; Knitter-Nakoinz 2018). Vzájemná autokorelace je podmínkou pro data vstupující do prostorové statistiky. V případě nízké autokorelace tak ojedinělé extrémní hodnoty pak mohou narušit homogenitu dat.

5.5.1.2 Další způsoby analýzy efektu prvního řádu

Efekt prvního řádu může být sledován pomocí různých statistických nástrojů. Jedním z nich je přístup založený na hustotě bodů a na intenzitě určitých parametrů. Je jím tzv. *kernel density estimation*. Česky se tento přístup označuje jako odhad hustoty jádra. Jedná se o způsob vyhlazování rozložení, který využívá body definované v prostoru souřadnicemi x , y . Funkce se zakládá na předpokladu, že hodnoty reprezentované body nedeterminují pouze jeden bod, nýbrž prostor (Knitter-Nakoinz 2018; Zimmerman *et al.* 2009).

V případě prostorové statistiky se na základě hodnot bodů vytvoří funkce pravděpodobnosti normálního rozložení v prostoru, s jádrem v místě bodu. Překryvy těchto funkcí jsou vzájemně sečteny. Tímto postupem je vytvořena pravděpodobnostní funkce v prostoru. Na *obrázku 3* je funkce znázorněna ve dvourozměrném zobrazení a na *obrázku 4* je znázorněno její praktické využití.



Obr. 4 Vlevo dvojrozměrné zobrazení funkce kernel ze zdroje:

https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_density_estimation

Obr. 5 Vpravo využití kernel density estimation v prostoru. Znázornění hustoty halštatského osídlení.

5.5.2 Efekt druhého řádu

Jedním z možných sledovaných charakteristik je distribuce bodů v prostoru. Rozložení bodů může být rovnoměrné, náhodné nebo shlukovité. Andrew Bevan zmiňuje, že za prostorovým uspořádáním jsou často hledány „zajímavé“ okolnosti. Shluky prostorových bodů jsou často interpretovány jako důsledek migrace do určitých míst. Koncentrace nalezišť pak může být projevem přitažlivosti určité oblasti vlivem například klimatických, environmentálních i sociálních podmínek. Rovnoměrné rozmístění bývá často připisováno opačnému vlivu, který by se dal s trochou nadsázky popsat jako „odpuující“ se sídelní areály. Rovnoměrné vzdálenosti mezi sídlišti tak mohou být způsobeny kompeticí o zdroje nebo dosažením nosné hranice prostředí. V případě rovnoměrného rozložení artefaktů v prostoru (například depotů) bývá častou interpretací cílené a promyšlené (rituální či symbolické) lidské jednání (Bevan *et al.* 2013).

Statistické metody testující charakter, se zakládají na porovnání pozorovaného rozložení bodů s rozložením čistě náhodným. Prostorová statistika za účelem odhalení charakteru dat využívá takzvanou *Poissonovu distribuci*. Jedná se o funkci, na základě které jsou vygenerovány náhodné body v prostoru (Crema *et al.* 2010; Swoboda 1977, 89).

5.5.2.1 Monte Carlo

Kromě standardní statistiky a statistiky založené na Bayesovské pravděpodobnosti existuje ještě soubor metod, který využívá opakované simulace. Statistické postupy založené na simulacích procesů označujeme zastřešujícím termínem Monte Carlo. Mezi Monte Carlo metody spadá Takzvaná Ripleyho K-funkce (Ripley 1976).

Při kalkulaci K-funkce je vygenerováno množství náhodných bodů, jejichž poloha je pro různé oblasti a měřítka porovnávána s analyzovanými body. Sledován je počet bodů určité vzdálenosti od vybraného bodu. Tento parametr je kalkulován pro každý bod v souboru. Poté je spočítáno množství náhodně rozmístěných bodů, které se vyskytují ve stejné vzdálenosti. Tento proces je opakován. V případě, že bychom body porovnávali pouze s jedním vygenerovaným souborem, mohlo by dojít k chybě způsobené náhodou. Na základě simulací je stanoven konfidenční interval, který určuje rozmezí (kolik bodů může být přítomno v určité vzdálenosti), ve kterém můžeme prohlásit soubor za náhodně rozmístěný v prostoru. (Ripley 1977; Crema *et al.* 2010)

5.5.3 Časová nejasnost

Snad více než problematika interpretace prostorové roviny je pro archeologii důležitá správná datace analyzovaných artefaktů. Typologické řady artefaktů se v dnešní době přibližují svým limitům. Práce umožňující datovat artefakty s přesností na dekády nejsou výjimkou (Almgren 1923), přesto velké množství archeologického materiálu je datováno pouze do několika set letých intervalů. Datace založená na artefaktových typologiích umožňuje datování do určitých „bloků“. Například přísluší-li keramický zlomek do kolonky „kultura s lineární keramikou“, jedná se zhruba o pětisetletý časový úsek. Daný artefakt má v celém rozsahu stanoveného období stejnou pravděpodobnost archeologizace. Pomineme-li artefakty, které svým charakterem umožňují přežívání v hmotné kultuře po delší dobu, tvoří většinu archeologických dat artefakty s takzvanou uniformní datací nebo uniformní pravděpodobností (Demján – Dreslerová 2016). Kromě artefaktů s uniformní pravděpodobností datace jsou v poslední době časté artefakty, ke kterým existuje takzvaná „absolutní datace“.

Nejčastěji jsou jako absolutní data označovány výsledky radiokarbonových či jiných datovacích metod založených na analýze radioizotopů. Jedná se však o dataci, jejíž pravděpodobnost je reprezentována křivkou (pravděpodobnostní funkcí). Integrovaná hodnota křivky vždy reprezentuje 100% pravděpodobnosti. Na rozdíl od zmíněného keramického zlomku nejde tedy o pravděpodobnost v čase rovnoměrně rozloženou, nýbrž o pravděpodobnost založenou Gaussově, tedy normálním rozložením (Shenan *et al.* 2013; Demján – Dreslerová 2016; Crema *et al.* 2016). Kromě datací s uniformní a normální distribucí existují formy datování, jejichž výsledkem je datování s uniformní pravděpodobností, nicméně v rámci krátkého období, například v rámci jednoho roku v případě dendrochronologického datování (Fowler *et al.* 2017). Tento způsob datování se vyznačuje velkou přesností, ale pokrývá jen zlomek z celkového množství artefaktů.

5.6 Distribuce:

5.6.1 Normální rozložení

Datováním s normálním rozložením se z matematického hlediska zabývají v posledních letech průkopnické studie (např. Demján – Dreslerová 2016; Crema *et al.* 2010). Jedním z možných přístupů je sečtení pravděpodobností, kterým se vytvoří jednotná funkce,

tzv. *summed probability*. Prostá suma pravděpodobností poskytuje informace o populační hustotě, poklesech a vzestupech hustoty osídlení. Enrico Crema uvádí k dokreslení jednoduchou rovnicí vystihující premisu, na které byla tato metoda založena: „*Více lidí = více nalezišť = více dat*“. Tento přístup však trpí množstvím trhlin, kterými jsou například tafonomické procesy, malý počet datovaných artefaktů a problémy se statistickou signifikancí (Crema *et al.* 2016). K vypořádání se s těmito problémy využil Stephen Shennan a kolektiv Monte Carlo simulace, na jejímž základě vytvořili nulový model reprezentující funkci tafonomie. Model byl porovnán s distribucí sum pravděpodobností získaných radiokarbonovou analýzou. Postup vycházel z předpokladu, že „směrem k současnosti“ stoupá vlivem tafonomie četnost datovatelných artefaktů, a tudíž i hodnoty sumy pravděpodobností. Jako nulový model byl založen na simulacích exponenciálního vzestupu s pseudopoissonovou funkcí. Nulovým modelem byla proložena výsledná křivka (Shennan *et al.* 2013). Další možnosti přístupu k radiokarbonovým datům jsou popsány například v článku: Timpson *et al.* 2014.

5.6.2 Uniformní rozložení

Způsobů, jak se vyrovnat s druhým typem rozložení pravděpodobnosti, tedy s daty s uniformní pravděpodobností, je taktéž ceká řada. Nejjednodušším z nich je rozdělení na podobně dlouhé intervaly a vynesení na sloupcovém grafu. Nedostatky tohoto přístupu lze odladit například vnesením sum katastrů s pozitivními archeologickými akcemi. Problémem je, že časový krok se musí shodovat s délkou období, pro které jsou dané archeologické areály či artefakty datovány. Lze tak například vynést počet sídlišť určité archeologické kultury. Rozdělení na kratší časové úseky než umožňuje citlivost archeologického materiálu, v tomto případě nelze. Rozpětí archeologické datace se v jednotlivých případech často liší a nepravidelně překrývá (Bevan *et al.* 2012).

Řešením tohoto problému v archeologii je aplikování metody využívané v kriminalistice (např. Lock – Harris 2002). Tato metoda bývá označována jako aoristická analýza. Kriminalistika často pracuje se zločinem, který se odehrál v neznámém čase. Vyšetřovatelům bývá znám pouze terminus ante quem a terminus post quem (Ratcliffe – McCullagh 1999). Pravděpodobnost (100%), že v daném čase došlo ke zločinu je pro celý časový úsek stejná. Pokud se období rozdělí na dva stejné

úseky, pravděpodobnost, že v každém úseku došlo ke zločinu je 50%. V archeologii je tato metoda využívána k znázornění hustoty osídlení v čase na určitém území. Nejprve je stanoven časový krok, pro který bude sledována relativní hustota osídlení.

Aoristické pravděpodobnosti pro přítomnost každé archeologické entity v určitém časovém úseku (boxu jsou stanoveny) podle vzorce:

$$W_e(t_n) = \Delta t / (\beta_e - \alpha_e)$$

Kde W_e je aoristická váha v daném časovém úseku t_n . Písmenem β_e je označen terminus ante quem a písmeno α_e značí terminus post quem. Každá akce v databázi je tedy charakterizována v každém časovém kroku aoristickou pravděpodobností a souřadnicemi v prostoru. Součtem aoristických průměrů je vytvořen graf znázorňující hustotu archeologických záznamů na základě uniformní pravděpodobnosti. Metoda aoristického vážení má řadu slabých míst. (Crema *et al.* 2010). Může být ovlivněna úseky s vyšší či nižší přesností datování a prostorovou nejasností. K řešení těchto problémů jsou také využívány Monte Carlo metody využívané v pracích (Crema *et al.* 2010; Demján-Dreslerová 2016).

6 Dendrochronologie

6.1 Adrew Douglas a základní principy dendrochronologie

Dendrochronologie je vědní obor založený na vlastnostech letokruhů, ročních přírůstků dřeva. Prvním, kdo popsal anuální charakter letokruhů byl Leonardo da Vinci. Znalost závislosti růstu letokruhů na podnebí však pravděpodobně byla známa lidem od „nepaměti“. Primárně se poznáním letokruhů zabývali lesníci a zemědělci, kteří využívali poznání vztahu klimatu a růstu dřevin (Schweingruber 255-261).

Dendrochronologie je jeden z mála oborů, o který se z velké části zasloužil jediný člověk. Byl jím Andrew E. Douglas, který působil jako astronom ve městě Flagstaff. Zabýval se výzkumem vlivu slunečních skvrn na výskyt srážek. Při hledání náhrady meteorologických staničních měření, které ve Flagstafu počátku dvacátého století chyběly, využil v té době dostupné poznatky z oboru lesnictví a botaniky (Becker 1992). Ve snaze rekonstruovat roční úhrny srážek využil korelaci mezi dostupností

vody a růstem rostlin. Douglas na blízkých borovicích těžkých rozpoznal vzor klimatických oscilací v 19. století. Byl tak schopen na základě porovnání vzoru v letokruzích s ostatními exempláři určit rok uhynutí stromů. V roce 1911 Douglas prokázal přítomnost stejných jevů na křivkách stromů vzdálených stovky kilometrů. Shodovaly se především pozice úzkých letokruhů. Z těchto zjištění vyplývá, že stromy v relativně velkých oblastech vykazují takzvaný společný trend, který je z velké části determinován podobnou odezvou na charakter klimatu. Obecně platí, že různé druhy reagují v různých oblastech na různé klimatické vlivy (Douglas 1909; Schweingruber 255-261).

Na tomto principu je založeno takzvané křížové datování (*crossdating*). Naměřením šířek letokruhů z jednoho vzorku a jejich vynesení v grafu vzniká takzvaná *sekvence*. Letokruhy jsou datovány vzájemným porovnáním sekvencí. Douglas zavedl způsob nazvaný *skeleton plot*, který spočívá v grafickém znázornění úzkých letokruhů (*pointer years*) na ose x a jejich subjektivního významu (na stupnici od 0 do 1) na ose y (Douglas 1941).

Z datovaných (vzájemně souhlasících) sekvencí se vytvářejí soubory těchto křivek, nazývané chronologie. Tyto kolekce jsou jedním ze základních stavebních kamenů dendrochronologie. Douglas shromažďoval sekvence rostoucích borovic těžkých a doplňoval je vzorky z mrtvých kmenů, které se v aridním arizonském podnebí snadno zachovávají. Roku 1914, po třináctileté práci, Douglasova chronologie pokrývala zhruba 500 let. Takto dlouhá doba byla v pionýrském věku dendrochronologie nezbytná pro vytvoření chronologií datovaných porovnáním zjednodušených grafů letokruhových šířek, měřených mechanickými přístroji. (Schweingruber 255-261)

Roku 1914 začal Douglas spolupracovat s archeologem Clarkem Wisslerem, který se zabýval indiánskými puebly. Předmětem prvních takzvaných dendroarcheologických výzkumů byly zuhelnatělé části konstrukčních prvků a vysušené trámy. Ve dvacátých letech byla kolekce letokruhových křivek rozšířena o vzorky sahající do roku 1260. Spolu s rozšířením chronologie přibyl nový problém, takzvaná plovoucí chronologie. Plovoucí chronologie je soubor navzájem datovaných sekvencí, který ale není v čase ukotven absolutně. Vzorec letokruhů tak nesouhlasí s chronologiemi, které sahají do současnosti a u kterých známe počáteční datum. Andrew Douglas tak vytvořil plovoucí

chronologii, která tvořila křivku o 585 letech. Archeologové Hargrawe a Haury našli v roce 1929 zuhelnatělý trám na lokalitě v Showlow v Arizoně, který datoval 40 sídlišť a datoval plovoucí chronologii. Po ukotvení této dendrochronologické kolekce vyšlo najevo, že plovoucí, relativní chronologie, se s datovanou chronologií překrývala o 25 let. Andrew Douglas se dále zasloužil o založení první dendrochronologické laboratoře, kterou bylo pracoviště při universitě v Tusconu v Arizoně (Douglas, 1917, Schweingruber 255-261).

Andrew E. Douglas na počátku dvacátého století zvolil letokruhy jako vhodný archiv, z kterého čerpal při výzkumu klimatu. Postupem času začaly být rozvíjeny možnosti dendroklimatologie v návaznosti na pokroky v oblasti informačních technologií. Průkopníkem dendroklimatologie byl Bruno Huber, který se od 50. let věnoval vlivu klimatu na růst dřevin (Becker1992). Ve Spojených státech byl výraznou osobností výzkumu klimatu Harrold C. Fritts, který začal využívat počítače v dendroklimatologii (Fritts 1963). Popsal základy dendroklimatologie (Fritts 1976). Principům rekonstrukce klimatu na základě letokruhových řad se ve své studii věnoval také Antony Fowler (Fowler 1987).

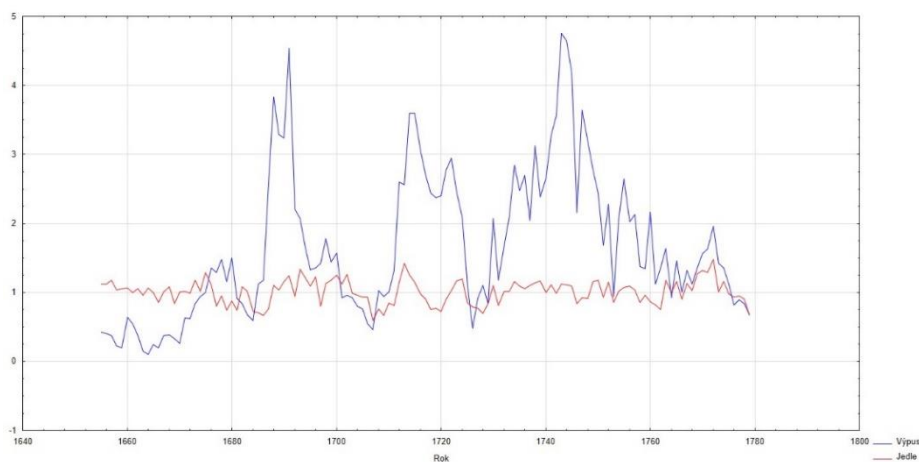
6.2 Dendrochronologické datování

Od Douglasových časů se dendrochronologie změnila především vlivem digitalizace. Mechanické měření letokruhů se dnes již nevyužívá. Měření probíhá pomocí specializovaných dendrochronologických lavic propojených s počítači nebo digitálně ze snímků a skenovaných obrázků. Měření letokruhů může být jak manuální, tak automatické. Při využívání automatického měření program rozeznává změny v barvách pixelů a umisťuje do kontrastních oblastí značku počátku letokruhu (Zhang 2014).

Automatické měření je výhodné při zpracování vzorků dřevin, jejichž pletiva mají jednodušší složení. Do této skupiny patří jehličnany, jejichž dřevní část se skládá z buněk tvořících cévice a pryskyřičných kanálků. Listnaté stromy je nutné měřit manuálně. Anatomie krytosemenných stromů je složitější, především díky přítomnosti pravých cév, které programy často chybně vyhodnotí.

Naměřená křivka je ovlivněna množstvím rozdílných faktorů. Odezva ke klimatu a společný trend mezi jedinci jednoho druhu jsou ve většině případů nejvýraznější vlivy

na růst stromu. Mezi další, zkreslující vlivy, patří například podmínky na stanovišti. Voda, která je pro růst klíčová, se koncentruje v údolích, v oblastech se stabilním přítokem či omezeným odtokem. Stromy rostoucí v údolích se vyznačují širokými uniformními letokruhy, které vznikají vlivem dostatku vláhy. Oproti tomu stromy rostoucí na svahu bývají na klimatické vlivy senzitivnější. Růst stromu nebývá po celý jeho život podobný. Mladí jedinci bývají doslova zastíněni kompeticí, především o světlo. V těchto případech můžeme pozorovat, že letokruhy blíže k jádru bývají úzké. Kompetice s vzrostlými stromy způsobuje relativní nedostatek světla pro fotosyntézu mladších jedinců. Mělké kořeny mladých stromů jsou v nevýhodě při získávání vody v případě jejího nedostatku. Zhruba od dvacátého roku se pak šířky letokruhů zvyšují. Trendová křivka může vypadat i opačně. Mladý strom na volném prostranství nebo v světlejších porostech naopak nemusí překonávat ztížený přístup ke světlu a živinám. V takovémto případě jsou na příčném řezu pozorovány velké přírůstky, které se postupem času zmenšují. Efekt relativního poklesu přírůstku s přibývajícím věkem je způsoben tím, že letokruh musí růst po obvodu celého kmene. V porovnání s letokruhem mladého stromu je potřeba více hmoty k vytvoření letokruhu se stejnou šířkou (Fowler 1987).

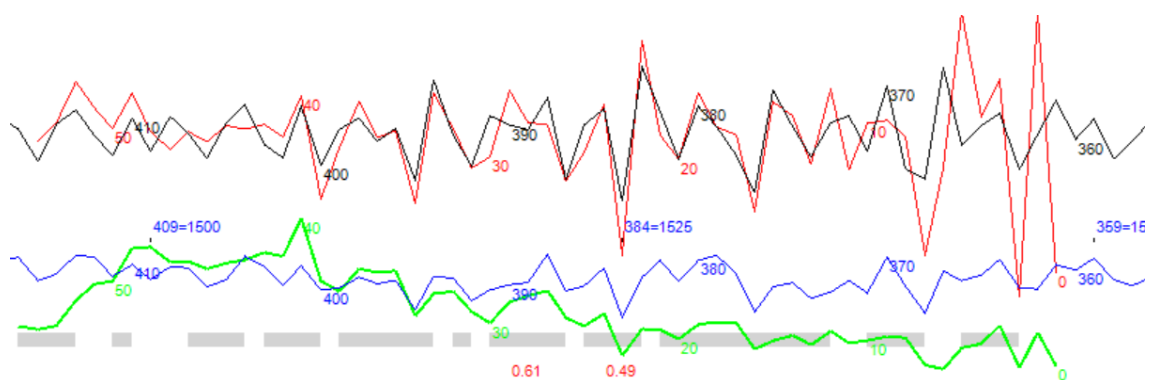


Obr. 6 Trend neupravené sekvence v porovnání s referenční chronologií pro Čechy.

Kromě vlivu věku a stanoviště mohou růst stromu narušit či zpomalit škůdci a problémy s listy. Tyto okolnosti však působí se zpožděním několika let. Neklimatický šum z letokruhů je statistickými postupy odladěn. Hlavním způsobem úpravy letokruhů je takzvaná normalizace. Nejčastěji je používána transformace Bailie-Pilcherova, která

byla zavedena zakladateli laboratoře v Belfastu Michaelem Bailliem a Johnem Pilcherem při zpracování chronologie vzorků a vytváření chronologie dubu z bažin v okolí Belfastu. Hodnoty aktuálních letokruhů jsou vyděleny průměry pěti šířek vedlejších letokruhů, včetně letokruhu aktuálního. Z výsledné hodnoty je vypočítán přirozený logaritmus (Baillie – Pilcher 1973).

Dalším z mnoha způsobů normalizace dat je takzvaná Holsteinova metoda, založená na vydělení šíře letokruhu průměrem šířek okolních sedmi letokruhů, z kterých je vyloučena aktuální hodnota, maximum a minimum. Ernst Holstein působil v trevírském muzeu a zabýval se datováním historických konstrukcí a dřevěných artefaktů z naleziště La-téne (Hollstein 1980).



Obr. 7 Křivka detrendovaná podle Baillie-Pilcher 1973. Zobrazení v CDendro.

Tzv. skeleton plot se využívá dodnes, ale slouží spíše jako doplněk řady dalších postupů. Často se jedná o statistické postupy testující shodnost dvou výběrů. Pro porovnání dvou dendrochronologických křivek je využíváno především dvouvýběrových t-testů. Křížové datování je v současné době prováděno pomocí počítačových softwarů. Programy kalkulují pro každou pozici křivky vzhledem k referenční chronologii několik statistických testů. Testy jsou počítány na základě normalizovaných sekvencí (Stehlíková 2013).

Jednou ze využívaných metod je takzvaný Gleichläufigkeit (GLK), udávající shodnost trendu dvou křivek. Tento druh vyhodnocení začal jako první využívat Bruno Huber ve 40. letech při datování souborů archeologického materiálu z dřevěných konstrukcí z nákolních osad doby bronzové. Huber mimo jiné datoval osídlení Bad Buchau na

jezeře Federsee. Po polovině 20. století se zaměřil na odraz proměn klimatu v letokruzích (Schweingruber 255-261). Nejvyužívanější statistické metody jsou korelační koeficient a t-test. Statistické testy využívané v dendrochronologii patří do rodiny tradiční či frekvencionistické statistiky (Lepš – Šmilauer 129-151).

S principem, na kterém je založeno statistické testování hypotéz, souvisí pojmy chyba prvního druhu a chyba druhého druhu. Jedná se o zamítnutí hypotézy v případě, že je datace správná. Chyba druhého druhu je nezamítnutí hypotézy (potvrzení) chybné datace. Součástí standardních statistických testů je kalkulace p . V případě t-testu se jedná o pravděpodobnost, že dva výběry pochází ze stejného rozdělení. Požadovanou hladinou pravděpodobnosti pro spolehlivé datování bývá konfidenční limit 99,9%, což odpovídá 1 promile pravděpodobnosti, že bude potvrzeno chybné datum (Fowler - Bridge 2017).

Vlivem využití transformací (Baillie – Pilcher 1973; Hollstein 1980) nelze p spočítat. Obecně jsou za výsledky t-testu odpovídající $p=99,9\%$ považovány hodnoty větší než 4. Studie Anthonyho Fowlera s kolektivem pomocí simulace stanovila hodnoty t-testů potřebné pro datování na 99,9% hladině pravděpodobnosti. Hodnoty t-testů požadované pro $p=99,9\%$ se liší od 3,5 po 7 v závislosti na počtu letokruhů (Fowler - Bridge 2017).

Jak je zřejmé, datovatelnost letokruhových křivek souvisí s počtem letokruhů. Často se jako dolní hranice datovatelnosti uvádí 30 letokruhů. V některých pracích je za dolní hranici považováno 50 letokruhů. Je pravdou, že sekvence o méně než 30 letokruzích trpí množstvím problémů ztěžujících datování, nicméně není nemožné je datovat (Fowler 1988).

Fowler zároveň uvádí, že datování vzorků o počtu 100 letokruhů je navzájem možné datovat ve 38% případů. V případě porovnávání s průměrnou, referenční chronologií, se podaří datovat 93% vzorků o délce okolo 100 let. Dvě sekvence o délce 50let se podaří vzájemně datovat v 18% případů a při porovnání s chronologií oblasti se počet úspěšných datování zvyšuje na 74%. Pokud je letokruhů méně než 20, je i v případě porovnání s průměrnou chronologií oblasti úspěšnost menší než 2% (Fowler - Bridge 2017).

7 Materiály a Metody

7.1 Rozdělení jižních Čech podle klimatu

Z první kapitoly je zřejmá skutečnost, že vlivem velkého množství faktorů se podnebí v různých místech jižních Čech projevuje značně odlišně. V rámci snahy o zhodnocení vlivu klimatických změn na lidské osídlení je nezbytné rozdělit prostor jižních Čech na více oblastí, které jsou charakterizovány obdobným podnebím.

Jako nejsnazší způsob rozdělení prostoru se jeví použití jednotek administrativního členění. Katastry obcí vycházejí z přirozeného rozdělení krajiny a odrážejí charakter reliéfu. Pro zhodnocení populační hustoty byly použity například v práci (Beneš-Pokorný 2001). Obdobou ke katastrům jsou okresy. Větší správní celky jsou také charakterizovány na základě přirozeného členění krajiny a geomorfologie terénu (Semotanová 47-50). Nejideálnějším způsobem by bylo využít prvorepublikové členění na okresy. Každý okres by tak musel obsahovat informace o klimatických charakteristikách. Vzhledem k náročnosti na objem dat byla tato možnost zamítnuta.

Kromě administrativních celků lze využít mapy založené na charakteristikách klimatu. Mapy klimatických oblastí jsou skvělé ukazatele podnebí. Jako práci, která je doposud relevantní, lze zmínit například publikaci Klimatické oblasti Československa (Quitt 1974).

Další možností je zkombinovat vybrané faktory vystihující klimatické poměry na základě jejich předpokládané důležitosti. Vzhledem k rozmístění stanic poskytujících klimatická data je nutné vytvořit interpolované mapy zvolených faktorů.

K řešení tohoto problému bylo využito vytvoření indexu, který na základě vybraných klimatických proměnných ukazuje klimatické rozdíly. Data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem byla interpolována v rozsahu jižních Čech. Pro účely této práce je využívána mapa jižních Čech bez oblasti Dačicka. Plány byly interpolovány metodou IDW a metodou Kriging (Oliver 1990).

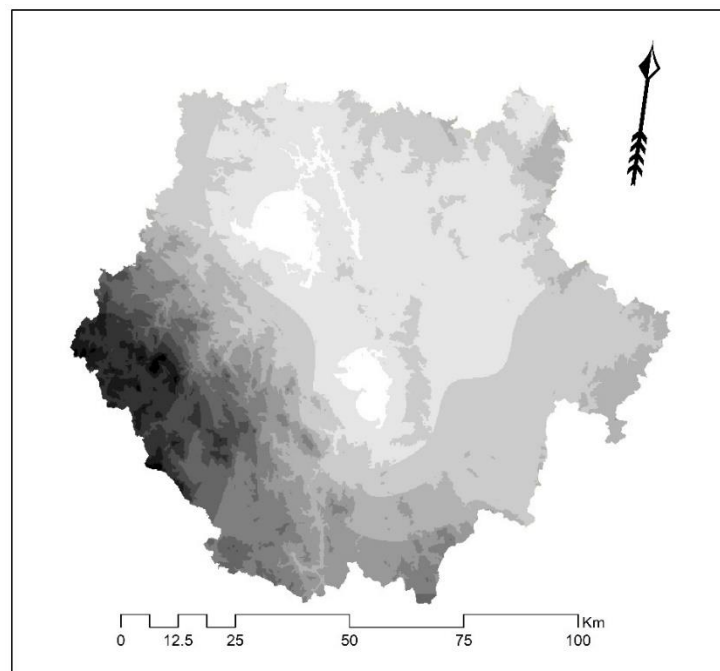
Pro zhodnocení klimatu byly využity následující proměnné: roční průměrný úhrn srážek, průměrné teploty, nadmořské výšky a předpokládaná kontinentalita. Použitá data vystihovala pouze období 1900-1960. K interpolaci srážek bylo využito metody

Kriging za využití deseti nejbližších bodů. Pro interpolaci roční teplotní amplitudy bylo využito stejného postupu. Kromě těchto proměnných byl vytvořen grid teplot Indexu kontinentality. K tomu bylo využito postupu IDW na základě 10 a 4 bodů. Index kontinentality byl spočítán podle vzorce zavedeného Vladimírem Gorczyńskym (Gorczyński 1922)

Interpolované mapy poskytují možnost vizuálního zhodnocení prostorového rozložení sledovaných veličin. Avšak v tomto případě bylo využito dat z relativně malého množství meteorologických stanic. Interpolace je, vzhledem k výrazné prostorové variabilitě jihočeského klimatu, nutno brát s rezervou. K analýze bylo využito interpolovaných teplot, srážek, teplotní amplitudy, indexu kontinentality a vlivu NAO. Po zhodnocení interpolovaných map těchto vlivů byla oblast jižních Čech arbitrárně rozdělena na 6 oblastí s podobným klimatem. Jako doplnění byla vytvořena mapa na základě teploty, srážek a nadmořské výšky. Cílem bylo znázornit oblasti klimaticky příznivé především pro zemědělství. K tomu byl vytvořen vzorec:

$$I = (((T/P) * 1000) + T) - (Alt/100).$$

I je značka kalkulovaného indexu, T je průměrná roční teplota, písmenem P jsou označeny srážky a zkratka Alt je využita pro nadmořskou výšku.



Obr. 8 Pokus o znázornění příznivosti klimatu v oblasti jižních Čech.

7.2 Analýza populační hustoty

7.2.1 Aoristická analýza

K prostorové analýze bylo využito dat z archeologické databáze Čech, zkráceně ADČ. Z informací databáze byly ponechány pouze datace a souřadnice. Po odfiltrování negativních zjištění a nejasných zápisů bylo ponecháno 9151 položek z období od poloviny šestého tisíciletí až do počátku novověku. Lovecko-sběračské populace nebyly do analýzy zahrnuty. Vzhledem k charakteru redukovaných dat by nebylo možné informace interpretovat. Využity nebyla ani data týkající se novověku. Vlivem tafonomie, ale i vysokého zalidnění, mají novověké artefakty zkreslenou výpovědní hodnotu ve vztahu ke kolísání hustoty zalidnění. Navíc je předpokládáno, že environmentální změny charakter osídlení v novověku ovlivňovaly jinými způsoby.

Vektorová data (body) byla převedena na rastr a pomocí Moranovy funkce byla testována autokorelace. Shlukovitost dat byla pro každé období porovnána pomocí K-Funkce s Poissonovým rozložením.

Ze záznamů archeologické databáze Čech bylo vybráno 4961 lokalit označených jako areály sídlištní aktivity. Časová osa od roku 5500 př. n. l. do roku 1500 n. l. byla rozdělena na 70 časových úseků po 100 letech. Pro každý záznam byly spočítány aoristické pravděpodobnosti výskytu v daných časových úsecích.

Následně bylo stejného postupu využito k aoristické analýze pro celý soubor zahrnující všechny archeologické nálezy. Po porovnání mezi těmito postupy byl k rekonstrukci hustoty obyvatelstva využit model obsahující všechny archeologické akce.

Grafy založené na všech akcích a pouze na četnosti sídlišť se mezi sebou v některých úsecích značně liší. Nejvíce je to patrné v době bronzové. V obou křivkách je zachycen vzestup populace na počátku doby bronzové. Na rozdíl od křivky vycházející ze všech akcí na křivce založené na počtu sídlišť není patrný vzestup ve střední době bronzové. Naopak vzestup v mladší době bronzové je pozorovatelný pouze na křivce sídlišť.

V době železné jsou pozorovány 2 vrcholy. Jedná se hlavně o období korespondující se stupni HaD, LTa. V obou křivkách je pozorován strmý, zhruba pětinasobný, vzestup. Druhý vzestup je pozorován v období mladého a pozdního laténu. Vrchol v období

pozdního halštatu a časného laténu se objevuje i v dalších studiích (Demján – Dreslerová 2016), ale nikoliv tak výrazně.

Prudký vzestup relativní hustoty osídlení v datech korespondujících s přechodem starší a mladší doby železné může souviset se změnou preciznosti datovacích metod. Zvýšení přesnosti datování přispívá skrze zvýšení aoristických pravděpodobností ke zkreslení odhadované hustoty osídlení. Tento efekt může být odhalen pomocí aplikace základní popisné statistiky. Jednou z možností je vynesení průměrů a mediánů aoristických vah. Medián aoristických vah ukazuje jejich střední hodnotu. Výchylka mediánu aoristických vah tak ukazuje na zvýšení či snížení přesnosti datování v jednotlivých časových úsecích. Na vyneseném grafu je vidět, že v případě období mezi 500 př. n. l a 400 př. n. l. souvisí zvýšení počtu aoristických vah s přesným datováním. Vysoké mediány aoristických pravděpodobností charakterizují i období středověku. Počet katastrů obsahujících pozitivní zjištění ukazuje v době 500 př. n. l až 400 př. n. l. rovněž zvýšení. Počet katastrů s pozitivními archeologickými zjištěními může mít také více vysvětlení. Zvýšená populační hustota a rozvoj technologií umožňující osídlení větší oblasti může vysvětlit tento jev stejně jako aktivita badatelů a stav výzkumu. Za předpokladu, že vysvětlením je druhá možnost, lze využít počet pozitivních katastrů jako základ pro vytvoření korekce aoristické křivky.

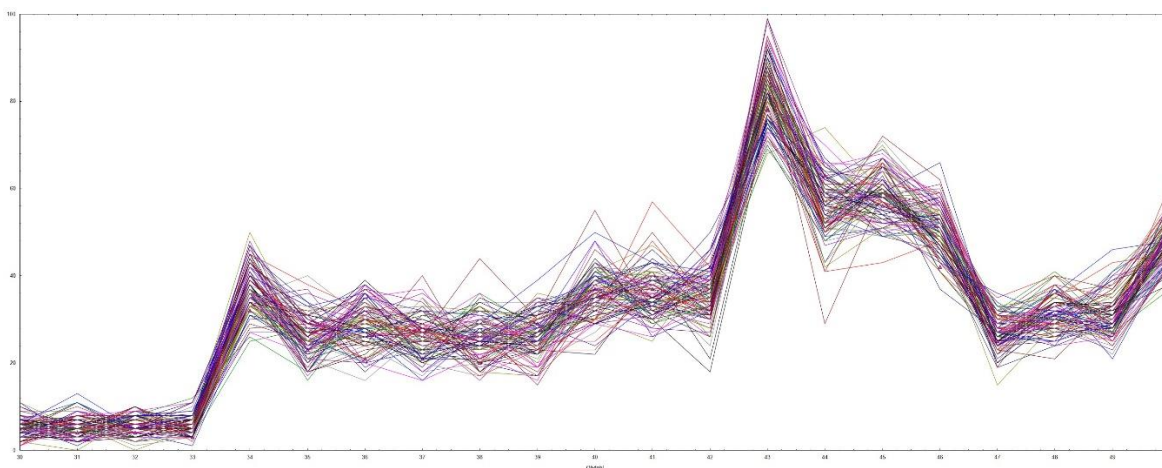
Pro korekci byl zvolen následující postup. Součty aoristických vah byly vyděleny dekadickým logaritmem z počtu pozitivních katastrů v daném období. Tato korekce byla aplikována pouze v časových úsecích s vyšším mediánem, tedy vyšší přesností datování, která souvisí s nadhodnocením aoristických vah. Vynesení součtu aoristických vah však do jisté míry ignoruje charakter dat založených právě na pravděpodobnostech. Každá akce je reprezentována aoristickou pravděpodobností v určitém časovém kroku.

Ideálním řešením problematiky pravděpodobnosti by bylo spočítat pravděpodobnosti pro všechny kombinace. V případě jednoho záznamu, jehož existence je možná ve dvou obdobích, vznikají 3 možné kombinace, existence v obou úsecích zároveň nebo existence pouze v jednom či druhém z období. Pokud si představíme tisíce záznamů s různou možnou délkou trvání, dostáváme se na nepředstavitelné množství kombinací. Pouhá vizualizace křivky nám sice poskytuje informace o chování trendu, avšak postrádá například konfidenční intervaly (Bevan *et al.* 2013).

7.2.2 Monte Carlo

Další možností, která řeší problém aoristických pravděpodobností, je aplikace Monte Carlo přístupu (Crema 2012). Pravděpodobnosti nejsou počítány, ale odhadovány z dostatečně velkého počtu simulací.

K simulaci byla použita data aoristických pravděpodobností. Pro každý záznam (archeologickou akci) byla vygenerována jednička nebo nulová hodnota v závislosti na pravděpodobnosti. V případě, že aoristická pravděpodobnost pro časový úsek 100 let je 1/3 (záznam byl datován s přesností na 300 let), je pravděpodobnost, že bude vygenerována 1 reprezentující přítomnost v daném čase zhruba 33%. V simulaci tak již nejsou pravděpodobnosti, jen data svědčící o přítomnosti či nepřítomnosti.



Obr. 9 Pseudonáhodně vygenerované křivky Monte Carlo analýzy.

V literatuře se uvádí, že pro účely Monte Carlo analýzy archeologických dat založené na aoristických pravděpodobnostech stačí 1000 simulací (Crema *et al.* 2010). V modelu bylo v 1000 průbězích simulace vygenerovány pro každou akci jedničky a nuly. Sečtením výsledků vznikne 1000 časových řad obsahujících simulovaný počet záznamů pro každé období.

Simulované křivky vytvořily jistý koridor ukazující pravděpodobné rozložení počtu sídlišť na základě dat z ADC. Kvantily 5% a 95% posloužily k vytvoření konfidenčního intervalu, tedy pásu, v kterém se nachází 90% simulovaných hodnot. V rámci využívání aoristických pravděpodobností k vyjádření populační hustoty je příhodné místo pouhého součtu udávat 95% konfidenční interval.

7.2.3 Rekonstrukce zalidnění

K rekonstrukci zalidnění byly využity výsledky Monte Carlo simulace založené na aoristické analýze upravené z důvodu minimalizování chyb způsobených rozdílnou přesností datace. Počet obyvatel pro období raného novověku byl stanoven podle hrubého odhadu historiků. Prostou poměrovou metodou byly odhady zalidnění přiřazeny konfidenčním intervalům.

7.2.4 Další sledované charakteristiky

Kromě hustoty zalidnění jsou pro potřeby porovnání klimatu a lidského osídlení využity informace o poloze sídlišť v klimatických regionech podle Quitt 1971 a v jednotlivých oblastech jižních Čech v závislosti na jejich klimatických charakteristikách. Kalkulováno je procentuální zastoupení na základě součtů aforistických vah.

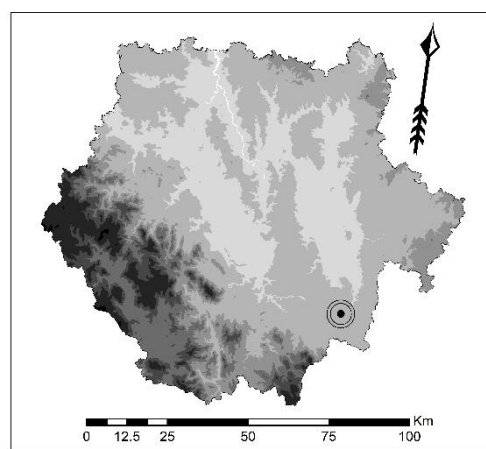
7.3 Analýza minulého klimatu

7.3.1 Nepřímá data z hrdlořezského močálu

V oblasti rašelinišť na pomezí Třeboňské pánve a podhůří Novohradských hor je posledních 50 let provozována těžba rašeliny. V roce 2019 byla těžba v oblasti Hrdlořezského močálu ukončena a oblast je v současné době revitalizována. V roce 2019 a 2020 byly v profilu Hrdlořezského močálu na katastru Hrdlořez u Suchdola nad Lužnicí (Y=730958;

X=1183071) vytvořeny 2 sondy. Ze sond byly odebrány profily, které jsou v současné době předmětem paleobotanické analýzy. V sondách

byl rovněž odkryt horizont takzvaného mrtvého lesa. Podobný jev je popsán například v článku: Vrbová, J. – Pokorný, P. 2001. Odkryté kmeny byly doplněny sběrem subfossilních kmenů z odpadních hromad vzniklých při těžbě. Získané vzorky náleží druhům *Pinus Sp.* (Borovice) a *Betula Sp.* (Bříza). Z odpadních hromad byl získán jen jeden vzorek dubového dřeva (*Quercus Sp.*).



Obr. 10 Poloha lokality na území jižních Čech

Oblast je charakterizována nízkým odtokem vody, a tak v ní přirozeně vznikala rašeliniště. V profilech je dokumentována změna vegetace korelující se změnami hydrologického režimu a přeneseně i s klimatem. V sondách byly průběžně dokumentovány vrstvy subfossilních kmenů. Za účelem získání více informací byly v sondách odebrány vzorky pro pylovou analýzu. Celkem bylo vzorkováno 170 centimetrů po 5 centimetrových intervalech. Profil byl ukotven v čase na základě 3 AMS radiokarbonových dat.

7.3.2 Datování

AMS radiokarbonové datování bylo provedeno Ivo Světlíkem v radiokarbonové laboratoři ÚJF AV ČR a ARÚ AV ČR, Praha. K analýze bylo využito rostlinných makrozbytků, zajímavá je například šišťice borovice (*Pinus sp.*) z hloubky 40-50 cm a diaspora ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus-galli*) nalezená v písčítých sedimentech v hloubce 150-160 cm pod povrchem. Radiokarbonové datum ukazuje na polovinu 9. tisíciletí před naším letopočtem. Vrstva 10-20 pak byla datována do 10. až 9. století před naším letopočtem.

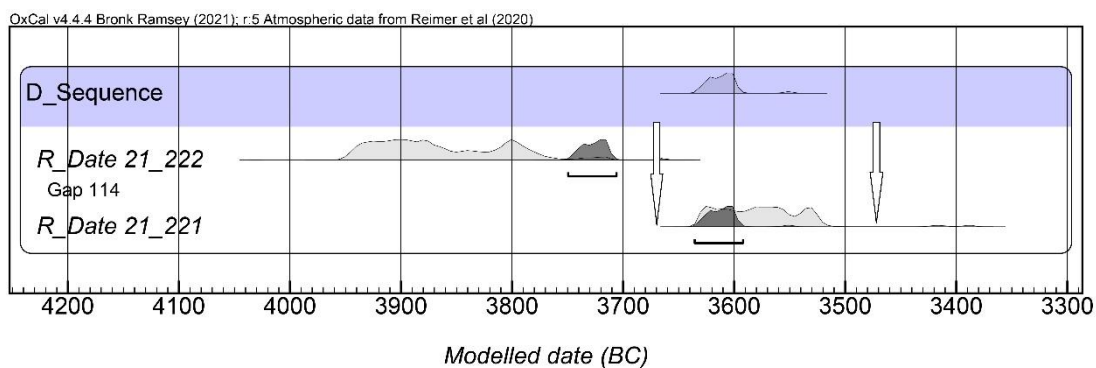
Kromě diaspor byly odebrány vzorky ze 114 let starého kmene nalezeného ve vrstvě tzv. mrtvého lesa. Pro vzorky jejichž časové rozmezí bylo stanoveno jako 114 let byl v programu Oxcal za využití referenční křivky IntCal20 proveden tzv. wiggle matching (Bronk Ramsey 2009; Reimer et al. 2020). Cílem bylo zpřesnění intervalu, kdy strom uhynul. Výsledné rozmezí je 3636-3593 před naším letopočtem. Veličina A (Index of agreement) zprostředkovává v bayesiánském přístupu kalibrace radiokarbonových dat shodu původní (*apriorní*) datace a *posteriorní* pravděpodobnosti. V případě kombinace více dat, takzvaného *wiggle matchingu* je kalkulováno celkové A. Za signifikantní hodnoty je považováno dosažení 60% hladiny (Vondrovský 2021, 298). Výsledky tzv. Wigglematchingu ukazují shodný interval mezi lety 3636-3593 cal BC. Nicméně hodnota A se rovná 14%. Takto nízká shoda ukazuje, že obsah ¹⁴C se v obou vzorcích značně liší.

hloubka	Lab. kód	kontext	BP nekalib.	BC cal 95,4 %
10-20	CRL-20157	profil 2019, mech. vr. 2	2777±17	992–894 878–840
40-50	CRL-20158	profil 2019, mech. vr. 5	4851±19	3655–3628 3559–3536
40-50	CRL-21_221	Bůrek 2019, podkorová část	4771 ± 23	3634 – 3523
40-50	CRL-21_222	Bůrek 2019, jádro	5042 ± 26	3951 – 3769
150-160	CRL-20156	profil 2019, mech. vr. 16	9232±31	8554–8314

Tab 2. Hrdlořezy. Přehled radiokarbonových dat odebraných v profilu. Kalibrováno v programu OxCal 4.4 pomocí křivky Bronk Ramsey 2009; Reimer et al. 2020

Na stejném vzorku byla provedena dendrochronologická analýza za využití referenčních chronologií dubu z Bodamského jezera. Přesvědčivě na 99.9% hladině pravděpodobnosti vyšla 2 možná data úmrtí konkrétního stromu. Jedná se o roky: 3673 a 3470 před naším letopočtem. Kombinace s radiokarbonovým datováním by měla ukázat na jedno z těchto dvou možných dat. Při porovnání se radiokarbonové datum neshoduje ani s jedním datem dendrochronologickým.

Ivo světlík s kolektivem si všímá, že dendrochronologická datace bývá často téměř na hranici konfidenčního intervalu (Světlík et al. 2019). Nicméně toto nevysvětluje odlišnost radiokarbonového a dendrochronologického datování. Rozdílnost radiokarbonových dat může být připsána na vrub nerovnoměrnému rozkladu způsobenému anaerobními bakteriemi, které rozkládají celulózu (Gjelstrup Björdal2012). Podkorní letokruh mohl být více poznamenám tafonomickými procesy než středové dřevo. Všechna data z jednoho stromu spadají do období 3700-3450 před naším letopočtem. Do stejného rozmezí spadá i šišťice borovice.



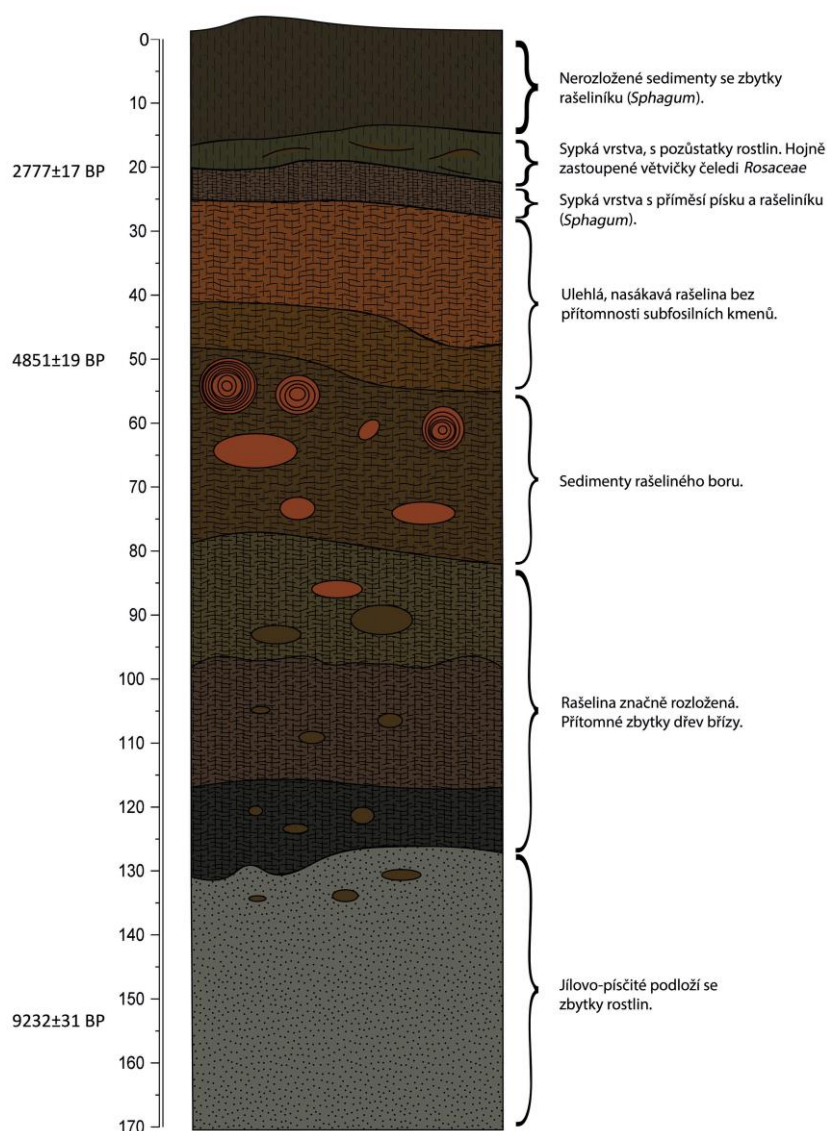
Obr. 11 Radiokarbonová data kmene z vrstvy mrtvého lesa. Sekvence 21_222 je jádro a 21_221 je podkorní letokruh. V modrém poli je zobrazen interval získaný metodou Tzvwiggle matching. Šipky ukazují výsledky dendrochronologického datování.

7.3.3 Informace o proměnách minulého klimatu

První 2 data pocházela z 10-20 cm a 150-160 cm, tedy z vrstev těsně pod povrchem a z jílovopísčitého podloží vzniklého před existencí rašeliniště. Třetí datum spadající do poloviny 4. tisíciletí př. n. l. datuje vrstvu takzvaného mrtvého lesa. Subfossilní dřeva v kombinaci s druhy rostlin poskytují informace o charakteru rašeliniště a jeho proměnách od nevápnitých slatinišť přes biotop rašelinného boru či blatkového lesa po vrchovištní rašeliniště.

Na základě datování vrstvy mrtvého lesa lze vznést hypotézu, že tato stratigrafická jednotka souvisí s hromadným vymíráním, které bylo iniciováno změnou klimatu. Podobné eventy byly zaznamenány v severním Německu, jižním Švédsku a jižním Polsku (Eckstein et al., 2009; Edvardsson et al. 2016; Krapiec et al. 2016). Autoři předpokládají, že vymírání bylo způsobeno zvyšováním hladiny spodní vody v závislosti na zvyšujících se srážkách a vlhkosti daného období. Kromě vrstvy subfossilních kmenů se nepodařilo stratigraficky zachytit v obou sondách podobný jev. Několik borovic z odpadních hromad se s hodnotami BP t-testu od 4,2 do 4,5 shoduje s bavorskými chronologiemi dubu v období okolo roku 4000. Tato informace nemá zásadní význam pro interpretaci kontextů, ale naznačuje, že další možné vymírání stromů v jihočeském močále se mohlo odehrávat v období okolo roku 4000 před naším letopočtem.

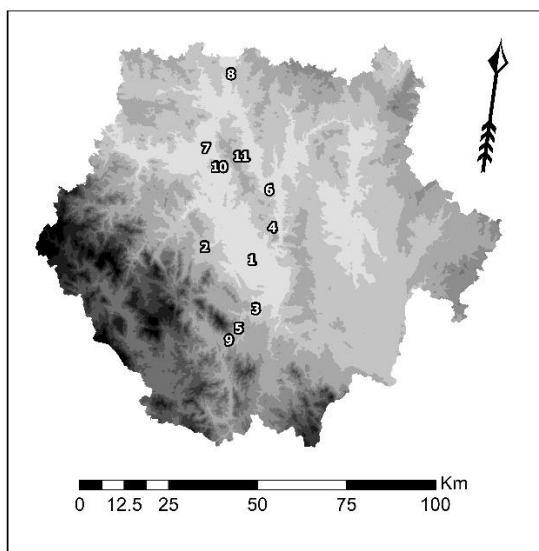
Kromě nepřímých dat z datovaných subfosilních borovic poskytuje informace o klimatu charakter rašeliny. Kromě barvy rašeliny a obsahu makrozbytků je zajímavá mimo jiné přítomnost anorganických příměsí. Ve vrstvách korespondujících se závěrem subboreálu, tedy zhruba mladší až pozdní dobou bronzovou, je zachyceno množství jemného písku. Opatrnou interpretací tohoto jevu jsou povodně (vzhledem k mocnosti znečištění pískem spíše opakované), které písek zanesly do oblasti rašeliniště.



Obr. 12 Stratigrafie profilu odkrytého těžbou rašeliny na lokalitě Hrdlořezského močálu (Vobejda 2021)

7.4 Dendrochronologická analýza jihočeských jedlí

K dendrochronologické analýze a vytvoření jihočeské průměrné chronologie bylo využito sekvencí letokruhových šířek získaných naměřením jedlových vzorků. Použitá data se dají rozdělit na několik skupin. První skupinou jsou vzorkované rostoucí jedle. Druhou skupinou jsou dlabané jedlové kmeny využívané jako trubní výpusti jihočeských rybníků. Třetí skupina je soubor konstrukčních prvků ze zemědělského dvora Švamberk. Čtvrtým druhem dat jsou převzatá data jiných badatelů, kteří se zaměřují na jihočeskou dendrochronologii. Důležitou prací je v tomto ohledu studie: Stehlíková 2013. Dále se jedná o práce Alžběty Čejkové, Tomáše Koláře a Veroniky Jandové.



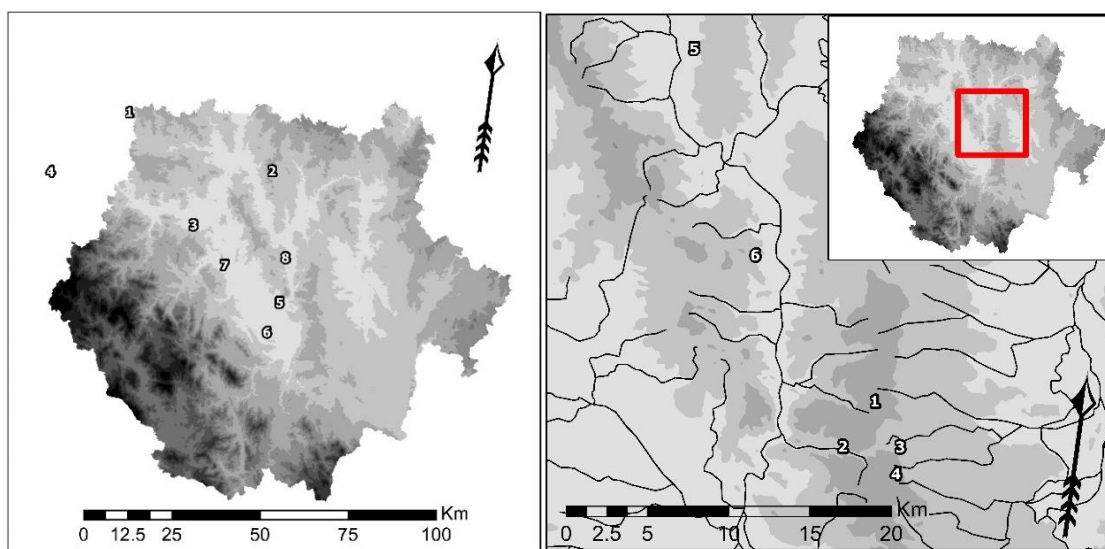
Obr. 13 Lokality převzatých dendrochronologických souborů z jižních Čech. 1) Zálužice 2) Netolice 3) Boršov nad Vltavou 4) Purkarec 5) Přísečná 6) Hněvkovice 7) Písek 8) Kostelec nad Vltavou 9) Český Krumlov 10) Rybník Němec 11) Jehnědno

7.4.1 Odběr vzorků

Recentní stromy byly vzorkovány primárně na svahu podle práce Fritts (Fritts 1976, 17-18). K získání dendrochronologických vzorků bylo využito dvou způsobů odběru. Prvním je provedení vývrtního otvoru či nápichu pomocí Presslerova nebozezu (Seo *et al.* 2007). Každý strom určený k dendrochronologické analýze byl vyvrtán proti sobě ze dvou

stran kolmých na svah ve výšce 110 centimetrů nad povrchem. Presslerova nebozezu bylo využito z důvodu minimalizace škod na živých stromech.

Druhým způsobem je vzorkování pomocí motorové pily. Tento poněkud invazivnější přístup byl zvolen v případě odběru vzorků z archeologických dřev. Výpustě patří k artefaktům, jejichž rozměry umožňují destruktivní odběr vzorků. Vzorky z dvora Švamberk byly po jeho demolici předány ke zpracování rovněž po úpravě motorovou pilou.



Obr. 14 1) Metelský rybník 2) Ostrovský rybník 3) Škaredý 4) Valcha 5) Zlatěšovický Rybník 6) Starohaklovský rybník 7) Čavyně 8) Hněvkovice

Obr. 15 Nově vzorkované lokality. 1) Vlkov-Jindřiška 2) Vitín-NaLibochové 3) Kolný-Dubenský rybník 4) Kolný u Valacha 5) Dražič-Chlum 6) Litoradlice-Klapačka

7.4.2 Příprava vzorků

Odebraná jádra byla transportována v plastových brčkách a následně 24 hodin vysušena. Vysušené vývrty byly pomocí disperzního lepidla zafixovány na dřevěných podložkách. Zafixované vývrty a odříznuté vzorky byly dále upravovány. Příčné (transverzální řezy) byly vybroušeny na pásové brusce za využití brusných papíru o hrubosti zrn p80, p120 a p600. Vybroušené příčné řezy byly naskenovány ve formátu (.jpg) v rozlišení 1200 a 2400 dpi.

7.4.3 Datování

Letokruhové šířky byly naměřeny v programu Coorecorder společnosti Cybis a exportovány ve formátu (.pos). Vlastní dendrochronologická analýza proběhla v prostředí programu a Cdendro společnosti Cybis.

Letokruhové šířky nově vzorkovaných žijících jedinců byly porovnávány mezi sebou. K porovnání bylo využito t-testu založeného na na Bailie-Pilcherově (Bailie-Pilcher 1973) a Hollsteinovu transformaci (Hollstein 1980) v kombinaci s korelačním koeficientem a GLK. Pro analýzu byly vybrány pouze vzorky delší než 50 let. Nejmladší letokruhy byly datovány do roku 2020. Korelační analýzou a t-testy byla datována zhruba polovina vzorků. Jako hranice datování byl zvolen korelační koeficient 3,5 a t-test 3,7 (Fowler *et al.* 2017). Velké problémy při datování byly způsobeny takzvanými chybějícími letokruhy. Jedná se o jev vzniklý v důsledku nízkých srážek nebo nízkých teplot ve vegetačním období. Nejčastěji se projevuje u stromů rostoucích na svahu, na které klimatické podmínky (zejména nízké srážky) působí nejvíce (Fritts 1976, 194-200).

Pomocí tzv. *skeleton plot* byly stanoveny roky častých úzkých letokruhů. Do předpokládaných období nízkého růstu byly vloženy nulové hodnoty a pozměněné křivky byly porovnány pomocí korelační analýzy s ostatními vzorky. Problém chybějících letokruhů byl znatelný zejména na vzorcích z lokalit Ševětín-Dubenecký rybník a Dražič-Chlum. U některých křivek dosahoval počet chybějících letokruhů až 7. Upravené a vzájemně upravené křivky byly propojeny se sekvencemi historických dřev.

Analýza historických dřev se do jisté míry odlišovala. Příčné řezy byly měřeny v několika radiích a následně zprůměrovány. Jednotlivé sekvence byly porovnávány s průměrnou chronologií jedle vytvořenou pro Čechy Tomášem Kynclem. Délky sekvencí historických dřev se značně lišily. Nejkratší sekvence měřila 33 let. Hodnoty t-testů pro 99,9% konfidenční interval byly stanoveny podle práce (Fowler *et al.* 2017) a pohybovaly se od 3,5 do 6.

7.5 Nepřímá převzatá data

Pouze dendroklimatologická data sama o sobě nemohou poskytnout všechny potřebné údaje k rekonstrukci podnebí. Paleoklimatologické rekonstrukce klimatu z letokruhů nebo z odhadu populačních charakteristik subfosilních stromů se řadí do specifického druhu dat. Přírodní archivy jsou takzvané nepřímé zdroje informací. Proměny klimatických faktorů v čase bývají odvozeny skrze některé vybrané vlastnosti přírodních archivů. Takovéto rekonstrukce pak poskytují pouze částečný náhled na minulé klima. Nepřímé rekonstrukce jsou často omezeny pouze na jednu klimatickou proměnnou, odvozenou na základě několika charakteristik. Například dendrochronologická data získaná autorem pokrývají jen zlomek vývoje holocenního klimatu. Dena Dincauze k nepřímým datům uvádí:

„Pouze některé z těchto (zdrojů) jsou dostupné pro určitý čas a určitou oblast a luxus výběru a optimalizace není vždy k dispozici.“ (Dincauze 2000)

Zároveň je důležité zdůraznit rozdílnost klimatu v prostoru. Z těchto důvodů jsou časté takzvané *multiproxy* rekonstrukce založené na kombinaci různých nepřímých dat (Např.: Margaritelli *et al.* 2016).

Přesnější porozumění vývoji klimatu vyžaduje porovnání většího množství nepřímých zdrojů. Pro tento účel bylo vybráno několik studií, které jsou zaměřeny na odvození charakteristik klimatu z různorodých archivů, mezi které se řadí především jezerní a mořské sedimenty (např.: Magny 2004; Pleskot *et al.* 2017; Margaritelli *et al.* 2016), přírůstky krápníků (např.: Riechermann *et al.* 2017), pozůstatky fauny, především měkkýšů, či nepřímé záznamy ve spraši. Kromě těchto zdrojů je využito množství publikovaných dat zaměřených na odvození klimatického signálu z pylových záznamů (Mayewski *et al.* 2004). Velmi významným druhem paleoklimatologických informací, bez kterých by odhad charakteru klimatu v období holocénu nebyl kompletní, jsou izotopové záznamy, svědčící o proměnách sluneční aktivity. Všem těmto metodám bude věnováno několik následujících řádků.

7.5.1 Stanovení pravděpodobnosti klimatické změny na základě šířek letorostů

Záznam klimatu v letokruzích může být využit jinými způsoby než jako vstup do dendroklimatologické rekonstrukce. Základní myšlenka, z které vychází celá disciplína dendrochronologie se týká ovlivnění vlastností letokruhů klimatem. V případě dendrochronologické analýzy jsou odezvy k různým klimatickým vlivům odděleny. Některé studie využívají k analýzám klimatu průměrných letokruhových šířek (Holt 2013). Užitečné mohou být informace o změně klimatu. Vzhledem k citlivosti stromů na klima celkově, lze využít letokruhové chronologie k stanovení změn klimatu. K odhadu pravděpodobnosti změny klimatu byly využity průměrné dubové chronologie vytvořené z archeologických nálezů z okolí Bodamského jezera. Data publikovaná Anrém Billambozem jsou k dispozici v archivu NOAA. Chronologie pokrývající období mezi roky -5500 a -850 byla vstupem do tzv. *change point* analýzy provedené v programu R (<https://www.r-project.org/other-docs.html>; Erdman - Emerson 2007). Výsledné pravděpodobnosti změny pro každý rok byly předmětem výpočtu 20letého klouzavého průměru, který vystihuje dlouhodobě klimaticky proměnlivé nebo stabilní období.

Druhým využitým souborem dat je rekonstrukce indexu intenzity sucha (PDSI) vytvořená Ulfem Büntgenem a kolektivem na základě dendrochronologických dat ze střední Evropy. Soubor byl publikován v databázi NOAA. Soubor rekonstrukce sucha byl rovněž využit v *change point* analýze. Oba soubory dat pak byly v důsledku odlišného charakteru předmětem jiného zacházení. Na rozdíl od průměrných letokruhových šířek byl vstupními daty analýzy desetiletý klouzavý průměr odchylek PDSI od průměru 20. století. Výsledky v případě těchto datových souboru vlivem rozdílného charakteru poskytují odlišné informace s odlišným časovým rozsahem.

7.5.2 Analýza speleotém

Krasové oblasti a jeskyně obsahují množství útvarů a krápníků tvořených kalcitem, jehož základem je uhličitan vápenatý (CaCO_3). Molekuly uhličitanu vápenatého obsahují dva druhy atomů nejvíce využívaných v paleoklimatologickém výzkumu. Molekuly kyslíku a uhlíku se v přírodě vyskytují v několika možných variantách. Molekuly uhlíku mohou být kromě standardní formy ^{12}C reprezentovány dalšími

izotopy, především stabilním izotopem ^{13}C a radioizotopem ^{14}C . Tyto těžší molekuly jsou využívány při rekonstrukci klimatických poměrů. Zjednodušeně řečeno, sledován je poměr mezi stabilními izotopy ^{13}C a molekulami ^{12}C . Tato veličina je označována jako $\delta^{13}\text{C}$. V případě uhlíku je sledován poměr mezi izotopy ^{18}O a ^{16}O , který je značen jako $\delta^{18}\text{O}$ (Demény *et al.* 2016).

Uhličitan vápenatý tvořící speleotémy vzniká reakcí vápence nacházejícího se v horninách s CO_2 obsaženým ve vodě, která proniká z povrchu. Voda je obohacena uhlíkem z tlejících rostlin, a tak odráží izotopovou kompozici v rostlinách. Izotopy uhlíku jsou v případě evropských rostlin ovlivněny především slunečním zářením a teplotami (Riechermann *et al.* 2017).

Obsah izotopů uhlíku reflektuje jejich poměr v dešťové vodě. Hodnota $\delta^{18}\text{O}$ souvisí se srážkami. Těžší izotopy ^{18}O v molekulách vody mají větší tendenci být součástí srážek než lehčí molekuly kyslíku. Tento zjednodušený popis naznačuje, že klesající $\delta^{18}\text{O}$ svědčí o vyšších srážkách, ve kterých se vyskytuje více lehčích molekul. Nicméně do výsledné kompozice izotopů zasahuje mnohem více procesů, v případě kyslíku například výpar nad vodní hladinou. Další faktory, které ovlivňují složení izotopů, jsou popsány v práci: Fohlmeister *et al.* 2012; Bradley 2013, 295-315.

Výsledný obsah izotopů v krápnících vlivem těchto procesů poskytuje jiné informace, než odráží izotopy v jezerních sedimentech a letokruzích stromů. Často se jedná o nepřímé záznamy zimních srážek (Boch - Spötl 2011).

7.5.3 Mořské a jezerní sedimenty

Mořské sedimenty obsahují množství různých organických pozůstatků, mezi něž patří schránky planktonu, zejména mořských dírkonošců. Schránky těchto prvoků jsou tvořeny podobně jako krápníky uhličitanem vápenatým. V případě schránek dírkonošců či *foraminifer* je sledováno izotopové složení kyslíku. Signál $\delta^{18}\text{O}$ závisí na mnoha faktorech, z nichž nejvýznamnější je výpar. Ve vodních plochách dochází přednostně k výparu molekul vody, které obsahují lehčí izotopy. Vyšší výpar způsobuje častější odpařování těžších molekul. Zvýšení výparu v důsledku zvýšení teplot se tady promítne snížením $\delta^{18}\text{O}$ (Margaritelli *et al.* 2016). Kromě izotopů jsou sledovány druhy *foraminifer* nebo v případě jezerních sedimentů *ostrakod*. Složení druhů planktonu

může vypovídat o klimatu, za využití znalosti ekologie těchto organismů, z nichž některé druhy preferují vyšší či nižší teploty (Bradley 2013, 327).

7.5.4 Informace o solárních vlivech

Kromě zmíněných nepřímých informací svědčících o některých projevech atmosférických klimatických vlivů existují další archivy. Tyto archivy poskytují informace o kosmických vlivech na podnebí země. Z těchto vlivů je pak nejvýraznější sluneční záření. Probádanost dopadu solárních *eventů* na pozemské klima je vlivem jeho charakteru stále ještě nízká. Solární cykly mají quasiperiodický charakter a jednotlivé druhy oscilací se liší amplitudou a periodou, která činí od několika let po několik staletí až tisíciletí (Peristykh – Damon 2003). Pro rekonstrukci teplot souvisejících se slunečním zářením jsou využívány izotopy ^{13}C z letokruhů nebo krápníků (Fohlmeister *et al.* 2008).

V některých případech bývají využívána poněkud méně nepřímá data. Jedná se často o radionuklidy, jejichž výskyt v atmosféře je přímo ovlivněn slunečním zářením – rekonstrukce ze vzduchových kapes v ledovcích (Miyake *et al.* 2015). Nejčastěji využívanými izotopy takového charakteru jsou uhlík ^{14}C a ^{10}Be (Steinhilber *et al.* 2009; Miyake *et al.* 2015).

Friedhelm Steinhilber s kolektivem využili zjištění týkajících se vztahu slunečního záření a slunečního magnetického pole B_r . Různé projevy sluneční aktivity se tedy z velké části shodují. Pro modelování intenzity slunečního záření (σ) bylo využito analýzy beryllia ^{10}Be vyplývající ze těchto poznatků: Vznik molekul ^{10}Be probíhá při reakci kyslíku či dusíku za působení galaktického záření. Izotopy pak v atmosféře cirkulují zhruba okolo jednoho roku, než jsou navázané na aerosol z ovzduší odejmuty. Izotopy beryllia jsou vzhledem k této okolnosti vhodným ukazatelem intenzity kosmického galaktického záření. Vesmírné galaktické záření se skládá z atomů bez elektronového obalu či záření α , β a γ , jejichž dráha je výrazně determinována magnetickým polem Slunce (v menším měřítku i magnetickým polem Země). Platí tak vztah mezi intenzitou slunečního magnetického pole a množstvím kosmického záření pronikajícího do atmosféry, kdy vzrůstající sluneční aktivita způsobuje odklánění či blokování galaktických kosmických paprsků. Z toho vyplývá, že snížení výskytu

izotopů ^{10}Be svědčí o zvýšené sluneční aktivitě. Ke znázornění intenzity vlivu kosmického záření (tedy i vlivu slunečního magnetického pole) je využíván takzvaný potenciál solární modulace ϕ . Friedhelm Steinhilber s kolektivem kvantifikovali vztah mezi ϕ a B_r . Potenciál solární modulace byl odvozen ze záznamů berylia, které pokrývají téměř celé období holocénu. Na základě těchto rekonstrukcí byla modelována intenzita slunečního záření pro období holocénu (Steinhilber *et al.* 2009; Bradley 2013, 46). Koncentrace izotopů v atmosféře jsou získávány pomocí vrtů ze vzduchu zamrzlého v ledovcích. Jak již bylo zmíněno, depozice beryllia z atmosféry probíhá relativně rychle, což poskytuje přesné informace o obsahu ^{10}Be v atmosféře. Další výhodou tohoto izotopu je vysoká doba poločasu rozpadu, která činí 1,36 milionu let. Obsah izotopu se tak v jednotlivých látkách v krátkodobém horizontu mění jen minimálně Steinhilber *et al.* 2009; Miyake *et al.* 2015.

Dalším velmi podobným radionuklidem je uhlík ^{14}C . Primárním využitím této formy uhlíku je datování založené na poločasu rozpadu. Na rozdíl od radionuklidu beryllia je tento izotop přirozenou součástí živých organismů a jeho poločas rozpadu činí jen 5730 let. Skrze počet atomů v datovaném organickém vzorku tak bývá stanoven časový interval, ve kterém daný organismus zahynul. O metodě je více pojednáno v pracích: Libby *et al.* 1949; Fohlmeister *et al.* 2008.

Kromě tohoto klíčového využití je radiokarbon podobně jako ^{10}Be skvělým indikátorem sluneční aktivity. Podobně jako ^{10}Be vzniká z molekul dusíku ^{14}N uhlík ^{14}C . Za bombardování kosmickými částicemi je nahrazen proton v molekule jedním neutronem. Podobně jako beryllium, koreluje ^{14}C záporně s intenzitou slunečního záření (Speranza *et al.* 2002; Fohlmeister *et al.* 2008).

Nejvýznamnějším zdrojem poznání změn koncentrace uhlíku ^{14}C v atmosféře jsou letorosty stromů, které umožňují sledovat izotopovou kompozici s přesností jednoho roku. Takováto data jsou využívána ke zpřesnění kalibrace radiokarbonového datování, mohou však být využita stejně k rekonstrukci slunečních vlivů (Libby *et al.* 1949; Becker, B. 1992, Friedrich *et al.* 2004).

Z těchto nepřímých dat byla odvozena existence několika quasiperiodicky se opakujících kosmických cyklů. Od Milankovičových cyklů složených z oscilací

s periodou zhruba 40 tisíc let (Laskar *et al.* 2004) po cykly trvající o něco málo déle než jedno desetiletí (Brehm *et al.* 2021).

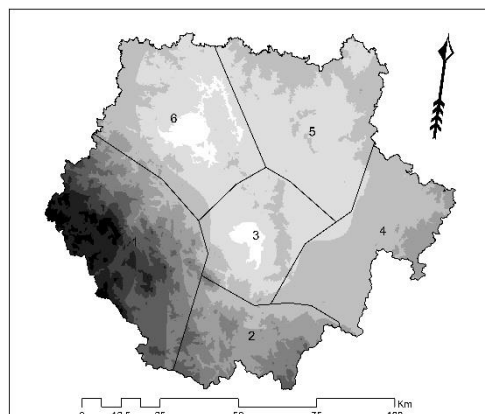
Všechny klimatické oscilace ovlivňující variabilitu klimatu v rámci holocénu jsou označovány jako sub – Milankovičovy, tedy cykly se znatelně kratším trváním. Charakter holocénních klimatických oscilací je odlišný v porovnání se změnami v průběhu desítek tisíc let trvajících glaciálů. Mírnější jsou hlavně amplitudy změn, přičemž rychlost nástupu pleistocénních eventů mimořádné magnitudy je s rychlostí nástupu holocénních oscilací srovnatelná (Wanner *et al.* 2008).

Ze solárních oscilací mají nejvyšší frekvenci jedenáctileté Schwabeho cykly a 22leté Haleovy cykly slunečních skvrn (Miyahara *et al.* 2009). Tyto oscilace svým charakterem mohou ovlivnit klima krátkodobě. Mezi oscilace se středně dlouhou periodou se řadí Glaisbergovy cykly trvající 88 let (Peristykh – Damon 2003) a Suessovy cykly trvající mezi 180 a 208 lety. Za oscilace s delší periodou lze považovat 1400 a 2400 leté cykly (Steinilber *et al.* 2009). Michael Magny poukazuje na korelaci mezi reziduálním uhlíkem ¹⁴C v letokruzích (tedy slunečním zářením), odhadovanými projevy Polární atmosférické cirkulace, odhadovanými hladinami jezer a osídlením nákolních osad. Tyto zjištění ukazují propojenost solárních vlivů a atmosférických cirkulací (Magny 2004).

8 Výsledky

8.1 Rozdělení jižních Čech podle klimatu

Na *obrázku 11* jsou vidět definované oblasti charakterizované podobným klimatem vzhledem k mapě „příznivosti klimatu“. Podobně jako mapa klimatických oblastí podle Quitta na *obrázku 18* (Quitt 1974) poukazuje tento plán na oblast Písecka a Českobudějovicka jako na klimaticky nejprůzračnější oblasti jižních Čech. V práci budou pro potřeby sledování prostorové variability

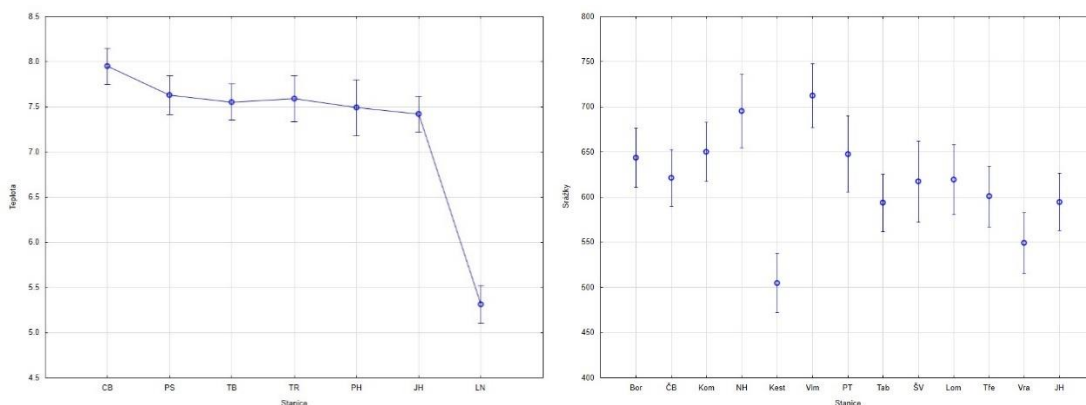


Obr. 16 Znárodnění rozdílných klimatických oblastí. 1) Šumava a její podhůří. 2) Českokrumlovsko a Novohradské hory. 3) Českobudějovicka. 4) Třeboňská pánev. 5) Tábořsko. 6) Písecko

využity oblasti znázorněné na *obrázku 15*. Jedná se o arbitrárně vytvořené regiony na základě klimatických charakteristik zmíněných v druhé kapitole. Rovněž bude sledováno rozmístění sídlištní aktivity vzhledem ke klimatickým oblastem podle Quitt 1974.

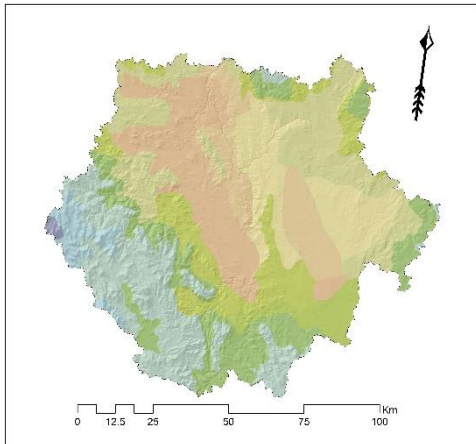
Roční úhrny srážek, průměrné roční teploty a teplotní amplitudy byly využity pro zhodnocení klimatických rozdílů mezi zvolenými oblastmi. K tomu byla využita jednocestná analýza variance (Lepš – Šmilauer 189). Na 95% hladině pravděpodobnosti lze zamítnout nulovou hypotézu o shodnosti variance teplot a teplotních amplitud mezi jednotlivými lokalitami pouze v případě Lenory, charakterizující šumavský region. Z tohoto plyne, že prokazatelně odlišná roční teplota a variabilita klimatu je z analyzovaných dat pouze v Šumavské oblasti.

Rozdílně od teplot, které jsou v jižních Čechách podobné, dopadla analýza srážek. Na 95% hladině pravděpodobnosti se od zbytku jižních Čech lišily srážky naměřené v Kestřanech. Variance srážek naměřených ve Vráži se lišila primárně od oblasti podhůří Novohradských hor. Oblast Českých Budějovic vykazovala rozdíl v úhrnu srážek kromě Kestřan také vůči Šumavské oblasti.



Obr. 17 Vlevo. Analýza variance teplot. CB: České Budějovice; PS: písek; TB: Tábor; TR: Třeboň; PH: Prachatice; JH: Jindřichův Hradec

Obr. 18 Vpravo. Analýza variance srážek. Bor: Boršov; CB: České Budějovice; Kom: Komařice; NH: Nové Hradky; Kest: Kestřany; Vim: Vimperk; Tab: Tábor; ŠV: Ševětín; Lom: Lomnice nad Lužnicí; Tře: Třeboň; Vra: Vráž; JH: Jindřichův Hradec



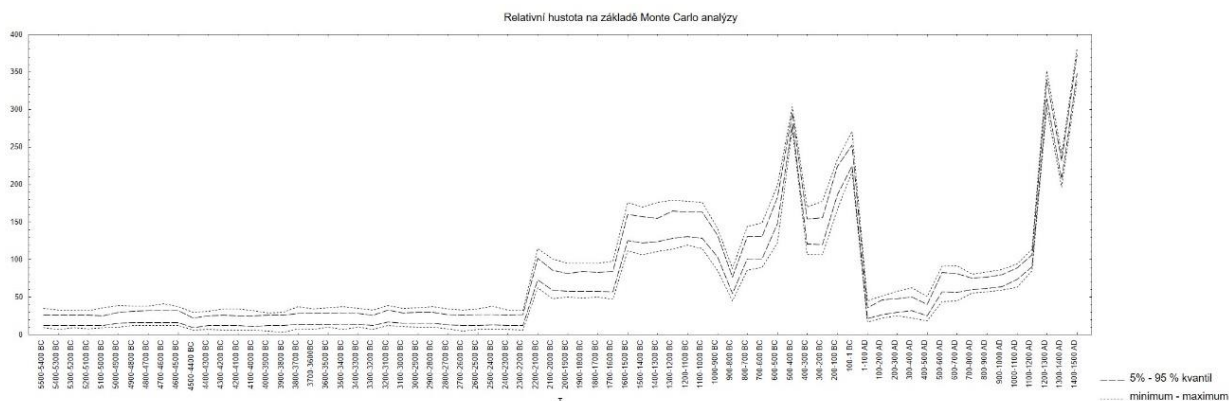
Obr. 19 Klimatické oblasti podle Quitt 1974.

Z analýzy variance teplot, srážek a teplotních amplitud vyplývá, že zdatně se od jihočeského průměru liší oblasti hor a podhůří. Tento fakt není překvapením. Rozdílnost srážek od zbytku jižních Čech vykazovala kromě hor a podhůří i oblast Písecka (viz. Obr. 17). Dodatečně byl spočítán korelační koeficient a lineární regrese, která ukazuje vztah mezi „Českobudějovickým“ a „Píseckým“ klimatem. Regresní rovnice neindikuje žádné rozdíly teplot na Českobudějovicku a Písecku. Na rozdíl od

vyčleněných oblastí spadá oblast v okolí Strakonice a Písku podle členění bioregionů do Českobudějovického regionu (Culek *et al.* 2013, 150-155). Srážky se podle lineární regrese liší od teplot mezi oblastí Českých Budějovic a Písku ve prospěch Budějovic, které v průměru vykazují o 20% větší úhrn srážek. Podobný roční úhrn srážek jako České Budějovice má kromě Šumavy a Písecka zbytek jižních Čech.

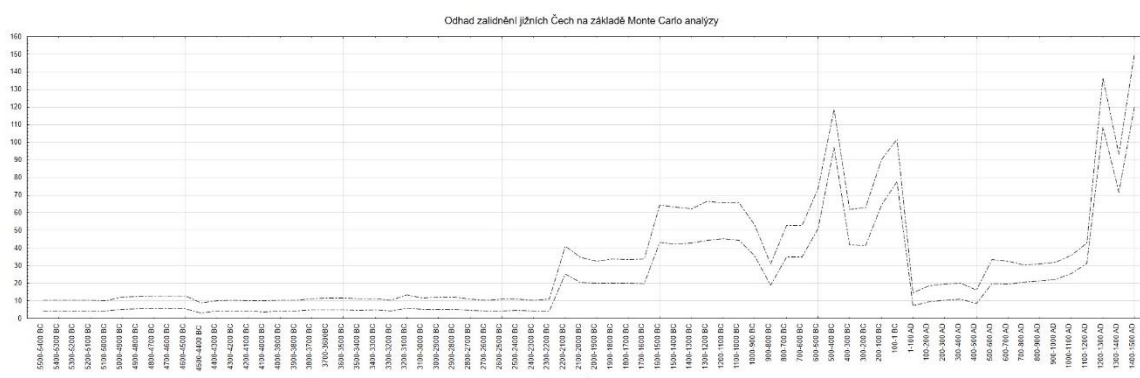
8.2 Některé z charakteristik jihočeského osídlení na základě archeologických databází

Z parametrů týkajících se osídlení bylo zvoleno několik, u kterých byl předpokládán vztah ke klimatickým podmínkám. Nejdůležitějším sledovaným parametrem je relativní hustota osídlení rekonstruovaná pomocí metody aoristických vah a Monte Carlo simulací. Jako doplněk byl na základě Monte Carlo výstupu rekonstruován počet lidí žijících na území Jihočeského kraje od pozdního středověku do neolitu. Počet obyvatel byl zrekonstruován na základě hrubého odhadu historiků, a tak poskytuje pouze nevalidovaný pohled na problematiku. Ke komparaci slouží model Petera Demjána pro jižní Čechy. Trendy obou křivek se do jisté míry shodují. Odlišný trend lze pozorovat v období starší doby římské a raného středověku. V této kapitole se objevující charakteristiky jsou samy o sobě založeny na značně fragmentárních a nepřesných datech ADC, tudíž je pro jejich interpretaci nutná jejich kombinace doplněná o kontext. Pro korekci informací mimo jiné slouží graf počtu katastrů s pozitivními archeologickými akcemi a informace o průměrných nadmořských výškách sídlišť.



Obr. 20 Rekonstrukce relativní hustoty zalidnění. Tečkovaná čára značí 100% simulaci. Přerušovaná čára značí 95% konfidenční interval.

Ve stejném rozmezí, tedy v období od neolitu do počátku raného novověku, byly vytvořeny poměrné sloupcové grafy zastoupení sídlišť v jednotlivých klimatických oblastech podle Quitt 1974 a klimaticko-geografických regionech. Oba grafy jsou vytvořeny ze součtů aoristických vah.



Obr. 21 Hrubý odhad hustoty zalidnění.

V období neolitu bylo osídlení rovnoměrně rozprostřeno mezi Píseckem, Táborskem a Odhadovaný počet obyvatel činil zhruba 4-10 tisíc lidí. V době okolo roku 5000 se odhadovaný interval zvýšil na 6-16 tisíc lidí. V tomto období roste i počet sídlišť na Táborsku na úkor procentuálního zastoupení sídlišť na Českobudějovicku. V období časného eneolitu záznamy ukazují mizející osídlení na Českobudějovicku a velice zřetelný nárůst osídlení v oblasti Táborska. S tím koreluje i procentuální vzestup

zastoupení sídlišť v klimatické oblasti MT2. Znamky osídlení pro počátek eneolitu jsou tedy častější v oblastech s větší nadmořskou výškou.

Po zbytek období eneolitu se na základě využitých dat většina osídlení koncentruje v oblasti Písecka, což je nejsušší a nejteplejší oblast v jižních Čechách. Osídlení je nejčastější v klimatické oblasti MT2, což je oblast, se stejnými průměrnými teplotami jako MT4, ale s vyšší pravděpodobností sucha a nižšími srážkami. Okolo 3,7 tisíce let př. n. l. se podíl osídlení Českobudějovické pánve značně snížil. Většina osídlení tak byla koncentrována na Písecku. Po celý eneolit je odhadovaný počet lidí na jihu Čech v rozmezí 3-10 tisíc s předpokládaným mírným vzestupem okolo roku 3200.

V období eneolitu se na základě záznamů ADC charakteristiky osídlení téměř nelišily. Určitá změna ve sledovaných parametrech nastala okolo roku 2200 př. n. l. Jedná se o další pokles procentuálního zastoupení vlhčího klimatického regionu MT4, rozšíření osídlení do oblasti v okolí Českých Budějovic a Táborska. Zároveň došlo k zvýšení zalidnění na zhruba 25-40 tisíc obyvatel.

Po celou starší dobu bronzovou bylo výrazně osídleno Českobudějovicko a Písecko, méně Táborsko, podhůří a Třeboňsko byly téměř bez výraznějšího osídlení. Většina sídlišť (více než v eneolitu) se koncentruje v sušších oblastech. Po roce 2000 př. n. l. opět mírně roste zastoupení sídlišť ve vlhčích oblastech, přitom klesá počet komponent v oblasti Táborska, datovaných do období zhruba 2000-1600 před naším letopočtem. Odhad zalidnění je v této době 20-32 tisíc lidí.

Okolo roku 1600 záznamy nasvědčují zvyšování osídlení suché oblasti Písecka. Ve střední době bronzové je podíl osídlení Písecké oblasti více než 60% a záznamy v oblastech Táborska a Českobudějovicka tvoří každá okolo 15%. V sušší oblasti MT2 se koncentruje 95% archeologických záznamů z počátku střední doby bronzové. Tento stav charakterizuje záznamy z celé střední až pozdní doby bronzové. Mezi roky 1700 a 1500 stoupá odhadovaný počet lidí obývajících prostor jižních Čech na 41-65 tisíc osob. Zhruba od 1 tisíce let př. n. l. se odhadovaná hustota osídlení snižovala k minimu předpokládanému v 8. století před naším letopočtem. Podle hrubého odhadu mohla populace jižních Čech v této době činit zhruba 20-30 tisíc lidí.

Mezi lety 800-500 lze předpokládat mírný vzestup relativní hustoty osídlení v okolí Českých Budějovic a zároveň vzestup populační hustoty celých Jižních Čech. Mezi lety 500-400 př. n. l. lze na území jižních Čech odhadovat zhruba na 95-110 tisíc lidí. Vzestup je v archeologických datech následován prudkou korekcí počtu komponent. Je otázkou, do jaké míry takovéto kolísání mohlo souviset se změnami populační hustoty. Pravděpodobným vysvětlením je rovněž stav výzkumu v kombinaci s větší archeologickou stopou populace obývající jižní Čechy v pozdním halštatském období a časném období laténského kulturního okruhu. Osídlení v době halštatské v porovnání s mladší dobou bronzovou zabírá větší procentuální zastoupení komponent v oblasti Českobudějovicka. V období staršího a středního latěnu odhadovaná hustota osídlení činí 40-65 tisíc.

Ve starší době železné pak lze předpokládat rozšíření osídlení do vlhčích, teplých klimatických oblastí MT4 a také do oblastí mírně chladných a vlhkých. Ve starším latěnu osídlení v mírně chladném a vlhkém klimatickém regionu ubývá. V období mezi lety 300-200 je pak odhadován vzestup koncentrace v mírně chladné a vlhké oblasti. Archeologické záznamy z mírně chladných oblastí vážené aoristickými pravděpodobnostmi tvoří více než 50% záznamů řazených do této doby. Nicméně většina záznamů tohoto období podobně jako zbytek mladší doby železné náleží do Písecké oblasti.

Mezi lety 200 př. n. l. a prvním stoletím je na základě archeologických dokladů odhadován další populační vzestup. V této době je také předpokládán vzestup poměru osídlení na Českobudějovicku a úbytek osídlení Táborska.

V prvním století př. n. l. je po předpokládaném období růstu v archeologických záznamech patrný značný pokles jejich četnosti. Odhadované zalidnění tak klesá z intervalu 78-100 tisíc (LtC a LtD) do intervalu 9-16 tisíc na počátku doby římské. Takovýto populační pokles se zdá značně nepravděpodobný. Možné vlivy zkreslující odhad budou rozebrány v následující kapitole.

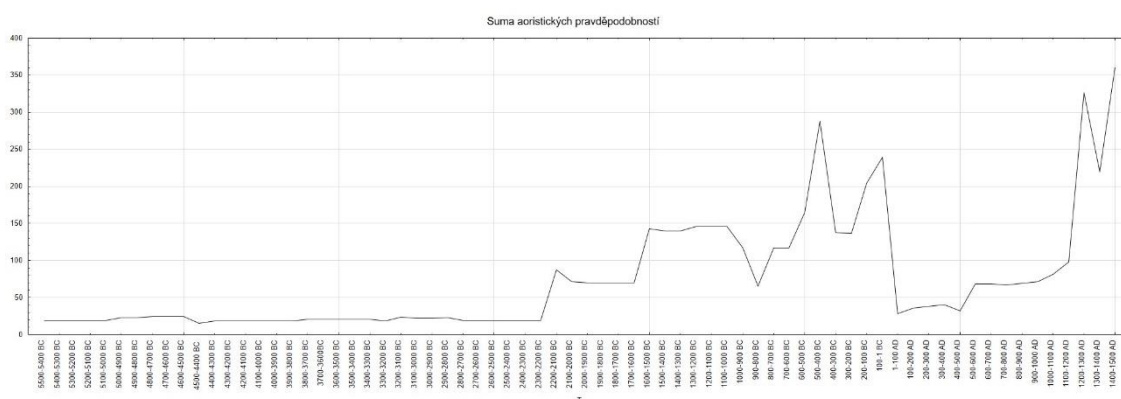
Po celou dobu římskou a období stěhování národů je na základě Monte Carlo analýzy předpokládáno okolo 10-20 tisíc obyvatel jihočeské oblasti. Spíše než prudký propad na počátku doby římské a stabilní hustota osídlení se zdá pravděpodobnější postupný

pokles osídlení v období mezi mladší dobou železnou a dobou stěhování národů. Na základě odhadu, po celou dobu římskou stoupalo procentuální zastoupení sídlišť v suché oblasti MT2 s maximem 87% v době stěhování národů. Zajímavé je snižování hustoty osídlení v oblasti Táborska a zvýšení procentuálního zastoupení archeologických záznamů v oblasti Českobudějovické pánve. Zároveň lze pozorovat i více záznamů v oblasti Českokrumlovska a Novohradského podhůří, které pravděpodobně souvisí s obchodními trasami.

Na základě odhadu stoupá od poloviny prvního tisíciletí našeho letopočtu zastoupení osídlení v oblastech podhůří a Třeboňské pánve, která po celý zemědělský pravěk byla téměř neosídlená. Zároveň lze pozorovat vyrovnání zastoupení osídlení v jednotlivých klimatických oblastech, odpovídající procentuálnímu zastoupení těchto oblastí v jižních Čechách.

Raný středověk je na základě rekonstrukce osídlení charakterizován vyšší, kontinuálně rostoucí hustotou osídlení. Prudký nárůst populační hustoty je pak zaznamenán v období přelomu raného a vrcholného středověku.

V 13. století pak dále roste hustota osídlení a zastoupení archeologických záznamů v oblastech podhůří. Populační hustota se od vrcholného středověku do novověku pohybuje v rozmezí 100-150 tisíc lidí. Pro období novověku je odhad populační hustoty na základě archeologických dat téměř neuchopitelný problém. Charakteristiky osídlení a především odezvy ke klimatu mohou poskytnout historické prameny, zejména hospodářské povahy, prameny narativní a osobní.



Obr. 22 Součet aoristických vah.

8.3 Výsledky dendrochronologické analýzy

8.3.1 Švamberk

Jádro souboru, který byl využit pro rekonstrukci, pochází ze zemědělského dvora Švamberk, k jehož destrukci došlo v roce 2019. K dendrochronologické analýze bylo vybráno celkem 89 vzorků z trámů, prken a sloupků. Vzorkování dřevěných konstrukčních prvků probíhalo až po destrukci areálu, což komplikovalo následnou funkční interpretaci odebraných vzorků. Na několika vzorcích byly patrné tesařské značky s čísly I, III, VI a XI. Všechny značky pocházely z objektu 7 a byly datovány do rozmezí 1657-1713. Z objektu 1 pocházely fragmenty třech sloupků ze smrkového a jedlového dřeva. Jedlové sloupky pocházely z konce 18. století a smrkový sloupek byl vyroben roku 1808. Dřevěné vzorky ze Švamberka také poskytují informace o řemeslných postupech. Na dřevěch jsou známky po sekání a polovina vzorků obsahuje doklad tesařského spoje. Nejčastější jsou pozůstatky čepových spojení ukotvených dubovými hřeby. Dalšími zachycenými spoji jsou doklady takzvaného kampu.

Soubor tvoří 39 vzorků jedle, 28 vzorků smrku, 14 borových dřev, 3 části dubových konstrukcí a tři vzorky modřínového potrubí. Dobové části spadaly do 17. století. Jednalo se o pozednice a překlad brány.

Rozmezí, ve kterém byly pokáceny jedle využitě k analýze, je mezi roky 1665 a 1808. Naopak většina smrků byla skácena v 19. století. Změna ve složení druhů v závislosti na čase pak pravděpodobně souvisí s rozvojem voroplavby na počátku 19. století. Možnost dopravy šumavského smrkového dřeva, pravděpodobně spolu s ubývající populací jedle, zapříčinila změnu preferovaného stavebního dřeva. Borové trámy spadají od 17. do 19. století.

K vytvoření chronologie bylo vybráno 35 letokruhových křivek jedle (*Abies alba*). Letokruhové řady jedlí ze Švamberka pokrývaly období mezi 16. stoletím a prvním desetiletím 19. století. Získané sekvence pokrývaly 17. a 18. století. Průměrná délka vzorku ze Švamberka činí 78 let.

8.3.2 Rybniční výpusti

Vzorky rybničních výpustí doplňují soubor ze Švamberka. Nejstarší vzorky jsou datovány do 16. století. Jedná se o výpust nalezenou v poli mezi Čavyní a Vodňany, datovanou do roku 1548. Trubní výpust pravděpodobně náležela některému ze zaniklých rybníčků na odvodňovací stoce vedoucí z Dřemlinského rybníka u Vodňan. Výpust z rybníka Škaredý z roku 1511 byla i přes nízký počet letokruhů (33) datována na základě hodnot BP t-testu okolo 6. Nejmladší dlabané výpusti byly vytvořeny v polovině 19. století (Zavlekov-Valcha a Metly-Melteský rybník z roku 1848). Rybník u zaniklé středověké osady Zlatěšovice ve staré oboře byl datován do let 1724-1726. Vzorky z Purkarce, odebrané Josefem Šálkem v roce 2015 při přestavbě jezu se na požadovaném konfidenčním intervalu nepodařilo datovat. Průměrná délka sekvencí jedlí tvořících výpusti převyšuje sto let.

8.3.3 Vytváření chronologie

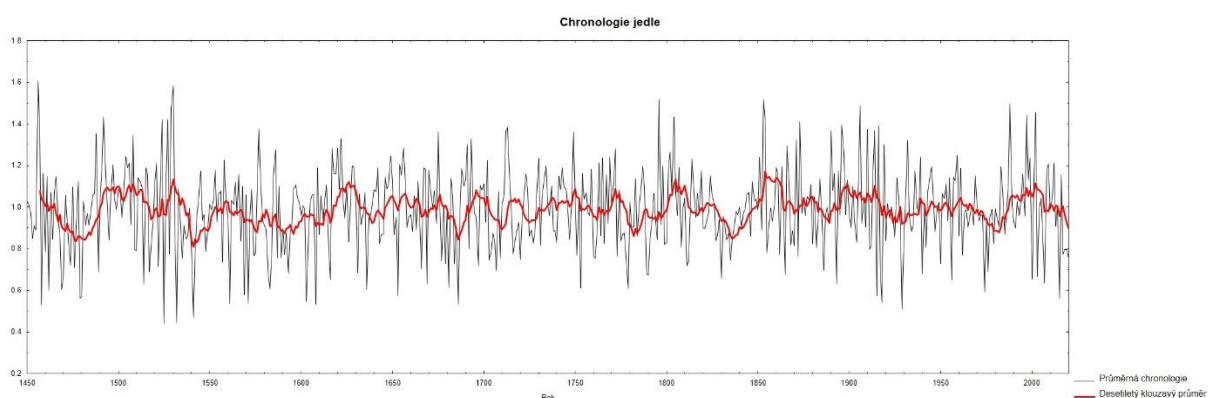
Vzájemná korelace vzorků a kvalita sekvencí byla dodatečně kontrolována v programu COFECHA (Holmes 1986) a Cdendro. Křivky, které vykazovaly nízkou korelací byly z další analýzy vyřazeny. Chronologie byla exportována ve formátu Tuscon a importována do programu ARSTAN (Holmes 1986; Cook – Holmes 1999). Odstranění trendu bylo provedeno proložením negativní exponenciální křivkou v několika případech byla k detrendování využita 67% splajna a lineární regrese. Variance byla stabilizována na základě metody Keith Brifa. V programu ARSTAN byla vytvořena průměrná chronologie, dále využitá při dendroklimatologické analýze. Výsledná křivka vykazuje 2 slabá období. Prvním obdobím je 19. století, pro které existuje velmi malý počet vzorků ze sledované oblasti, které by svou kvalitou byly vhodné k vytvoření chronologie. Druhým slabším místem je počátek 17. století, kde hodnoty EPS klesají pod 0,95. Výsledná průměrná křivka však vykazovala autokorelací. Proto byla dále využívána reziduální chronologie získaná autoregresní analýzou.

8.3.4 Dendroklimatologická analýza

Kombinovaná chronologie archeologických sekvencí a sekvencí získaných vývrtem živých stromů byla porovnána s klimatickými daty. Počítán byl Pearsonův korelační koeficient pro průměrné teploty, úhrny srážek a SPEI (standardní index srážek a

výparu). Korelace byla kalkulována pro 1, 3, 6 a 12 měsíců. Klimatická data byla interpolována pro severní Českobudějovicko. Korelační koeficient byl počítán pro období 1900-1960 a 1961-2020. Data neukazovala téměř žádnou korelaci s teplotami. Korelace letokruhových šířek v obou segmentech se srážkami za období března až srpna a SPEI činila 0,33. Je tedy zřejmé, že růst jedlí v regionu Českobudějovicka souvisí s úhrnem srážek za březen až srpen. Výsledná data však nejsou vhodná pro standardní dendroklimatologickou analýzu.

Podobně jako v případě ostatních dendrochronologických souborů byla na jihočeské křivce provedena change point analýza. Nejprve byl spočítán klouzavý průměr a na jeho základě byla pročitána pravděpodobnost změny podle (Erdman – Emerson 2007). Sledovány byly změny následované poklesem ročních přírůstků, svědčících o změně k období nižšího růstu. V obdobích nižšího růstu je velmi pravděpodobný výskyt sucha, ale na druhou stranu sušší podnebí stepním obilninám jako je pšenice prospívá. Období nízkého růstu byla porovnána s rekonstrukcí indexu sucha pro Čechy, Bavorsko a Sasko (Büntgen *et al.* 2021). Období nízkého růstu v jižních Čechách se s obdobími sucha ve střední Evropě spíše neshodují. Období nízkého růstu pak pravděpodobně souvisí se zhoršením celkových podmínek, nikoliv pouze se suchem. Pro prehistorické období udává míru změny analýza na základě bavorského dubu z Bodamského jezera. Všimnout si můžeme například velmi variabilního období mezi lety 4500 a 3500 před naším letopočtem. Další nestabilní úseky byly pozorovány v letech 3300-3200, 3000-2900, 2650-2550, 2200-2100 před naším letopočtem.



Obr. 23 Reziduální chronologie jihočeských jedlí. Reziduální chronologie a 10-letý klouzavý průměr.

8.4 Popis holocénního klimatu.

8.4.1 Starší holocén

Období poslední doby meziledové, které stále ještě trvá, se vyznačuje určitou mírou kolísání intenzit a charakteru klimatických změn. V porovnání s nepřímými záznamy dob ledových jsou ale doby meziledové neboli interglaciály klimaticky značně stabilními geologickými obdobími. Největší variabilita je předpokládána v počátečních obdobích holocénu, tedy v době doznívající doby ledové. Toto období bychom mohli ztotožnit se starým holocénem, který je tradičně datován mezi roky 11 653 před současností a polovinou devátého tisíciletí před současností (BP). Počátek epochy holocénu je konsenzem stanoveným na základě nepřímých klimatických dat z ledovcových vrtů (Bolle *et al.* 2015, 25). Jako vnitřní členění holocénu jsou v této práci používány stupně Blytt-Sernanderova (např.: Mangerud, J. 1982) členění holocénu, upravená na základě analýz tafocenóz mlakofauny Vojenem Ložkem (Ložek 2007).

Počátek holocénu navazuje na relativně chladné období konce pleistocénu charakterizované obdobím mladého dryasu. Během velmi krátké doby došlo k vzestupu průměrných teplot a rozšíření dřevin v oblasti střední Evropy, kterou pokrývala v oblastech bez trvalého zalednění tundra či sprašová step. Z počátku holocénu pochází jedny z nejstarších chronologií letorostů naměřených ze subfosilních dřev (Friedrich *et al.* 2004; Šamonil *et al.* 2018). Informace získané z letokruhů jsou pak propojovány s pylovými profily.

8.4.1.1 Preboreál

Starší holocén se dále dělí na období preboreálu a boreálu. Geologické období preboreálu je datované do rozmezí zhruba 9500/9700–8500 před naším letopočtem. Charakterizované bylo nástupem nenáročných dřevin jako je borovice či bříza (Ložek 2007, 40-56). Odchylka maximální i minimální teploty se ve střední Evropě, podle modelu vytvořeného na principu neurálních sítí, pohybovala okolo -2 stupňů Celsia (Davis *et al.* 2003). Zimní teplotní odchylky rekonstruované v oblasti Čech v období od konce mladého dryasu po boreál, byly zhruba stejné jako novověký zimní průměr (Mauri *et al.* 2015).

8.4.1.2 Boreál

Přibližně do období mezi lety 8500 a 6500 př. n. l. bývá datována epocha navazující na subboreál, která je označována jako boreál. Jestliže subboreál je charakterizován prudkým zvyšováním teplot a pokračujícím ústupem ledovců, který započal po posledním glaciálním maximu, boreál je znám jako relativně chladné období.

V oblasti Evropy ale pokračovalo pozvolné oteplování, doprovázené vznikem rašelinišť a ústupem ledovců (Nicolussi – Patzelt 2000; Ruskál *et al.* 2020). V polovině 9. tisíciletí př. n. l. tvořily oblast hrdlořezského močálu jílovopísčité plochy porostlé relativně hustě zastoupenou břízou. Tato oblast pak pravděpodobně byla blízko k jezeru Velanská cesta (Jankovská 1970). Charakter sedimentace Hrdlořezského močálu naznačuje, že se jednalo o relativně vyvýšenou plochu obklopenou jezery (srov. např. Jankovská 1980, 59–61; Jankovská 1970). V písčitéch sedimentech v hloubce 150-160 centimetrů pod povrchem byly objeveny diaspory ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus-galli*). Tato rostlina je typická pro písčité oblasti. Její přítomnost je ve střední Evropě však předpokládána jako intruze od období mladší doby kamenné (Pokorná *et al.* 2018).

Kontrastně k ústupu ledovců je v počátku boreálu na základě hodnot $\delta^{18}\text{O}$ a složení mikrop planktonu předpokládáno ochlazení mořské hladiny. Hypotézu o výskytu chladného eventu, takzvané boreální oscilace, podporují částečně i záznamy izotopů kyslíku z grónských ledovců. Při porovnání s daty ^{14}C je možné předpokládat vliv snižujícího se slunečního záření. Výskyt krátkého chladného eventu je tak pravděpodobný okolo roku 8300. Po chladném eventu následovalo oteplení a pokračování odtávání ledovců (Wanner 2008; Steinhilber *et al.* 2009).

Některé alpské ledovce v době boreálu zabíraly znatelně menší plochu než v současné době, o čemž svědčí nálezy stovek kmenů stromů vydávaných recentně ustupujícím ledovcem. Počátek období boreálního minima alpského zalednění je odhadován mezi roky 8300-8100 před naším letopočtem. V této době dochází k znatelnému oteplení navazujícímu na předchozí trend (Nicolussi – Patzelt 2000). Zároveň v rozmezí let 8300–8000 př. n. l. jsou předpokládány zvyšující se hladiny středoevropských jezer (Magny 2004; Pleskot *et al.* 2017). Ústup ledovců byl následován vzrůstem jejich plochy v okolo počátku 8. tisíciletí př. n. l., kdy došlo k vymírání stromů vlivem

zvětšujících se ledovců (Nicolussi – Patzelt 2000). Období od 8000 do 6500 je charakterizováno předpokládaným poklesem slunečního záření a ve střední Evropě i poklesy hladin jezer (Magny 2004). Nicméně globální nepřímé zdroje ukazují, že v rozmezí 8-6,5 tisíce let bylo málo chladných eventů (Wanner *et al* 2008).

Ze záznamů $\delta^{18}\text{O}$ (Fohlmeister *et al.* 2012; Reichelmann *et al.* 2017) se zdá, že období mezi 7,5-7,2 tisíce let př. n. l. bylo teplé, s malou vnitřní variabilitou.

Období krátkodobého oteplení bylo vystřídáno chladným výkyvem 7,2 až 7 let před naším letopočtem. Vegetace v údolí Pasterze v Alpách končí vlivem rozšíření ledovců po roce 6900 před naším letopočtem (Nicolussi – Patzelt 2000). Od zhruba 7000 př. n. l. do středověku jsou zimní teplotní amplitudy zhruba o 2 stupně vyšší v porovnání s referenčním předindustriálním obdobím a také v porovnání s preboreálem (Mauri *et al.* 2015).

Letní srážky v oblasti jižních Čech byly pak větší než referenční období novověku okolo 7000 let před naším letopočtem (Mauri *et al.* 2015), čemuž odpovídá nízká suma suchých období mezi lety 7000-6600 př. n. l. indikující globálně spíše stabilní či vlhčí klimatické podmínky (Wanner *et al.* 2008). Zhruba v době chladného eventu 8,2 tisíce let před současností indikují pylové profily největší rozšíření ledovce (Nicolussi – Patzelt 2000).

Nepřímá data naznačují, že v druhé polovině 7. tisíciletí před naším letopočtem bylo spíše suché období (Mayevsky *et al.* 2004). V rašeliništích oblasti Karpatské nížiny jsou zachyceny oscilace v letech 7800–6900 před naším letopočtem. Snižování četnosti pylů dubu a dalších dřevin indikuje na období zvýšené hladiny spodní vod, a tedy pravděpodobně zvýšeného přítoku a srážek. Druhou polovinu sedmého tisíciletí pak pravděpodobně byla Karpatská nížina ovlivněna spíše sušším klimatem (Ruskál *et al.* 2020). Otázkou je, jak jsou relevantní poznatky z Karpatské kotliny, která je ovlivňována rozdílnými tlakovými útvary a atmosférickými cirkulacemi než jižní Čechy.

8.4.2 Střední holocén

Období středního holocénu je ve střední Evropě charakterizováno mnoha změnami, které zasáhly téměř všechny aspekty životního prostředí. Jedná se o období z velké části shodné s takzvaným středoholocénním optimem (*Ljungqvist 2011*). Toto období bylo charakterizováno postupnou sukcesí lesních ekosystémů zmenšujících místa primárního bezlesí (*Ložek 2007*). Ústup ledovců nepřímo způsobil pokles teplot v průměru až o tři stupně Celsia po období trvající téměř 200 let. Skrze kolaps ledovce v místě Zálivu svatého Vavřince byl pozměněn charakter Golského proudu (*Matero et al. 2017*). V období takzvaného středoholocénního klimatického optima (5500-3500 př. n. l.) dochází ve střední Evropě ke změně z lovecko-sběračského na zemědělský sedentární způsob života. V průběhu této doby jsou postupně adoptovány různé části takzvaného zemědělského balíčku.

8.4.2.1 Počátek atlantiku 6500-6100

Na základě Blytt – Sernanderova členění holocénu začíná geologické období atlantiku v polovině 7. tisíciletí před našim letopočtem. Jak je z předchozích řádků patrné, počáteční fáze středního holocénu, takzvaný atlantik, nebyla z hlediska klimatu jednolitou epochou.

Oscilace rozsahu ledovců spolu s dalšími indikátory ukazují na trvání spíše chladného období mezi 6,5 až 6,1 tisíci let před našim letopočtem. Zároveň v rozmezí 6,5-6,1 tisíci let př. n. l. je předpokládáno spíše sucho (*Wanner et al 2011*). Kontrastně v polovině 7. tisíciletí př. n. l. pak došlo k zvyšování hladin evropských jezer (*Magny*). V průběhu staršího holocénu a počátku středního holocénu je předpokládáno množstvím méně výrazných vlhkých fází (*Pleskot et al. 2017*).

Trend pokračoval až do chladného eventu 8,2ky (6300-6150 př. n. l.), který souvisí se změnami termohalinní cirkulace (*Wanner et al. 2011; Matero et al. 2017*). V průběhu chladného výkyvu pak podle některých studií nebyly zachyceny nepřímé známky vlhkého klimatu (*Pleskot et al. 2017, Wanner et al 2011*).

Článek založený na shromáždění velkého množství dat ze středoevropských jezer ukazuje protichůdné trendy kolísání hladin evropských jezer v období korespondujícím s chladným eventem. Skóre kalkulované na základě odhadovaných hladin jezer je

v období 8300-8000 přibližně stejné pro nízké i vysoké hladiny, mírně ve prospěch nižších hladin. Dopady na srážky měl chladný výkyv pravděpodobně minimální a mezi regiony střední Evropy znatelně odlišné (Magny 2004).

Dendrochronologická data z Alp ukazují, že v době přelomu boreálu a atlantiku kulminoval nárůst masy ledovců. Data jsou podpořena i ledovcovými vrty z Norska. Tyto procesy bezprostředně souvisí s chladným obdobím v letech 6300-6150 př. n. l., které souviselo kromě terestrických vlivů s poklesem slunečního záření (Nicolussi – Patzelt 2000).

V severní a jižní Evropě je naopak období značně suché (Nicolussi – Patzelt 2000). Rozdílnost klimatu mezi střední a jižní Evropou je z hlediska srážek velmi častá. Této problematice je věnována pozornost v bakalářské práci autora (Vobejda 2018, 41-54).

8.4.2.2 Starší část středoholocenního optima

Období počínající polovinou šestého tisíciletí př. n. l. bývá označováno jako středoholocenní klimatické optimum. Klima tohoto období je charakterizováno jako vlhké. Trend zvyšování srážek ve vegetačním období navazující na závěr boreálu pak v průběhu holocénu kontinuálně pokračoval (*Ljungqvist 2011*).

Období 6100-5500 je charakterizováno nízkou solární aktivitou, nasvědčující převládání spíše nižších teplot (Steinhilber *et al.* 2009). Lakustrinní sedimenty indikují vyšší hladiny středoevropských jezer, které mohly souviset s vlhčím obdobím (Magny 2004; Pleskot *et al.* 2017). Tato pozorování jsou potvrzena i v případě Karpatské nížiny (Ruskál *et al.* 2020).

V této době se konstituují rašelinné sedimenty v Hrdlořežském močálu na pomezí Třeboňské pánve a podhůří Novohradských hor. Jedná se pravděpodobně o sedimenty nevápnitých slatinišť. Oblast s omezeným odtokem tímto způsobem reagovala na změnu klimatu a zvýšení vodního přítoku.

Podle pylových dat Basil Davis a kolektiv soudí, že období po roce 6000 př. n. l. postrádalo jasný trend a bylo doprovázeno spíše krátkodobými oscilacemi a relativní nestabilitou (Davis *et al.* 2003). Mezi 6 a 5,7 lety př. n. l. je zaznamenán stabilnější teplý výkyv (Fohlmaister *et al.* 2012).

8.4.2.3 Závěr atlantiku mezi lety 5500-4800 př. n. l

Okolo poloviny šestého tisíciletí je na základě izotopů obsahu ^{18}O jeskynních speleotém předpokládán krátký chladný výkyv (Fohlmaister *et al.* 2012). Po roce 5500 stále přetrvávají ve střední Evropě spíše vlhčí podmínky společně s nižší sluneční aktivitou než v předchozí části epochy atlantiku. V této době se zvýšil obsah oxidu uhličitého o 10 částic na milion (v porovnání se současností číslo poměrně nízké, nicméně velmi daleko od nevýznamného) (Ljungqvist 2011). Na základě záznamů v krápnících pak lze předpokládat spíše teplé klimatické charakteristiky (Fohlmaister *et al.* 2012).

Letní odchylka vzhledem k období novověku je okolo roku 5000 zhruba o 2 stupně vyšší (Mauri *et al.* 2015). Heinz Wanner a kolektiv v práci zaměřené na globální výskyt chladných období udává, že mezi 6 - 4,5 tisíci let př. n. l. bylo zaznamenáno minimální množství chladných eventů. Suma suchých období je od poloviny 6. tisíciletí do roku 5000 taktéž nízká (Wanner *et al.* 2011). Toto období tak bylo s největší pravděpodobností relativně stabilní, charakterizované teplými a vlhkými podmínkami.

Dendrochronologické výzkumy odráží v oblasti Alp mírné rozšíření horských smrků a tvorbu rašeliny na místech, která byla v období od poloviny 7. tisíciletí pokryta ledem. Tyto poznatky svědčí o ústupu alpinských ledovců, který vrcholil okolo roku 4800 před naším letopočtem. Je nutno podotknout, že některé alpské ledovce v této době pokračovaly v růstu. Mírné rozšiřování ledovců je zaznamenáno i ve Skandinávii (Nicolussi – Patzelt 2000).

8.4.3 Epiatlantik

8.4.3.1 Mladší část středoholocenního klimatického optima

V systému Vojena Ložka založeném na zoolitostratigrafii je období je období epiatlantiku zasazeno zhruba do rozmezí 4800–1400 let před naším letopočtem. Tradiční členění holocénu založené na rostlinné sukcesi však termín epiatlantik nevyužívá (Ložek 2007, 46).

V prvních třech staletích epiatlantiku je předpokládána kulminace středoholocenních teplot v rámci závěru takzvaného optima (Ljungqvist 2011). Do období zhruba 4,5 – 3,5 tisíce let před naším letopočtem jsou datovány borové kmeny v Hrdlořežském močále. Podle hojných nálezů vachty trojlísté (*Menyanthes trifoliata*) a několika exemplářů

diaspor Cf. *Iris sibirica* lze odhadovat, že sedimenty tohoto období zachycují biotop rašelinného boru či blatkového lesa. Tato domněnka je podporována velkou abundancí šištice a kmenů borovice, které se v hlubších sedimentech atlantiku vyskytují jen sporadicky. Na rozdíl od atlantiku se stáří borovic v tomto období pohybuje v rozmezí od 20 do 100 let, což svědčí o rozvinutém lesním ekosystému v relativně suché krajině. V současné době se stromy v intenzivně odvodňované oblasti dožívají 60–70 let. Většina získaných dřev doposud nebyla datována, ale předpokládá se, že hromadná vymírání stromů indukují klimatické změny. Dietr Eckstein *et al.* 2009 takto datoval na základě kmenů z rašelinišť Saska 14 hydrologických změn v období středního holocénu. Ze způsobu zachování subfosilních kmenů je patrné, že rašeliništní les rostl na sedimentech nevápnitých mechových slatinišť. Zbytky kmenů a pařezy byly překryty rašelinnými sedimenty, které je zakonzervovaly.

V období 4,5-4 tisíce let udává Heinz Wanner na základě sumy suchých výkyvů spíše aridnější klima. Zároveň relativně chladné globální podmínky ve stejném časovém rozmezí potvrzuje suma chladných eventů, rekonstruovaných na základě nepřímých dat o kolísání rozsahu ledovců (Wanner *et al.* 2011).

V jezerních sedimentech Polska korespondujících s obdobím mezi 4,4 -4,1 tisíci let př. n. l. byly přítomny vrstvy svědčící o období zvýšené vodní hladiny. Okolo roku 4200 je v záznamech velmi nízký poměr vápníku a železa potvrzující tato zjištění (Pleskot *et al.* 2017). V sedimentech bavorských jezer je v tomto období zvýšení hladin málo patrné (Magni 2004). Vzorky kmenů z Hrdlořežského močálu se zatím nepodařilo vzájemně datovat. Není tak možné zjistit, jestli v období chladného a vlhkého výkyvu došlo ke změnám zalesnění vlivem oscilace hladiny spodní vody. Jedna z hypotéz, stanovených na základě dendrochronologického datování několika kmenů, je vzestup hladiny spodní vody okolo roku 4000 před naším letopočtem.

Od roku 4000 po středověk jsou na základě pylu rekonstruovány letní odchylky teplot od novověkého průměru pro Čechy téměř nulové. Oblast Moravy byla téměř po celý holocén chladnější a střední Německo teplejší než v preindustriálním období (Mauri *et al.* 2015).

Na základě pylových záznamů je předpokládáno kontinuální oteplování, především v letních měsících, s maximem okolo přelomu pátého a třetího tisíciletí. Ve skandinávské oblasti pak dochází v 4. tisíciletí ke značnému ústupu ledovců (Nicolussi – Patzelt 2000). Zhruba okolo roku 4000 se snižovala odchylka letních srážek od novověkého průměru. Naopak zimní srážky jsou od 4 tisíc let př. n. l. mírně vyšší (Mauri *et al* 2015). Mezi 4,2-3,8 tisíci let př. n. l. je zachyceno větší množství globálních chladných eventů svědčících o spíše studeném období (Wanner *et al.* 2011).

8.4.3.2 Postupný konec klimatického optima

V sedimentech polských jezer je v období mezi lety cca. 5000 a 850 př. n. l. pozorováno množství relativně krátkých a méně významných vzestupů hladin jezer. V některých obdobích tato data v kombinaci s dalšími zdroji poskytují relevantní informace k odhadu klimatu jižních Čech (Pleskot *et al.* 2017). Poslední stromy v údolí Pasterze v rakouských Alpách odumřely vlivem rozšiřování ledovce přibližně okolo roku 3800. Od té doby rozsah ledovce neumožňoval zalesnění (Nicolussi – Patzelt 2000). V první polovině 4. tisíciletí př. n. l. převládaly v oblasti Polska spíše nízké hladiny jezer (Pleskot *et al* 2017). Některé záznamy ukazují, že období 3,5 - 3,1 tisíc let př. n. l. bylo mírně chladnější (Wanner *et. al* 2011).

V rašeliništi Hrdlořežského močálu byla dokumentována vrstva mrtvého lesa, která koresponduje zhruba s polovinou čtvrtého tisíciletí před naším letopočtem. Lze předpokládat, že stromy uhynuly v rámci krátké doby. Jednou z možných interpretací tohoto kontextu je hromadné vymírání způsobené lokálními disturbancemi. Nejpravděpodobnějším scénářem lokálního narušení podmínek k růstu je zvyšování hladiny spodní vody. Vrstva mrtvého lesa tak může být nepřímým zdrojem dat, svědčícím o zvlhčujícím se klimatu v polovině čtvrtého tisíciletí před naším letopočtem.

Data z dolního Saska ukazují na vymírání starších stromů v období okolo let 3620 př. n. l., což datuje vymírání mokřadních borovic zhruba o 100 let dříve než v jižních Čechách (Eckstein *et al.* 2009). Pro výkyv na území jižních Čech v době 3600-2800 př. n. l. také svědčí četnost chladných eventů zachycených v různých přírodních archivech, především v ledovcích a geologických útvech souvisejících s kolísáním rozlohy ledovců (Wanner *et. al* 2011).

O vzestupu vodních hladin svědčí také dendroklimatologické záznamy z Bodamského jezera. Data z polských jezer naznačují, že vlhké období nastoupilo až o 200 let později (3,4 – 3,2 tisíc let př. n. l.). Zhruba v polovině čtvrtého tisíciletí je v některých archivech patrný záznam související se zvýšenou vlhkostí. Mezi 3,4 – 3,2 tisíci let př. n. l. indikuje poměr Ca/Fe ze sedimentů Strzelczynského jezera zvýšenou vodní hladinu (Pleskot *et al.* 2017). V tomto časovém rozmezí pravděpodobně vlhké období kulminovalo, což ukazují Alpská jezera v sedimentech (Nicolussi – Patzelt 2000; Pleskot *et al.* 2017). Data z Rakouska a Bavorska ukazují významnější indikátory vlhkého klimatu již v období 3600-2700 před naším letopočtem (Magny 2004).

Okolo 3 tisíc let př. n. l. přerušil na sto let vlhkou periodu ústup hladin spodní vody zaznamenaný dendrochronology ve Skotsku. Vzhledem ke geografické vzdálenosti a rozdílným vlivům na klima na území Skotska a střední Evropy lze lokální rozdíly klimatu předpokládat (Moir *et al.* 2010). Podobné informace ale pochází i ze střední Evropy. V období mezi lety 2900–2800 pokračuje vlhký trend. Údaje vycházející z populační demografie rašeliništních stromů datují toto suché období dříve (Eckstein *et al.* 2009). Po krátkém přerušení chladného období pak především mezi 2,8-2,7 tisíci let př. n. l. přetrvávalo chladnější klima (Wanner *et al.* 2011).

Za konec období středoholocenního klimatického optima v oblasti jižních Čech bychom mohli považovat období od 3,5 tisíce let před naším letopočtem. Na něj navazuje vlhké období trvající zhruba do roku 2700.

Záznamy o změně klimatu v polovině 4. tisíciletí př. n. l. se v různých oblastech odlišují, především časově. Zvýšení hladin spodní vody je předpokládáno v Polsku již v 3,6 a v Bavorsku pak 3,4 tisíce let před naším letopočtem. K projevům změny klimatu v jednotlivých nepřímých archivech tak došlo v různou dobu v závislosti na prostoru a charakteru přírodních archivů. Období nízké sluneční aktivity, které se změnami souviselo začalo již okolo roku 3600 př. n. l. (Steinhlber *et al.*, 2009), ale v záznamech z jižních Čech se objevuje až okolo roku 3500 před naším letopočtem.

8.4.3.3 Závěr epiatlantiku

Záznamy izotopů z krápníků umožňují označit období po roce 2,6 jako jedno z teplejších (Fohlmaister *et al.* 2012). V rozmezí 2700–2500 př. n. l. jsou zachyceny zvýšené

hladiny jezer v Polsku. Podobný vlhký výkyv není v sedimentech bavorských jezer ale výrazněji zřetelný (Pleskot *et al.* 2017).

S největší pravděpodobností bylo středoevropské klima v období mezi roky 2700–2200 stabilní, charakterizované poměrně suchými podmínkami. Sedimenty Hrdlořezského močálu, stejně jako v předchozích staletích, tvořily vrchovištní rašeliny.

V článku zaměřeném na poznání charakteru holocénních chladných událostí je pak perioda mezi 2700 a 1500 lety př. n. l. považována za relativně stabilní, bez výraznějších výkyvů týkajících se vlhkosti (Wanner *et al.* 2011). Nicméně v letech 2200-2100 je předpokládán podle studie indikátorů oscilací středoevropských jezer vzestup hladin, vypovídající o zvýšení spodní vody či srážkách (Magni 2000). K časovému úseku 2200-2100 je relevantní událost takzvaný event 4,1 kyloyears BP. Chladný výkyv byl datovaný na základě záznamů $\delta^{18}\text{O}$ zakonzervovaného v molekulách vody v grónských ledovcích (Wanner *et al.* 2011). Tento výkyv mohl mít pravděpodobně limitované dopady na středoevropské klima a bývá zachycen spíše v jižní Evropě (Margaritelli *et al.* 2016). Na základě záznamů z krápníků z 2,2-1,8 tisíce let př. n. l. lze usuzovat, že v tomto časovém rozmezí bylo spíše teplé a stabilní klima. (Fohlmaister *et al.* 2012)

Na území polské Oravy poskytují rašeliniště informace o klimatu období 1900-1100. Absence stromů v tomto období pravděpodobně souvisela s relativně dlouhotrvajícími vlhkými podmínkami (Krapiec-Szychowska-Krapiec 2016). Období v rozmezí 1500-1100 př. n. l. bylo spojeno s jedním z horizontů charakterizovaných průměrně vyššími hladinami středoevropských jezer (Pleskot *et al.* 2017). Sluneční záření v období 1500-900 bylo pravděpodobně stabilní a relativně intenzivní (Speranza *et al.* 2002). O hydrologických změnách v tomto období svědčí zároveň sedimenty rašeliniště u Hrdlořez v jižních Čechách. V sedimentech závěru subboreálu jsou časté příměsi jemného říčního písku. Mocnost sedimentů, ve kterých se písek objevuje, svědčí o opakovaném usazování jemného písku v období zhruba 1300-1000.

V rozporu se záznamy jezera ze Strzelczyńského uvádí Hainz Wanner s kolektivem minimum suchých eventů v době 1500-1000 před naším letopočtem. Ve stejném období je předpokládán růst ledovců (Wanner *et al.* 2011).

8.4.4 Mladý holocén

8.4.4.1 Přejchod středního a mladšího holocénu

Na přelomu subboreálu a subatlantiku je na základě záznamů z celého světa předpokládáno globální klimatické pesimum. Jako pesimum doby železné se označuje chladné období okolo let 800 př. n. l. až 320 před naším letopočtem. Tato doba se vyznačuje dvěma pravděpodobnými poklesy teplot doprovázenými zvýšením srážek. Vzhledem k pravděpodobné magnitudě a rozsahu těchto změn lze předpokládat, že jejich projevy v oblasti jižních Čech nebyly neznatelné. Období počátku mladšího holocénu koreluje s chladným výkyvem, trvajícím zhruba mezi 800 a 650 lety před naším letopočtem. Tento výkyv je potvrzen velkým množstvím nepřímých záznamů téměř po celém světě (Wanner *et al.* 2008). Zhruba 11. století př. n. l. lze označit jako období bezprostředně předcházející tzv. *eventu* okolo 800 let před naším letopočtem.

V této době, pravděpodobně vlivem klimatických změn, mizí osídlení nákolních sídlišť. Vzhledem k této okolnosti končí v této době chronologie dubu z nákolních osad, využívaného k odhadu variability klimatu. Dendrochronologická data nicméně poskytují informace o 9. století. V období 10. a 9. století př. n. l. lze na základě dendrochronologických záznamů předpokládat vzrůstající nestabilitu podnebí.

Záznamy o klimatu období předcházejícím klimatickému výkyvu na přelomu středního a mladšího holocénu se v závislosti na geografické poloze často liší. Z porovnání některých nepřímých dat, svědčících přeneseně o intenzitě srážek, jasně nevyplývá, že klimatická data z oblasti Polska tohoto období jsou relevantní pro rekonstrukci klimatu jižních Čech (Pleskot *et al.* 2017). Středomořská data pak často poukazují na naprosto opačný scénář ve střední a jižní Evropě (Psomiadis *et al.* 2018).

Podle studie Hainze Wanera a kolektivu v této době došlo globálně ke snížení počtu suchých období (Wanner *et al.* 2011). Subfossilní kmeny rašelinišť na Oravě z období 1100–650 poukazují spíše na suché období narušené v letech 930–840 a 710–610 před naším letopočtem (Krapiec-Szychowska-Krapiec 2016). Globální teplotní záznamy pak neposkytují jasné indicie o charakteru teplot v době výkyvu okolo 800 let před naším letopočtem (Wanner *et al.* 2011). Koncentrace izotopů beryllia poskytují klíčové informace o charakteru výkyvu okolo 800 let před naším letopočtem. Rekonstrukce slunečního záření na základě ^{10}Be v kombinaci s daty ^{14}C z vrstev krkonošských

rašelinišť poukazují na prudký pokles slunečního záření (Steinhilber *et al.* 2009; Speranza *et al.* 2002). Pokles slunečního záření začal již od 10. století pod naším letopočtem. Nicméně podle záznamů v sárských krápnících období okolo 800 let. př. n. l. souvisí s vzestupem teplot a jejich následným poklesem (Fohlmaister *et al.* 2012). Záznamy z krápníku ukazují na mírné ochlazení. Z těchto dat vyplývá, že po prudkém nárůstu vlhkosti podnebí se projevila vnitřní variabilita a kolísání klimatu. Pro období mezi lety 500 a 300 jsou zachyceny další poklesy v krápnících a zároveň v ^{14}C datech, což potvrzuje solární původ teplotního poklesu. Tento výkyv navazuje na solární maximum v polovině 5. století před naším letopočtem (Fohlmaister *et al.* 2012; Speranza *et al.* 2002).

8.4.4.2 Římské klimatické optimum

Pro období římského klimatického optima není v jižních Čechách mnoho použitelných paleoklimatologických zdrojů. Proto podobně jako v předchozích kapitolách bude využito pramenů ze střední Evropy, především dendrochronologické křivky vytvořené ze vzorků z oblasti Bavorska, Saska, Durynska a východní Francie. Ulf Büntgen publikoval rekonstrukci teplot a srážek právě z těchto chronologií (Büntgen 2011). Kolektivem autorů v čele s Ulfem Büntgenem byla v nedávné době vytvořena rekonstrukce indexů sucha střední Evropy (Büntgen *et al.* 2021).

Na základě clusterové analýzy slunečního záření (Steinhilber *et al.* 2009) a rekonstruovaných teplot (Büntgen *et al.* 2011) bylo v bakalářské práci autora vyčleněno období římského klimatického optima. Klimatické optimum zahrnovalo časový interval mezi roky 320 př. n. l a 200 našeho letopočtu. Období 200 př. n. l. až 50 n. l se od zbytku klimatického optima mírně lišilo (Vobejda 2018).

Různé archivy svědčí o relativně vysokých teplotách v tomto období. V jezerních archivech v Polsku je v této době zachycen vysoký poměr Ca/Fe svědčící o vysokých teplotách a nízkých srážkách. V těchto sedimentech byl podobně jako v mnohorozměrné analýze zachycen krátký mírně chladnější úsek okolo přelomu letopočtu (Pleskot *et al.* 2017).

8.4.4.3 Konec římského klimatického optima období stěhování národů.

Jako konec římského klimatického optima je na základě mnohorozměrné analýzy stanoveno desetiletí po roce 200 našeho letopočtu. V této době došlo k výraznému a celkem rychlému poklesu srážek (Büntgen *et al.* 2011). Mnohorozměrná analýza naznačuje, že období po roce 200 je znatelně odlišné od takzvaného římského klimatického optima.

Mezi roky 200-300 mělo dojít podle chemických záznamů ve střední Evropě po dlouhém stabilním období ke zvýšení srážek (Magny 2004). U nás je pak předpokládán spíše úbytek srážek související pravděpodobně s Glaissbergovými solárními cykly. Bylo období mladší doby římské sušší, než je římské klimatické optimum? Teploty do roku 300 byly podobné jako teploty římského klimatického optima, nicméně indexy sucha ukazují mezi lety 200-300 sušší podmínky než v době římského klimatického optima (Büntgen *et al.* 2011).

Od roku 300 n. l. lze předpokládat mírně se snižující průměrné teploty (Fohlmeister *et al.* 2012) a zvyšující se jarní srážky s vrcholem v roce 400 našeho letopočtu. Po roce 400 došlo ke krátkodobému teplotnímu vzestupu, který byl následován teplotním propadem v době zhruba okolo roku 500, který trval přibližně 100 let. Tato klimatická variabilita byla pravděpodobně způsobena terestrickými vlivy, zejména atmosférickými cirkulacemi. Mezi lety 450-600 Byly průměrné srážky nízké (Büntgen *et al.* 2011).

8.4.4.4 Středověk

V letokruhových sekvencích jsou v sedmém a osmém století pozorovány shodné trendy svědčící o chladném a vlhkém období (Hughes – Diaz 1994). V době před rokem 600 ukazují záznamy ¹⁰Be na počátek poklesu slunečního záření, které dosahovalo minima okolo roku 700 našeho letopočtu (Miyake *et al.* 2014). V období středověku badatelé předpokládají určité projevy optimálních podmínek. Je ovšem důležité podotknout, že středověké klima vykazuje značnou prostorovou variabilitu (Hughes – Diaz 1994). Výraznou proměnlivost vykazuje také sluneční záření středověkého období (Miyake *et al.* 2014, Steinhilber *et al.* 2009).

Obecně je za středověké klimatické optimum považováno období mezi 800-1350 lety našeho letopočtu či mezi Oortovým a Wolfovým solárním minimem (1050-1250 n. l.). Některé dendrochronologické záznamy se shodují na teplém období v druhé polovině 13. století a první polovině století 14. (Hughes – Diaz 1994). Výkyv solárního charakteru pak měl za následek ochlazení v 11. a na počátku 12. století (Steinhilber *et al.* 2009). Období 12. a 13. století pravděpodobně spadá do takzvaného středověkého klimatického optima. Charakterizováno bylo stabilními, mírně vyššími teplotami a kolísavými srážkami (Buentgen *et al.* 2011, Buentgen *et al.* 2021). Rovněž jsou zaznamenány ustupující alpské ledovce (Hughes – Diaz 1994).

Pokles sluneční aktivity a počtu slunečních skvrn, který se překrýval s takzvaným vrcholně středověkým optimem, je pak předpokládán v období okolo roku 1250. Některé studie si však všimají období hladomoru v počátku 14. století (Slavin 2016).

Toto solární minimum se nazývá Wolfovým minimem a trvalo od poloviny 13. století do poloviny 14. století (Eddy 1976). Druhá polovina 14. století pak byla spíše teplejším, mírně sušším obdobím (Buentgen *et al.*, 2021).

Otázkou je, do jaké míry ovlivnily Wolfovo solární minimum a středověké solární maximum středoevropské teploty. Podle článku zaměřeného na klimatickou rekonstrukci z dendrochronologických řad ze Skandinávie se zdá, že středověké klimatické optimum (800-1350 nl.) bylo tvořeno spíše krátkými teplejšími výkyvy, trvajících jedno až několik desetiletí. Tato krátká teplotní maxima narušovala relativně chladné období, které bylo nicméně klimaticky příznivější než následná malá doba ledová, s kterou souvisí například rozvoj zalednění v Grónsku (Linderholm - Gunnarson 2019). V době takzvaného středověkého optima lze pozorovat jak kolísání teplot, tak kolísání sluneční aktivity. Středověké období bylo charakterizováno několika slunečními minimy. Prvním, zřejmě výrazným poklesem slunečního záření mělo být solární minimum v sedmém století našeho letopočtu. Středověké solární maximum (1100-1250) je pak ohraničeno dvěma obdobími nízké solární aktivity a nízkého počtu slunečních skvrn, takzvaným Oortovým minimem (1000-1100) a Wolfovým minimem (1250-1350). Projevy těchto dvou minim se od solárního maxima těžko odlišují. V období přechodu středověku a novověku je pak na základě rekonstrukce počtu

slunečních skvrn a intenzity solární aktivity definováno tzv. Spörerovo solární minimum (1460–1550) (Eddy 1976).

8.4.4.5 Raně novověké klimatické optimum a neoglaciál

Termín neoglaciál vystihuje několik různých období. Často se jedná o periodu zvyšujícího se alpského či skandinávského zalednění. Nejčastěji se jako období neoglaciálu označuje období od 2,2 tisíce let před našim letopočtem. V některých studiích je jako období neoglaciálu označována časový úsek korespondující s teplotním obdobím mladší doby bronzové či dokonce doby římské (Wang *et al.* 2011; Gjerde *et al.* 2016). Zhruba mezi lety 1450 a 1550 je ve záznamech beryllia a uhlíku¹⁴C patrné tzv. Spörerovo solární minimum (Steinhilber *et al.* 2009). Podle studie Ulfa Büntgena a kolektivu byl průměrný index sucha v 15. a 16. století na podobných hodnotách jako za posledních 100 let. Zejména období 1470-1525 bylo výjimečně suché. Zbytek 16. století pak byl charakterizován relativně suchými podmínkami s mírně stoupajícím trendem (Buentgen *et al.* 2021).

Na letokruzích z jižních Čech byla v této době zachycena 2 signifikantnější období nízkého růstu mezi lety 1465-1490 a 1535-1550. Z těchto dat vyplývá, že druhá polovina 15. století byla spíše suchá, chladná, doprovázená nízkým růstem a minimem solárního záření. Rekonstrukce Indexu NAO v druhé polovině 15. století také ukazuje na dlouhé období teplých zim s minimální akumulací sněhu (Cook *et al.* 2002). S vysokými hodnotami NAOI souvisí také častí zimní a jarní bouřky (Donat *et al.* 2010). První polovina 16. století je pak spíše charakterizováno obdobím vyššího růstu, který v třicátých letech klesá. V tomto období jsou na základě NAO předpokládány spíše kontinentální zimy s vyšší pravděpodobností kumulace sněhové pokrývky (Cook *et al.* 2002). Druhá polovina 16. století byla pravděpodobně stabilní, charakterizovaná relativně suchými podmínkami a rostoucími teplotami souvisejícími se stoupáním sluneční aktivity (Buentgen *et al.* 2021; Steinhilber *et al.* 2009). Období 1550-1580 bylo nejspíše charakterizováno záporným NAO indexem (Cook *et al.* 2002). Přírůstky letokruhových šířek v tomto období nevykazovaly výrazný trend.

Mezi lety 1600 a 1630 pak lze na letokruzích pozorovat období zvýšeného růstu způsobeného pravděpodobně teplým obdobím a dostatkem srážek. V tomto období se NAO projevuje spíše kladnými hodnotami, což znamená relativně teplé zimy (Cook *et*

al. 2002; Donat *et al.* 2010). Zvýšený růst jihočeských jedlí koresponduje s mírným vzestupem solární aktivity a maximem výskytu slunečních skvrn (Steinhilber *et al.* 2009). Na krátké období solárního maxima navázal pokračující pokles slunečního záření nazývaný jako Maunderovo solární minimum. Na rozdíl od tzv. solárního maxima ve středověku bylo solární maximum raného novověku jen krátkým výkyvem. Tyto rozdíly jsou patrně způsobeny 1400 či 2200letými oscilacemi sluneční aktivity, které souvisí se změnami variability cyklů s nižší periodou (Peristykh – Damon 2003).

První fáze poklesu solární aktivity je charakterizována nízkými přírůstky jihočeských jedlí od roku 1630. V tomto období je NAO charakterizováno kladnými indexy. Od roku 1645 do počátku 20. století jsou hodnoty NAO indexu neurčité, což odpovídá spíše kontinentálnímu podnebí (Steirou *et al.* 2017). Další období nízkého růstu je s přestávkami v rozmezí let 1680–1730. Maunderovo minimum končí až v první polovině 18. století. S touto dobou souvisí i suché období (1680-1750) pozorované v rekonstrukci indexu sucha Ulfem Büntgenem a kolektivem (Büntgen *et al.* 2021). Mezi lety 1780-1800 byl rovněž pozorován pokles růstu jihočeských jedlí.

Při porovnání klimatu malé doby ledové s ostatními klimatickými epochami charakterizovanými výraznými solárními minimy můžeme pozorovat určité rozdíly. Solární minima v době železné byla doprovázena spíše vlhkým obdobím, podobně jako většina Maunderova solárního minima. Spörerovo solární minimum je naopak charakterizováno suchými podmínkami.

Epochy nízkého růstu jsou pozorovány na letokruhových šířkách v průběhu 19. století, které by mělo být charakterizováno nepříznivým klimatem. Nutno podotknout, že se odhad zakládá pouze na několika vzorcích. Poslední suché období začalo okolo 70. let dvacátého století. V druhé polovině 70. let dvacátého století bylo ve vzorcích jihočeských jedlí pozorováno množství chybějících letokruhů, svědčících o špatných podmínkách pro růst. Residuální chronologie také ukazuje, že v rámci solárních minim a maxim existuje mnoho různých vzorů a tato období mají daleko ke klimaticky homogenním událostem.

9 Diskuse: Vztah zemědělského osídlení a klimatu

9.1 Období Neolitu 5500-4500

V době, která se shoduje s osídlením jižních Čech populacemi charakterizovanými takzvanou kulturou s lineární keramikou, lze klima hrubě popsat jako teplé a vlhké (Vobejda 2021, V tisku). V době stoupajících teplot, těsně po chladném výkyvu v polovině šestého tisíciletí před naším letopočtem, do oblasti střední Evropy proniká zemědělský způsob života. V souvislosti se zemědělstvím se mění i subsistenční strategie prehistorických populací. Zároveň se u části populace změnily preferované způsoby adaptací na environmentální změny (Dincauze 2000). Velká část jihočeské populace v období, kdy jsou již na našem území registrovány pozůstatky zemědělské populace, pravděpodobně stále žila lovecko-sběračským způsobem života (Šída *et al.* 2021, V tisku). Nicméně tato kapitola je zaměřena pouze na zemědělské populace, jejichž stopa v prostoru je ovlivněna méně rušivými faktory než stopy po aktivitě lovecko-sběračských populací (Bumerl 2016, 65-70)

Nově přijatý sedentární způsob života také umožňuje archeologii lepší poznání charakteru osídlení krajiny, který do jisté míry koresponduje se stavem klimatu. Migrace a změny poloh sídlišť vzhledem k relativní komplexitě sídlištních struktur probíhaly mnohem pomaleji než u lovecko-sběračských populací. Přesuny sídlišť byly pravděpodobně reakcí na environmentální změny vysoké amplitudy a dlouhého trvání. Naopak krátkodobé klimatické výkyvy mohly být řešeny změnou okolního životního prostředí, změnou skladby zasetého obilí či inovací artefaktů (Dincauze 2000; Schiffer 1996).

Klima, které panovalo mezi lety 5500-5000 podle všech záznamů bylo teplejší než v současnosti a relativně stabilní. Tyto faktory svědčí o období příznivém pro zemědělskou produkci. Na základě odhadů bývá období popisováno jako stabilně vlhké (Ljungqvist 2011).

Pro střední Evropu je typické pěstování pšenice jednozrnky a dvouzrnky, čočky, lnu a hrachu (Beneš 2018, 240). Vzhledem k takové preferenci bychom v neolitu očekávali osídlení spíše v sušších oblastech. Odpovídající by bylo například hlavní těžiště osídlení jižních Čech v oblasti Písecka. Většina jihočeského osídlení je v rozporu s tímto

předpokladem ve vlhčí oblasti Čekobudějovicka a Táborska, geograficky ještě náležející do Třeboňské pánve. Tedy přesněji se jedná o oblast v okolí Veselí nad Lužnicí a Neplachova (Bumerl 2016; Vondrovský *et al.* 2021, V tisku).

Sídliště byla na rozdíl od pozdějších období koncentrována z velké části v teplých, ale vlhčích oblastech. Většina zachycených sídlišť souvisejících s kulturou lineární keramiky se nacházela v oblasti Veselí nad Lužnicí, Neplachova, Vodňan, Českých Budějovic a Písku (Vondrovský *et al.* 2021, V tisku). Zajímavá je absence nálezů ječmene, který se v neolitu hojně vyskytuje na Balkáně a v Karpatské kotlině. Ječmen také lépe zvládá horší klimatické podmínky a méně kvalitní půdy (Beneš 2018, 241-242, Šálková *et al.* 2012).

Zdá se, že umístění sídlišť spíše než na dlouhodobých klimatických charakteristikách rozličných oblastí, závisí na vlastnostech půdy. Preferované byly oblasti s černozemí a luvizeměmi, často na sprašovém podloží. Sídlní oblasti jsou pak doloženy i v oblastech se snadno obdělávatelnou hnědozemí, mimo spraš. (Rulf 1983; Bumerl 2016, 76-79). V sušší oblasti Písecka neolitické osídlení přímo se sprašovými půdami nesouvisí (Vondrovský *et al.* 2021, V tisku). Vysvětlením přítomnosti nalezišť ve vlhčích oblastech by mohlo být vyrovnání nadměrné vlhkosti hortikulturním způsobem zemědělství a důrazem na kvalitní půdy.

Otázka selekce černozemí na sprašovém podloží neolitickými zemědělci je těžce uchopitelná. K tomu přispívají nejasnosti zastírající pedogenezi a vývoj půd právě vlivem udržování bezlesí a zemědělskou činností či degradaci rozšiřováním lesů (Bumerl 2017, 76-79). Pravděpodobné je, že půdní typy již byly v období atlantiku konstituovány a že následný lesní pokryv nezpůsobil jejich další degradaci (Beneš 2018, 243-244).

V době charakterizované kulturou vypíchané keramiky je osídlení rozmístěno rovnoměrně do oblastí Písecka, Táborska a Čekobudějovicka. Většina zachyceného osídlení se nacházela ve vlhčích oblastech (MT4). Zachycených sídelních komponent v oblastech severního Čekobudějovicka náležejících do Třeboňské pánve pak ubývá. Klimatické charakteristiky oblastí s přítomností sídlištních komponent se podle

dostupných zdrojů po celé období neolitu téměř nelišily. Období celého neolitu spadá do takzvaného středoholocénního klimatického optima (např. Ljungqvist 2011).

9.2 Počátek epiatlantiku

Počátek epiatlantiku je ztotožnitelný se závěrem neolitu a obdobím staršího eneolitu (4800-4500) (Ložek 2007, 40-56). Poslední tři staletí neolitu byla charakterizována kulminujícími teplotami středoholocénního klimatického optima (Dreslerová 2010). Nepřímá data z jižních Čech svědčí o relativně suchém období (Viz kap. 3.4 a 8.4). Tato hypotéza je podporována zvyšujícím se zastoupením sídlišť v oblasti Českobudějovicka, charakterizovaném spíše vlhčím klimatem (Viz kap. 8.2).

9.3 Období eneolitu

V době přelomu neolitu a eneolitu okolo 4500 př. n. l. klesá relativní zastoupení osídlení na Českobudějovicku. Zároveň většina zaznamenaných nálezů pochází z oblasti MT2, která je charakterizována suššími podmínkami (Viz kap. 8.2). Na první pohled spolu klimatický trend vysokých teplot a relativního sucha s charakteristikami osídlení nesouhlasí. Je nutno podotknout, že dlouhodobě suché období nebylo po celou dobu stabilní a že nálezů z časného a staršího eneolitu je v jižních Čechách nereprezentativní množství (John 2021, V tisku)

Poznatky Hainze Wanner a kolektivu, svědčící vysokém globálním výskytu chladných období, jsou pak v rozporu s hypotézou o optimálním teplém klimatu. Chladné a suché klima převládalo na severní polokouli nejpravděpodobněji mezi 4,5-4 tisíci lety (Waner et al. 2011).

Changepoint analýza ukazuje, že klima v období 4,5 až 3,8 tisíce let př. n. l. bylo značně variabilní a nestabilní. Variabilita a rozkolísanost především srážkových podmínek tak mohla mít vliv na výběr sušších sídlištních stanovišť. Jedna z těchto hydrologicko-klimatických změn se na základě hypotézy vytvořené na základě dat z Hrdlořezského močálu mohla odehrávat v době okolo roku 4000 před naším letopočtem (Viz kap. 3.4 a 8.4). Časný a starší eneolit je v archeologických záznamech jižních Čech zastoupen jen sporadicky. Vzhledem ke skladbě pěstovaných plodin v období eneolitu je pravděpodobné, že přesun do sušších oblastí tehdejší populace více neovlivnil. Jádro

pěstovaných rostlin v eneolitu podobně jako v neolitu tvořila pšenice dvouzrnka a ustupující jednozrnka. Častější jsou nálezy ječmene (Kočár-Dreslerová 2010). Nálezy archeobotanického materiálu eneolitu jižních Čech spadají výhradně do období mladšího eneolitu. Nelze tedy odhadovat, jaké plodiny byly v době časného eneolitu v jihočeské oblasti pěstovány (John *et al.* 2012).

9.4 Konec středoholocenního klimatického optima

Podle changepoint analýzy na letokruhových řadách v průběhu staršího eneolitu došlo ke změně ze značně variabilního klimatu ke klimatu stabilnímu. Klimatické výkyvy tak v období korespondujícím se starším a středním eneolitem pravděpodobně nebyly na rozdíl od období časného eneolitu tak časté a výrazné.

V polovině čtvrtého tisíciletí, společně se snížením pravděpodobností výkyvů a stabilizací klimatu, dochází k výrazným hydrologickým změnám zachyceným vrstvou, radiokarbonovou metodou datovaného, mrtvého lesa v Hrdlořežském močále u Suchdola nad Lužnicí. Charakter pravděpodobně vrchovištních sedimentů ve vrstvách nad tímto kontextem svědčí o vlhkém období. Borovice žijící v relativně suchých podmínkách byly patrně mezi lety 3700-3500 zahubeny stoupající hladinou spodní vody. Většina osídlení se v tomto období koncentrovala v sušší oblasti Písecka. Sídliště byla z většiny situována v suchých klimatických oblastech. Podobné obecné charakteristiky osídlení přetrvávaly po celou dobu staršího, středního a mladšího eneolitu.

Dagmar Dreslerová uvádí environmentální, především klimatické faktory (spojené s takzvaným eventem *5500 cal. BP*) jako hlavní činitele změn subsistenčních strategií v pozdní době kamenné. Mezi adaptace na změny klimatických podmínek mohou patřit například: sekundární využívání zvířecích produktů, přechod od intenzivního hortikulturního zemědělství k orebnému a přílohovému hospodářství, zvýšení podílů chovaných ovcí/koz, změny pěstovaných plodin a přesun do úrodnějších či výšinných lokalit (Dreslerová 2012). V průběhu vlhkého a chladného období započatého okolo roku 3600 došlo pravděpodobně k poklesu slunečního záření. Tento *event* nastal okolo roku 3200 př. n. l. a byl způsoben 2400letými oscilacemi sluneční aktivity, stejnými vlivy jako tzv. *malá doba ledová* (Peristykh – Damon 2003).

K současnému roku byly analyzovány pouze dva archeologické prameny, které by vypovídaly o stavu hospodářských zvyklostí v období po změně okolo roku v polovině čtvrtého století před naším letopočtem. Jedná se o soubory z nalezišť Kostelec nad Vltavou a Orlík nad Vltavou. Soubor z Kostelce nad Vltavou byl datován do doby okolo 2,6 tisíc let před naším letopočtem. Druhá kolekce rostlinných makrozbytků z období eneolitu získaná při sondáži na nalezišti Orlík nad Vltavou je datována do období zhruba 2,8 tisíc let před naším letopočtem. Z výsledků Terezy Šálkové vyplývá, že dominantními hospodářskými rostlinami byl ječmen doplněný pšenicí. Zajímavý je i charakter keramického materiálu, který svým provedením spadá spíše do staršího eneolitu (John *et al.* 2012). Zvýšený podíl plodiny, vhodnější pro spíše vlhké a chladnější stanoviště, jako je ječmen, by mohl být důsledkem dlouhodobě převládajícího vlhčího klimatu.

Kromě několika sušších období po roce 3000 byl časový úsek 3600–2700/2600 pravděpodobně spjat s vlhkým podnebím a spíše chladnými podmínkami. Fragmentární jihočeská data nevyovídají o změně sídelních charakteristik v této periodě. Ve 28. století př. n. l. pak podle changepoint analýz rostou průměrné pravděpodobnosti změny svědčící o asi 200 let trvajícím nestabilním období. Vysoká variabilita klimatu možná postupně doprovázela klimatické změny spíše k suššímu podnebí.

V době mladší a pozdní doby kamenné byla pravděpodobně nezanedbatelná část obživy stále obstarávána lovem. Zvýšení důrazu kladeného na lov je jednou z předpokládaných adaptací na nepříznivé klima eneolitu (Dreslerová 2012). Výskyt kosterních pozůstatků lovné zvěře je v nalezištích různých kultur eneolitu proměnlivý. V jižních Čechách nicméně nedostatek souborů brání poznání této složky subsistenčních strategií. O funkci lovu v pravěku jižních Čech lze pouze spekulovat na základě dat z okolních regionů. Zvýšený význam lovu lze vyzdvihnout například v souborech kultury řivnáčské, která náleží do středního eneolitu (Kyselý 2004; Kyselý 2012). Shoduje se tedy s obdobím klimatického pesima.

9.5 Doba bronzová a závěr epiatlantiku

Hmotná kultura starší doby bronzové navazuje bezprostředně na kulturní okruhy mladého eneolitu. V době bronzové pravděpodobně došlo ke společenským změnám

zahrnujícím sociální stratifikaci a centralizaci moci (Sosna 2009). Tyto dvě epochy byly rovněž charakterizovány podobným klimatickým vývojem. Období přechodu eneolitu a doby bronzové je charakterizované stabilním klimatem. Nicméně v samém závěru eneolitu (2350-2200 př. n. l.) značně stoupá průměrná pravděpodobnost změny indikující krátkodobé narušení stabilních klimatických podmínek. Po celou starší dobu bronzovou však panovaly stále podmínky s relativně stabilním a vysokým slunečním zářením (Stenhilber 2009).

V období tohoto předpokládaného klimatického optima (*starobronzové klimatické optimum?*) lze pozorovat vzestup zastoupení osídlení ve vlhčích oblastech Českobudějovicka. Nicméně podíl zachycených sídlišť v sušší klimatické oblasti dosahuje téměř 90%. Lidé se tak mohli koncentrovat v selektovaných sušších oblastech náležejících do obecně vlhčích mikroregionů. Zároveň je v archeologických záznamech korespondujících se starší dobou bronzovou zaznamenáno zvýšení počtů artefaktů a nalezišť. Počet katastrů s pozitivními akcemi datovanými do starší doby bronzové se oproti předchozím obdobím zvedl zhruba 6x, což svědčí o vzrůstajícím rozsahu osídlení.

Willy Tinner s kolektivem zmiňuje, že pro období po roce 2200 byly objeveny známky polnohospodářského zemědělství ve švýcarských Alpách ve výškách mezi 1630-1700 metry nad mořem. V takto nepříznivých oblastech byly doklady zemědělství zachyceny jen v několika obdobích s příznivým klimatem, které umožňuje dosáhnout potřebných výnosů. Tyto okolnosti indikují optimální klimatické podmínky v oblasti Švýcarska a přeneseně i střední Evropy (Tinner *at al.* 2003).

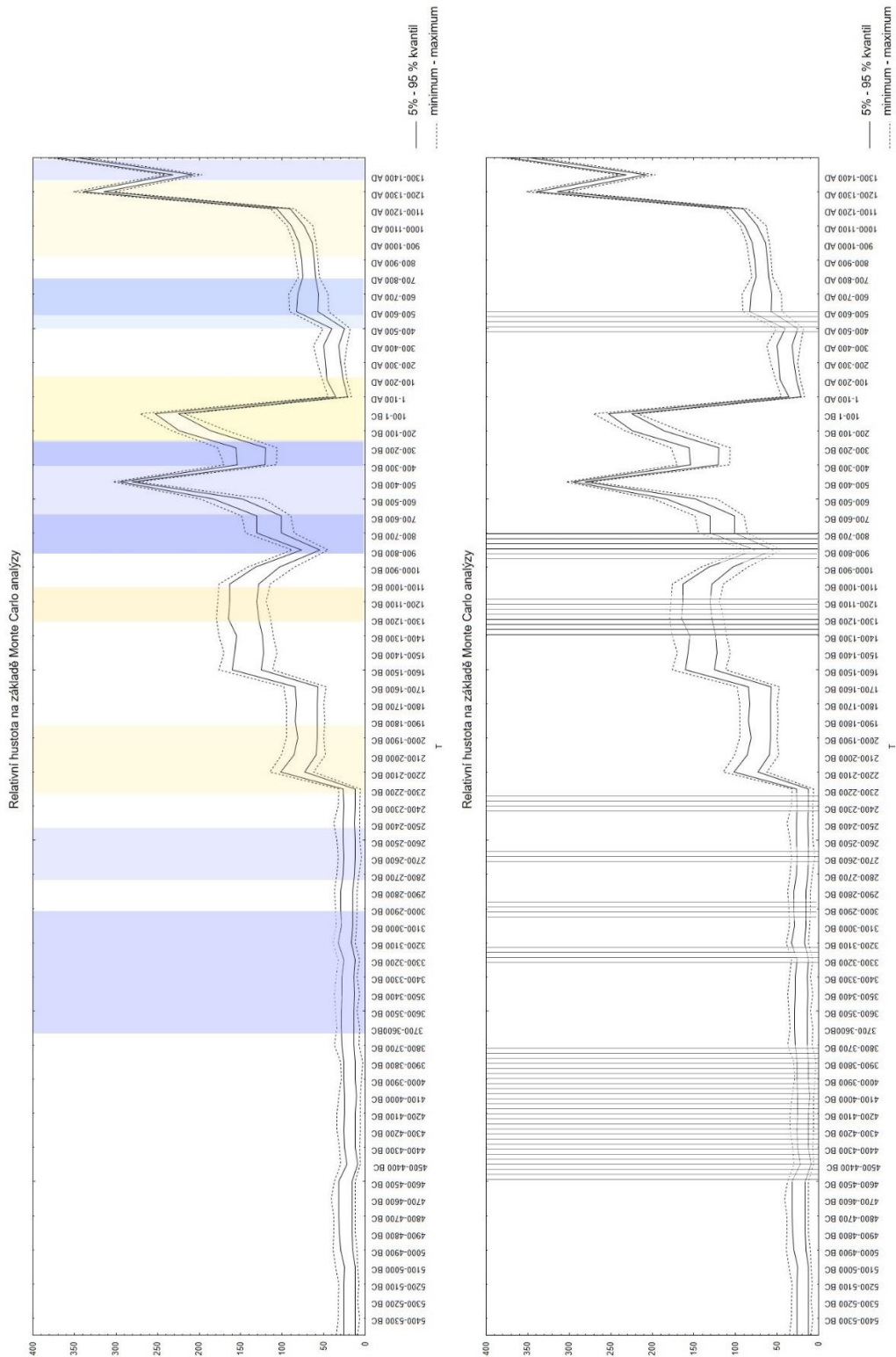
9.6 Střední doba bronzová

V období střední doby bronzové pravděpodobně České klima vykazovalo stabilní charakter. Hydrologické poměry rekonstruované ze sedimentů jezer z Polska a Německa ukazují, že ve střední době bronzové přetrvávaly spíše vlhké klimatické podmínky (Magny 2004; Pleskot *et al.* 2017). Platnosti této hypotézy v oblasti jižních Čech nelze z nedostatku zdrojů odporovat. Předpokládejme tedy, že klima v jižních Čechách bylo charakterizováno stabilními, mírnými, teplými, nicméně vlhkými

podmínkami. Letokruhové řady z Bodamského jezera nejsou toto období relevantní zdroj informací.

K jednomu méně intenzivnímu minimu slunečního záření mělo dojít zhruba mezi lety 1500-1400 před naším letopočtem (Steinhilber *et al.* 2009). V této době mizí nákolní osady v oblasti Bavorska a Švýcarska. Mohlo tak dojít k zesílení intenzit srážek vlivem poklesu slunečního záření (Magny 2004). O zvýšených srážkách mezi 1500 a 1150 lety před naším letopočtem svědčí i další rekonstrukce hladin jezer (Holzhauser *et al.* 2005). Zároveň ledovcové vrty v době 1450–1250 př. n. l. ukazují v některých oblastech ústup zalednění značící teplejší období (Gjerde *et al.* 2016). Je však otázkou, do jaké míry je tato informace relevantní pro oblast jižních Čech. Pravděpodobně došlo k mírnému zvýšení teplot po solárním výkyvu v rámci vlhkého období.

Podobně jako v modelu vytvořeném na základě radiokarbonových dat z jihovýchodní Evropy je na rekonstruované jihočeské křivce patrný vzestup zalidnění mezi lety 1500-1400 před naším letopočtem (Capuzzo *et al.* 2018; kap. 8.2). Pěstovanými plodinami byl hlavně ječmen, doplňkově pšenice jednozrnka a dvouzrnka, z luštěnin především čočka (Hlásek *et al.* 2014, Šálková 2011a). Ve větší míře se začala objevovat pšenice špalda, proso a bob koňský, tedy obilniny rozličných ekologických nároků. Jedná se tak o jistou diverzifikaci zdrojů obilnin (Šálková *et al.* 2019). Střední doby bronzové se také týká další zvyšování populační hustoty, respektive do této doby je datováno větší množství artefaktů než do období předchozích. Sídlištní komponenty datované do střední doby bronzové se z 95% nacházely v sušší klimatické oblasti MT2. Na rozdíl od starší doby bronzové se hlavní těžiště jihočeského osídlení nacházelo v sušších oblastech Písecka, s malým množstvím sídlišť na Českobudějovicku a Táborsku.



Obr. 24 Napravo jsou šrafované znázorněny období, ve kterých je na základě changepoint analýzy či jiných indicií předpokládány časté klimatické změny.

Obr. 25 Nalevo jsou na podkladu rekonstrukce hustoty osídlení modře vyznačeny vlhká období a žlutě suchá období.

9.7 Mladší doba bronzová

Podle četnosti sídlišť pak došlo k mírnému vzestupu hustoty osídlení na konci střední a počátkem mladší doby bronzové, zejména mezi lety 1350-1250. Období mezi lety 1350 a 1150 př. n. l. se na základě changepoint analýzy dá označit jako proměnlivé. Pravděpodobně ve 13. století př. n. l. došlo ke méně významné klimatické změně. Alpská glaciologie ukazuje, že v době mezi lety 1350-1150 byly plochy zabírané ledovci znatelně menší. Toto období bylo tedy charakterizováno jako značně teplé a spíše sušší (Holzhauser *et al.* 2005). Podle studií Gróských ledovců toto období bylo chladné a někteří badatelé ho označují jako neoglaciál (Wang *et al.* 2011). Pro území jižních Čech jsou však relevantní spíše data z alp než z Grónska.

Brandon Drake předpokládá výrazné změny k chladnému klimatu mezi roky 1315-1050. Tyto klimatické změny pak korespondují s úbytkem osídlení ve Středomoří (Drake 2012) a ve Švýcarsku (Tinner *et al.* 2003). Záznamy sedimentů z Hrdlořezského močálu indikují v tomto období významnou povodňovou aktivitu. Vliv klimatické změny na celkový počet nálezů není téměř znát. Charakteristiky osídlení se v porovnání se střední dobou bronzovou téměř nemění. Mírně stoupl počet zachycených sídlišť ve vlhčí klimatické oblasti MT4. Rovněž se začínají objevovat sídlištní areály v chladném a vlhkém regionu. Lidé tak přes nestabilní podmínky osidlovali klimaticky méně příznivé oblasti.

Archeobotanické soubory vykazují v době mladší doby bronzové značnou variabilitu, nicméně převládá ječmen, který je vhodnou plodinou pro chudší půdy a chladnější oblasti (Šálková *et al.* 2012; Šálková *et al.* V přípravě). Zároveň se plně projevuje trend započatý ve střední době bronzové. Minimalizace vlivu variability klimatu na výnosy obilnin byla pravděpodobně dosažena rozšiřováním spektra pěstovaných rostlin. Zvyšoval se podíl pšenice špaldy, koňského bobu a především prosa, které nevyžaduje dlouhou vegetační sezónu (Šálková *et al.* 2019). Z archeobotanických souborů jižních Čech lze například zmínit jednu z nejlépe poznaných kolekcí týkajících se doby bronzové v Březnici a pouhých 5 kilometrů vzdálených Hvožd'anech. Archeobotanické nálezy z Hvožd'an obsahují velké množství lesních druhů, převládá spíše proso a méně náročné rostliny jako ječmen. Soubor z Březnice obsahuje také z hlavní části ječmen (Šálková *et al.* 2019, Šálková *et al.* V přípravě; Šálková 2011b).

9.8 Pozdní doba bronzová

Pozdní doba bronzová je charakterizována značně stabilním klimatem, nicméně různé evropské paleoklimatologické archivy nasvědčují postupnému zvlhčování klimatu (Krapiec -Szychowska-Krapiec 2016; Pleskot *et al.* 2017). Changepoint analýza ukazuje mezi lety 1150–850 př. n. l. stabilní období. Toto stabilní klima mohlo nabývat globálních chladných a suchých charakteristik (Drake 2012; Wanner *et al.* 2011) nebo mohlo být vlhké, jak naznačují polské přírodní archivy (Krapiec - Szychowska-Krapiec 2016; Pleskot *et al.* 2017). Některé izotopové záznamy z krápníků pak v době pozdní doby bronzové svědčí o převládajících teplejších a sušších podmínkách (Fohlmaister *et al.* 2012). Jihočeské podnebí se v mnohých ohledech podobá spíše klimatu v oblasti Německa, Švýcarska a Rakouska, než v oblasti polské. Model vytvořený na základě radiokarbonových dat ukazuje, že mezi lety 1450 a 1050 př. n. l. v jihozápadní Evropě populační růst stagnoval (Capuzzo *et al.* 2018). Z archeologických záznamů se dá předpokládat, že od 10. století před naším letopočtem v jižních Čechách klesalo osídlení. Další sledované parametry nenasvědčují žádným dalším změnám.

V pozdní době bronzové se obrací trend pozvolného populačního růstu. Navazující pokles hustoty zalidnění má množství vysvětlení, od migrace následující populační vzestup po ekonomický kolaps či vliv cizích etnik. Je pravděpodobné, že vzhledem k absenci násilně zaniklých sídlišť pokles osídlení pravděpodobně nesouvisí s násilnými konflikty (Chvojka 2009, 167). Nicméně je nutné podotknout, že absence důkazů se nerovná důkazu o absenci takových lokalit. Postupný populační pokles byl pravděpodobně způsoben kombinací faktorů. Jedním z nich mohlo být dosažení nosné hranice prostředí a neudržitelnost trendu zvyšující se populace. Limitací populačního růstu mohlo být dosažení určité technologické hranice, v tomto případě v podobě bronzových nástrojů. Technologická stagnace by pravděpodobně mohla být doprovázena i stagnací společenskou.

Středomořská centra se dostala do krize v pozdně heladském období (1315-1190) a následující období charakterizované ruralizací, pauperizací a omezením dálkového

obchodu (Drake 2012). Jedná se jednu z možných analogií poklesu osídlení v době popelnicových polí?

V době okolo 1000 let př. n. l. byl na severu Itálie a v jižní Evropě na základě modelů předpokládán vzestup hustoty osídlení. Archeologické kultury této oblasti byly charakterizovány prvky typickými pro střední Evropu. Pokles populace ve střední Evropě a vzestup populační hustoty v jižní Evropě spolu koreluje (Capuzzo *et al.* 2018).

Analýza zaměřená na kompozici izotopů stroncia ukazuje, že na pohřebištích v oblasti dnešní Lublaně tvořilo většinu populace autochtonní obyvatelstvo. Z celkového počtu 32 pohřbů se jeden lišil poměrem izotopů, což napovídá původu z jiné oblasti než zbytek pohřbených. Keramické nádoby velatické skupiny i importy z oblasti Alp byly nalezeny v hrobech místních jedinců (Škvor Jernečič *et al.* 2020). Cizí původ byl také prokázán u takzvané Skrydstrupské ženy. Migrace byla tedy v této době běžným jevem (Frei *et al.* 2017). Důvody, které by onu migraci způsobily jsou zatím pouze spekulací.

9.9 Populační pokles na přelomu doby bronzové a železné: Klima nebo sociální revoluce?

Okolo 800 let před naším letopočtem lze na základě archeologických dat předpokládat minimum relativní hustoty osídlení. Pokles osídlení je zaznamenán ve stejném období jako solární minimum rekonstruované z hodnot ^{14}C krkonošských rašelinišť (Speranza *et al.* 2002). V době okolo 800 let př. n. l. je rovněž zaznamenán chladnější teplotní výkyv. V tomto období je na základě nepřímých přírodních archivů předpokládáno teplotní minimum a maximum srážek (Fohlmeister *et al.* 2012, Wanner *et al.* 2008). Do období mezi lety 800-600 př. n. l. jsou na základě poznatků alpské glaciologie předpokládány výrazné nárůsty ledovců (Holzhauser *et al.* 2004).

S klimatickým pesimem jasně koreluje relativní pokles hustoty obyvatelstva. Nasnadě je vysvětlení snižující se hustoty osídlení vlivem klimatických podmínek. Klima na přelomu pozdní doby bronzové a na počátku doby železné jistě nebylo pro zemědělství příznivé (Dreslerová *et al.* 2012). Nutno podotknout, že korelace dvou jevů automaticky neimplikuje kauzalitu. Za poklesem množství artefaktů může stát kromě klimatu i

preciznost relativního datování nebo tafonomické procesy. Pokles populace je však zachycen v záznamech celé Evropy (např. Armit 2014, Tinner *et al.* 2003; Capuzzo *et al.* 2018).

Některé hypotézy uvažují o jiných mechanismech, které mohly způsobit populační pokles. Ian Armit uvádí, že propad hustoty obyvatelstva v oblasti Irska započal dříve, než se mohly projevit klimatické změny. Jako jeden z možných důvodů udává právě přechod k železu jako primárnímu materiálu na výrobu nástrojů. Metalurgie doby bronzové byla závislá na dálkových transportech surovin. Postupné ovládnutí dálkových tras a pohybu surovin elitami mohlo v průběhu doby bronzové vyústit ve stav vysoké centralizace mladší a pozdní doby bronzové. Železné nástroje jako protipól k bronzovým mohou být vyráběny z lokálních zdrojů. „Demokratizace“ produkce kovů by tak měla za důsledek úpadek vlivu elit a sociální destabilizaci (Armit 2014). Tato hypotéza je velmi zajímavá. Slabiny dálkových tras a komplexitu systémů doby bronzové nelze zanedbávat (Capuzzo *et al.* 2018). Nicméně sociální revoluce jako příčina kolapsu v jihočeském prostředí není také moc pravděpodobná. Jižními Čechami zřejmě procházely klíčové obchodní trasy vedoucí z alpských těžebních areálů (Chvojka 2010). Přerušování obchodu by mohlo způsobit odliv obyvatel z periferní oblasti jakou jsou jižní Čechy. Kontakty s Alpami a jižní Evropou pravděpodobně nebyly v době železné narušeny. Z doby železné, pochází množství importovaných artefaktů, především kvalitních uměleckořemeslných výrobků, spekuluje se také o importu konceptu dvoukolového vozu (Chytráček *et al.* 2019). O kontaktech ve starší době železné svědčí i import vína doložený z rostlinných makrozbytků (Šálková *et al.* 2015)

V případě jižních Čech dochází k odhadovanému snižování populační hustoty po celé období popelnicových polí, což do jisté míry nesouhlasí s klimatickými vlivy na pokles populační hustoty a zároveň nesouhlasí s teorií sociální revoluce způsobené inovací ve formě železných nástrojů. K pozvolnému populačnímu poklesu tak pravděpodobně mohlo docházet postupně celou dobu popelnicových polí. Minimum populační hustoty pak souvisí se solárním minimem. Prudký propad relativní hustoty osídlení tak koresponduje s obdobím 800-700. V modelu Petera Demjána je propad hustoty osídlení poněkud nižší než v simulaci prezentované v této práci (Demján-Dreslerová 2016). Takovýto trend by klimatický vliv na pokles zalidnění téměř vyloučil.

Ve starší době železné pak lze pozorovat změny sídelních charakteristik. V době korespondující s chladným a vlhkým eventem se osídlení rozšiřovalo do mírně chladného a vlhkého regionu, zároveň se zvyšoval podíl osídlení v periferních a kopcovitých oblastech jižních Čech. Plodinami nalezenými v halštatských pohřebních komponentách jsou pšenice dvouzrnka, ječmen a také hrách a vikev (Chytráček *et al.* 2019)

Klimatické minimum tak možná zasáhlo prehistorické populace jiným než primárně očekávaným způsobem. Špatné klimatické podmínky mohly iniciovat změnu subsistenčních strategií, které pomohly prehistorickým populacím se s klimatickou změnou vyrovnat. Okolo šestého století př. n. l. se lidské osídlení dostává i do oblastí v předchozích obdobích zemědělského pravěku neosídlených. V době halštatské došlo k rozšíření osídlení do oblastí s dostupnými ložisky zlata, jehož těžbu však lze potvrdit až v období laténském. Trend osídlení v době železné pak není nepodobný středověké kolonizaci (Kozáková - Danielisová 2020). Z analýzy založené na Ripleho K-funkci (Ripley 1976) vyplývá odlišný vzorec osídlení ve starší době železné než v době bronzové. Zatímco v době bronzové jsou známky osídlení koncentrovány ve shlucích, pro dobu železnou jsou pozitivní akce rozprostřeny náhodně v prostoru.

9.10 Mladší doba železná

Ve starší době železné je na základě četnosti datovaných archeologických nálezů předpokládán postupný vzestup hustoty osídlení s vrcholem v 5. století před naším letopočtem. V období, které je v jižních Čechách charakterizováno kulturním okruhem staršího laténu, je možno předpokládat další pokles hustoty obyvatelstva. V tomto případě je otázka, jak se, pokud k ní vůbec došlo, mohla takováto populační změna projevit. Shodou okolností se koresponduje populační minimum s dalším solárním minimem okolo let 400-350 před naším letopočtem (Steinhilber *et al.* 2009), což svádí k hledání vysvětlení hluboko v poli klimatického determinismu.

Výskyt solárního eventu a dalšího klimatického pesima pravděpodobně neovlivnil vysoký poměr osídlení chladnějších a vlhkých oblastí. Chladný a vlhký klimatický výkyv výrazněji neovlivnil preference týkající se vlhkých a chladných regionů. Za možným populačním poklesem tak mohou být spíše společenské než environmentální

změny. Migrace do Středomoří je také jedno z možných vysvětlení populačního poklesu. Některé studie si všímají příchodu keltských kmenů do severní Itálie na počátku mladší doby železné (Waldhauser 2001, 11). Některé práce za změnami sídelní strategie, hustoty osídlení a hmotné kultury vidí důsledek příchodu organizovaných keltských družin ze západu, o kterých se zmiňují písemné prameny (Filip 1995, 70-74).

Do období střední a mladší doby laténské lze zasadit další vzestup relativní hustoty osídlení. Tento vzestup koreluje s obdobím takzvaného římského klimatického optima datovaného mezi roky 320 př. n. l. až 200 n. l. (Vobejda 2018). V této době lze pozorovat zvýšení podílu teplomilných druhů pěstovaných cereálií, jako je pšenice setá a pšenice špalda. Mezi pěstovanými rostlinami se vyskytuje pšenice dvouzrnka. Podíl ječmene byl vzhledem k procentu osídlení v chladnějších a vlhkých regionech rovněž značně vysoký (Kočár-Dreslerová 2010).

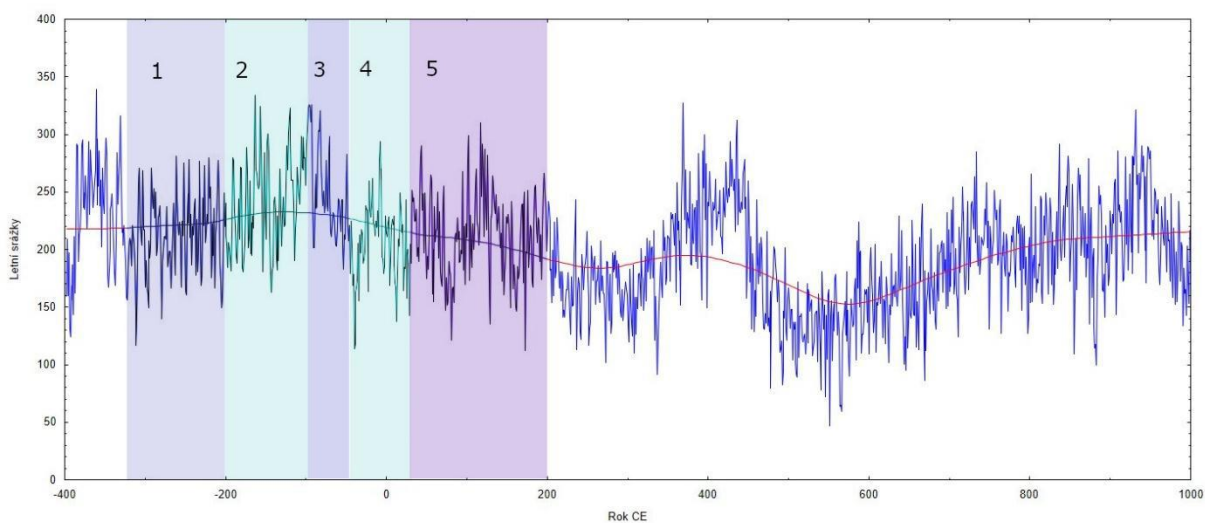
Podobně jako v případě počátku doby železné (Armit 2014), jsou změny na přelomu starší a mladší doby železné vysvětlovány sociální revolucí. Vedoucí postavení by tak od „králů“ převzala bojovnícká vrstva a kněží, podobně jako například v Aténách či Římě (Bouzek 2009). Obdobná společnost byla zachycena například v písemných pramenech v raně středověké Skandinávii. Staroseverská společnost byla tvořena samostatnými sídelními jednotkami či farmami (*bú*) spravovanými svobodnými sedláky (*bóndi*). Insignií svobodného muže pak byla zbraň (Byock 2002). Charakter osídlení a absence opevněných center a bohatých mohylových hrobů svědčí o určité decentralizaci. Podle K-funkce (Ripley 1976) byla v laténu kromě stupně LtA zaznamenána na rozdíl od doby halštatské shlukovitost osídlení. Shlukovitost však neimplikuje centralizaci. Změny v archeologických pramenech, které se dají interpretovat jako odstranění vlivu elit a decentralizace, korelují s klimatickými změnami. Někteří filozofové pak pokládají mocenskou centralizaci za překážku rozvoje (například Kropotkin 1898; Rothbard 1962). Otázkou je, jestli se dá za adaptaci na klima považovat reorganizace společenských struktur a opuštění konceptu mocenských elit.

9.11 Zhroucení keltské civilizace

Na konci pozdní doby laténské pak podle archeologických pramenů došlo k dalšímu poklesu populace. K propadu hustoty osídlení došlo v období velice mírného, téměř nepostřehnutelného zhoršení klimatu. Vzhledem k technologickému pokroku je environmentální příčina populačního poklesu značně nepravděpodobná.

Pro období druhého a počátku prvního století před naším letopočtem bylo osídlení navázáno na centrální místa, takzvaná oppida (Štekerová-Danielisová 2016). Vysoká technologická úroveň v době laténské implikuje složitost ekonomického systému a společenských vazeb. Technologicky pokročilé společnosti jsou charakterizovány vysokou řemeslnou specializací. Dělná práce bývá umožněna monetárním obchodním systémem. V rámci tržního systému pak dochází k transferu potřebných surovin, polotovarů a nástrojů mezi specialisty a výrobními okrsky (Bouzek 2009, Danielisová-Mangel 2014). Jednou z možných teorií vysvětlující možné změny na konci doby laténské, je přikládání významu dobovačným válkám římské republiky v Galii. V této poněkud turbulentní době agresivních výbojů římské republiky je v švýcarských Alpách na základě pylových analýz předpokládán návrat polnohospodářství do oblastí mezi 1630 a 1700 metry nad mořem (Tinner at al. 2003). Klima tedy muselo být velmi mírné. Rovněž si je třeba uvědomit, že vliv probíhajících válečných tažení nelze přeceňovat.

Přes veškerou komplexitu obchodních vazeb a systému řemeslné produkce s centrem v oppidech bylo jádro keltské společnosti koncentrováno okolo venkovské zemědělské populace (Štekerová-Danielisová 2016). Možným způsobem, kterým mohly konflikty na území Galie a Germánie zasáhnout prostor Čech, je narušení jisté globální rovnováhy. Velmi povrchně předpokládaným důsledkem by pak teoreticky mohlo být jisté narušení tržního systému a s ním související „krize“ produkce komplexnějšího zboží a možné negativní ovlivnění protoměstského a relativně centralizovaného způsobu života. Na druhou stranu takovýto „kolaps“ by neměl sílu ovlivnit venkovskou populaci žijící na periferii v době klimatického optima.



Obr. 27 Vyznačení římskéhoklimatického optima podle Vobejda2018. Fialově jsou vyznačené teplé a zeleně mírně chladnější fáze optima.

Pravděpodobným vysvětlením zaznamenaného populačního poklesu je přežívání laténské hmotné kultury, což mohlo zapříčinit datování většiny nálezů prvního století našeho letopočtu do předchozí epochy. Toto vysvětlení pak doplňuje možnost narušení tržního systému, který by ovlivnil specializovanou produkci a mohl mít za následek ruralizaci a regresi v rámci hmotné kultury. Možný vliv na artefakty by mohl způsobit horší čitelnost osídlení a datovatelnost v archeologických záznamech. Ač se jedná jen o hypotetické úvahy, proti možnému poklesu hustoty osídlení svědčí například model Petera Demjána, který ukazuje spíše pozvolný populační pokles v době římské (Demján-Dreslerová 2016).

Žádná ze zmíněných možností pak nebere v úvahu migrace. Julius Caesar se v souvislosti se stěhováním Helvétů zmiňuje, že migraci předcházelo zničení 12 měst a téměř 400 vsí a velké množství usedlostí. Nicméně v případě tohoto zdroje vyvstává otázka, jak moc je zdroj věrohodný (Tinner at al. 2003). Jiří Waldhauser zmiňuje, že takzvaný zánik keltských struktur souvisel s vnitřními problémy a stagnací společnosti a vnějšími vlivy představovanými germánskými imigranty a válečníky (Waldhauser 2001, 130-132). Ač jsou pohyby kmenů v protohistorické době dobře zmapovány, jedná se pravděpodobně jev omezený na relativně malé množství lidí. Migrací se poměrně často zabývají práce zaměřené spíše na takzvaný *top down* přístup (např: Droberjar 2005;

Waldhauser 2001). Příchozí kmeny zcela jistě vytvořily jakousi elitu a znatelně determinovaly hmotnou i duchovní kulturu, ale dá se předpokládat, že život běžné populace kriticky nenarušily.

9.12 Doba římská a stěhování národů

V období doby římské lze z prostorových charakteristik usuzovat, že se osídlení pozvolna posouvalo do sušších oblastí. Zároveň se zvyšoval počet sídlišť na relativně mokřinatém Českobudějovicku. Období starší doby římské koresponduje se závěrečnou fází římského klimatického optima. Od roku 200 tak dochází k ochlazení a zvyšování srážek, ale stále se jedná o stabilní periodu. Willy Tinner s kolektivem uvádí rozšíření osídlení v horských oblastech Švýcarska mezi lety 350-400 n. l (Tinner *et al.* 2003). Příznivé podmínky pak byly narušeny chladným a vlhkým výkyvem okolo roku 400.

V jižních Čechách byla zachycena pšenice v objektu ze starší doby římské v Rakovicích. Na sídlišti v Přešťovicích pak byly nalezeny obilky ječmene. Nutno poznamenat, že četnost nálezů obilnin z jižních Čech je nereprezentativní (Hiltscher – Šálková 2020). Teplé suché klima odpovídá spíše pěstování pšenice než vlhkomilného ječmene. Zdá se, že diverzifikace zasetých plodin měla předejít nízké sklizni v případě výkyvů počasí.

Klimatické pesimum pozorované v nepřímých archivech nastalo zhruba okolo let 400–450 našeho letopočtu. A je charakterizováno mírným snižováním sluneční aktivity. Na základě changepoint analýzy je možné toto období charakterizovat jako stabilní. Chladné klimatické pesimum se překrývá s obdobím stěhování národů (Buentgen *et al.* 2011, Fohlmaister *et al.* 2012; Stainhilber *et al.* 2009). V této době e většina jihočeského osídlení koncentruje v sušších klimatických oblastech na vlhčím Českobudějovicku.

9.13 Raný středověk

Na základě letokruhových řad z Evropy a Altaje bylo rekonstruováno výjimečně klimaticky nepříznivé období mezi lety 536 a 660 našeho letopočtu. Ulf Büntgen s kolektivem předpokládá, že toto výrazné klimatické pesimum souvisí se zvýšenou sopečnou aktivitou. Podobně jako v Evropě, je zaznamenáno chladné období

v modřinech na Altaji. V tomto období je předpokládána výraznější migrace Slovanů a Avarů ze stepí východní Evropy a západní Asie. Turecká etnika pak migrovala do oblasti Persie. Zároveň je možné, že migrace z východu přinesla takzvaný Justiniánský mor. Bakterie způsobující mor (*Yersinia pestis*) byla přenesena v důsledku migrace z rezervoárů centrální Asie. Autoři článku pak navrhuji pro období 6-7 století název malá doba ledová pozdní antiky (Büntgen et al. 2016).

Na nepříznivé období navazuje výkyv sluneční aktivity mezi lety 600-700. Chladný event související s poklesem slunečního záření mohl mít krátkodobý charakter, v projevech velice podobný klimatickému pesimu na počátku doby železné. Na základě izotopů beryllia bylo do poloviny 7. století n. l. rekonstruováno minimum slunečního záření (Miyake *et al.* 2014). V modelu Petera Demjána je v období 3.-6. století n. l. v jižních Čechách minimální zalidnění, které stoupá právě v době korespondující s klimatickým pesimem (Demján-Dreslerová 2016). Od klimatického pesima doby stěhování národů po závěr období analogickému k malé době ledové tak bylo osídlení a minimum. Osídlení raného středověku pak lze zachytit rovnoměrně v mírně teplých, chladných i vlhkých oblastech. Raně středověký člověk zjevně nebyl z hlediska sídlení v méně příznivých klimatických podmínkách moc vybíravý. Zároveň od 7. století n. l. můžeme pozorovat zvýšení počtu katastrof s pozitivními nálezy tento údaj svědčí o rozšíření osídlení do oblastí dříve neobývaných.

Podobně jako v době římské, byly nejčastěji pěstovanými plodinami ječmen a pšenice. Nejvíce zastoupené bylo proso. Každý z těchto druhů má rozdílné nároky. Proso je rostlinou s relativně krátkou vegetační sezónou a ječmen je vhodný pro chladné podmínky (Hiltscher – Šálková 2020). Období raného středověku je kromě pesima mezi lety končícího zhruba 800 n. l. charakterizováno takzvaným středověkým teplotním optimem, které souviselo se solárním maximem (Hughes – Diaz 1994).

9.14 Vrcholný středověk

Další klimatem charakterizovaná epocha je závěr takzvaného vrcholně středověkého optima trvajícím ve 12. a 13. století. V době 13. století rovněž dochází k populačnímu vzestupu. Vzhledem k hojnosti spolehlivých písemných pramenů nelze být na pochybách ohledně příčiny tohoto populačního vzestupu v periferních oblastech

(Klápště 2004). Nicméně klimatické podmínky kolonizaci na počátku vrcholného středověku do jisté míry podpořily. V letech 1260-1269 byla na základě historických záznamů rekonstruována teplejší léta a suchá jara. Tato kombinace pro zemědělství však nemusela být optimální. Navíc mezi lety 1250 a 1259 je předpokládána převaha chladných a suchých jarních měsíců (Brázdil – Kotyza 1997). Hladomory se ve 13. století vyskytovaly relativně často. Jejich dopady ovšem v porovnání se stoletím 14. byly odvážně řečeno mírné a přechodné (Slavin 2016). V období konce 13. století, první poloviny tzv. Wolfova minima, pravděpodobně doznávaly podmínky středověké teplotní anomálie (Hughes – Diaz 1994). Lze tedy předpokládat trvání mírnějších podmínek.

9.15 14. století

V první polovině 14. století se v západní Evropě objevují období hladomoru. Lze zmínit například roky 1315-1317. Bruce Campbell uvádí, že v této době došlo na britských ostrovech ke snížení výnosů vlivem klimatu až o 20%. Reakce středověkých sedláků byla komplexní a zahrnovala změnu setých rostlin, kombinace jaře a ozimu a větší využití pastevních ploch. Středověké zemědělství však dostupnými možnostmi adaptace nebylo schopno přizpůsobit se změnám souvisejícím se solárním pesimem (Campbell 2018).

Vzhledem k faktu, že ve 14. století nejsou doloženy výraznější sopečné erupce, klimatické výkyvy pravděpodobně souvisejí se slunečním zářením. Období Wolfova solárního minima, které trvalo od poloviny 13. století do poloviny 14. století, se časově shoduje s evropským hladomorem. Zároveň je jistým přechodem ze středověkého klimatického optima k malé době ledové. První polovina tohoto solárního minima měla stále ještě charakter klimaticky optimálního období (Slavin 2016).

Odhadovaný pokles populace v průběhu hladomoru mezi lety 1315 a 1317 dosahuje až 10%. V první polovině 14. století v Evropě dochází k zastavení i snížení populačního růstu, který dosahoval vrcholu ve 13. století našeho letopočtu. Středověcí kronikáři dávají hladomory za vinu klimatu (Campbell 2018). V křivce relativní hustoty osídlení je tento trend rovněž zachycen. Pokles odhadované populace však může souviset s nedostatky v typologickém datování artefaktů. Přežívání hmotné kultury

charakteristické spíše pro 13. století a pomalé zavádění nových výrobních postupů by mohlo způsobit pokles záznamů datovaných do 14. století.

Zdá se, že neúroda byla způsobena chladným a vlhkým počasím přetrvávajícím několik let. V západní Evropě jsou pak nejvíce zmiňovány vlhké a chladné roky 1315 a 1317 (Campbell 2018). V Čechách Petr Žitavský neuvádí jako příčinu neúrody vlhko, ale sucho. Vlhké léto se vyskytlo pouze v roce 1317. Chladné období pak nekoresponduje se záznamy zbraslavské kroniky, podle které v letech 1310-1329 byla teplejší léta. V letech 1313, 1319, 1320 byla zaznamenána nadprůměrná úroda. Toto období bylo nicméně poznamenáno častými povodněmi. Rozdílný trend v západní Evropě a Čechách souvisel pravděpodobně s tlakovými útvary. V době hladomoru 1310-1320 mohla nad střední Evropou převládat stálá tlaková výše, která blokovala vzdušné oceánské proudění nesoucí vlhké vzduchové hmoty (Brázdil – Kotyza 1997).

Zesílení intenzity a frekvence hladomorů lze pak lze z historických záznamů předpokládat v letech 1342-1353 (Slavin 2016). Podle rekonstrukce sucha se zdá, že ve 40. letech došlo ke změně klimatu. Changepoint analýza vypovídá o vysoké pravděpodobnosti změny. Také je pozorováno sušší období (Büntgen *et al.* 2021). Za zmínku stojí také období 1360-1369, pro které byly charakteristické tuhé zimy a desetiletí 1370-1379 s typickými povodněmi (Brázdil – Kotyza 1997).

9.15.1 Hladomory na příkladu nepříznivých let 14. století

Klimatické změny samy o sobě však nemohou způsobit hladomor. Období hladu předcházely v Evropě různé sociální změny, především nárůst hustoty obyvatelstva, nejznatelnější na britských ostrovech (Slavin 2016). Hladomor souvisí s demografickými a institucionálními podmínkami (Campbell 2018). Nedostatky potravin se dají rozlišit na plošné nedostatky nebo omezení přístupu ke zdrojům jednou skupinou/či oblastí dalším oblastem a skupinám (Slavin 2016). Znatelné dopady hladomoru na společnost pak pravděpodobně souvisely s velkým procentem lidí na okraji společnosti, námezdními dělníky, chalupníky a bezzemky. V Normandii 30. let 14. století až dvě třetiny populace tvořili bezzemci, domkáři a chalupníci (Campbell 2018). V periferní oblasti jižních Čech pak vlivem usazování spíše svobodných sedláků pravděpodobně nebyl podíl chudých tak výrazný jako v západní Evropě.

V západní Evropě platí, že chudoba v 14. století souvisela například se stoletou válkou a zvýšenou daňovou zátěží. České země první poloviny 14. století se také do jisté míry potýkaly se značnou politickou nestabilitou (Campbell 2018). Sociální rozdíly a demografie jsou jedním z hlavních faktorů. Sedláci produkující zrna ve snaze zajištění zásob v době nízké úrody prodávají méně obilí, což má za následek stoupající ceny a nedostupnost potravin pro nejchudší vrstvy. V oblasti Velké Británie lze rozlišovat různý dopad hladomoru počátku 14. století na různé oblasti. Za povšimnutí stojí nízký vliv neúrody na populace Skotska ve 14., ale i 19. století. Zatímco v Anglii a Irsku existovalo množství lidí závislých z velké části pouze na produkci obilnin, ve Skotsku vlivem rozšířeného pastevectví tvořily značnou část jídelníčku živočišné produkty. Rozdílná demografie, nízké zalidnění a rozdílný charakter zemědělství způsobil, že v oblasti Skotska byly projevy hladomoru minimální, téměř žádné (Slavin 2016).

9.16 15. století

Na počátku 15. století bylo klima vlhké. Rovněž jsou k dispozici podrobnější klimatické záznamy než v 13. a 14. století. Četné historické zdroje svědčí o obdobích zvýšených povodní v letech 1420-1439. Historická pozorování uvádějí období chladných zim mezi lety 1430 a 1459 s teplotními minimy mezi lety 1439-1444. Zároveň v letech 1440-1459 bylo zaznamenáno hodně tuhých zim s vysokým množstvím srážek (Brázdil – Kotyza 1997). Toto období bylo na základě rekonstrukce NAOI pravděpodobně charakterizováno zeslabenou azorskou tlakovou výší. Tento předpoklad by souhlasil s výskytem chladných zim (Cook *et al.* 2002).

Písemné záznamy také hovoří o hladomoru ve 30. letech 15. století. České země byly v této době ekonomicky značně oslabeny Husitskými válkami. Chladné období se záplavami postihlo střední Evropu a omezilo i husitskou kampaň v Uhřích. V roce 1432 byla zaznamenány záplavy rozsahu od roku 1390 nepozorovaného. Záplavy byly následovány létem tak suchým, že umírali rolníci na poli. Oproti předchozímu roku se stouply ceny obilí 4-6 násobně. V roce 1433 byla vlivem nepříznivého rozložení srážek sklizeň značně chudá. V kombinaci s husitskými výpady, například obléháním Plzně pro místní obyvatele likvidační. Po výrazných mrazech se ceny obilí dále zvyšovaly. Lidé umírali hladu v důsledku devalvace grošů v kombinaci s násobícími se cenami potravin. Z roku 1534 však nejsou záznamy o přesných cenách obilí, které dosahovaly

astronomických výší (Brázdil *et al.* 2019). Velká četnost povodní související s vlhkým obdobím byla pozorována v letech 1470-1479. V tomto období také byly pozorovány časté tuhé zimy (Brázdil – Kotyza 1997). Tyto poznatky nesouhlasí s rekonstrukcí indexu NAO, který v druhé polovině 15. století měl nabývat stálých vysokých hodnot (Cook *et al.* 2002).

Druhá polovina 15. století podle písemných záznamů byla obdobím suchých jar, převážně v období 1480-1490. V tomto období byla také častěji zaznamenávána teplejší léta (Brázdil – Kotyza 1997). Indexy sucha také ukazují suché období v druhé polovině 15. a počátku 16. století (Buentgen *et al.* 2021). Na křivkách dubu je v této době zachyceno výrazné období nízkého růstu. Druhá polovina 15. století se pravděpodobně vyznačovala silně kontinentálním klimatem s dlouhými zimami a suchými teplými léty. Dubová křivka vykazuje jedno z nejsilnějších období sníženého růstu.

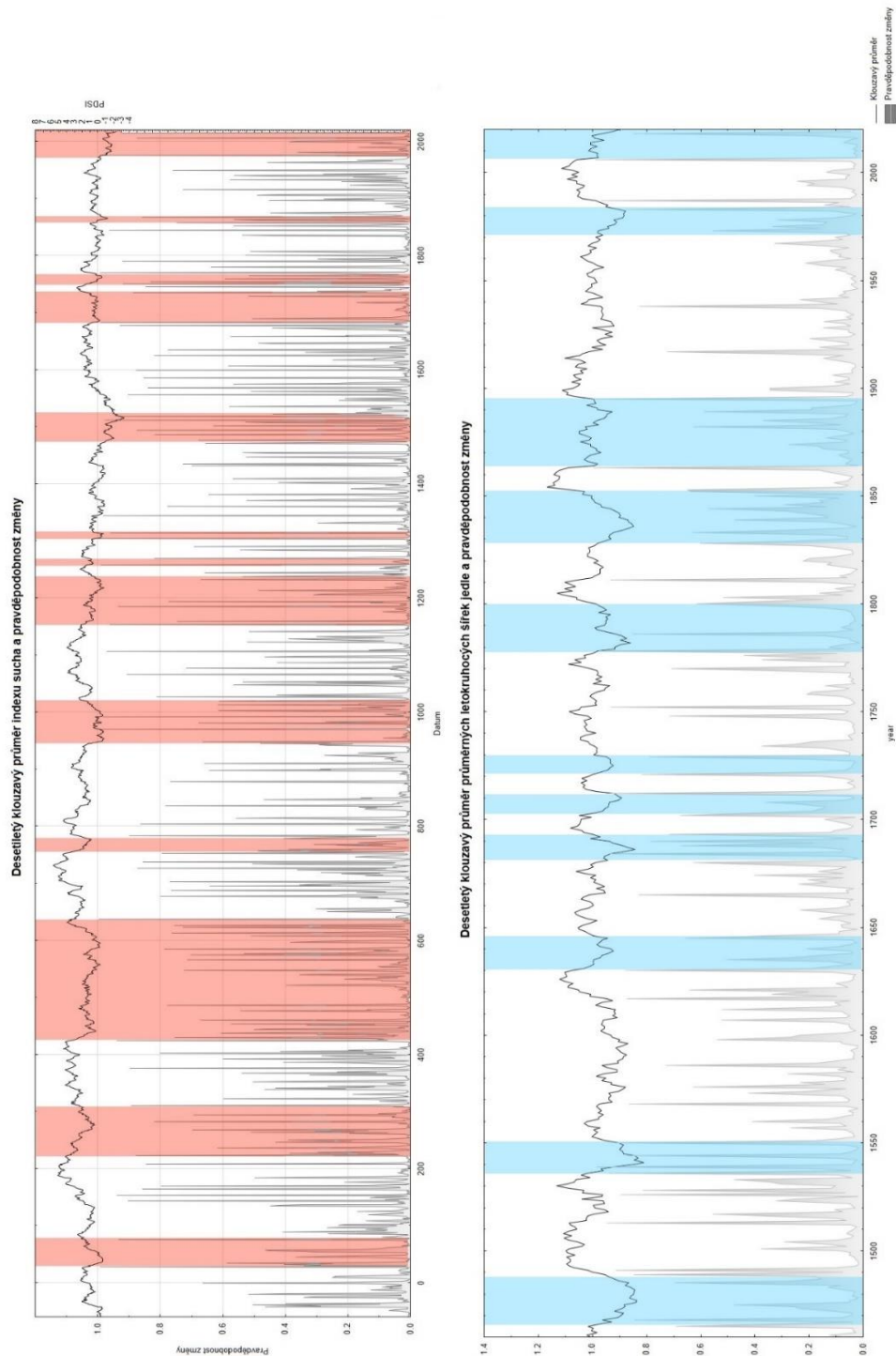
9.17 16. století

Chladné zimy šestnáctého století byly zaznamenány v jeho celém průběhu. Výrazně dlouhá a studená zimní období byla pozorována v druhé dekádě 16. století (Glaser *et al.* 1999). Rekonstrukce indexů sucha ukazuje výrazně suché období v prvních 10 letech 16. století. Index sucha se po 16. století vyznačuje postupným zvyšováním (Büntgen *et al.* 2021). Mezi lety 1500 a 1530 je na základě rekonstrukce předpokládána zesílená azorská anticyklona, se kterou bývají asociovány teplé zimy a zvýšená oceanicita. Ve 30. letech azorská anticyklona oproti islandské cykloně slábne, což je jev související s chladnými zimami a vzrůstající kontinentalitou (Cook *et al.* 2002). Nejvyšší přírůstky letokruhů jihočeské jedle vykazovalo období 1500-1530 s maximem v letech 1520-1530. Jedná se o krátké období příznivých podmínek, relativně nízkého sucha a mírných zim. Mezi lety 1530-1540 byly zaznamenány chladné zimy. Ve 40. letech 16. století pak byly pozorovány nízké zimní srážky. Po roce 1540 byl rovněž zaznamenán postupný pokles jarních teplot a srážek. Teplejší podzimní období zachycují písemné záznamy ve 30. letech 16. století (Glaser *et al.* 1999). Mezi lety 1517 a 1542 je období senoseče v Polabí a sklizně obilí značně variabilní. Spíše převládají roky s kratší vegetační sezónou. Po roce 1560 se období senoseče a posouvá do pozdějších termínů a vegetační doba se prodlužuje. Období do sklizně obilí se pak zkracovalo (Brázdil *et al.* 2018).

O vzrůstající kontinentalitě svědčí písemné záznamy, podle kterých se po roce 1530 zvyšují teploty v letních měsících (Glaser *et al.* 1999). Rok 1540 byl výjimečně suchý doprovázený časnou sklizní. V tomto roce byl také pozorován nízký růst jedle. Zdá se, že krátkodobá suchá období souvisejí s optimálními podmínkami pro obilniny a negativními pro růst stromů (Brázdil *et al.* 2018). Od roku 1540 byla zaznamenána teplá léta doprovázená kontinuálně klesajícími letními teplotami s minimem okolo roku 1570. Zároveň byly mezi lety 1570-1590 zaznamenávány nízké zimní teploty. Teplá jara byla pozorována mezi lety 1558-1560 a souvisela pravděpodobně s efektem föhnu. Zimní srážky potom dosahovaly svého maxima okolo roku 1570. Roku 1573 byly spolu s výrazně dlouhými zimami zaznamenány jarní mrazíky (Glaser *et al.* 1999).

V letech 1536-1550 lze na jihočeských jedlích pozorovat období značně sníženého růstu. Tato doba se vyznačovala značnou kontinentalitou, teplými léty a podzimy a chladnými zimami a jary. Zároveň jsou zaznamenány nízké srážky (Glaser *et al.* 1999). Mezi lety 1530 a 1580 pak severoatlantická oscilace nevykazuje zřetelnější trend (Cook *et al.* 2002). Přírůstky jihočeských jedlí jsou v druhé polovině 16. století spíše průměrné, bez výrazných dlouhodobých změn. Toto období tedy bylo relativně stálé a příznivé.

Vlhko v jarním období bylo pozorováno mezi lety 1570-1590. Ve stejné době písemné záznamy svědčí o vyšších srážkách v létě. Dlouhou zimu s vysokými srážkami a celkově chladný rok písemné prameny zaznamenávají v roce 1587. Písemné zmínky svědčí zároveň o chladném jaru a záplavách na Vltavě (Glaser *et al.* 1999). V této době je na základě rekonstrukce předpokládán výkyv NAO způsobující zeslabení azorské tlakové níže, což by mělo za následek převládání kontinentálních tlakových útvarů a velmi kontinentální chladnou zimu (Cook *et al.* 2002).



Obr. 28 Vlevo: vyznačení suchých období za posledních 2000 let na základě changepoint analýzy křivky indexů sucha. Daza převzata z Büntgen et al. 2021.

Obr. 29 Vpravo: Vyznačení období nízkého růstu na křivce jihočeské jedle. Ke stanovení byla využita changepoint analýza.

9.18 17. století

Jedním z nejbouřlivějších období evropských dějin je 17. století. Vzrůstající konfesionalizace způsobila sérii konfliktů v určitých částech Evropy. Celé oblasti severní a střední Evropy byly vlivem hladomorů způsobených válečnými akcemi téměř zbaveny populace. Otázkou je, jakou roli v tomto období hrálo klima (Englund 2000).

Sedmnácté století se zdá být spíše vlhkým časovým úsekem bez žádných výrazných sušších výkyvů (Buentgen *et al.* 2021). Prvních 20 let 17. století bylo podle rekonstrukce NAO spíše kontinentálnější, s převládající islandskou tlakovou níží a evropskou tlakovou výší (Cook *et al.* 2002).

Mezi lety 1600-1630 lze pozorovat znatelné zvýšení ročních přírůstků na exemplářích jihočeských jedlí, což pravděpodobně souviselo s teplými jary bohatými na srážky. Snížení růstu bylo pozorováno na jihočeských jedlích mezi lety 1630-1645. Ač bývá období od 2. poloviny 13. století označováno jako malá doba ledová. Zhoršující se klima se pravděpodobně projevilo v plné síle až v druhé polovině 17. století v souvislosti se Spörerovým solárním minimem. Od roku 1645 do roku 1680 pak lze pozorovat stabilní období trvající do roku 1680. Severoatlantická oscilace byla od roku 1640 spíše nevýrazná (Cook *et al.* 2002). Hlavní vliv na středoevropské klima mohly v době malé doby ledové mít spíše kontinentální systémy

10 Závěr

V množství nepřímých záznamů byla zachycena dlouhá období, jejichž obecné charakteristiky se dají popsat jako chladné a vlhké. Trvání těchto období je zhruba 500 let. Jedná se o periody 3500-3000 let př. n. l., 800-320 př. n. l. a 1250-1800 našeho letopočtu. V těchto periodách se vyskytují častější solární minima. Charakter těchto období se však do jisté míry odlišoval.

Mezi počátkem zmíněných chladných výkyvů uběhlo zhruba 2700 a 2050 let. Tato chladná období se do jisté míry shodují s 2400letými cykly. Výjimku tvoří event 5500 BP. Jehož nástup tomuto cyklu předchází o několik set let předchází.

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.4, využití rekonstrukce různých atmosférických cirkulací je značně problematické. Ve většině časových úseků posledních 500 let se shoduje převládající klima a odhadovaný dlouhodobý stav azorské tlakové výše, islandské tlakové níže a kontinentální tlakové výše. V množství až půl století dlouhých úseků však nelze pozorovat vztah mezi klimatem a tlakovými útvary. Tato období se vyskytovala především v malé době ledové a souvisejí spíše s dobami nevýrazné azorské tlakové výše. Vztahovat oscilace atmosférických tlakových útvarů ke klimatu, nebo dokonce k jednání lidí nelze období bez častých písemných záznamů o projevech klimatu.

Ukazuje se, že výrazné změny v charakteristikách osídlení a populační hustoty korelují se změnami klimatu. Korelace však neimplikuje kauzalitu. O vztahu lidí a klimatu v dlouhodobém horizontu lze pouze spekulovat. Zdá se, že období technologického pokroku a změn sídelních struktur především v eneolitu a době železné korespondují s klimatickými pesimy. V době železné mimo jiné korelují solární minima s obdobími změn sídelních charakteristik a shlukovitosti nalezišť. Decentralizace společenských a sídelních struktur mohla do jisté míry s klimatickými podmínkami souviset.

11 Zdroje

11.1.1 Literatura:

ABEL, W. 1972: Massenarmut und Hungerkrisen im vorindustriellen Deutschland. Göttingen.

ACREMAN, M. C., HARDING, R. J., LLOYD, C. R., MCNEIL, D. D. 2003: Evaporation characteristics of wetlands: experience from a wetgrassland and a reedbed using eddy correlation measurements. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences Union* 7 (1), 11-21.

ALMGREN, O. 1923: Studien über nordeuropäischen Fibelformen der ersten nachchristlichen Jahrhunderte mit Berücksichtigung der provinzial-römischen und südru-sischen Formen. Lipsko.

ANDA, A., SOOS, G., TEIXEIRA DA SILVA J. A., KOZMA-BOGNAR, V. 2015: Regional evapotranspiration from a wetland in Central Europe, in a 16-year period without human intervention. *Agricultural and Forest Meteorology* 205, 60–72.

ANSELIN, L. 1992: A note on small sample properties of estimators in a firstorder spatial autoregressive model. *Environment and Planning* 14, 1023-1030.

AXTELL, R. L., EPSTEIN, J. M., DEAN, J. S., GUMERMAN, G. J., SWEDLUND, A. C. HARBURGER, J., CHAKRAVARTY, S., HAMMOND, R., PARKER, J., PARKER, M. 2002: Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley. *PNAS* 99 (3), 7275-7279.

BAILLIE, M.G.L., PILCHER, J.R. 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33, 7–14.

BECKER, B. 1992: The history of dendrochronology and radiocarbon calibration. In: Taylor, R. E. (Eds.): Radiocarbon after four decades. Nový York, 34-49.

BECKER, L. W. M., SEJRUP, H. P., HJELSTUEN, B. O., HAFLIDASON, H., KJENNBAKKE, H., WERNER, J. P. 2020: Oscillation (NAO) reconstruction for the last 8000 years. *Climate and Atmospheric Science* 3, Článek číslo 42.

BENEŠ, J. 2018: Počátky zemědělství ve starém světě: pohled paleoekologie a environmentální archeologie. České Budějovice.

BENEŠ, J., POKORNÝ, P. 2008 ed: Bioarcheologie v České republice. České Budějovice

BERGER, A., LOUTRE, M. F., LASKAR, J. 1992: Stability of the Astronomical Frequencies Over the Earth's History for Paleoclimate Studies. *Science* 255, (5044), 560-566.

BEVAN, A., LAKE, M., V. 2013: Archaeological inferences and computational spaces. In: Bevan, A., Lake, M. (eds.): *Computational approaches to archaeological spaces*, 17-26. Londýn.

BEVAN, A., CREMA, E. R., LI, X. J., PALMISANO, A. 2013: Intensities, Interactions, and Uncertainties: Some New Approaches to Archaeological Distributions. In: Bevan, A., Lake, M. (eds.): *Computational approaches to archaeological spaces*, 27-52. Londýn.

BINFORD, L.R. 1972: *An archaeological perspective*. New York.

BOCH, C., SPÖTL, R. 2011: Reconstructing palaeoprecipitation from an active cave flowstone. *Journal of Quaternary Science* 26 (7), 675–687.

BOLLE, H. J., MENENTI, M., SEBASTIANO, S., ICHTIAQUE, S. 2015: *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.

BOUZEK, J. 2009. *Keltové v českých zemích v Evropském kontextu*. Praha

BRÁZDIL, R., KOTYZA, O. 1997: Kolísání klimatu v českých zemích v první polovině našeho tisíciletí. *Archeologické rozhledy* XLIX, 663–699.

BRÁZDIL, R., KOTYZA, O. 2014: Meteorologické záznamy Pavla Korky z Korkyně ve světle dobových informací o počasí a příbuzných jevech z českých zemí. In: VYBÍRAL, Z., (Eds.) Paměti Pavla Korky z Korkyně: Zápisky křesťanského rytíře z počátku novověku, 252-291. České Budějovice.

BRÁZDIL, R., KOTYZA, O., BAUCH, M. 2018: The Famine of the Second Decade of the Fourteenth Century. In: Collet, D., Schuh, M. (Eds.): Famines During the 'Little Ice Age' (1300–1800). 91-114. DOI 10.1007/978-3-319-54337-6.

BRÁZDIL, R., MOŽNÝ M., KLÍR, T., ŘEZNÍČKOVÁ, L., TRNKA, M., DOBROVOLNÝ, P., KOTYZA, O., 2019: Climate variability and changes in the agricultural cycle in the Czech Lands from the sixteenth century to the present. *Theoretical and Applied Climatology* 136, 553–573.

BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J. 1986: Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Brno.

BREHM, N., BAYLISS, A., CHRISTL, M., SYNAL, H. A., ADOLPHI, F., BEER, J., KROMER, B., MUSCHELER, R., SOLANKI, S. K., USOSKIN, I., BLEICHER, N., BOLLHALDER, S., TYERS, C., WACKER, L. 2021: Eleven-year solar cycles over the last millennium revealed by radiocarbon in tree rings. *Nature Geoscience* 14, 10–15.

BRONK RAMSEY, Ch. 2009: BAYESIAN ANALYSIS OF RADIOCARBON DATES. *Radiocarbon* 51(1) 337–360.

BUMERL, J. 2017: Možnosti povrchového průzkumu a analýzy databází archeologických nálezů testované/aplikované na příkladu osídlení severních oblastí Budějovicka v pravěku. Jihočeská univerzita, České Budějovice.

BÜNTGEN, U., TEGEL, W., NICOLUSSI, K., MCCORMICK, M., FRANK, D., TROUET, V., KAPLAN, J. O., HERZIG, F., HEUSSNER, K.-U., WANNER, H., LUTERBACHER, J., ESPER, J. 2011: 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. *SCIENCE* 331, 578-582.

BÜNTGEN, U., URBAN, O., KRUSIC, P. J., RYBNICEK, M., KOLAR, T., KYNCL, T., AC, A., KONASOVA, E., ČÁSLAVSKÝ, J., ESPER, J., WAGNER, S., SAURER, M., TEGEL, W., DOBROVOLNY, P., CHERUBINI, P., REINIG, F., TRNKA M.

2021: Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. *Nature Geoscience* 14 (3), doi: 10.1038/s41561-021-00698-0.

BÜNTGEN, U., MYGLAN, V. S., LJUNGQVIST, F. C., MCCORMICK, M., COSMO, N. D., SIGL, M., JUNGCLAUS, J. WAGNER, S., KRUSIC, P. J., ESPER, J., KAPLAN, J. O., DE VAAN, M. A. C., LUTERBACHER, J., WACKER, L., TEGEL, W., KIRDYANOV, A. V. 2016: Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD. *Nature Geoscience* 9 (3).

BYOCK, J. 2002: The Icelandic Althing: Dawn of Parliamentary Democracy. In: Fladmark J. M. (Eds.) *Heritage and Identity: Shaping the Nations of the North*. The Heyerdahl Institute and Robert Gordon University. Donhead St. Mary, Shaftesbury: Donhead, 1-18.

CAMPBELL, B. M. S. 2018: The European Mortality Crises of 1346–52 and Advent of the Little Ice Age. In: Collet, D., Schuh, M. (Eds.): *Famines During the ‘Little Ice Age’ (1300–1800)*. 19-42. DOI 10.1007/978-3-319-54337-6.

CAPUZZO, G. ZANON, M. CORSO, M. D. KIRLEIS, W. BARCELÓ, J. A. 2018: Highly diverse Bronze Age population dynamics in Central-Southern Europe and their response to regional climatic patterns. *PLOS one*.

CLARKE, D. 1968: *Analytical archaeology*. Cambridge.

CLARKE, D. L. Ed. 1977: *Spatial archaeology*. Cambridge.

COOK, E. R., D’ARRIGO, R. D., MANN, M. E. 2002: A Well-Verified, Multiproxy Reconstruction of the Winter North Atlantic Oscillation Index since A.D. 1400. *Journal of Climate* 15, 1754-1764.

COOK, E. R., HOLMES, R. L. 1999: *USERS MANUAL for Program ARSTAN*. University of Arizona, Tucson, Arizona USA.

COOK, E. R., KUSHNIR, Y., SMERDON, J. E., WILLIAMS, A. P., ANCHUKAITIS, K. J., WAHL, E. R. A. 2019: Euro-Mediterranean tree-ring reconstruction of the winter NAO index since 910 C.E. *Climate Dynamics* 53 (3-4), 1567 – 1580.

- BENEŠ, J. – POKORNÝ, P. 2006: Odlesňování východočeské nížiny v posledních dvou tisíciletích: Interpretace pyloanalytického záznamu z olšiny Na bahně, okr. Hradec Králové. *Archeologické rozhledy* 53 (3), 481-498.
- CRABTREE, S. A., KOHLER, T. A. 2012: Modelling across millennia: Interdisciplinary paths to ancient socio-ecological systems. *Ecological Modelling* 241, 2-4.
- CREMA, E. R., BEVAN, A., LAKE, M. W. 2010: A probabilistic framework for assessing spatio-temporal patterns in archaeological record. *Journal of archaeological science* 37, 1118-1130.
- DANIELISOVÁ, A., MANGEL, T. 2019: Dostupnost zdrojů surovin a specializovaná výroba v době laténské. *Živá archeologie* 16, 39-48.
- DEAN, J. S., GUMERMAN, G. J., EPSTEIN, J. M., AXTELL, R., SWEDLUND, A. C., PARKER, M. T., MCCARROLL, S. 2012: Understanding anasazi culture change through agent-based modeling. In: Epstein, J., M. (Eds.): *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*, 90-116. Princeton University Press.
- DEMEK, J., BALATKA, B., BUČEK, A., CZUDEK, T., DĚDEČKOVÁ, M., HRÁDEK, M., IVAN, A., LACINA, J., LOUČKOVÁ, J., RAUŠER, J., STEHLÍK, O., SLÁDEK, J., VANĚČKOVÁ, L., VAŠÁTKO, J. 1987: *Hory a nížiny-zeměpisný lexikon ČSR*. Praha.
- DEMJÁN, P., DRESLEROVÁ, D., 2016: Modelling distribution of archaeological settlement evidence based on heterogeneous spatial and temporal data. *Journal of Archaeological Science* 69, 100-109.
- DINCAUZE, D. F. 2000: *Environmental archaeology: principles and practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- DJURDJEVAC-CONRAD, N., HELFMANN, L., ZONKER, J., WINKELMANN, S., SCHUTTE, C. 2018: Human mobility and innovation spreading in ancient times: a stochastic agent-based simulation approach. *EPJ Data Science* 7, článek 24.

- DONAT, M. G., LECKEBUSCH, G. C., PINTOB, J. G. ULBRICH, U. 2010: Examination of wind storms over Central Europe with respect to circulation weather types and NAO phases. *International Journal of Climatology* 30, 1289–1300.
- DOUGLAS, A. E. 1909: Weather Cycles in the Growth of Trees. *Monthly Weather Review* 37, 225–237.
- DOUGLAS, A. E. 1917: Climatic Records in the Trunks of Trees. *American Forestry*, 23 (288), 732–735.
- DOUGLASS, A. E. 1941: Crossdating in dendrochronology. *Journal of Forestry* 39, 825-831.
- DRAKE, B. L. 2012: The influence of climatic change on the Late Bronze Age Collapse and the Greek Dark Ages. *Journal of Archaeological Science* 39, 1862-1870.
- DRAKE, B. L 2017: Changes in North Atlantic Oscillation drove Population Migrations and the Collapse of the Western Roman Empire. *Scientific Reports* 7.
- DRESLEROVÁ, D. 2010: Klima v holocénu a možnosti jeho poznání. *Živá archeologie REA* 11, 18-21.
- DRESLEROVÁ, D. 2012: Human Response to Potential Robust Climate Change around 5500 cal BP in the Territory of Bohemia (the Czech Republic). *IANSA* III (1), 43–55.
- DRESLEROVÁ, D., DEMJÁN, P. 2019: Modelling prehistoric settlement activities based on surface and subsurface surveys. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 5513–5537.
- DROBERJAR, E. 2006: Plaňanská skupina großbromstedtské kultury. In: Droberjar E. - Lutovský M. (eds.): *Archeologie barbarů 2005*, 11–90. Praha.
- ECKSTEIN, J., LEUSCHNER, H., H., BAUEROCHSE, A., SASS-KLAASSEN, U. 2009: Subfossil bog-pine horizons document climate and ecosystem changes during the Mid-Holocene. *Dendrochronologia* 27, 129–146.

- ECKSTEIN, D., SCHWEINGRUBER, F. 2009: Dendrochronologia—A mirror for 25 years of tree-ring research and a sensor for promising topics. *Dendrochronologia*, 27 (1), 7-13.
- EDDY, T. A. 1976: The Maunder Minimum. *SCIENCE* 192, 1189-1202.
- EDVARDSSON, J., STOFFEL, M., CORON, C., BRAGAZZA, L., LEUSCHNER, H. H., CHARMAN, D. J., HELAMA, S. 2016: Subfossil peatland trees as proxies for Holocene palaeohydrology and palaeoclimate. *Earth-Science Reviews* 163, 118–140.
- ENGLUND, P. 2000: Nepokojná léta. Historie třicetileté války, Praha.
- ERDMAN, CH., EMRSON, J. E. 2007: bcp: An R Package for Performing a Bayesian Analysis of Change Point Problems. *Journal of statistical software* 23 (3).
- FAJADO, J. A., ROTERMUND, S. M. 2017: Anarchy and Archaeology: Toward a Decentralization of Knowledge. In: Prentiss, A., M. (Eds.) *The SAA Archaeological Record* 17 (1): Anarchy and Archaeology, 37-38. Vancouver.
- FLANNERY, K. 1968: Archeological systems theory and early Mesoamerica. In B. J. Meggers (eds.): *Anthropological Archeology in the Americas*, 67-87. Washington, D.C.
- FLOHN, H. 1941: Tägigkeit des Menschen als Klimafaktor. *Zeitschrift für Erkunde* 9, 13-22.
- FOHLMEISTER, J., SCHRÖDER-RITZRAU, A., SCHOLZ, D., SPÖTL, C., RIECHELMANN, D. F. C., MUDELSEE, M., WACKERBARTH, A., GERDES, A., RIECHELMANN, S., IMMENHAUSER, A., RICHTER, D. K., MANGINI, A. 2012: Bunker Cave stalagmites: an archive for central European Holocene climate variability. *Climate of the Past* 8, 1751–1764.
- FOWLER, A. 1988: Climatic reconstruction from tree rings. *Weather and Climate* 8, 33-45.
- FOWLER, A., M., BRIDGE, C., M., BOSWIJK, G. 2017: An empirical resampling method for determining optimal high-pass filters used in correlation-based tree-ring crossdating. *Dendrochronologia*, 84-93.

- FRANKENSTEIN, C., ECKSTEIN, D., SCHMITT, U. 2004: The onset of cambium activity – A matter of agreement? *Denrochronologia* 23, 57-62.
- FREI, K. M., VILLA, C., JØRKOV, M. L., ALLENTOFT, M. E., KAUL, F., ETHELBERG, P., REITER, S. S., WILSON, A.S., TAUBE, M., OLSEN, J., LYNNERUP, N., WILLERSLEV, E., KRISTIANSEN, K., FREI, R., 2017: A matter of months: High precision migration chronology of a Bronze Age female. *PLoS ONE* 12 (6): e0178834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178834>
- FRIEDRICH, M., REMMELE, S., KROMER, B., HOFMANN, J., SPURK, M., KAISER, K. F., 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 paleoenvironment reconstructions. *RADIOCARBON*, Vol 46, Nr 3, 2004, p 1111–1122.
- FRITTS, H. C. 1963: Computer programs for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 25 (3-4), 2-7.
- FRITTS, H. C. 1973: *Tree Rings and Climate*. Londýn, Nový York, San Francisco
- GIBBON. G. 1989. *Explanation in archaeology*. Oxlord
- GJELSTRUP BJÖRDAL, CH. 2012: Microbial degradation of waterlogged archaeological wood. *Journal of Cultural Heritage* 13(3),118-S122
- GJERDE, M., BAKKE, J., VASSKOG, K., NESJE, A., HORMES, A. 2016: Holocene glacier variability and Neoglacial hydroclimate at Ålfotbreen, western Norway. *Quaternary Science Reviews* 133, 28-47.
- GLASER, R., BRÁZDIL, R., PFISTER, C., DOBROVOLNÝ, P., VALLVÉ, M. B., BOKWA, A., CAMUFFO, D., KOTYZA, O., LIMANÓWKA, D., RÁCZ, L., RODRIGO, F. S. 1999: Seasonal Temperature and Precipitation Fluctuations in Selected Parts of Europe During the Sixteenth Century. In: R., Pfister., Brázdil, R., Glaser, R. (Eds.): *Climatic Variability in Sixteenth-Century Europe and Its Social Dimension*, 169-200. Springer, Dordrecht.

- GLEISSBERG, W., 1966. Ascent and descent in the eighty-year cycles of solar activity. *British Astronomical Society* 76, 265-270.
- GOODCHILD, M. F. 1986: Spatial Autocorrelation. *Catmog.*
- GORCZYNSKI, W. (1922): The calculation of the degree of continentality, *Mon. Weather* 50, 369–370
- GREATBATCH R. J. 2000: The North Atlantic Oscillation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 14, 213–242.
- GRIFFIN, A. F., STANISH, CH. 2007: An Agent-based Model of Prehistoric Settlement Patterns and Political Consolidation in the Lake Titicaca Basin of Peru and Bolivia. *Structure and Dynamics* 2 (2). <http://dx.doi.org/10.5070/SD922003290>.
- GUDMUNDSDÓTTIR, E. R., LARSEN, G., BJÖRCK, S., INGÓLFSSON, Ó., STRIBERGER, J. 2016: A new high-resolution Holocene tephra stratigraphy in eastern Iceland: Improving the Icelandic and North Atlantic tephrochronology. *Quaternary Science Reviews* 150, 234-249.
- HERNÁNDEZ, A., SÁNCHEZ-LÓPEZ, G., PLA-RABES, S., C-BRU, L., PARNELL, A., CAHILL, N., GEYER, A., TRIGO, R. M., GIRALT, S. 2020: A 2,000-year Bayesian NAO reconstruction from the Iberian Peninsula. *Scientific Reports* 10, Článek číslo: 14961.
- HLÁSEK, D HOUFKOVÁ P, KOVAČIKOVÁ L, MAJER A, NOVÁK J, PAVELKA J, BEŠTA T, ŠÁLKOVÁ, T 2014: The Use of Environmental Methods for Studying the Fortification, Economic System and Natural Environment of a Hillfort from the Beginning of the Middle Bronze Age at Vrcovice, Czech Republic. *IANSÁ V* (1), 31-47.
- HODDER, I. - ORTON, C. 1976: *Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- HODGKINSON, A. K., 2010: 3D Visualisation and Analysis of archaeological vector and raster data using open source geospatial software. *OpenSource Survey & GIS Manual. Documentation*. Oxford

HOLLSTEIN, E. 1980: Mitteleuropäische Eichenchronologie. Trierer Grabungen und Forschungen 11. Verlag Phillip Von Zabern, Mainz am Rhein, 273.

HOLMES, R.L. 1986: Quality control of crossdating and measuring: a users manual for program COFECHA. In: Holmes, R.H., Adams, R.K. and Fritts, H.C., (Eds.): Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin with procedures used in the chronology development work including users manuals for computer programs ARSTAN and COFECHA. Chronology Series VI. Tucson, Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona, 41-49.

HOLT, D., H., 2013: Germania and climate variability in 3rd and 4th centuries A.D.: a methodological approach to dendroclimatology and human migration. *Physical Geography* 32, 241-268.

HOLZHAUSER, H., MAGNY, M., ZUMBÜHL, H. J. 2005: Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *The Holocene* 15 (6), 789-801.

HUGHES, M. K., DIAZ, H. F. 1994: Was there a „medieval warm period?“ and if so, where and when? *Climatic Change* 26, 109–142.

HURRELL, J. W., DESER, C. 2017: North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Marine Systems* 79, 231–244.

HURRELL, J. W., KUSHNIR, Y., OTTERSEN, G., VISBECK, M. 2003: An Overview of the North Atlantic Oscillation, Geophys. Monogr. Ser. 134. Washington, D. C.

CHVOJKA, O. 2010: Možnosti rekonstrukce dálkových komunikací i lokálních stezek v době bronzové v jižních Čechách. In: KUBŮ, F., PARKMAN, M. (Eds.) STARE STEZKY. Sbornik příspěvků z konference o výzkumu starých komunikací, 115-127. Prachatice.

CHYTRÁČEK, M., CHVOJKA, O., EGG, M., JOHN, J., MICHÁLEK, J., CÍCHA, J., HLADIL, J., KONÍK, P., KOZÁKOVÁ, R., KŘIVÁNEK, R., KYSELÝ, R., MAJER, A., NOVÁK, J., PAVELKA, J., RAŠKOVÁ ZELINKOVÁ, M., STRÁNSKÁ, P., SVĚTLÍK, I., ŠÁLKOVÁ, T. 2019: Interdisciplinární výzkum knížecí mohyly doby

halštatské v Rovné u Strakonice Reprezentace sociální identity a symbolika uměleckého projevu elit starší doby železné. *Památky archeologické CX*, 59-172.

CHLIAOUTAKIS, A., CHALKIADAKIS, G. 2020: An Agent-Based Model for Simulating Inter-Settlement Trade in Past Societies. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 23 (3), Doi: 10.18564/.

CHRISTALLER, W. 1933: Die zentralen Orte in Süddeutschland. Jena

CHRISTEN, J. A. A. 1994: Bayesian Approach to Wiggle-Matching. *Journal of Archaeological Science* 22, 119-725.

IMBRIE, J., IMBRIE, J. Z. 1980: Modeling the Climatic Response to Orbital Variations. *SCIENCE* 207 (4434), 943-953.

JANKOVSKÁ, V. 1970: Ergebnisse der Pollen- und Grossrestanalyse des Moors Velanská cesta in Südböhmen. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 5, 43–60.

JANKOVSKÁ, V. 1980: Paläogeobotanische Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung im Becken Třeboňská pánev während des Spätglazials und Holozäns.

JANKUHN, H. 1952: Klima, Besiedlung und Wirtschaft der älteren Eisenzeit im westlichen Ostseebecken, *Archaeologia Geographica* 3, 23-35.

JANKUHN, H. 1977: Einführung in die Siedlungsarchäologie. Berlin.

JIANPING, L. I., WANG, J. X. L. A 2003: New North Atlantic Oscillation Index and Its Variability. *Advances in Atmospheric Sciences*, 20, 661–676.

JOHN, J. 2021: Aktuální stav poznání eneolitického osídlení jižních Čech. In: Vondrovský, V., Chvojka, O. (Eds.): PRAVĚKÉ KOMUNITY VNITŘNÍ PERIFERIE: Vývoj osídlení jižních Čech od 9. do počátku 1. tisíciletí př. Kr. České Budějovice. V tisku.

JOHN, J., EIGNER, J., FRÖHLICH, J., ŠÁLKOVÁ, T. 2012: Výšinné sídliště u Velké a další nové poznatky o eneolitických výšinných lokalitách na střední Vltavě. *AVJČ* 25, 63-81.

- KLÁPŠTĚ, J. 2005: Proměna českých zemí ve středověku. Praha.
- KNITTER, D., NAKOINZ. O. 2018: Point Pattern Analysis as Tool for Digital Geoarchaeology – A Case Study of Megalithic Graves in Schleswig-Holstein, Germany. In: Siart, Ch., Forbriger, M., Bubbenzer, O. (eds.): Digital Geoarchaeology. Springer, Cham, 45-64.
- KOBASHI, T., KAWAMURA, K., SEVERINGHAUS, J. P., BARNOLA, J.-M., NAKAEGAWA, T., VINTHER, B. M., JOHNSEN, S. J., BOX, J. E. 2011: High variability of Greenland surface temperature over the past 4000 years estimated from trapped air in an ice core. *Geophysical Research Letters* 38, L21501.
- KOHLER, T. A., VAN DER LEEUW, S. E. 2007: Historical Socionatural Systems and Models. In: Kohler, T. A., van der Leeuw, S. E. (eds), *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems*, 1-12. Santa Fe.
- KOHLER, T. A. JOHNSON, C. D VARIEN, M., ORTMAN, S., REYNOLDS, R., KOBTI, Z., COWAN, J., KOLM, K., SMITH, S., YAP, L., 2007: Settlement Ecodynamics in the Prehispanic Central Mesa Verde Region. In: Kohler, T. A., van der Leeuw, S. E. (eds), *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems*, 61-104. Santa Fe.
- KOHLER, T. 2012: Complex Systems And Archaeology. In: Hodder, I. (eds.): *Archaeological Theory Today*, 93-123. Polity Press, Cambridge.
- KOHLER, T. A., JOHNSON, C. D., VARIEN, M., ORTMAN, S., REYNOLDS, R., KOBTI, Z., COWAN, J., KOLM, K., MACAL, C., NORTH, M. 2014: Introductory tutorial: agent-based modeling and simulation. In: Tolk, A., Diallo, S. Y., Ryzhov, I. O., Yilmaz, L., Buckley, S., Miller, J. A. (eds.): *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*.
- KOPÁČEK, J., BEDNÁŘ, J. ŽÁK, M. 2002: *Jak vzniká počasí*. Praha, Karolinum.
- KOTYZA 2018: Posudek oponenta k bakalářské práci: Klimatický vývoj v době železné a římské: Přehled soudobého bádání a případová studie Čech. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,

- KOZÁKOVÁ, R., DANIELISOVÁ, A. 2020: Why did they move to a barren land? Iron Age settlement and the consequences for primary woodlands in the uplands of southern Bohemia, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany* 29 (4), 493 – 507.
- KROPOTKIN, P. 1898: The state: Its historic role. Londýn.
- KUNA, M., KŘIVÁNKOVÁ, D. 2006: ARCHIV 3.0. Systém Archeologické databáze Čech. Uživatelská příručka. Praha: ARÚP.
- KUNA, M. – DRESLEROVÁ, D. 2007: Landscape archaeology and "community areas" in the archaeology of Central Europe. In: Hicks, D., McAtackney, L. Fairclough, G (eds): *Envisioning Landscape. Situations and Standpoints in Archaeology and Heritage*. Walnut Creek: Left Coast Press, 146-171.
- KUNA, M., NOVÁK, D., HASIL, J., KŘIVÁNKOVÁ, D. 2015: Archeologická mapa České republiky (AMČR) jako páteří infrastruktura české archeologie. In: Hlaváčová, J. (Eds.) *Semináře o digitálních zdrojích a službách ve společenských a humanitních vědách*, 78 – 82.
- KŘIVÁNEK, J. 2012: *Rybníky v České republice*, Praha. 14-19
- KYSELÝ, R. 2005: Archeologické doklady divokých savců na území ČR v období od neolitu po novověk. *Lynx* 36, 55-101
- KYSELÝ, R. 2012: Paleoekonomika lengyelskeho obdobi a eneolitu Čech a Moravy z pohledu archeozoologie, *Památky archeologické* 103, 5-70.
- LAMB, H. H. 1977: *Climate: Present, Past and Future, Volume 2: Climatic History and the Future*. Oxon.
- LASKAR, J., ROBUTEL, P., JOUTEL, F., GASTINEAU, M., CORREIA, A.C.M., LEVRARD, B. 2004: A long term numerical solution for the insolation quantities of the Earth. *Astronomy and Astrophysics* 428, 261-285.
- LEE, J.-E., SHEN, A., FOX-KEMPER, B., MING, Y. 2017: Hemispheric sea ice distribution sets the glacial tempo. *Geophysical Research Letters* 44 (2), 1008-1014.
- LEPŠ, J. – ŠMILAUER, P. 2016: *Biostatistika*. České Budějovice.

- LE ROY, M., DELINE, P., CARCAILLET, J., SCHIMMELPFENNIG, I., ERMINI, M., ASTER, T. 2017: ^{10}Be exposure dating of the timing of Neoglacial glacier advances in the Ecrins-Pelvoux massif, southern French Alps. *Quaternary Science Reviews*, 118-138.
- LE ROY LADURIE E. 1971: *Times of Feast, Times of Famine: A History of Climate since the Year 1000*. New York.
- LIBBY, WF, ANDERSON, EC, ARNOLD, JR. 1949. Age determination by radiocarbon content: world-wide assay of natural radiocarbon. *Science* 109:227–228.
- LIESKOVSKÝ, T., ĎURAČIOVÁ, R., KARELL, L. 2013: Selected Mathematical Principles of Archaeological Predictive Models Creation and Validation in the GIS Environment. *Interdisciplinaria Archaeologica* 4 (2), 163–176.
- LINDERHOLM, H. W., GUNNARSON, B. E. 2019: Were medieval warm-season temperatures in Jamtland, central Scandinavian Mountains, lower than previously estimated? *Dendrochronologia* 57, 125607.
- LJUNGQVIST F., C. 2011: The Spatio-Temporal Pattern of the Mid-Holocene Thermal Maximum, *Geografie* 116, 91-110.
- LOCK, G., HARRIS, T. 2002: Analyzing change through time within the cultural landscape. In: Craig, W, Harris, T. M. and Weiner, D. (eds.): *Community participation and GIS*.
- LURCOCK, P.C., MAGRI, D., PELOSI, N., RETTORI, R., LIRE, F. 2016: Marine response to climate changes during the last five millennia in the central Mediterranean Sea. *Global and Planetary Change* 142, 53-72.
- MAGNY, M. 2004: Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International* 113, 65–79.
- MALMER, M. P. 1993: On theoretical realism in archaeology. *Current Swedish Archaeology* 1, 145 – 148.

MANGERUD, J. 1982: The Chronostratigraphical Subdivision of the in Norden; a Review. In: Mangerud, J., Birks, H. J. B., Jäger, K. D. (Eds.): Chronostratigraphic subdivision of the holocene. Uppsala, 65 -70.

MARGARITELLI, G., VALLEFUOCO, M., DIRITA, F., CAPOTONDI, L., BELLUCCI, L.G., INSINGA, D. D., PETROSINO, P., BONOMO, S., CACHO, I., CASCELLA, A., FERRARO, L., FLORINDO, F., LUBRITTO, C., KRAPIEC, M., SZYCHOWSKA-KRAPIEC, E. 2016: Subfossil bog-pine chronologies from The Puscizna Wielka raised bog, Orawa Basin, southern Poland. *Quaternary International* 415, 145-153.

MATERO, I.S.O., GREGOIRE L.J., IVANOVIC R.F., TINDALL J.C., HAYWOOD, A. M. 2017: The 8.2 ka cooling event caused by Laurentide ice saddle collapse. *Earth and Planetary Science Letters*. 473, 205-214.

MATHEWS, F. 1940: Committee on glaciers, 1939-1940. Transactions. *American Geophysical Union* 21, 396-406.

MAURI, A., DAVIS, B, A., S., COLLINS, P., M., KAPLAN, J., O. 2015: The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation. *Quaternary Science Reviews* 112, 109-127.

MAYEWSKI, P., A., ROHLING, E., E., STAGER, J., C., KARLE'N, W., MAASCH, K., A., MEEKER, L., D., MEYERSON, E., A., GASSE F., VAN KREVELD S., HOLMGREN, K., LEE-THORP, J., ROSQVIST, G., RACK F., STAUBWASSER, M., SCHNEIDER, R., R., STEIG, E., J. 2004: Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243– 255.

MIYAHARA, H., YOKOYAMA, Y., YAMAGUCH, Y. T. 2009: Influence of the Schwabe/Hale solar cycles on climate change during the Maunder Minimum. In: Kosovichev, A. G., Andrei, A. H., Rozelot, J.-P. (eds.): Solar and Stellar Variability: Impact on Earth and Planets Proceedings IAU Symposium No. 264. 427-433.

MIYAKE, F., SUZUKI, A., MASUDA, K., HORIUCHI, K., MOTOYAMA, H., MATSUZAKI, H., MOTIZUKI, Y., TAKAHASHI, K., NAKAI, Y. 2015: Cosmic ray

event of A.D. 774–775 shown in quasi-annual ^{10}Be data from the Antarctic Dome Fuji ice core. *Geophysical Research Letters* 42 (1), 84-89.

MOHAMED, Y. A., BASTIAANSEN, W. G. M., SAVENIJE, H. H. G., VAN DEN HURK, B. J. J. M., FINLAYSON, C. M. 2012: Wetland versus open water evaporation: An analysis and literature review. *Physics and Chemistry of the Earth* 47–48, 114–121.

NEKOVÁŘ, F. 1966: Některé zvláštnosti jihočeského klimatu: 1. část. Rozpravy Pedagogické fakulty v Českých Budějovicích. České Budějovice.

NEKOVÁŘ, F. 1967: Některé zvláštnosti jihočeského klimatu: 2. část. Rozpravy Pedagogické fakulty v Českých Budějovicích. České Budějovice.

NEUSTUPNÝ, E. 1991: Community areas of prehistoric farmers in Bohemia. *Antiquity* 65, 326-331.

NEUSTUPNÝ, E. 2007: Metoda archeologie, Plzeň.

OHHASHI, Y., YAMAZAKI, K. 1999: Variability of the Eurasian Pattern and Its Interpretation by Wave Activity Flux. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 77, 495-511.

OLIVER, M. A. "Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems." *International Journal of Geographic Information Systems* 4: 313–332. 1990.

OLSEN, J. 2012: Variability of the North Atlantic Oscillation over the past 5,200 years, *Nature Geoscience* 5, 808–812.

OSBORN, T. J. 2006: Recent variations in the winter North Atlantic Oscillation. *Weather* 61, 353-355.

PARKMAN, M., ŠÁLKOVÁ, T., KOVAČIKOVÁ, L., VOBEJDA, L., 2020: Příspěvek k nejstarším dějinám Volar a Zlaté stezky, *Zlatá stezka* 27, 15-71.

PERISTYKH, A. N., DAMON, P. E. 2003: Persistence of the Gleissberg 88-year solar cycle over the last ~12,000 years: Evidence from cosmogenic isotopes. *Solar and Heliospheric Physics* 108 (A1).

PERSSON, K. G. 1999: Grain Markets in Europe, 1500–1900: Integration and Deregulation. Cambridge.

PETR, L., NOVÁK, J. 2014: High vegetation and environmental diversity during the Late Glacial and Early Holocene on the example of lowlands in the Czech Republic. *Biologia* 69 (7), 847–862.

PHILLIPS, M. R., REES, E. F., THOMAS, T. 2013: Winds, sea levels and North Atlantic Oscillation (NAO) influences: An evaluation. *Global and Planetary Change*. 100, 145-152.

PLESKOT, K., TJALLINGII, R., MAKOHONIENKO, M., NOWACZYK, N., SZCZUCINSKI, W. 2017: Holocene paleohydrological reconstruction of Lake Strzeszynskie (western Poland) and its implications for the central European climatic transition zone. *Journal of Paleolimnology* 59 (4), 443–459.

POKORNÁ, A., KOČÁR, P., NOVÁK, J., ŠÁLKOVÁ, T., ŽÁČKOVÁ, P., KOMÁRKOVÁ, V., VANĚČEK, Z., SÁDLO, J. 2018: Ancient and Early Medieval man-made habitats in the Czech Republic: colonization history and vegetation changes. *Preslia* 90: 171–193, 2018.

PSOMIADIS D., DOTSIKA E., ALBANAKIS K., GHALE B., HILLAIRE-MARCEL, C. 2018: Speleothem record of climatic changes in the northern Aegean region (Greece) from the Bronze Age to the collapse of the Roman Empire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 489, 272–283.

RASMUSSEN, P., PETERSEN, K. S., RYVES, D. B. 2007: Environmental change in Danish marine waters during the Roman Warm Period inferred from mollusc data. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 13, 21–24.

RATCLIFFE, J., MCCULLAGH, M. 1999: Aoristic crime analysis. *International Journal of Geographical Information Science* 12 (7), 751-764.

REIMER, P., AUSTIN, W., BARD, E., BAYLISS, A., BLACKWELL, P., BRONK RAMSEY, C., BUTZIN, M., CHENG, H., EDWARDS, R., FRIEDRICH, M., GROOTES, P., GUILDERTSON, T., HAJDAS, I., HEATON, T., HOGG, A., HUGHEN, K., KROMER, B., MANNING, S., MUSCHELER, R., PALMER, J., PEARSON, C.,

VAN DER PLICHT, J., REIMER, R., RICHARDS, D., SCOTT, E., SOUTHON, J., TURNEY, C., WACKER, L., ADOLPHI, F., BÜNTGEN, U., CAPANO, M., FAHRNI, S., FOGTMANN-SCHULZ, A., FRIEDRICH, R., KÖHLER, P., KUDSK, S., MIYAKE, F., OLSEN, J., REINIG, F., SAKAMOTO, M., SOOKDEO, A., & TALAMO, S. 2020: The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62.

RIECHELMANN, S., SCHRÖDER-RITZRAU, A., SPÖTL, C., RIECHELMANN, D. F. C., RICHTER, D. K., MANGINI, A., FRANK, N., BREITENBACH, S. F. M., IMMENHAUSER, A. 2016: Sensitivity of Bunker Cave to climatic forcings highlighted through multi-annual monitoring of rain-, soil-, and dripwaters. *Chemical Geology* 449, 194–205.

RIPLEY, B. D. 1976: The Second-Order Analysis of Stationary Point Processes. *Journal of Applied Probability* 13, 255-266.

RIPLEY, B. D. 1977: Modelling Spatial Patterns. *Journal of the Royal Statistical Society* 39 (2), 172-212.

ROBINSON, E., NICHOLSON, CH., KELLY, R., L. 2019: The Importance of Spatial Data to Open Access National Archaeological Databases and the Development of Paleodemography Research. *Advances in Archaeological Practice* 7(4), 395–408.

ROTHBARD, M. 1962: *Man, Economy, and State, with Power and Market*. Nový York.

RUGGLES, C. 1992: Abstract Data Structures for GIS Applications in Archaeology, in: Lock, G., Moffett, J. (eds.), CAA91. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1991* (BAR International Series S577). Tempus Reparatum, Oxford, 107-112.

RULF, J. 1983: Přírodní prostředí a kultury českého neolitu a eneolitu. *Památky archeologické* 74, 35-95.

RULF., J. 1989: Archeologie – matematika – počítače. *Zprávy Československé společnosti archeologické* 35, Praha.

- RUST, W., HOLMAN, I., CORSTANJE, R., BLOOMFIELD, J., CUTHBERT, M. 2018: A conceptual model for climatic teleconnection signal control on groundwater variability in Europe. *Earth-Science Reviews* 177, 164-174.
- SELTZER, G., HASTORF, C. A. 1990: Climatic change and its effect on prehistoric agriculture in the Peruvian Andes. *Journal of Field Archaeology* 17: 397–417
- SEO, J-W., ECKSTEIN, D., SMITT, U. 2007: The pinning method: From pinning to data preparation. *Dendrochronologia* 25, 79-86.
- SHANKS, M., TILLEY, C. 1987: Re-Constructing Archaeology: Theory and Practice. Londýn, Nový York.
- SHENNAN, S., Downey, S. S., Timpson, A., Edinborough, K., Colledge, S., Kerig, T., Manning, K., Thomas, M. G. 2013: Regional population collapse followed initial agriculture booms in mid-Holocene Europe. *Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms3486
- SCHIFFER, M. B. 1999: Behavioral archaeology: some clarifications. *American Antiquity* 64 (1), 166-168.
- SCHIFFER, M. B., SKIBO, J. M. 1997: The explanation of artifact variability. *American Antiquity*, 62 (1), 27-50.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1988: Tree rings. Springer, Dordrecht.
- SLAVIN, P. 2016: Climate and famines: a historical reassessment. *WIRE's climatic change* 7, 433-447.
- SMITH, S., YAP L. 2007: Settlement dynamics in the prehispanic Central Mesa Verde region. In: Kohler, T. A., van der Leeuw, S. E. (eds), *The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems*, 61–104. Santa Fe.
- SOLOMINA, O. N., BRADLEY, R. S., HODGSON, D. A., IVY-OCHS, S., JOMELLI, V., MACKINTOSH, A. N., NESJE, A., OWEN, L. A., WANNER, H., WILES, G. C., YOUNG, N. E. 2014: Holocene glacier fluctuations. *Quaternary Science Reviews* 111, 9-34.

SPERANZA, A., VAN GEEL, B., VAN DER PLICHT, J. 2002: Evidence for solar forcing of climate change at ca. 850 cal BC from a Czech peat sequence. *Global and Planetary Change* 35, 51–65.

STEHLÍKOVÁ, E. 2013: Dendrochronologická analýza historického materiálu z vybraných staveb podél horního toku Vltavy. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

STEINHILBER, F., BEER, J., FRÖHLICH, C. 2009: Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysical Research Letters* 36, L19704.

STEIROU, E., GERLITZ, L., APEL, H., MERZ, B. 2017: Links between large-scale circulation patterns and streamflow in Central Europe: A review. *Journal of Hydrology* 549, 484–500.

SWOBODA, H. 1977: Moderní statistika. Praha.

ŠÁLKOVÁ, T. 2011a: Rataje IV a Dobronice I – analýza rostlinných makrozbytků ze středobronzových sídlištních objektů. In: Chvojka, O. (Eds.): Osídlení z doby bronzové v povodí říčky Smutné v jižních Čechách, 306. České Budějovice.

ŠÁLKOVÁ, T. 2011b: Hvožd'any II – analýza rostlinných makrozbytků ze sídliště mladší doby bronzové. In: Chvojka, O. (Eds.): Osídlení z doby bronzové v povodí říčky Smutné v jižních Čechách, 307-324. České Budějovice.

ŠÁLKOVÁ, T., BENEŠ, J., KOMÁRKOVÁ, V., VANĚČEK, Z. 2012: History of Barley (*Hordeum vulgare*) in Central Europe according to Archaeobotanical Findings. *Kvasný průmysl* 58, 215-227.

ŠÁLKOVÁ, T., CHVOJKA, O., HLÁSEK, D., JIŘÍK, J., JOHN, J., NOVÁK, J., KOVAČIKOVÁ, L., BENEŠ, J. 2019: Crops along the trade routes? Archaeobotany of the Bronze Age in the region of South Bohemia (Czech Republic) in context with longer distance trade and exchange networks. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11 (0), 5569-5590.

ŠÁLKOVÁ, T., NOVÁK, J., VOBEJDA, L., BENEŠ, J., KŘIVÁNEK, R., KUNA, M., MENŠÍK, P., CHVOJKA, O. V přípravě: Where did they draw their plant resources?

Reconstruction of the background of the site in Březnice (South Bohemia) around 1000 BC.

ŠÁLKOVÁ, T., BEZDĚK, A., BŘEZINOVÁ, H., FARKAŠOVÁ, K., HOUFKOVÁ, P., CHVOJKA, O., JOHN, J., KMOŠEK, J., KONÍK, P., KOVAČIKOVÁ, L., MICHÁLEK, J., MSALLAMOVÁ, Š., NOVÁK, J., PAVELKA, J., ŠULÁKOVÁ, H., BEŠTA, T., MYŠKOVÁ, E., WEITER, L., ZRONEK, P. 2015: Bioarchaeological reconstruction of the funeral rite – case study based on organic material from the Hallstatt Period tumulus at the site Zahrádka (South Bohemia, Czech Republic). *Památky Archeologické*. 116: 95-135.

ŠKVOR JERNEJČIČ, B., DOUGLAS PRICE, T. 2020: Isotopic investigations of human cremations from the Late Bronze Age/ Early Iron Age cemetery of Ljubljana – Dvorišče SAZU, Slovenia. *Journal of Archaeological Science: Reports* 34, 102594.

ŠAMONIL, P., MORAVCOVÁ, A., POKORNÝ, P., ŽÁČKOVÁ, P., KAŠPAR, J., VAŠIČKOVÁ, I., DANĚK, P., NOVÁK, J., HÁJKOVÁ, P., ADAM, D., LEUSCHNER, H., H. 2018: The disturbance regime of an Early Holocene swamp forest in the Czech Republic, as revealed by dendroecological, pollen and macrofossil data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 507, 81–96.

ŠÍDA, P., CHVOJKA, O., BUMERL, J. 2021: Aktualni stav poznani mezolitického osidleni jižních Čech. In: Vondrovský, V., Chvojka, O. (Eds.): PRAVĚKÉ KOMUNITY VNITŘNÍ PERIFERIE: Vývoj osídlení jižních Čech od 9. do počátku 1. tisíciletí př. Kr. České Budějovice. V tisku.

ŠTEKEROVÁ, K., DANIELISOVÁ, A. 2016: Economic Sustainability in Relation to Demographic Decline of Celtic Agglomerations in Central Europe: Multiple-Scenario Approach. In: Barceló, J. A., Castillo, F. D. (Eds.): *Simulating Prehistoric and Ancient Worlds*, 335-357.

TIMPSON, A., COLLEGE, S., CREMA, E., EDINBOROUGH, K., KERIG, T., MANNING, K., THOMAS, M., G., SHENNAN, S. 2014: Reconstructing regional population fluctuations in the European Neolithic using radiocarbon dates: a new case-study using an improved method. *Journal of Archaeological Science* 52, 549 – 557.

TINNER, W., LOTTER, A., F., AMMANN, B., CONEDERA, M., HUBSCHMID, P., VAN LEEUWEN, J., F., N., WEHRLI, M. 2003: Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. *Quaternary Science Reviews* 22, 1447–1460.

VISBECK, M. H., HURRELL, J. W., POLVANI, L., CULLEN, H. M. 2001: The North Atlantic Oscillation: Past, present, and future. *PNAS* 98, 12876–12877.

VOBEJDA, L. 2021: Paleoenvironmentální záznam z rašeliniště u Hrdlořez u Suchdola nad Lužnicí. Příspěvek k vývoji podnebí ve středním holocénu. In: Vondrovský, V., Chvojka, O. (Eds.): PRAVĚKÉ KOMUNITY VNITŘNÍ PERIFERIE: Vývoj osídlení jižních Čech od 9. do počátku 1. tisíciletí př. Kr. České Budějovice. V tisku.

VOBEJDA, L. 2018: Klimatický vývoj v době železné a římské: Přehled soudobého bádání a případová studie Čech. Nепublikovaná bakalářská práce.

VON GRAFENSTEIN, U., DANIS, P.-A., MASSON-DELMOTTE, V. 2003: Sensitivity of deep lake temperature to past and future climatic changes: A modeling study for Lac d'Annecy, France, and Ammersee, Germany. *Journal of Geophysical Research*, 108.

VONDROVSKÝ, V. 2021: Neolitický sídelní areál Praha-Krč, Společenská zahrada. Organizace prostoru sídelního areálu s rondely a problematika formativních procesů. Disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

VONDROVSKÝ, V., BUMERL, J., ŠÁLKOVÁ, T. 2021: Aktuální stav poznání neolitickeho osídlení jižních Čech. In: Vondrovský, V., Chvojka, O. (Eds.): PRAVĚKÉ KOMUNITY VNITŘNÍ PERIFERIE: Vývoj osídlení jižních Čech od 9. do počátku 1. tisíciletí př. Kr. České Budějovice. V tisku.

WANG, T., SURGE, D., MITHEN, S. 2011: Seasonal temperature variability of the Neoglacial (3300–2500 BP) and Roman Warm Period (2500–1600 BP) reconstructed from oxygen isotope ratios of limpet shells (*Patella vulgata*), Northwest Scotland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 317–318, 104–113.

WALKER, G.T., BLISS, E.W. 1932: World Weather V. *Memoirs of the Royal Meteorological Society* 4, 53-84.

WANNER, H., BRÖNNIMANN, S., CASTY, C., GYALISTRAS, D., LUTERBACHER, J., SCHMUTZ, C., STEPHENSON, D. B., XOPLAKI, E. 2001: *North atlantic oscillation – concepts and studies. Surveys in Geophysics* 22, 321–382.

WANNER, H., BEER, J., BÜTIKOFER, J., CROWLEY, T. J., CUBASCH, U., FLÜCKIGER, J., GOOSSE, H., GROSJEAN, M., JOOS, F., KAPLAN, J.O., KÜTTEL, M., MÜLLER, S. A., PRENTICE, C., SOLOMINA, O., STOCKER, T. F., TARASOV, P., WAGNER, M., WIDMANN, M. 2008: Mid- to Late Holocene climate change: an overview, *Quaternary Science Reviews* 27, 1791–1828.

WANNER, H., SOLOMINA, O., GROSJEAN, M., RITZ, S. P., JETEL, M. 2011: Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Reviews* 30, 3109-3123.

WATSON, P. J., LEBLANC, S. A., REDMAN C. L. 1971: *Explanation in archaeology An Explicitly Scientific Approach*. New York

WRIGHT, D. K., KIM, J., PARK, J., YANG, J., KIM, J. 2020: Spatial modeling of archaeological site locations based on summed probability distributions and hot-spot analyses: A case study from the Three Kingdoms Period, Korea. *Journal of Archaeological Science* 113, 105036.

ZHANG, Z. 2014: Tree-rings, a key ecological indicator of environment and climate change. *Ecological Indicators* 51, 107–116.

11.2 Dendrochronologické soubory

11.2.1 Žijící stromy

Vitín-Na Libochové: (Y=750714; X=1154380); 500 metrů nad mořem; sklon svahu: 30°

Vlkov-Jindřiška: (Y=748889; X=1151810); 536 metrů nad mořem; sklon svahu: 0-2°

Ševětín-Dubenecký rybník: (Y=747045; X=1154622); 485 metrů nad mořem; sklon svahu: 20°

Kolný - U Valacha: (Y=747192; X=1154788); 485 metrů nad mořem; sklon svahu: 1-5°

Dražič - Chlum: (Y=759260; X=1129884); 505 metrů nad mořem; sklon svahu: 35%

Litoradlice - Klapačka: (Y=756150; X=1143130); 440 metrů nad mořem; sklon svahu: 25%

11.2.2 Kolekce ze Švamberka

Hospodářský dvůr Švamberk (Y=-745153.86; X=-1151467.72)

11.2.3 Trubní výpustě:

Čavyně - pískovna (Y=771883.92 X=1143882.76)

Metly - Metelský rybník Y=798361.94 X=1100298.56

Sudoměř-Škaredý rybník Y=780861.06 X=1132379.96

Branice- Ostrovský rybník (Y=758490.21 X=1117052.68)

České Budějovice - Starohaklovský rybník (Y=759994.41 X=1162938.51)

Hluboká nad Vltavou – Zlatěšovice (Y=756359.92 X=1154447.75)

Hněvkovice-Jez (Y=754739.09 X=1141764.30)

Zavlekov-Valcha Y=821103.50 X=1117282.04

11.2.4 Převzatá data:

Boršov nad Vltavou – kostel sv. Jakuba Většího (Stehlíková 2013)

Purkarec – kostel sv. Jiří (Stehlíková 2013)

Kostelec – kostel sv. Vavřince (Stehlíková 2013)

Hněvkovice - (Stehlíková 2013)

Týn nad Vltavou – kostel sv. Jakuba Staršího (Stehlíková 2013)

Záluží- (zpracovala Alžběta Čejková a Tomáš Kolář)

Český Krumlov- (zpracovala Alžběta Čejková a Tomáš Kolář)

Přísečná-(zpracovala Alžběta Čejková a Tomáš Kolář)

Písek-(zpracovala Alžběta Čejková a Tomáš Kolář)

Jehnědno- (zpracovala Eva Stehlíková)

Rybník Němec - (zpracovala Eva Stehlíková)

Budičovice (zpracovala Alžběta Čejková)

11.2.5 Dendrochronologické křivky:

Chronologie Germ021 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/2740>

<https://doi.org/10.25921/83qn-fw94>

Chronologie Germ022 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2741>

<https://doi.org/10.25921/83qn-fw94>

Chronologie Germ023 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2742>

<https://doi.org/10.25921/swgc-jt59>

Chronologie Germ024 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2743>

<https://doi.org/10.25921/y1sj-ey73>

Chronologie Germ025 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2743>

<https://doi.org/10.25921/bwak-ry63>

Chronologie Germ026 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2744>

<https://doi.org/10.25921/fg97-v928>

Chronologie Germ027 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2746>

<https://doi.org/10.25921/e04d-b049>

Chronologie Germ028 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2747>

<https://doi.org/10.25921/qavp-yg66>

Chronologie Germ029 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2748>

<https://doi.org/10.25921/w3ca-4s42>

Chronologie Germ030 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2749>

<https://doi.org/10.25921/574e-xy23>

Chronologie Germ031 [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z

<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2750>

<https://doi.org/10.25921/05q6-at16>

Rekonstrukce indexů (PDSI) sucha proti poslednímu staletí. [citováno 20. 7. 2021]
Dostupné <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/32292>- Nahradit: Büntgen *et al.* 2021

11.3 Internetové zdroje:

Informace o rozloze jihočeských rybníků. [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z:
<https://www.ceskovdatech.cz/clanek/111-vodni-plochy-v-cesku/>

Znázornění tzv. Kernel density či analýza hustoty jádra. [citováno 20. 7. 2021]
Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_density_estimation

Stránky a dokumentace k programu R. [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z:
<https://www.r-project.org/other-docs.html>

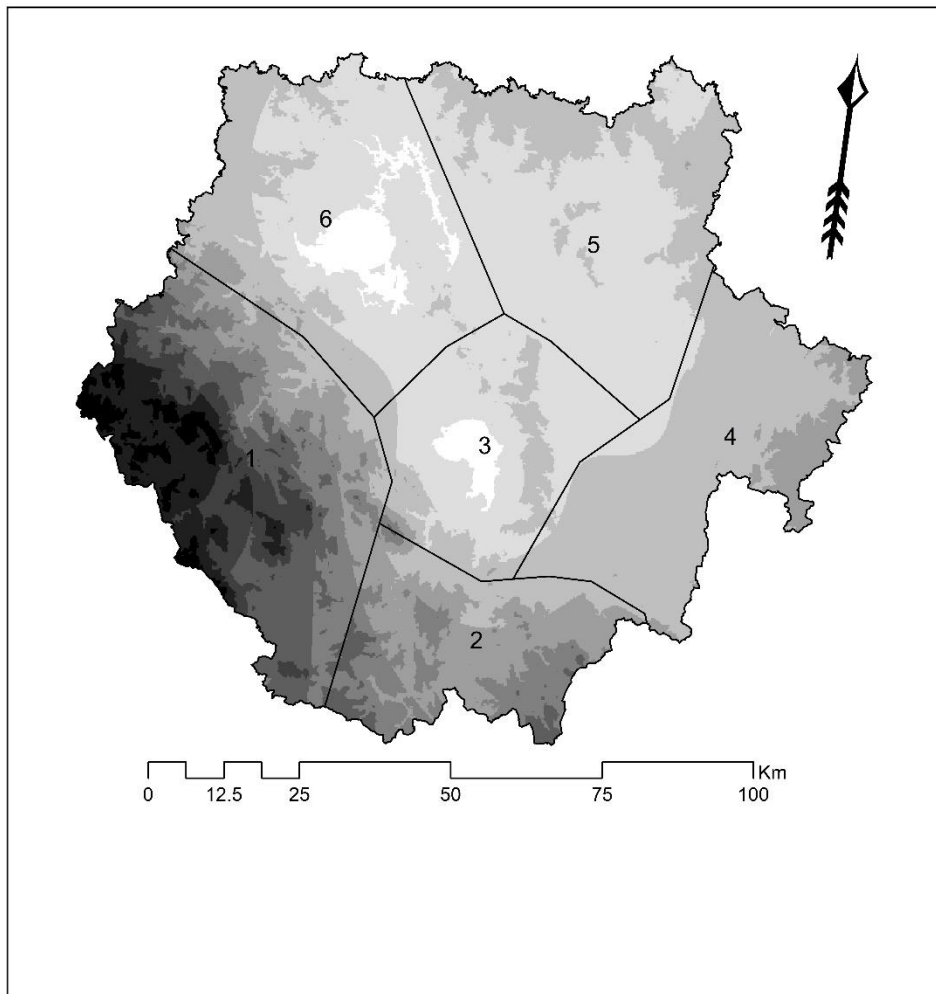
Měsíční data charakterizující azorskou tlakovou níží a islanskou tlakovou níží [citováno
20. 7. 2021] Dostupné z: <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/nao/>

Stránky České palynologické databáze. [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z:
<http://botany.natur.cuni.cz/palycz>

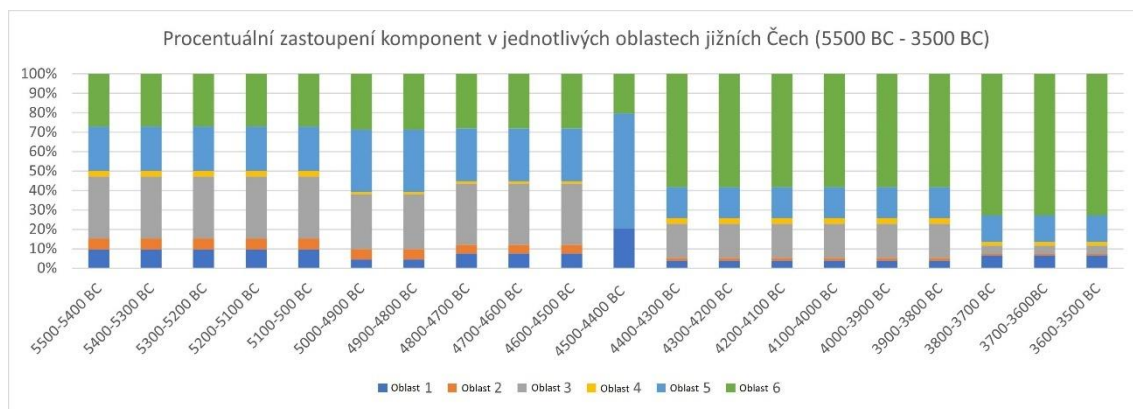
Stránky Klimatologcké společnosti. [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z:
<https://www.noaa.gov/>

Bonitované půdně ekologické jednotky [citováno 20. 7. 2021] Dostupné z:
<https://bpej.vumop.cz/>

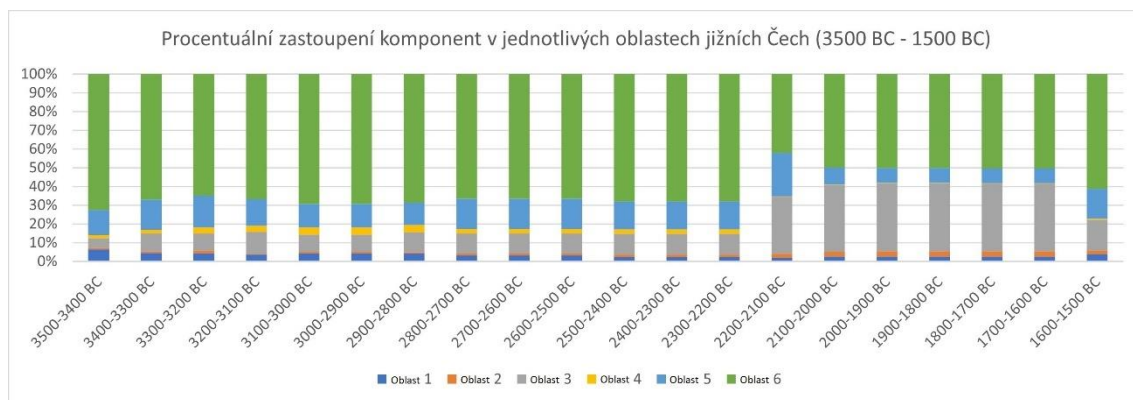
11.4 Přílohy



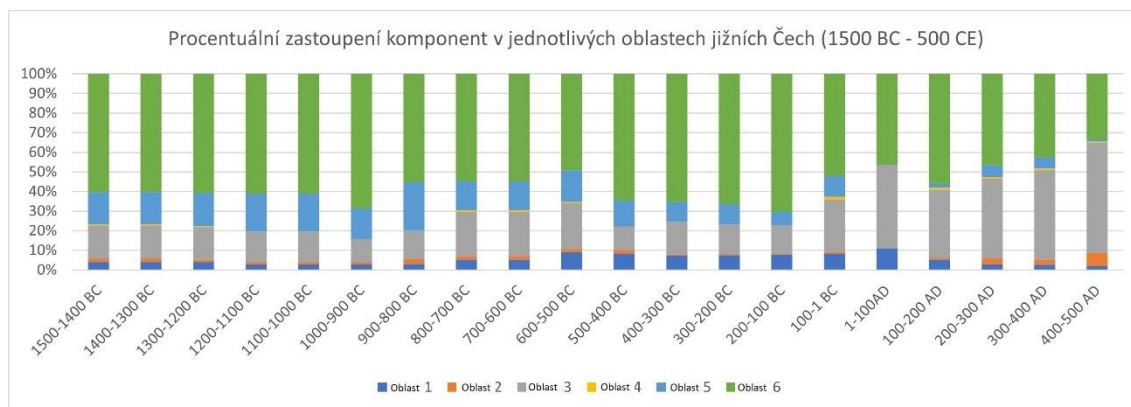
Obr. 30 Znáznornění rozdílných klimatických oblastí. 1) Šumava a její podhůří. 2) Českokrumlovsko a Novohradské hory. 3) Českobudějovicko. 4) Třeboňská pánev. 5) Táborsko. 6) Písecko



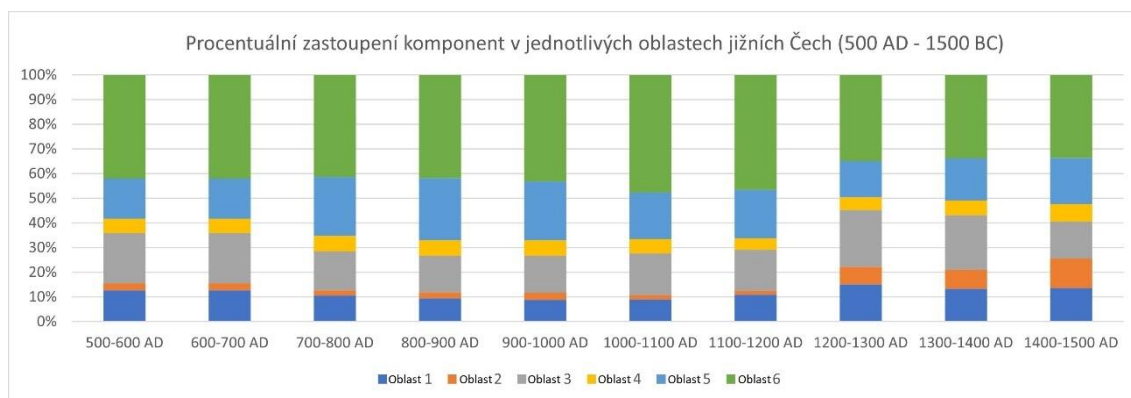
Obr. 31 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých oblastech. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. 1) Šumava a její podhůří. 2) Českokrumlovsko a Novohradské hory. 3) Českobudějovicko. 4) Třeboňská pánev. 5) Táborsko. 6) Písecko



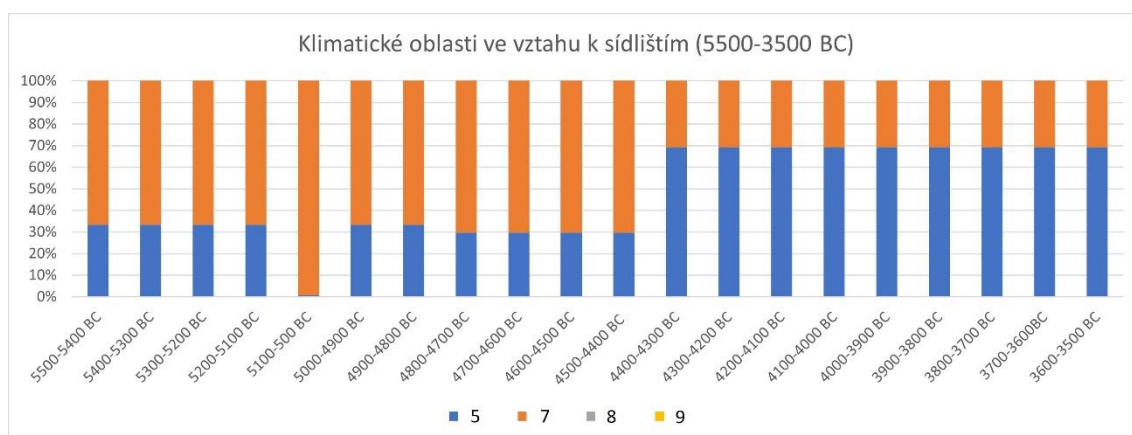
Obr. 32 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých oblastech. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. 1) Šumava a její podhůří. 2) Českokrumlovsko a Novohradské hory. 3) Českobudějovicko. 4) Třeboňská pánev. 5) Táborsko. 6) Písecko



Obr. 33 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých oblastech. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. 1) Šumava a její podhůří. 2) Českokrumlovsko a Novohradské hory. 3) Českobudějovicko. 4) Třeboňská pánev. 5) Tábořsko. 6) Písecko

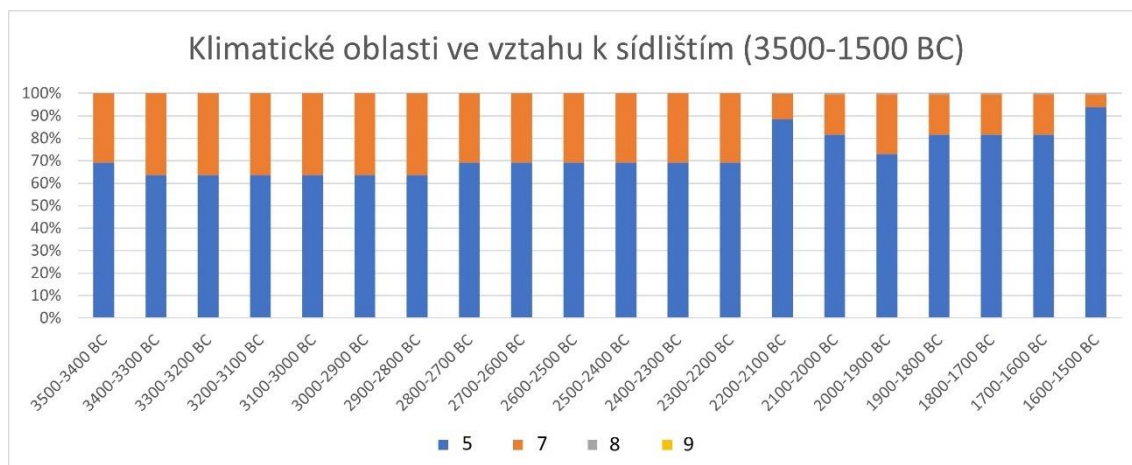


Obr. 34 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých oblastech. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. 1) Šumava a její podhůří. 2) Českokrumlovsko a Novohradské hory. 3) Českobudějovicko. 4) Třeboňská pánev. 5) Tábořsko. 6) Písecko

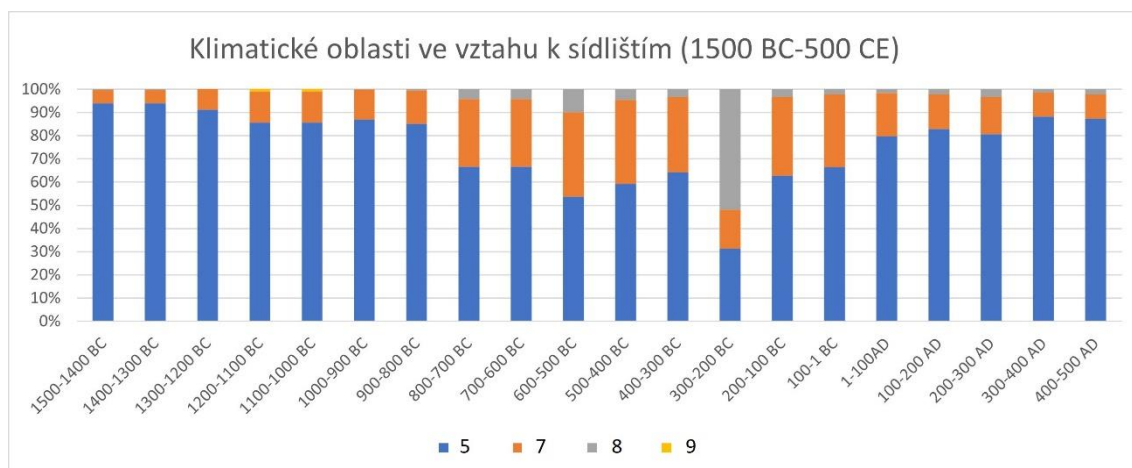


Obr. 35 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých klimatických oblastech podle Quitt 1974. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. Upraveno

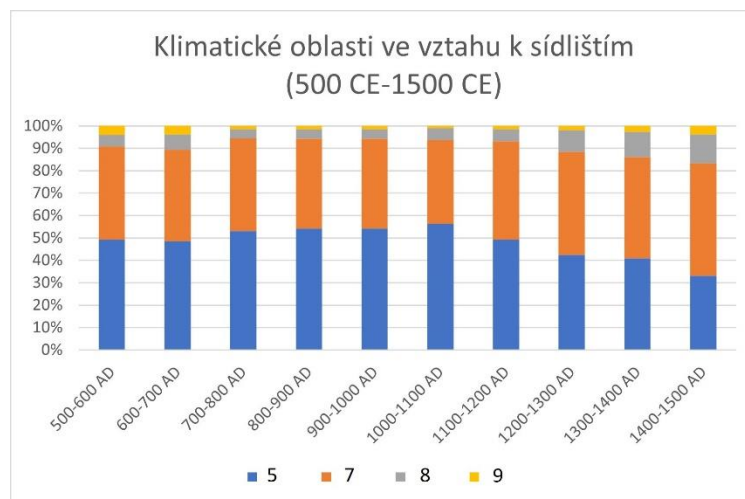
pro potřeby BPEJ. 5) mírně teplý (MT2), 7) Mírně teplý, vlhký (MT4), 8) Mírně chladný (MCH), 9 chladný (CH)



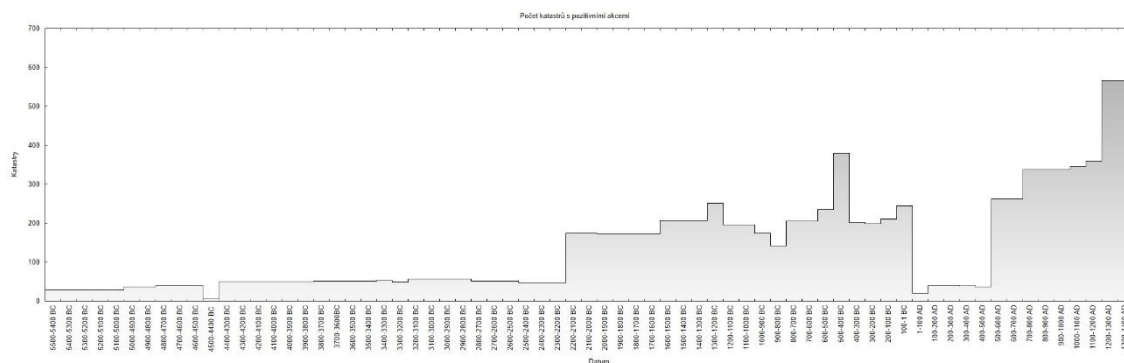
Obr. 36 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých klimatických oblastech podle Quitt 1974. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. Upraveno pro potřeby BPEJ. 5) mírně teplý (MT2), 7) Mírně teplý, vlhký (MT4), 8) Mírně chladný (MCH), 9 chladný (CH)



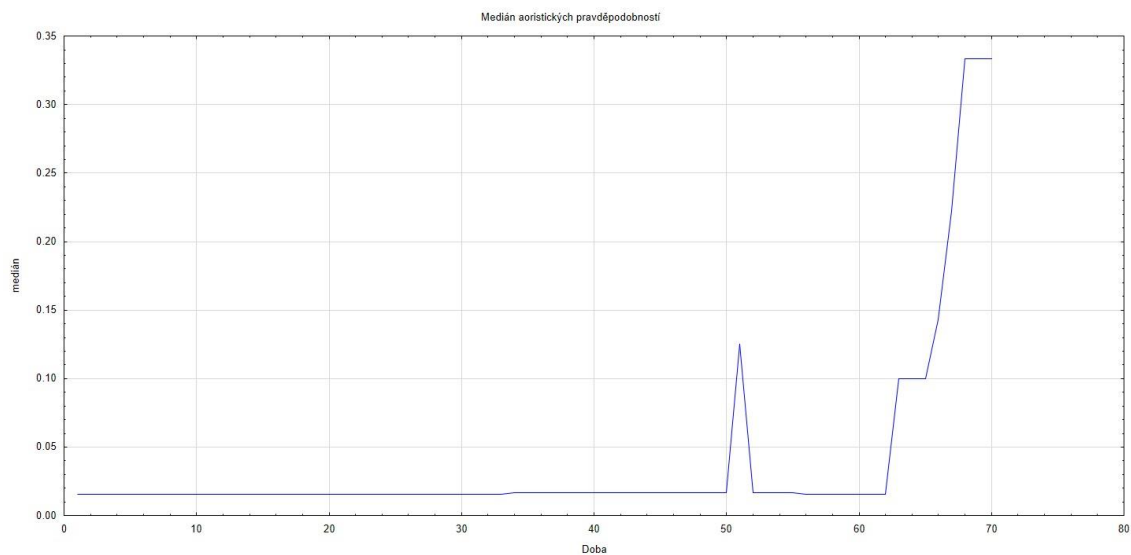
Obr. 37 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých klimatických oblastech podle Quitt 1974. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. Upraveno pro potřeby BPEJ. 5) mírně teplý (MT2), 7) Mírně teplý, vlhký (MT4), 8) Mírně chladný (MCH), 9 chladný (CH)



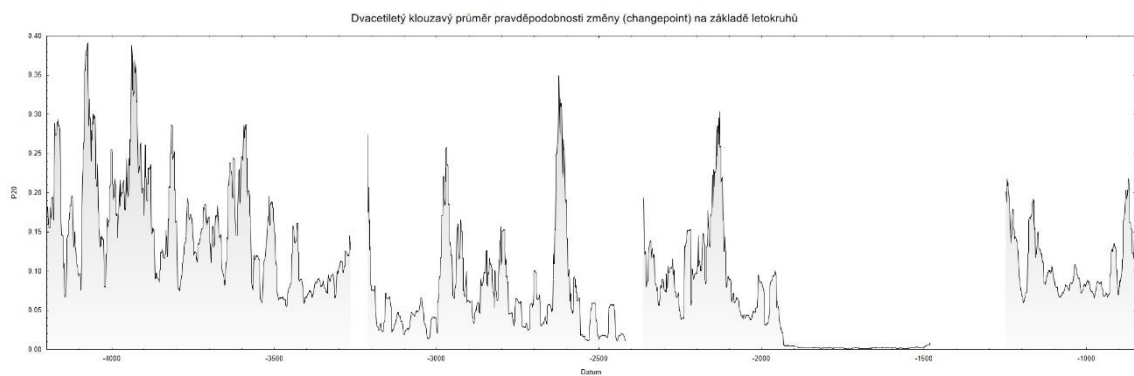
Obr. 38 Znárodnění procentuálního zastoupení nálezů v jednotlivých klimatických oblastech podle Quitt 1974. Procenta jsou počítána ze součtu aoristických vah. Upraveno pro potřeby BPEJ. 5) mírně teplejší (MT2), 7) Mírně teplejší, vlhký (MT4), 8) Mírně chladný (MCH),



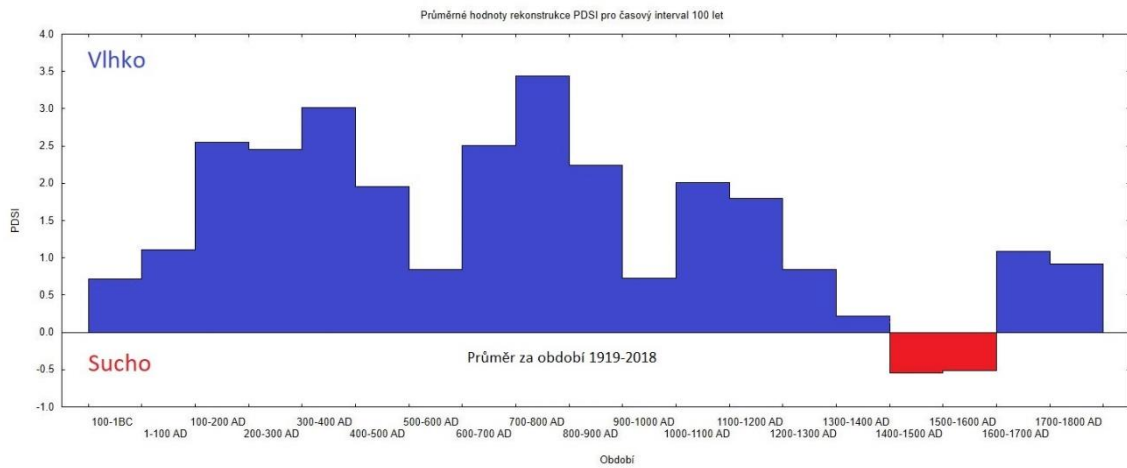
Obr. 39 počet katastrů s pozitivními nálezy od neolitu po vrcholný středověk.



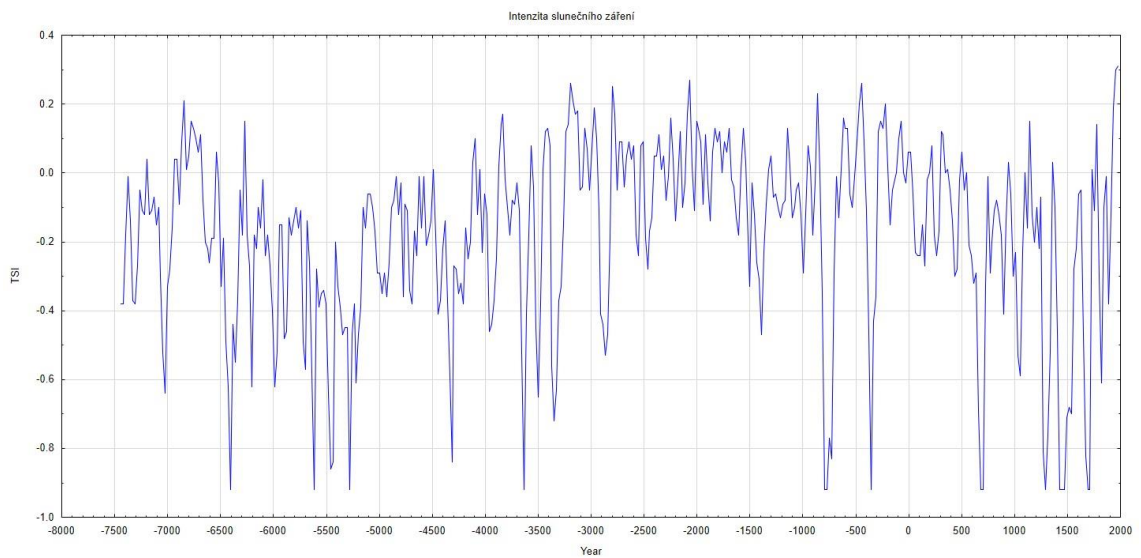
Obr. 40 Průměry aoristických vah pro jednotlivá období. Vidět je zvyšující se přesnost datace v období mladšího halštatu a středověku.



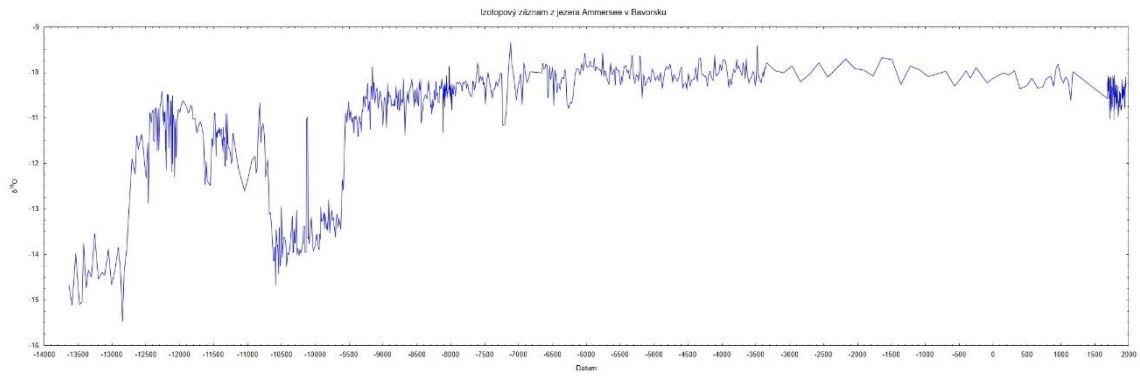
Obr. 41 klouzavý průměr bayesiánské posteriorní pravděpodobnosti změny. Zpracováno na základě letokruhových řad dubu z Bodamského jezera.



Obr. 42 Průměry odchylky indexu sucha od průměru za posledních 100 let. Využitá data byla převzata z článku: Büntgen et al. 2021.



Obr. 43 Odchylka slunečního záření od současného průměru. Udáváno ve W/m^2 .



Obr. 44 Paleoklimatologický záznam ve formě $\delta^{18}O$ jezera Ammersee v Bavorsku (Von Graffenstein et al. 2003)