

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Praktická geobiologie



Zavoloko Dmitrii

Přehled popsaných paleozoických makrozbytků zástupců skupiny Monilophyta z oblasti
Českého masivu

Overview of the Monilophyte macroremains in the Paleozoic of Bohemian Massif based
on the literature

Bakalářská práce

Školitel: doc. RNDr. Jakub Sakala, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Josef Pšenička, Ph.D.

Praha, 2019

Poděkování:

Děkuji svému školiteli doc. RNDr. Jakubu Sakalovi, Ph.D. za odborné vedení, čas a nesmírnou trpělivost, se kterou se mi věnoval během vypracovávání bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval celému Ústavu geologie a paleontologie PřF UK za přátelské prostředí a možnost absolvovat obor Praktická geobiologie v dobře organizované a strukturované formě. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat i své rodině za možnost studia na jedné z nejlepších univerzit střední Evropy a podporu během celého mého studia.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval samostatně pod vedením školitele doc. RNDr. Jakuba Sakaly, Ph.D. a že jsem uvedl všechny informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, dne 20.08.2019

Dmitrii Zavoloko

Abstrakt:

Systematika suchozemských rostlin (Embryophyta) prodělala v posledních letech bouřlivý vývoj. V rámci cévnatých rostlin (Tracheophyta) jsou dnes rozlišovány 3 velké skupiny: plavuňovité (Lycophyta), přesličky a kapradiny (Monilophyta) a konečně semenné společně s tzv. „prvosemennými“ rostlinami (Lignophyta). Všechny tyto skupiny jsou v rámci Českého masivu známy už od středního devonu. V karbonu a permu pak podstupují bouřlivý rozvoj. Pro jakýkoliv budoucí systematický výzkum skupiny Monilophyta je v první řadě žádoucí zařadit již publikované paleozoické makrozbytky do nového systematického rámce a podat jejich vyčerpávající přehled.

Klíčová slova:

Monilophyta, Equisetopsida, Marattiopsida, Polypodiopsida, přesličky, kapradiny, devon, karbon, perm, paleobotanika, Český Masiv

Abstract:

Systematics of terrestrial plants (Embryophyta) has undergone a rapid development in recent years. Within the vascular plants (Tracheophyta), three large groups are distinguished today: Lycophyta, horsetails and ferns (Monilophyta), and finally, the seed plants together with progymnosperms (Lignophyta). All of these groups are known in the Bohemian Massif from the middle Devonian. During the Carboniferous and Permian, they undergo a rapid development. For any future systematic research of the Monilophyta, it is first and foremost desirable to include already published Paleozoic macroremains into a new systematic framework and to give them an exhaustive overview.

Keywords:

Monilophyta, Equisetopsida, Marattiopsida, Polypodiopsida, horsetails, ferns, Devonian, Carboniferous, Permian, palaeobotany, Bohemian Massif

Obsah

1. Úvod	2
2. Moderní systém skupiny Monilophyta a jeho vývoj	4
3. Český masiv: stratigrafie, geografie, geologie	8
3.1. Devon	8
3.2. Permokarbon	10
3.2.1. Středočeské a západočeské paleozoikum	12
3.2.2. Sudetské paleozoikum	13
3.2.3. Permokarbon brázd	16
3.2.4. Krušnohorský permokarbon	17
3.2.5. Moravskoslezský spodní karbon	17
4. Přehled paleozoických nálezů Monilophyta v Českém masivu	19
4.1. Devon	19
4.1.1. Equisetopsida	19
4.1.1.1. Cladoxylales	19
4.2. Permokarbon	19
4.2.1. Equisetopsida	19
4.2.1.1. Equisetales	19
4.2.1.2. Sphenophyllales	21
4.2.2. Marattiopsida	22
4.2.2.1. Marattiales	22
4.2.2.2. Zygopteridales	23
4.2.2.3. Stauropteridales	24
4.2.3. Polypodiopsida	24
4.2.3.1. Gleicheniales	24
4.2.3.2. Nejisté postavení	25
4.2.4. Ostatní	25
5. Závěr	25
6. Seznam použité literatury	27

1. Úvod

Zásadním krokem evoluce cévnatých rostlin během devonu bylo oddělení dvou linií v rámci sk. Euphyllophyta, což je makrofylní vývojová linie rostlin. Označujeme je jako Monilophyta (sensu Pryer *et al.*, 2004) a Lignophyta (Smith *et al.*, 2006).

Vývojově pokročilejší linie Lignophyta zahrnuje rostliny schopné druhotného tloustnutí, tzn. produkci sekundárního dřeva na základě bifaciálního kambia. Právě podle této vlastnosti se tato skupina rostlin získala svůj název (z latinského *lignum* – dřevo). Zahrnuje všechny semenné rostliny (Spermatophyta) a taky parafyletickou skupinu předsemenných rostlin (Progymnospermae), které se rozmnožovaly výtrusy i když strukturou dřeva už byly podobné dnešním stromovitým nahosemenným.

Vývojově původnější linie Monilophyta zachovala rozmnožování výtrusy a neměla druhotní netloustnutí až na výjimky. Název Monilophyta je dán podle náhrdelníkovitě uspořádaného protoxylému v centrálním xylémovém svazku, z latinského *monile* – náhrdelník (Pryer *et al.*, 2004). Další důležitý znak sk. Monilophyta je střídání gametofytu a sporofytu v průběhu životního cyklu.

Patří do ní všechny dnešní rostliny ze třídy Polypodiopsida (podtřídy Polypodiidae, Marattidae, Ophioglossidae, Equisetidae) podle klasifikace Pteridophyte Phylogeny Group (PPG I) a fosilní skupina Cladoxylopsida (Pryer *et al.*, 2004). Dnes je známo víc než 11 000 druhů Monilophyta (PPG I). Blízká příbuznost těchto podtřídy byla prokázána dříve (Pryer *et al.*, 2001). Pro pohodlí se v této práci budu snažit navázat klasifikaci PPG I na existující systémy klasifikace fosilních taxonů (Taylor *et al.*, 2009; Novikoff & Barabasz-Krasny, 2015).

Skupinu Monilophyta můžeme rozdělit na dvě další skupiny podle stavby výtrusnic. Označujeme je jako eusporangiátní a leptosporangiátní (Němejc, 1963). Vývojově původnější eusporangiátní zahrnují podtřídy Ophioglossidae, Marattiidae a Equisetidae; leptosporangiátní jsou kapradiny z podtřídy Polypodiidae, která zahrnuje více než 80% druhů všech recentních kapradin (Pryer *et al.*, 2004). Vzájemné vztahy mezi těmito skupinami a jejich vztahy uvnitř skupin jsou stálým předmětem vědeckého výzkumu.

Eusporangiátní sporangium je vývojově původnější, nese výtrusy ve velkém a různém počtu – někdy víc než 1000 spor ve sporangiu (Dilcher *et al.*, 2006), vzniká z několika

iniciálních buněk, je vícevrstevné a není rozlišené na anulus a stomium. Leptosporangiální sporangium mají jenom kapradiny podtřídy Polypodiidae. Je vývojově odvozenější. Vzniká z jedné iniciální buňky, je jednovrstevné a je rozlišené na stomium (otvor, kterým spory vypadávají ze sporangia) a anulus (prstenec, který otvírá výtrusnici). Výtrusů v jednom sporangiu obvykle je 64, ale jejich číslo může být i jiné (Gastony, 1973). V některých případech sporangia rostou po shlucích ve výtrusných kupkách (sorus). U některých druhů dozrávající sory jsou kryty blánovitým útvarem zvaným indusium (ostěra). Vodní kapradiny mají sporangia chráněny pevným obalem, který má název sporokarp. Je patrné, že leptosporangiální kapradiny vznikly ve spodním karbonu (Testo & Sundue, 2016).

Další důležité rozdělení Monilophyta je dáno charakterem sporogeneze. Rozlišují se dva způsoby produkce spor: izosporie a heterosporie. Izosporií vznikají spory morfologicky nerozlišené. Heterosporií vznikají spory, rozlišené velikostně a funkčně – menší samčí mikrospory a větší samičí megaspory, ale někdy může být i naopak (Taylor *et al.*, 2009).

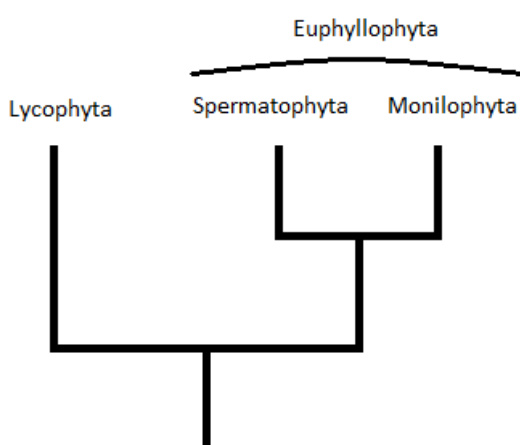
Ze všech recentních zástupců sk. Monilophyta jsou heterosporické jen vodní druhy ze řádu Salviniales, který známe v paleontologickém záznamu ze svrchní křídly, u fosilních rodů pozorujeme heterosporii mnohem širší (Taylor *et al.*, 2009). Jako takovou heterosporii můžeme pozorovat v paleontologickém záznamu už z období devonu (Bateman & DiMichele, 1994).

V rámci Českého masivu jsou známé zbytky všech výše zmíněných skupin. Během času se systematické zařazení mnoha popsaných druhů měnilo, což má za výsledek existenci několika odlišných systémů a postupů k zařazení jednotlivých skupin kapradin. Tato práce má za cíl pokus o jejich sjednocení a porovnání. Taky má za cíl systematizaci stratigrafických poznatku pro zjednodušení budoucích výzkumů v rámci Českého Masivu.

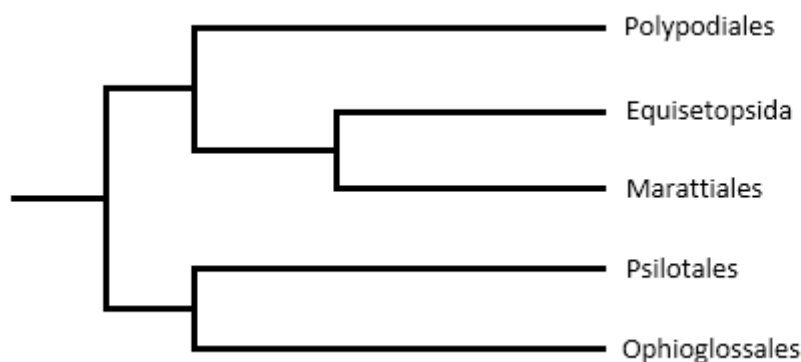
Z hlediska metod a materiálů můžeme skupinu Monilophyta zkoumat mnoha různými způsoby a jejich kombinací, a to jak biologickými přístupy pro výzkum recentních druhů, tak i paleontologickými přístupy pro výzkum druhů fosilních.

2. Moderní systém skupiny Monilophyta a jeho vývoj

Poprvé byl termín *Moniliformopses* (Kenrick and Crane, 1997) použit pro popis infraoddělení rostlin uvnitř pododdělení Euphyllophytina. Moniliformopses byly uvedeny jako sesterská skupina k infraoddělení Radiatopses (zahrnuje rod *Pertica* a superkohortu Lignophytia, která zahrnuje kohortu Spermatophytata). Infraoddělení Moniliformopses zahrnovalo tři různé vývojové linie – Cladoxylopsida (vyhynulá), Sphenopsida (Equisetopsida), a Filicopsida (taky *ferns* sensu Kenrick and Crane), jejichž společným znakem byla mezarchní stavba protoxylému.



Obr. 1 – Fylogenetické vztahy mezi základními vývojovými liniemi cévnatých rostlin. Upraveno podle Pryer *et al.*, 2004.



Obr. 2 – Fylogenetické vztahy mezi základními vývojovými liniemi sk. Monilophyta. Upraveno podle Pryer *et al.*, 2004.

Termín *Monilophyta* (Pryer *et al.*, 2004) na něj navazoval a byl použit jako shrnující pro označení všech megafylních vývojových linií rostlin (viz obrázek 1), které používají spory

pro rozmnožování (*seed-free*): Psilotales (*whisk ferns*), Ophioglossales (*ophioglossoid ferns*), Equisetopsida (*horsetails*), Marattiales (*marattioid ferns*), Polypodiales (*leptosporangiate ferns*). Tento první krok k vytvoření systému Monilophyta byl založen na bázi molekulární analýzy recentních druhů metodou sekvenování DNA. Vzájemné vztahy linií byly uvedeny podle schématu na obrázku 2.

Dalším důležitým krokem rozvoje výzkumu skupiny Monilophyta bylo vytvoření prvního kompletního systému klasifikace recentních druhů na základě molekulárních dat (Smith *et al.*, 2006), který upřesnil taxonomické kategorie uvnitř infraoddělení Monilophyta. Byly rozlišeny 4 třídy:

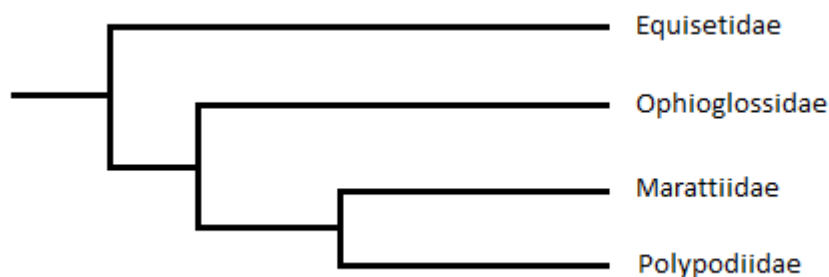
- Psilotopsida (řád Psilotales – 12 druhů v 1 čeledi; řád Ophioglossales – cca 80 druhů v 1 čeledi)
- Equisetopsida, nebo taky Sphenopsida (řád Equisetales – 15 druhů ve dvou podrodech: Equisetum, Hippochaete)
- Marattiopsida (řád Marattiales – cca 150 druhů v 1 čeledi)
- Polypodiopsida, nebo taky Filicopsida (řád Osmundales – cca 20 druhů v 1 čeledi; řád Hymenophyllales – cca 600 druhů v 1 čeledi; řád Gleicheniales – cca 140 druhů ve 3 čeledích; řád Schizaeales – 155 druhů ve 3 čeledích; řád Salviniiales – 91 druh ve 2 čeledích; řád Cyatheales – 663 druhy v 8 čeledích; řád Polypodiales – 7192 druhy v 15 čeledích)

Tato klasifikace se projevila jako úspěšná a v dalších pracích byla jen modifikována, nikoliv zrušena. Další klasifikace (Chase & Reveal, 2009; Christenhusz, 2011, 2014) změnilly ustálenou klasifikaci jen málo. Byly přidány rostliny z mikrofylní vývojové linie (Lycophyta), existující třídy v rámci Monilophyta (nazývané v těchto pracích *ferns*) byly uvedeny jako podtřídy, změněny některé názvy, celkový počet čeledí snížen. Konečným výsledkem se stala klasifikace vydávající čtyři podtřídy v rámci oddělení Polypodiophyta:

- Ophioglossidae – místo Psilotopsida dříve (řád Ophioglossales – cca 80 druhů v 1 čeledi; řád Psilotales – 12 druhů v 1 čeledi)
- Equisetidae (řád Equisetales – 20 druhů v 1 čeledi)
- Marattiidae (řád Marattiales – cca 130 druhů v 1 čeledi)
- Polypodiidae (řád Osmundales – cca 25 druhů v 1 čeledi; řád Hymenophyllales – cca 650 druhů v 1 čeledi; řád Gleicheniales – 178 druhů ve 3 čeledích; řád Schizaeales –

190 druhů v 1 čeledi; řád Salviniales – cca 85 druhů ve 2 čeledích; řád Cyatheales – cca 700 druhů v 1 čeledi; řád Polypodiales – 8474 druhy v 8 čeledích)

Konečným krokem ve vývoji klasifikaci bylo vytvoření v roce 2016 fundamentální práce *A community-derived classification for extant lycophytes and ferns* (PPG I). Mezinárodní skupina vědců *The Pteridophyte Phylogeny Group* představovala 68 univerzit a jiných vědeckých struktur. PPG I byla inspirována a vytvořena pod vlivem již existujícího a velmi podrobně propracovaného systému klasifikace kvetoucích rostlin (Angiospermae) – Angiosperm Phylogeny Group system (APG I), která byla publikována v roce 1998 a od té doby byla přepracována několikrát, v roce 2016 bylo publikováno již 4. vydání – APG IV. Jak zmíněno v PPG I, dnes mezi botaniky dosud neexistuje konsenzus v některých otázkách, a proto je potřeba říct, že se termín *Monilophyta* v klasifikaci PPG I nepoužívá. Místo něj skupina PPG používá termíny *Polypodiopsida* nebo prostě *ferns*.



Obr. 3 – Fylogenetické vztahy mezi základními vývojovými liniemi Monilophyta. Upraveno podle PPG I, 2016.

Celkově PPG I navazuje na předchozí systémy a zásadně se neliší. Skupina Pteridophyta je rozdělena na dvě třídy: Lycopodiopsida a Polypodiopsida [*syn.* Monilophyta]. Třída Polypodiopsida je rozdělena na čtyři podtřídy: Equisetidae, Ophioglossidae, Marattiidae, Polypodiidae. Zásadně se klasifikace liší od starších jen uvnitř podtřídy Polypodiidae, celkový počet čeledí byl zvýšen. Konečná klasifikace:

- Equisetidae (řád Equisetales – 15 druhů v 1 čeledi)
- Ophioglossidae – (řád Ophioglossales – 112 druhů v 1 čeledi; řád Psilotales – 17 druhů v 1 čeledi)
- Marattiidae (řád Marattiales – 111 druhů v 1 čeledi)
- Polypodiidae (řád Osmundales – 18 druhů v 1 čeledi; řád Hymenophyllales – 434 druhy v 1 čeledi; řád Gleicheniales – 172 druhy ve 3 čeledích; řád Schizaeales – 190

druhů ve 3 čeledích; řád Salviniales – 82 druhy ve 2 čeledích; řád Cyatheales – 713 druhů v 8 čeledích; řád Polypodiales – 8714 druhů v 26 čeledích)

Fylogenetické vztahy uvnitř třídy Polypodiopsida jsou na obrázku 3.

Důležité je zmínit, že v paleontologickém záznamu jsou známy další skupiny rostlin, které taky patří do oddělení Monilophyta, ale nepředstavují dnes existující vývojové linie. Ve většině případů systém pro moderní rostliny není aplikovatelný pro fosilní taxony a zařazení druhu do vyššího systematického postavení je problematické. Zvláštní problém spočívá v existenci velkého množství kapradinám podobných fosilních rostlin (zejména ze skupin Pteridospermatophyta a Progymnospermophyta) s velmi podobnou anatomickou stavbou (hlavně jde o stavbu listu) a bez přítomnosti rozmnožovacích orgánů je těžko některé taxony zařadit (Taylor *et al.*, 2009).

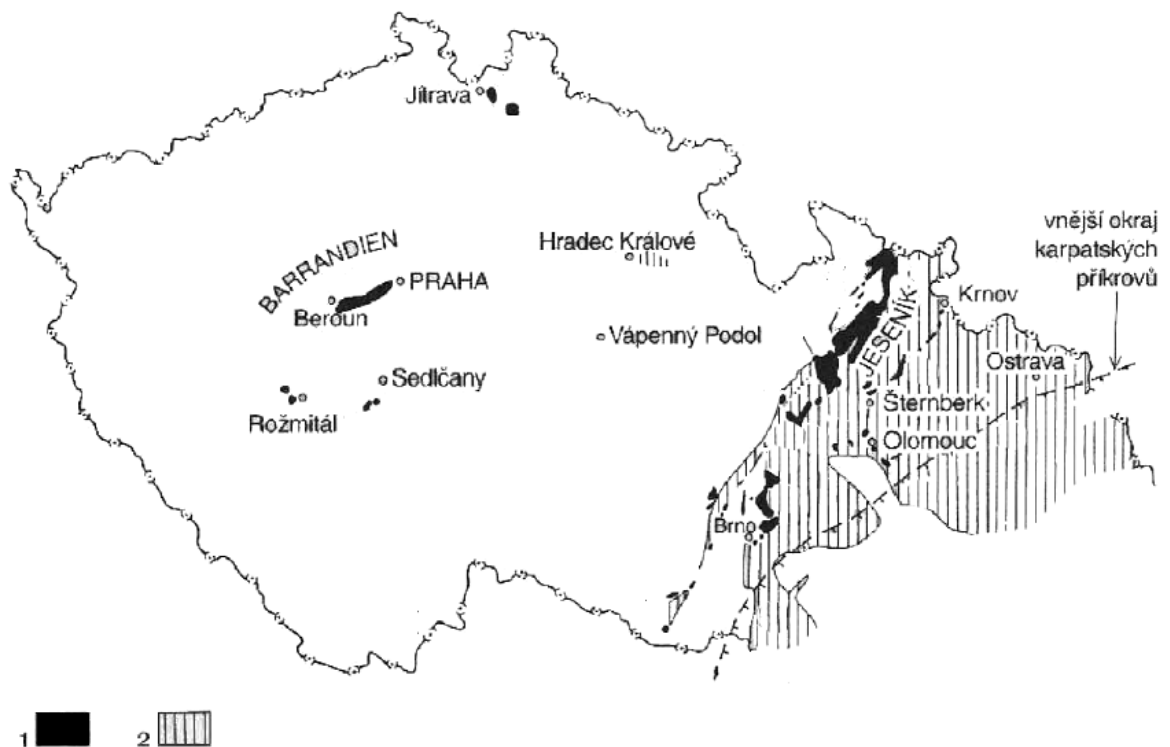
Čeď Calamitaceae patří do řádu Equisetales. Řád Sphenophyllales je sesterský k Equisetales. Řády Zygopteridales a Stauropteridales (včetně Botryopteridaceae) patří do Marattiidae (Novikoff & Barabasz-Krasny, 2015).

Zvláštní postavení má skupina Cladoxylopsida (Pryer *et al.*, 2004), zahrnující řády Iridopteridales a Pseudosporochnales a několik dalších rostlin, jejichž zařazení je problematické. Předmětem diskuzí jsou vzájemné vztahy druhů uvnitř těchto řádů a je otázkou, zda Cladoxylopsida je skupinou monofyletickou nebo parafyletickou (Xue *et al.*, 2010). To je dáno tím, že nálezy jsou fragmentární a ve většině případů neposkytují dostatek informace o anatomické stavbě rostliny (Taylor *et al.*, 2009). Podle některých autorů cladoxylní rostliny jsou příbuzné, možná sesterské skupině Sphenophyta (Taylor *et al.*, 2009) nebo jsou jen čeledí Cladoxylaceae a patří do třídy Equisetopsida (Novikoff & Barabasz-Krasny, 2015). Rostliny skupiny Cladoxylopsida byly rozšířeny v rozsahu střední devon až spodní karbon (Soria & Meyer-Berthaud, 2003). Seznam v části 4 ve výsledku zohledňuje klasifikaci podle Novikoffa & Barabasz-Krasne (2015).

3. Český masiv: stratigrafie, geografie, geologie

3.1. Devon

V období devonu (cca 419–358 Ma) se jednotky budoucího Českého masivu nalézaly v zeměpisných šířkách 15–30° jižní polokoule a jako součást armorické skupiny mikrokontinentů pokračovaly v posunu k SZ (Franke, 2000). Během středního devonu začal vývoj hercynského (variského) systému – jednoho ze dvou, které značně ovlivnily geomorfologii Českého masivu (druhý byl Alpsko-Himálajský). Probíhal v důsledku srážky Laurussie, Armoriky a Gondwany – začátek formování Pangei. Ve svém vývoji pak pokračuje a vrcholí během karbonu (Cocks & Torsvik, 2006).



Obr. 4 – Devonské sedimenty v ČR: 1 – povrchové výskyty, 2 – podpovrchové vrstvy pokryté mladšími sedimenty. Upraveno podle Chlupáče *et al.*, 2002.

Během devonu kvůli pohybu ve směru SZ Český masiv se postupně přemísťoval z mírného klimatického pásma přes sušší subtropické se střídáním vlhkých a suchých období (sedimentace typu Old Red, viz Nehyba *et al.*, 2001) až k tropickému rovníkovému pásmu, kde už vlhčí klima převažovalo. Globálně během devonu panovalo teplejší a vlhčí

klima – tzv. greenhouse (Lakin *et al.*, 2016), ve svrchním devonu došlo ke glaciálnímu eventu (Smith, 1997).

Ve stratigrafickém systému devonských sedimentů Českého masivu rozeznáváme několik hlavních oblastí – Barrandien (pražská pánev), moravskoslezská oblast (výskyty hlavně podpovrchové), středočeskou ostrovní zónu (metamorfované ostrovy), výskyty v podloží české křídové pánve a výskyty v západosudetské oblasti (Chlupáč *et al.*, 2002).

Během devonu aktivně probíhala kolonizace souše rostlinami, jež začala ještě ve svrchním siluru, možná už v ordoviku, což ukazují kryptosporý (Rubinstein *et al.*, 2010). Již ve spodním devonu proběhlo rozdělení euphylophytní vývojové linie rostlin na Monilophyta, Lignophyta. Monilophyta byly zastoupeny zejména třídou Cladoxylopsida (Gerrienne *et al.*, 2016). Ve svrchním devonu vznikly na Zemi první deštné lesy (Copper, 2002). Je patrné, že právě rozsáhlé rozšíření lesů vedlo ke spouštění mechanismů globálního vymírání organismů ve svrchním devonu (Lu *et al.*, 2019).

Paleontologické nálezy zbytků rostlin ze skupiny Monilophyta jsou známé jen ze srbského souvrství z Barrandienu (viz obrázek 4).

Střední devon dělíme na dva stupně – eifel (cca 387.7–393.3 Ma) a givet (cca 382.7–387.7 Ma). Sedimentace srbského souvrství začala na hranici eifelu a givetu – přibližně 387 Ma.

Sedimentace předchozího choteckého souvrství (která probíhala celý eifel) byla ukončena tzv. kačáckým eventem – globální mořskou transgresí délkou kolem 200 tis. let (Ellwood *et al.*, 2011), během níž došlo ke vstupu hlubokomořských chladných vod do oblasti šelfových moří Rheického oceánu. Je patrné, že Český masiv měl podobu oblasti ostrovů (Jurina *et al.*, 2011). Kačácký event byl charakterizován vznikem anoxických podmínek na dně a kvůli tomu drastickým poklesem biodiverzity bentózních faun (Chlupáč, 1988). Suchozemskou floru event neovlivnil, vymírání není pozorováno (Jurina *et al.*, 2011). V průběhu kačáckého eventu sedimentace probíhala ve formě vápnatých břidlic (Chlupáč & Kukul, 1986).

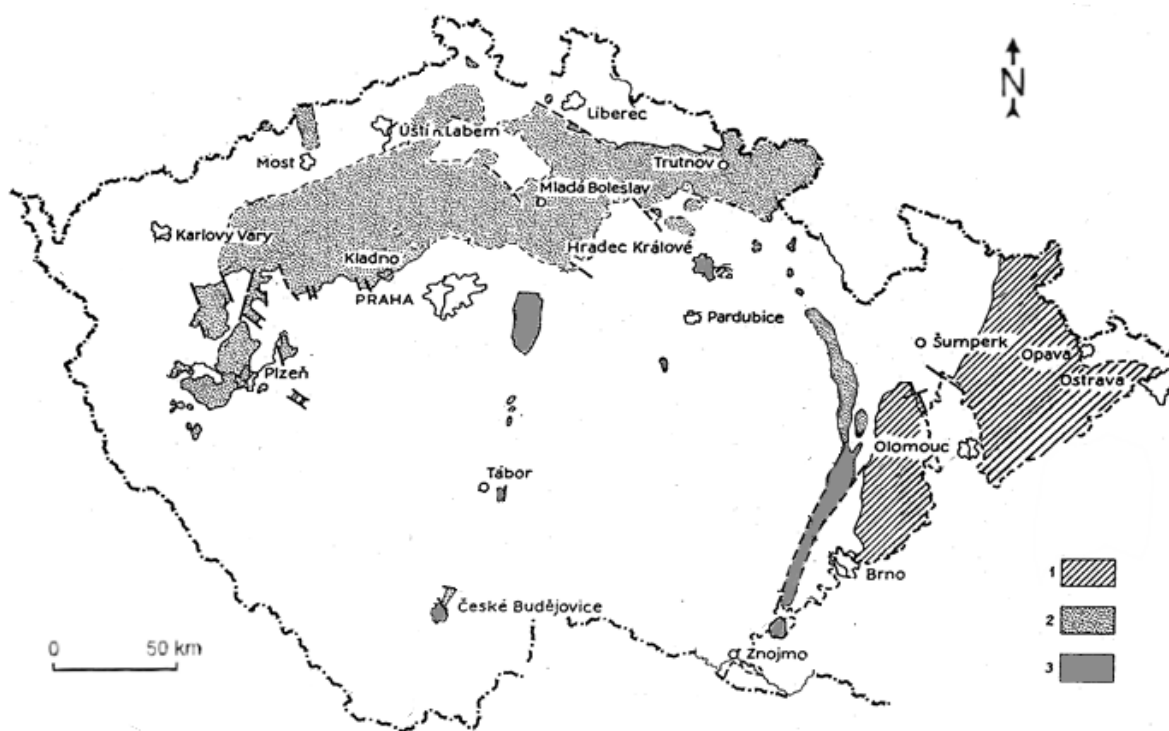
Na kačácké vrstvy v rámci srbského souvrství dále nasedají vrstvy roblínské, které se usazovaly ve formě prachovitých břidlic až prachovců. Změna podmínek sedimentace je vázána na tzv. roblínský event, během něhož došlo k rapidnímu zvýšení přínosu klastického materiálu současně se zvýšením tektonické aktivity v rámci variské orogeneze

(Chlupáč *et al.*, 2002). Vzestup tektonické aktivity je důsledkem kolize Bohemika se Saxothuringikem a Moldanubikem (Kukal & Jäger, 1988) – formování jádra Českého masivu. Flora roblínských a kačáckých vrstev se zásadně neliší, fragmentarita fosilních zbytků ukazuje na přenos materiálu z pevniny víceméně energetickým prostředím (Jurina *et al.*, 2009).

Mocnost kačáckých vrstev je 3–20 metrů, mocnost roblínských vrstev pak 100–200 metrů (Chlupáč *in* Klomínský, 1994).

Sedimentární záznam devonu v Barrandienu srbským souvrstvím skončí.

3.2. Permokarbon



Obr. 5 – Permokarbonské sedimenty v ČR: 1 – moravskoslezský spodní karbon, 2 – limnické permokarbonské pánve (sudetské, středočeské a západočeské mladší paleozoikum), 3 – mladší paleozoikum brázd. Upraveno podle Chlupáče *et al.*, 2002.

V karbonu pokračovala a vrcholila variská orogeneze. Probíhala kolize Laurussie a Gondwany, která se ukončila v době mezi 340–310 Ma. Během spodního karbonu došlo ke kolizi Armorického systému mikrokontinentů a Laurussie a jejich postupné konsolidaci

(Cocks & Torsvik, 2006). Tím došlo k úplnému uzavření Rheického oceánu (Nance *et al.*, 2012). V rámci Českého masivu probíhala kolize a konsolidace jádra (Bohemikum + Saxothuringikum + Moldanubikum) a Moravosilezika (Chlupáč *et al.*, 2002). Ke konci karbonu se Český masiv nacházel v rovníkových zeměpisných šířkách (Krs & Pruner, 1995).

Klimatické podmínky karbonu v rámci Českého masivu odpovídaly vlhkému rovníkovému tropickému pásmu. Sedimentační prostředí bylo charakteristické pro oblasti s významnou tektonickou a vulkanickou činností, horotvornými a erozními procesy (Chlupáč, 2002). V důsledku kolapsu konsolidované epivariské desky došlo ke vzniku rozsáhlých zlomů, což mělo následkem vznik pánví (Pešek *et al.*, 2001). Velká vulkanická činnost znamenala otevření tafonomických oken v důsledku pohřbení organické hmoty vulkanickým a klastickým materiálem.

Bujný růst vegetace v podmínkách vlhkého klimatu (šíření deštných lesů), vznik rozsáhlých rašelin, rychlá sedimentace organického materiálu, neefektivní činnost dekompozitorů, často anoxické podmínky u dna vodojemů, orogenní činnost a na ni vázané metamorfózy organikou bohatých sedimentů měly za následek tvorbu uhelných vrstev (Waters & Davies, 2006). Důležitým globálním klimatickým výkyvem byla karbonsko-permská glaciace, která trvala víceméně celý karbon a spodní perm s glaciálním maximem před 280 mil. let (Smith, 1997). Během svrchního karbonu a permu došlo k postupné a pomalé aridizaci globálního klimatu, uhelné vrstvy se tvořily jen málo, ve svrchním permu vůbec (DiMichele *et al.*, 2006). Ke konci permu převažovala eolická a výparná sedimentace (Soreghan & Soreghan, 2002), aridní klima se sezonními výkyvy na větší části Pangey včetně Českého masivu. V Českém masivu sedimentace permských vrstev přímo navazovala na karbonské, proto limnické pánve jmenujeme a bereme celkově jako permokarbonské.

Na rozdíl od devonu a spodního karbonu sedimentace ve svrchním karbonu a permu až na výjimky probíhala výhradně v kontinentálním prostředí místy s výkyvy mořských záplav (Chlupáč, 2002).

Permokarbonský systém Českého masivu dělíme na několik základních jednotek s různým geologickým vývojem a odlišným sedimentačním prostředím (Pešek *et al.*, 2001). Rozlišujeme pánve západočeského, středočeského a sudetského svrchního paleozoika, neboli *Pilsen–Trutnov Basin Complex* (Cháb *et al.*, 2008), krušnohorské

svrchní paleozoikum (jen málo rozsáhlé) a svrchní paleozoikum brázd. Ze všech těchto jednotek až na některá výjimečná souvrství jsou známy paleontologické výskyty rostlinných zbytků.

3.2.1. Středočeské a západočeské paleozoikum

Středočeské a západočeské paleozoikum reprezentují pánve manětínská, plzeňská, žihelská, radnická, kladensko-rakovnická a mšensko-roudnická. Sedimenty středočeského a západočeského permokarbonu jsou místy až 1400 metrů mocné o rozloze cca 6000 km², nasedají na hiát (Pešek *et al.*, 2001). Jsou částečně překryty horninami české křídové pánve, terciéru a kvartéru. Podloží tvoří horniny převážně proterozoické. Sedimentace probíhala v rozsahu duckmant (westphal B) až svrchní autun (Opluštil *et al.*, 2016). V rámci středočeského a západočeského permokarbonu se rozeznávají 4 souvrství:

- kladenské souvrství – sedimentace v rozsahu duckmant až cantabr (Opluštil *et al.*, 2016). Výskyt skoro na celém území středočeské a západočeské pánve. Dělí se na vrstvy radnické (až 260 metrů mocné) a nýřanské (až 495 metrů mocné), oddělené hiátem (Pešek *et al. in* Klomínský, 1994). Radnické vrstvy jsou odděleny hiátem a tím tvoří dvě jednotky (Opluštil *et al.*, 2016). Převážně šedé aleuropelity, pískovce, arkózy, slepence a brekcie, často velký obsah organické hmoty. Uhelná souslojí: plzeňské, radnické, lubenské souslojí v rámci radnických vrstev, touškovské, nýřanské, chotíkovské, nevřeňské sloje v rámci nýřanských vrstev. V rámci nýřanského souvrství důležité obzory: mirošovický, komberský. V rámci radnických slojí je vydělen brouskový obzor (tufy a tufity několik metrů mocné), na bázi kterého leží důležitý korelační horizont ve formě argilitizovaného vulkanogenního pískovce – tzv. bělka (Orlov, 1941). Radiometrickou analýzou zjištěno stáří její sedimentace: cca 314,36 Ma. Období ukládání radnických vrstev bylo nejvíce vulkanicky aktivním obdobím z celého karbonu v rámci Českého masivu (Pešek, 1975). Skončí hiátem (Opluštil *et al.*, 2016).
- týnecké souvrství – sedimentace v rozsahu barruel až střední saber (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost 100–200 metrů. Červené nebo pestrobarevné aleuropelity, arkózy, pískovce, slepence, jílovce jezerního původu. Uhelné sloje reprezentují tatinské slojky

(Pešek *et al. in* Klomínský, 1994). Tufová vrstva: event 303,73 Ma (Opluštil *et al.*, 2016).

- slánské souvrství – sedimentace v rozsahu střední až spodní stephan B (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost 100–250 metrů. Velmi pestré složení. Dělí se na vrstvy jelenické, mšecké, hředelské, ledecké, kamenomostecké. Pískovce, arkózy, barevné a šedé aleuropelity, uhelné sloje (mělnické, kounovské souslojí), jílovce jezerního původu, laminity a rytmy, karbonáty (Pešek *et al. in* Klomínský, 1994). Sloje tufů a tufitů: eventy 301,5 a 302,47 Ma. Ta druhá sloj je důležitým korelačním horizontem (mšecký horizont) skoro pro celý systém limnických pánví (Opluštil *et al.*, 2016).
- línské souvrství – sedimentace v rozsahu stephan B až svrchní autun (Opluštil *et al.*, 2016). Sedimentuje po hiátu. Převážně barevné aleuropelity, pískovce, slepence, karbonáty. Vrstvy tufů, andezitový vulkanismus (Pešek *et al. in* Klomínský, 1994).

3.2.2. Sudetské paleozoikum

Sudetské (neboli lugické) svrchní paleozoikum je reprezentováno pánvemi českokamenickou, mnichovohradišťskou, podkrkonošskou, vnitrosudetskou a orlickou. Během westphalu D došlo ke spojení sudetských pánví se středočeskými za vzniku jediného systému obloukovitého tvaru (Pešek *et al.*, 2001).

Orlická pánev reprezentuje sedimenty spodnopermského (autun, saxon) stáří bez paleontologických nálezů (Martínek *in* Pešek *et al.*, 2001). Je cca 40 km protáhlá a 2–4 km široká, mocnost 1000–1700 metrů. Horninami jsou aleuropelity, pískovce, slepence.

Českokamenická pánev je struktura o rozloze 300 km² a maximálně 1 km mocná. Je zcela pohřbená pod mladšími sedimenty, což znamená výzkum jen pomocí vrtů (Holub *in* Pešek, 2001). Dělí se na dva oddíly: spodní (odpovídá semilskému souvrství) a svrchní (odpovídá vrchlabskému souvrství).

Mnichovohradišťská pánev je struktura o rozloze cca 1250 km², téměř zcela pokrytá sedimenty křídové pánve, na povrch vychází jen cca jedna setina její plochy (Tásler *in* Pešek, 2001), sedimentace v rozsahu astur až svrchní autun (Opluštil *et al.*, 2016). Podkrkonošská pánev je 1800 metrů mocná o rozloze 1100 km². Sedimentace v rozsahu

střední astur až scyth (nejspodnější trias). Rozsáhlý andezitoidní vulkanismus. Místy je překryta sedimenty křídý, terciéru a kvartéru (Prouza & Tásler *in* Pešek, 2001).

Velká podobnost sedimentů umožňuje používat stejné litostratigrafické schéma pro tyto pánve (Tásler *in* Pešek, 2001), stejně jako v případě středočeských a západočeských pánví. V rámci podkrkonošské a mnichovohradištské pánví se rozeznávají 9 souvrství, z nichž poslední 3 (trutnovské, bohoslavické, bohdašínské) ve mnichovohradištské pánvi zastoupeny nejsou, ale jsou zastoupeny v pánvi vnitrosudetské:

- kumburské – sedimentace v rozsahu astur až spodní saber (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost cca 650 metrů. Dělí se na brusnické vrstvy a štikovské arkózy. Nasedá na hiát (*Leonian tectonic event*). Barevné aleuopelity, pískovce, slepence, brekcie, psefity, dacitová tělesa (Prouza & Tásler *in* Pešek, 2001). Koreluje s kladenským a týneckým souvrstvím ve středočeských a západočeských pánvích, s odolovským souvrstvím vnitrosudetské pánve. Je rozděleno hiátem (*Asturian tectonic event*).
- syřenovské souvrství – sedimentace v saberu (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost cca 120 metrů. Pestrobarevné, šedé jílovce, pískovce, arkózy, syřenovské uhelná souslojí, obzor černých jílovců s tufy, odpovídajícími stratigraficky mšeckému horizontu (Prouza & Tásler *in* Pešek, 2001). Sedimentace je přerušena tektonickou aktivitou (*Intra-Stephanian tectonic event*).
- semilské souvrství – sedimentace v nejspodnějším autunu (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost cca 400 metrů. Petromiktní psefity, psamity, červené aleuopelity, slepence, jílovce, vulkanoklastika. Štěpanicko-čikvasecký obzor: prachovce, jílovce, uhelné sloje. Ploužnický obzor: prachovce, jílovce, silicity, vápence (Prouza & Tásler *in* Pešek, 2001).
- vrchlabské souvrství – sedimentace ve spodním autunu (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost cca 450 metrů. Pískovce, pelity, bitumenní pelity, vápence, vulkanoklastika. Rudnický, hájský a kozinecký obzory (Prouza & Tásler *in* Pešek, 2001).
- prosečenské souvrství – sedimentace ve středním autunu (Opluštil *et al.*, 2016). Mocnost cca 400 metrů. Aleuopelity, prachovce, vápence, silicity, vulkanoklastika. Nejjemnější sedimenty podkrkonošské pánve. Důležité tufitické obzory: hornobranský, mladobucký (Prouza & Tásler *in* Pešek, 2001).
- chotěvické souvrství – sedimentace ve svrchním autunu (Opluštil *et al.*, 2016). Skončí hiátem (*Saale tectonic event*). Mocnost cca 400 metrů. Aleuopelity, psefity, psamity,

slepence, brekcie. Aridizace klimatu v době sedimentace: sedimentační prostředí periodických vodních toků a jezer.

- trutnovské souvrství – sedimentace v saxonu. Slepence, barevné aleuropelity, karbonáty (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Neobsahuje fosilní floru. Další aridizace klimatu v době sedimentace.
- bohoslavické souvrství – sedimentace v thuringu. Pískovce, slepence, dolomit (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Neobsahuje fosilní floru. Aridní klima: výparná sedimentace.
- bohdašinské souvrství – sedimentace v scythu. 30–120 m mocné. Kaolinické pískovce, arkózovité pískovce, aleuropelity, slepence (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Neobsahuje fosilní floru. Sedimentační prostředí jezer typu playa, zaznamenána eolická činnost (Mikuláš *et al.*, 1991).

Poslední 3 souvrství jsou společné s vnitrosudetskou pánví a mají stejný charakter.

Vnitrosudetská pánev je cca 5 km mocná o rozloze 1800 km² (Spudil & Tásler *in* Pešek, 2001). Velká část pánve leží na území Polska. Sedimentace ve vnitrosudetské pánvi byla ze všech ostatních pánví nejvíc časově rozsáhlá: ta probíhala v rozsahu visé až scyth (nejspodnější trias) s několika hiáty (Opluštil *et al.*, 2016). V rámci vnitrosudetské pánve se rozeznávají 8 souvrství:

- blažkowské souvrství – sedimentace v rozsahu visé až namur A. Až 450 metrů mocné. Petromiktní slepence, aleuropelity (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Skončí hiátem – *Erzgebirge tectonic event* (Opluštil *et al.*, 2016).
- žacléřské souvrství – sedimentace v rozsahu namur B až nejsvrchnější bolsov. Až 1300 metrů mocné. Dělí se na vrstvy lampertické, dolsko-žďárecké (skončí hiátem – *Intra-Westphalian tectonic event*), petrovické. Psefity, psamity, slepence, brekcie, aleuropelity, uhlí (obzory Aegidi, Štrumpfbašský, Petrovice, Závrch; sloje bukovské, strážkovské; doly Vilemína, Jan Šverma), ryolitové, andezitové tufy (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Skončí hiátem – *Leonian tectonic event* (Opluštil *et al.*, 2016).
- odolovské souvrství – sedimentace v rozsahu střední astur až střední saber. Až 1500 metrů mocné. Dělí se na vrstvy svatoňovické a jívecké, jsou rozděleny hiátem (*Asturian tectonic event*). Pestré aleuropelity, pískovce, arkózy, slepence, karbonáty, jílovce, uhlí: svatoňovické, radvanické souslojí (s tufy, odpovídajícími mšeckému

horizontu); obzory Vítových dolů a bysterský (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Skončí hiátem – *Intra-Stephanian tectonic event* (Opluštil *et al.*, 2016).

- chvalečské souvrství – sedimentace v rozsahu stephan C až spodní autun. Mocnost až 600 metrů. Dělí se na vrstvy verněřovické, bečkovické. Pestré aleuropelity, slepence, uhlí: sloj od Rybníčku (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994).
- broumovské souvrství – sedimentace v rozsahu spodní až svrchní autun, ukončeno hiátem. Dělí se na vrstvy noworudské, olivětínské, martínkovské. Barevné a šedé aleuropelity, pískovce, slepence, karbonáty, melafyry, vulkanoklastika (Tásler *et al. in* Klomínský, 1994). Sedimentace je přerušena tektonickou aktivitou – *Saale tectonic event* (Opluštil *et al.*, 2016).
- trutnovské souvrství.
- bohuslavické souvrství.
- bohdašínské souvrství.

3.2.3. Permokarbon brázd

Blanická brázda je cca 200 km dlouhá, až 12 km široká, protáhlá ve směru SSV-JJZ struktura tektonického původu, vyvinutá nad zlomovou zónou během intrastephanské fáze variské tektogeneze a vyplněná sedimenty až po její skončení. Je z velké části ukryta sedimenty křídý a kvartéru, částečně terciéru. Sedimentace v brázdě probíhala v rozsahu stephan C až svrchní autun (Holub *in* Pešek, 2001). Mocnost sedimentů permokarbonu je 50–600 metrů. Obsahuje souvrství černokostelecké (vrstvy peklovské a lhotické) a českobrodské (vrstvy chýnovské a bulánské). Je vyplněna sedimenty fluvialního a jezerního původu typu red beds (Pešek & Skoček, 1999). Jsou zaznamenány výskyty uhlí se zvýšeným obsahem zlata, stříbra a vanadu (Bouška, 1966). Černokostelecké souvrství: pískovce, arkózy, aleuropelity, karbonáty, silicifikované sedimenty, uhlí včetně antracitu (spodní a svrchní uhelný obzor). Českobrodské souvrství: psamity, aleuropelity, slínovce, bulánská brekcie.

Boskovická brázda je cca 100 km dlouhá, 3–10 km široká struktura protáhlá ve směru SSV-JJZ, vzniklá nad zlomovou zónou (Jaroš & Malý *in* Pešek, 2001). Sedimentace v rozsahu stephan C až svrchní autun. Je vyplněna cyklicky vyvinutými sedimenty fluvialními a jezerními sedimenty s výskyty vulkanoklastik (Jirásek *et al.*, 2017). Mocnost

sedimentů může dosahovat 5–6 km. Brázda je částečně ukryta sedimenty křídý, terciéru a kvartéru. Obsahuje souvrství rosicko-oslavanské, padochovské, veverskobítyšské a letovické. Hlavně slepence, psamity, aleuropelity, brekcie, pelokarbonátové obzory. Uhlí: rosicko-oslavanské souslojí (Havlena *et al.* in Klomínský, 1994).

3.2.4. Krušnohorský permokarbon

V Krušných horách jsou dva výskyty permokarbonu: u Brandova a u Teplic. Jsou to pánevní reliktů jen málo rozsáhlé. Výskyt u Brandova je cca 5 km² velké těleso o mocnosti cca 280 m, vyplněné sedimenty dvou oddílů. Spodní oddíl představují westphalské fosiliférní sedimenty. Typickými horninami jsou slepence, brekcie, pískovce, arkózy, prachovce, jílovce, uhlí včetně antracitu, vulkanoklastika (Spudil *in* Pešek, 2001). Sedimentace je přerušena a obnovuje se ve stephanu a pokračuje až do středního permu. Svrchní oddíl je představen pestře zbarvenými slepenci, pískovci a prachovci (Chlupáč *et al.*, 2002) bez fosilií. Jsou zde polohy tufů. Výskyty u Teplic jsou reprezentovány vulkanoklastickými paleontologicky málo významnými sedimenty z období bolsovu a velkým tělesem teplického ryolitu, jehož komplexní vývoj probíhal postupně od westphalu až do permu. Jde o těleso až 8 km mocné o ploše cca 80 km² (Hoth *et al.*, 1995).

3.2.5. Moravskoslezský spodní karbon

Sedimenty spodního karbonu jsou přítomny taky v podloží Karpat na Moravě, Nížkého Jeseníku, Dražanské vrchoviny a Hornoslezské pánve. Během spodního karbonu sedimentace probíhala v mořském prostředí: ve spodní části ve formě vápenců a břidlic, navazovala na devonskou sedimentaci; při hranici tournai-visé došlo ke změně a nástupu kulmského vývoje, který byl charakterizován projevy variské orogeneze a měl zcela odlišný sedimentační ráz (Chlupáč *et al.*, 2002). Na rozdíl od svrchnokarbonské limnické sedimentace, mají sedimenty v Moravosileziku mořský a paralický charakter. Uhelny sloje vznikaly v podmínkách lagun a delt se střídáním mořských a brakických podmínek.

Spodnokarbonské sedimenty podloží Karpat na Moravě a jihovýchodní části Dražanské vrchoviny představují líšeňské, ponikevské, rozstáňské, myslejovické a ostravské

souvrství (to poslední je už svrchnokarbonské z namuru). Vápencová a břidlicová sedimentace líšeňského souvrství přímo pokračovala z devonu (Chlupáč *et al.*, 2002), hranice devon-karbon není určena. Mocnost líšeňského souvrství v rámci karbonu nepřesahuje 150 m. Začátek kulmského vývoje ve svrchním tournai je označen přítomností brekcií, vulkanoklastik a několika hiáty (Dvořák *in* Klomínský, 1994) a nástupem slepenců, drob a pískovců. V severozápadní části Dražanské vrchoviny kulmský vývoj je představen velenovskými břidlicemi a brodeckým souvrstvím (droby a flyše). V severní části podloží Karpat moravické souvrství nasedá na březinské břidlice a hádsko-říčské vápence, představeno je taky hradecko-kyjovské souvrství (flyše, slepence). Ostravské souvrství (pískovce, břidlice a uhelné sloje včetně mocné sloje Prokop) je mnohem mocnější v severní části podloží Karpat – cca 2 km oproti 1 km; je tady taky reprezentováno moravickým souvrstvím (společně s Nízkým Jeseníkem). V severní části podloží Karpat na ostravské souvrství nasedá cca 1 km mocné karvinské souvrství, jehož sedimentace probíhala v kontinentálním prostředí v rozsahu střední namur až spodní westphal. Je složené hlavně pískovci, břidlicemi se silicity a uhelnými slojemi (Chlupáč *et al.*, 2002).

Nízký Jeseník představuje sedimenty tournai (andělskohorské flyšové souvrství cca 1 km mocné (Dvořák *in* Klomínský, 1994), jesenecké vápence, ponikevské břidlice s lydity, brekcie, bazalty), a až 2 km mocné hornobenešovské souvrství – kulmský vývoj visé (Chlupáč *et al.*, 2002). Na východě taky cca 1 km mocné moravické souvrství (droby, flyše, břidlice a prachovce).

Hornoslezská pánev je struktura trojúhelníkového tvaru o rozloze cca 7000 km², ze kterých jen cca 1500 km² jsou na českém území. Jedná se o nejvýznamnější uhelnou pánev. Výplň je charakterizována mořskými, paralickými až jezerními sedimenty stáří visé až trias (Chlupáč *et al.*, 2002), na českém území ale jen v rozsahu visé až assel (Opluštil *et al.*, 2017). Je částečně překryta terciárními sedimenty. Obsahuje souvrství hradecko-kyjovické (cca 1500 m mocné), ostravské (cca 3 km mocné) a karvinské (cca 1 km mocné). Hradecko-kyjovské souvrství (visé) je v bázi pánve a je flyšové. Ostravské souvrství (spodní namur) je pestře složené, představuje paralickou uhlonosnou molasu (cyklicky opakující se mořské až kontinentální facie) a dělí se na vrstvy petřkovické, hrušovské, jaklovecké a porubské. Pískovce, prachovce, uhelné sloje (až antracit), jílovce, vrstvy ryolitových tufů (tonsteiny, brousky). Stopy mořských záplav (Vašíček & Dopita *in* Klomínský, 1994). Karvinské souvrství (střední a svrchní namur, na území Polska až do

permu) není už tvořeno mořskými sedimenty – kontinentální uhlonosná molasa. Sedimentuje po hiátu, báze je tvořena rozsáhlou uhelnou slojí Prokop (5–15 m mocná) a je dále tvořena cyklicky střídajícími sedimenty. Pískovce, prachovce, uhelné sloje, jílovce.

4. Přehled paleozoických nálezů Monilophyta v Českém masivu

4.1. Devon

4.1.1. Equisetopsida

4.1.1.1. Cladoxylales

Pseudosporochmus POTONIÉ & BERNARD, 1903. Výskyt v srbském souvrství Barrandienu (J. Obrhel. 1961).

4.2. Permokarbon

4.2.1. Equisetopsida

4.2.1.1. Equisetales

Annularia STERNBERG, 1821. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví; v žacléřském a odolovském souvrství v rámci vnitrosudetské pánve; v syřenovském, semilském souvrství, v rudnickém obzoru v rámci podkrkonošské pánve; ve všech souvrstvích v rámci mnichovohradišťské pánve; ve všech souvrstvích v rámci permokarbonu blanické brázdy; ve všech souvrstvích v rámci boskovické brázdy; ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); v karvinském souvrství v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997).

Archaeocalamites STUR, 1875. Výskyt v kyjovickém souvrství v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997); v myslejovickém souvrství v rámci karbonu Dražanské vrchoviny (Chlupáč *et al.*, 2002).

Asterophyllites BRONGNIART, 1828. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví; v žacléřském a odolovském souvrství v rámci vnitrosudetské pánve; v syřenovském, semilském souvrství, v rudnickém obzoru v rámci podkrkonošské pánve; ve lhotických vrstvách v rámci blanické brázdy; ve všech souvrstvích v rámci boskovické brázdy s výjimkou veverskobítýšského souvrství; výskyt ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); v karvinském souvrství v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997).

Calamariophyllum HIRMER 1927. Výskyt v karvinském souvrství v rámci polské části hornoslezské pánve (Pavela, 2018); v radnických vrstvách v rámci radnické pánve (Opluštil *et al.*, 2009).

Calamites BRONGNIART, 1828. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví s výjimkou týneckého souvrství; v lampertických a dolsko-žďárských vrstvách v rámci žacléřského souvrství, v olivětinských vrstvách v rámci broumovského souvrství (vnitrosudetská pánev); v syřenovském, semilském, vrchlabském (rudnický obzor), prosečenském souvrství v rámci podkrkonošské pánve; v syřenovském souvrství a v rudnickém obzoru v rámci mnichovohradištské pánve; ve všech souvrstvích v rámci permokarbonu blanické brázdy; ve všech souvrstvích v rámci boskovické brázdy s výjimkou veverskobítýšského souvrství; výskyt ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); v karvinském souvrství v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997).

Calamostachys SCHIMPER, 1880. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví; v jíveckých vrstvách v rámci odolovského souvrství, v verněřovických vrstvách v rámci chvalečského souvrství (vnitrosudetská pánev); ve všech souvrstvích v rámci podkrkonošské pánve s výjimkou kumburského souvrství; ve lhotických vrstvách v rámci blanické brázdy; v padochovském souvrství v rámci boskovické brázdy (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Cingularia WEISS, 1870. Výskyt v lubenském souslojí radnického souvrství v rámci kladensko-rakovnické pánve (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Dichophyllites BORSUK, 1960. Výskyt v ostravském souvrství v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997).

Huttonia STERNBERG, 1837. Výskyt v radnickém souslojí v rámci středočeských a západočeských pánví (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Macrostachya SCHIMPER, 1869. Výskyt v nýřanských vrstvách v rámci kladenského souvrství, v slánském souvrství v rámci středočeských a západočeských pánví; v rosicko-oslavanském souvrství v rámci boskovické brázdy (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Mesocalamites HIRMER, 1927. Výskyt ve všech souvrstvích v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997); v moravickém souvrství v rámci Nízkého Jeseníku (Chlupáč *et al.*, 2002).

Metacalamostachys HIRMER, 1927. Výskyt v rosicko-oslavanském souvrství v rámci boskovické brázdy (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Paleostachya WEISS, 1876. Výskyt v kladenském souvrství v rámci středočeských a západočeských pánví (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

4.2.1.2. Sphenophyllales

Bowmanites BINNEY, 1871. Výskyt v radnických vrstvách v rámci středočeských a západočeských pánví (Libertín *et al.*, 2008); v lampertických vrstvách v rámci vnitrosudetské pánve (Bek *et al.*, 2009).

Lilpopia CONERT & SCHAARSCHMIDT, 1970. Výskyt v týneckém a slánském souvrství v rámci středočeského a západočeského permokarbonu; v jíveckých vrstvách v rámci vnitrosudetské pánve (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Sphenophyllum BRONGNIART, 1822. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví; v žacléřském a odolovském souvrství v rámci vnitrosudetské pánve; v syřenovském, semilském souvrství, v rudnickém obzoru v rámci podkrkonošské pánve; v syřenovském souvrství v rámci mnichovohradištské pánve; v peklovských, lhotických vrstvách v rámci permokarbonu blanické brázdy; ve všech souvrstvích v rámci permokarbonu boskovické brázdy; výskyt ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); ve všech souvrstvích v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997); ve hradecko-kyjovském souvrství v rámci

karbonu Nížkého Jeseníku; v ostravském souvrství v rámci polské části hornoslezské pánve (Pavela, 2019).

4.2.2. Marattiopsida

4.2.2.1. Marattiales

Acitheca SCHIMPER, 1879. Výskyt v nýřanských vrstvách v rámci západočeských a středočeských pánví (Bek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Cyathocarpus WEISS, 1869. Výskyt v týneckém, slánském a línském souvrství v rámci západočeských a středočeských pánví (Opluštil *et al.*, 2016).

Dactylotheca ZEILLER, 1883. Výskyt v kladenském a slánském souvrství v rámci západočeských a středočeských pánví (Bek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Diplazites GÖPPERT, 1836. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví (Opluštil *et al.*, 2016).

Lobatopteris WAGNER, 1958. Výskyt v žacléřském souvrství; v broumovském souvrství v rámci vnitrosudetské pánve (Pavela, 2018); v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009); v radnických vrstvách v rámci radnické pánve (Pšenička & Opluštil, 2011).

Pecopteris STERNBERG, 1825. Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví; ve všech souvrstvích v rámci vnitrosudetské pánve s výjimkou blažkovského souvrství a petrovických vrstev v rámci žacléřského souvrství; v syřenovském souvrství v rámci mnichovohradišťské pánve; v peklovských, lhotických vrstvách v rámci permokarbonu blanické brázdy; ve všech souvrstvích v rámci permokarbonu boskovické brázdy; výskyt ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); ve všech souvrstvích v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997).

Remia KNIGHT, 1985. Výskyt v syřenovském souvrství, v rudnickém obzoru v rámci podkrkonošské pánve; v padochovském souvrství v rámci boskovické brázdy (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Renaultia ZEILLER, 1883. Výskyt v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009); v radnických vrstvách v rámci radnické pánve (Pšenička & Opluštil, 2011).

Scolecoperis ZENKER, 1837. Výskyt v nýřanských vrstvách a v slánském souvrství západočeských a středočeských pánví (Bek *in* Pešek *et al.*, 2001).

4.2.2.2. Zygoteridales

Alloiopteris POTONIÉ, 1897. Výskyt v kladenském a nýřanském souvrství západočeských a středočeských pánví; v žacléřském souvrství s výjimkou petrovických vrstev v rámci vnitrosudetské pánve; výskyt ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); ve všech souvrstvích v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997).

Corynepteris BAILY, 1860. Výskyt v radnických vrstvách západočeských a středočeských pánví (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); v karvinských vrstvách (Pavela, 2017) a v ostravském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009).

Dendraena NEMEJC, 1934. Výskyt v radnických vrstvách v rámci kladensko-rakovnické pánve (Frojdová *et al.*, 2017).

Desmopteris STUR, 1883. Výskyt v radnických vrstvách západočeských a středočeských pánví; v žacléřském souvrství s výjimkou lampertických vrstev (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Nemejcopteris BARTHEL, 1968. Výskyt v týneckém, slánském, líňském souvrství západočeských a středočeských pánví; v jíveckých vrstvách v rámci vnitrosudetské pánve; v kumburském, syřenovském, prosečenském souvrství, v rudnickém obzoru v rámci podkrkonošské pánve; v syřenovském souvrství v rámci mnichovohradištské pánve; ve lhotických vrstvách; v rosicko-oslavanském souvrství v rámci boskovické brázdy (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Senftenbergia CORDA, 1845. Výskyt v moravickém a hradecko-kyjovském souvrství v rámci karbonu Nízkého Jeseníku (Pavela, 2018); v ostravském, karvinském souvrství

v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009); v kladenském souvrství v rámci středočeských a západočeských pánví (Pšenička & Bek, 2003; Pšenička & Opluštil, 2011).

Sonapteris PŠENIČKA, BEK, RÖßLER, 2005. Výskyt v radnických vrstvách v rámci plzeňské pánve (Pšenička *et al.*, 2005); v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009).

Waldenburgia GOTHAN, 1950. Výskyt v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009).

4.2.2.3. Stauropteridales

Crossotheca ZEILLER, 1883. Výskyt v radnických vrstvách západočeských a středočeských pánví (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001).

Discopteris STUR, 1883. Výskyt v karvinském souvrství v rámci polské části hornoslezské pánve (Pavela, 2019).

Urnatopteris KIDSTON, 1884. Výskyt v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009).

Zeillera KIDSTON, 1884. Výskyt v radnických vrstvách západočeských a středočeských pánví (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); v karvinském souvrství v rámci české části hornoslezské pánve (Pavela, 2019); v hradecko-kyjovickém souvrství v rámci karbonu Nížkého Jeseníku (Pavela, 2013).

4.2.3. Polypodiopsida

4.2.3.1. Gleicheniales

Oligocarpia GÖPPERT, 1841. Výskyty v kladenském a slánském souvrství (Bek *in* Pešek *et al.*, 2001).

4.2.3.2. Nejisté postavení

Sphyropteris STUR, 1883. Výskyt v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009).

Sturia NEMEJC, 1934. Výskyt v radnických vrstvách v rámci radnické a kladensko-rakovnické pánve (Frojdová *et al.*, 2017).

4.2.4. Ostatní

Sphenopteris STERNBERG, 1825. Sphenopterydní typ olistění byl charakteristický jak pro sk. Monilophyta, tak i pro skupiny Pteridospermatophyta a Progymnospermatophyta, proto zařazení může být problematické (Taylor *et al.*, 2009). Výskyt ve všech souvrstvích západočeských a středočeských pánví; v žacléřském, odolovském, broumovském souvrství v rámci vnitrosudetské pánve; v syřenovském, vrchlabském souvrství (rudnický a kozinecký obzor) v rámci podkrkonošské pánve; v syřenovském souvrství a v rudnickém obzoru v rámci mnichovohradišťské pánve; ve lhotických vrstvách v rámci blanické brázdy; výskyt ve spodním oddílu krušnohorského permokarbonu (Šimůnek *in* Pešek *et al.*, 2001); ve všech souvrstvích v rámci české části hornoslezské pánve (Dopita & Aust, 1997); v kyjovických vrstvách v rámci Nízkého Jeseníku (Chlupáč *et al.*, 2002); v karvinském souvrství v rámci hornoslezské pánve (Pšenička & Bek, 2009).

Rhodeites NEMEJC, 1937. Nalezené fragmenty neposkytují dost anatomické informace, systematické zařazení je problematické. Výskyt v radnických vrstvách v rámci plzeňské a radnické pánve (Pšenička & Schultka, 2009).

5. Závěr

Skupina Monilophyta je velmi různorodá, početná a důležitá jako objekt zkoumání. Je klíčová nejen z hlediska paleontologického nebo evolučního, ale i například ekonomického, protože zbytky rostlin z této skupiny se podílely na vzniku uhlí, které je na území České Republiky těženo dávno a široce.

V části 2. předložené práce se uvádí klasifikace skupiny Monilophyta v rámci existujících taxonomických systému. Je důležité vědět postavení zkoumané skupiny, vztahy uvnitř skupiny a její vztah k ostatním skupinám rostlin. Sk. Monilophyta reprezentuje megafylní vývojovou linií rostlin, jejíž charakteristickými znaky jsou rozmnožování pomocí spor a střídání gametofytových a sporofytových generací v průběhu životního cyklu. Evolučně sk. Monilophyta je velmi stará a tím je velmi důležitou složkou vegetace na Zemi.

V části 3. se uvádí stručná geologická a stratigrafická charakteristika Českého Masivu v rámci vybraného období (devon, karbon, perm). Je důležité vědět, v jakých podmínkách probíhalo šíření a evoluce rostlin vybrané skupiny, taky je důležité vědět, kde se zbytky těchto rostlin můžeme objevit dnes. Geologické struktury devonu, karbonu a permu v rámci Českého Masivu jsou dobře dokumentovány několika generacemi vědců. Bohatá fosilní suchozemská flóra je široce představena v sedimentech Českého Masivu, což poskytuje široké spektrum možností paleontologické práce.

Přehled popsáných paleozoických rodů fosilních rostlin ze sk. Monilophyta z oblasti Českého Masivu je uveden v části 4. V předložené práci se věnuje jenom makrozbytkům rostlin, což znamená, že byly uvedeny jenom ty rody, pro které jsou známy zbytky viditelné pouhým okem. Nebyly uvedeny palynologické rody ani rody, pro které jsou známy zbytky jenom v podobě mikroskopických struktur. Seznam uvedených rodů je navázán na stratigrafické jednotky z části 3. předložené práce.

Jako logické pokračování této práce vidím diplomovou práci paleobotanického zaměření.

6. Seznam použité literatury

- BATEMAN, R. M., & DIMICHELE, W. A. 1994. Heterospory: the most iterative key innovation in the evolutionary history of the plant kingdom. *Biological Reviews*, 69(3), 345–417.
- BEK, J., & OPLUŠTIL, S. 1998. Some lycopsid, sphenopsid and pteropsid fructifications and their miospores from the Upper Carboniferous basins of the Bohemian Massif. *Palaeontographica Abteilung B*, 127–161.
- BEK, J., LIBERTÍN, M., OWENS, B., MCLEAN, D., & OLIWKIEWICZ-MIKLASIŃSKA, M. 2009. The first compression Pteroretis-producing sphenophyllalean cones, Pennsylvanian of the Czech Republic. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 155(3–4), 159–174.
- BOUŠKA, V. 1966: Stopové prvky v antracitu ze Lhotic u Českých Budějovic. – *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích. Přírodní vědy*, 6, 1–8.
- COCKS, L. R. M., & TORSVIK, T. H. 2006. European geography in a global context from the Vendian to the end of the Palaeozoic. *Geological Society, London, Memoirs*, 32(1), 83–95.
- COPPER, P. 2002. Silurian and Devonian Reefs: 80 million years of global greenhouse between two ice ages. *Phanerozoic Reef Patterns*, 181–238.
- CRANE, P. R., & KENRICK, P. 1997. Problems in cladistic classification: higher-level relationships in land plants. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 15(2), 87–104.
- DIMICHELE, W. A., TABOR, N. J., CHANEY, D. S., & NELSON, W. J. (2006). From wetlands to wet spots: Environmental tracking and the fate of Carboniferous elements in Early Permian tropical floras. *Special Paper of Geological Society of America*, 399, 223–248.
- DOPITA, M., & AUST, J. 1997. *Geologie české části hornoslezské pánve*. Ministerstvo životního prostředí České republiky. 278.
- ELLWOOD, B. B., ALGEO, T. J., EL HASSANI, A., TOMKIN, J. H., & ROWE, H. D. 2011. Defining the timing and duration of the Kačák Interval within the Eifelian/Givetian boundary GSSP, Mech Irdane, Morocco, using geochemical and magnetic susceptibility patterns. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 304(1–2), 74–84.
- FRANKE, W. 2000. The mid-European segment of the Variscides: tectonostratigraphic units, terrane boundaries and plate tectonic evolution. *Geological Society, London, Special Publications*, 179(1), 35–61.
- FROJDOVÁ, J., PŠENIČKA, J., & BEK, J. 2017. Revision of Pennsylvanian genus *Sturia* Němejc and its spores (Duckmantian, Czech Republic). *Acta Palaeobotanica*, 57(2), 153–163.
- FROJDOVÁ, J., PŠENIČKA, J., BEK, J., & MARTÍNEK, K. 2017. Revision of *Dendraena pinnatilobata* Němejc from the Pennsylvanian of the Czech Republic. *Bulletin of Geosciences*, 92(1).

- GASTONY, G. J. 1974. Spore morphology in the Cyatheaceae. I. The perine and sporangial capacity: general considerations. *American Journal of Botany*, 61(6), 672–680.
- GERRIENNE, P., SERVAIS, T., & VECOLI, M. 2016. Plant evolution and terrestrialization during Palaeozoic times—the phylogenetic context. *Review of palaeobotany and palynology*, 227, 4–18.
- HOTH, K., WASTERNAK, J., BERGER, H. J., BREITER, K., MLČOCH, B., & SCHOVÁNEK, P. 1995. Geologische Karte Erzgebirge/Vogtland 1:100000. *Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg*.
- HU, S., DILCHER, D. L., SCHNEIDER, H., & JARZEN, D. M. 2006. Eusporangiate ferns from the Dakota Formation, Minnesota, USA. *International journal of plant sciences*, 167(3), 579–589.
- CHÁB, J., BREITR, K., FATKA, O., & HLADIL, J. 2008. *Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu*. Vydavatelství České geologické služby. Praha, 283.
- CHASE, M.W. & REVEAL, J.L. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 122–127.
- CHLUPÁČ, I. 1988. Devonian of the World: Proceedings of the 2nd International Symposium on the Devonian System. In: *Memoir 14, Volume I: Regional Syntheses*, 481–497.
- CHLUPÁČ, I., & KUKAL, Z. 1986. Reflection of possible global Devonian events in the Barrandian area, CSSR. *Global bio-events*, 169–179.
- CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J. & STRÁNÍK, Z. 2002. *Geologická minulost České republiky*. Academia. Praha, 436.
- CHRISTENHUSZ, M. J., & CHASE, M. W. 2014. Trends and concepts in fern classification. *Annals of botany*, 113(4), 571–594.
- CHRISTENHUSZ, M., ZHANG, X. C., & SCHNEIDER, H. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa*, 19, <https://mapress.com/phytotaxa>, 7–54.
- JIRÁSEK, J., MATÝSEK, D., & SIVEK, M. 2017. Albitizovaný vulkanoklastický komplex z Padochova u Oslavan (boskovická brázda). *Zprávy o geologických výzkumech*, 5001, 39–44.
- JURINA, A. L., & RASKATOVA, M. G. 2011. Response of higher plants to the Devonian Kačak Event (Czech Republic). *Moscow University Geology Bulletin*, 1, 36–43. (v ruštině)
- JURINA, A. L., KARPOVA, E. V., & RASKATOVA, M. G. 2009. Paleobotanic and lithologic characteristics of Middle Devonian sediments in the Hlubočepy section (Czech Republic). *Moscow University Geology Bulletin*, 5, 12–18. (v ruštině)
- KACHLÍK, V. 2003. Geologický vývoj území České republiky. *Súrao*. Praha.

- KENRICK, P & CRANE, P. R. 1997. *The Origin and Early Diversification of Land Plants: A Cladistic Study*. Smithsonian Institution Press, Washington. ISBN 1-56098-730-8 and ISBN 1-56098-729-4, 441.
- KLOMÍNSKÝ, J. 1994. *Geologický atlas České republiky, Stratigrafie*. Český geologický ústav.
- KRS, M., & PRUNER, P. 1995. Palaeomagnetism and palaeogeography of the Variscan formations of the Bohemian Massif, comparison with other European regions. *Journal of the Czech Geological Society*, 40(1–2), 3–46.
- KUKAL, Z., & JÄGER, O. 1988. Siliciclastic signal of the Variscan orogenesis: the Devonian Srbsko formation of Central Bohemia. *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 63, 65–80.
- LAKIN, J. A., MARSHALL, J. E. A., TROTH, I., & HARDING, I. C. 2016. Greenhouse to icehouse: a biostratigraphic review of latest Devonian–Mississippian glaciations and their global effects. *Geological Society, London, Special Publications*, 423(1), 439–464.
- LIBERTÍN, M., BEK, J., & DRÁBKOVÁ, J. 2008. Two new Carboniferous fertile sphenophylls and their spores from the Czech Republic. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53(4), 723–733.
- LU, M., LU, Y., IKEJIRI, T., HOGANCAMP, N., SUN, Y., WU, Q., ... & PASHIN, J. 2019. Geochemical evidence of First Forestation in the southernmost eurasia from Upper Devonian (Famennian) Black shales. *Scientific reports*, 9(1):7581.
- MIKULÁŠ, R., PLIÈKA, M., & SKALICKÝ, J. 1991. A find of mud scrolls in Lower Triassic sandstone at the locality Devět křížů (NE Bohemia). *Věstník Českého Geologického Ústavu*, 66, 247–249.
- NANCE, R. D., GUTIÉRREZ-ALONSO, G., KEPPIE, J. D., LINNEMANN, U., MURPHY, J. B., QUESADA, C., ... & WOODCOCK, N. H. 2012. A brief history of the Rheic Ocean. *Geoscience Frontiers*, 3(2), 125–135.
- NEHYBA, S., LEICHMANN, J., & KALVODA, J. 2001. Depositional environment of the “Old Red” sediments in the Brno area (South-eastern part of the Rhenohercynian zone, Bohemian massif). *Geol Carpathica*, 52, 195–203.
- NĚMEJC, F. 1963. *Paleobotanika II. Systematická část. Rostliny mechovité, psilofytové a kaprad'orosty*. Československá akademie věd. Praha. 529.
- NOVIKOFF A., BARABASZ-KRASNY B. 2015. *Modern plant systematics. General issues*. Liga-Press, Lviv. 686. (v ukrajinštině)
- OBRHEL, J. 1961. Die Flora der Srbsko-Schichten (Givet) des mittelböhmisches Devons. *Sborník Ústředního ústavu geologického*, 26, 7–46.
- OPLUŠTIL, S., PŠENIČKA, J., LIBERTÍN, M., BASHFORTH, A. R., ŠIMŮNEK, Z., DRÁBKOVÁ, J., & DAŠKOVÁ, J. 2009. A Middle Pennsylvanian (Bolsovian) peat-forming forest preserved in situ in volcanic ash of the Whetstone Horizon in the Radnice Basin, Czech Republic. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 155(3–4), 234–274.

- OPLUŠTIL, S., PŠENIČKA, J., LIBERTÍN, M., BEK, J., DAŠKOVÁ, J., ŠIMŮNEK, Z., & DRÁBKOVÁ, J. 2009. Composition and structure of an in situ Middle Pennsylvanian peat-forming plant assemblage buried in volcanic ash, Radnice Basin (Czech Republic). *Palaios*, 24(11), 726–746.
- OPLUŠTIL, S., SCHMITZ, M., CLEAL, C. J., & MARTÍNEK, K. 2016. A review of the Middle–Late Pennsylvanian west European regional substages and floral biozones, and their correlation to the Geological Time Scale based on new U–Pb ages. *Earth-Science Reviews*, 154, 301–335.
- OPLUŠTIL, S., SCHMITZ, M., KACHLÍK, V., & ŠTAMBERG, S. 2016. Re-assessment of lithostratigraphy, biostratigraphy, and volcanic activity of the Late Paleozoic Intra-Sudetic, Krkonoše-Piedmont and Mnichovo Hradiště basins (Czech Republic) based on new U-Pb CA-ID-TIMS ages. *Bulletin of Geosciences*, 91(2), 399–432.
- OPLUŠTIL, S., ŠIMŮNEK, Z., PŠENIČKA, J., BEK, J., & LIBERTÍN, M. 2017. A 25 million year macrofloral record (Carboniferous–Permian) in the Czech part of the Intra-Sudetic Basin; biostratigraphy, plant diversity and vegetation patterns. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 244, 241–273.
- ORLOV, A. 1941. Sedimenty uhelné sloje v kladenské kamenouhelné pánvi. *Zprávy Geologického ústavu pro Čechy a Moravu*, 17, 221–253. Praha.
- PAVELA M. 2017. Paleontological localities from Carboniferous of the Upper Silesian Basin: Karviná - Důl ČSM. *PALEO* 2017:273 <http://www.paleontology.cz/clanky/karvina--dul-csm.html>
- PAVELA, M. 2013. Paleontologické lokality: Budišovice - Zátoky. *PALEO* 2013:10 <http://www.paleontology.cz/clanky/paleontologicke-lokality--budisovice---zatoky.html>
- PAVELA, M. 2018. Fossil taxa: Calamariophyllum Hirmer 1927, *PALEO* 2018:92 <http://www.paleontology.cz/clanky/calamariophyllum.html>
- PAVELA, M. 2018. Fossil taxa: Lobopteris miltoni (Artis 1825) Wagner 1958, *PALEO* 2018:98 <http://www.paleontology.cz/clanky/lobopteris-miltoni.html>
- PAVELA, M. 2018. Fossil taxa: Senftenbergia aspera (Brongniart 1828) Stur 1877, *PALEO* 2018:100 <http://www.paleontology.cz/clanky/senftenbergia-aspera.html>
- PAVELA, M. 2019. Fossil taxa: Discopteris vuellersi Stur 1885, *PALEO* 2019:06 <http://www.paleontology.cz/clanky/discopteris-vuellersi.html>
- PAVELA, M. 2019. Fossil taxa: Sphenophyllum tenerrimum Ettingshausen 1854, *PALEO* 2019:10 <http://www.paleontology.cz/clanky/sphenophyllum-tenerrimum.html>
- PAVELA, M. 2019. Fossil taxa: Zeilleria frenzli (Stur 1883) Kidston 1884, *PALEO* 2019:07 <http://www.paleontology.cz/clanky/zeilleria-frenzli.html>
- PEŠEK, J. 1975. Volcanogenic rocks in the Carboniferous of Central and Western Bohemia. *Bulletin de la Société belge de géologie*, 84, 11–121.

- PEŠEK, J., & SKOČEK, V. 1999. Alluvial-lacustrine red beds in Upper Paleozoic continental basins, Bohemian Massif, Czech Republic. *Czech Geological Survey Special Papers*, 11, 28.
- PEŠEK, J., HOLUB, V., JAROŠ, J., MALÝ, L., MARTÍNEK, K., PROUZA, V., ... & TÁSLER, R. 2001. *Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky*. Český geologický ústav, Praha, 243.
- PPG I. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6), 563–603.
- PRYER, K. M., SCHNEIDER, H., SMITH, A. R., CRANFILL, R., WOLF, P. G., HUNT, J. S., & SIPES, S. D. 2001. Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. *Nature*, 409(6820), 618.
- PRYER, K. M., SCHUETTPELZ, E., WOLF, P. G., SCHNEIDER, H., SMITH, A. R., & CRANFILL, R. 2004. Phylogeny and evolution of ferns (monilophytes) with a focus on the early leptosporangiate divergences. *American journal of Botany*, 91(10), 1582–1598.
- PŠENIČKA, J., & BEK, J. 2003. Cuticles and spores of *Senftenbergia plumosa* (Artis) Bek and Pšenička from the Carboniferous of Pilsen Basin, Bohemian Massif. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 125(3–4), 299–312.
- PŠENIČKA, J., & BEK, J. 2009. Kapradiny hornoslezské panve a jejich spory in situ. *Zprávy o geologických výzkumech*, 2008, 105–108
- PŠENIČKA, J., & OPLUŠTIL, S. 2011. Fossil flora from the Újezd u Svatého Kříže coalfield (Bolsovian, Pennsylvanian), Radnice Basin, Czech Republic. *Folia*, 45(1–2), 61–93.
- PŠENIČKA, J., & SCHULTKA, S. 2009. Revision of the Carboniferous genus *Rhodeites* Němejc from European and American localities. *Bulletin of Geosciences*, 84(2), 241–256.
- PŠENIČKA, J., BEK, J., & RÖBLER, R. 2005. Two new species of *Sonapteris* gen. nov. (Botryopteridaceae) based on compressions from the Upper Carboniferous (Bolsovian-Westphalian D) of the Pilsen Basin, Bohemian Massif. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 136(3–4), 111–142.
- RUBINSTEIN, C. V., GERRIENNE, P., DE LA PUENTE, G. S., ASTINI, R. A., & STEEMANS, P. 2010. Early Middle Ordovician evidence for land plants in Argentina (eastern Gondwana). *New Phytologist*, 188(2), 365–369.
- SMITH, A. 1997. Estimates of the Earth's spin (geographic) axis relative to Gondwana from glacial sediments and paleomagnetism. *Earth-Science Reviews*, 42(3), 161–179.
- SMITH, A. R., PRYER, K. M., SCHUETTPELZ, E., KORALL, P., SCHNEIDER, H., & WOLF, P. G. 2006. A classification for extant ferns. *Taxon*, 55(3), 705–731.
- SOREGHAN, G. S., & SOREGHAN, M. J. 2002. Atmospheric Dust and Algal Dominance in the Late Paleozoic: A Hypothesis. *Journal of Sedimentary Research*, 72(4), 457–461.
- SORIA, A., & MEYER-BERTHAUD, B. 2003. Occurrence of whorled organotaxis in the cladoxylopsid *Pietzschia polyupsilon* Read and Campbell (Lower Carboniferous, USA). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 124(1–2), 29–49.

TÁSLER, R., ČADKOVÁ, Z., DVOŘÁK, J., FEDIUK, F., CHALOUPSKÝ, J., JETEL, J., ... & STRÍDA, M. 1979. Geology of the Bohemian part of the Intra-Sudetic Basin. *Ústřední ústav geologický*, 1–292.

TAYLOR, E. L., TAYLOR, T. N., & KRINGS, M. 2009. *Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants, ed. 2*. Academic Press, Elsevier, Burlington, MA. 1252.

TESTO, W., & SUNDUE, M. 2016. A 4000-species dataset provides new insight into the evolution of ferns. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 105, 200–211.

WATERS, C. N., & DAVIES, S. J. 2006. Carboniferous: extensional basins, advancing deltas and coal swamps. In: *The geology of England and Wales*/edited by PJ Brenchley and PF Rawson. *Geological Society of London*, 2006, 173–223.

XUE, J., HAO, S., & BASINGER, J. F. 2010. Anatomy of the Late Devonian *Denglongia hubeiensis*, with a Discussion of the Phylogeny of the Cladoxylopsida. *International Journal of Plant Sciences*, 171(1), 107–120.