

# DIPLOMOVÁ PRÁCE



## VLIV VULKANICKÉ ČINNOSTI NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A KLIMATICKÉ PODMÍNKY V GEOLOGICKÉ HISTORII ČESKÉHO STŘEDOHOŘÍ.

## IMPACT OF VOLCANIC ACTIVITY ON ENVIRONMENT AND CLIMATIC CONDITIONS DURING GEOLOGICAL HISTORY OF THE ČESKÉ STŘEDOHOŘÍ MTS.

JANA ZAJÍCOVÁ

Vedoucí diplomové práce: prof. RNDr. Zlatko Kvaček, DrSc.

Konzultanti práce: doc. RNDr. Jakub Sakala, Ph.D.

Mgr. Vladislav Rapprich, Ph.D.

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

Ústav geologie a paleontologie

Praha

2016

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Prof. RNDr. Zlatku Kvačkovi, DrSc., za jeho cenné rady a připomínky, které mi pomohly projít celou cestou při pronikání do problematiky a sepisování této práce. Také bych mu ráda poděkovala, že mi věnoval nemálo svého času a trpělivosti při studování paleobotanického materiálu a že mi poskytl veškerou potřebnou literaturu, ke které by bylo jinak obtížné se dostat.

Velké díky patří doc. RNDr. Jakubovi Sakalovi, Ph.D., za čas, který strávil detailní revizí této práce a za všechny jeho připomínky, postřehy a doporučenou literaturu.

Velmi děkuji také doc. RNDr. Vasilisovi Teodoridisovi, Ph.D., za poskytnutí zevrubných informací k paleoklimatickým paleobotanickým metodám a za poskytnutí dat, bez nichž by tato práce ztratila jednu z opěrných zdí.

Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Petru Budilovi, Ph.D., za umožnění přístupu do sbírek České geologické služby (ČGS) a do depozitáře v Lužné u Rakovníka, a poděkování patří také RNDr. Jiřímu Kvačkovi, CSc., za umožnění přístupu do sbírek v depozitáři Národního muzea (NM) v Horních Počernicích.

**Prohlášení:**

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

V Praze,

Podpis

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Metodika.....	10
3. Vulkanická činnost.....	11
4. Spojitost vulkanismu a klimatických změn.....	12
5. Vulkanický komplex České středohoří .....	14
5.1 Členění vulkanosedimentárního komplexu Českého středohoří .....	17
1) Starosedelské souvrství.....	18
2) Ústecké souvrství .....	18
3) Děčínské souvrství .....	18
4) Dobrušské souvrství .....	19
5) Štrbické souvrství.....	19
6. Vulkanické flóry.....	20
7. Paleoklimatické metody založené na fosilních rostlinách a kutikulární analýza .....	22
7.1 Koexistenční analýza (CA – Coexistence Approach) .....	22
7.2 Analýza listového okraje (LMA – Leaf Margin Analysis).....	23
7.3 CLAMP – Climate Leaf Analysis Multivariate Program .....	23
7.4 Kutikulární analýza.....	24
8. Přehled vybraných lokalit.....	25
8.1 Vybrané lokality .....	26
1) Kučlín – vrch Trupelník.....	27
2) Roudníky.....	29
3) Bechlejovice.....	30
4) Kundratice .....	32
5) Holý Kluk.....	34
6) Knížecí – Hrazený.....	34
7) Suletice – Berand .....	36

8)	Markvartice – Veselíčko .....	37
9)	Matrý – Žichov .....	38
10)	Seifhennersdorf .....	39
8.2	Doplňující lokality .....	40
1)	Skalice .....	40
2)	Hlinná .....	42
3)	Lbín .....	43
4)	Tlučeň .....	43
5)	Větruše .....	43
6)	Jedlka .....	45
9.	Diskuse .....	46
10.	Závěr .....	49
11.	Použitá literatura a internetové zdroje .....	51
11.1	Literatura: .....	51
11.2	Internetové zdroje: .....	56
12.	Vysvětlivky k obrazovým tabulím .....	57
13.	Přílohy .....	62
13.1	Získaná data z paleoklimatických paleobotanických metod .....	62
1)	Koexistenční analýza (CA) .....	62
2)	CLAMP analýza .....	62
13.2	Seznam flór vybraných lokalit .....	63
1)	Kučlín – Vrch Trupelník .....	63
2)	Roudníky .....	64
3)	Bechlejovice u Děčína .....	65
4)	Kundratice .....	66
5)	Holý Kluk .....	67
6)	Knížecí – Hrazený .....	67

7)	Suletice.....	68
8)	Markvartice – Veselíčko .....	69
9)	Matrý – Žichov .....	70
10)	Seifhennersdorf .....	70

## **Abstrakt**

Vliv vulkanismu na klima je velmi často diskutován, a to nejen ve vědecké komunitě. Zůstává však otázka, v jaké míře se vulkanická činnost může podílet na výrazných změnách, které by mohly vyvolat odpověď prostředí, nacházejícího se v její blízkosti. Jelikož by taková změna nastala v důsledku dlouhodobějšího působení negativního vlivu, necháme stranou dnešní analogie, které jsou relativně krátkodobé, a jejichž průběh je předmětem studií recentní vulkanologie. Otázka řešená v této práci je, jaké změny dokáže způsobit sopečná činnost, trvající po dobu několika milionů let. Pro zodpovězení této otázky byla studována neovulkanická činnost v průběhu paleogénu, při které se formovalo České středohoří. Právě toto území je bohaté na naleziště tzv. vulkanické flóry, která doprovází sopečnou činnost. Stáří jednotlivých lokalit se pohybuje od svrchního eocénu, po svrchní oligocén. Předpokládá se, že změny ve floristickém složení by mohly vykazovat jistý trend k osvětlení řešené problematiky.

## **Abstract**

The influence of volcanoes on climate is very often debated, not only in the scientific community. However, the question remains, how much may the volcanic activity contribute to the significant changes, that could cause a response of environment, which lies in the immediate vicinity. These changes could arise as a response on prolonged exposure of the negative influence, which would last much longer than decades, like it is at present. From this reason the situation in the České středohoří Mountains, where the volcanic activity lasted for several million years during the Paleogene period, is studied. This area is extraordinarily rich in deposits of so-called volcanic floras, which accompany the neovolcanic activity. The age of the localities are between late Eocene to late Oligocene and it is a long time enough for recognizing some changes in the floristic composition to help elucidate the given problem.

## **Klíčová slova**

Vulkanismus, vulkanická flóra, klimatické změny, České středohoří

## **Key words**

Volcanism, volcanic flora, climate changes, České středohoří Mountains



# **1. Úvod**

Cílem této práce bylo shrnutí a posouzení problematiky vzájemných vztahů mezi třetihorním vulkanismem Českého středohoří a jeho vlivem na klimatické podmínky v geologické historii tohoto území. Na základě již vědecky uznávaného předpokladu, že změny klimatu jsou jedním ze zásadních původců změn ve floristickém složení, vyvstala otázka, zda mohlo formování Českého středohoří být natolik významným činitelem, že by se změna lokálního klimatu projevila změnou druhového složení. Hodnocení environmentálních podmínek bylo prováděno na vybraných lokalitách, jejichž volba se odvíjela převážně od stupně probádání a od materiálu, kdy byl kladen důraz hlavně na množství zastoupených paleobotanických druhů a stupně jejich zachování.

Na základě nahromaděných informací o jednotlivých lokalitách (týkajících se v první řadě rostlinnými druhy a jejich morfologií), a za použití paleoklimatických paleobotanických metod, bylo následně možné porovnat zjištěná data s průběhem vulkanických fází Českého středohoří a vyvodit závěry, které jsou uvedeny v desáté kapitole této práce.

## **2. Metodika**

K vypracování této diplomové práce bylo potřeba v první řadě seznámit se s materiálem, získaným sběrem na jednotlivých lokalitách. Pro tyto účely řešitelka studovala sbírky v depozitáři NM v Praze a sbírek ČGS na Klárově v Praze. Také byly tříděny sběry prováděné Č. Bůžkem a E. Knoblochem, které jsou uloženy v depozitáři ČGS v Lužné u Rakovníka.

Dále bylo potřeba prostudovat celkovou geologickou situaci na území Českého středohoří a seznámit se se základními metodami, využívanými pro rekonstrukci paleoekosystému.

K pořízení snímků, které byly využity v obrazových tabulích, byl použit fotoaparát Olympus No. STYLUS-7010 a fotografie byly pořizovány převážně ve sbírkách NM v Praze a v depozitáři ČGS v Praze.

Možnými změnami klimatu, které mohou být způsobeny vulkanickou činností, se autorka zabývala již ve své bakalářské práci, ve které posuzovala vliv formování velkých magmatických provincií na klima a jejich roli při masových vymíráních v historii Země. Ačkoliv je téma této diplomové práce lokálního charakteru, bylo možné aplikovat některé poznatky o vulkanismu z předchozí práce. K dalším úvahám o změnách klimatu přispěly výstupy paleoklimatických paleobotanických metod, jako jsou koexistenční analýza (CA), analýza listového okraje (LMA) a CLAMP analýza. Pro určení druhů u některých lokalit s převažujícím výskytem pouhých fragmentů listů, byla použita kutikulární analýza. To se týká v první řadě vzorků získaných z vrtných jader, jako například u lokality Hlinná.

### **3. Vulkanická činnost**

Pojmem vulkanismus chápeme souhrn dějů, které jsou součástí endogenní dynamiky planety Země. Za iniciačním děj lze považovat magmatismus, konkrétněji jeho dílčí část, kterou je konvekční pohyb hmot s různou teplotou v plášti. Sopečná činnost je tedy, jako taková, pouhou příslušnou špičkou ledovce.

Povrchový vulkanismus se dělí podle intenzity na osm hlavních typů. Největší rozsah mají enormní výlevy lávy, nazývané trapy, nebo také Velké magmatické provincie (LIPs). Magmatické provincie mají zastoupení spíše v minulosti, recentní analogie lze nalézt v menším rozsahu v oceánské prostředí, na kontinentech zastoupeny nejsou. Předpokládá se, že trapy měly vliv na klima globálního charakteru a hrály velkou roli při některých vymíráních (ústní sdělení Lexa J. 2013). Například formování Sibiřského Plata je synchronní s největším známým masovým vymíráním na konci permu (Reichow a Saunders 2009). Významné vymírání na konci křídý je spjato s aktivitou Dekkanských trapů (Rampino a Stothers 1988).



**Obrázek 1: Panorama Českého středohoří ze silnice na vrch Boreč (Zajícová 2015 – vlastní snímek)**

Dalšími typy vulkanických útvarů jsou štítové sopky, submarinní vulkány, vulkanity oceánských hřbetů, stratovulkány, komplexy lávových proudů, ignimbritové vulkány a monogenetická vulkanická pole. Zvláštním typem je freatomagmatismus, kdy dochází ke kontaktu vystupujícího magmatu s vodou. Výsledkem je nahromadění fluid v magmatu a extrémní výbuch.

České středohoří spadá vzhledem ke své stavbě a povaze do kategorie monogenetických vulkanických polí. Tento druh formace spočívá v existenci společného zdroje magmatu, ze kterého se vlastní magma dostává na povrch více cestami zároveň. Magma u tohoto typu vulkanismu bývá bazické a s nízkou viskozitou. K povrchu je magma vytlačováno působením vnitřních tlaků, které doprovází kompresní režim daného prostředí (ústní sdělení Lexa J. 2013). V případě vzniku Českého středohoří bylo tedy hlavním činitelem alpinské vrásnění, díky kterému došlo k oživení tektonické aktivity podél rýnského prolomu. Zásadní byl terén s mnoha hlubinnými zlomy, které byly využity jako cesty pro magma, které bylo vytlačováno k povrchu. Recentní analog lze nalézt například v blízkosti Neapole (Bartimoro a kol. 2012).

#### **4. Spojitost vulkanismu a klimatických změn**

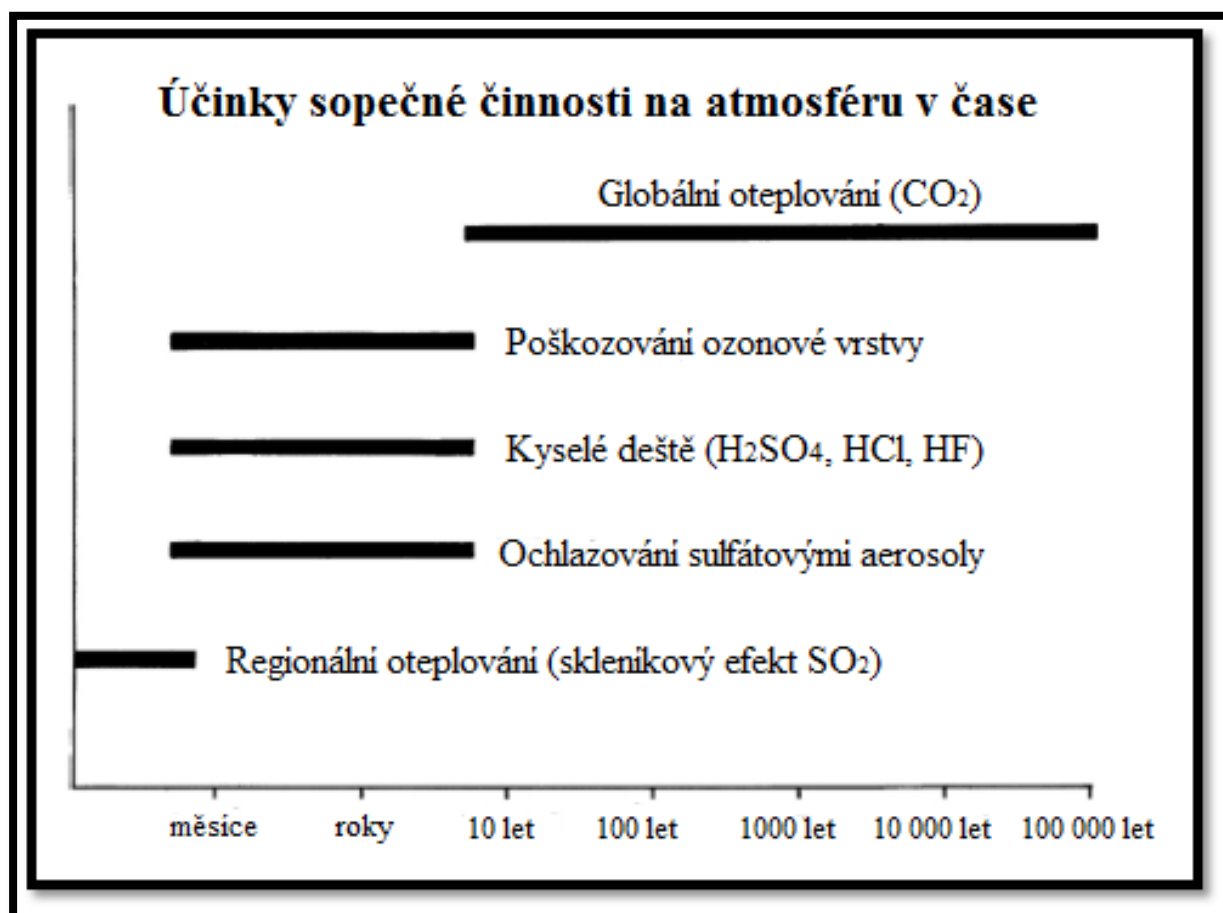
Změny klimatu, zapříčiněné jakkoliv, jsou mezi aktuálními tématy umístěné téměř vždy na prvním místě. Ve své podstatě se jedná o jeden z největších přírodních cyklů plynů a prvků.

Vědecky už je prokázán vliv vulkanismu na klima v lokálním měřítku. Například již výše zmiňovaná práce Bartimoro a kol. 2012, se zabývá vlivem vulkanických plynů na kutikulu konkrétního druhu borovice, přičemž autoři porovnávají stav kutikuly jehlic v blízkosti aktivní fumaroly, s jehlicemi získanými z odlehlých a vulkanicky sterilnějších lokalit ve stejné oblasti. Výsledky jsou takové, že v případě jedinců rostoucích poblíž fumaroly je degradace kutikuly a kutikulárních vosků ve značně pokročilejším stádiu, než u jedinců rostoucích mimo postiženou oblast, kde k degradaci dochází prakticky jen postupem stárnutí jehlic (Bartimoro a kol. 2012).

Vliv na globální úrovni je však nadále studován a výsledky jsou různé. Prostudování míry reakce klimatu a rozsahu disperze látek v souvislosti s velkými erupcemi, jako byl například v roce 1991 výbuch sopky Pinatubo na Filipínách, není stále dostatečné.

Vulkanická aktivita bývá často při rekonstrukci paleoekosystémů považována za jeden z hlavních faktorů, které měly významný vliv na jejich vývoj. Při studiu globálního rozsahu

však nastává problém vystopování rozsahu disperze látek v geografickém měřítku (Sadler a Grattan 1999).



Obrázek 2: Graf znázorňující trvání vulkanických komponent v atmosféře a jejich účinky (Převzato a upraveno podle Wignall 2001).

Vliv vulkanismu na klimatický systém je dvojího druhu, buďto se jedná o změny globálního měřítko, nebo lokálního. Doba trvání závisí na složení a obsahu fluid, které jsou z pláště uvolňovány. Nejčastější plyny jsou vodní pára, oxid uhličitý a siřičitý, oxidy dusíku a metan, jehož role je prostudovaná zatím jen okrajově. Podstatná je i výška, do které se plyny dostanou. Většina z nich končí v troposféře, kde mají řádově kratší trvání, než když se dostanou do stratosféry. Vliv každého z nich na atmosféru se rovněž liší. Zatímco vodní pára a oxid uhličitý vytváří tzv. skleníkový efekt, který zapříčiňuje oteplování atmosféry, oxidy síry spolu s vodní parou reagují za vzniku molekul kyseliny sírové. Molekuly slouží poté jako kondenzační jádra, na která se váží molekuly vody. Voda, jak je známo, má vysokou tepelnou kapacitu a absorbuje teplotu z okolí, čímž ve větším množství může dojít k ochlazení

atmosféry. Vedle toho je ještě nezanedbatelný chemický účinek tzv. kyselých dešťů (Rampino a Self 2000, podle Self a kol. 2005).

V globálním měřítku mají význam především plyny SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. Sloučeniny dusíku mají vliv na regionální ekosystémy (Self a kol. 2005).

## **5. Vulkanický komplex České středohoří**

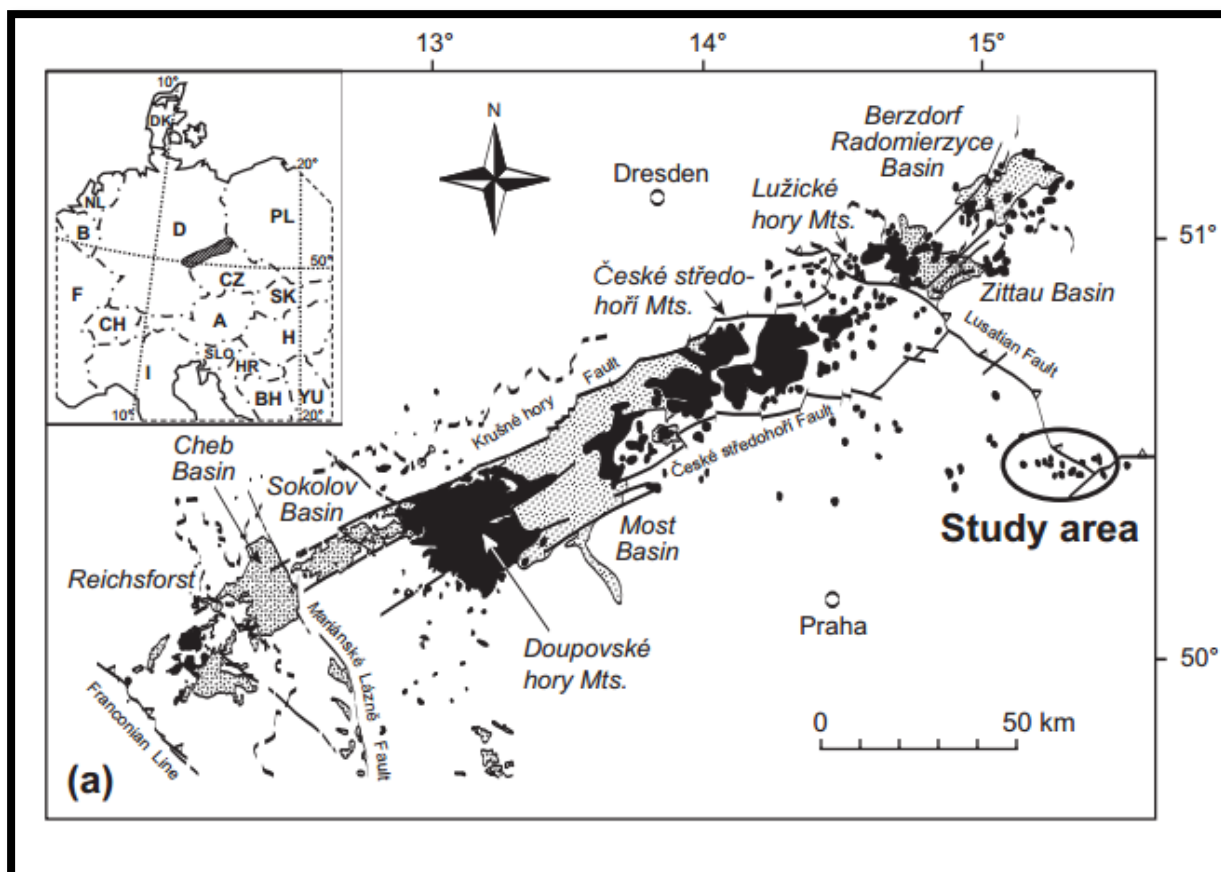
České středohoří je významný geomorfologický prvek, který zaujímá plochu přibližně 1200 km<sup>2</sup> v oblasti severozápadních Čech.

Začátek vulkanické aktivity spojené s výskytem fosilních flór této oblasti je datován do pozdního eocénu (začátek priabonu) a jeho formování pokračuje až do oligocénu (stupně chattu). Druhý významný neovulkanický komplex - Doupovské hory, se začal vytvářet o něco později, a to v nejvyšším priabonu. Vulkanická aktivita zde končí v miocénu, přičemž tektonicky nestabilní je toto území zčásti do dnes (Cajz 2002).

Vznik těchto dvou významných komplexů je důsledkem saxonské orogeneze, která oživila hlubinné zlomy, jež jsou součástí tzv. oháreckého zlomového pásma. Původ této orogeneze lze spatřovat v kolizi africké a euroasijské litosférické desky, ke které došlo v raném kenozoiku a jejíž projevy je možné pozorovat do recentu. Jedním z významnějších zlomů je litoměřický hlubinný zlom, který je lemován vrchy Českého středohoří (Cajz 2002). Z vulkanologického hlediska se toto uspořádání dá považovat za monogenetické vulkanické pole, jehož recentní analogii můžeme nalézt například v Itálii v blízkosti Neapole (ústní sdělení Lexa J. 2013).

Jak již bylo výše zmíněno, vznik neovulkanické série spadající do paleogénu, byl vyvolán alpsko-karpatským horotvorným procesem, kdy došlo k tektonické reaktivaci zlomového pásma a vytlačení magmatu těmito poruchami. První projevy vulkanické aktivity začaly ve východní části litoměřického zlomu.

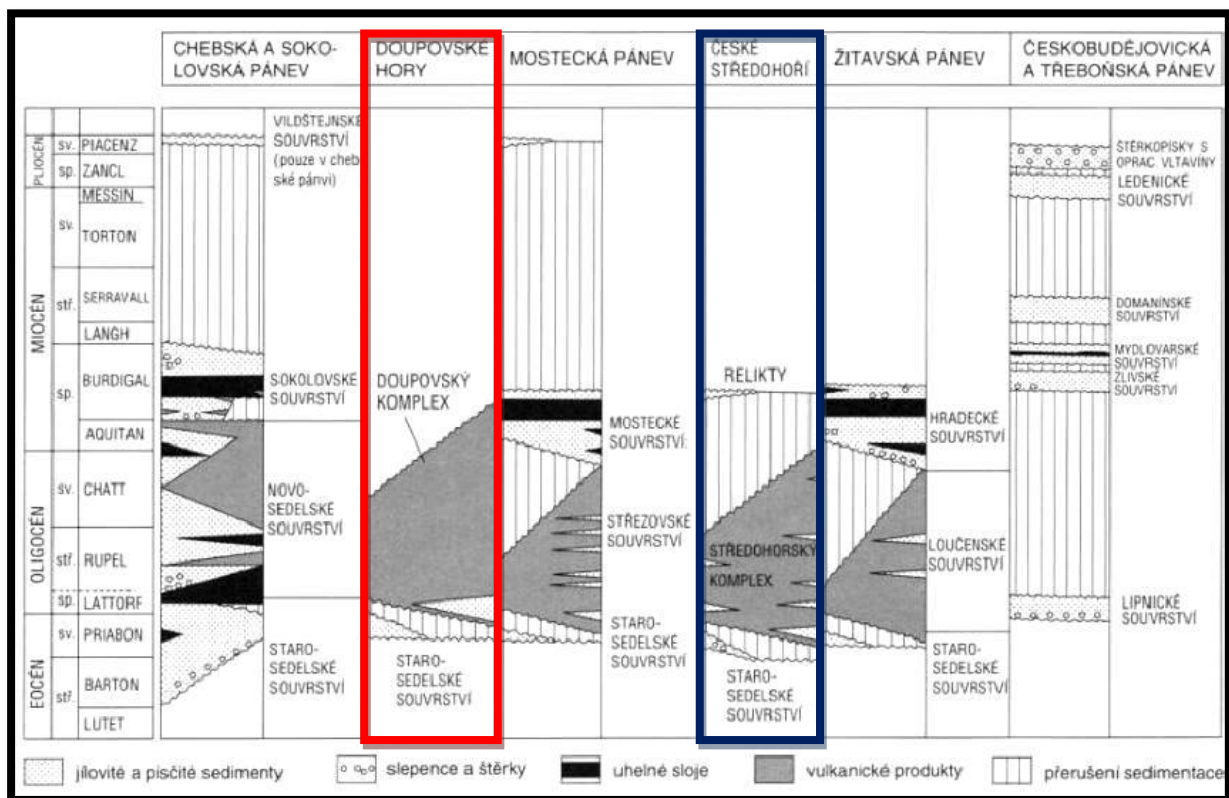
Primárně se jedná o bazické magma, které přišlo do styku s okolní horninou a jsou zde hojně pozorovatelné xenolity, nejčastěji olivinické. V pozdějších fázích došlo k obohacení silikáty, a tak můžeme pozorovat příkrovy trachybazaltů a intermediálních těles v podobě ložních žil (Cajz 2002).



Obrázek 3: Výřez z geologické mapy České Republiky, se zaměřením na severozápadní oblast, s výskytem neovulkanitů (Rapprich a kol. 2007).

V recentu pozorovatelné útvary Českého středohoří, jsou několika druhů, v západní části komplexu lze nalézt pozůstatky tzv. diatrém, s postupem na východ se setkáváme s lakolitickými tělesy, případně s lávovými jezery, které vznikly utuhnutím lávy v hrdlech sopečných kráterů. Tělesa byla časem erozí vypreparována a vystavena zvětrávání. Ukázkovými pozůstatky lávových jezer, které jsou charakteristické šestičetnou sloupcovitou odlučností, jsou například vrch Radobýl u Litoměřic a Panská skála (Rapprich 2012).

Tradičně se paleogén Českého středohoří dělí na dvě jednotky, a to na starosedelské souvrství, které tvoří bázi sledu paleogénních sedimentů a současně nasedá na křídové sedimenty. Starosedelské souvrství se však nevyskytuje po celém neovulkanickém komplexu, například v mostecké pánvi chybí. Do tohoto souvrství spadají křemenné pískovce ze Skalice, Žitenic a Volfartic. Druhou jednotkou je komplex Českého středohoří, tvořený alkalickými vulkanity a pyroklastiky, které se utvářely od konce eocénu do pozdějšího miocénu. Pro tuto jednotku jsou charakteristická čtyři souvrství, a to ústecké, děčínské, dobrnské a štrbské, které se vyskytují na jednotlivých lokalitách v různé míře zastoupení (Kvaček a Teodoridis 2007).



**Obrázek 4: Stratigrafický přehled terciérních celků na území Českého masívu. Červeně orámovaný profil znázorňuje stratigrafii Doupovských hor, modře orámované pole náleží Českému středohoří (z Chlupáč a kol. 2002).**

Podloží paleogénu tvoří křídové sedimenty, většinou se jedná o coniacké slínovce a santonské pískovce. Předpokládá se, že křídový podklad měl charakter peneplénu, avšak převážně aluviální erozí byl vytvořen členitý terén, na který dále nasedají třetihorní tufy a tufity, místy je báze tvořena efuzemi lávy. U některých těles křídových sedimentů jsou patrné známky přepravení a střídání se s třetihorními tufy a tufity, což poukazuje na alochtonní sedimentaci, která místy může mít mocnost i 100 metrů (Shrbený a Fišerová 1967).

Na mezozoické uloženiny diskordantně navazuje často starosedelské souvrství, na které opět diskordantně nasedají jílovito - písčité sedimenty a slepence spodního priabonu. Následuje přerušení sedimentace. Vulkanický materiál s vložkami jílovito-písčitého materiálu nastupuje přibližně ve středním priabonu a pokračuje do chattu, kde vulkanická aktivita Českého středohoří ustává (Cajz 2000).

Stratigrafie Doupovských hor je velmi podobná, na bázi lze nalézt křídové uloženiny a opět starosedelské souvrství, poté diskordantně nastupují jílovito-písčité sedimenty a po krátkém přerušení pokračují tělesa vulkanitů.



Z paleontologického hlediska je toto území známé již z devatenáctého století (Shrbený a Fišerová 1967).



Obrázek 5: Letecký pohled na severozápadní část Českého středohoří. V popředí se nachází vrch Hazmburk, který je tvořen nefelinickým bazanitem a jedná se o vypreparovaný sopouch (internetový zdroj č. 1).

### 5.1 Členění vulkanosedimentárního komplexu Českého středohoří

Jelikož je komplex Českého středohoří pro geology nepominutelnou dominantou severních Čech, byly zde četné snahy o zmapování a vytvoření geologického popisu oblasti. První zmínky o Českém středohoří publikoval ve čtyřicátých letech devatenáctého století A. E. Reuss a v pozdějších letech zájem o toto území rostl.

Cajz (2000) navrhl nejnovější formální dělení, ve kterém vymezil další čtyři jednotky, které navazují na starosedelské souvrství. Těmito jednotkami jsou ústecké souvrství, které se však časově částečně překrývá se starosedelským. Dalšími jednotkami jsou děčínské, dobrnské a štrbické souvrství.

## **1) Starosedelské souvrství**

Tuto jednotku lze považovat za nejstarší jednotku mezi svrchní křídou a bází paleogénu, ačkoliv v mnoha případech bývá podložím až pro oligocén. Jednotka je tvořena zčásti redeponovanými sedimenty křídou v terciérních říčních naplaveninách, které jsou zastoupeny silicifikovanými pestrými pískovci a jílovci. Horniny patřící k tomuto souvrství jsou tedy většinou křemenné aglomeráty, nebo případně křemence jako takové. Vulkanity starosedelské souvrství rozrušují jen v podobě žil, avšak v průběhu jejich vzniku k výrazné sopečné činnosti nedocházelo (Chlupáč a kol.; 2002).

Na tyto sedimenty je místy vázaná i fosilizace, ve většině případů rostlinného materiálu. Typickým místem je například Skalice u Žitenic, nebo na lokalitě Lbín (Radoň; 2001).

## **2) Ústecké souvrství**

Jednotka ústeckého souvrství, na rozdíl od předchozího starosedelského, obsahuje již polohy bazaltů a pyroklastik, které jsou prokládány lakustrinními sedimenty, jako jsou například diatomity, vápence a jílovce. Fosilizace se soustředí právě na tyto jezerní uloženiny a místy lze nalézt i menší uhelné slojky.

Podle svého umístění a geochemického složení bazaltů lze usuzovat, že se jednalo o iniciální vulkanickou činnost, jejímž produktem bylo bazální minimálně diferenciované magma (Chlupáč a kol.; 2002).

Ústecké souvrství není kontinuální po celé ploše, vlivem tektonických pohybů docházelo k různým poklesům a výzdvihům, následkem čehož byly jednotlivé bloky denudovány. To dokazují v některých místech hiáty, například třetihorní uloženiny v Žitenicích, kde toto souvrství zcela chybí. Toto souvrství lze považovat z paleontologického hlediska za nejproduktivnější.

Chronologicky stáří těchto vulkanitů spadá do intervalu od svrchního eocénu (stupně priabonu) až do spodního oligocénu, kdy bylo formování komplexu Českého středohoří v rané fázi vývoje (Cajz; 2000).

## **3) Děčínské souvrství**

Děčínské souvrství se vyskytuje na území Českého středohoří jen v reliktech. Původně se jednalo o rozsáhlý stratovulkán a vulkanické produkty této jednotky jsou reprezentovány především pyroklastiky, což naznačuje, že se jednalo o pokročilejší fázi magmatismu.

Tavenina tedy měla větší viskozitu, než primitivní magma raných fází vývoje. To znamená, že po primárním impulzu bazaltické lávy nastal krátký útlum, a při něm došlo k obohacení magmatu v magmatickém krbu o příměsi, které zvýšily hustotu taveniny. Vzhledem k rozsahu disperze pyroklastického materiálu bylo v magmatu také velké množství fluid, která se po nahromadění uvolnila, následkem čehož došlo k explozi. Tím, že se toto souvrství skládá tedy především z klastického materiálu, také způsobilo rychlejší zvětvávání a denudaci (Cajz; 2000).

Stáří vzniku tohoto celku spadá do začátku oligocénu, konkrétně na bázi stupně rupelu.

Fosilifernými vrstvami jsou zde diatomity, na které se váže uhelná sedimentace (Cajz; 2000).

#### **4) Dobrnské souvrství**

Tato jednotka nasedá na děčínské souvrství. Vlastní vulkanická tělesa jsou tvořeny bazanity s typickými olivinickými xenolity. Podle klasického vývoje magmatu v průběhu času, by se zde však měly vyskytovat naopak kyselejší produkty, k čemuž ale nedošlo. Vysvětlení podala geochemická analýza, při které bylo zjištěno, že šlo o bazální primitivní magma. Toto magma vlivem rostoucího napětí, vyvolaném pokračující alpskou orogenezí, obnovilo původní magmatický krb. Stáří souvrství stanovené kalium-argonovou metodou ukázalo na konec oligocénu, nejsvrchnější části stupně chattu (Cajz; 2000).

Z dobrnského souvrství podle práce Kvačka a Walthera (2003) není známý výskyt fosílií.

#### **5) Štrbické souvrství**

Na rozdíl od svých předchůdců, je toto souvrství reprezentováno především intruzemi. Bazalty, které zde tvoří vulkanické části, jsou podobné těm z ústeckého souvrství. To znamená opět primitivní složení, ve většině výskytů neobohacené litofilními prvky a s nízkou viskozitou. Kontaminace kůrou je však na některých místech znatelná. Tato jednotka neobsahuje fosílie.

Stáří souvrství je stále diskutováno a není jednoznačně stanoveno. Odhady se pohybují ve svrchním miocénu, mezi stupni serravalu a tortonu (Cajz; 2000).



Obrázek 6: Panorama Českého středohoří z vrchu Boreč (Zajícová - vlastní snímek, 2015)

## **6. Vulkanické flóry**

Takzvané vulkanické flóry jsou zvláštní předně z hlediska zachování. Zatímco klasická uhelná sedimentace je víceméně ve svém druhovém složení uniformní, neboť se zde střídají druhy vázané na příbřežní niky, subaerický vulkanismus pomáhá uchovat různá společenstva i mimo vodní prostředí, resp. vyskytující se na místech s různým výškovým gradientem. Nevýhodou u takového zachování je to, že z fosilií vzniklých touto cestou ve většině případů lze vyčíst pouze morfologické znaky listů, ale nelze z nich často získat materiál pro kutikulární analýzu, která je potřebná pro konkrétnější a přesnější určení do druhů.

V případě vulkanické konzervace je materiál, který rostliny překryje, tvořen tufity a významnou roli hraje také faciální diverzita pokryvu, konkrétněji jeho zrnitost. Zatímco pelitický materiál dokáže zvýraznit více detailů, hrubozrnná sedimentace podává pouze kusé informace o původním tvaru listu (Akhmetiev a kol. 2009).



Obrázek 7: Ukázka "vulkanické flóry" z lokality Suletice - Berand, pojmenované jako *Laurocarpum* sp. z depositáře NM v Praze (Zajícová – vlastní snímek 2015).

Vlivem vulkanismu se také výrazně mění geomorfologie území, následkem čehož vzniká více menších jezírek až bažin, kde mohla probíhat sedimentace různých rostlinných společenstev. Typickým prostředím pro vznik těchto sedimentů jsou maarová jezera, sopečné svahy a vrchoviny, případně kaldery a menší deprese. Zachovává se zde převážně zonální vegetace, která je pro rekonstrukce prostředí a podněbí přesnější (Akhmetiev a kol. 2009).

Nejstarší známou lokalitou, na které došlo k zakonzervování vlivem vulkanismu, je devonská lokalita Rhyne ve Skotsku. Paleogénní neovulkanity jsou v Evropě vázány primárně na Rýnský prolom, kde došlo k reaktivaci tektonických zlomů a naleziště vulkanických flór tato místa doprovází. Typickými lokalitami v ČR jsou Doupovské hory, České středohoří a oblast Lužických hor.

Fosiliferní vrstvy tvoří ve většině případů páskované diatomity, bituminozní břidlice a tufity. Na tyto polohy bývá vázaná také uhelná sedimentace, díky které byla řada lokalit objevena. Ve většině případů se však jednalo o malé mocnosti, u kterých se nevyplatilo do další těžby investovat.

Magmatické horniny jsou zde zastoupeny hlavně bazalty, které jsou méně či více obohaceny olivínem, dále jsou tělesa tvořena nefelinickým bazanitem, případně tefritem. V zásadě

převažují bazické horniny, které mají mafický až ultramafický charakter. Nedílnou součástí jednotlivých profilů jsou vrstvy pyroklastik o různé zrnitosti (Walther 2009).

Existuje řada výhod a nevýhod u zachování fosilií, které vycházejí najevo při srovnání vulkanické flóry s běžnou uhelnou sedimentací. Jednou z výhod je například zachování jehlic gymnosperm, které jsou v běžném fosilním záznamu většinou reprezentovány pylovými zrny, a ve složení rostlinného společenstva je jejich výskyt převážně dominujícími listnatými dřevinami (Akhmetiev a kol. 2009).

## **7. Paleoklimatické metody založené na fosilních rostlinách a kutikulární analýza**

U části paleoklimatických metod, založených na rozbořech vegetace je nevýhoda, že modelově operují jen se zonálními flórami. V ekosystémech je nicméně potřeba počítat i s možným výskytem azonálních a extrazonálních flór, jejichž identifikování může být často velmi problematické. Je tedy nutné brát v úvahu možné chyby v interpretaci. Pro co nejlepší eliminaci chyb je třeba uvažovat další aspekty, které mohou mít vliv na složení flóry. K tomuto účelu se využívá princip aktualismu, podle něhož se provádí porovnání rostlinných společenstev recentních s těmi fosilními. Pro co největší přesnost je potřeba kombinovat výstupy více metod (Teodoridis et al.; 2012).

Základní metody pro rekonstrukci klimatu pomocí rostlinného materiálu jsou následující.

### **7.1 Koexistenční analýza (CA – Coexistence Approach)**

Koexistenční analýza je používána pro kvantitativní terestrické rekonstrukce třetihorních ekosystémů. Je založena na předpokladu, že třetihorní rostliny měly podobné požadavky na klima, jako jejich nejbližší žijící příbuzní v recentu. Metoda vychází z taxonomického složení společenstva, a opírá se o recentní poznatky (Mosbrugger a Utescher 1997).

Podstatou této metody je aplikace a porovnání složení fosilního společenství s recentními analogy a poté vyhodnocení, zda by se mohlo jednat o podobné klimatické podmínky. Využívá se zde koncept nejbližšího žijícího příbuzného (NLR – „Nearest Living Relatives“). Chyba při použití této metody může nastat v případě, že se ekologické vlastnosti jednotlivých taxonů v průběhu času mohly změnit, nebo daný taxon vymřel a jeho domnělý recentní

ekvivalent je milně považován za příbuzný druh, ačkoliv se shodují pouze morfologicky ve tvaru listů (Kvaček 2007, Teodoridis a kol. 2012).

## 7.2 Analýza listového okraje (LMA – Leaf Margin Analysis)

Tato analýza patří do skupiny fyziognomických metod a zabývá se vztahem mezi tvarem okraje listů krytosemenných rostlin a průměrnou roční teplotou biotopu, ve kterém společenstvo žije. Jedná se o metodu, která se nezabývá taxonomickým složením společenstva, ale pouze morfologií olistění. V zásadě podepírá a doplňuje teorii, že v teplých oblastech převažují v rostlinném složení typy krytosemenných s velkými a celokrajnými listy, zatímco v chladnějších oblastech převažují rostliny s listy zubatými, zpeřenými a menšími než v oblastech s odlišnou teplotou (Su a kol. 2010).

Morfologie listů je ovlivněna mimo jiné biologickými a environmentálními faktory, jako je podnebí, dostupnost vody, vlastnosti půdy a s tím spojený obsah živin. Wolfe (1995) ve své práci uvádí, že tolerance organismů vůči životnímu prostředí (obzvláště tedy terestrických rostlin), se musela v průběhu času měnit, přičemž tyto změny by měly být ve vývoji druhových linií pozorovatelné.

Protože tyto podmínky jsou různé v různých oblastech, rozlišuje se sedm regionů, a to Východní Asie, severní a střední Amerika, jižní Amerika, Austrálie, Evropa, Afrika a Nový Zéland. Při srovnávání výsledků bylo zjištěno, že nejbližší floristické vztahy jsou mezi Čínou, severní a střední Amerikou a Japonskem, což odpovídá migraci Beringovou úžinou v eocénu. Naopak velmi rozdílné jsou vztahy při porovnání flóry jižní a severní polokoule (Greenwood 2005).

Problémem této metody je to, že je spolehlivě aplikovatelná pouze pro humidní až semihumidní prostředí, které navíc musí být zonální. Tím vzniká řada odchylek a je nutné pečlivě brát v úvahu všechny dostupné informace o prostředí, aby se předešlo množství chyb. Také je nevýhodou to, že se zabývá pouze jedním aspektem, a proto byla vyvinuta další fyziognomická metoda, která vychází z LMA analýzy, a to metoda CLAMP – Climate Leaf Analysis Multivariate Program (Su a kol. 2010).

## 7.3 CLAMP – Climate Leaf Analysis Multivariate Program

Analýza CLAMP je další ze skupiny fyziognomických metod a ve své podstatě vychází z analýzy listového okraje (LMA). Na rozdíl od té však neoperuje pouze s jedním prvkem, a

to s tvarem okraje listu, ale všímá si celkem 31 parametrů na listech angiospermních dřevin. Tato technologie je založena na multivariační statistické metodě, která determinuje rozsah paleoklimatických parametrů, za pomoci fyziogomických vlastností fosilizovaných listů krytosemenných dřevin. Výstupem této analýzy je tedy odhad více meteorologických dat – průměrná roční teplota (MAT), průměrná teplota nejteplejšího měsíce (WMMT), průměrná teplota nejchladnějšího měsíce (CMMT), délka vegetačního období (GROWSEAS), precipitace vegetačního období (GSP), průměrná měsíční precipitace vegetačního období (MMGSP), precipitace během tří po sobě jdoucích nejmokřejších měsíců (3-WET), precipitace během tří po sobě jdoucích nejsušších měsíců (3-DRY), relativní humidita (RH), specifická humidita (SH) a entalpie (ENTHAL) (Spicer a kol. 2004).

Aby se tato metoda dala aplikovat, musí daná lokalita obsahovat minimálně dvacet taxonů listnatých rostlin. Je nutné, aby k dispozici bylo dostatečné množství vzorků s dobře patrnými morfologickými prvky. Hodnocení jednotlivých znaků se zapíše do záznamového archu, který je přístupný na internetových stránkách, jejichž adresa je <http://tabitha.open.ac.uk/spicer/CLAMP/Datasets.html>, poté program provede srovnání s kalibračními daty a výsledkem je výpočet paleoklimatických dat (Teodoridis a kol. 2011).

#### 7.4 Kutikulární analýza

Na rozdíl od výše zmíněných metod, které se zabývají primárně morfologickou stavbou listů, kutikulární analýza pracuje s jejich anatomickými znaky, konkrétně tedy s mikroskopickými strukturami, zachovanými v kutikulární vrstvě. Metoda je využívána nejčastěji v případech potřeby určení do druhů malých fragmentů listů nebo u skupin s nevýraznou listovou morfologií, jako jsou například Lauraceae.

Kutikula je vrstvou, kterou syntetizují pidermální buňky nadzemních rostlinných orgánů. Je tvořena lipidy a uhlovodíkovými polymery, často impregnovanými voskem. Tloušťka kutikuly u rostlin liší v závislosti na klimatu. V zásadě je kutikula silnější u rostlin v teplejších a sušších klimatických pásech. Primárními funkcemi kutikuly jsou ochrana proti nadměrnému výparu vody a funkce ochranná. Kutikula je tvořena kutinem, což je polymer, jehož hlavní stavební jednotkou jsou mastné kyseliny. Kutikula jako taková zvyšuje odolnost jak listů, tak i dalších rostlinných orgánů, a díky své chemické odolnosti nepodléhá rozkladu tolik, jako zbytek rostlinného materiálu (Votrubová 1997).

Základem této metody je předpoklad vhodného typu konzervace, kterou rostlinné zbytky musely prodělat. Vhodným materiálem jsou tedy fosílie, které prošly částečným



prouhelněním, nicméně při něm nedošlo k narušení vnější kutikulární membrány. Bylo zjištěno, že se v této vrstvě mohou uchovat i nejjemnější povrchové struktury jednotlivých buněk epidermis a někdy i zbytky vosků. Ve výjimečných případech lze kutikulární membránu sledovat až do hypodermis listu.

Získávání kutikulární membrány ze sedimentu se provádí dvojitým způsobem. Méně častým způsobem je, že je kutikula izolována přirozenou cestou. Nicméně ve většině případů je potřeba provést chemickou maceraci k extrakci kutikulární vrstvy. Ta se poté vloží do glycerínu a je jí možné zkoumat mikroskopicky.

Zásadními strukturami, které jsou podstatné pro určení do druhů, jsou primárně stomata. Konkrétně tedy tvar svěřacích buněk a uspořádání vedlejších buněk. V některých případech lze pozorovat i bazální struktury trichomů a kanálky. Všechny tyto znaky jsou u jednotlivých taxonů charakteristické a jejich prostřednictvím je možné přiřadit ten nejmenší fragment do konkrétního taxonu, pokud je vhodně zachovaný (Kvaček 1985).

## **8. Přehled vybraných lokalit**

Ze dvou větších neovulkanických komplexů na severozápadě Čech, je v práci brán zřetel hlavně na České středohoří. Komplex Doupovských hor také obsahuje paleontologicky významná naleziště, avšak co se rostlinného materiálu týče, je poměrně špatně zachovalý. Výskyty fosilního materiálu jsou zde méně časté a prostudování lokalit by bylo tedy zatím nedostatečné pro tuto práci.

V oblasti Českého středohoří se naopak nachází daleko vyšší množství lokalit, které již jsou detailně prozkoumány. V této práci je brán zřetel především na místa paleobotanicky významná a jsou zde v první řadě uvedeny flóry, u kterých je dostatek materiálu, který byl vhodný pro účely CLAMP analýzy. Dále je zmíněno ještě několik lokalit, u kterých nebyl materiál zatím dostatečně prostudovaný, ale nějakým způsobem souvisí s první skupinou.

Vybrané paleontologické lokality Českého středohoří jsou oligocenního stáří s výjimkou Roudník a Kučlína, které jsou řazeny ještě do eocénu (Bellon a kol. 1998).

Popis lokalit doprovází obrazové tabule a souhrn flór, které jsou součástí přílohy. Fotodokumentace nebyla pořízena jen u lokality Seifhennersdorf, z důvodu komplikovanější dostupnosti materiálu.

Vedle hlavních vybraných lokalit jsou níže popsány i tzv. doplňující lokality, jejichž bližší probádání je otázkou následujících let. Z některých těchto lokalit máme k dispozici pouze

nálezy vrtných jader, kdy je materiál zachován spíše ve fragmentech. Tento materiál se ukázal být v několika případech vhodný pro kutikulární analýzu a je zde i jistá pravděpodobnost výskytu palynologického materiálu. Pro tento účel byly poslány na palynologickou analýzu vzorky z vrtných jader ze Lbína, Tlučně a Hlinné.

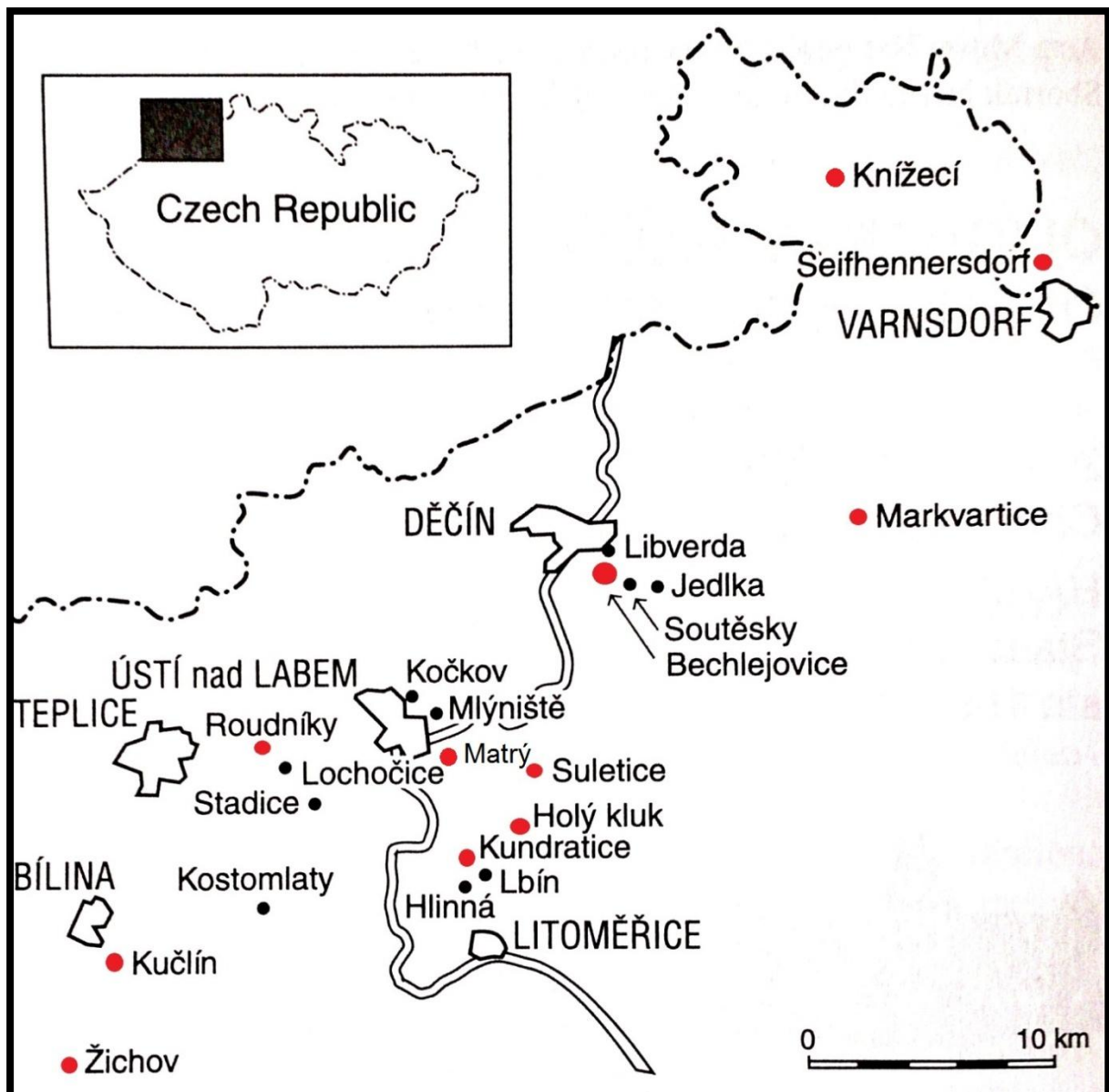
## 8.1 Vybrané lokality

Následuje stručný popis deseti vybraných lokalit, u kterých byla provedena CLAMP analýza, jejíž výsledky byly porovnány s fázemi vulkanické aktivity Českého středohoří.

Lokality jsou ve výčtu řazeny od nejstarší po nejmladší. Výčet začíná Kučlínem a Roudníky, jež jsou datovány do pozdního eocénu. Dále pokračuje přes raný oligocén, kam spadá většina vybraných lokalit, tedy Bechlejovice, Kundratice, Holý Kluk, Hrazený, Suletice – Berand a Markvartice. Poslední a tedy nejmladší lokalitou je Matrý, který je řazen do svrchního oligocénu.

Podle průběhu vulkanické aktivity, jejíž stručné schéma je zobrazené v obrázku č. 4, je zřejmé, že vulkanismus v této oblasti začal ve svrchním eocénu (stupni priabonu) a konec aktivity je určen na konec stupně chattu, což je svrchní oligocén. Hlavní fáze probíhaly v raném oligocénu. Z toho je zřejmé, že se vulkanická aktivita časově i lokálně shoduje s vývojem výše zmíněných lokalit.

Přehledy rostlinných druhů z jednotlivých lokalit jsou uvedeny v tabulkách, které jsou součástí přílohy a vycházejí z následujících prací: Akhmetiev a kol. 2009, Kvaček a kol. 2015, Kvaček a kol. 2014, Soukupová 2004.



Obrázek 8: Mapa oblasti Českého středohoří s paleontologickými lokalitami, kdy níže vybrané lokality jsou vyznačeny červenými body (upraveno podle Kvaček a Walther 2004).

### 1) Kučlín – vrch Trupelník

Vrch Trupelník se nachází přibližně půl kilometru severovýchodně od obce Kučlín. Paleogenní sedimenty zde navazují diskordantně na svrchní křídou a jsou tvořeny vrstvami pyroklastik a tufitů. Dále nastupují jíly a polohy diatomitů, které mohou dosahovat mocnosti až kolem dvaceti metrů, s vložkami jílu a slínovců, vzácná je uhelná sedimentace (Kvaček a Teodoridis 2011). Lokalita Kučlín je významná nejen kvůli výjimečně dobře zachovalým fosiliím, ale také proto, že vznikala v počátcích vulkanické fáze, jež dala za vznik Českému

středohoří. Stáří je odhadováno na 38,3 Ma, tedy spadá do pozdního eocénu, konkrétně do stupně bartonu. Vrchol kopce je tvořen tefritovým příkrovem, pomocí něhož bylo provedeno datování lokality. Oblast byla vlivem vulkanické činnosti postižena i tektonicky a nachází se zde řada menších zlomů a útvarů vzniklých tektonickými pohyby podél nich.

Na této lokalitě začíná horninový sled pyroklastiky, které jsou nejspodnější vrstvou, dále pokračuje přibližně patnácti metrová poloha slínovce, jejíž báze je tvořená redeponovanými sedimenty ze svrchní křídly. Dále pokračují jezerní slínovce, přecházející do vápenců (Radoň 2001).

První zmínky o paleontologických nálezích a celkové geologické stavbě vrchu byly uvedeny v práci A. E. Reusse (1840). Díky perfektnímu zachování nálezů je tato lokalita označována jako „Lagerstätte“. Na lokalitě lze nalézt fosilizované zbytky ryby, hmyz, zbytky raků, dokonce jsou odsud známé nálezy krokodýlích zubů, zbytky želv a ojedinele se vyskytují žáby. Floristický materiál se zde nachází v hojné míře, a to jak dřevní zbytky s listy, tak i semena a plody. Nálezy fosílií jsou vázány na polohy diatomitů.

Vzhledem k tomu, že zde byly nalezeny zbytky mořské ryby rodu *Morone*, lze vyvozovat, že zde byl kontakt se slanou vodou. Nejpravděpodobnější variantou je průnik některých mořských druhů přes říční systém z tehdejšího severního moře. Z rybí fauny jsou pro tuto lokalitu dále typické sladkovodní rody (Kvaček a Walther 2009).

Podle floristických nálezů se jednalo o azonální břehové společenstvo, kde dominovaly zástupci čeledí Fagaceae, kapradiny a palmy. Flóra Kučlína se výrazně liší od starosedelského souvrství, ačkoliv se zde vyskytují některé společné prvky, jako je například rod *Daphnogene* a *Eotrigonobalanus*. Ze starších elementů jsou zde například některé druhy kapradin, jako je *Acrostichum* a *Rumohra*. Dále se zde objevuje z konifer *Doliosporus* a z krytosemenných rostlin například *Byttneriopsis daphnogenes* a *Cedrelospermum*. Poslední jmenované druhy poukazují na spojitost mezi touto lokalitou a lokalitou Messel v Německu. Svrchnoeocénní charakter flóry je zdůrazněn bohatým výskytem druhů *Platanus neptuni*, *Engelhardia macroptera*, *Engelhardia orsbergensis*. Jsou zde zastoupeny rovněž taxony *Ziziphus ziziphoides*, *Raskya* a čeleď Nymphaeaceae. Hlavní část vegetace je zde představována termofilními, avšak opadavými prvky (např. *Palaeocarya*, *Sloanea* a *Platanus neptuni*). Trend ochlazování klimatu lze spatřovat v menší diverzitě zastoupených Lauraceae, ze kterých se objevuje jen *Daphnogene* (Kvaček a Walther 2009, Kvaček a kol. 2014).

Fosiliferní jsou zde bílé diatomity, které mohou být stmeleny křemenem a směrem do spodních vrstev přecházejí do diatomitových slínů. Jednotlivé vrstvy diatomitů překrývají tenké polohy bazanitových tufů. Hlavní vulkanitová část je zde tvořena dvěma druhy

lávových těles, a to tenkým bazaltoidním štítem, který je částečně zvětralý a překrývá sedimentární část profilu. Druhým typem je tefritový příkrov na úplném vrcholu Trupelníku (Kvaček a Teodoridis 2011). Oblast byla postižena silnou tektonikou, kdy zlomy prochází přímo Trupelníkem a vytváří tak více vrcholů, o čemž vypovídá starší název – Tripelberg. Také vlivem tektonických pohybů došlo k odkrytí fosiliferních diatomitů (Radoň 2001). Ačkoliv je tato lokalita stářím i geografii nejbližší k lokalitě Roudníky, není zde výrazná podobnost mezi jednotlivými flórami (Kvaček a kol. 2014).

## 2) Roudníky

Obec Roudníky se nachází necelé dva kilometry jižně od Chabařovic a asi čtyři kilometry od města Teplice. Hlavní část komplexu je tvořena vulkanosedimentární strukturou, která vytváří podloží pánve. Tato struktura byla nově interpretována jako maarová diatréma a zahrnuje bazaltové proudy, které jsou místy prostřídány jemnozrnnými diatomity, pískovci a pyroklastiky. Na fosiliferní polohy je také vázaná uhelná sedimentace (Kvaček a kol. 2014).

Tato lokalita spadá pod geologickou jednotku ústeckého souvrství a pomocí kalium – argonové metody bylo určeno její stáří přibližně na 35,4 milionů let (Kvaček a Walther 2009). Datování proběhlo na olivinem bohatých bazaltech, které jsou pro tuto jednotku typické. Stratigraficky tedy spadá ještě do eocénu a to jí činí druhou nejstarší z vybraných lokalit.

Paleogénní sedimenty zde nasedají na svrchnokřídové podloží. Olivinem bohaté efúze bazanitů jsou částečně přetvořeny v brekcii. Vulkanoklastika jsou zde od hrubozrnných po jemnozrnné, a to nejen pyroklastického původu. Spolu s diatomity lze pozorovat též vmezeření pískovců a jíílů, spolu s polohami bituminózních břidlic a menšími slojkami hnědouhelné sedimentace. Ústecké souvrství obsahuje nejstarší flóru arktoterciérního typu Českého středohoří (Kvaček a Walther 2009).

Z paleontologických nálezů jsou zde významné otisky ryb, avšak ve větší míře je zastoupena rostlinná složka. Ve flóře dominují opadavé listnaté druhy, což odráží trend ochlazování klimatu. Vyskytují se zde rody *Juniperus*, *Torreya*, *Nyssa*, *Rosa*, *Cercidiphyllum*, dále zástupci Betulaceae, Ulmaceae, vyskytuje se zde i několik zástupců teplomilnější flóry, jako jsou Lauraceae, *Platanus neptuni* a *Mimosites*. Pozoruhodná je faunistická i floristická podobnost s lokalitou Větruše. Z toho lze usuzovat, že obě lokality spolu pravděpodobně mohly komunikovat a vznikaly ve stejné době (Akhmetiev a kol. 2009).

Koncem eocénu je patrný nárůst sezonality, což značí snížení průměrné roční teploty. Ve vegetaci se tato změna projevuje ústupem stálezelených elementů a zvýšením diverzity

opadavých dřevin. Prakticky se tak z původního stálezeleného lesa stával smíšený mezofytní les. Termofilní elementy jsou nicméně dále hojně zastoupeny například druhy ze skupiny Lauraceae (Kvaček a kol. 2014).

### 3) Bechlejovice

Lokalita Bechlejovice katastrálně náleží k obci Březina a samotná tvoří jihovýchodní předměstí Děčína. Fosiliferní vrstvy jsou zde páskované diatomity, které jsou součástí tzv. Bechlejovické stěny.

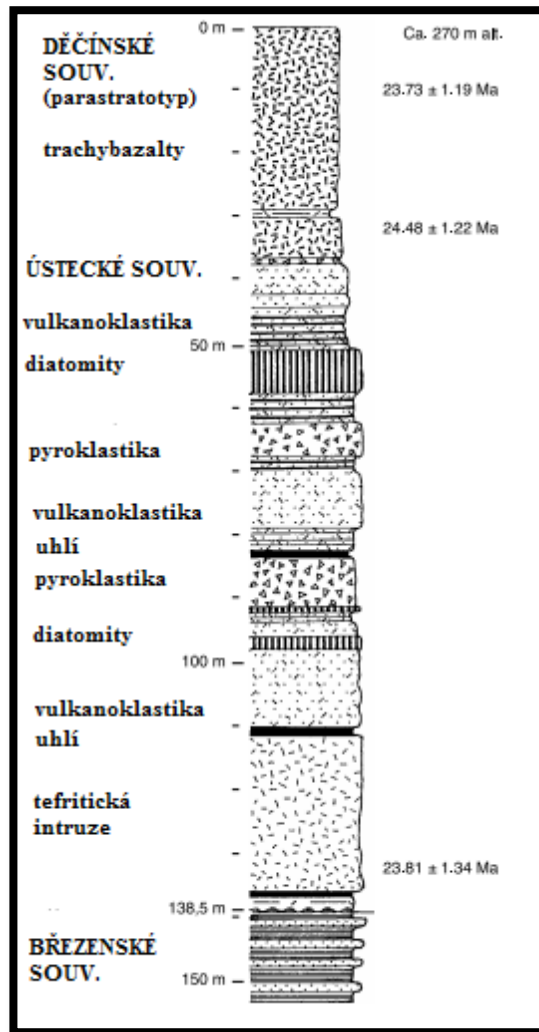
Tato stěna je tvořena příkrovy bazanitů, proloženými vrstvami pyroklastik, přičemž polohy diatomitů jsou na bázi vulkanického komplexu. V podloží diatomitů se nachází načervenalý pískovec, který je časově řazen do konce svrchní křídý. Na polohu diatomitu nasedá 12 metrů mocná vrstva zelenošedého tufitu. Mapování místa bylo provedeno M. Procházkou, který roku 1953 uveřejnil práci, ve které popsal schematický profil lokality. Profil byl poté roku 1955 ověřen a doplněn informacemi získanými ze sondy S-3 (Kvaček a Walther 2004).

Datování lokality bylo provedeno pomocí kalium – argonové metody na bazaltických intruzích a překryvech. Naměřená data ukazují stáří podložního pikritického bazaltu na  $24,5 \pm 1,2$  Ma a nadložního příkrovu na  $23,7 \pm 1,3$  Ma. Mezi těmito vrstvami se nachází fosiliferní diatomity. Chronologicky se tedy jedná u intruzí o stupeň chatian. Stáří nejspodnějšího vulkanického tělesa je odhadováno minimálně na  $26,81 \pm 1,34$  Ma (Radoň 2001).

Paleobotanické zbytky jsou reprezentovány převážně otisky listů a plodů více než sedmdesáti druhů krytosemenných rostlin, dále jediné konifery rodu *Torreya*, dvou rodů kapradin (*Polypodium*, *Rumohra*), také zástupcem bryofyt a diskutabilní je nález cykasu (Kvaček a Walther 2004).

Celosvětově je tato lokalita známá především díky nálezům terciérních žab a pulců z čeledi *Paleobatrachidae*. Také se zde vyskytují kosterní zbytky ocasatých obojživelníků a ryb, korýšů, hmyzu (například rourky chrostíků), koprolity hadů a krokodýlů, dále ptačí pera a dokladem přítomnosti vyšších obratlovců je nalezený zbytek čelisti vačnatce (Radoň 2001).

Úplně prvním nálezem byl otisk listu javoru, určeného jako *Acer trilobatum*, objevený profesorem Hibschem a později popsán Engelhardtem roku 1895 (Radoň 2001).



Obrázek 9: Geologický profil vrtu S – 3 (převzato a upraveno podle Kvaček a Walther 2004)

Co se týče paleoekologie, jednalo se pravděpodobně o rozsáhlé jezero v těsné blízkosti smíšeného mezofytního lesa, s dominancí listnatých dřevin a s menším výskytem teplomilných elementů. Sama lokalita se vyznačuje nálezy mělkovodních rostlin, jako jsou *Typha* a *Haemantophyllum*, což by nasvědčovalo tomu, že se jedná o příbřežní zónu jezera (Kvaček a Walther 2004).

Z dřevin jsou zde zastoupeny druhy: *Cercidiphyllum*, *Carya*, *Cyclocarya*, *Alnus*, *Ostrya*, *Carpinus*, *Craigia*, *Tilia*, *Ulmus*, *Zelkova*, různé typy rodu *Acer*, *Populus*, *Rosaceae*, *Toxicodendron*, *Ampelopsis*, *Smilax*. Teplomilnější prvky jsou zde zastoupeny nálezy z čeledi Lauraceae, dále *Platanus neptuni*, *Quercus bavarica*, *Sloanea artocarpites* a *Araceae* gen. et sp.

Palynologické záznamy ukazují na vzdálený výskyt teplomilného druhu *Engelhardia* a dalších druhů koniferz čeledí *Pinaceae* a *Cupressaceae* (Kvaček a Walther 2004).

Hlavní vulkanická fáze na lokalitě Bechlejovice spadá do svrchního oligocénu.

Vegetace vykazuje neobvyklý studený trend, což bylo vysvětlováno environmentálními faktory. Floristické a faunistické prvky jsou podobné Roudníkům.

#### **4) Kundratice**

Obec Kundratice leží přibližně čtyři kilometry severozápadně od Litoměřic. Poblíž se nachází další tři významné terciérní lokality, a to Lbín, Hlinná a Skalice. První geologický popis lokality pochází z práce Hibsche a Seemanna (1913), a později byla popsána ještě několikrát. Místo, kde byly prováděny sběry, leží asi jeden kilometr od obce Kundratice a je nazýváno Jezuitská rokle, která je součástí tzv. Rytiny soutěsky.

Z vulkanitů převládají olivínem bohaté bazaltoidy ústeckého souvrství a jejich stáří je datováno pomocí kalium – argonové metody na 32 milionů let. Stratigraficky tedy lokalita spadá do stupně rupelu. V tuto dobu se začalo globální klima oteplovat.

Z paleontologických nálezů je zde významná změna rybí fauny, kdy sem nové druhy začaly migrovat spolu s postupujícím oteplováním klimatu. Fosilní rostliny jsou podobné nálezům z Vrchu Hrazený, nebo z lokality Seifhennersdorf (Akhmetiev a kol. 2009).

V oblasti byl proveden vrt KU-1, pomocí kterého došlo ke zmapování geologického profilu místa. Sonda byla zavedena přibližně půl kilometru od naleziště a pronikla vulkanickým komplexem v podloží. Polohy fosiliferních diatomitů Jezuitské rokly souhlasí se svrchní částí sondy z vrtu KU-1. Báze vulkanického komplexu leží diskordantně na sedimentech svrchní křídly. Vulkanické horniny jsou zde zastoupeny ve dvou polohách, kdy se mezi nimi nalézají polohy diatomitů. Mocnost vulkanoklastik se celkově pohybuje okolo 200 metrů. Nejsvrchnější část vulkanického komplexu je tvořena alkalickým bazaltem. Z paleontologických rekonstrukcí prostředí je patrné, že se jednalo o řadu menších vulkanických jezer roztroušených v oblasti Českého středohoří a zčásti Lužických hor, ve kterých se materiál ukládal ve vulkanicky klidných obdobích (Akhmetiev a kol. 2009).





**Obrázek 10:** Pohled na část obce Hlinná, která se rozprostírá na úpatí vrchu Velké Hradiště (Zajícová 2016 – vlastní snímek).

Zajímavá je skutečnost, že při srovnání vrtu KU-1 s vrty prováděnými na blízkých lokalitách Lbín (Lb-1) a Hlinná (Uc-9), jsou pozorovatelné shody s nálezy z Jezuitské rokle, ačkoliv stáří obou vrtů je podstatně starší (svrchní eocén). Dokonce při porovnání vrtných jader došlo ke zjištění, že některé polohy fosiliferních diatomitů z vrtu KU-1 se shodují s jinak uspořádanými lavicemi diatomitů u vrtů Lb-1 a Uc-9. Geologický profil lokality, zjištěný vrtem KU-1, začíná vulkanickým komplexem, který nasedá na svrchnokřídové podloží. Tyto vulkanity jsou tvořeny olivínem bohatými bazanity, které překrývají jílovce s fosíliemi. Svrchní příkrov tvoří lavice mandlovcového melafyru (Bellon a kol. 1998).

Paleobotanické nálezy byly poprvé popsány Engelhardtem (1885) a později byla provedena revize lokality, kterou publikovali Kvaček a Walther (1998). Na lokalitě byli nalezeni zástupci dvou rodů kapradin, čtyři rody konifer a přes osmdesát druhů krytosemenných rostlin. Floristická korelace se starší Bechlejovickou flórou prokázala pokračování některých zástupců, patřících do čeledí Ulmaceae, Rosaceae, Juglandaceae, Leguminosae a zástupců

rodu *Acer*. Na rozdíl od flóry Bechlejovic však přibývá paleosubtropických vždyzelených prvků, jako jsou Lauraceae, *Engelhardia*, *Magnolia*, *Ilex* a *Sloanea*, což této lokalitě dává charakter smíšeného mezofytního lesa (Kvaček a Walther 1998, v práci Akhmetiev a kol. 2009).

## 5) Holý Kluk

Vrch Holý Kluk se nachází v Ústeckém kraji, přibližně půl kilometru severovýchodně od obce Proboštov. Z vulkanického hlediska se jedná o trachybazaltický vulkanismus a přestože v okolí Ústí nad Labem převládají lakolitová tělesa, je užití pojmu lakolit nejisté (Radoň 2001). Těleso je tvořeno intruzí sodalitického trachytu s typickou šestičetnou odlučností. Chronologicky spadá do stupně rupelu s absolutním stářím 30,9 Ma. Tato jednotka se nachází uvnitř pyroklastického materiálu a místy je patrný náznak intruze do pyroklastického materiálu, což je pro čistě lakolitové těleso netypické. Tufity jsou místy doprovázeny uhelnou sedimentací, na kterou jsou vázány výskyty fosilní flóry a fauny. Paleontologické nálezy byly poprvé zmíněny v práci Reusse (1840), kde se věnuje primárně geologické stavbě lokality, avšak uvádí zde i nálezy fosilních listů v břidličnatých jílovcích (Radoň 2001).

Fauna je zde zastoupena převážně fosilními zbytky žab, které vzhledem k jejich špatnému zachování není možné zařadit lépe. Stejně tak jsou zde problematické nálezy zbytků hmyzu. Je zde úplná absence ichtyofauny.

Floristicky se dá usuzovat, že se jedná o teplomilné společenstvo (Radoň a kol. 2006), a to na základě četných nálezů laurofilních elementů, vyskytuje se zde *Engelhardia* a významným prvkem je *Comptonia*. Paleontologické nálezy poukazující na teplejší klima se shodují s celosvětovým oteplovacím trendem ve spodním oligocénu.

Převažuje zde množství listnatých dřevin, ačkoliv se zde nachází i tři rody jehličnanů. Z mechorostů zde zástupci chybějí, ale z kapradin se zde vykytují dva taxony, a to *Rumohra recentior* a *Polypodium* sp.

Paleoekologicky by se tato lokalita dala charakterizovat jako smíšený mezofytní les (Akhmetiev a kol. 2009).

## 6) Knížecí – Hrazený

Vrch Hrazený, po staru nazýván Pirskenberg, se nachází přibližně půl kilometru východně od obce Knížecí, která leží ve Šluknovském výběžku, necelé čtyři kilometry jihozápadně od

Šluknova. Umístění této lokality je na periferii vulkanického komplexu Českého středohoří. První nálezy odsud popsal Weis (1890) a později byla lokalita zpracována ještě několikrát. Nejnovější revizi, na níž se řešitelka této diplomové práce podílela coby spoluautorka, vypracovali Kvaček a kol. (2015).

Největší podíl na nashromážděném materiálu z této lokality má nepochybně RNDr. Erwin Knobloch (sběry prováděl v letech 1956-1957), přičemž jej částečně i zpracoval. Rozsáhlá Knoblochova kolekce však zůstala donedávna zabalená v původních bednách ve skladu ČGS v Lužné u Rakovníka. Byla zde ponechána pro budoucí studium, ke kterému se doktor Knobloch bohužel nikdy nevrátil. U některých vzorků se ukázalo, že mohou díky svému zachování být podrobeny kutikulární analýze (Kvaček a kol. 2015).

Fosiliferní diatomity dosahují mocnosti až pěti metrů a jsou zde překryty bazalty a tefritickými lávovými proudy. Lavice diatomitů jsou prokládány vložkami pestrých jílovců a pískovců, méně častá je uhelná sedimentace, která doprovází fosiliferní polohy. Sedimentární sled je překryt bazaltickým příkrovem. Datováním magmatických hornin pomocí kalium – argonové metody bylo naměřeno stáří 38,3 až 23,7 milionů let, kdy u lávového proudu, který přímo překrývá fosiliferní diatomity bylo zjištěno stáří 29,5 Ma. Stratigraficky tak tato lokalita spadá do spodního oligocénu (Bellon a kol. 1998).

Profil lokality není odkrytý a veškeré vzorky byly získávány ze sutě v blízkosti obce Knižecí, kde v devatenáctém století probíhala neúspěšná těžba lignitu. Geologické prostudování lokality jako první provedli Herrmann s Beckem při mapování v roce 1897 a vytvořili seznam nalezených fosilií, které později identifikoval H. Engelhardt.

Dominuje zde paleobotanický materiál, který je tvořený jak listy, tak i plody a semeny, dále fragmenty jehlic rodu *Tetraclinis* a také se zde vyskytují samičí jehnědy olše. Materiál prošel silnou oxidací a je prouhelnatělý, se zbytky kutikul. Další zastoupené jsou například rody *Platanusneptuni*, *Alnus* sp., *Acer* sp., *Craigia* a *Engelhardia*. Z živočichů se zde vyskytují otisky ryb a studenokrevných drobných obratlovců, jejich nálezy jsou zde zastoupené ale jen výjimečně. Celkově zde bylo nalezeno kolem šedesáti druhů rostlin, přičemž podle jejich složení lze tuto lokalitu interpretovat jako teplomilný smíšený mezofytní až širokolistý opadavý les, s velkým zastoupením opadavých dřevin. Složení flóry se nápadně podobá společenstvím ze Seifhennersdorfu a Kundratic (Kvaček a kol. 2015).

## 7) Suletice – Berand

Suletice jsou jednou z nejvýznamnějších paleontologických lokalit v Českém středohoří, a to díky hojnému množství nálezů jak floristických, tak i živočišných. Také lze tuto lokalitu považovat za nejlépe prostudovanou. Nachází se necelé tři kilometry jihovýchodním směrem od Velkého Března. Materiálem, ve kterém jsou organické zbytky zachovány, jsou lavice diatomitů a lze je nalézt na dvou místech. Prvním výskytem jsou tzv. bílé Suletice, kdy jde o diatomitový výchoz v zářezu silnice vedoucí ze Suletice do Byňova. Druhým výskytem jsou tmavší hnědé fosiliferní diatomity, které byly objeveny při hloubení studny v blízké osadě Berand, která leží necelý kilometr západně od prvního výskytu.

Hlavním trendem geologické stavby místa jsou tektonické pohyby a s nimi i svahové sesuvy. Pro detailnější zmapování byly v oblasti prováděny vrty, jejichž výsledky jsou však vlivem tektonické nestability v minulosti nejednotné. Mapování celkového rozsahu diatomitových poloh a tím i vytvoření jednotného geologického profilu bylo tedy značně ztíženo. Roku 1965 zde byl proveden vrt S-2, díky němuž proběhlo datování lokality (pomocí kalium – argonové metody na vulkanitech) a stáří bylo určeno na 19,8 až 28,3 milionů let. Stratigraficky je tedy lokalita řazena do svrchního oligocénu, až spodního miocénu (Radoň 2001).

První zmínky o geologii pocházejí z roku 1898, kdy byla zmíněna v práci Engelhardta. Podrobněji bylo místo popsáno Hibschem v roce 1903 a následně byla lokalita zpracována ještě několikrát. Nejnovější informace podává revize lokality provedená v publikaci Kvaček a Walther (1995). Ta se zabývá převážně výskytem hnědých diatomitů a fosiliemi vázanými na ně.

Magmatické horniny jsou zde zastoupeny olivínem bohatými trachybazalty a bazaltickými pyroklastiky, které jsou součástí ústeckého souvrství (Cajz 2000).

Paleobotanické nálezy byly prvně popsány v práci Reusse (1840). Vedle četných nálezů flóry se tyto výskyty vyznačují také nálezem otisků žab z čeledi Palaeobatrachidae, zbytky hmyzu, zahrnující krovky brouků a rourky chrostíků a objeveny zde byly i otisky mloka. V mnohonásobně větší míře jsou odtud však nálezy floristické, kdy převažují opadavé listnaté dřeviny, spadající do čeledí Sapindaceae, Juglandaceae, Betulaceae, Ulmaceae, dále se zde nachází zástupci nahosemenných v zastoupení *Tetraclinis salicornioides*, *Torreya bilinica* a *Calocedrus suleticensis*, který byl popsán Kvačkem (1999), jako nový prvek, typický pro tuto lokalitu. Teplomilnější elementy jsou zde zastoupeny rovněž, a to například rodem *Daphnogene* a dalšími laurofylními prvky, jejich rozšíření předchází trend oteplování klimatu.

Vzhledem k nápadné podobnosti flóry u obou výskytů a jejich uložení, kdy tmavé diatomity jsou označovány, jako „spodní“, zatímco bílé jsou nazývány „svrchní“, se lze domnívat, že jde o jednu lokalitu, která však byla vlivem tektonických pohybů přetvořena a zlomem oddělena. Existují úvahy, týkající se rozdílných barev diatomitů, které prosazují velmi pravděpodobný způsob odlišení, a to, že bílá barva svrchních poloh diatomitů je způsobena delším odkryvem a vznikla při zvětrávání, zatímco spodní hnědý diatomit byl vystaven povětrnostním vlivům až později (Kvaček a Walther 1994).

V práci Kvaček, Walther (2007) je uvedena jistá podobnost mezi touto lokalitou a lokalitou Seifhennersdorf, kdy zde byly nalezeny některé shodné teplomilné taxony. Příkladem jsou taxony *Engelhardia*, *Platanus neptuni*, *Sloanea* a také je zde shodný druh konifery *Calocedrus suleticensis*.

## 8) Markvartice – Veselíčko

Obec Markvartice leží necelých devět kilometrů východně od města Děčín. Fosiliferní vrstvy se zde vyskytují ve dvou polohách, které se nacházejí na východním (Veselíčko) a západním (Markvartice) svahu vrchu Vysoký les, nebo také Veselka. Vrch leží přibližně dva a půl kilometru jihovýchodně od obce Markvartice a je tvořen vulkanickým komplexem, který diskordantně nasedá na svrchnokřídové podloží. Polohy fosiliferních diatomitů jsou doprovázeny uhelnou sedimentací a jsou proloženy tufity a tefritovými vulkanity svrchnooligocénního stáří.

První zmínky o paleontologických nálezech a s tím i první mapování geologického podloží, bylo uveřejněno v práci Jokélyho (1858). Z hnědouhelných čoček v podloží jsou známé živočišnéfosílie, a to převážně žab rodu *Palaeobatrachus* sp., krovky, rourky chrostíků a otisky hmyzu zástupců z řádu Orthoptera, dále zbytky ryb, obojživelníků i savců.

Paleobotanické nálezy reprezentují otisky listů, semen, plodů a jsou vázány převážně na diatomitové polohy. Zastoupené rostlinné druhy jsou například *Smilax orbicularis*, *Diospyros brachysepala*, *Daphnogene lanceolata*, *Laurophyllum pseudoprinceps*, *Platanus neptuni*, dále *Tetraclinis salicornides*, *Craigia bronniei* a další (Akhmetiev a kol. 2009). Podle zastoupených floristických elementů a jejich četnosti lze soudit na teplé klima, které na lokalitě panovalo (Radoň 2001).

Flóra z této lokality poukazuje na společné znaky flóry z lokality Seifhennersdorf, a to shodou ve výskytu mnoha taxonů. Shodné prvky jsou například *Tetraclinis*, *Torreya*, *Ailanthus prescheri*, *Daphnogene*, *Laurophyllum pseudoprinceps*, *L. acutimontanum*, *Platanus neptuni*,

*Prunus langsdorfii*, *Ampelopsis*, *Acer*, *Betula alboides*, *Sloanea* a *Saportaspermum* cf. *occidentale*. Rozdíl lze spatřovat na druhé straně v diverzitě lauroidních prvků, které mají blíže spíš k lokalitě Hrazený. Vzhledem k tomu, že se na lokalitě vyskytuje větší množství termofilních elementů, je pravděpodobné, že se časově mohlo jednat o klimatické optimum v pozdním rupelu (Kvaček a Walther 2007).

## 9) Matrý – Žichov

Tyto dvě lokality vedle stejného stáří spojuje podobné floristické zastoupení, obdobné zachování a téměř stejný způsob vzniku, a to navzdory odlišné lokalizaci. Obě naleziště spadají do svrchního oligocénu a Cajz (2000) je definoval jako děčínské souvrství. Stáří bylo určeno pomocí nálezů ryby *Palaeoleuciscus* na 30,8 až 24,7 milionů let. Radiometrické datování, stejně jako bližší studie lokalit zatím nebyly provedeny.

Vrch Matrý se nachází přibližně dva kilometry jihovýchodně od Brné nad Labem. Geologický profil vrchu tvoří trachybazalty s vrstvami pyroklastik a vložkami fosiliferních diatomitů.

První zmínky o této lokalitě uvedli ve své práci Hibsche a Seeman (1913). Později byly vypracovány další studie, avšak s informacemi o nálezech paleogénní flóry přišel až M. Radoň (2001) ve své práci.

Z rostlinných druhů zde dominují převážně opadavé listnaté dřeviny, jako jsou zástupci třídy Betulaceae, Ulmaceae, *Platanus neptuni*, z teplomilnějších například *Liriodendron* sp., *Laurophyllum* sp., *Daphnogene cinnamomifolia* i varieta *D. var. lanceolata*, a další. Významné jsou i nálezy otisků jehličnanů rodu *Pinus* sp. a *Tetraclinis salicornioides*. Z živočišné říše zde byly nalezeny pouze vzácné zbytky blíže neurčeného hmyzu (Akhmetiev a kol. 2009).

Obec Žichov se nachází přibližně pět kilometrů jižním směrem od Bíliny. Žichov spolu s obcí Lužice tvoří dva protilehlé břehy Lužického potoka a právě jeho erozivní činnost odkryla fosiliferní vrstvy, kterými jsou zde vedle čočkovitých vápnitých sedimentů silikátové břidlice a poloopály. Údolí probíhá od východu na západ. Převažujícím typem magmatických hornin jsou zde leuciticko – nefelinické bazalty a nefelinické bazanity s vysokým obsahem olivínu, které se střídají s fosiliferními vrstvami a polohami pyroklastického materiálu, který reprezentují především tufové slepence. Tyto horniny paleogénu nasedají na sedimenty svrchní křídly, jejichž stáří odpovídá turonu a coniakku.

První práce, která se touto lokalitou zabývala, je práce Reusse (1840), který se soustředil na geologickou stavbu lokality. Zmínky o paleobotanických nálezech byly již v pracích K. M.

Sternberka, které vycházely z jeho výzkumů o dvacet let dříve, než byla publikována práce Reusse (Radoň 2001).

Paleontologické nálezy z živočišné říše jsou zastoupeny zbytky žab, korýšů z řádu Decapoda a ryb (nejčteněji rod *Palaeoleuciscus* sp.). Dalšími nálezy jsou například krovky brouků a otisky křídel dvoukřídých. Mnohem čtenější jsou nálezy floristického materiálu, které jsou zastoupeny nálezy rodů *Acer*, *Alnus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Fagus*, *Ligustrum*, *Juglans*, *Salix*, *Rhamnus*, dále jsou hojní zástupci čeledí Betulaceae a Ulmaceae. Dále jsou z této lokality popsány nálezy tří druhů fosilního dřeva (Akhmetiev a kol. 2009, Sakala a Privé-Gill 2004).

Podle Soukupové (2004) je na této lokalitě možné vyčlenit dva typy ekosystémů se specifickými vlastnostmi. Tyto dvě jednotky spolu sousedily a částečně procházely jedna do druhé. Jako první skupinu, vyčleňuje autorka lužní les, rozkládající se na březích, kdy jedním z hlavních znaků jsou vyšší nároky na vlhko. Druhé, výrazně se vyčleňující společenstvo, je tvořeno suchomilnějšími druhy relativně nižšího stromového patra. Vzhledem k tomu, že většina zástupců z této lokality má zubaté okraje, lze důvodně usuzovat, že se místní klima oproti starším lokalitám ochladilo.

## 10) Seifhennersdorf

Tato lokalita tvoří výjimku mezi ostatními výše zmíněnými tím, že se nenachází na území České republiky, nýbrž na území Německa. Avšak vzhledem k věku, který je srovnatelný s Kundraticemi, ale s odlišným floristickým složením, je tato lokalita významnou pro paleoklimatické porovnání s ostatními výskyty. Město Seifhennersdorf leží přibližně dva kilometry severně od Varnsdorfu a stále náleží k Českému středohoří, ačkoliv se nachází na Německé straně.

Fosiliferní diatomity se zde vyskytují v pěti lavicích, které jsou prokládány vulkanickými horninami, zastoupenými, pyroklastiky a tufity. Příkrov tvoří olivínem bohaté bazanity. Radiometrickým datováním bazaltů bylo získáno stáří 30,2 milionů let (Walther a Kvaček 2007).

Rostlinné zastoupení se v některých prvcích podobá Kundraticím, ale zároveň je obohaceno o druhy typické pro azonální pobřežní vegetaci, jako jsou rody *Taxodium*, *Salix*, *Eotrigonobalanus*, *Nyssa* a nejrůznější akvatické byliny.

Nejspodnější poloha diatomitu obsahuje právě azonální vegetaci a relativně hojné otisky žab. Následující vrstva je typická nálezy zbytků ryb. Dvě nadložní lavice obsahují pyroklastickou příměs a jsou fosilně sterilní. V nadloží těchto vrstev je zřetelná intenzivní vulkanická činnost

a diatomity navazují až na bazaltické těleso. Právě nejsvrchnější vrstvy diatomitů jsou bohaté na floristický materiál, který ve své práci detailně popsal ve své práci Engelhardt (1870).

V paleobotanickém složení převažují jednoznačně krytosemenné rostliny teplomilného charakteru, zatímco konifery jsou zde zastoupeny pouze pěti taxony. Z významných rostlinných rodů se zde vyskytují například *Laurophyllum meuselii*, *Magnolia seifhennersdorfensis*, *Carya*, *Nyssa* a *Quercus*. Ze živočišných zbytků se zde vyskytuje velké množství hmyzu (Prokop a Fikáček 2007).

Výpočet klimatických podmínek byl proveden na základě koexistenční analýzy a průměrná roční teplota byla stanovena přibližně na 15,6 °C (Akhmetiev a kol. 2009).

## 8.2 Doplnující lokality

Lokality, které následují dále, jsou naleziště, která nejsou zatím kompletně prostudována a nálezů z těchto míst není v porovnání s předchozími lokalitami mnoho. Navzdory tomu jsou však lokality významné z hlediska toho, že se často jedná o vrtná jádra, která právě fosiliferní místa protkla. Vzhledem k relativně častému prolínání některých lokalit, co se týče v první řadě floristických nálezů a také podobnosti struktury profilů lze usuzovat, že jednotlivá místa mohla vznikat v podobném, ne-li stejném čase a dokonce spolu mohla mezi nimi existovat komunikace. V některých případech není také vyloučeno, že se původně jednalo o jedolitou vodní plochu. O takových tvrzeních lze uvažovat například u lokalit Hlinná, Lbín a Tlučeň, kdy se všechna tři místa nacházejí na ploše pouhých několik kilometrů daleko od sebe a paleofloristické složení je téměř shodné. Vzhledem k tomu, že probádanost těchto lokalit není zatím na dostatečné úrovni, nebyly k nim vytvořeny přehledy flór v příloze. Jednalo by se pouze o nekompletní obraz, což pro tuto práci není relevantní.

### 1) Skalice

Skalice katastrálně spadá pod obec Litoměřice, od které je vzdálená asi dva kilometry. V publikaci Radoně (2001) je tato lokalita rozdělena ve dvě kapitoly, pojednávající o dvou typech výskytů paleogénních fosilií. Autor zde odlišuje paleontologické nálezy v mladších diatomitech a svrchnoeocénních křemencích. Lokalita s diatomity leží necelý kilometr severozápadním směrem od obce Skalice a je tvořena výchozy diatomitů s občasnými výskyty fosilní rostlinné i živočišné složky. Profil lokality zde začíná diatomitovými polohami na bázi vulkanoklastického souvrství. Výše jsou položeny lavice tufitů a tufitických jíílů, které tvoří



podloží pro mladší vulkanické efuze. Lavice křemenců je uložena výše ve svahu a nálezy jsou odtud pouze floristického charakteru. Podle nynějšího reliéfu místa je patrné, že zde probíhala tektonická aktivita, kdy část s diatomity poklesla a dostala se tak pod úroveň starších křemenců. Oblast se vyznačuje četnými sesuvy. Lavice diatomitu zde dosahuje mocnosti přibližně dvou metrů a jejich výzkum zde prováděli a následně publikovali ve svých pracích v padesátých letech dvacátého století Procházka a Mráz (1955). Dále se jim věnoval Gabriel ve druhé polovině šedesátých let dvacátého století (Radoň 2001).

Z paleobotanického materiálu jsou v diatomitech udávané nálezy otisků listů typu *Cinnamomum scheuchzeri*, *Daphnogene polymorpha*, *Ulmus bicornis*, *Acer* sp. a *Salix varians*. Fauna je zde zastoupena četnými otisky ryb a kostmi kachny.

V oblasti bylo provedeno několik vrtů, které protkly fosiliferní vrstvy a bylo odsud získáno hojné množství materiálu jak rostlinného, tak i živočišného. U některých pokusných vrtů nebyly nálezy tolik četné, nicméně paleobotanický materiál z nich dokládá výskyt dalších druhů, které se ve výchozech neobjevily. Významnější sondy jsou S-16 a S-17. V sondě S-16 byly nalezeny například zástupci rostlinných druhů *Tetraclinis salicornioides*, *Cinnamomum lanceolatum*, *Daphnogene bilinica*, cf. *Platanus neptuni*, *Engelhardia macroptera* a *Laurophyllum* sp. Také jsou odsud známé zbytky jednoděložných rostlin a častý je výskyt rodu *Mimosites haeringiana* (Radoň 2001).

V podložních křemencích se nacházejí pouze fosilní rostliny. Podle floristických nálezů se jedná o jednotku, spadající do starosedelského souvrství. Existuje předpoklad, že se jedná o zbytek horizontu, který sem byl přemístěn svahovými pohyby z nedaleké lokality u Žitenic. Nejčastější jsou zde udávané paleobotanické nálezy, určené jako cf. *Quercus*, *Daphnogene* sp. a *Eotrigonobalanus furcinervis* (Radoň 2001).

Materiál získaný z této lokality je uložen ve sbírkách ČGS a v depozitáři NM v Praze. Konkrétně nálezy z vrtů jsou nyní nově studovány z pohledu kutikulární analýzy a palynologie.



Obrázek 11: Pohled na České středohoří s lokalitami Žitenice a Skalice (Zajícová 2016 - vlastní snímek)

## 2) Hlinná

Obec Hlinná se nachází asi tři kilometry severozápadně od města Litoměřice. Fosiliferní jsou zde vrstvy diatomitů, které byly zastíženy ve vrtném jádře Uc-9. Nálezy převážně reprezentují rostliny a jsou uloženy ve sbírkách ČGS na Klárově. Hojně zastoupené jsou zde například otisky listů rodů *Doliosstrobos*, *Laurophyllum*, *Leguminosites* a *Dicotylophyllum*.

Pomocí vrtného jádra Uc-9 byl zjištěn profil lokality. Báze je tvořena pyroklastiky a brekcí, což může být hodnoceno jako diatréma. Následuje sedimentární komplex o tloušťce několik desítek metrů, který je tvořený jílovcí s vulkanoklastickou příměsí. Dále pokračují tufity, diatomity s uhelnými vložkami a popel s vulkanoklastiky. Hloubka fosiliferních jílovců se pohybuje v rozmezí 86 až 71 m. vzhledem k tomu, že v nadloží se nachází uhelná sedimentace, je možné místo považovat za původní maarové jezero, jehož rozloha zůstává neznámá (Kvaček 2002).

Tato lokalita je situována přibližně jeden kilometr východně od lokality Lbín a je podobně uspořádána. Obě místa byla studována a datována pomocí maklofloristických prvků, zastoupených převážně vymřelým jehličnanem *Doliosstrobos* a dále pomocí palynologie (Kvaček 2002).

### 3) Lbín

Lokalita Lbín je další ze série nalezišť, která se vyskytují poblíž města Litoměřice. Tentokrát se jedná o obec ležící necelé čtyři kilometry na sever od města. Fosiliferní vrstvy zde tvoří několik výchozů a byly protknuty vrtem Lb-1 poblíž vesnice. I zde vrstvy tvoří diatomity, které jsou současně podloží pro vulkanosedimentární komplex. Protože se tato lokalita vyznačuje častými sesuvy, je stratigrafie oblasti stále diskutabilní. Svrchně eocénní uloženiny byly zastiženy v nižších částech vrtného jádra, a to v hloubce od 97 do 89 m (Kvaček 2002). Sekce je zde tvořena od báze jílovito-uhelnou sedimentací, která je překryta vulkanoklastiky. Následují bazaltové lavice, mezi nimiž jsou umístěny písčité jíly s fosiliferními diatomity. Flóra je zde zastoupena laurofylními prvky a větvičkami jehličnanu rodu *Doliosstrobos*. Tzv. lbínský diatomit je mladšího stáří, než diatomity z blízké lokality Skalice. Ze živočichů jsou zde známé nálezy ryb rodu *Protothymallus* (Kvaček 2002). Protože je sedimentární těleso překryto alkalickými bazalty, je přístup k němu problematický. Pomocí datování lávových příkrovů bylo určeno stáří lokality na 29,6 až 30,1 Ma (Kvaček 2002).

### 4) Tlučeň

Tlučeň je malou obcí, ležící asi čtyři a půl kilometru severozápadně od Litoměřic. Jedná se o třetí lokalitu, která je známá spíše z vrtů a nachází se v blízkosti obcí Hlinná, Kunderatice a Lbín. Tato lokalita bohužel nikdy nebyla zpracována a nálezy odsud byly popsány relativně nedavno, při rozbalení původních sběrů prof. Kvačkem a řešitelkou této diplomové práce v rozmezí let 2013 - 2016. Její podobnost litologická a paleofloristická se Lbínem a Hlinnou poukazuje na možnou komunikaci mezi těmito lokalitami. Z diatomitů jsou zde známé taxony *Platanus neptuni*, *Ilex mediomontana*, *Engelhardia orsbergensis*, *Laurophyllum pseudoprinceps*, *Laurophyllum syncarpifolium*, *Dicotylophyllum* sp. a *Smilax* sp.

### 5) Větruše

Vrch Větruše s nově zrestaurovaným zámečkem na vrcholu, je dominantou města Ústí nad Labem. Od centra města se nachází necelý kilometr jižním směrem, na levém břehu řeky Labe. Místo nálezů je situováno na úpatí skalního profilu, který je tvořen celkem třemi bazaltovými proudy, oddělenými polohami sedimentů. Nejnižší dvě čedičové lavice se vyznačují přítomností textur, které vznikají při kontaktu lávy s vodou. Proudů jsou odděleny výraznějším pruhem sedimentů bohatých na organické složky.



Obrázek 12: Vrch Větruše (Zajícová 2016 - vlastní snímek)

Polohy diatomitu se nacházejí v podloží bazaltů, kdy je zde patrná relativně velká příměs pyroklastik. Fosiliferní vrstvy byly objeveny při těžbě, která probíhala na konci devatenáctého století, avšak dále nepokračovala. První známky o výskytu fosiliferních diatomitů se objevují v práci Hibsche (1904).

Při studiu této lokality byla zjištěna podobnost fauny a flóry s lokalitou Roudníky. Co se týče spojitosti lokality Větruše a dalších nalezišť, bylo zde pozorováno částečně shodné zastoupení rybí fauny, a to s lokalitami Kučlín a Kostomlaty, z pozdního eocénu. Sdílené floristické prvky jsou například druhy *Juniperus pauli*, *Tetraclinis salicornioides*, *Platanus neptuni*, *Liriodendron* sp., *Craigia bronii*, *Engelhardia orsbergensis* a někteří zástupci skupiny Betulaceae. Tyto druhy se na lokalitě Větruše vyskytují jako mikrofosílie, zatímco na lokalitě Roudníky je lze nalézt pouze v palynologickém záznamu. Protože je však odsud nálezů relativně málo, není možné provést detailnější zhodnocení této lokality.

Z flóry je zde dále možné nalézt otisky listů, plody a větvičky, patřící k taxonům *Alnus kefersteinii*, *Daphnogene cinnamomifolia*, *Laurophyllum* cf. *acutimontanum*, *Ostrya atlantidis*, *Taxodium dubium*, *Rosa lignitum*, *Acer* sp. a *Zelkova zelkovifolia*. Známou se tato

lokalita stala především díky malým kuličkám jantaru. Živočišná složka je zastoupena zbytky ryb, žab, krovkami brouků, zuby krokodýlů a různými koprolity (Kvaček a kol. 2014).

Protože lokalita nebyla radiometricky datována, je její stáří určeno korelací nalezených fosilií s ostatními lokalitami. Vzhledem ke shodnému zastoupení zdejší flóry s flórou z Roudníků lze předpokládat, že obě lokality vznikaly asi současně.

## 6) Jedlka

Lokalita Jedlka představuje svrchnooligocénní skalní stěnu, tvořenou vulkanickými produkty, kdy se zde střídají hrubozrnné lavice s jemnozrnnými polohami, které jsou fosiliferní. Stěna se nachází ve svahu severně nad obcí, podle které se nazývá celá lokalita. Necelých pět kilometrů severozápadně od obce Jedlka leží město Děčín a severovýchodně ve vzdálenosti asi šesti kilometrů se nachází lokalita Markvartice. Ve starší literatuře je možné najít stěnu pod názvem Rabenstein. V hrubozrnných polohách jsou časté vulkanické pumy a úlomky tefritu. Fosiliferní vrstva vybíhá u báze stěny. První zmínky o lokalitě uvedl ve své práci Paudler (1878). Později jsou nálezy popsány v mnoha pracích, například v pracích Hibsche (1897) a Procházky (1951). Nálezy jsou zde pouze rostlinné, a to například taxony *Salix varians*, *Juglans acuminata*, *Laurophyllum*, *Platanusneptuni*, *Alnus*, *Laurus*, *Ficus* *Daphnogene* s širokými i úzkými typy listů (var. *cinnamomifolia* i *lanceolata*). Nálezy jsou zde poškozeny rychlou degradací horniny a často je nelze identifikovat (Radoň 2001).

Nejnovější zpracování Jedlky je v diplomové práci Soukupové (2004). Autorka zde vyzdvihuje možnost, že se vzhledem k absenci živočišných fosilií mohlo jednat o prostředí s výraznějším výškovým gradientem, konkrétně tedy o okolí průtočného jezera. Z místa je na rozdíl od jiných lokalit známo menší množství rostlinných zbytků, a ty nalezené vykazují méně kvalitní zachování, což odpovídá dynamičtějšímu způsobu transportu. Podle zastoupení druhů se tedy mohlo jednat o lužní les, který dále přechází do smíšeného mezofytního lesa. Soukupová (2004) dále připouští na základě v menší míře zastoupených stálezelených elementů možnost výskytu azonální vegetace. Detailnější popis prostředí je u této lokality problematický, neboť je odsud známo relativně malé množství nálezů, podle kterých by se dala vytvořit důvěryhodnější analýza.

## **9. Diskuse**

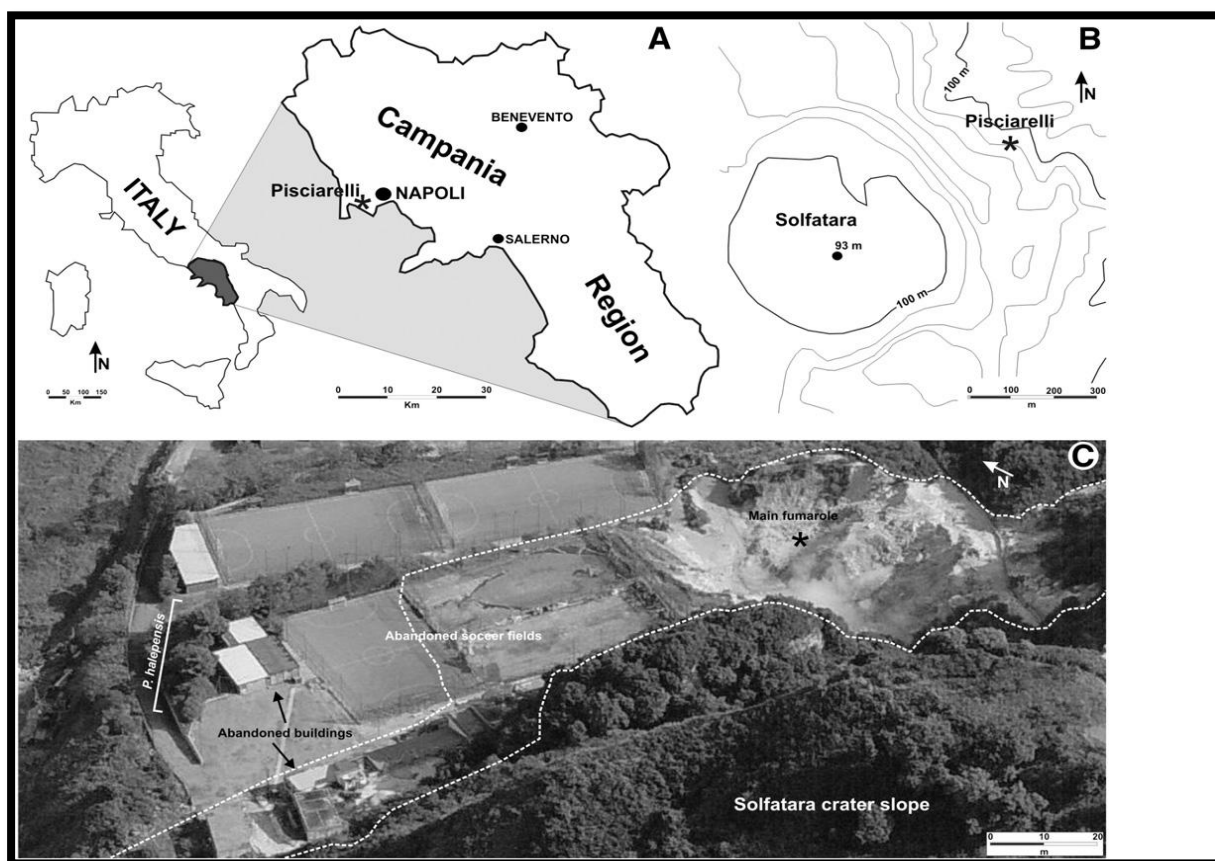
V geologické historii měl vulkanismus velmi významnou roli, a to jak na počátku při vzniku planety, tak po celou dobu jejího vývoje. Existují teorie, že bez vulkanické aktivity by nemohl vzniknout na Zemi život. Této tématice se věnuje například významný český biolog Doc. RNDr. Anton Markoš, CSc. působící na katedře filosofie a dějin přírodních věd. Zpracoval ji ve své knize Staré pověsti (po)zemské aneb Malá historie planety a života (Markoš, Hajnal 2007). V raných fázích zemského vývoje také vulkanismus napomohl k vytvoření tzv. sekundární atmosféry, která se po obohacení kyslíkem udržela do dnešní doby. Jaký však mohl mít vulkanismus vliv v regionálním měřítku při dlouhodobé činnosti, je otázkou zatím zcela nedořešenou.

V recentu existuje podobná situace na několika místech, z nichž nám nejbližší se nachází v Itálii u Neapole. Studovanou jednotkou zde byla kaldera Solfatara, která je známá pro četný výskyt aktivních fumarol. Místo se vyznačuje vysokým stupněm acidity a má charakter polopouště. Z rostlinné složky se zde vykytují pouze xeromorfni jedinci, schopní odolávat v extrémních podmínkách.

V roce 2012 byla publikována práce, ve které se skupina vědců zabývala vlivem vulkanických plynů na kutikulu borovice halepské (*Pinus halepensis* Mill.), v blízkosti kaldery Solfatara (obr. 13). Pro porovnání s postiženou lokalitou, byla vybrána „čistá“ oblast v dostatečné vzdálenosti od industriálního prostředí. Při zpracovávání vzorků bylo zjištěno, že jedinci rostoucí v bezprostřední blízkosti kaldery, vykazují vyšší stupeň poškození kutikuly a překrystalizování kutikulárních vosků (Bartimoro a kol. 2012).

Zda mohl vulkanismus Českého středohoří mít podobný vliv, je otázkou, neboť chybí dostatek materiálu a vzhledem k možnosti přeplavení fosílií nelze určit, v jaké vzdálenosti dřevina rostla. V tomto případě se však jedná o relativně krátkou epizodu, v porovnání s tím, co máme k dispozici z paleogénu, a bylo tedy potřeba se obrátit na jiné paleoklimatické metody, které jsou pro tuto situaci vhodnější.

Vliv vulkanické činnosti na životní prostředí a klimatické podmínky v geologické historii Českého středohoří nebyl zatím nikým kompletně pro celou periodu zpracován. Souvislosti mezi vulkanismem a flórou se zabývali ve své práci Bůžek a kol. (1978), ve které byla zpracována flóra z okolí Kundratic a její spojitost s vulkanismem v Českém středohoří. V této práci autoři upozorňují na vztah mezi vulkanickou činností a vývojem místní flóry, oproti geologicky starším a mladším obdobím. Existují další práce, které se zabývají dílčími lokalitami, přičemž je zde zmíněn i vztah k vulkanismu.



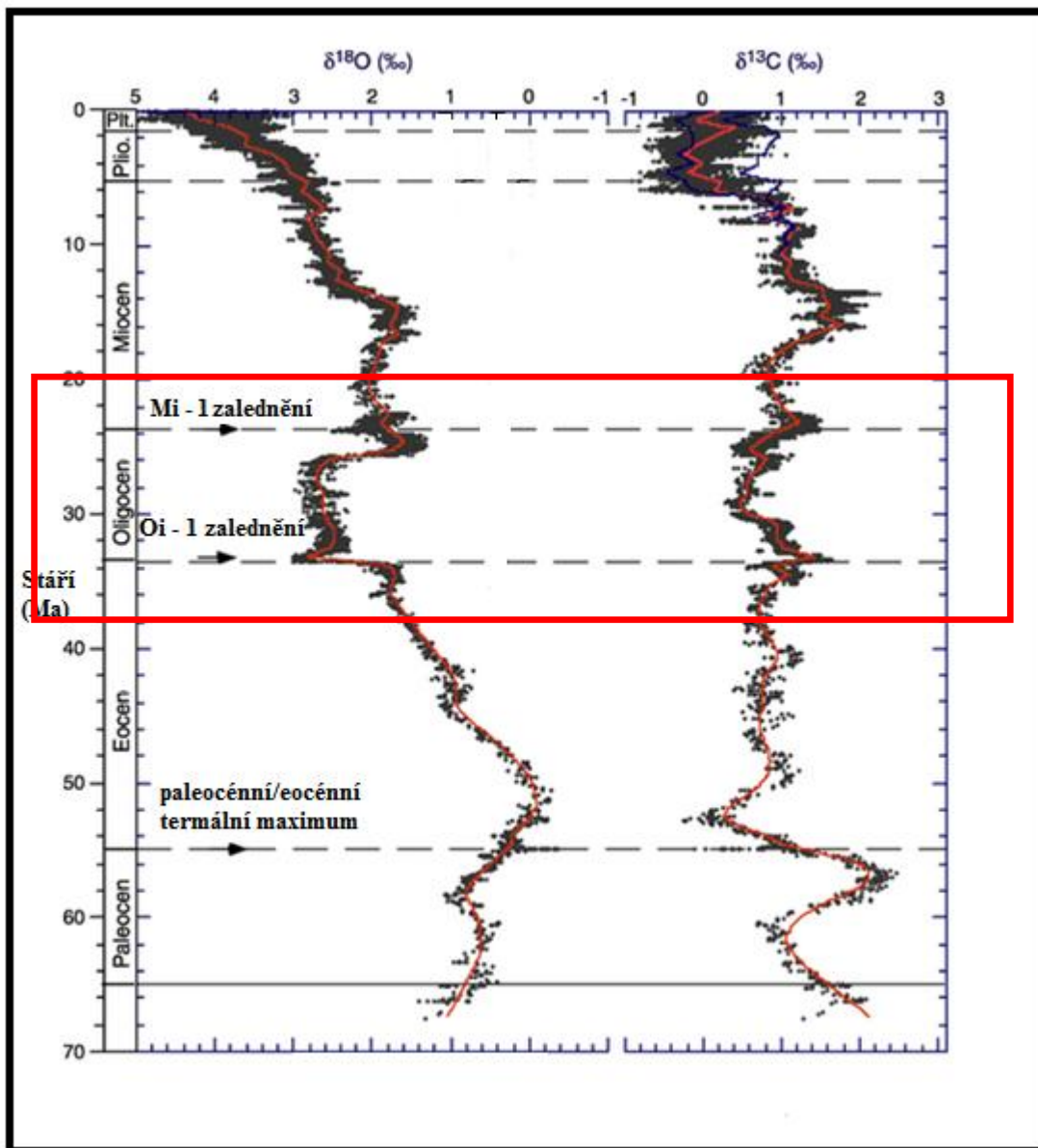
Obrázek 13: Schematická mapa oblasti, se zázresem kaldery Solfatara a letecký snímek oblasti (převzato z Bartimoro et al.; 2012).

Na obrázku č. 14 je znázorněný průběh stavu celosvětové průměrné teploty, která byla naměřena pomocí izotopů kyslíku a uhlíku, přičemž červeným obdélníkem je vymezena doba, shodující se s vulkanickou aktivitou středohoří. Tento snímek byl do této práce zařazen pouze pro přibližnou korelaci, neboť znázorňuje výstupy analýzy, prováděné na materiálech z oceánského prostředí. Protože lokality Českého středohoří jsou kontinentálního charakteru, je potřeba toto srovnání brát s jistou rezervou.

Z křivky lze vyčíst postupný trend oteplování, kdy v období oligocénu jsou patrné výraznější výkyvy inklinující k vyšším teplotám, v poměru s poklesem teploty na přelomu eocénu a oligocénu. V tomto období byl vulkanismus relativně na maximu.

Podle floristického zastoupení ve fosilním záznamu jednotlivých lokalit, se víceméně jednalo o teplomilná společenstva. Lze tak usuzovat mimo jiné ze zastoupení laurofylních prvků, které se však v průběhu oligocénu měnilo. Ve většině případů se jednalo o společenstvo smíšeného mezofytního lesa, v blízkosti tůní až jezer.

K posouzení klimatických poměrů byly využity analýzy LMA a CLAMP, jejichž výsledky, získané od doc. V. Teodoridise, jsou po úpravě uvedeny v příloze. Úprava tabulek spočívala ve vyzdvihnutí lokalit, které jsou pro náš časový úsek předmětné.



Obrázek 14: Křivka znázorňuje globální změnu teploty během kenozoika, data byla získána na základě změny poměru izotopu kyslíku a uhlíku ze schránek mořských foraminifer. Červeným obdélníkem je vyznačený časový úsek, který přibližně odpovídá období vulkanické aktivity v Českém masívu (Upraveno podle Zachos a kol. 2001).

Z výstupů koexistenční analýzy a CLAMP analýzy je patný shodný trend nejdříve ochlazování, to až do přelomu rupelu a chattu, a pak mírné zvyšování teploty. Podle výsledků



byla ve svrchním eocénu průměrná roční teplota mezi 15 a 18 °C. Na konci eocénu je snížení teploty v průměru až o několik stupňů, přičemž se tento pokles shoduje s první vulkanickou fází. V podstatě by tento klesající trend mohl odrážet mimo jiné zvýšení koncentrace kondenzačních jader a tím ochlazení lokálního klimatu. Pokud se zaměříme na floristické složení, tak převažující teplomilné prvky jsou postupně nahrazovány chladnomilnějšími. Lauraceae jsou na konci eocénu, představovaném lokalitou Roudníky, zastoupené v mnohem menší míře, než ve starším období, zatímco Betulaceae, Ulmaceae a jehličnaté dřeviny jsou zde velmi hojné.

Když postupujeme do mladších geologických jednotek, tak mezi výstupy CA analýzy a CLAMP analýzy vznikají v teplotách rozdíly, nicméně oscilace teplot je relativně shodná. Následuje méně výrazné střídání mírného ochlazování s oteplováním, kdy v pozdním oligocénu, který představuje lokalita Matřý, se teplota výrazně snižuje.

Hlavní vulkanická fáze je datována do oligocénu, přičemž teploty jsou zde s menšími výkyvy téměř stabilní. Tady vzniká rozdíl mezi výsledky obou analýz, a to i o několik stupňů. Trend je však podobný. Korelací obou metod však získáváme průměrnou roční teplotu okolo 16 °C pro období svrchního oligocénu. Vyšší teplotu dokazuje také relativně hojné zastoupení laurofylních prvků.

## **10. Závěr**

Z materiálů, které byly použity k sepsání této diplomové práce, vyplývá, že vliv vulkanické aktivity, která formovala České středohoří, měl vliv na soudobý ekosystém, ačkoliv všechny jeho aspekty nejsou stále dostatečně prozkoumány.

Z recentních studií je známo, že vulkanické emise mají vliv jak na atmosféru, tak i na chemické složení půd. Vedle lávy a pyroklastického materiálu jsou uvolňovány i volatilie (konkrétněji oxid uhličitý, oxidy síry, dusíku, chloridu a fluoru). Zatímco oxidy uhlíku a síry mají spíše globální dopad, oxidy dusíku jsou významné v případě regionálních ekosystémů. Tyto emise mají za následek dvojitý dopad na životní prostředí, a to buď ochlazování atmosféry (aerosoly kyseliny sírové v roli kondenzačních jader, přičemž shlukováním molekul vody dochází k ochlazení okolí), nebo oteplování atmosféry (zvýšený obsah oxidů uhlíku a dusíku způsobují skleníkový efekt). Nárůst množství kondenzačních jader kyseliny sírové v atmosféře má taky za následek vznik kyselých dešťů, které nepříznivě ovlivňují místní

ekosystémy. Díky vulkanické činnosti také dochází ke změnám výškového gradientu vlastního terénu (Self a kol. 2005).

Za použití principu aktualismu lze předpokládat, že výsledky recentních studií vulkanické činnosti a jejího vlivu na životní prostředí lze aplikovat i na fosilní ekosystémy. Tyto poznatky lze dále korelovat s výsledky paleoklimatických metod, založených na fosilních rostlinných společenstvech. K lepšímu osvětlení této problematiky budou však zapotřebí další studie, a to jak na poli vulkanologie, tak na poli působnosti paleobotaniky.

Hlavní závěry, které jsou z nynějšího stupně poznání k dispozici, jsou následující:

- 1) Vliv vulkanické činnosti na klima a okolní ekosystém je nepopíratelný, a to nejen díky spadovému pevnému materiálu, ale i plynným komponentám, které jsou uvolňovány spolu s vulkanickými výparry.
- 2) Vulkanismus může po určité době být spouštěčem změn ekosystému v lokálním měřítku natolik, že se změny projeví i ve floristickém složení. Vzhledem k tomu, že živočišná složka je významně vázána na vegetaci, lze očekávat i následnou změnu fauny.
- 3) Jednotlivé lokality Českého středohoří poukazují na dynamičnost lokálního ekosystému v jednotlivých obdobích.

# 11. Použitá literatura a internetové zdroje

## 11.1 Literatura:

- Akhmetiev M., Kvaček Z., Walther H. (2009): Mid – latitude Palaeogene floras of Eurasia bound to volcanic settings and palaeoclimatic events – Experience obtained from the far East of Russia (Sikhote – Alin´) and Central Europe. – Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae, Vol. 65, No. 3-4, 61–129.
- Bartimoro A., Guignard G., Lumaga M. R. B., Barattolo F., Chiodini G., Avino R., Guerriero G., Barale G. (2012): Influence of volcanic gases on the epidermis of *Pinus halepensis* Mill. in Campi Flegrei, Southern Italy: A possible tool for detecting volcanism in present and past floras. - Journal of Volcanology and Geothermal Research 233–234, 1–17.
- Bellon H., Bůžek Č., Gaudant J., Kvaček Z., Walther H. (1998): The České Středohoří magmatic komplex in Northern Bohemia <sup>40</sup>K-<sup>40</sup>Ar ages for volcanism and biostratigraphy of the Cenozoic freshwater formations. – Newsletter Stratigraphy, Vol. 36, No. 2/3, 77–103.
- Bůžek Č. (1967): Paleontologické výzkumy terciéru. – Výzkumný úkol 4/01, Ústřední ústav geologický, Praha 1, Malostranské náměstí 19, číslo posudku P 19929, 1–24.
- Bůžek Č., Kvaček Z., Walther H. (1978): Tertiary floras from the surroundings of Kunderatice in relation to the volcanic phases of the České středohoří Mts. – Věstník Ústředního ústavu geologického, 53, 347-355.
- Cajz V. (2000): Proposal of lithostratigraphy for the České středohoří Mts. Volcanics. – Věstník ČGÚ, 75 / 1, 7-16.
- De'ath G. (2002): Multivariate regression trees: A new technique for modeling species – environmental relationships. – Ecology, Vol. 83, No. 4, 1105–1117.

- Dilcher D. L., Janesko D. A., Kowalski E. A., Royer D. L., Wilf P. (2005): Correlations of Climate and Plant Ecology to Leaf Size and Shape: Potential Proxies for the Fossil record. – *American Journal of Botany*, Vol. 92, No. 7, 1141–1151.
- Gabriel M. (1967): Geologický a ložiskový výzkum diatomitů. – Výzkumný úkol 4/01, Ústřední ústav geologický, Praha 1, Malostranské náměstí 19, číslo posudku P 19929; 1–24.
- Gabriel M. (1970): Diatomové horniny střední části Českého středohoří. – *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 45, 27–38.
- Greenwood D. R. (2005): Leaf Margin Analysis: Taphonomic Constrains. – *PALAIOS, Plant Taphonomy*, Vol. 20, No. 5, 498–505.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky. – *ACADEMIA, Akademie věd České republiky*.
- Kvaček Z. (1985): Kutikulární analýza. – disertační práce PřF UK.
- Kvaček Z., Walther H. (1995): The Oligocene volcanic flora of Sulečice – Berand Near a Ústí nad Labem, North Bohemia – a review. – *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, Vol. 50, No. 1–4, 25–54.
- Kvaček Z., Walther H. (1998): The Oligocene volcanic flora of Kundratice near Litoměřice, České Středohoří volcanic komplex (Czech Republic) – a review. - *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, Vol. 54, No. 1–2, 1–42.
- Kvaček Z., Hurník S. (2000): Revision of Early Miocene plants preserved in baked rocks in the North Bohemian Tertiary. – *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, Vol. 56, No. 1–2, 1–48.
- Kvaček Z. (2002): Late Eocene landscape, ecosystems and climate in Northern Bohemia with particular reference to the locality of Kučlín near Bílina. - *Bulletin of the Czech Geological Survey*, Vol. 77, No. 3, 217–236.

- Kvaček Z., Dvořák Z., Mach K., Sakala J. (2004): Třetihorní rostliny severočeské hnědouhelné pánve. – Severočeské doly a. s., Chomutov, Granit, s. r. o., Praha.
- Kvaček Z., Walther H. (2004): Oligocene flora of Bechlejovice at Děčín from the neovolcanic area of the České Středohoří Mountains, Czech Republic. - *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, Vol. 60, No. 1-2, 9–60.
- Kvaček Z. (2007): Do extant nearest relatives of thermophile European Cenozoic plant elements reliably reflex climatic signal? - Elsevier; *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 253, 32-40.
- Kvaček Z., Teodoridis V. (2007): Tertiary macrofloras of the Bohemian Massif: a review with correlations within Boreal and Central Europe. - *Bulletin of Geosciences*, Vol. 82, No. 4, 383–408.
- Kvaček Z., Walther H. (2007): Early Oligocene flora Seifhennersdorf (Saxony). - *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, Vol. 63, No. 2-4, 85–174.
- Kvaček Z., Teodoridis V. (2011): The Late Eocene flora of Kučlín near Bílina in North Bohemia revisited. – *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, Vol. 67, No. 3–4, 83–144.
- Kvaček Z., Teodoridis V., Mach K., Přikryl T., Dvořák Z. (2014): Tracing the Eocene – Oligocene transition: a case study from North Bohemia. – *Bulletin of Geosciences*, Vol. 89, No. 1, 21–64.
- Kvaček Z., Teodoridis V., Zajíčková J. (2015): Revision of the early Oligocene flora of the Hrazený hill (former Pirskenberg) at Knížecí near Šluknov, North Bohemia. - *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae*, vol. 71, no. 1-2, 55-102.

- Markoš A., Hajnal L. (2007): Staré pověsti (po)zemské aneb Malá historie planety a života. - nakladatelství Pavel Mervart.
- Mosbrugger V., Utescher T. (1997): The coexistence approach – a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. - Elsevier; Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 134, 61-86.
- Prokop J., Fikáček M. (2007): An annotated list of early oligocene insect fauna from Seifhennersdorf (Saxony, Germany). - Acta Musei Nationalis Pragae, Series B – Historia Naturalis Pragae, vol. 63, no. 2-4, 209-217.
- Radoň, M. (2001): Výzkum terciérních paleontologických lokalit v Českém středohoří. - Závěrečná zpráva programového projektu Ministerstva kultury České republiky.
- Rampino M. R., Stothers R. B. (1988): Flood basalt volcanism during the past 250 million years. – Science, New Series, Vol. 241, No. 4866, 663–668.
- Rapprich V., Cajz V., Košťák M., Zoltán Pécskay, Řídkošil T., Raška P., Radoň M. (2007): Reconstruction of eroded monogenic Strombolian cones of Miocene age: A case study on character of volcanic activity of the Jičín Volcanic Field (NE Bohemia) and subsequent erosional rates estimation. – Journal of Geosciences, 52, 169-180.
- Rapprich M. (2012): Za sopkami po Čechách. – Grada Publishing a.s.
- Reichov M., Saunders A. (2009): The Siberian Traps and the End-Permian mass extinction: a critical review. – Chinese Science Bulletin, Vol. 54, No. 1, 20–37.
- Sadler J. P., Grattan J. P. (1999): Volcanoes as agent of past environmental change. – ELSEVIER, Global and Planetary Change 21, 181–196.
- Sakala J., Privé-Gill C. (2004): Oligocene angiosperm woods from Northwestern Bohemia, Czech Republic. – IAWA Journal, vol. 25 (3), 369-380.

- Self S., Thordarson T., Widdowson M. (2005) Gas Fluxes from Flood Basalt Eruptions. - *Elements*, 1, 283–287.
- Shrubný O., Fišerová J. (1967): Terciární vulkanity. – Výzkumný úkol 4/01, Ústřední ústav geologický, Praha 1, Malostranské náměstí 19, číslo posudku P 19929; 1–24.
- Soukupová H. (2004): Vegetace a paleoekologie vybraných lokalit Českého středohoří. – diplomová práce PŘF UK, 100 str.
- Spicer R. A., Herman A. B., Kennedy E. M. (2004): Foliar Physiognomic Record of Climatic Conditions during Dormancy: Climate Leaf Analysis Multivariate Program (CLAMP) and the Cold Month Mean Temperature. – *The Journal of Geology*, Vol. 112, 685–702.
- Spicer R. A., Herman A. B., Kennedy E. M. (2005): The Sensitivity of CLAMP to Taphonomic Loss of Foliar Physiognomic Characters. – *PALAIOS*, Vol. 20, No. 5, 429–438.
- Su T., Xing Y. – W., Liu Y. – S., Jacques F. M. B., Chen W. – Y., Huang Y. – J., Zhou Z. – K. (2010): Leaf Margin Analysis: A new equation from humid to mesic forest in China. – *PALAIOS*, Vol. 25, 234–238.
- Teodoridis V., Mazouch P., Spicer A. R., Uhl D. (2011): Refining CLAMP – Investigations towards improving the Climate Leaf Analysis Multivariate Program. – Elsevier; *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 299, 39–48.
- Teodoridis V., Kvaček Z., Zhu H., Mazouch P. (2012): Environmental analysis of the mid-latitude European Eocene sites of plant macrofossils and their possible analogues in East Asia. – ELSEVIER; *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* Vol. 333–334, 40–58.
- Votrubová O. (1997): Anatomie rostlin. – Karolinum, nakladatelství Univerzity Karlovy.

- Wignall P. B. (2001): Large igneous provinces and mass extinctions. – Earth – Science Reviews, Vol. 53, 1–33.
- Wolfe J. A. (1995): Paleoclimatic estimates from Tertiary leaf assemblages. – Annual Reviews Earth Planet, vol. 23, 42-119.
- Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. – Science, vol. 292, 686-693.
- Zajícová J. (2013): Vulkanismus Velkých magmatických provincií v historii Země a jeho možné dopady na globální ekosystém. – bakalářská práce PřF UK, 33 str.

### 11.2 **Internetové zdroje:**

- Obrázek 5: <http://static.panoramio.com/photos/original/74433786.jpg>, dne 21.8.2015



## 12. Vysvětlivky k obrazovým tabulím

### TABULE 1

#### Vybrané floristické elementy z lokality Kučlín (sbírky NM v Praze).

1. *Doliosrobos taxiformis* (Sternberg) Kvaček, olistěná větvička.
2. *Rumohra recentior* (Unger) Barthel, list.
3. *Doliosrobos taxiformis* (Sternberg) Kvaček, šupina semenné šištice.
4. *Nymphaea polyrrhiza* Ettingshausen, otisk listové jizvy.
5. *Daphnogene cinnamomifolia* (Brongniart) Unger, list.
6. *Ailanthus* sp., list.
7. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, list.
8. *Osmunda lignitum* (Giebel) Stur, list.
9. *Laurophyllum* sp., fragment listu.
10. *Craspedodromophyllum betuloides* Kvaček et Teodoridis, list.

### TABULE 2

#### Vybrané floristické elementy z lokality Roudníky (sbírky NM v Praze).

1. *Juniperus pauli* Kvaček, olistěná větévka.
2. *Juniperus pauli* Kvaček, olistěná větévka.
3. *Acer* sp., list.
4. *Crataegus pirskenbergensis* Knobloch, list.
5. *Alnus* sp. semenná šištice.
6. *Alnus* sp. semenná šištice.
7. *Carpinus mediomontana* Mai, listen.
8. *Alnus gaudinii* (Heer) Knobloch et Kvaček, list.
9. *Muscites* sp., část stélky.
10. *Cercidiphyllum crenatum* (Unger) R. Brown, list.
11. *Ostrya atlantidis* Unger, list.
12. *Zelkova zelkovifolia* (Unger) Bůžek et Kotlaba, list.
13. *Liriodendron haueri* Ettingshausen, plůdek.

### TABULE 3

#### Vybrané floristické elementy z lokality Bechlejovice (sbírky NM v Praze).

1. *Ostrya atlantidis* Unger, list; *Carya* sp., list.
2. *Tilia gigantea* Ettingshausen, list.
3. *Toxicodendron herthae* (Unger) Kvaček et Walther, list.
4. *Polypodium radonii* Kvaček, list.

5. *Cornus studeri* Heer, list.
6. *Pungiphyllum cruciatum* (A. Braun) Frankenhäuser et Wilde, list.
7. *Smilax weberi* Wessel, list.
8. *Craigia brononii* (Unger) Kvaček, Bůžek et Manchester, plod.
9. *Rosa* sp., složený list.
10. *Acer angustilobum* Heer, list.
11. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, list.

#### **TABULE 4**

##### **Vybrané floristické elementy z lokality Kundratice (sbírky NM v Praze).**

1. *Tetraclinis salicornioides* (Unger) Kvaček, fragment větévky.
2. *Acer trilobatum* (Sternberg) A. Braun, list.
3. *Ostrya atlantidis* Unger, list.
4. *Daphnogene cinnamomifolia* (Brongniart) Unger, list.
5. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, list.
6. *Cercidiphyllum crenatum* (Unger) R. Brown, list.
7. *Mimosites haeringianus* Ettingshausen, list.
8. *Poacites laevis* A. Braun, fragment listu.
9. *Engelhardia orsbergensis* (Weber) Jähnichen, Mai et Walther, lístek.
10. *Ostrya atlantidis* Unger, plod.
11. *Acer angustilobum* Heer, list.

#### **TABULE 5**

##### **Vybrané floristické elementy z lokality Matřý (sbírky M. Radoně V Regionálním muzeu v Teplicích)**

1. *Tetraclinis salicornioides* (Unger) Kvaček, fragment větévky.
2. *Daphnogene bilinica* (Unger) Kvaček et Knobloch, list.
3. *Pinus* sp. div., jehlice.
4. *Woodwardia muensteriana* (C. Presl in Sternberg) Kräusel, list.
5. *Betula* sp., list.
6. *Carya fragiliformis* (Sternberg) Kvaček et Walther, plod.
7. *Ulmus pyramidalis* Göppert, listy.
8. *Torreya bilinica* Saporta et Marion, listen.
9. *Acer angustilobum* Heer, list.
10. *Carya fragiliformis* (Sternberg) Kvaček et Walther, list.
11. *Alnus* sp., fragment listu.
12. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, list.
13. Leguminosaegen. et sp. indet.

## TABULE 6

### Vybrané floristické elementy z lokality Vrch Hrazený (sbírky NM v Praze).

1. *Cephalotaxus parvifolia* (Walther) Kvaček et Walther, list.
2. *Taxus engelhardtii* Kvaček, list.
3. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, plodenství.
4. *Carpinus mediomontana* Mai, plod.
5. *Alnus* sp., samičí šištice.
6. *Rosa* sp., list.
7. *Tetraclinis salicornioides* (Unger) Kvaček, fragment větévky.
8. *Comptonia difformis* (Sternberg) Berry, list.
9. *Hydrangea microcalyx* Sieber, kalich.
10. *Carpolithes* sp. indet.
11. *Muscites* sp., část stélky.
12. *Carpolithes* sp. indet.
13. *Alnus* sp., semenná šištice.

## TABULE 7

### Vybrané floristické elementy z lokality Suletice-Berand (sbírky NM v Praze).

#### Suletice – „bílé“

1. *Acer angustilobum* Heer, list.
2. *Tetraclinis salicornioides* (Unger) Kvaček, fragment větévky.
3. *Zelkova zelkovifolia* (Unger) Bůžek et Kotlaba, list.
4. *Engelhardia orsbergensis* (Weber) Jähnichen, Mai et Walther, lístek.
5. *Alnus gaudinii* (Heer) Knobloch et Kvaček list.

#### Suletice – Berand

6. *Dicotylophyllum* sp., list.
7. *Engelhardia orsbergensis* (Weber) Jähnichen, Mai et Walther, list.
8. *Laurocarpum* sp., plody.
9. *Zelkova zelkovifolia* (Unger) Bůžek et Kotlaba, list.
10. *Hydrangea microcalyx* Sieber, kalich.
11. *Betula* sp., fragment listu.
12. *Engelhardia macroptera* (Brongniart) Unger, plod.
13. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, list.
14. *Acer palaeosaccharinum* Stur, list.

## TABULE 8

### Vybrané floristické elementy z lokality Markvartice-Veselíčko (sbírky NM v Praze).

1. *Dicotylophyllum maii* Kvaček et Walther, list.
2. *Acer dasycarpoides* Heer, list.
3. *Liriodendron* sp., listen.
4. *Daphnogene bilinica* (Unger) Kvaček et Knobloch, list.
5. *Betula* sp., list.
6. *Dicotylophyllum* sp., list.
7. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, plodenství.
8. *Craigia bronnii* (Unger) Kvaček, Bůžek et Manchester, plod.
9. *Poacites* sp., fragment listu.
10. *Daphnogene bilinica* (Unger) Kvaček et Knobloch, list.

## TABULE 9

### Vybrané floristické elementy z lokality Žichov (sbírky NM v Praze)

1. *Betula brongniarti* Ettingshausen, list.
2. *Dicotylophyllum* sp., list.
3. *Daphnogene cinnamomifolia* (Brongniart) Unger, list.
4. *Ulmus pyramidalis* Göppert, list.
5. *Acer palaeosaccharinum* Stur, list.
6. *Acer tricuspdatum* Bronn sensu Procházka et Bůžek, list.

## TABULE 10

### Vybrané floristické elementy z lokality Hlinná (sbírky ČGS v Praze).

1. *Carpinus grandis* Unger, list.
2. *Mimosites haeringianus* Ettingshausen, list.
3. *Dicotylophyllum* sp., fragment listu.
4. *Mimosites haeringianus* Ettingshausen, list.
5. *Dicotylophyllum* sp., fragmenty listu
6. *Ilex* sp., list.
7. *Magnolia* sp., list.
8. *Doliosobus taxiformis* (Sternberg) Kvaček, olistěná větvíčka.

## TABULE 11

### Vybrané floristické elementy z lokality Tlučeň (sbírky ČGS v Praze).

1. *Dicotylophyllum* sp., list.

2. *Laurophyllum pseudoprinceps* Weyland et Kilpper, list.
3. *Ilex* sp., list.
4. *Ilex* sp., list.
5. *Dicotylophyllum* sp., list.
6. *Laurophyllum syncarpifolium*, list.
7. *Ilex* sp., list.
8. *Platanus neptuni* (Ettingshausen) Bůžek, Holý et Kvaček, list.

## **TABULE 12**

### **Vybrané floristické elementy z lokality Lbín (sbírky ČGS v Praze).**

1. *Dicotylophyllum* sp., fragment listu.
2. *Doliosstobus taxiformis* (Sternberg) Kvaček, olistěná větvička.
3. *Doliosstobus taxiformis* (Sternberg) Kvaček, olistěná větvička.
4. *Callistemophyllum bilanicum* Ettingshausen, otisk listu.
5. *Doliosstobus taxiformis* (Sternberg) Kvaček, šupina.
6. *Taxodium dubium* (Sternberg) Heer, větvička s lístky.
7. *Doliosstobus taxiformis* (Sternberg) Kvaček, šupina.
8. *Cissus nimrodii* Ettingshausen, otisk listu.

## 13. Přílohy

### 13.1 Získaná data z paleoklimatických paleobotanických metod

#### 1) Koexistenční analýza (CA)

Stáří	Studovaná flóra	Paleoklimatické odhady (CA)							
		MAT [°C]		WMMT [°C]		CMMT [°C]		MAP [mm]	
		min. value	max. value	min. value	max. value	min. value	max. value	min. value	max. value
pozdní oligocén	Matrý	11,2	15,6	24,0	26,8	-1,6	5,0	879,0	1355,0
raný oligocén	Markvartice – Veselíčko	14,6	18,5	24,7	25,9	2,2	12,2	979,0	1213,0
	Suletice – Berand	15,6	18,3	24,7	27,5	5,0	10,9	1096,0	1213,0
	Knížecí – Hrazený	14,6	18,9	24,7	28,3	5,0	12,2	979,0	1213,0
	Seifhennersdorf	15,6	16,6	25,7	26,4	5,0	5,2	979,0	1250,0
	Holý Kluk	15,6	18,3	24,7	27,5	5,0	10,9	1096,0	1355,0
	Kundratice	14,6	18,5	24,7	25,9	5,0	11,0	867,0	1187,0
	Bechlejovice	14,6	17,4	24,7	28,1	7,7	10,9	1187,0	1355,0
pozdní eocén	Roudníky	13,6	18,0	23,6	27,1	1,8	10,0	979,0	1355,0
	Kučlín	16,5	18,0	24,7	27,1	7,7	10,0	1003,0	1613,0
	Staré Sedlo	15,7	23,9	25,6	28,1	5,0	12,6	1122,0	1613,0

#### 2) CLAMP analýza

Stáří	Studované flóry	CLAMP kalibrační datasety	Paleoklimatické odhady (CLAMP)				
			MAT [°C] (STDEV)	WMMT [°C] (STDEV)	CMMT [°C] (STDEV)	3-WET [cm] (STDEV)	3-DRY [cm] (STDEV)
pozdní oligocén	Matrý	173	13.6 (1.6)	20.7 (1.8)	7.4 (2.2)	53.3 (13.1)	16.7 (3.5)
raný oligocén	Markvartice – Veselíčko	189	11.9 (1.3)	23.5 (1.7)	1.8 (2.6)	59.8 (16.6)	13.7 (5.0)
	Suletice – Berand	144	12.4 (1.2)	24.8 (1.4)	1.6 (1.9)	71.6 (13.8)	18.6 (3.2)
	Knížecí – Hrazený	189	9.9 (1.3)	24.0 (1.7)	-2.2 (2.6)	56.1 (16.6)	13.4 (5.0)

	Seifhennersdorf	144	11.3 (1.2)	23.5 (1.4)	0.7 (1.9)	81.3 (13.8)	17.4 (3.2)
	Holý Kluk	173	10.2 (1.6)	19.2 (1.8)	2.8 (2.2)	43.1 (13.1)	10.2 (3.5)
	Kundratice	144	12.1 (1.2)	23.5 (1.4)	2.4 (1.9)	84.7 (13.8)	17.1 (3.2)
	Bechlejšovice	144	11.1 (1.2)	21.1 (1.4)	2.1 (1.9)	82.5 (13.8)	21.7 (3.2)
pozdní eocén	Roudníky	144	10.0 (1.2)	21.6 (1.4)	0.0 (1.9)	82.3 (13.8)	12.8 (3.2)
	Kučlín	189	16.8 (1.3)	26.1 (1.7)	8.1 (2.6)	54.3 (16.6)	11.8 (5.0)
	Staré Sedlo	189	16.2 (1.3)	25.9 (1.7)	6.3 (2.6)	59.4 (16.6)	12.0 (5.0)

## 13.2 Seznam flór vybraných lokalit

### 1) Kučlín – Vrch Trupelník

<b>KAPRAĎOROSTY:</b>
<i>Equisetum ettingshausenii</i>
<i>Osmunda lignitum</i>
<i>Pronephrium stiriacum</i>
<i>Lomariopsis bilinica</i>
<i>Acrostichum</i> sp.
<i>Rumohra recentior</i>
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Tetraclinis salicornioides</i>
<i>Doliostrobos taxiformis</i>
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Dusembaya</i> sp., <i>Nymphaea polyrhiza</i> , <i>Nymphaeaceae</i> gen. et sp.
<i>Magnolia longipetiolata</i> , <i>Liriodendron</i> sp.
<i>Laurophyllum</i> sp., <i>Daphnogene cinnamomifolia</i> , <i>Daphnogene</i> sp.
<i>Smilax</i> sp.
<i>Dioscorea</i> sp.
<i>Sabal raphifolia</i> , cf. <i>Arecaceae</i> indet.
<i>Poacites acuminatus</i>
<i>Musa bilinica</i> , „ <i>Chamaerops</i> “ <i>kutschlinica</i> , „ <i>Butomus</i> “ <i>heeri</i> , „ <i>Arundo</i> “ <i>heeri</i>
<i>Berberis</i> sp., cf. <i>Mahonia</i> sp.
<i>Platanus neptuni</i>
cf. <i>Ampelopsis</i> sp.
<i>Sloanea nimrodi</i> , <i>Sloanea manchesteri</i> , <i>Sloanea olmediifolia</i> , <i>Sloanea engelhardtii</i>
<i>Podocarpium hirsutum</i> , <i>Leguminocarpon</i> sp., <i>Leguminosites</i> sp.
<i>Ziziphus bilinica</i>
<i>Cedrelospermum leptospermum</i> , <i>Tremophyllum microphyllum</i> , <i>Ulmites</i> sp.

<i>Eotrigonobalanus furcinervis</i> , <i>Trigonobalanopsis rhamnoides</i> , <i>Quercus</i> sp.
<i>Carya fragiliformis</i> , <i>Engelhardia orsbergensis</i> , <i>Engelhardia macroptera</i> , <i>Hooleya hermis</i> , <i>Juglandiphyllites</i> sp.
<i>Byttneriopsis daphnogenes</i> , <i>Byttneriopsis steuerii</i> , cf. <i>Acherniephyllum hydrachos</i> , <i>Saportaspermum kovacsiae</i> , „ <i>Acer</i> “ <i>sotzkianum</i> , <i>Sterculia crassinervia</i> , <i>Sterculia labrusca</i> , <i>Lutheopsis</i> sp., <i>Hemitrapa</i> cf. <i>pomelii</i>
<i>Chaneya palaeogatea</i>
<i>Ailanthus tardensis</i> , <i>Ailanthus palaeorhus</i> , cf. <i>Ailanthus</i> sp.
<i>Hydrangea microcalyx</i>
<i>Palaeohosiea bilinica</i>
<i>Diospyros microcalyx</i>
<i>Apocynophyllum bilanicum</i> , <i>Apocynospermum striatum</i>
<i>Pungiphyllum heerii</i> , <i>Craspedodromophyllum betuloides</i> , <i>Camptodromites</i> sp., <i>Majanthemophyllum</i> sp., <i>Raskya vetusta</i> , <i>Callispermophyllum bilanicum</i> , <i>Ternstroemites</i> sp., cf. <i>Salix</i> sp., <i>Dicotylophyllum</i> sp., <i>Carpolithes</i> sp.

## 2) Roudníky

<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Taxodium dubium</i> cf., <i>Torreya bilinica</i> , <i>Tetraclinis salicornioides</i> , cf. <i>Cephalotaxus parvifolia</i> , <i>Juniperus pauli</i> , <i>Pinus</i> sp.
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Laurophyllum acutimontanum</i> , <i>Laurophyllum pseudoprinceps</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
cf. <i>Matudaea menzelii</i>
<i>Platanus neptuni</i>
<i>Leguminosae</i> gen. et sp. indet., <i>Mimosites haeringianus</i>
<i>Alnus gaudinii</i> , <i>Carpinus mediomontana</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Ostrya atlantidis</i> , <i>Betula alnoides</i> , <i>Betula dryadum</i>
<i>Carya fragiliformis</i> , <i>Cyclocarya</i> sp.
<i>Craigia bronii</i> , <i>Dombeyopsis lobata</i> , <i>Tilia brassicoides</i>
<i>Ulmus fischerii</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i>
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Rosa milosii</i> , <i>Crataegus pirskenbergensis</i>
<i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer</i> cf. <i>tricuspidatum</i>
<i>Dicotylophyllum deichmuelleri</i>
cf. <i>Sabrenia</i> sp.
<i>Diospyros</i> sp., <i>Liriodendron haueri</i>
<i>Fraxinus</i> sp.
<i>Gleditsia</i> sp.
<i>Nyssa disseminata</i>



<i>Ziziphus ziziphoides</i>
<i>Carpolithes</i> sp.
<i>Pungiphyllum cruciatum</i> , <i>Pyracantha kraeuselii</i> , ? <i>Castaneophyllum lonchitiforme</i> , <i>Symplocos oligocaenica</i>

### 3) Bechlejovice u Děčína

<b>MECHOROSTY:</b>
<i>Bryophyta</i> gen. et sp.
<i>Polypodium radonii</i>
<i>Rumohra recentior</i>
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Zamiaceae</i> gen. et sp.
<i>Torreya bilinica</i>
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Magnoliaceae</i> gen. et sp.
<i>Laurophyllum</i> sp., <i>Laurophyllum</i> cf. <i>pseudoprinceps</i> , <i>Laurophyllum acutimontanum</i> , <i>Sassafras</i> sp.
<i>Mahonia pseudosimplex</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
<i>Matudaea menzelii</i>
<i>Platanus neptuni</i> , <i>Platanus schimperi</i>
cf. <i>Sloanea artocarpites</i>
<i>Mimosites haeringianus</i> , <i>Leguminosites cladrastioides</i> , <i>Leguminosites</i> sp.
<i>Ziziphus ziziphoides</i> cf. <i>bilinica</i> , <i>Ziziphus ziziphoides</i>
<i>Betula buzekii</i> , <i>Alnus gaudinii</i> , <i>Alnus kefersteinii</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Carpinus cordataeformis</i> , <i>Carpinus mediomontana</i> , <i>Ostrya atlantidis</i>
<i>Quercus</i> sp., <i>Quercus bavarica</i>
<i>Comptonia</i> cf. <i>difformis</i>
<i>Carya</i> cf. <i>serrifolia</i> , <i>Carya</i> sp., <i>Cyclocarya</i> sp.
<i>Diospyros</i> sp., <i>Diospyros brachysepala</i>
<i>Populus zaddachii</i>
<i>Tilia gigantea</i> , <i>Tilia brassicoides</i> , <i>Dombeyopsis lobata</i> , <i>Craigia brononii</i> , <i>Sterculia crassinervia</i>
<i>Ulmus fischeri</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i> f. <i>bechlejovicensis</i>
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Rosa milosii</i> , <i>Crataegus pirskenbergensis</i> , cf. <i>Pyracantha kraeuselii</i> , <i>Rosaceae</i> gen. et sp.
<i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer integrilobum</i> , <i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer tricuspidatum</i> , <i>Acer</i> sp.
<i>Ailanthus prescheri</i>
<i>Toxicodendron herthae</i>
<i>Ampelopsis hibschi</i> , <i>Ampelopsis</i> sp.
<i>Cornus studeri</i>

<i>Pungiphyllum cruciatum</i> , <i>Saportaspermum</i> sp., <i>Dicotylophyllum deichmuelleri</i> , <i>Dicotylophyllum heerii</i> , <i>Dicotylophyllum</i> sp.
<i>Haemanthophyllum</i> sp.
<i>Smilax weberi</i>
<i>Areceaceae</i> gen. et sp.
<i>Typha latissima</i> , <i>Monocotyledonae</i> gen. et sp.

#### 4) Kunderatice

<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Tetraclinis salicornioides</i> , <i>Torreya bilinica</i> , <i>Taxus engelhardtii</i> , <i>Cephalotaxus parvifolia</i>
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Dusembaya seihennersdorfensis</i>
<i>Magnolia</i> sp. div.
<i>Laurophyllum pseudoprinceps</i> , <i>Daphnogene cinnamomifolia</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
<i>Platanus neptuni</i>
<i>Sloanea artocarpites</i>
<i>Mimosites haeringianus</i>
<i>Alnus gaudinii</i> , <i>Alnus kefersteinii</i> , <i>Betula alnoides</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Ostrya atlantidis</i>
<i>Carya costata</i> (?), <i>Carya fragiliformis</i> , <i>Juglandaceae</i> gen. et sp. indet., <i>Engelhardia orsbergensis</i>
<i>Populus zaddachii</i>
<i>Tilia gigantea</i> , <i>Dombeyopsis lobata</i> , <i>Craigia bronii</i>
<i>Ulmus fischeri</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i>
<i>Crataegus pirskenbergensis</i> , <i>Rosa lignitum</i>
<i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer dasycarpoides</i> , <i>Acer integrilobum</i> , <i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer reuminianum</i> , <i>Acer tricuspdatum</i>
<i>Fraxinus</i> sp.
<i>Ailanthus prescheri</i>
<i>Toxicodendron herthae</i>
<i>Ilex castellii</i>
<i>Ampelopsis hibschii</i>
<i>Cornus studeri</i>
<i>Pungiphyllum cruciatum</i> , <i>Dicotylophyllum deichmuelleri</i> , <i>Dicotylophyllum heerii</i>
<i>Apocynospermum striatum</i>
<i>Smilax weberi</i>

## 5) Holý Kluk

<b>KAPRAĎOROSTY:</b>
<i>Polypodium</i> sp., <i>Rumohra recentior</i>
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Tetraclinis salicornioides</i> , <i>Calocedrus suleticensis</i> , <i>Torreya bilinica</i>
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
cf. <i>Dusambea</i> sp.
<i>Magnolia</i> sp., <i>Laurophyllum</i> cf. <i>acutimontanum</i> , <i>Laurophyllum</i> cf. <i>pseudoprinceps</i> , <i>Laurophyllum</i> sp., <i>Daphnogene cinnamomifolia</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
cf. <i>Matudea menzelii</i>
<i>Platanus neptuni</i>
<i>Betula</i> sp., <i>Alnus gaudinii</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Carpinus mediomontana</i> , <i>Ostrya atlantidis</i>
<i>Engelhardia macroptera</i> , <i>Engelhardia orsbergensis</i> , <i>Carya serrifolia</i> , cf. <i>Cyclocaria cyclocarpa</i>
<i>Sloanea artocarpites</i> , <i>Sloanea</i> sp.
<i>Tilia gigantea</i> , <i>Dombeyopsis lobata</i> , <i>Craigia brononii</i>
<i>Ulmus fischeri</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i>
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Celtis</i> sp., <i>Hydrangea microcalyx</i>
<i>Mimosites haeringianus</i> , <i>Leguminosites</i> sp.
<i>Zanthoxylum</i> sp.
<i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer</i> cf. <i>tricuspidatum</i> , <i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer decipiens</i> , <i>Acer engelhardtii</i> , <i>Acer integrilobum</i> , <i>Acer dasycarpoides</i> , <i>Acer sotzkianum</i> , <i>Acer</i> sp.
<i>Ailanthus confucii</i> , <i>Ailanthus prescheri</i>
<i>Ampelopsis hibschi</i> , <i>Ampelopsis</i> cf. <i>rotundata</i>
<i>Cornus studeri</i>
cf. <i>Viburnum atlanticum</i>
<i>Rhus ptelalefolia</i>
<i>Saportaspermum</i> sp., <i>Dicotylophyllum deichmuelleri</i> , <i>Dicotylophyllum heerii</i> , <i>Dicotylophyllum maii</i> , <i>Dicotylophyllum</i> sp.
<i>Smilax weberi</i>

## 6) Knížecí – Hrazený

<b>MECHOROSTY:</b>
<i>Muscites</i> sp.
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Pinus</i> cf. <i>rigios</i> , <i>Taxodium dubium</i> , <i>Tetraclinis salicornioides</i> , <i>Taxus engelhardtii</i> , <i>Torreya bilinica</i>
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Liriodendron haueri</i>
<i>Daphnogene cinnamomifolia</i> , <i>Laurophyllum medimontanum</i> , <i>Laurophyllum</i> sp.
<i>Smilax weberi</i>
<i>Typha latissima</i> , <i>Poacites</i> sp. div.

<i>Platanus neptuni</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
<i>Ampelopsis hibschi</i>
<i>Phaseolites</i> sp., <i>Parvileguminophyllum haeringianum</i>
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Crataegus pirskebergensis</i>
<i>Ulmus fischeri</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i>
<i>Celtis pirskenbergensis</i>
<i>Comptonia difformis</i>
<i>Carya fragiliformis</i> , <i>Cyclocarya</i> sp., <i>Engelhardia macroptera</i> , <i>Engelhardia orsbergensis</i> , <i>Juglandaceae</i> gen. et sp. indet.
<i>Alnus gaudinii</i> , <i>Alnus kefersteinii</i> , <i>Betula brongniartii</i> , <i>Betula alnoides</i> , <i>Betula buzekii</i> , <i>Carpinus cordataeformis</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Carpinus roscheri</i> , <i>Carpinus mediomontana</i>
<i>Populus zaddachii</i> , <i>Salix</i> sp.
<i>Toxicodendron herthae</i>
<i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer integrilobum</i> , <i>Acer</i> sp.
<i>Craigia brononii</i>
<i>Cornus studeri</i>
<i>Hydrangea microcalyx</i>
<i>Oleinites hallbaueri</i>
<i>Saportaspermum</i> cf. <i>occidentale</i> , <i>Dicotylophyllum</i> cf. <i>heeri</i> , <i>Dicotylophyllum</i> sp.
<i>Carpolithes</i> sp.

## 7) Suletice

<b>KAPRAĎOROSTY:</b>	
<i>Polypodium</i> sp., <i>Rumohra recentior</i>	
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>	
<i>Tetraclinis salicornioides</i> , <i>Calocedrus suleticensis</i> , <i>Torreya bilinica</i>	
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>	
cf. <i>Dusambea</i> sp.	
<i>Magnolia</i> sp., <i>Laurophyllum</i> cf. <i>acutimontanum</i> , <i>Laurophyllum</i> cf. <i>pseudoprinceps</i> , <i>Laurophyllum</i> sp., <i>Daphnogene cinnamomifolia</i>	
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>	
cf. <i>Matudea menzelii</i>	
<i>Platanus neptuni</i>	
<i>Betula</i> sp., <i>Alnus gaudinii</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Carpinus mediomontana</i> , <i>Ostrya atlantidis</i>	
<i>Engelhardia macroptera</i> , <i>Engelhardia orsbergensis</i> , <i>Carya serrifolia</i> , cf. <i>Cyclocaria cyclocarpa</i>	
<i>Sloanea artocarpites</i> , <i>Sloanea</i> sp.	
<i>Tilia gigantea</i> , <i>Dombeyopsis lobata</i> , <i>Craigia brononii</i>	
<i>Ulmus fischeri</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i>	
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Celtis</i> sp., <i>Hydrangea microcalyx</i>	

<i>Mimosites haeringianus</i> , <i>Leguminosites</i> sp.
<i>Zanthoxylon</i> sp.
<i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer</i> cf. <i>tricuspidatum</i> , <i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer decipiens</i> , <i>Acer engelhardtii</i> , <i>Acer integrilobum</i> , <i>Acer dasycarpoides</i> , <i>Acer sotzkianum</i> , <i>Acer</i> sp.
<i>Ailanthus confucii</i> , <i>Ailanthus prescheri</i>
<i>Ampelopsis hibschi</i> , <i>Ampelopsis</i> cf. <i>rotundata</i>
<i>Cornus studeri</i>
cf. <i>Viburnum atlanticum</i>
<i>Rhus pteleaefolia</i>
<i>Saportaspermum</i> sp., <i>Dicotylophyllum deichmuelleri</i> , <i>Dicotylophyllum heerii</i> , <i>Dicotylophyllum maii</i> , <i>Dicotylophyllum</i> sp.
<i>Smilax weberi</i>

## 8) Markvartice – Veselíčko

<b>KAPRAĎOROSTY:</b>
<i>Pronephrium stiriacum</i>
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Torreya bilinica</i> (?)
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Dusembaya seifhennersdorfensis</i> (?)
<i>Magnolia</i> sp. div. (?), <i>Daphnogene cinnamomifolia</i> , <i>Laurohyllum acutimontnaum</i> , <i>L. markvarticense</i> , <i>L. medimontanum</i> , <i>L. pseudoprinceps</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
<i>Matudea menzelii</i> (?)
<i>Platanus neptuni</i>
<i>Alnus gaudinii</i> , <i>Betula brongniartii</i> , <i>Betula alnoides</i> , <i>Ostrya atlantidis</i>
<i>Engelhardia macroptera</i> , <i>Engelhardia orsbergensis</i>
<i>Carya fragiliformis</i> , <i>Carya</i> sp.
<i>Sloanea artocarpites</i> , <i>Sloanea</i> sp.
<i>Craigia bronnii</i>
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Rosaceae</i>
<i>Prunus langsdorfii</i>
<i>Zanthoxylon</i> sp.
<i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer tricuspidatum</i>
<i>Nyssa disseminata</i> (?)
<i>Ailanthus prescheri</i>
<i>Oleinites maii</i>
<i>Ampelopsis</i> cf. <i>ludwigii</i>
" <i>Viburnum</i> " cf. <i>atlanticum</i>
<i>Saportaspermum</i> cf. <i>occidentale</i>
<i>Potamogenom</i> sp.

<i>Sabal raphifolia</i>
<i>Toddalia</i> sp.
<i>Sparganium</i> sp.
<i>Areceaceae</i> gen. et sp. indet.
<i>Meliosima miesleri</i>

## 9) Matřý – Źichov

<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Woodwardia meunsteriana</i> , <i>Torreya bilinica</i> , <i>Tetraclinis salicornioides</i> , <i>Taxus engelhadtii</i> (?), <i>Pinus</i> sp.
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Magnolia</i> sp. (?), <i>Liriodendron haueri</i> , <i>Laurophyllum pseudoprinceps</i> , <i>Laurophyllum mediomontanum</i> (?), <i>Laurophyllum acutimontanum</i> (?), <i>Daphnogene cinnamomifolia</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>
<i>Platanus neptuni</i>
<i>Carpinus grandis</i> (?), <i>Betula brongniardtii</i> , <i>Alnus rostaniana</i> , <i>Alnus kefersteinii</i> , <i>Alnus gaudinii</i>
<i>Carya fragiliformis</i>
<i>Sloanea artocarpites</i>
<i>Tilia gigantea</i> , <i>Craigia bronniei</i>
<i>Ulmus pyramidalis</i>
<i>Rosa lignitum</i> (?)
<i>Leguminosae</i> gen. et sp. indet.
<i>Acer crenatifolium</i> , <i>Acer angustilobum</i>
<i>Viburnum</i> cf. <i>atlanticum</i>
<i>Saportaspermum</i> cf. <i>occidentale</i>
<i>Smilax weberi</i>

## 10) Seifhennersdorf

<b>KAPRAĎOROSTY:</b>
<i>Osmunda lignitum</i> , <i>Pronephrium stiriacum</i> , <i>Salviniasp.</i>
<b>NAHOSEMENNÉ:</b>
<i>Taxodium dubium</i> , <i>Quasisequoia couttsiae</i> , <i>Tetraclinis salicornioides</i> , <i>Torreya bilinica</i> , <i>Cephalotaxus parvifolia</i>
<b>KRYTOSEMENNÉ:</b>
<i>Dusembaya seifhennersdorfensis</i>
<i>Magnolia</i> cf. <i>denudataeformis</i> , <i>Magnolia seifhennersdorfensis</i> , <i>Laurophyllum acutimontanum</i> , <i>Laurophyllum pseudoprinceps</i> , <i>Laurophyllum meuselii</i> , <i>Laurophyllum</i> sp., <i>Daphnogene cinnamomifolia</i> , <i>Daphnogene lanceolata</i>
<i>Cercidiphyllum crenatum</i>

Nymphaeales fam. et gen. indet.
<i>Platanus neptuni</i>
<i>Ulmus fisheri</i> , <i>Zelkova zelkovifolia</i>
<i>Celtispirkenbergensis</i> , <i>Celtis bohemica</i>
<i>Quercus lonchitis</i> , cf. <i>Eotrigonobalanus furcinervis</i>
<i>Betula dryadum</i> , <i>Betula alboides</i> , <i>Alnus gaudinii</i> , <i>Alnus keferstenii</i> , <i>Carpinus cordataeformis</i> , <i>Carpinus grandis</i> , <i>Carpinus</i> sp., <i>Carpinus mediomontana</i> , <i>Carpinus roscheri</i> , <i>Ostrya atlantidis</i>
<i>Engelhardia orsbergensis</i> , <i>Engelhardia marcoptera</i> , <i>Cyclocarya</i> sp., <i>Carya</i> cf. <i>quadrangula</i> , <i>Carya fragiliformis</i>
<i>Salix variant</i>
<i>Populus zaddachii</i>
<i>Sloanea artocarpites</i>
<i>Tilia gigantea</i> , <i>Craigia brononii</i> , <i>Dombeyopsis lobata</i> , <i>Dombeyopsis</i> sp.
<i>Hydrangea microcalyx</i>
<i>Rosa lignitum</i> , <i>Rosa saxonica</i> , cf. <i>Crataegus</i> sp., <i>Prunus langsdorfii</i>
<i>Dicotylophyllum ungeri</i>
<i>Acer angustilobum</i> , <i>Acer</i> cf. <i>dasycarpoides</i> , <i>Acer engelhardtii</i> , <i>Acer palaeosaccharinum</i> , <i>Acer ruemianum</i> , <i>Acer</i> cf. <i>tricuspidatum</i> , <i>Acer pseudomonspessulanum</i> , <i>Acer</i> sp.
<i>Nyssa altenburgensis</i> , <i>Nyssa disseminata</i>
<i>Ailanthus prescheri</i>
<i>Oleinites hallbaueri</i> , <i>Oleinites maii</i>
<i>Schefflera dorofeevii</i>
<i>Ilex tenuiputamina</i>
<i>Palaeohosiea suleticensis</i>
<i>Ampelopsis hibschiei</i> , <i>Ampelopsis</i> cf. <i>rotundata</i>
Leguminosites pp.
<i>Toxicodendron herthae</i>
<i>Diospyros brachysepala</i> , <i>Diospyros</i> sp.
<i>Apocynophyllum neriifolium</i>
<i>Dicotylophyllum deichmuelleri</i>
<i>Saportaspermum dieteri</i> , <i>Saportaspermum</i> cf. <i>occidentale</i>
<i>Potamogeton seifhennersdorfensis</i> , <i>Potamogeton</i> sp.
<i>Smilax weberi</i>
<i>Spirematospermum wetzleri</i>
<i>Sabal</i> cf. <i>lamanonis</i>
Monocotyledonae gen. et sp. indet.