

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Paleobotanika



Mgr. Václav Mencl

**Zkřemenělé stonky svrchnopaleozoických rostlin z vnitrosudetské
a podkrkonošské pánve**

**Silicified stems of upper Paleozoic plants from the Intra Sudetic
and Krkonoše Piedmont basins**

Disertační práce

Školitel: RNDr. Jakub Sakala, Ph.D.

Praha, 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce, ani její podstatná část, nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 7.7.2014

Václav Mencl

Poděkování

Stejně jako každé dílo podobného druhu, také tato práce vznikla díky laskavému (a někdy i nevědomému) příspěví mnoha osob. Rád bych zde poděkoval alespoň těm, jejichž pomoc byla pro výslednou podobu práce nejdůležitější.

Děkuji tedy zejména:

- rodičům a babičce L. Nývltové za materiální i morální podporu během celého mého studia

- školiteli J. Sakalovi za téměř otcovský přístup, velkou trpělivost a mnoho cenných rad

- spoluautorům publikovaných prací, především P. Matysové, J. Holečkovi a J. Burešovi za spolupráci a poskytnutá data

- R. Rößlerovi (*Museum für Naturkunde Chemnitz*); V. Prouzovi, V. Rapprichovi, M. Stárkové a Z. Šimůnkovi (*ČGS Praha*); S. Opluštilovi a K. Martínkovi (*PřF UK Praha*) a J. Pšeničkovi (*Západočeské muzeum v Plzni*) za velmi přínosné konzultace o geologické, stratigrafické a paleobotanické problematice

- J. Juráčkovi a S. Štambergovi (*Muzeum východních Čech Hradec Králové*); T. Řídkošilovi (*Muzeum Českého ráje v Turnově*); J. Luštincovi a J. Šimurdovi (*Krkonošské muzeum v Jilemnicích a Vrchlabí*) za ochotné zpřístupnění sbírek a zapůjčení exponátů ke studiu

- L. Běhounkovi, J. Boudnému, J. Červenkov, J. Konůpkovi, O. Myslivcov, O. Rešovi, J. Svejkovskému, J. Zajíčkovi, B. Zasadilovi a dalším sběratelům zkřemenělých dřev za možnost zhlédnutí a zapůjčení vzorků ze svých sbírek

Abstrakt

Svrchnopaleozoické pánve České republiky jsou proslulé hojnými výskyty zkřemenělých zbytků rostlin. Přestože jsou tyto zkameněliny často popisovány a mezi odborníky i sběrateli dobře známy, jejich modernímu výzkumu se věnuje jen málo pozornosti. Tato práce shrnuje výsledky studia zkřemenělých stonků ze dvou pánví Českého masívu, kde je jejich bohatý výskyt historicky zdokumentován. Na základě revize materiálu z veřejně dostupných i soukromých sbírek a novým nálezům z terénních sběrů se podařilo prokázat přítomnost zkřemenělých stonků v jedné stratigrafické úrovni ve vnitrosudetské pánvi a několika úrovních v pánvi podkrkonošské. Tato data lze korelovat s nálezem z dalších pánví stejného stáří. Z hlediska systematické příslušnosti byla věnována pozornost zejména stonkům přesličkovitých a některých nahosemenných rostlin. Na základě anatomického studia druhotného dřeva a dalších znaků byly mezi zkřemenělými přesličkami, vyskytujícími se v ploužnickém obzoru podkrkonošské pánve, prokázány dva druhy: *Arthropitys* cf. *bistriata* a *Calamitea striata*. Dřeva nahosemenných rostlin typu *Agathoxylon* byla rozdělena do dvou skupin, náležejících kordaitům, resp. koniferám. Terénním měřením a statistickým zpracováním poměrů kordaitů vůči koniferám v jednotlivých fosiliferních jednotkách byla provedena částečná rekonstrukce prostředí a podmínek během sedimentace v pánvích.

Abstract

The late Paleozoic deposits of the Czech Republic are famous for their rich occurrence of silicified stems. Despite the fact they have been often described and are well-known among scientists and collectors, their modern evaluation is lacking. This work summarizes results of recent anatomical and paleoenvironmental studies of silicified stems of the Intra Sudetic and Krkonoše Piedmont basins, where are these fossils found very frequently. Based on field research and review of public and private collections, the presence of silicified remnants was proved in several stratigraphic units. Firstly, this work deals with silicified stems of calamitaleans, which are known from the Ploužnice Horizon of the Krkonoše Piedmont Basin, and some gymnosperms. Based on anatomical studies of the secondary xylem and other related features there were found two species of calamitaleans: *Arthropitys* cf. *bistriata* and *Calamitea striata*. Secondly, the more abundant *Agathoxylon* – type of wood was divided into two groups, which are assigned to cordaitaleans, and conifers. The palaeoenvironmental conditions were partly reconstructed according to sedimentary structures and also according to cordaitaleans – conifers ratio in each wood-bearing layer.

Obsah

1. Cíle disertační práce.....	7
2. Úvod.....	8
3. Přehled geologie studovaného území.....	9
3.1. Vnitrosudetská pánev.....	10
3.1.1. Geologie.....	10
3.1.2. Významné lokality.....	10
3.2. Podkrkonošská pánev.....	12
3.2.1. Geologie.....	12
3.2.2. Významné lokality.....	14
4. Historie výzkumu zkřemenělých stonků.....	16
4.1. Vnitrosudetská pánev.....	16
4.2. Podkrkonošská pánev.....	17
5. Systematický přehled zkřemenělých rostlin Podkrkonoší a anatomie jejich stonků.....	18
5.1. Plavuňovité rostliny (Lycopodiophyta).....	18
5.2. Přesličkovité rostliny (Sphenophyta).....	19
5.3. Kapradinovité rostliny.....	21
5.3.1. Kapradiny skupiny Marattiales.....	21
5.3.2. Kapradiny skupiny Filicales.....	22
5.4. Nahosemenné rostliny.....	23
5.4.1. Kaprad'osemenné rostliny (Lyginodendrophyta).....	23
5.4.2. Jehličnaté rostliny (Pinophyta).....	24
6. Materiál a metody.....	28
7. Výsledky.....	29
7.1. Vnitrosudetská pánev.....	29
7.1.1. Systematika.....	29
7.1.2. Paleoprostředí.....	31
7.2. Podkrkonošská pánev.....	32
7.2.1. Systematika.....	32
7.2.2. Paleoprostředí.....	35
8. Diskuze.....	35
9. Závěr.....	38
10. Literatura.....	39
11. Seznam publikovaných článků.....	47
12. Přílohy.....	48

1. Cíle disertační práce

Tato disertační práce je předkládána jako konvolut článků zabývajících se výskytem a systematickým zařazením zkřemenělých stonků rostlin ze dvou pánví svrchního paleozoika České republiky: vnitrosudetské a podkrkonošské.

Cílem práce je podrobné zmapování výskytu a stratigrafické příslušnosti zkřemenělých zbytků rostlin v obou pánvích, stejně jako jejich taxonomické zařazení s ohledem na nejnovější poznatky a klasifikaci rostlin. Práce se zabývá zejména systematikou druhotně tloustnoucích stonků stromovitých přesliček a nahosemenných rostlin. V rámci studovaných oblastí je porovnáván stratigrafický výskyt a složení rostlinných společenstev, což je v příložených člancích rozšířeno o další svrchnopaleozoické pánve Českého masívu. Dílčí částí práce je pak snaha částečně popsat paleoekologické a paleoenvironmentální podmínky během ukládání fosiliferních sedimentů v pánvích.

2. Úvod

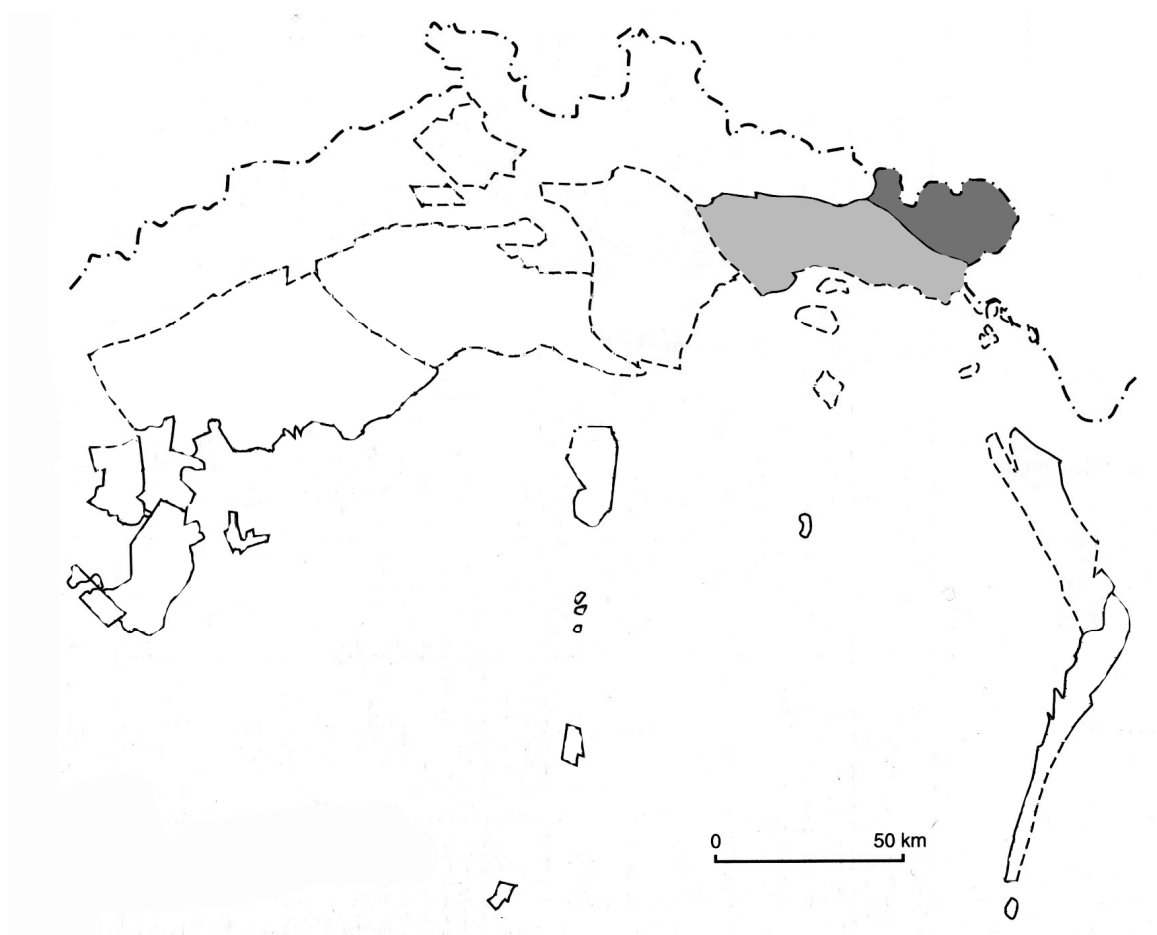
Zkřemenělé části rostlin, hojně se vyskytující v českých svrchnopaleozoických pánvích, jsou významnou součástí fosilního záznamu z tohoto období. Zatímco historicky byly nálezy z vnitrosudetské a podkrkonošské pánve řazeny do svrchního karbonu (Göppert 1858), resp. permu (Göppert 1858, Feistmantel 1873a, b, c), dnes je jejich stáří odhadováno na svrchní moscov až assel (např. Matysová 2006, Mencl 2007, Sakala *et al.* 2009, Mencl *et al.* 2009, 2013a, b, Opluštil *et al.* 2013 – viz přílohy I–V).

Vzdor tomu, že jsou tyto fosílie široce známé, pro svou estetickou hodnotu velmi ceněné a často popisované v různých publikacích, se u nás jejich modernímu výzkumu věnuje pozornost až v posledních letech (např. Matysová 2006, Mencl 2007, Matysová *et al.* 2008, Mencl *et al.* 2009, Sakala *et al.* 2009, Matysová *et al.* 2010, Holeček 2011, Bureš 2011, 2013, Mencl *et al.* 2013a, b – viz přílohy I–V). Vnitrosudetská a podkrkonošská pánev jsou oblasti, kde je velké množství nálezů zkřemenělých stonků rostlin historicky doloženo a lze je v terénu běžně sbírat i v současné době.

Tato práce je zaměřena na zkřemenělé stonky z výše uvedených oblastí, zejména na jejich druhotné dřevo, které bývá zachováno nejčastěji. V příložených článcích jsou však v rámci komplexního přístupu popisovány i stonky z jiných pánví Českého masívu. Je zde uveden přehled historických výzkumů a výskytu těchto fosilií v porovnání s dnešním stavem jejich nalezišť, která byla prověřena během terénního výzkumu. Další část práce se věnuje systematické některých zkřemenělých stonků, konkrétně dřev přesličkovitých rostlin a araukaroidních dřev náležejících nahosemenným rostlinám. Při jejich taxonomickém zařazení jsou využívány nejnovější přístupy a poznatky, aplikované v současné době mj. při výzkumech v tzv. *Zkřemenělém lese (Versteinerten Wald)* v německém Chemnitz (např. Noll *et al.* 2005, Röbber & Noll 2006, 2007, 2010, Röbber *et al.* 2012a, b). Na základě taxonomické příslušnosti zkřemenělých stonků bylo možné částečně rekonstruovat rostlinná společenstva v jednotlivých obdobích svrchního paleozoika. Měření sedimentárních struktur ve výchozech fluvialních uloženin s výskytem zkřemenělých kmenů ve vnitrosudetské pánvi poskytlo data pro stanovení směru proudění a podmínek během sedimentace těchto fosiliferních vrstev.

3. Přehled geologie a lokalit studovaného území

Svrchnopaleozoické limnické pánve na území Českého masívu vznikaly v závěrečných fázích variského vrásnění následkem lokálních extenzí při postorogenním kolapsu pohoří. Vyplňovány byly nejčastěji klastickými sedimenty snášenými z denudovaného masívu variského orogenu. Geograficky se rozdělují na pánve středočeské a západočeské, krušnohorské, lugické a tzv. brázdy (Pešek *et al.* 2001). V této práci je věnována pozornost pouze stratigrafickým jednotkám s výskytem zkřemenělých zbytků rostlin ve 2 pánvích lugických: vnitrosudetské a podkrkonošské (obr. 1).



Obr. 1: Svrchnopaleozoické pánve ČR. ■ podkrkonošská pánev ■ vnitrosudetská pánev. Upraveno dle Peška *et al.* (2001).

3.1. Vnitrosudetská pánev

3.1.1. Geologie



Vnitrosudetská pánev zaujímá mezi lugickými párnemi čelní pozici z hlediska své rozlohy i stratigrafického rozsahu sedimentace (viz tab. 1). Z její celkové plochy přibližně 1800 km² však leží na našem území jen asi třetina, zbytek se nachází na území Polska. Sedimentace v pánvi probíhala (vyjma několika hiátů) kontinuálně od visé do středního triasu a uloženiny dosahují mocnosti přes 3500 m (Tásler *et al.* 1979, Pešek *et al.* 2001). Stratigraficky je v pánvi možno dle Táslera, Spudila a Šimůnka (in Pešek *et al.* 2001) vydělit osm souvrství (viz tab. 1).

Přítomnost petrifikovaných zbytků rostlin byla nynějším výzkumem potvrzena v jediné stratigrafické úrovni, v jednotce stáří spodní kasimov (barruel), označované jako žaltmanské arkózy, která je součástí jíveckých vrstev odolovského souvrství. Tato jednotka, stratigraficky odpovídající štikovským arkózám v podkrkonošské pánvi, je tvořena převážně narůžovělými, fluviálními arkózovitými slepenci a hrubozrnnými pískovci s polohami červených aleuropelitů (Tásler *et al.* 1979, Pešek *et al.* 2001). Dle Matysové *et al.* (2010) lze prostředí, v kterém ukládání probíhalo, charakterizovat jako fluviální až lakustrinní bez vlivu vulkanismu. Zkřemenělé stonky v subhorizontálních (alochtonních) pozicích byly objeveny v několika výchozech, většina nálezů však pochází z eluvia (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I).

3.1.2. Významné lokality

Žaltmanské arkózy vycházejí na povrch zejména v oblasti Jestřebích hor, na území o ploše cca 200 km² mezi Trutnovem a Hronovem, a tvoří jejich hlavní hřeben. Při terénním výzkumu bylo objeveno množství výchozů těchto hornin, v šesti případech se zachovanými zkřemenělými kmeny v alochtonních subhorizontálních pozicích. Ty jsou v maximální délce cca 2,5 m odhaleny např. na historicky známé lokalitě Kryštofovy kameny (obr. 2). Další části dřev se podařilo objevit v Hronově, Bezděkově či Slavětíně. Množství jejich různě velkých úlomků je pak běžně nalézáno v eluviu či půdním profilu na celém území Jestřebích hor i v jejich okolí. Zajímavé exempláře lze rovněž spatřit v soukromých zahradách nebo jako součásti různých pomníků a památníků (obr. 2).

STÁŘÍ			VSP		PKP		KLIMATICKÉ FÁZE	
			SOUVRSTVÍ	VRSTVY	SOUVRSTVÍ	VRSTVY		
PERM	TRIAS	bundsandstein	bohdašínské	-	bohdašínské	svrchní spodní		
		changsingh	-	-	-	-		
		wuchiaping	zechstein	bohuslavické	-	bohuslavické	-	
		capitan	-	-	-	-	suchovršícké havlovické vlčícké	
	GUADALUP	word	saxon	trutnovské	-	trutnovské	hornoměstské	
		road						
		kungur						
		artinsk						chotěvické
	CISURAL	sakmar	autun	broumovské	martínkovické	prosečenské	svrchní spodní	
		assel			svrchní olivětínské			
					spodní olivětínské			
					noworudské			vrchlabské
	KARBON	PENNSYLVAN	gzhel	stephan C	chvalečské	bečkovské	svrchní střední spodní	
					chvalečské	verněřovické		semilské
kasimov			stephan B	odolovské	jívecké	syřenovské	svrchní spodní	
stephan A			odolovské	odolovské	svrchní svatoňovické	kumburské	štikovské arkózy	
cantabr		cantabr	odolovské	odolovské	odolovské	odolovské	odolovské	
moscov		astur	odolovské	odolovské	odolovské	odolovské	odolovské	
MISSISSIPP		bolsov	visé	žacléřské	petrovické	-	-	
		duckmant			dolsko-žďárecké			
		bashkir			langsett			lampertické
		serpukhov			namur			lampertické
visé	visé	blažkóvské	-	-	-	-		

Tab. 1: Stratigrafická tabulka vnitrosudetské (VSP) a podkrkonošské pánve (PKP) se znázorněním klimatických výkyvů.  - polohy zkřemenělých dřev typu *Agathoxylon*,  - poloha rostlinného společenstva ploužnického obzoru. Sestaveno dle Peška *et al.* (2001), Opluštila & Cleala (2007), Mencla (2007), Mencla *et al.* (2009, 2013b – viz přílohy I, V).



Obr. 2: Zkřemenělý kmen na lokalitě Kryštofovy kameny (vlevo) a kaplička v Malých Svatoňovicích vyzdobená zkřemenělými dřevy (vpravo); vnitrosudetská pánev.

3.2. Podkrkonošská pánev

3.2.1. Geologie

Podkrkonošská pánev vyplňuje prostor o rozloze cca 1100 km², ležící mezi krkonoško-jizerským a orlicko-sněžnickým krystalinikem. Od pánve vnitrosudetské je oddělena hronovsko-poříčským hlubinným zlomem. Sedimentace zde začala ve svrchním moscovu (asturu) a krom několika hiátů pokračovala až do středního triasu, zejména ve východní části pánve (viz tab. 1). Výplň je tvořena převážně fluviálními a lakustrinními sedimenty s vložkami vulkanických, zejména v permu se objevujících hornin. Vulkanosedimentární výplň pánve dosahuje mocnosti až 1800 m a je zpravidla rozdělována do devíti souvrství (Pešek *et al.* 2001). Historicky je výskyt petrifikovaných částí rostlin znám ve štikovských arkózách (kumburské souvrství) a ploužnickém obzoru (semilské souvrství). Nově byly tyto fosílie popsány také z brusnických vrstev kumburského souvrství a ze svrchní části souvrství prosečenského (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).

Kumburské souvrství

Kumburské souvrství je se stářím sv. moscov – sp. kasimov nejstarší jednotkou v podkrkonošské pánvi. Litologicky je značně různorodé, tvoří jej zejména červenohnědé aleuropelity s vložkami arkózovitých pískovců, slepenců a brekcí. Souvrství lze rozdělit na spodní -

brusnické vrstvy a svrchní část - štikovské arkózy (Pešek *et al.* 2001). Zkřemenělá dřeva byla nalezena v obou těchto jednotkách (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).

Brusnické vrstvy

Jednotka, známá pouze z jižní části pánve, je tvořena zejména aleuropelity červených barev s hojnými, až několik metrů mocnými polohami šedavých, středně- až hrubozrnných pískovců a slepenců, které se ukládaly v lakustrinním a fluviálním prostředí bez vlivu vulkanismu (Pešek *et al.* 2001, Matysová *et al.* 2010). Silicifikované stonky se vyskytují velmi zřídka a z této jednotky byly popsány vůbec poprvé (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).

Štikovské arkózy

Jednotka je tvořena šedavými až narůžovělými, středně- až hrubozrnnými pískovci, přecházejícími do slepenců s valouny o průměru až okolo 10 cm (Pešek *et al.* 2001). Tyto horniny se ukládaly ve fluviálním prostředí bez vlivu vulkanismu (Matysová *et al.* 2010). Zkřemenělé stonky rostlin jsou zde velmi hojné a v několika případech byly objeveny zachované v horninových výchozech v subhorizontálních pozicích.

Semilské souvrství

Tato jednotka stáří sp. gzhel (stephan C) je tvořena zejména červenohnědými aleuropelity a slepenci. Díky výskytu dvou poloh (obzorů) pestrých a šedých prachovců je možné rozdělit souvrství na spodní, střední a svrchní (Pešek *et al.* 2001). Silicifikované zbytky rostlin jsou známy ze střední části souvrství, z tzv. ploužnického obzoru.

Ploužnický obzor

Je charakteristický jemnozrnnými červenohnědými jílovcí až prachovci, místy s tenkými polohami vápenců a křemitými (karneolovými) konkracemi. Významnou část horninového sledu tvoří vulkanoklastika, zejména tufy, tufity a vulkanodetritické pískovce, transportované a uložené ve vodním prostředí (Martínek 1997, Pešek *et al.* 2001, Stárková *et al.* 2009). Ze spodní část ploužnického obzoru jsou známy četné výskyty zkřemenělých částí různých rostlin. Kromě araukaroidních dřev jsou to také stonky výtrusných a kaprad'osemenných rostlin (Mencl *et al.* 2013a, b, Opluštil *et al.* 2013 – viz přílohy III–V). Zlomky různých částí

rostlinných pletiv se nacházejí také v tzv. zkřemenělých rašelinách, tvořících čočkovitá tělesa v horninovém sledu. Charakter sedimentů odpovídá lakustrinnímu prostředí s významným vlivem vulkanismu (Matysová *et al.* 2010). Vzhledem k absenci větších výchozů ploužnického obzoru jsou fosílie nalézány pouze v eluviu nebo volně na povrchu terénu. Jejich stratigrafické zařazení bylo provedeno, stejně jako v případě následujícího prosečenského souvrství, pouze na základě staršího geologického mapování.

Prosečenské souvrství

Jednotku stáří assel – sakmar (autun) tvoří převážně jemnozrnné aleuropelity červenavých barev, často se světlými, kruhovitými redukčními skvrnami. V těchto horninách se často objevují polohy pestrých a šedých slínovců, prachovců a vápenců, nebo jemnozrnných pískovců, tufů a tufitů. Obvykle je prosečenské souvrství děleno na dva oddíly: spodní a svrchní. Nejvyšší část svrchního prosečenského souvrství je tvořena šedorůžovými arkózami a arkózovými pískovci (Pešek *et al.* 2001). Zkřemenělá dřeva jsou nacházena pouze v eluviu. Podle Matysové *et al.* (2010) je jednotku možné charakterizovat jako sedimenty lakustrinního prostředí s vlivem vulkanismu.

3.2.2. Významné lokality

Zkřemenělá dřeva zachovaná v horninových výchozech se podařilo v podkrkonošské pánvi nalézt pouze v horninách kumburského souvrství, a to v obou jeho částech. Na lokalitě Šárovceva Lhota byly v několik metrů vysokém defilé hrubozrnných arkózovitých slepenců brusnických vrstev objeveny dvě části různých kmenů se dřevem typu *Agathoxylon* v subhorizontální pozici, větší z nich o délce asi 50 cm a průměru 30 cm, menší exemplář zhruba poloviční velikosti. Jsou to zatím jediné známé nálezy zkřemenělých dřev v této stratigrafické jednotce (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).

Štikovské arkózy vystupují v podkrkonošské pánvi na povrch poměrně často a zkřemenělé kmeny zachované v těchto výchozech v alochtonních pozicích byly objeveny na několika místech. V současné době je možné pozorovat tyto zkameněliny na lokalitě Zlámaniny, kde jsou ve stěně bývalého lomu, tvořené převážně hrubými arkózovými pískovci, odhaleny tři kmeny s průměrem okolo 50 cm, nebo ve výchozu arkózovitých slepenců ve sklepení hradu

Pecky (obr. 3). Drobnější úlomek dřeva s cca 20 cm průměrem se nachází ve zvětralých arkózovitých pískovcích při bázi stěny bývalé pískovny ve Stavu. Několik až 7 m dlouhých



Obr. 3: Zkřemenělý kmen ve výchozu štíkovských arkóz na hradu Pece; podkrkonošská pánev.

kmenů uložených v hrubých arkózovitých slepencích bylo odhaleno v roce 2007 na dočasném odkryvu při stavbě obchodu Lidl v Nové Pace, na historických nákresech je pak znázorněno několik poměrně velkých kmenů v lomech u nedalekého novopackého nádraží a pod hradem Peckou (Purkyně 1927). Nálezy několikametrových kmenů v okolí Pecky uvádí také Jokély (1861, 1862) a Frič (1912). Nejdelší a nejmohutnější doposud nalezený kmen, jenž dosahuje délky přes 8 metrů, byl objeven v roce 1953 při stavbě

sportovního areálu v Nové Pace. V současné době je uložen ve sbírce Městského muzea Nová Paka a vystaven před budovou Klenotnice drahých kamenů.

Výchozy ploužnického obzoru a prosečenského souvrství se v podkrkonošské pánvi vyskytují jen sporadicky a zkřemenělé zbytky rostlin v nich zachované objeveny nebyly. Nejbohatšími a nejznámějšími místy nálezů v eluviích jsou např. Balka, Stará Paka a Borovnice, resp. okolí obcí Studenec a Horní Branná.

4. Historie výzkumu zkřemenělých stonků

4.1. Vnitrosudetská pánev

V české části vnitrosudetské pánve, v oblasti Jestřebích hor, je výskyt zkřemenělých stonků rostlin znám od pradávna, místní lidé je dobře znali a pro jejich estetickou hodnotu často sbírali. V polovině 19. století se tyto fosílie dostávají do rukou prof. Göpperta z polského Wroclawu, který o nich publikuje první vědeckou práci v roce 1857. Popisuje zde celé území Jestřebích hor s výskytem velkého množství zkřemenělých dřev, která řadí k dvěma druhům: *Araucarites brandlingii* (Lindl. & Hutt.) Göppert a nově popsany *Araucarites schrollianus* Göppert (Göppert 1857). Oba druhy považuje za konifery. Uvádí, že některé z kmenů dosahují délky přes 6 m a většina má oválný průřez následkem stlačení. Kůra stromů zachována není a suky či větve jen velmi vzácně. Některé kmeny mají až 7 cm širokou centrální dutinu a letokruhy (Göppert 1857, 1858). Renger (1858, 1863) popisuje nálezy mnoha až několik metrů dlouhých, červeně a černě zbarvených kmenů od Radvanic, z nichž některé jsou zachovány ve výchozech (dnes však již neexistujících). Feistmantel (1871, 1872, 1873a, b, c) podává přehled výskytu zkřemenělých dřev v Podkrkonoší, popisuje jejich roztroušené kusy na Jestřebích horách a také dřeva zachovaná v důlních štolách. Makowsky (1878) přibližuje sběr dřev a jejich využívání ke zpevnění cest a dlažby. Purkyně (1927) představuje soubornou zprávu o výskytu zkřemenělých kmenů v Čechách. Výskyt druhu *Araucarites brandlingii* považuje za méně častý než *Araucarites schrollianus* (Purkyně 1927). O dva roky později porovnává nálezy z vnitrosudetské pánve s nálezy z pánví jiných a popisuje zachované dřevní struktury kmenů. Zabývá se také otázkami tafonomickými. Silicifikace stonků musela dle jeho názoru proběhnout ještě před koncem karbonu, neboť z permských uloženin jsou údajně známy nálezy vodou opracovaných a redeponovaných úlomků dřev (Purkyně 1929). Valín zkoumá možnosti využití zkřemenělých dřev z výchozů k rekonstrukcím paleoproudů (Valín 1956, 1960). O existenci zkřemenělých dřev ve vnitrosudetské pánvi se zmiňuje celá řada dalších autorů, např. Jokély (1861, 1862), Krejčí (1877), Stur (1877), Katzer (1892), Schade (1896), Herbing (1904), Petrascheck (1913, 1922, 1924), Walzel (1938), Havlena (1955), Němejce (1963), Tásler *et al.* (1979), Minář (1993), Lokvenc (1985, 1993, 1997), Pešek *et al.* (2001) nebo Jirásek (2003), většinou však jen velmi stručně a bez dalších podrobností. Velkou soubornou práci o výskytu zkřemenělých dřev v Čechách a historii jejich výzkumů sepsala Březinová (1970). Kromě článků Göpperta (1857, 1858) však žádná další práce zabývající se systematikou a klasifikací těchto zkamenělin

až donedávna publikována nebyla. V posledních letech se modernímu výzkumu zkřemenělých stonků z hlediska jejich systematiky a paleoekologie věnují Matysová (2004, 2006), Mencl (2007), Matysová *et al.* (2008, 2010) či Mencl *et al.* (2009, 2013a, b – viz přílohy I, III, V).

4.2. Podkrkonošská pánev

Nejstarší zprávou o výskytu zkřemenělých dřev v podkrkonošské pánvi je pravděpodobně zmínka Malocha (viz Heber 1844), popisující dřeva z Pecky a Stupné bez jakýchkoli dalších souvislostí. Göppert krátce po svém výzkumu v oblasti vnitrosudetské pánve navštěvuje také tento region a popisuje dřeva z okolí Nové Paky, Pecky a Kozince jako *Araucarites schrollianus* (Göppert 1858). Jokély (1861, 1862) srovnává dřeva z Jestřebích hor s nálezy podobných kmenů v podkrkonošské pánvi (Pecka, Stupná a Borovnice). Ze sklepení hradu Pecky uvádí několik větších kmenů *Araucarites schrollianus*. Feismantel (1873a, b, c) popisuje časté nálezy kmenů v arkózách, které mylně považuje za mladší než ony z pánve vnitrosudetské, mezi Novou Pakou, Stupnou a Peckou a na mnoha místech v okolí (Stará Paka, Vidochov, Vrchlabí, Semily). Katzer (1892) upozorňuje na velmi hojný výskyt zkřemenělých dřev u Pecky, Stupné a Kozince, stonků psaronií pak okolo Nové Paky. Frič (1912) uvádí výskyt různých druhů zkřemenělých stonků a rašelin z okolí Nové Paky a Lázní Bělhrad. Ve své práci se zabývá také vrtbami hmyzu, pozorovanými na povrchu některých kmenů, a přítomností epifytických kapradin *Ankyropteris brongniarti* (Renault) Stenzel v kořenových pláštích stromovitých kapradin. Nálezy velkého množství zkřemenělých dřev kolem Nové Paky, volně ležících v terénu, někdy též zachovaných ve výchozech, ale nikdy v jejich růstové pozici, popisuje Purkyně (1927). Stručné zmínky o výskytu zkřemenělých kmenů je možné nalézt v pracích několika dalších autorů, např. Vysockého (1859), Daňka (1902), Hynie (1927), Havleny (1958), Vítka (1986), Dernbacha (1996), Pišla (1996, 1997), Soukupa (1997), Dernbacha *et al.* (2002) aj. Stejně jako v pánvi vnitrosudetské, také zde se však modernímu systematickému výzkumu zkřemenělých dřev věnuje pozornost až v poslední době (např. Sakala *et al.* 2009, Mencl *et al.* 2013a, b, Opluštil *et al.* 2013 – viz přílohy II–V).

5. Systematický přehled zkřemenělých rostlin Podkrkonoší a anatomie jejich stonků

5.1. Plavuňovité rostliny (Lycopodiophyta)

Výtrusné rostliny náležející do monofyletické vývojové skupiny Lycophyta. Ve svrchním paleozoiku patřily k dominantním typům uhlotvorné vegetace (Kvaček *et al.* 2000, Donoghue 2005). Primárně mikrofylní rostliny s neclánkovaným stonkem typu protostělé, sifonostělé, aktinostělé až plektostělé. Sifonostélkové stonky fosilních stromovitých plavuní vytvářely až přes 40 m vysoké, přímé kmeny s dichotomickým až pseudomonopodiálním větvením,



Obr. 4: Zkřemenělá rašelina se šišticemi plavuní; podkrkonošská pánev, vzorek P5949 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 20 mm.

v nichž docházelo k tvorbě sekundárního xylému, produkovaného tenkou vrstvou unifaciálního kambia. Druhotného dřeva je však vzhledem k celkovému průměru kmenů velmi málo, největší část jejich objemu tvoří kůra, která je vyztužena silnými prosenchymatickými pláty a lze ji dle typu buněk rozlišit na vnitřní, střední a vnější. Vlastní stoněk se skládá z často roztrhané dřevné dutiny, vně s úzkým kruhem protoxylému a metaxylému, plynule přecházejícího do sekundárního xylému, jehož mocnost dosahuje nanejvýš několika centimetrů. Dřevo je budováno tracheidami, u protoxylému nejčastěji šroubovitě, v případě metaxylému a sekundárního xylému schodovitě ztlustlými. V dolní části stonků vyrůstaly větve, označované jako stigmarie, které nesly kořenové útvary appendices (Němejc 1963, Taylor *et al.* 2009).

Ve vnitrosudetské ani podkrkonošské pánvi nebyl výskyt izolovaných zkřemenělých stonků plavuní zatím popsán. V rostlinném detritu, zachovaném v podobě zkřemenělých rašelin (obr. 4), jsou však přítomny stigmarie, výtrusné šišlice a části dalších pletiv (Němejc 1963, Opluštil *et al.* 2013 – viz příloha IV).

5.2. Přesličkovité rostliny (Sphenophyta)

Výtrusné rostliny, systematicky řazené do vývojového stupně Euphylophyta, spolu s kapradinami a psilofytními rostlinami náležející do monofyletické skupiny Monilophyta. Jsou typické svým přímým, článkovaným stonkem typu aktinostélé nebo arthrostélé (sifonostélé)



Obr. 5: Zkřemenělý stoněk přesličky *Arthropitys cf. bistriata* (výlitek centrální dutiny); podkrkonošská pánev, vzorek P1584 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 20 mm.

a přeslenitým větvením mezi články (v internodiích). Ve svrchním paleozoiku dorůstaly výšky až 20 m a jejich stoněk, který mohl dosahovat více než 60 cm v průměru, druhotně tloustl. Patřily k důležitým zástupcům karbonské uhlotvorné květeny (Kvaček *et al.* 2000, Rößler & Noll 2006, 2010, Taylor *et al.* 2009, Rößler *et al.* 2012a). Stonky stromovitých přesliček jsou charakteristické širokou, kruhovou nebo oválnou dřeňovou dutinou uvnitř článků (tzv. "trubkové kmene"), vzniklou rozpadem parenchymu. Malé množství parenchymatických buněk bývá zachováno na okrajích dutiny. Pruhy protoxylému kolem dřeňové dutiny se v nadzemních částech rostliny rovněž

často roztrhávaly a vznikaly tak další dutiny – karinální kanálky, obklopené schodovitě ztlustlými tracheidami metaxylému. Sekundární xylém je tvořen silnostěnnými tracheidami s žebříčkovitými až retikulátními ztlustlinami a širokými parenchymatickými paprsky, které jsou dvojího typu: širší interfascikulární, oddělující klíny dřeva, a užší fascikulární, jenž se nacházejí uvnitř klínů xylému a oddělují jednotlivé řady tracheid. Po obvodu větších kmenů bývá zachována vnitřní a vnější kůra, tvořená tenkostěnnými parenchymatickými buňkami s pryskyřičnými kanálky. Anatomicky zachované kořeny přesličkovitých rostlin se označují nejčastěji jako *Astromyelon* Williamson a jsou typické absencí článkování a karinálních kanálků. Kolem parenchymatické dřeňové dutiny se rovněž vytváří druhotné dřevo, leč v mnohem menším množství než v nadzemních částech rostliny (Taylor *et al.* 2009).

Dřevo přesliček je možné dělit do 3 fosilních rodů dle typu tracheid a množství parenchymu:

1. *Arthropitys* Göppert

(obr. 6): druhotné dřevo s jedním typem tracheid, které jsou uspořádány do zřetelných klínů, oddělených širokými dřevnými interfascikulárními paprsky s vysokým podílem parenchymu (30–50%), tvořeného poměrně krátkými buňkami kvádrotvaru. Tracheidy se mohou vyskytovat i uvnitř dřevných paprsků (tzv. interfascikulární dřevo). *Arthropitys* je nejběžnějším typem přesličkovitých stonků (Rößler & Noll 2006, 2010, Rößler *et al.* 2012a).



Obr. 6: Zkřemenělý stoněk přesličky *Arthropitys* cf. *bistrata* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P1542 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 20 mm.

2. *Calamitea* Cotta nov. emend. Rößler & Noll (dříve *Calamodendron* Brongn., obr. 7): druhotné dřevo fascikulárních paprsků je složeno z 2 typů tracheid různé velikosti, z nichž průměr větších dosahuje přibližně dvojnásobku průměru menších. Zpravidla mají rovněž odlišné zbarvení. Parenchymu, tvořícího interfascikulární paprsky a úzké paprsky v sekundárním dřevu, je výrazně méně než u rodů *Arthropitys* a *Arthroxyton* (Rößler & Noll 2007).



Obr. 7: Část zkřemenělého stonku přesličky *Calamitea striata* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P3173 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 10 mm.

3. *Arthroxyton* Reed: vzácně se vyskytující rod. Druhotné dřevo obsahuje, podobně jako u rodu *Arthropitys*, až 50% parenchymu a je tvořeno jedním typem tracheid. Dřevné paprsky jsou složeny z tenkostěnných, výrazně protažených buněk (Rößler & Noll 2002, 2006).

Dřeva přesliček prvních dvou rodů byla popsána z podkrkonošské pánve, dřeva typu *Arthropitys* také z pánve kladensko-rakovnické (Sakala *et al.* 2009, Mencl *et al.* 2013a – viz přílohy II–III).

5.3. Kapradinovité rostliny

Výtrusné rostliny tradičně řazené do vývojového stupně pteridofytních, dnes do vývojové linie Monilophyta. V podobě zkřemenělých stonků jsou v podkrkonošském permokarbonu zastoupeny 2 skupinami: 1) stromovitými kapradinami řádu Marattiales (rod *Psaronius* Cotta) a 2) drobnějšími formami kapradin řádu Filicales (rod *Ankyropteris* (Stenzel) P. Bertr). Nálezy jiných kapradinovitých rostlin zde dosud nebyly spolehlivě doloženy.

5.3.1. Kapradiny řádu Marattiales

Eusporangiatní stromovité kapradiny, jejichž zástupci přežívají dodnes. Stonky jsou typu složitěho diktyostélé se zploštělými, na průřezu podkovovitě prohnutými cévními svazky, svou otevřenou stranou otočenými k ose kmenu a uloženými v základním parenchymu. Ve stoncích kapradin se nevytváří sekundární xylém, stabilitu rostlin zajišťuje mohutný plášť



Obr. 8: Zkřemenělý stonek stromovité kapradiny *Psaronius* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P1657 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 20 mm.

vzdušných kořenů, který lze dělit na vnější a vnitřní. Kořeny ve vnitřním pásu jsou navzájem propleteny, ke stonku připoutány sítí rhizoidních vláken a tvoří tak souvislou vrstvu. Kořeny vnějšího pásu jsou volné, navzájem propletené. Ve fosilním stavu jsou prostory mezi nimi zpravidla vyplněny okolním sedimentem. Cévní svazky vzdušných kořenů mají na průřezu tracheidy zpravidla zformovány do čtyř-, pěti-, šesti- až mnohacípého tvaru. Protoxylém je tvořen šroubovitě ztlustlými tracheidami, metaxylém se skládá zejména ze scho-

dovitě ztlustlých tracheid, místy s parenchymem. Cévní svazky jsou koncentricky uloženy, na průřezu patrné jako deskovité lamely. Kolem nich se vytváří korové pletivo složené

z parenchymu s mnoha slizovými kanálky, které se však zpravidla nezachovávají (Stidd 1971, Ehret & Phillips 1977, Matysová 2009).

Nejznámější a nejrozšířenější karbonový rod *Psaronius* (obr. 8) je užíván pro mineralizované stonky těchto kapradin, které mohly dorůst výšek až okolo 10 m. Stonky byly nevětvené, pouze s korunou listových vějířů na vrcholu. Nejčastěji je těmto stonkům přiřazováno olistění rodu *Pecopteris* (Brongn.) Sternb. Nálezy psaronií jsou běžné v permokarbonu Francie, Anglie či Německa, u nás se hojně vyskytují v podkrkonošské pánvi (např. Frič 1912, Němejc 1963, Matysová 2004, 2006), vzácně i pánvi kladensko-rakovnické (Dvořák – osobní sdělení 2013, Jech 2014).

5.3.2. Kapradiny řádu Filicales

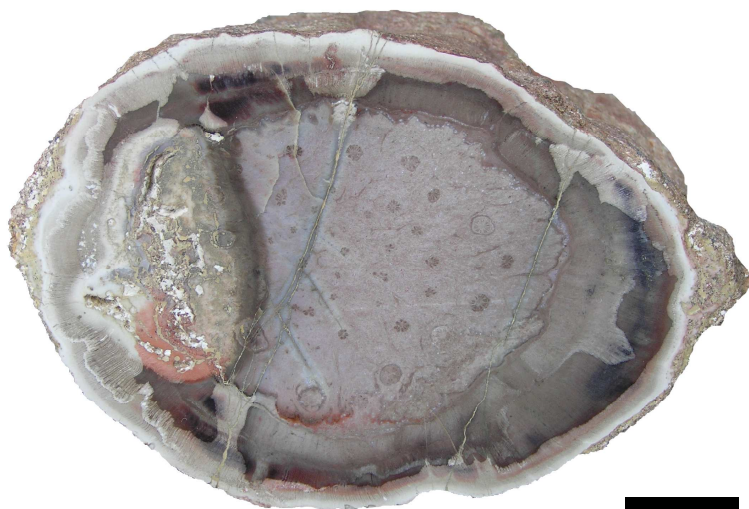
Leptosporangiátní kapradiny známé od karbonu do recentu. V podkrkonošské pánvi byly popsány nálezy popínavých kapradin z čeledi Tedeleaceae (Frič 1912, Němejc 1963). Rostliny z této skupiny jsou známy výhradně ze svrchního paleozoika, od sv. mississippu do sp. permu. Vytvářely obvykle poléhavé či liánovité formy, často epifyticky prorůstající kořeny pláští stromovitých kapradin. Zdokumentovány jsou i případy jejich obtáčení okolo kmenů přesliček (Libertín & Dašková 2003, Röbner – osobní sdělení 2009). Stonky typu aktinostélé dosahují průměru okolo 2 cm, mají množství adventivních kořínků a jejich cévní svazky jsou na průřezu hvězdicovitě pěticípého tvaru. Primární xylém je tvořen dvěma druhy schodovitě ztlustlých tracheid s jednoduchým skalariformním tečkováním, vnitřních tenčích a vnějších silnějších, oddělenými vrstvou tenkých buněk parenchymu. Fylofory, které nesou listové vějíře a mohou se zanořovat do pláště kořenů stromovitých kapradin, mají cévní svazky s průřezem tvaru H nebo I a často jsou podkovovitě prohnuté. Nejběžnější rod *Ankyropteris* se objevuje v celé euramerické paleoprovinci v karbonu i permu (Němejc 1963, Phillips & Galtier 2005, 2011).

Dle nepotvrzených údajů se v podkrkonošské pánvi vyskytují rovněž drobné stromkovité kapradiny čeledi Anachoropteridaceae, rodu *Tubicaulis* Cotta (Röbner – osobní sdělení 2009), které jsou známy např. z Anglie, Francie či německého Chemnitz (Němejc 1963, Galtier & Phillips 2014).

5.4. Nahosemenné rostliny

5.4.1. Kaprad'osemenné rostliny

Skupina vymřelých rostlin známých ze svrchního paleozoika. Rodem nejčastěji nalézáným v českém permokarbonu je *Medullosa* Cotta, patřící do třídy Lyginodendropsida, řádu Medullosales. Objevuje se poprvé ve svrchním mississippu a v permu vymírá (Taylor *et al.* 2009). Jeho zástupci dorůstali do velikosti drobnějších stromků. S těmito stonky jsou



Obr. 9: Zkřemenělý stoněk kaprad'osemenné rostliny *Medullosa stellata* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P1729 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 20 mm.

dřeviny se zcela unikátním typem stonku, který je možné označit jako polysegmentární monostélé. Má složitou stavbu se zvláštním uspořádáním vodivé soustavy, slabým druhotným dřevem a bohatě rozvinutou dření se samostatnými segmenty cévních svazků, jenž vykazují eustélkové znaky. Každý ze svazků se skládá z válce primárního xylému s pruhy parenchymu, obklopeného kambiem, které produkuje druhotné dřevo s více řadami dvůrkatě tečkovaných tracheid, až 8 buněk širokými dřevnými paprsky a sekundárním floémem. Jednotlivé svazky jsou uloženy v parenchymu stonku (Taylor *et al.* 2009). Svazky se někdy po obvodu kmenu spojují a tvoří tlustší souvislý prstenec sekundárního xylému. Kromě hlavních cévních svazků se často objevují i vedlejší menší svazky, které jsou na průřezu kruhové (tzv. *star rings*). Po obvodu kmennů se vytváří poměrně mohutná kůra, vyztužená podélnými pruhy sklerenchymatického pletiva (tzv. sparganová struktura) (Němejc 1963, Stewart & Rothwell 1993). U nás nejběžnější druh *Medullosa stellata* Cotta (obr. 9) je typický uspořádáním centrálních cévních svazků, na příčném řezu dobře patrného hvězdicovitého tvaru, kolem nichž se vytváří válec prvotního a druhotného dřeva. Mezi často nalézané části patří také listové řapíky medullos, označované jako *Myeloxylon* Brongn. Bývají dosti mohutné, s kůrou podobnou kůře stonku se spar-

nejčastěji spojovány fosilní listové rody *Neuropteris* (Brongn.) Sternb., *Alethopteris* Sternb., *Linopteris* Presl a *Odontopteris* (Brongn.) Brongn. Jsou to typické manoxylické dřeviny se zcela unikátním typem stonku, který je možné označit jako polysegmentární monostélé. Má složitou stavbu se zvláštním uspořádáním vodivé soustavy, slabým druhotným dřevem a bohatě rozvinutou

ganovou strukturou. Vnitřní pletivo se skládá z parenchymu s velkým množstvím rozptýlených sekrečních kanálků a cévních svazků, četnějších po obvodu řapíku. Jejich druhotné dřevo je složeno ze šroubovitě a schodovitě ztlustlých tracheid. Vzdušné kořeny medullo jsou značně tlusté a obsahují druhotné dřevo a silnou kůru (Němejc 1963, Rößler 2001).

5.4.2. Jehličnaté rostliny (Pinophyta)

Kordaity (Cordaitopsida)

Představitelé třídy Cordaitopsida, tradičně řazení k jehličnatým rostlinám, se objevují v mississippu a vymírají v permu (Taylor *et al.* 2009). Patřili k nejmohutnějším zástupcům svrchnopaleozoické flóry, mohli dorůst výšky až přes 48 m (Falcon-Lang & Bashforth 2005). Kromě vysokých stromů se však vyskytovaly i drobnější keřovité formy (Stewart & Rothwell 1993). Některé druhy kordaitů osidlovaly prostředí uhlotvorných močálů a trvale zaplavených příbřeží, kde spolu se stromovitými plavuněmi, přesličkami a kapradinovitými rostlinami tvořily smíšené vlhkomilné porosty. O jejich růstu v trvale zamokřeném nebo periodicky zaplavovaném prostředí svědčí nálezy jejich permineralizovaných kořenů *Amyelon* Will., široce a vodorovně rozložených na podkladu (Němejc 1963), nebo typů s chůdovitými kořeny (Taylor *et al.* 2009). Falcon-Lang (2003) však popisuje také suchomilnější typy rostoucí na vyvýšených, dobře odvodňovaných stanovištích v tropických oblastech.

Stromovité kordaity jsou typické monopodiálně, nepravidelně prostorově, či ve šroubovici větveným kmenem, na vrcholu s korunou velkých pentlicovitých listů. Složené šištice odděleného pohlaví vyrůstaly na koncích listových větevek. Pyl je zpravidla monosakátní, označovaný jako prepolen. Semena jsou bilaterálně souměrná, zploštělá, stonky eustélkové, označované jako typ *Agathoxylon* (Rößler



Obr. 10: Dřeňová dutina *Artisia* (podélný řez); vnitrosudetská pánev, vzorek ze sbírky J. Boudného, měřítko = 50 mm.

et al. 2014). Jejich poměrně široká dřevná dutina (obr. 10) je u většiny kordaitů příčně segmentovaná (*Artisia* Sternb.). U některých kordaitů však toto přihrádkování chybí (např. *Mesoxylon priapi* Trivett & Rothwell). Na okrajích dřevné dutiny bývají zachovány pruhy primárního xylému.

Pro kordaity i jejich anatomicky zachované stonky (obr. 11) byl v minulosti užíván název *Cordaites* Unger, původně definovaný pro olistění. Dnes jsou tyto fosílie řazeny do několika rodů: stonky s endarchním primárním xylémem nesou označení *Pennsylvanioxylon* D. Vogellehner a *Cordaixylon* Grand'Eury. Jejich vzájemné odlišení je problematické, jsou proto někdy neformálně označovány společným názvem *Cordaixylon-Pennsylvanioxylon* (Taylor *et al.* 2009). Stonky s mesarchním primárním xylémem byly definovány jako *Mesoxylon* Scott & Maslen emend. Trivett & Rothwell. Na rozdíl od rodu *Cordaixylon*, který má vyvinutou sympodiální vodivou soustavu s endarchními listovými stopami, vodivé elementy primárního xylému rodu *Mesoxylon* jsou typicky nesouvislé, nesympodiální. Pro větvičky s listovými jizvami uspořádanými do šroubovice je užíván název *Cordaicladus* Grand'Eury (Trivett & Rothwell 1985, Beck 2010).

Druhotné dřevo kordaitů je, stejně jako u ostatních lignophyt, produkováno bifaciálním kambiem a skládá se z tracheid a paprscitého (radiálního) parenchymu, tvořeného protáhlými tenkostěnnými buňkami s jednoduchými ztenčeninami. Pryskyřičné kanálky se nevyskytují. Paprsky jsou převážně jednovrstvé a poměrně krátké, jejich výška se pohybuje přibližně v rozmezí 3–20 buněk. Na stěnách tracheid jsou vyvinuté dvojtečky, obvykle uspořádané do několika řad, hustě stěsnané a zformované do šestibokých tvarů a pokrývají celou plochu stěny tracheidy. Na průniku tracheid a dřevných paprsků lze pozorovat tzv. křížová políčka, typická araukaroidním tečkováním (IAWA Committee 2004).

Konifery (Pinopsida)

Obsáhlá skupina rostlin, známá od svrchního paleozoika do recentu a vytvářející různé růstové formy, od drobných keřů po mohutné stromy. Stonky jsou tvořeny hustým (pyknoxylickým) dřevem s typickými kruhovitými dvojtečkami, primární xylém je endarchní. Listy, obvykle redukované a jehlicovité, vyrůstají ve šroubovici, nebo v přeslenu. Šišťice jsou odděleného pohlaví, složené samičí a jednoduché samčí, které produkují ve většině případů sakátní pyl.

Ze svrchního paleozoika Českého masívu jsou známy primitivní jehličnany řádu Voltziales, čeledi Utrechtiaceae. Svým vzhledem a olistěním dnešním blahočetům podobné rostliny se objevují v pennsylvanu a vzácně přežívají až do jury. Charakteristické jsou zejména pro perm, kdy úspěšně osidlovaly sušší, ariditou postižené oblasti. Mají typicky ortho-



tropický (vzpřímený) stonk a plagiotropické (horizontální) větvení v pseudopřesledech. Pro jejich větvičky s jehlicovitým olistěním a samičí šištice jsou nejčastěji užívány názvy *Walchia* Sternb., *Lebachia* Florin, či *Ernestiodendron* Florin (Taylor *et al.* 2009).

Obr. 11: Příčný řez dřevem typu *Agathoxylon* s dobře patrnými nepravými letokruhy; vnitrosudetská pánev, vzorek VS43 ze sbírky autora, měřítko = 20 mm.

Konifery patří mezi rostliny s eustélickým stonkem produkujícím mohutný válec hustého druhotného dřeva. To je tvořeno, podobně jako u kordaitů, tracheidami a protáhlými tenkostěnnými buňkami radiálního parenchymu. Paprsky jsou jednovrstvé až třívrstvé, vysoké 3–20 buněk. Stěny tracheid jsou pokryty dvojtečkami, které jsou na rozdíl od kordaitů zpravidla kruhové a nepokrývají celou stěnu tracheidy. Pryskeřičné kanálky chybí. Dřeňová dutina s podélným rýhováním nese označení *Tyloidendron* C. E. Weiss. Na okrajích dřeňové dutiny bývá zachován primární xylém (Noll *et al.* 2005, Taylor *et al.* 2009).

O rozlišení druhotného dřeva kordaitů a konifer se pokoušelo mnoho badatelů, např. Felix (1882, 1886), Frentzen (1931), Doubinger & Marguerier (1975). Jako kritérium byly nejčastěji uváděny různé typy tečkování na stěnách tracheid a jejich pokrytí tečkami, příp. též tečkování křížových políček. V poslední době se otázkou odlišení dřev kordaitů a konifer zabýval Noll *et al.* (2005). Ve své práci se nezaměřuje pouze na typ tečkování, ale bere v potaz i kombinaci jiných anatomických znaků, např. způsob větvení, charakter listových stop či stavbu primárního xylému (Noll *et al.* 2005, tab. 2). Jako pomocný znak je též možno využít odlišného průřezu tracheid na příčném řezu (Rößler – osobní sdělení 2010). Otázkou rozlišování dřev kordaitů a konifer z českého permokarbonu na základě anatomie

sekundárního xylému se zabýval i autor této práce (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009, Mencl *et al.* 2013b – viz přílohy I, V) a další (např. Bureš 2011, 2013, Holeček 2011).

Nomenklatorická problematika týkající se araukaroidního typu dřeva je v odborných kruzích často diskutovanou otázkou. Pro tato dřeva bylo v minulosti užíváno několik různých označení, např. *Dadoxylon* Endlicher, *Agathoxylon* Hartig, *Araucarioxylon* Kraus, *Dammaroxylon* J. Schultze-Motel aj. Dle nejnovějších poznatků je nicméně doporučován název *Agathoxylon* (Röbner *et al.* 2014).

ZNAKY	KORDAITY (Cordaitales)	KONIFERY (Voltziales)
Radiální stěny tracheid	Dvojtečky hustě stěsnané, zpravidla šestibokého tvaru, pokrývají celou plochu stěny, uspořádány obvykle ve třech až pěti řadách	Dvojtečky rozmístěné dále od sebe, kruhovitého nebo oválného tvaru, nepokrývají celou plochu stěny, uspořádány v jedné, nanejvýš ve dvou řadách
Primární xylém	Do dřeňové dutiny přechází nepravidelně, tvoří zaoblené klíny	Do dřeňové dutiny přechází ve formě pravidelně uspořádaných klínů
Dřeňová dutina	Dřeň horizontálně příčně rozdělená (<i>Artisia</i>)	Dřeň podélně rýhovaná, zesílená v místech nasedání větví (<i>Tylodendron</i>)
Větvení	Nepravidelně prostorové či spirální	Pseudopřeslenité

Tab. 2: Některé rozlišovací znaky stonků typu *Agathoxylon*. Sestaveno dle Nolla *et al.* (2005).

6. Materiál a metody

Materiál

Vlastnímu výzkumu předcházelo několikaleté podrobné mapování výskytu zkřemenělých stonků na území obou pánví a získávání materiálu a dat. Pro výzkum dřev přesliček byly využity exponáty ze sbírek Městského muzea Nová Paka, Muzea východních Čech v Hradci Králové a z Leuckartovy kolekce chemnitzského muzea (*Museum für Naturkunde Chemnitz*). Vzorky dřev nahosemenných rostlin pocházejí ze sbírek Městského muzea Nová Paka, Krkonošského muzea v Jilemnici, několika soukromých sběratelů, či byly získány vlastním sběrem. Za účelem výzkumu byl rovněž konzultován materiál ze sbírek Muzea Českého ráje v Turnově, Přírodovědecké fakulty univerzity Karlovy v Praze, České geologické služby Praha, Krkonošského muzea ve Vrchlabí, Muzea Podkrkonoší v Trutnově a Městského muzea Rtyně v Podkrkonoší. Inventární čísla a signatury jednotlivých vzorků jsou uvedeny v přílohách I–V (Mencl *et al.* 2009; Sakala *et al.* 2009, Mencl *et al.* 2013a, b, Opluštil *et al.* 2013).

Metody

Z vybraných vzorků byly zhotoveny leštěné nábrusy, které byly studovány v odraženém světle pomocí binokulární lupy Leica EZ5. Z nejlépe zachovaných vzorků, pokud nehrozilo jejich zničení či výrazné poškození, byly následně zhotoveny výbrusy, standardně ve třech různých rovinách vůči ose stonku:

- 1) transversální (příčný řez) kolmo ku ose
- 2) radiální podélný řez (vedený rovnoběžně s osou středem stonku)
- 3) tangenciální podélný řez (rovnoběžně s osou mimo střed stonku).

Výbrusy byly poté detailně zkoumány v procházejícím světle s využitím mikroskopů Nikon Eclipse LV100Pol, Olympus BX-51 a Olympus SZX12. Všechny použité fotografie pořídil autor této práce pomocí digitálních fotoaparátů Canon D500, Olympus Camedia 5050 a Olympus DP73. Upravovány byly v programech AnalySIS a NISElements. Pro výpočty a operace se statistickými daty byl využit program Microsoft Excel 2007-2010. Terénní fotografie byly pořízeny fotoaparátem Olympus C765UZ a upravovány v programu GIMP2. Obrázky v textu byly kompletovány pomocí programu CoreIDRAW 11. Tabulky byly vytvořeny v programu Microsoft Excel 2007, text práce sepsán v programu Microsoft Word 2007. Odborná terminologie je převzata z prací IAWA Committee (2004), Balabána (1955) a

Němejce (1963), seznam literatury a použité zdroje citovány dle standardu časopisu *Bulletin of Geosciences*.

7. Výsledky

Výskyt zkřemenělých částí rostlin je ve vnitrosudetské i podkrkonošské pánvi velmi hojný, byť je jejich počet neustále snižován intenzívní zemědělskou a sběratelskou činností, a kmeny dosahují délky i několika metrů (např. Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I). V obou pánvích byl potvrzen výskyt zkřemenělých araukaroidních stonků typu *Agathoxylon*, náležejícím nahosemenným rostlinám třídy Pinophyta, v ploužnickém obzoru podkrkonošské pánve navíc bohatší rostlinné společenstvo obsahující i zbytky dalších typů rostlin. Na základě provedených studií anatomicky zachovaných částí sekundárního xylému a jiných pletiv bylo provedeno přesnější taxonomické zařazení nejčastěji nalézáných stonků, tj. jehličnatých rostlin a stromovitých přesliček. Dle poměrného zastoupení různých rostlinných typů bylo částečně rekonstruováno paleoprostředí v jednotlivých stratigrafických úrovních.

7.1. Vnitrosudetská pánev

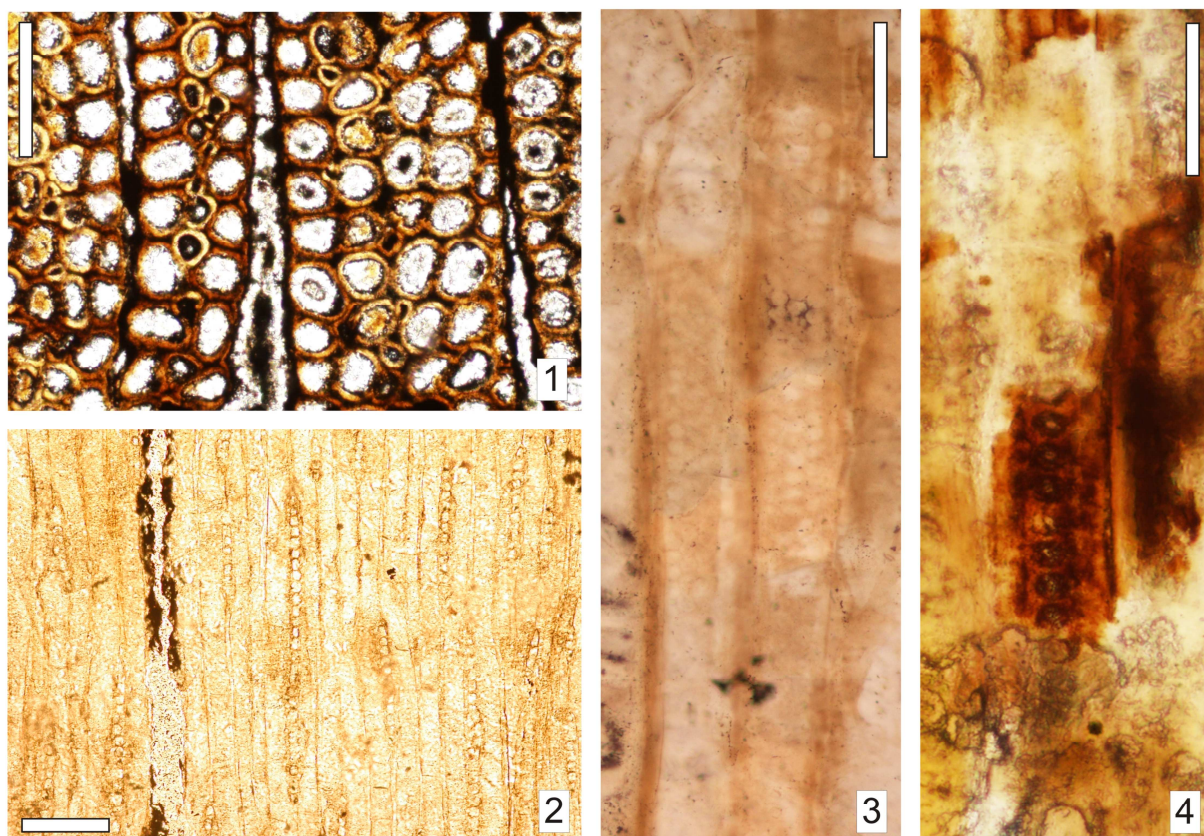
7.1.1. Systematika

Zkřemenělá dřeva se v české části vnitrosudetské pánve vyskytují pouze v jediné stratigrafické úrovni, v žaltmanských arkózách odolovského souvrství. Výskyt zkřemenělých dřev v petrovických vrstvách podložního žacléřského souvrství, které zmiňují Tásler *et al.* (1979) a Prouza (osobní sdělení 2007) vlastním terénním výzkumem potvrzen nebyl.

Zkřemenělé zbytky rostlin jsou zachovány výhradně ve formě druhotného dřeva, které je typu *Agathoxylon*. Vzhledem k silnému stupni rekrystalizace dřevní hmoty a špatnému zachování anatomických struktur bylo možné na základě studia dvojteček (obr. 12/3) jednoznačně určit pouze několik vzorků. Všechny byly přiřazeny ke kordaitům (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I). Vzácně se u některých větších vzorků objevuje dřeňová

dutina typu *Artisia* (obr. 10), nebo suky s pozůstatky větví, odbočujících nepravidelně prostorově z kmene (obr. 13). Tyto makroskopické znaky rovněž odpovídají kordaitům (Noll *et al.* 2005, Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).

Jiný typ zkřemenělých stonků ve vnitrosudetské pánvi není znám.



Obr. 12: Anatomické zachování dřev typu *Agathoxylon*.

1. Tracheidy sekundárního xylému (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P1760 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 0,25 mm.
2. Jedno- až dvouvrstvé dřeňové paprsky (tangenciální řez); vnitrosudetská pánev, vzorek VS14 ze sbírky autora, měřítko = 0,01 mm.
3. Dvojtečky na stěnách tracheid kordaitu (radiální řez); vnitrosudetská pánev, vzorek VS12 ze sbírky autora, měřítko = 0,05 mm.
4. Dvojtečky na stěnách tracheid konifery (radiální řez); podkrkonošská pánev, vzorek S1 ze sbírky autora, měřítko = 0,05 mm.

7.1.2. Paleoprostředí

Dle Matysové *et al.* (2010) lze prostředí během ukládání žaltmanských arkóz charakterizovat jako fluviální až lakustrinní bez vlivu vulkanismu. Ze studia několika výchozů se zachovanými zkřemenělými kmeny je možné částečně odhadnout podmínky, během nichž k sedimentaci docházelo. Naprostá většina kmenů je uložena vždy při bázi těles výrazně hrubších, ostrou hranicí nastupujících sedimentů (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I). Na vybraných lokalitách bylo navíc provedeno měření prostorové orientace kmenů zachovaných ve výchozech, stejně jako sedimentárních struktur v jejich blízkosti. Výsledky ukazují převažující směr přínosu materiálu od Z či JZ a složení hornin odpovídá charakteru říčního toku na pomezí divočící a meandrující řeky (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I). Délka transportu sedimentů byla odhadnuta na maximálně několik desítek kilometrů (Martínek – osobní sdělení 2007).

7.2. Podkrkonošská pánev

7.2.1. Systematika

V podkrkonošské pánvi se zkřemenělé části rostlin podařilo nalézt celkem ve 4 stratigrafických úrovních: v brusnických vrstvách a štikovských arkózách kumburského souvrství, v ploužnickém obzoru semilského souvrství a ve svrchní části prosečenského souvrství (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V, tab. 1). V ploužnickém obzoru byly kromě dřev typu *Agathoxylon*, vyskytujících se ve všech čtyřech jednotkách, nalezeny také zkřemenělé zbytky několika dalších typů rostlin. Hojně se zde vyskytují stonky stromovitých přesličkovitých rostlin a kapradin, vzácněji i kapradosemenných. Části plavuňovitých rostlin jsou známy pouze z tzv. zkřemenělých rašelin, tvořících až přes 1 m velké čočkovité konkrce se zachovaným rostlinným detritem (např. Němějc 1963, Opluštil *et al.* 2013 – viz příloha IV).

Dřeva kordaitů a jehličnanů

Typ dřeva *Agathoxylon* je v podkrkonošské pánvi nejběžnějším a jednoznačně nejčastěji nalézáným. Známy jsou exempláře až několik metrů dlouhé s průměrem větším než jeden metr (např. Mencl 2007, Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V). Podstatná část velkých kmenů je

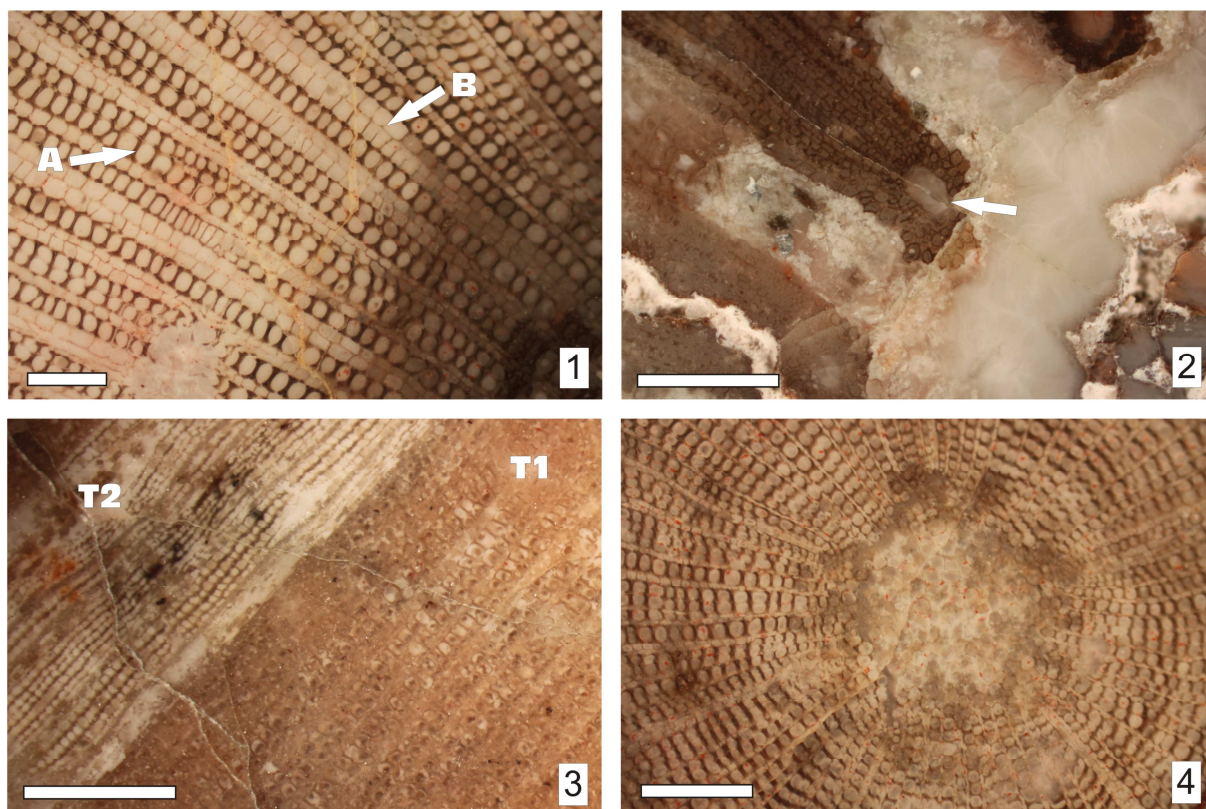
výrazně zploštělá, elipsovitého průřezu, zbarvená organickými pigmenty do tmavohněda až černa, menší část z nich je světlá, načervenalá či béžová, přičemž barva vzorku nemá vliv na kvalitu zachování anatomických znaků. Při mikroskopickém studiu byla zaznamenána přítomnost tracheid sekundárního xylému, někdy s dvojtečkami na jejich radiálních stěnách a dřevnými paprsky. Žádná primární pletiva ani další struktury pozorovány nebyly. Na základě makroskopických znaků a studia charakteru dvojteček (obr. 12/4) bylo možno vyčlenit dvě formální skupiny, které vykazují znaky blížící se kordaitům, resp. koniferám. Vzácně byly také nalezeny makroskopické struktury, zejména suky (obr. 13) a dřevná dutina, které rovněž dovolují rozřadit vzorky do těchto skupin (Noll *et al.* 2005, Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).



Obr. 13: Větvení kordaitů a konifer. Nepravidelně odbočující větve kordaitu (vlevo, vnitrosudetská pánev, vzorek VS50 ze sbírky autora, měřítko = 70 mm) a pseudopřeslenité větvení konifery (vpravo, podkrkonošská pánev, vzorek J8766 ze sbírky Krkonošského muzea v Jilemnici, měřítko = 30 mm).

Dřeva přesličkovitých rostlin

Ze zkřemenělých stonků rostlin ploužnického obzoru jsou dřeva přesliček nejčastěji nalézána. Byly objeveny až přes 1 m dlouhé části stonků těchto rostlin, většinou se však nalézají ve formě drobnějších úlomků, tvořených tmavým, červenohnědě nebo oranžově pigmentovaným, vzácněji i bělavým či šedým křemenem. Kromě úlomků vlastních stonků se výjimečně zachovávají i výlitky jejich dutin typu *Calamites* s nody a stopami po větvení.



Obr. 14: Anatomické zachování dřev přesliček.

1. Tracheidy sekundárního xylému (A) a parenchymatické buňky (B) dřeva druhu *Arthropitys* cf. *bistriata* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek H74692 ze sbírky Muzea východních Čech v Hradci Králové, měřítko = 0,5 mm.
2. Detail okraje dřevné dutiny se zachovanými karinálními kanálky (šipka) dřeva druhu *Arthropitys* cf. *bistriata* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P1992 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 0,5 mm.
3. Dvojí typ tracheid (T1, T2) ve dřevu druhu *Calamitea striata* (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek P3173 ze sbírky Městského muzea Nová Paka, měřítko = 0,5 mm.
4. Dřevná dutina kořenu *Astromyelon* bez karinálních kanálků (příčný řez); podkrkonošská pánev, vzorek H74697 ze sbírky Muzea východních Čech v Hradci Králové, měřítko = 0,5 mm.

Při mikroskopickém studiu anatomie stonků byly pozorovány tracheidy sekundárního xylému, parenchymatické buňky, vzácně též primární pletiva, karinální kanálky a další struktury (obr. 14). Na základě jejich studia byly popsány dva druhy přesličkovitých rostlin – běžnější *Arthropitys* cf. *bistriata* (Cotta) Göppert emend. Rößler, Feng & Noll a poměrně vzácný *Calamitea striata* Cotta emend. Rößler & Noll. Zajímavostí je, že různé zbarvení dvou typů tracheid u druhu *Calamitea striata*, popsané z Chemnitz, neodpovídá (až na jednu výjimku) zbarvení téhož dřeva z podkrkonošské pánve, nýbrž je inverzní (Mencl *et al.* 2013a – viz příloha III). Kromě částí stonků byly popsány také kořeny rodu *Astromyelon* (Sakala *et al.* 2009, Mencl *et al.* 2013a – viz přílohy II–III).

7.2.2. Paleoprostředí

Ve dvou stratigrafických úrovních kumburského souvrství byly pozorovány zkřemenělé kmeny zachované ve výchozech velmi hrubých arkózovitých slepenců. Ve zkoumaných výchozech prosečenského ani semilského souvrství takto zachované stonky objeveny nebyly. Poměrné zastoupení konifer vůči kordaitům v jednotlivých stratigrafických úrovních bylo statisticky zpracováno a korelováno s daty zjištěnými v dalších pánvích. V porovnání s hodnotami v pánvích středočeských a západočeských se poměry ve stejných stratigrafických úrovních zřetelně liší, což může signalizovat odlišné přírodní poměry během ukládání těchto izochronních jednotek (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V).

Nápadná je variabilita rostlinného společenstva v ploužnickém obzoru. Sedimenty této jednotky jsou spíše jemnější, s vyšším obsahem vulkanoklastik. K jejich ukládání docházelo v nízkoenergetickém prostředí jezer, rašelinišť a zarůstajících močálů (Pešek *et al.* 2001, Stárková *et al.* 2009). Na rozdíl od ostatních fosiliferních stratigrafických úrovní obsahuje tato jednotka velmi málo dřev typu *Agathoxylon*, naproti tomu se zde hojně vyskytují stonky přesliček, kapradin, kapradosemenných rostlin a petrifikované rašeliny s částmi plavuní. Nálezy z podkrkonošské pánve bylo možné porovnat s dřevy přesličkovitých rostlin z pánví středočeských a západočeských (Mencl *et al.* 2013a – viz příloha III) a také s poněkud mladšími nálezy z tzv. *Permského zkřemenělého lesa* v Chemnitz. Přítomnost dvou druhů *Arthropitys* cf. *bistriata* a *Calamitea striata*, stejně jako jejich poměrné zastoupení přibližně 99:1, odpovídá výsledkům výzkumů v jiných pánvích (např. Rößler & Noll 2006, 2007, 2010, Rößler *et al.* 2012a, b, Holeček 2011).

8. Diskuze

Stonky zkřemenělých rostlin se ve studovaných pánvích nacházejí ve čtyřech různých stratigrafických pozicích, z nichž většina vykazuje podobné litologické složení, tj. hrubé arkózovité pískovce až slepence. Vyjímkou je pouze ploužnický obzor, tvořený spíše jemnějšími klastiky s významným podílem tufů a tufitů (Martínek 1997, Pešek *et al.* 2001). Ve všech stratigrafických úrovních byl prokázán výskyt zkřemenělých dřev typu *Agathoxylon*. Rostliny s tímto typem stonku podle Falcon-Langa & Scotta (2000) osidlovaly spíše méně vlhké prostředí. Ačkoli dle Opluštila & Cleala (2007) spadají jednotky s výskytem zkřemenělých stonků převážně do aridnějších a sušších klimatických fází (tab. 1), nápadná variabilita vlhkomilného společenstva ploužnického obzoru a výrazný úbytek araukaroidních dřev v této jednotce zřejmě indikuje krátkou, humidnější epizodu ve vývoji pánve, kdy rostlinné společenstvo svým složením odpovídalo spíše hydrofilní bažinné flóře. Zachování odlišných typů rostlin však může také být důsledkem jiného litologického složení této jednotky a velmi krátkého transportu ukládaného materiálu (Stárková *et al.* 2009), který byly kromě sekundárního xylému schopny přečkat i méně odolné části rostlin, či přítomností vulkanoklastik jako potenciálního zdroje velkého množství křemítků impregnujících organické zbytky (např. Matysová *et al.* 2010, Mencl *et al.* 2013a – viz příloha III). Přijetí některé z těchto teorií by však nevysvětlovalo absenci dřev typu *Agathoxylon*, která jsou v ostatních fosiliferních jednotkách běžná.

Taxonomická klasifikace studovaných přesliček a nahosemenných rostlin byla provedena především na základě charakteru sekundárního xylému. Jiná rostlinná pletiva jsou zachována zcela výjimečně. Poměrné vzájemné zastoupení dvou popsáných druhů přesličkovitých rostlin přibližně odpovídá hodnotám zjištěným v jiných pánvích (např. Rößler & Noll 2006, 2007, 2010). Poměr kordaitů vůči koniferám se v jednotlivých stratigrafických úrovních vnitrosudetské a podkrkonošské pánve v porovnání se středočeskými a západočeskými pánvemi někdy značně liší. Tyto variace v procentuálním zastoupení obou typů rostlin (Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V) mohou odrážet poněkud odlišné životní podmínky, které v daných oblastech panovaly. Předpoklad, že během svrchního paleozoika následkem zvyšující se aridity (např. Pešek *et al.* 1998, 2001) přibývá konifer na úkor kordaitů, se vzhledem k nedostatečnému množství dat s určitostí prokázat nepodařilo. Navíc celkový pohled na rostlinné společenstvo, rekonstruované výhradně z fosilního záznamu v říčních náplavech, může být značně zkreslený, neboť jeho druhové složení může být ovlivněno tím,

že jsou zde zachovány především rostliny žijící v blízkosti vodních toků, kde důležitou roli hraje jejich stabilita a odolnost vůči vysoce energetickému vodnímu toku (např. Falcon-Lang 2003, Falcon-Lang & Bashforth 2005, Martín-Closas & Galtier 2005).

U žádných ze studovaných vzorků dřev nebyly identifikovány pravé letokruhy. Případné zóny s různým průměrem tracheid jsou zcela nepravidelné a zřejmě odrážejí pouze dočasné, neperiodické změny teploty a humidity v dané lokalitě. Hodnoty měření těchto elementů mohou však být někdy zavádějící, neboť ve většině případů byly k dispozici pouze drobné úlomky sekundárního xylému z různých částí stonků. Výkyvy v rozměrech tracheid a tloušťce jejich stěn tedy mohou být způsobeny např. jejich stářím a vzdáleností od kambia (Falcon-Lang 2005) nebo nepravidelnostmi v růstu rostliny, např. vznikem tlakového dřeva (Schweingruber 2007) atd. Pravidelné přírůstové zóny však nebyly pozorovány ani na žádném z několika větších studovaných vzorků. Na některých exemplářích jsou nápadné deformace struktury pletiv, vzniklé zřejmě stlačením dřeva a jeho slabou diagenezí krátce po pohřbení v sedimentu ještě před začátkem procesů silicifikace (Matysová 2006, Mencl 2007).

Stonky rostlin ze všech studovaných pánví prodělaly zřejmě podobný proces fosilizace pomocí křemitých roztoků. Dle Matysové (2006) a Matysové *et al.* (2008, 2010) byly tyto roztoky zejména produktem chemického zvětrávání živců a slíd, v případě ploužnického obzoru (a v menší míře i jiných jednotek) mohlo být navíc jejich množství pozitivně ovlivněno vulkanickými procesy. Ve všech případech jsou však zkřemenělé stonky uloženy v sedimentech tvořených transportovaným (přeplaveným) materiálem, tj. ve fluviálních až lakustrinních uloženinách (Stárková *et al.* 2009). Křemitá hmota impregnující stonky ve vnitrosudetské a podkrkonošské pánvi je složena z převážně nízkoteplotního α -křemene a nejlépe zachované části pletiv tvoří mikrokrytalický, polyblastický nebo oligoblastický křemen, který respektuje buněčné struktury jednotlivých elementů (Matysová 2006, Matysová *et al.* 2008). Ačkoli je každý nález specifický, obecně lze uvést, že je materiál dřev z vnitrosudetské pánve nápadně více rekrystalizovaný a jejich anatomické znaky mnohem hůře zachovány než u dřev z pánve podkrkonošské (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I). Ještě lepší zachování vykazují při vzájemném porovnání nálezy z pánví středočeských a západočeských (Holeček 2011, Mencl *et al.* 2013b – viz příloha V). Zajímavostí je fakt, že v Českém masívu jsou někdy lépe zachovaná dřeva z prostředí bez vlivu vulkanismu než z prostředí přímo ovlivněného vulkanickou činností. To je situace zcela odlišná např. od *Zkřemenělého lesa* v Chemnitz, francouzského Autunu či brazilského Araguaina, odkud bylo z vulkanoklastických sedimentů popsáno množství zkřemenělých

rostlin *in situ* s dokonale zachovanou anatomii (např. Dernbach *et al.* 2002, Rößler & Noll 2006, 2007, 2010, Rößler *et al.* 2012a, b). Stupeň zachování tudíž zřejmě nesouvisí s původem a množstvím křemitých roztoků v sedimentu, ale spíše s typem a velikostí krystalů křemene vyplňujícího buňky rostlinných pletiv a počtem fází krystalizace (Matysová 2006, Matysová *et al.* 2008).

Ze studia charakteru žaltmanských arkóz vnitrosudetské pánve ve výchozech se zachovanými kmeny vyplývá, že jejich větší části byly zřejmě do pánve přinášeny za zvýšeného stavu hladiny řeky, zejména při povodních, kdy energie vodního proudu mohla přenášet, příp. i vyvracet z kořenů stromy rostoucí v blízkosti břehů nebo na vyvýšeninách v blízkém okolí. Transportu na poměrně velkou vzdálenost by odpovídalo i značné poničení kmenů před jejich uložením, např. dekortikace a absence dalších extraxylárních pletiv (Mencl 2007, Mencl *et al.* 2009 – viz příloha I). Podobné podmínky ukládání zřejmě panovaly po většinu svrchnopaleozoického období i v pánvi podkrkonošské. Dosud neobjasněna však zůstává zdrojová oblast přinášeného a ukládaného materiálu žaltmanských arkóz, zřejmě větší těleso granitoidních hornin. Vzhledem k naměřeným směrům přínosu materiálu do vnitrosudetské pánve by nejbližším pravděpodobným zdrojem materiálu mohl být středočeský pluton (Prouza – osobní sdělení 2007).

9. Závěr

Ve svrchnopaleozoických pánvích vnitrosudetské a podkrkonošské byl zmapován hojný výskyt silicifikovaných stonků rostlin v několika stratigrafických úrovních, které přibližně odpovídají jejich výskytu v pánvích středočeských a západočeských. Ve všech úrovních byla zjištěna přítomnost stonků typu *Agathoxylon*, v ploužnickém horizontu semilského souvrství (sp. gzhel) je navíc přítomno bohaté společenstvo několika různých typů zkřemenělých stonků, které nejčastěji náležejí přesličkovitým rostlinám. Části rostlinných pletiv bývají také zachovány v podobě zkřemenělých rašelin. Z důvodu chybějících výchozů hornin některých jednotek bylo stratigrafické zařazení nálezů z eluvií provedeno na základě staršího geologického mapování. Ve vnitrosudetské pánvi se na několika výchozech se zachovanými zkřemenělými kmeny podařilo změřit jejich prostorovou orientaci. Žádný z kmenů se nenacházel ve vzpřímené růstové pozici, všechny byly po transportu uloženy v pozicích subhorizontálních, většinou v hrubých arkózovitých sedimentech fluviálního původu. U většiny kmenů je zřetelně patrné značné předfosilizační poškození a zachován z nich téměř výlučně jen sekundární xylém, který je u velkého procenta vzorků zcela rekrystalizován a jeho detailní anatomické studium tudíž nemožné.

Výzkum byl zaměřen na nejčastěji se vyskytující dřeva přesliček a nahosemenných rostlin. Detailní studium zachovaných anatomických struktur druhotného dřeva přesliček prokázalo výskyt druhů *Arthropitys* cf. *bistriata* a *Calamitea striata*. Zachované anatomické znaky dřev typu *Agathoxylon* umožnily vymezit 2 skupiny, z nichž jedna vykazuje vlastnosti kordaitů, a druhá se svým charakterem blíží spíše koniferám. Paleoekologické interpretace vyplývající z různého poměrného zastoupení těchto dvou skupin je však nutné vzhledem k malému množství získaných dat považovat jen za velmi přibližné.

10. Literatura

- BALABÁN, K. 1955. *Anatomie dřeva*. 216 pp. SZN, Praha.
- BECK, C. B. 2010: *An introducing to plant structure and development*. 441 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- BŘEZINOVÁ, D. (1970): *Přehled dosavadních nálezů fosilních dřev na území Československa zpracovaných na základě literárních pramenů*. Rukopis, Národní muzeum, Praha.
- BUREŠ, J. 2011. Zkřemenělé kordaity a konifery v sedimentech líňského souvrství plzeňské karbonské pánve. *Erica* 18, 179–198.
- BUREŠ, J. 2013. Morfologicko-anatomický průzkum dvou mohutných kmenů pyknoxylických dřev (kordaitů) z období stephanu plzeňské karbonské pánve. *Erica* 20, 179–190.
- DANĚK, J. J. 1902. Studie o permském útvaru v Čechách. *Archiv pro přírodovědecké prozkoumání Čech XI* (6).
- DERNBACH, U. 1996. The petrified forest of Nová Paka. In: DERNBACH, U. (ed.): *Petrified Forests*. D'ORO Publishers, Heppenheim.
- DERNBACH, U., TIDWELL, D. W., BARTHEL, M., GALTIER, J., JUNG, W., KERP, H., NOLL, R., RÖBLER, R., ROTHWELL, W. G., SELMEIER, A., STOCKEY, A. R., WILDE, V., WRIGHT, W. W. 2002. *Secrets of Petrified Plants, Fascination from Millions of Years*. D'ORO Publishers, Heppenheim.
- DONOGHUE, M. J. 2005. Key innovations, convergence, and success: macroevolutionary lessons from plant phylogeny. *Paleobiology* 31 (2), 77–93.
- DOUBINGER, J. & MARGUERIER, J. 1975. Paléoxylologie: Étude anatomique comparée de *Scleromedulloxylon aveyronense* nov. gen. nov. sp. du Permien de St-Affrique (Aveyron, France); considérations taxinomiques et stratigraphiques. *Géobios* 8 (1), 25–59.
- EHRET, D. L. & PHILLIPS, T. L. 1977. Psaronius root systems – morphology and development. *Paleontographica B*, 161, 147–164.
- FALCON-LANG J. H. & SCOTT C. A. 2000. Upland ecology of some Late Carboniferous cordaitalean trees from Nova Scotia and England. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 156 (3–4), 225–242.

FALCON-LANG, J. H. 2003. Late Carboniferous Tropical Dryland Vegetation in an Alluvial-plain Setting, Joggins, Nova Scotia, Canada. *Palaios* 18, 197–211.

FALCON-LANG, J. H. 2005. Intra-tree variability in wood anatomy and its implications for fossil wood systematics and palaeoclimatic studies. *Palaeontology* 48 (1), 171–183.

FALCON-LANG, J. H. & BASHFORTH, R. A. 2005. Morphology, anatomy, and upland ecology of large cordaitalean trees from the Middle Pennsylvanian of Newfoundland. *Review of Palaeobotany and Palynology* 135 (3–4), 223–243.

FEISTMANTEL, O. 1871. Über die Steinkohlenflora der Ablagerung am Fusse des Riesengebirges. *Sitzungsberichte der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften* 1, 87–105.

FEISTMANTEL, O. 1872. O floře kamenouhelného uložené na úpatí hor krkonošských. *Vesmír*, 215.

FEISTMANTEL, O. 1873a. Geologische Stellung und Verbreitung der Verkieselten Holzer in Böhmen. *Verhandlung der Kaiserlich Königlich Geologischen Reichsanstalt*, Jg. 168, Nr. 6, 108–112.

FEISTMANTEL, O. 1873b. Über die Verbreitung und geologische Stellung der verkieselten Araucariten-Stämme in Böhmen. *Sitzungsberichte der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften* 5, 204–220.

FEISTMANTEL, O. 1873c. O zkřemenělých kmenech v permském útvaru českém. *Vesmír*, 176–178, 190–192, 208.

FELIX, J. 1882. Über die versteinerten Hölzer von Frankenberg in Sachsen. *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Leipzig* 9, 9, 5–9.

FELIX, J. 1886. Untersuchungen über den inneren Bau westfälischer Carbonpflanzen. *Abhandlungen der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt* 7, 3, 56–58.

FRENTZEN, K. 1931. Studien über die fossilen Hölzer der Sammelgattung *Dadoxylon* Endl. *Abhandlung der Heidelberger Akademie der Wissenschaften* 16, 1–67.

FRIČ, A. 1912. Studie v oboru českého útvaru permského. *Archiv pro přírodovědecké prozkoumání Čech* 15, 18–23.

GALTIER, J. & PHILLIPS, T. L. 2014. Evolutionary and ecological perspectives of Late Paleozoic ferns. Part III. Anachoropterid ferns (including Anachoropteris, Tubicaulis, the Sermayaceae, Kaplanopteridaceae and Psalixochlaenaceae). *Review of Palaeobotany and Palynology* 205, 31–73.

GÖPPERT, H. R. 1857. Ueber den versteinerten Wald von Radowenz bei Adersbach in Böhmen und über den Versteinungsprocess überhaupt. *Jahrbuch der Kaiserlich Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, Bd. 8, 725–738.

GÖPPERT, H. R. 1858. Ueber die versteinerten Wälder im nördlichen Böhmen und in Schlesien. *Jahres-Bericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterländische Cultur* 36, 41–49.

HAVLENA, V. 1955. Vývoj stratigrafie permokarbonských uhelných oblastí Čech a Moravy. *Knihovna ÚÚG*, sv. 28, 32–43.

HAVLENA, V. 1958. Studie o geologii a stratigrafii permokarbonského synklinoria v Podkrkonoší. *Rozpravy Čsl. akademie věd, řada MPV* 68 (7).

HEBER, F. A. 1844. *Böhmens Burgen, Vesten und Bergschlösser* 2. C. M. Medau, Praha.

HERBING, J. 1904. *Über Steinkohlenformation und Rotliegendes bei Landshut, Schatzlar und Schwadowitz. Zur Geologie der böhmisch-schlesischen Grenzgebirges*. Wrocław.

HOLEČEK, J. 2011. *Svrchnokarbonská zkřemenělá dřeva západní části kladensko-rakovnické pánve*. Diplomová práce. Karlova univerzita, Praha.

HYNIE, O. 1927. Dosavadní výsledky mého mapování v permu podkrkonošském. *Věstník Státního geogického ústavu Čsl. republiky* III (6).

IAWA COMMITTEE 2004. IAWA List of microscopic features for softwood identification. *IAWA J*, 25, 1–70.

JECH, F. 2014. Tak trochu jiný očíhovský oddíl. *Zkamenělá dřeva a jiné křemité hmoty*, www.zkamenela-dreva.cz.

JIRÁSEK, V. 2003. *Ve znamení mlátka a želízka I*. Bor, Liberec.

JOKÉLY, J. 1861. Verbreiterung der Araucariten-Stämme im Rothliegenden Böhmens. *Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt* 2 (1861–1862), 392–395.

JOKÉLY, J. 1862. Uebersicht über die Lagerungsverhältnisse des Rothliegenden und der Kreidebildungen im nördlichen Theile des Königgrätzer Kreises in Böhmen. *Verhandlung der Kaiserlich Königlichen Geologischen Reichsanstalt (1861–1862)*, 169–175.

KATZER, F. 1892. *Geologie von Böhmen*. Praha.

KREJČÍ, J. 1877. *Geologie čili nauka o útvarech zemských*. Praha.

KVAČEK, Z., FATKA, O., FEJFAR, O., HOLCOVÁ, K., KOŠŤÁK, M., KRAFT, P., MAREK, J., PEK, I. 2000. *Základy systematické paleontologie I*. Karolinum, Praha.

LIBERTÍN, M. & DAŠKOVÁ, J. 2003. The floristic assemblage from the pyroclastics rocks of the Tlustice Relict, Bolsovian, Czech Republic. *Abstract book, 14 International Workshop on Plant Taphonomy*, 5.

LOKVENC, T. 1985. Za tajemstvím zkamenělého lesa. *Krkonoše 18*, č. 6, 16–17.

LOKVENC, T. 1993. Araukarity Jestřebích hor. *Rodným krajem 6*, 22–24.

LOKVENC, T. 1997. Araukarity. In *Malé Svatoňovice, příroda a lidé pod Jestřebími horami*, 91–94. Malé Svatoňovice.

MAKOWSKY, A. 1878. Der „versteinerten Wald“ bei Radowenz in Böhmen. *Verhandlung des naturforschenden Vereines in Brünn 17*, 57–64.

MARTÍN-CLOSAS, C. & GALTIER, J. 2005. Plant Taphonomy and Paleoecology of Late Pennsylvanian Intramontane Wetlands in the Graissessac-Lodève Basin (Languedoc, France). *Palaios 20*, 249–265.

MARTÍNEK, K. in BLECHA ET AL. 1997. *Změny prostředí na rozhraní karbonu a permu a jejich dopad na společenstva organismů ve fosiliferních obzorech podkrkonošské pánve*. Závěrečná zpráva za grant GAČR. MS Archív ČGS, Praha.

MATYSOVÁ, P. 2004. *Zkřemenělá permokarbonská dřeva v oblasti vnitrosudetské a podkrkonošské pánve*. Bakalářská práce. Karlova univerzita, Praha.

MATYSOVÁ, P. 2006. *Permokarbonská silicifikovaná dřeva z vnitrosudetské a podkrkonošské pánve: Systematika a instrumentální analýza*. Diplomová práce. Karlova univerzita, Praha.

MATYSOVÁ, P. 2009. Psaronie, královny permokarbonu aneb Kapradiny trochu jinak. *Vesmír 88*, 380–385.

MATYSOVÁ, P., LEICHMANN, J., GRYGAR, T., RÖSSLER, R. 2008. Cathodoluminescence of silicified trunks from the Permo-Carboniferous basins in eastern Bohemia, Czech Republic. *European Journal of Mineralogy* 20, 217–231.

MATYSOVÁ, P., RÖSSLER, R., GÖTZE, J., LEICHMANN, J., FORBES, G., TAYLOR, E.L., SAKALA, J., GRYGAR, T. 2010. Alluvial and volcanic pathways to silicified plant stems (Upper Carboniferous-Triassic) and their taphonomic and palaeoenvironmental meaning. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 292, 127–143.

MENCL, V. 2007. *Svrchnokarbonská zkřemenělá dřeva vnitrosudetské pánve: Systematika a paleoprostředí*. Diplomová práce. Karlova univerzita, Praha.

MENCL, V., MATYSOVÁ, P., SAKALA, J. 2009. Silicified wood from the Czech part of the Intra Sudetic Basin (Late Pennsylvanian, Bohemian Massif, Czech Republic): systematics, silicification and palaeoenvironment. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen, Band 252*, 269–288.

MENCL, V., HOLEČEK, J., ROESSLER, R., SAKALA, J. 2013a. First anatomical description of silicified calamitalean stems from the upper Carboniferous of the Bohemian Massif (Nová Paka and Rakovník areas, Czech Republic). *Review of Palaeobotany and Palynology* 197, 70–77.

MENCL, V., BUREŠ, J., SAKALA, J. 2013b. Summary of occurrence and taxonomy of silicified *Agathoxylon*-type of wood in late Paleozoic basins of the Czech republic. *Folia Musei rerum naturalium Bohemiae occidentalis. Geologica et Paleobiologica* 47, 1–2, 14–26.

MINÁŘ, P. 1993. Vrcholy Jestřebích hor. *Rodným krajem* 7, 17.

NĚMEJC, F. 1963. *Paleobotanika II, III*. ČSAV, Praha.

NOLL, R., RÖBLER, R., WILDE, V. 2005. 150 Jahre *Dadoxylon* – Zur Anatomie fossiler Koniferen- und Cordaitenhölzer aus dem Rotliegend des euramerischen Florengebietes. *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz* 28, 29–48.

OPLUŠTIL, S. & CLEAL, C. J. 2007. A comparative analysis of some Late Carboniferous basins of Variscan Europe. *Geological Magazine* 144 (3), 417–448.

OPLUŠTIL, S., ŠIMŮNEK, Z., ZAJÍC, J., MENCL, V. 2013. Climatic and biotic changes around the Carboniferous/Permian boundary recorded in the continental basins of the Czech Republic. *International Journal of Coal Geology* 119, 114–151.

PEŠEK, J., OPLUŠTIL, S., KUMPERA, O., HOLUB, V., SKOČEK, V., DVOŘÁK, J., PROUZA, V., TÁSLER, R. 1998. *Paleogeographic atlas, Late Paleozoic and Triassic Formations, Czech Republic*. ČGS, Praha.

PEŠEK, J., HOLUB, V., JAROŠ, J., MALÝ, L., MARTÍNEK, K., PROUZA, V., SPUDIL, J., TÁSLER, R. 2001. *Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky*. Český geologický ústav, Praha.

PETRASCHECK, W. 1913. *Erläuterungen zum geologische Karte Josefstadt und Náchod*. Wien.

PETRASCHECK, W. 1922. Zur Entstehungsgeschichte der sudetischen Karbon- und Rotliegendablagerungen. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 74 (1923), 244–262.

PETRASCHECK, W. 1924. *Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten I*. Wien.

PHILLIPS, T. L. & GALTIER, J. 2005. Evolutionary and ecological perspectives of Late Paleozoic ferns. Part I. Zygopteridales. *Review of Palaeobotany and Palynology* 135, 165–203.

PHILLIPS, T. L. & GALTIER, J. 2011. Evolutionary and ecological perspectives of late Paleozoic ferns. Part II. The genus *Ankyropteris* and the Tedeleaceae. *Review of Palaeobotany and Palynology* 164, 1–29.

PIŠL, M. 1996. *Prapr ales*. Presstar, Turnov.

PIŠL, M. 1997. Zkamenělé dřevo – němý svědek minulosti. *Minerál* 5, 151–158.

PURKYNĚ, C. 1927. O nalezištích zkřemenělých kmenů araukaritových v Čechách, zvláště v Podkrkonoší. *Časopis Národního muzea* CI, 113–131.

PURKYNĚ, C. 1929. Karbon a perm v západním Podkrkonoší. *Rozpravy české akademie věd* 38, 19, 1–34.

RENGER, K. 1858. Skamenělé kmeny v Čechách. *Živa* 6, 254.

RENGER, K. 1863. O skamenělém lese Radvanickém blíž Abspachu a o způsobech skamenění vůbec. *Živa* 11, 362–375.

- RÖBLER, R. 2001. *The Petrified Forest of Chemnitz*. Museum für Naturkunde Chemnitz.
- RÖBLER, R. & NOLL, R. 2002. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien. Geologie, Taphonomie and Fossilführung. *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz* 25, 5–44.
- RÖBLER, R. & NOLL, R. 2006. Sphenopsids of the Permian (I): the largest known anatomically preserved calamite, an exceptional find from the petrified forest of Chemnitz, Germany. *Review of Palaeobotany and Palynology* 140, 145–162.
- RÖBLER, R. & NOLL, R. 2007. *Calamitea* Cotta, the correct name for calamitean sphenopsids currently classified as *Calamodendron* Brongniart. *Review of Palaeobotany and Palynology* 144, 157–180.
- RÖBLER, R. & NOLL, R. 2010. Anatomy and branching of *Arthropitys bistrata* (Cotta) Göppert - new observations from the Permian petrified forest of Chemnitz, Germany. *International Journal of Coal Geology* 83, 103–124.
- RÖBLER, R., FENG, Z., NOLL, R. 2012a. The largest calamite and its growth architecture - *Arthropitys bistrata* from the Early Permian petrified forest of Chemnitz. *Review of Palaeobotany and Palynology* 185, 64–78.
- RÖBLER, R., ZIEROLD, T., FENG, Z., KRETZSCHMAR, R., MERBITZ, M., ANNACKER, V., SCHNEIDER, J. W. 2012b. A snapshot of an early Permian ecosystem preserved by explosive volcanism: new results from the Chemnitz Petrified Forest, Germany. *Palaios* 27, 814–834.
- RÖBLER, R., PHILIPPE, M., VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J. H. A., MCLOUGHLIN, S., SAKALA, J., ZIJLSTRA, G. 2014. Which name(s) should be used for Araucaria-like fossil wood? Results of a poll. *Taxon* 63, 177–184.
- SAKALA, J., MENCL, V., MATYSOVÁ, P. 2009. Nové poznatky o svrchně karbonských prokřemenělých stoncích stromovitých přesliček z Novopacka. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008*, 111–113.
- SCHADE, J. 1896. Über *Araucarites Schrollianus* Göppert. *Das Riesengebirge in Wort und Bild* 16, 3–4, 70–71.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 2007. *Wood Structure and Environment*. 279 pp. Springer, Berlin.
- SOUKUP, J. 1997. Silicifikovaná dřeva v západním Podkrkonoší. *Minerál* 5, 180–182.

STÁRKOVÁ, M., ŠIMŮNEK, Z., MARTÍNEK, K. 2009. Připravovaný výzkum ploužnického obzoru semilského souvrství, jeho geneze a paleoekologické podmínky v době sedimentace. *Acta Musei Turnoviensis* 4, 120–124.

STEWART, N. W. & ROTHWELL, W. G. 1993. *Paleobotany and the Evolution of Plants*. Cambridge University Press, Cambridge.

STIDD, B. M. 1971. Morphology and anatomy of the frond *Psaronius*. *Paleontographica B*, 134, 87–123.

STUR, D. 1877. Zwei Notizen über die Araucariten in nordöstlichen Bohmen. *Verhandlung der Kaiserlich Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 237–240.

TÁSLER, R., ČADKOVÁ, Z., DVOŘÁK, J., FEDIUK, F., CHALOUPSKÝ, J., JETEL, J., KAISEROVÁ-KALIBOVÁ, M., PROUZA, V., SCHOVÁNKOVÁ-HRDLIČKOVÁ, D., STŘEDA, J., STRÍDA, M., ŠETLÍK, J. 1979. *Geologie české části vnitrosudetské pánve*. ÚÚG, ČSAV, Praha.

TAYLOR, T. N., TAYLOR, E. L., KRINGS, M. 2009. *Paleobotany, The Biology and Evolution of Fossil Plants, 2nd edition*. 1230 pp. Elsevier Academic Press, Amsterdam.

TRIVETT, M. L. & ROTHWELL, G. W. 1985: Morphology, Systematics, and Paleocology of Paleozoic Fossil Plants: *Mesoxylon priapi*, sp. nov. (Cordaitales). *Systematic Botany* 10 (2), 205–223.

VALÍN, F. 1956. Hydrodynamické podmínky během sedimentace žaltmanských arkóz. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1956*, 182–183.

VALÍN, F. 1960. Litologie souvrství žaltmanských arkóz. *Sborník ÚÚG* 26, 409–437.

VÍTEK, J. 1986. Araukarity v Nové Pace. *Přírodní vědy ve škole* 37 (5), 175.

VYSOCKÝ, P. 1859. Některé poměry permského útvaru v severozápadních Čechách. *Živa VII*, 211–218.

WALZEL, F. 1938. Versteinerter Wald von Radowenz. *Firgenwald* 11, 30–31.

11. Seznam publikovaných článků

Práce je předkládána jako konvolut níže uvedených článků. Práce č. I, III a IV byly publikovány v mezinárodních impaktovaných časopisech, práce č. II a V v časopisu zařazeném do Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik schváleného Radou vlády pro výzkum, vývoj a inovace. Řazeno chronologicky.

Seznam článků	
I.	Mencl, V., Matysová, P., Sakala, J., 2009. Silicified wood from the Czech part of the Intra Sudetic Basin (Late Pennsylvanian, Bohemian Massif, Czech Republic): systematics, silicification and palaeoenvironment. <i>Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen Band 252</i> , 269–288.
II.	Sakala, J., Mencl, V., Matysová, P., 2009. New data on Upper Carboniferous silicified stems of calamites from the Nová Paka region. <i>Geoscience Research Reports for 2008</i> , 111–113.
III.	Mencl, V., Holeček, J., Roessler, R., Sakala, J. 2013a. First anatomical description of silicified calamitalean stems from the upper Carboniferous of the Bohemian Massif (Nová Paka and Rakovník areas, Czech Republic). <i>Review of Palaeobotany and Palynology</i> 197, 70–77.
IV.	Opluštil, S., Šimůnek, Z., Zajíc, J., Mencl, V. 2013. Climatic and biotic changes around the Carboniferous/Permian boundary recorded in the continental basins of the Czech Republic. <i>International Journal of Coal Geology</i> 119, 114–151.
V.	Mencl, V., Bureš, J., Sakala, J. 2013b: Summary of occurrence and taxonomy of silicified <i>Agathoxylon</i> -type of wood in late Paleozoic basins of the Czech republic. <i>Folia Musei rerum naturalium Bohemiae occidentalis. Geologica et Paleobiologica</i> 47, 1–2, 14–26.