

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra zahradní a krajinné architektury



Posouzení vlivu pylů na imisní zatížení ve vybrané oblasti
Bakalářská práce

Autor práce: Iva Krobotová

Obor studia: Zahradní a krajinářské úpravy (ABZU)

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Kunt, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Posouzení vlivu pylů na imisní zatížení ve vybrané oblasti" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3.5.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Kuntovi, Ph.D. a odborným konzultantům doc. MUDr. Ondřeji Rybníčkoví za příjemné jednání a ochotu, Ing. Ludmile Štillerové za vstřícnou komunikaci, vysvětlení informací dané problematiky, poskytnutí pylových dat a vypůjčení její soukromé sbírky literárních zdrojů.

Velice děkuji celé mé rodině a rodinným příslušníkům za podporu.

Posouzení vlivu pylů na imisní zatížení ve vybrané oblasti

Souhrn

Bakalářská práce byla věnována tématu imisního zatížení v ovzduší. Konkrétně byla zaměřena na jedno odvětví imisí, a to pylové zatížení. Cílem výzkumu práce bylo zjistit vliv pylů na imisní zatížení. Pyl byl měřen ve městě Liberec, jenž se rozprostírá mezi Jizerskými horami a Ještědsko-kozákovským hřbetem.

První část literární rešerše pojednává o obecném názvosloví imisí. V druhé a třetí kapitole je kladen důraz na definici odborných disciplín aerobiologie, palynologie, aeropalynologie a jejich historii. Další části se vztahují ke zpravodajství Pylové informační služby, k informacím o alergenních rostlinách a o pylovém kalendáři s konkrétními dřevinami. Pylový kalendář pojednává o pylových zrnech u určitých druhů rostlin v průběhu roku s jejich rozložením do jednotlivých měsíců pylové sezóny. Na základě literatury bylo zjištěno, že k nejagresivnějšímu pylu, který se vyskytuje v ovzduší ve vysokém množství oproti jiným dřevinám, je přiřazována čeleď břízovité (*Betulaceae*), konkrétně bříza bělokorá (*Betula pendula*). Poslední kapitola se věnuje metodikám měření pylového zatížení. V této části je vysvětlen sběr pylových zrn, analýza sběru a následná evidence zjištěných dat využívaných na území České republiky.

Výzkum byl proveden na stanici Pylové informační služby (PIS) ležící na střeše budovy Zdravotního centra v části Liberce nazývané Vratislavice. Ke sledování pylu v ovzduší byla použita metodika sběru pylových zrn volumetrického sedmidenního typu pomocí přístrojového vybavení lapače Burkard v rozmezí let 2016 až 2020. Volumetrická metoda je založena na mikroskopické analýze pylových zrn zachycených na filtrech či posuvných lepidelných mediích při průchodu objemu vzduchu měřicí aparaturou, kdy se provádí identifikace pylových zrn dle jejich velikosti nebo struktury a zjišťování jejich počtu. Výzkum byl zaměřen na množství pylu jarních dřevin, zejména břízy bělokoré, v závislosti na geografické poloze a počasí, např. na teplotě, srážkách a směru vzdušného proudění.

Údaje od roku 2016 do roku 2020 posloužily jako základ pro srovnání dat pylových zrn břízy, olše a lísky. Výsledné hodnoty měření pylových zrn byly převedeny na počet spormofor v 1 m³ vzduchu, které byly použity jako denní průměr pylu v Liberci. Dále byl vyhodnocen začátek a konec pylové sezóny daných alergenů s vrcholovým maximem a minimem pylu v ovzduší. Z posledního měření v roce 2020 lze konstatovat, že při srovnání vrcholového maxima počtu pylových zrn břízy a olše v 1 m³ vzduchu za týden byl dosažen rozdíl hodnot více než dva tisíce. Z měřených dat bylo potvrzeno, že nejvyšší podíl na pylových imisích má bříza bělokorá.

Klíčová slova: Imisní zatížení, pyl, alergie, alergenní rostliny, bříza bělokorá

Assessment of the Effect of Pollen on Air Pollution in a Selected Area

Summary

The bachelor thesis was devoted to the topic of air pollution load. Specifically, it focused on one sector of immissions, namely pollen load. The aim of the research was to determine the effect of pollen on the air pollution load. Pollen was measured in the town of Liberec located between the Jizera Mountains and the Ještěd-Kozákov ridge.

The first part of the literature review discusses the general nomenclature of immissions. In the second and third chapters an emphasis is placed on the definition of professional disciplines of aerobiology, palynology, aeropalynology and their history. Other parts relate to the news of the Czech Pollen Information Service, information on allergenic plants and the pollen calendar with specific tree species. The pollen calendar deals with pollen grains for certain plant species during the year with their distribution into individual months of the pollen season. Based on the literature, it has been concluded that the most aggressive pollen, which occurs in the air in high amounts compared to other woody species, is assigned to the birch family (*Betulaceae*), specifically the white birch (*Betula pendula*). The last chapter deals with methodologies for measuring pollen load. This part presents an explanation of the collection of pollen grains, the analysis of the collection and subsequent registration of detected data used in the Czech Republic.

The research was carried out at the station of the Czech Pollen Information Service (PIS), located on the roof of the building of the Health Centre in the part of Liberec called Vratislavice. For monitoring and sampling pollen in the air between the years 2016 and 2020, the 7-day volumetric recording pollen trap Burkard was used. The volumetric method is based on the microscopic analysis of pollen grains captured on filters or sliding adhesive media during the passage of air volume through the measuring apparatus; it is when the pollen grains are identified according to their size or structure and their number is determined. The research focused on the amount of pollen from spring trees, particularly white birch, depending on the geographical location and weather conditions, such as temperature, precipitation and air flow.

The data from the years 2016 to 2020 served as a basis for comparing the data on birch, alder and hazel pollen grains. The resulting values of pollen grains measurements were converted to the number of spormophores in 1 m³ of air, which was used as the daily average value of pollen in Liberec. Furthermore, the beginning and end of the pollen season of the given allergens were evaluated together with the peak maximum and minimum of pollen in the air. From the last measurement in 2020, it can be stated that when comparing the peak maximum number of pollen grains of birch and alder in 1 m³ of air per week, a difference of more than two thousand was achieved. From the measured data it was confirmed that the highest proportion of pollen immissions has white birch.

Keywords: air pollution, pollen, allergies, allergenic plants, white birch

Obsah

Obsah	6
1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Imisní zatížení	10
3.1.1 Měření imisí	10
3.1.2 Tuhé imise.....	10
3.2 Aerobiologie	11
3.2.1 Historie aerobiologie.....	11
3.2.2 Tři fáze aerobiologie	13
3.3 Palynologie	15
3.3.1 Historie palynologie	15
3.3.2 Pylová zrna.....	16
3.3.3 Aeropalynologie.....	17
3.4 Alergie	17
3.4.1 Polinóza.....	17
3.5 Pylová informační služba (PIS)	17
3.5.1 Význam pylového zpravodajství.....	18
3.5.1.1 Lékařské využití (v oblasti alergologie).....	18
3.5.1.2 Mimolékařské využití.....	18
3.5.2 Historický vývoj pylové informační služby v Evropě a Česku	18
3.5.3 Rozvoj a následný vývoj PIS na území Evropy	20
3.5.4 Zpracování a distribuce výsledků PIS.....	21
3.6 Alergenní rostliny	21
3.6.1 Základní období pylové sezony	22
3.7 Pylový kalendář	22
3.7.1 Líska (<i>Corylus</i>)	23
3.7.2 Olše (<i>Alnus</i>).....	24
3.7.3 Bříza (<i>Betula</i>).....	25
3.7.4 Trávy (<i>Graminae</i>)	25
3.7.5 Pylová zrna u konkrétních druhů rostlin	26
3.7.5.1 Líska.....	27
3.7.5.2 Olše.....	27
3.7.5.3 Bříza	28
3.8 Metody sběru pylových zrn	28
3.8.1 Gravimetrická metoda.....	28
3.8.2 Volumetrická metoda.....	28

4	Metodika	31
4.1	Geografické údaje	31
4.1.1	Klima.....	32
4.2	Vymezení lokality měření	32
4.3	Metodika sběru a vyhodnocení dat	33
5	Výsledky	34
5.1	Zhodnocení výsledků	38
6	Diskuze	39
7	Závěr	41
8	Literatura	42
8.1	Literární zdroje	42
8.2	Internetové zdroje	44

1 Úvod

Imise vznikají následkem emisí, které přijdou do kontaktu s životním prostředím. Ukládají se v půdě, rostlinách a organismech. Koncentrace imisí je mnohem nižší než koncentrace emisí. Prachové částice organického původu obsahují dehty, bakterie a pylová zrna. Míra škodlivosti závisí na velikosti částic, fyzikálních vlastnostech, tvaru, smáčivosti či krystalické struktuře. Na těchto faktorech závisí následná závažnost dýchacích potíží způsobující alergie, které se objevují u každého jedince v jiné míře snášenlivosti (Bencko & Klein 1997). Alergické choroby jsou celosvětově závažnou skupinou onemocnění. Radíme je mezi takzvané civilizační choroby. Tato onemocnění ve společnosti dosáhla v průběhu let rapidního nárůstu. Z tohoto důvodu došlo k podpoření rozvoje vědních disciplín zabývajících se problematikou osob postižených alergií na pylová zrna. Mezi takové patří např. aerobiologie, která se zabývá mikrobi, pylovými zrny, sporami, prachem, kouřem a dalšími látkami nacházejících se v ovzduší. Zkoumají jejich strukturu, transport a vztah k lidskému organismu v souvislosti na zdraví. Pro organické látky, především pyly a spóry, je typické uvolňování do ovzduší po dosažení biologické zralosti. Uvolňování pylových zrn závisí na vývoji meteorologických podmínek - teplotě, vlhkosti či konkrétní denní době. Transport pylu závisí na vzdušných proudech, jež pomocí větru přemístí zrna na konkrétní místa dle jejich velikosti. Čím větší částice, tím se rychleji usadí a dále se již po větru nešíří. Většina pylu, který je příčinou dýchacích potíží, pochází z bezprostřední blízkosti pacientů.

Díky velkému nárůstu alergicky náchylných dětí a dospělců začal vznik pylových informačních center v Evropě. Na našem území se začala rozvíjet Pylová informační služba (PIS) od doby federálního Československa. Monitoringu pylových zrn se v úvodu účastnily 4 stanice sídlící v Brně, Ústí nad Orlicí, Praze a Bratislavě. V dnešní době existuje v České republice 12 pylových stanic, z nichž 11 jich je v každodenním procesu sběru pylových částic z ovzduší. Pylová informační služba poskytuje přesná a včasná data s prognózami o obsahu organických částic v ovzduší. V oblasti lékařství se využívá k prevenci, přesnému podání antialergik v daném období, správnému dávkování, k zahájení a ukončení léčby dle pylové sezóny. Mimolékařské využití dat PIS se nabízí pro základní výzkum aerobiologie, aeropalynologie, dále v ekologii, zemědělství a lesnictví u fytopatogenních plísní, včelařství, vyhodnocování dlouhodobých změn vegetace či globálních klimatických změn.

V České republice se zaznamenaná data pylu šíří celoplošně pomocí televizního zpravodajství, novin a lékařských pracovišť. Lékaři alergologie si nechávají přímo zasílat vypsaná data a ve svých ambulancích informují pacienty o konkrétních alergenech v konkrétních obdobích roku. Dalším zdrojem informací jsou internetové portály, zejména stránky Pylové informační služby s možností využití pylového zpravodaje, který nabízí poskytnutí informací široké veřejnosti formou emailů nebo SMS. Dlouhodobé výsledky a analýzy monitoringu pylu se shromažďují pro celou Českou republiku v Brně a následně se poskytují k přenosu do evropské databanky. Každoroční výroční zprávy se zapojují do celoevropských projektů se zaměřením na alergologickou diagnostiku či pro upřesnění vakcinací.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo na základě literárních pramenů a vlastního výzkumu vyhledat potřebná data k určování imisního zatížení pylů a vymezit zkoumané území.

Práce se skládá z literární rešerše, která byla zaměřena na imise, aerobiologii, palynologii, alergie, pylová zrna dřevin, konkrétně břízy bělokoré, a pylovou sezónu na území České republiky. Dalším cílem bylo zjistit množství pylu břízy a opadu listí, popsat metody sběru pylových zrn v současné době, jejich následné vyhodnocování či zpracování analýz a uplatnění těchto informací s využitím pro různé cílové skupiny obyvatel.

Ve vybrané zájmové lokalitě bylo zjištěno imisní zatížení a zhotoveno sezónní měření pylu rostlin, zejména břízy, olše a lísky, a zaznamenání zjištěných dat. Následně došlo k vyhodnocení naměřených údajů v řešeném území a zhodnocení vlivu pylů na hodnoty imisního zatížení. Na základě tohoto zjištění bylo provedeno posouzení stávajícího stavu a proveden případný návrh úpravy rostlinné skladby do dané oblasti, např. snížení množství rostlinných druhů či omezení výsadby jednotlivých taxonů. Zkoumanou oblastí bakalářské práce bylo město Liberec.

3 Literární rešerše

3.1 Imisní zatížení

Imise označují pojem nežádoucích látek v ovzduší. Vyjadřují koncentraci škodlivin, které jsou obsaženy v určitém objemu vzduchu na 1 m³ (Kužel 2013).

Imisní limit označuje hodnotu nejvýše přípustné úrovně koncentrace znečištění ovzduší na zemi v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu vzduchu při normální teplotě a tlaku (Arnika 2021).

3.1.1 Měření imisí

Imise se neměří u zdroje znečištění, avšak u jeho příjemce. Hodnoty se zaznamenávají na určitém místě, kde se pohybují osoby za normální koncentrace a dýchají vzduch. Imise se ukládají do půdy, rostlin a organismů. V České republice provádí měření znečištění a kvality ovzduší Český hydrometeorologický ústav. Využívá k tomu 97 stanic. Nejčastěji měřenými látkami v ovzduší jsou oxid siřičitý a oxid dusíku či pevné částice PM₁₀ (Ruda 2021). Ke zdrojům organického uhlí patří resuspenze prachu, která je spojena s dopravou a biogenními částicemi - viry, bakterie, pyl, houbové spory a veškeré druhy fragmentů z vegetace (Schwartz et al. 2008).

3.1.2 Tuhé imise

Mezi tuhé imise řadíme zejména prach a aerosoly. K prachu patří také i různé anorganické částice, jako jsou kovy, křemičitany, fluoridy, chloridy nebo sírany. Prachy organického původu obsahují převážně například dehty, bakterie a pyly. Škodlivost tuhých imisí se zakládá hlavně na snižování viditelnosti ve venkovním prostředí, toxicitě pro živé organismy, korozitě materiálů a z lékařského hlediska na problémech spojených s dýchacími cestami podmíněnými pylovým zatížením. Míra škodlivosti prachových částic imisí závisí převážně na (Bencko & Klein 1997):

- 1) Disperzité částic (jejich velikost)
- 2) Chemickém složení
- 3) Fyzikálních vlastnostech (tvar, krystalická struktura, smáčivost)

Částice, které jsou větší než 100 μm, mají pro zdraví člověka menší význam. Prachové částice s velikostí do 10 μm se řadí do aerosolů. V hmotnostním měřítku je jejich obsah v ovzduší malý, avšak mají veliký biologický význam. Tyto částice jsou nejprve člověkem vdechnuty a následně zachyceny v horních cestách dýchacích, kde se usadí ve vrstvičce hlenu. Hlen je řasinkami posouván směrem do nosohltanu. Nakonec dojde k jeho spolknutí. Pokud tyto částice svou chemickou povahou spadají mezi toxické prachy, má jejich spolknutí značný zdravotní význam u každého jedince (Ruda 2021).

3.2 Aerobiologie

Aerobiologie je věda zabývající se biologickými objekty rostlinného nebo živočišného původu (Gregory 1973). Ty jsou obsaženy ve vzduchu, který je rozšívá po krajině. Jedná se o živé nebo mrtvé organizmy, jejich jednotlivé části či produkty jejich metabolismu (Hájková et al. 2018). Konkrétně jde o spory, pylová zrna, fragmenty rostlinných a živočišných těl či celé organizmy - řasy, roztoči, bakterie, viry atd. (Werchan 2014). Aerobiologie zkoumá velikost těchto objektů, jejich vlastnosti, chemické složení, proces uvolňování do ovzduší, transport, rychlost a celkový vliv na lidský organizmus. Tyto částice mají aerodynamický tvar i velikost v rozmezí 1 až 50 μm (Spieksma et al. 2003).

Aerobiologie využívá poznatků z palynologie, mikrobiologie, ekologie a medicíny. Jedná se o interdisciplinární obor, který nachází stále větší uplatnění především v medicínských oborech, jako je alergologie, imunologie, pneumologie a z nemedicínských odvětví hlavně v paleobotanice a zemědělství.

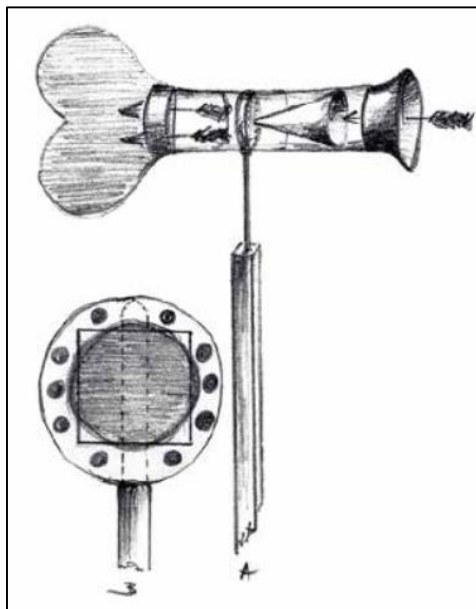
3.2.1 Historie aerobiologie

Historie aerobiologie spadá až do starověkého Řecka, kdy se objevují první zmínky v díle epos Ilias datovaného do poloviny 8. století př. n. l. (pravděpodobně složeno Homérem). V tomto díle se objevují první dochované záznamy, které popisují problémy s lapáním po dechu či „hladem po vzduchu“. Objevují se u lidí po silnější námaze (Werchan 2014). V 5. století př. n. l. se Hippokratés snažil nalézt původce dýchacích problémů, jenž měly neblahé působení na člověka. V polovině 1. století př. n. l. se římský filozof Lucretius zabýval pozorováním prachových částic ve slunečním světle v tmavé místnosti. Pohyb si vysvětloval bombardováním částic neviditelnými atomy, pohybujícími se ve vzduchovém prostoru. Touto teorií si lidé tehdejší doby vysvětlovali nákazy různých onemocnění (Lacey & West 2006). Po Lucretiovi přetrvalo mnoho staletí, nežli si vědci začali opět uvědomovat a studovat různorodost živých a neživých částic ve vzduchu. Italský botanik P. A. Micheli na začátku 18. století prováděl mykologické experimenty a popsal rod *Aspergillus* (Werchan 2014). Z jeho mykologických pokusů vyvodil závěr, že se plíseň z jedné strany plátku ovoce na druhý rozšívuje pomocí vzduchu. V 18. století se vědci zabývali rozvojem mikroskopie a botaniky – stavbou květu, pylem a jeho šířením. J. G. Koelrueter byl pravděpodobně prvním, kdo poznal důležitost opylování větrem a pomocí hmyzu roku 1766. Sprengel C. P. zaznamenal koncem 18. století, že rostlinám opylovaným větrem velice často chybí korunní lístky a mají velké množství pylu. T. A. Knight v roce 1799 popsal přenos pylu větrem na dlouhé vzdálenosti (Lacey & West 2006).

Počátkem aerobiologie jako vědy je bráno 19. století. Jedním z prvních průkopníků aerobiologie je považován německý mikrobiolog Christian Gottfried Ehrenberg. V polovině 19. století mikroskopicky zkoumal dešťové kapky, sněhové vločky či prachové částice, ve kterých hledal aktivní a pasivní mikroorganismy (Teřl & Rybníček 2006).

Koncem 19. století v roce 1870 anglický lékař a fotograf R. L. Maddox sestavil první přístroj zvaný aerokoniskop (obr. 3). Aerokoniskop fungoval na základě prohánění vzduchu, který proudil tunelem s částicemi, jenž se zachytávaly na lepivém povrchu krycího sklíčka.

Toto sklíčko bylo umístěného za kuželovitou tryskou, kterou cirkuloval vzduch. Po prozkoumání bylo zjištěno, že se na sklíčku nejvíce objevovaly spóry hub a pylová zrna. Maddoxův kolega D. D. Cunningham přístroj využíval v Kalkatě v indických věznicích pro výzkum původce a přenosu cholery. U Cunninghamových pokusů nebyla nalezena žádná souvislost mezi přenosem cholery a částicemi mikroorganismů, které se zachytávaly na sklíčku. (Lacey & West 2006).



Obr. 3: Cunninghamův aerokoniskop: A – boční pohled, B – řez prostorem lepkavého sběrného média (Werchan 2014)

Ke konci 19. století uvedl britský doktor Charles Harisson Blackley gravimetrickou metodu sběru pylu založenou na gravitaci. Jednalo se o samovolné usazení pylových zrn (Teřl & Rybníček 2006). Pokusy bylo prokázáno, že za příčiny potíží mohou pylová zrna (Rybníček 2004a). Počátkem 20. století bylo vyhodnoceno ze zjištěných dat, že za dýchací potíže mohou převážně spory hub a pylová zrna. Roku 1930 rostlinný patolog F. C. Meier prvně použil termín aerobiologie. Philip Gregory ve spolupráci s O. J. Stedmanem, J. M. Hirstem a F. Lastem definoval standardizovanou volumetrickou metodu měření obsahu částic ve vzduchu (Lacey & West 2006).

Roku 1871 byla v parku Montsouri v Paříži založena meteorologická stanice. P. Miquelem byl prvním profesionálním aerobiologem, jenž sestavil nejstarší známý volumetrický lapač. Lapač spor byl poháněn pomocí vodního čerpadla, které nasávalo vzduch na sklíčko, na němž byl rozetřený glycerin pro zachycení částic (Werchan 2014).

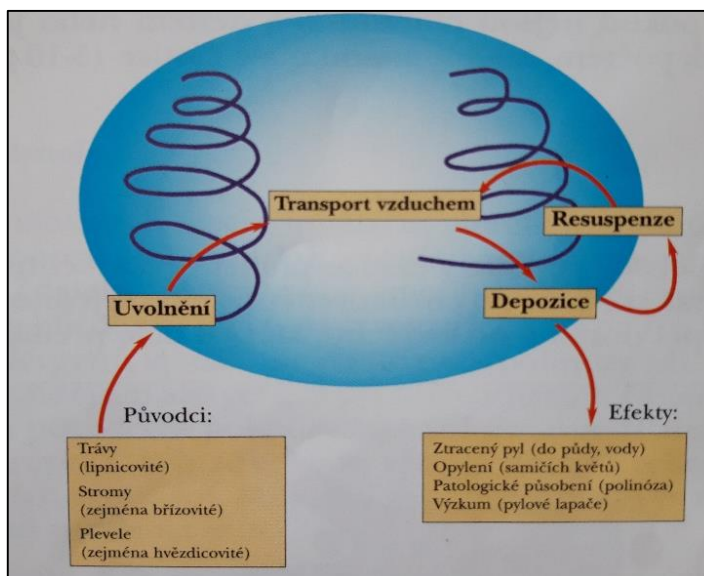
Termín aerobiologie byl poprvé použit v abstraktu amerického vědce F. C. Meiera a to ve 30. letech 20. století. Moderní aerobiologie 20. st. je spjata s britským vědcem P. H. Gregorym. Gregory se společně s meteorology věnoval výzkumu transportu částic pomocí větru. Zabýval se zejména jejich depozicí, disperzí a rychlostí při přenosu z místa na místo. P. H. Gregory s britským vědcem J. M. Hirstem standardizoval metodu pro měření vzdušných částic nazvanou volumetrickou (Werchan 2014). V roce 1952 Jim Hirstem sestavil první lapač částic. Hirstův lapač fungoval na principu nasávání vzduchu rychlostí 10 l/min na lepkavé

podložní sklíčko, které bylo posouváno pomocí mechanického strojku. V roce 1966 byl Hirstův lapač pylových zrn vylepšen na sedmidenní a dvacetí čtyř hodinový záznam (Lacey & West 2006). První standardizovaný volumetrický lapač spor, nazývaný „Hirst Spore Trap“, se uplatnil hned po svém uvedení na trh ve zdravotnictví a zemědělství, ve kterých je používán až dodnes.

V současné době je v aerobiologii ještě jeden typ pylového lapače a tím je Tauberova past. Jedná se o otevřenou nádobu, která je zapuštěna do země, v níž se pomocí gravimetrické metody samovolně sedimentuje pyl. Pasti mají využití při studiích akumulace pylu v určité oblasti za určitý čas. Jedná se o sledování lokálního, regionálního či dálkově transportovaných pylových zrn. Výsledky z tohoto lapače jsou využívány paleoekology při rekonstrukci vzhledu krajiny. Ostatní lapače mají uplatnění převážně v alergologii, imunologii nebo ekotoxikologii ke zhodnocení obsažených pylových zrn, hub a dalších alergenů (Werchan 2014).

3.2.2 Tři fáze aerobiologie

Aerobiologii dělíme na tři fáze konkrétně na uvolňování, transport vzduchem a depozici (obr. 1). Těmto procesům předchází původci, kterými jsou v tomto případě různé typy pylů. Mezi nejvýznamnější pyly spadají zástupci trav, stromů a plevelů, jež vyvolávají příznaky alergie (Spieksma et al. 2003). U trav se jedná zejména o lipnicovité. U zástupců stromů jde o břízovité a u zástupců plevelů o hvězdicovité.



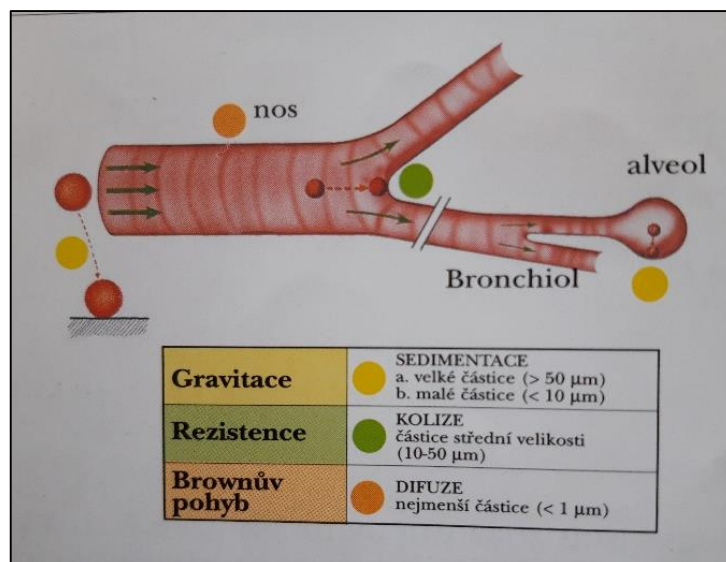
Obr. 1: Fáze aerobiologie (Spieksma et al. 2003)

První fáze aerobiologie se zaměřuje na uvolňování pylových zrn. Při uvolňování působí aktivní a pasivní mechanismy, které umožňují pylovým zrnům překročit hraniční vrstvu. Tato vzduchová vrstva obklopuje samčí orgány květu (tyčinky) produkující pyl. Aktivní a pasivní mechanismy využívají jako energii vítr. Dále máme katapultní mechanismy, které působí v závislosti na změně teploty či vlhkosti. U každé rostliny se uvolňování pylů liší např. časně z rána po ranní rose či až po určité době ohřátím sluncem. Šíření pylů závisí rovněž na typu rostliny (Spieksma et al. 2003).

Druhou fází aerobiologie je transport vzduchem, u kterého je charakteristická doba pobytu a přenosu částic vzduchem (Spieksma et al. 2003). Tato doba závisí na proudění větru a jeho síle. Při bezvětří jsou veškeré částice přitahovány gravitační silou, a tak spadnou na zem. Dalším faktorem je velikost pylových zrn. Větší a těžší částice dopadnou na zem rychleji oproti těm lehčím a menším. Početná skupina pylových zrn o velikosti 20-40 μm se usazuje rychlostí 3-5 cm/s. To je přibližně 2 m/min. Za klidného počasí dopadají pylová zrna rychleji, oproti tomu za větrného dne vydrží ve vzduchu déle díky proudění vzduchu v atmosféře. Mohou být však narušeny deštěm či dalšími přírodními faktory (Solomon 1973).

Poslední fází je usazení neboli deponice. Veškeré částice se usadí na zpevněném místě (Spieksma et al. 2003). Může k tomu dojít na určitou dobu, kdy se usadí na jednom či více místech, anebo jsou dále přenášena proudem vzduchu. Pro usazení pylových zrn jsou definovány 3 mechanismy – sedimentace, kolize, difuze (obr. 2):

- 1) Sedimentace je označována jako pád následkem gravitace, kdy částice putují vzduchem a gravitační síly dohromady s odporem vzduchu překonají jejich vztlakovou sílu. Výsledkem je usazení částic v plicích. Tento způsob usazení je nejčastější v průduškách a bronchiolách. Sedimentace není častá u částic s aerodynamickým průměrem menším než 0,5 μm .
- 2) Kolize je definována jako srážka s překážkami. Když jsou částice rozptýleny ve vzduchu, mají tendenci putovat svou vlastní cestou. Pokud v systému dýchacích cest částice narazí na ohyb, mohou se v dané části zachytit. Pravděpodobnost zachycení závisí na rychlosti vzdušných proudů a hmotnosti částic. Ve většině případů se aerodynamická zrna, s průměrem větším než 10 μm , uloží v nose či krku a neproniknou již do spodní části dýchacích cest.
- 3) U difuze se jedná o nárazy nejmenších částic způsobené prolínáním – Brownův pohyb. Když částice vykonávají náhodný a neuspořádaný pohyb podobný pohybu molekul ve vzduchu, samovolně se ulpí na plicních stěnách. Čím menší je velikost částic, tím se intenzivněji pohybují. Difuze je nejdůležitějším mechanismem pro ukládání částic v nejspodnějších úsecích dolních dýchacích cest a alveolách. Jde o velmi jemné částice velikosti 0,1 μm – pyl, mouka, cement (Centre for Occupational Health and Safety 2014).



Obr. 2: Ukázka schematickým způsobem 3 hlavních mechanismů při usazování částic v dýchacích cestách (Spiexsma et al. 2003)

3.3 Palynologie

Palynologie je vědní disciplína, která se zabývá studiem současných a fosilních spormofoř. Spormofoř se v palynologii označuje jako termín pro spory a pyly. Palynologii lze definovat jako studium zabývající se mikroskopickými objekty makromolekulárního složení-sloučeninami uhlíku, vodíku, kyslíku a dusíku, jenž nepodléhají rozpuštění v kyselině chlorovodíkové a fluorovodíkové (Sarjeant 2002).

3.3.1 Historie palynologie

Termín palynologie byl zaveden roku 1944. Tento pojem uvedl H. A. Hyde společně s D. A. Wiliamsem na základě řeckého slova „palunein“, které znamená v překladu roztrousit, posypat či prach (Obstová 2012).

Na začátku palynologie bylo zapotřebí mikroskopu, s pomocí něhož by se tato vědní disciplína nemohla rozvíjet a hlavně vůbec započnout. Tento počín udělal britský vědec Robert Hook (1635-1703), který sestrojil jednoduchý mikroskop (Obstová 2012). Německý botanik Rudolf Jacob Camerarius (1665–1721) popsal funkci tyčinek, pestíků či opylení větrem. Carl Linnaeus (1707-1778), švédský botanik, definoval princip opylení. Začátkem 19. století J. G. Kölreutere, který byl německým botanikem, zaznamenal pylovou morfologii. Základ české pylové morfologie byl položen českým biologem Janem Evangelistou Purkyně (1787–1869). Purkyně ve svém díle z 19. století popisuje přibližně 250 pylových zrn (Rybníček & Rybníčková 2014).

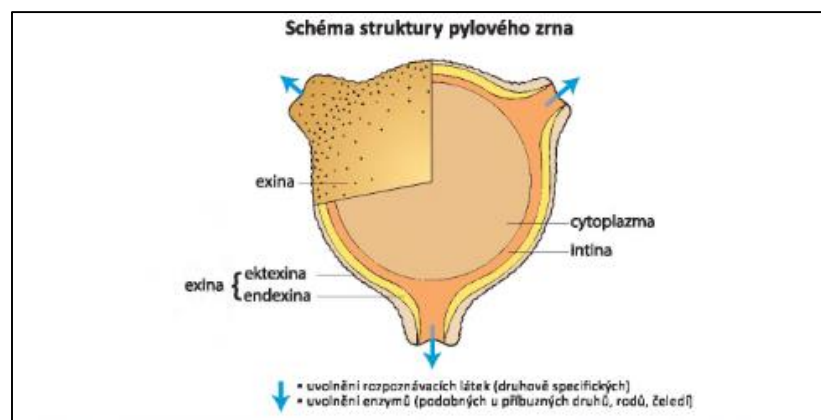
Za zakladatele pylové analýzy je považován Carl Albert Weber (1856-1931). Tento německý botanik spočítal relativní procentuální zastoupení pylových zrn v interglaciálních sedimentech severozápadního Německa. První pylový diagram s procentuálním zastoupením

jednotlivých pylových zrn zveřejnil švédský přírodovědec Ernst Jakob Lennart von Post roku 1916 (Obstová 2012).

Na českém území za průkopníka a zakladatele palynologie považujeme Karla Rudolpha (1881-1937). Karl Rudolph se zabýval analýzou českých rašelinišť a palynologií. Jednalo se však o německého vědce, jenž žil před válkou v Československu (Rybníček & Rybníčková 2014). Na počátku 60. let 20. století se palynologií začal zabývat Botanický ústav České akademie věd nacházející se v Brně. V roce 1962 byla Eliškou Rybníčkovou a Kamilem Rybníčkem založena paleobotanická výzkumná skupina, v níž za spolupráce Vlasty Jankovské se začala rozvíjet československá a následně později česká palynologie (Obstová 2012).

3.3.2 Pylová zrna

Pylové zrnko je soubor pohlavních buněk semenných rostlin (obr. 4). Jedná se o samčí gametofyt nahosemenných a krytosemenných rostlin přibližně o velikosti 5-250 pm. Pylová zrna vznikají v prašnicích. Mají vícevrstvou membránu obalující plazmatický obsah. Vnitřní vrstva tzv. intina je nositelkou antigenních struktur. Významným zdrojem antigenů u některých rostlin jsou škrobová zrna, která se nalézají v cytoplasmě. Pylové zrnko v prvním kroku přiletí pomocí větru a dopadne na sliznici dýchacích cest člověka, kde následně napučí. Poruší se obal zrna a následně se začne rozpadat a uvolňovat antigenní obsah na sliznici dýchacích cest a sliznici podráždí (Hrubisko 2003, Pružinec 2010). Vnější vrstva pylového zrna neboli exina je velmi odolná. Exina vydrží ve fosilním stavu v kyselém prostředí až po miliony let. Tuto vrstvu rozdělujeme na dvě části - vnitřní enexinu a vnější ektexinu. Pylová zrna se liší morfologickými charakteristickými rysy. Mezi nejdůležitější spadá jejich polarita, tvar, rozložení a tvar otvorů vnější stěny, jejich celková struktura a výstavba. Pylová zrna mohou mít povrch hladký či porostlý skulpturními výrůstky, které mají na sobě rozmanité hrbolky, lišty, ostny nebo háčky. Ty slouží k uchycení pylu na různé povrchy jak živého, tak i neživého původu. Vnější exina dále může mít různorodou strukturu proužkovanou, vrásčitou, síťovanou nebo i ostnatou. Nalézají se zde i tzv. klíční otvory (póry) či podélné kolpy (rýhy). Veškeré uvedené struktury jsou pak velice nápomocny k určovacím znakům pro následnou pylovou analýzu (Novák & Nováková 2010).



Obr. 4: Řez pylovým zrnem (Hájková et al. 2018)

3.3.3 Aeropalynologie

Aeropalynologie je speciální oblast výzkumu v aplikované palynologii. Zabývá se pylem a výtrusy ve vzduchu. Mnoho lidí trpí sennou rýmou, alergickým astmatem vyvolanými těmito vzdušnými palynomorfy. Pylová zrna se mohou větrem dostat do dalekých končin a to ve směru převládajícího proudění vzduchu. Mohou proniknout do různých míst a to i do vzduchu v centrech měst. Pyl za bezvětřných dní nemá dlouhé cesty, nejčastěji dopadne v momentu na zem, tam se rozmělní či je následně, pokud není poničen, přesunut větrem. Alergenní aktivita pylu ve vzduchu nemusí být dána pouze pylovými zrny, ale také menšími částicemi, jejichž původ není zcela znám (Spieksma et al. 1990). Tyto nejmenší částice pronikají velmi hluboko do dýchacích cest člověka, kde jsou schopny vyvolat dokonce bronchiální příznaky (Moore & Collinson 1991).

3.4 Alergie

Alergie je změněná obranná reakce organismu člověka na různé podněty (Tuček et al. 2012). Alergie jsou brány za civilizační choroby s vysoce stoupajícím počtem postižených ve společnosti. Některé prameny uvádí, že touto chorobou je postiženo až 15% lidí na našem území. Statistiky odhadují u dětí mnohem vyšší zastoupení alergií než u dospělých osob. Týká se to přibližně 20% mladistvých. Na vznik alergií se podílejí i další faktory. Jsou jimi zhoršující se životního prostředí, nesprávný životní styl či genetické predispozice. Jemné sliznice dýchacích cest dráždí mimo jiné prachové částice z tepelných elektráren, oxidu dusíku, chemické výroby, motorových vozidel, spaloven i drobných topenišť (Unar 1993).

3.4.1 Polinóza

Polinóza je inhalační alergie tzv. senná rýma. Jedná se o nejznámější formu alergie, která je způsobena pylem větrosnubných rostlin. Veškeré anamorfní rostliny neprodukují alergenní pyl, týká se to např. převážně většiny jehličnanů. Mezi nejvýznamnější zdroje alergenů, jež vyvolávají příznaky polinózy, patří pyly nekultivovaných trav. Na severu Evropy se objevuje mezi nejvyskytovanějšími alergeny pyl břízy. V jižních oblastech Evropy je mimo jiné původcem polinózy pyl drnavce (*Parietaris spp.*) a olivovníku (*Olea europea*). Dále jsou zde značně zastoupeny různé druhy trav (D'Amato et al. 1991).

3.5 Pylová informační služba (PIS)

Pylová informační služba je provozována a garantována Českou iniciativou pro astma (ČIPA) ve spolupráci s Ministerstvem zdravotnictví. Pylová informační služba je zpravodajstvím poskytující přesné a časově konkrétní informace a prognózy o obsahu organických částic nacházejících se ve vzduchu. Týká se především počtu pylových alergenů a jejich koncentraci v ovzduší (Pylová informační služba 2021).

3.5.1 Význam pylového zpravodajství

3.5.1.1 Lékařské využití (v oblasti alergologie)

- a) Přesná informovanost odborných lékařů (alergologů), která přispívá k zefektivnění práce s pacienty, zpřesnění anamnestických údajů i dávkování potřebných léků.
- b) Umožnění přesného dávkování léků díky včasným hodnotám týkajících se pylové situace v konkrétním období - rozmezí týdnů. Časově adekvátní nasazení medikace jak preventivní, tak i symptomatické léčby. Z toho vyplývá, že dochází k:
 - Zefektivnění léčby u alergických pacientů či dalších osob majících problémy s dýchacími potíži, úspore z hlediska ekonomické stránky (eliminace předčasného nasazování léčiv, snížení spotřeby symptomatických léků).
 - Zmírnění potíží alergenních symptomů pacienta v kritickém pylovém úseku a to včasným zásahem.
- c) Informování společnosti, převážně konkrétně alergických pacientů o výskytu zvýšeného množství daného pylu v ovzduší prostřednictvím elektronické podoby, televizního zpravodajství či přímo od kvalifikovaného lékaře. Jedná se o konkrétní data pylového zatížení v určitou dobu, které u nemocných osob vyvolávají zdravotní potíže (zvyšují možnost vyhnout se venkovnímu prostředí a dodržovat preventivní pravidla), (Pylová informační služba 2021).

3.5.1.2 Mimolékařské využití

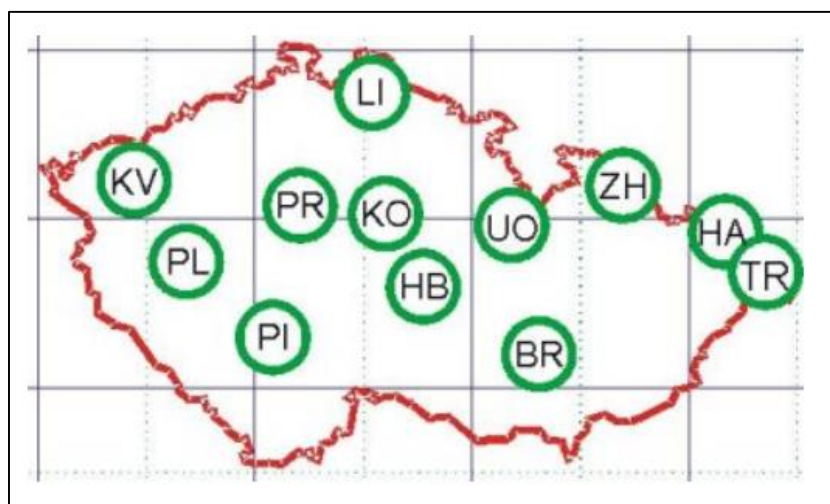
- a) Využití v oblasti botaniky, lesnictví - při hodnocení dlouhodobých změn vegetace či globálních klimatických změn.
- b) Využití výsledných měření dat a analýz k výzkumu dalších vědeckých oborů - aerobiologie, aeropalynologie, atd.
- c) Zapojení a spolupráce v evropské informační síti nazývané European Aeroallergen Network Server-EANS. To nám umožňuje další zpřesnění dat a zkvalitnění pylové informační služby v Česku - přístup k výsledkům informačních služeb ostatních Evropských zemí.
- d) Zpravodajské relace zejména televizní zprávy, noviny, rádiové vysílání a celkově sdělovací prostředky při mluveném či psaném výstupu týkající se meteorologické sféry. Konkrétně zprávy o počasí pravidelně využívají dat z pylové informační služby (Pylová informační služba 2021).

3.5.2 Historický vývoj pylové informační služby v Evropě a Česku

V roce 1873 anglický doktor Blackley začíná prozkoumávat vyskytování pylů v ovzduší pomocí sklíček potřených lepem. Charles H. Blackley, který sám trpěl sennou rýmou, vymyslel důmyslnou sérii vlastních experimentů, aby zjistil příčinu a mechanismus senné rýmy (The University of Cambridge 2021). Rozmístil v různých výškových úrovních sklíčka s lepem, na která se následně velmi dobře zachycoval pyl. Provedl první inhalační testy s pyly a sporami. Následně až začátkem 20. století byly založeny první pylové monitorovací stanice v USA

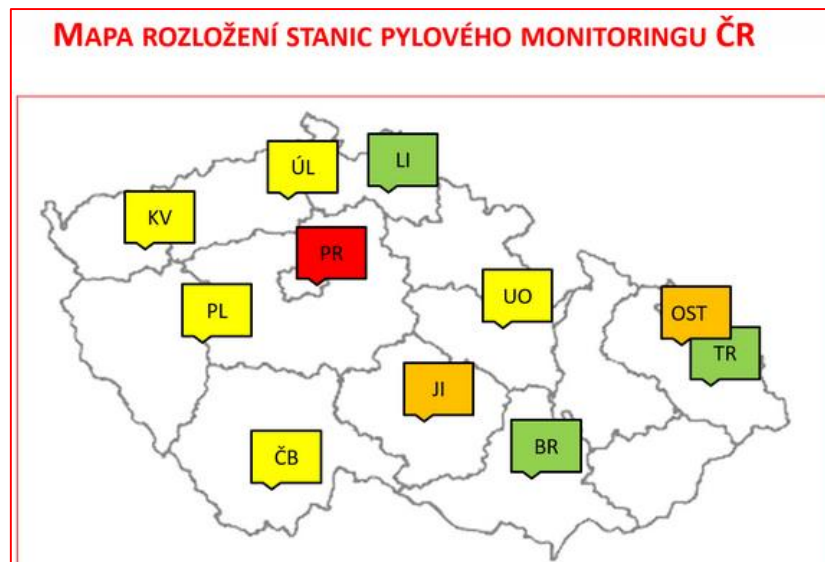
a v Kanadě, které se nazývaly Durhamovy stanice a stanice ministerstva zemědělství. Přístroje těchto stanic, pracovaly s gravimetrickou metodou bez přesnějších vyhodnocování výsledků pylového zatížení. V roce 1952 vznikl volumetrický lapač, díky kterému se zlepšilo vyhodnocování dat a analýz (Pylová informační služba 2021).

Pylová informační služba, ve zkratce PIS, od šedesátých let 20. století začíná s rozmisťováním prvních stanic po Evropských zemích. Koncem 20. století - v roce 1986 byla založena první pracovní skupina s názvem European Aeroallergen Network, kterou se podařilo ustanovit na 3. mezinárodním aerobiologickém kongresu v Basileji. Následně po tomto kongresu zahájila provoz Centrální evropská pylová databanka ve Vídni s názvem European Aeroallergen Network Server (EANS) a to roku 1988. Tato organizace používala k vyhodnocování volumetrickou metodu. Pomocí sedmidenních lapačů J. M. Hirsta se sbírají hodnoty, které se dále zpracovávají do různých tabulek a analýz. Evropské monitorovací stanice se následně propojily a tím vznikla celoevropská sběrná síť zaměřující se na pylové roční zatížení na území Evropy. V současné době do této databáze, s centrem sídlícím ve Vídni, přispívá značné množství monitorovacích stanic a to až přes čtyři sta. V roce 1992 byla založena pylová informační služba v Československé republice. V nynější době pylová informační služba shromažďuje data z 12 monitorovacích stanic v České republice, z toho je v trvalém provozu 11 z nich (obr. 5), (Hájková et al. 2018).



Obr. 5: Pylové informační stanice na území České republiky ve správě Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem k roku 2004 – Liberec, Karlovy Vary, Plzeň, Praha, Písek, Havlíčkův Brod, Kolín, Ústí nad Orlicí, Brno, Havířov, Třinec (trvalý provoz) a Zlaté hory v Jeseníkách. Dostupné z: <https://www.pylovasluzba.cz/vyvoj-pis-v-evrope>

V České republice je aktuálně 11 stanic – Ústí nad Labem, Karlovy Vary, Plzeň, České Budějovice, Ústí nad Orlicí, Praha, Jihlava, Ostrava, Liberec, Brno a Třinec (obr. 6). Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem zaštiťuje provoz pěti z nich - Ústí nad Labem, Ústí nad Orlicí, Karlovy Vary, Plzeň a České Budějovice. Ke sběru pylových zrn z ovzduší využívají všechny stanice pylový lapač Burkard Manufacturing Co Ltd. Stanice v Ústí nad Labem začala spolupracovat s ČHMÚ Kočkov, z důvodu podstatné závislosti meteorologických podmínek na množství pylových zrn ve vzduchu. Sleduje charakter pylu na počasí a doplňuje získané informace o fenologická pozorování (Zdravotní ústav Ústí nad Labem 2021).



Obr. 6: Aktuální pylové informační stanice v České republice. Dostupné z: <https://www.zuusti.cz/pylove-zpravodajstvi/>

Česká pylová informační služba PIS poskytuje informace o výskytu pylu, množství pylu a konkrétního pylového zatížení v určité oblasti v bezprostředním okolí daných stanic s volumetrickými lapači, dále o prognózách vývoje alergenů ve vzduchu. Veškeré potřebné informace a konkrétní údaje jsou k dosažení na webových stránkách pylové informační služby Česka <http://www.pylovasluzba.cz/> ve správě MUDr. Ondřeje Rybníčka. Internetové stránky pylové informační služby jsou otevřeným systémem určeným k přidávání nově vzniklých monitorovacích stanic Česka (Hájková et al. 2018)

3.5.3 Rozvoj a následný vývoj PIS na území Evropy

V druhé polovině 20. století vznikl v Evropě celkový rozvoj pylové informační služby. Byl zapříčiněn velkým vzrůstem indikovaných osob s alergickými potížemi, zároveň se v tuto dobu zvýšil zájem o tuto problematiku, jak z řad odborníků medicínského odvětví, tak i laické veřejnosti. Alergie na pylová zrna se považuje za velice závažný problém v celosvětovém pojetí. Až 40 % populace na území Evropy je náchylné na pylovou alergii (D'amato et al. 2007). Za jednu ze silnějších alergií je považována polinóza (viz oddíl 2.4.1. Polinóza), (Hrubiško 2003). Alergická reakce může být vyvolána pouze 3 až 5 pylovými zrny, kdy je v průměru 40-50 zrn pylu na m³ vzduchu. Vznik alergie je zapříčiněn vydatným množstvím pylu v ovzduší v bezprostředním okolí člověka. Jednou z podmínek pro pylové zatížení musí být i vhodné meteorologické rozpoložení. Pro vznik alergické reakce po dopadu pylového zrna na sliznici člověka nestačí pouze konkrétní alergeny pylu, jenž jsou schopné u citlivé osoby vyvolat specifickou alergickou reakci, ale záleží i na vlastnostech konkrétního příjemce a dalších závažných rizikových faktorech. Přestože se s alergeny z ovzduší setkáváme všichni, tak pouze někteří jedinci mohou trpět na alergii (Petrů et al. 1994).

V letech 2007-2011 byl podpořen Evropskou unií výzkumný projekt ESSEM COST Action ES0603 (Assessment of production, release, distribution and health impact of allergenic pollen in Europe - EUPOL), který zaštiťovala organizace COST - European Cooperation in

Science & Technology, v rámci evropské vědecké spolupráce. Výsledkem tohoto projektu byla publikace s názvem „Allergenic Pollen: A review of the Production, Release, Distribution and Health Impacts“ (Sofiev & Bergmann 2013). Literární dílo shrnuje nejnovější vědecké poznatky o pylových alergenech v ovzduší dnešní doby.

3.5.4 Zpracování a distribuce výsledků PIS

Pylová informační služba je systém, jenž zapojuje v různých časových rozmezích další nově vzniklé pylové stanice do jednoho celku. Tímto počinem dochází k zpřesňování dat a poskytování informací veřejnosti. Do dnešního dne je k dispozici 12 lapačů pylových zrn, z toho 11 jich je v aktivní službě (viz obr. 6). Sběrné centrum dat sídlí v Brně. Jedná se o pracoviště dat pro celou Českou republiku. Z brněnského sídla dochází k přeposílání pylových údajů za celé Česko do vídeňské centrální evropské databanky. Zde se data zpracovávají, získané výsledky a analýzy se následně distribuují všem možným zájemcům převážně z medicínské a ekologické oblasti. PIS je rozděleno do třístupňového systému (Pylová informační služba 2021):

- 1) Přenos informací z jednotlivých českých stanic do regionálního centra sídlícího v Brně panu MUDr. Ondřeji Rybníčkoví a následná distribuce zpracovaných lokálních výsledků.
- 2) Předávání dat seskupených výsledků z regionálních částí do evropského vídeňského centra, distribuce zpracovaných hodnot.
- 3) Distribuce zpracovaných celoevropských výsledků do konečné podoby pro další vyhodnocení.

3.6 Alergenní rostliny

Alergenní rostliny tvoří přibližně 30 čeledí zástupců rostlin (Hrubíško 2003). Dřeviny mívají vyšší produkci pylu oproti bylinám. Pyl z rostlin je nejvíce přenášen:

- a) Větrem (anemofilie)
- b) Hmyzem (entomofilie)

Rostliny způsobující alergie mají v některých případech společné charakteristické vlastnosti (Teřl & Rybníček 2006):

- a) Produkce pylu je ve většině případů rostlin ve velkém množství.
- b) Pylová zrna se dobře přenáší na velkou vzdálenost.
- c) Pyl rostlin obsahuje antigeny, jenž jsou schopny vyvolat alergickou reakci.
- d) Pyl je v ovzduší přítomen poměrně dlouhou dobu, záleží na meteorologických podmínkách a dalších faktorech.

Dolet pylových částic při transportu pomocí vzduchu velmi závisí na vzdušných proudech a klimatických podmínkách. Pro šíření pylu je vhodné slunečné, teplé a větrné počasí. Záleží také i na denní době. U větrosprašných rostlin pyl může doletět až do desítek či stovek kilometrů. Transport pomocí větru probíhá až ve výšce 8-12 km při rychlosti 90-180 km.h-1. V průběhu jednoho dne pyl dokáže překonat vzdálenost až 3 000 km. Dálkovým transportem

se pyl dostane do Česka například od ambrózie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolia*) nebo ambrózie trojklanné (*Ambrosia trifida*) až z Maďarska (Teřl & Rybníček 2006). Evropa se dělí na 6 základních rostlinných skupin způsobující potíže polinózou dle publikace Teřl & Rybníček (2006):

- 1) Rod bříza (*Betula*), příbuzné druhy z čeledi břízovité (*Betulaceae*), lískovité (*Corylaceae*) a bukovité (*Fagaceae*)
- 2) Rod cypřiř (*Cupressus*), příbuzné druhy z čeledi cypřišovité (*Cupressaceae*)
- 3) Rody olivovník (*Olea*) a jasan (*Fraxinus*) z čeledi olivovníkovité (*Oleaceae*)
- 4) Rody pelyněk (*Artemisia*) a ambrózie (*Ambrosia*) z čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*)
- 5) Rody drnavec (*Parietaria*) a kopřiva (*Urtica*) z čeledi kopřivovité (*Urticaceae*)
- 6) Čeleď lipnicovité (*Poaceae*)

3.6.1 Základní období pylové sezony

Pylová sezona je určena dle základních alergologicky významných taxonů střední Evropy. Rozdělujeme ji na 3 období a to jarní, letní, podzimní (Teřl & Rybníček 2006):

- a) V jarním období dominují pyly dřevin čeledí břízovitých (bříza, olše) a lískovitých (habr, líska). Z hlediska alergologie České republiky je bříza bělokora nejvýznamnější dřevinou. Produkuje významné množství pylu oproti jiným dřevinám. Mnoho osob má s pylem této dřeviny velké potíže.
- b) Léto je původcem polinózy trav. Trávy jsou významným alergenem na většině míst světa a to i na našem území (Rybníček & Rybníčková 2000). Patří mezi ně i obiloviny, u kterých se nejvíce produkuje pšenice, na rozsáhlých osevních plochách. Tráviny jsou dobrým producentem přenášejícího se pylu.
- c) V pozdně letním až podzimním období se objevují dominantní byliny pylových alergií. Týká se to převážně ruderálních bylin rostoucích na stanovištích silně ovlivněných člověkem, které jsou ponechány samovolnému vývoji (Hájková et al. 2018). Z alergologického hlediska jsou nejvýznamnějšími rostliny z čeledi hvězdnicovité rod pelyněk a ambrózie, následně merlíkovité nebo i jitrocelovité.

3.7 Pylový kalendář

Pylový kalendář (tab. 1) vznikl na oddělení biometeorologických aplikací ČHMÚ Praha ve spolupráci se Zdravotním ústavem sídlícím v Ústí nad Labem. Došlo k přehlednému zdokumentování alergenů v průběhu celé pylové sezony. Probírala se i opatření pomáhající zmírnění potíží v souvislosti s důsledky dráždivého pylu. V kalendáři jsou zaznamenána taktéž průměrná data nástupu a konce kvetení alergologických rostlin (Hájková et al. 2018).

Tab. 1: Pylový kalendář celého roku České republiky. Dostupné z: https://www.pylovasluzba.cz/dokumenty/pylovy_kalendar2.pdf

PYLOVÝ KALENDÁŘ

Období (měsíc) květu
 Hraniční období

Druh - česky (latinsky)	měsíc									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DŘEVINY										
Líska (<i>Corylus</i>)										
Olše (<i>Alnus</i>)										
Topol (<i>Populus</i>)										
Tis (<i>Taxus</i>)										
Jalovec (<i>Juniperus</i>)										
Bříza (<i>Betula</i>)										
Jasan (<i>Fraxinus</i>)										
Habr (<i>Carpinus</i>)										
Vrba (<i>Salix</i>)										
Javor (<i>Acer</i>)										
Dub (<i>Quercus</i>)										
Platan (<i>Platanus</i>)										
Ořešák (<i>Juglans</i>)										
Jírovec (<i>Aesculus</i>)										
Borovice (<i>Pinus</i>)										
Černý bez (<i>Sambucus n.</i>)										
Pajasan (<i>Ailanthus</i>)										
Lípa (<i>Tilia</i>)										
BYLINY										
Trávy (<i>Poaceae</i>)										
Jitrocel (<i>Plantago</i>)										
Šťovík (<i>Rumex</i>)										
Kopřivovité (<i>Urticaceae</i>)										
Merlíkovité (<i>Chenopodiaceae</i>)										
Pelyněk (<i>Artemisia</i>)										
Chmel (<i>Humulus</i>)										
Ambrózie (<i>Ambrosia</i>)										

3.7.1 Líska (*Corylus*)

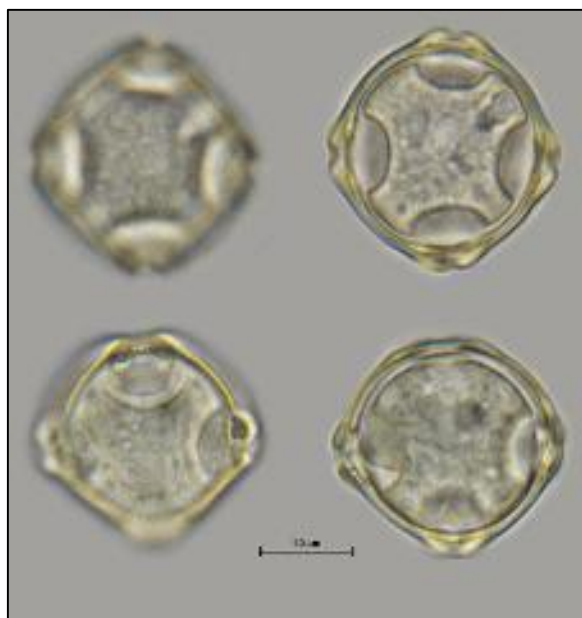
Líska obecná (*Corylus avellana*) je listnatá dřevina. Dosahuje výšky až 6 metrů. Je značně rozšířena po celé Evropě s výjimkou severu. Má jednoduché listy, vejčité, zašpičatělé. Líska je jednodomý strom se samčími květy seskupenými do převislých 8 cm dlouhých jehněd žluté barvy. Líska je jedním z prvních keřů, které kvetou z jara. Již v únoru či březnu začíná opylování ve střední Evropě. Pyl této dřeviny se vyskytuje 30-50 dní v ovzduší dle meteorologických podmínek (Spiexsma et al. 2003). Pylové zrno lísky je oválné izopolární (obr. 7), trizonoporátní se zhuštěním a mírou v průměru 18-25 μ m (Hyde & Adams 1958).



Obr. 7: Pylová zrna lísky obecné (*Corylus avellana*). Dostupné z: https://www.paldat.org/pub/Corylus_avellana/303765

3.7.2 Olše (*Alnus*)

Olše je listnatý strom situovaný nejčastěji u vodních toků a vlhkých údolích. Nejrozšířenější druh je olše lepkavá (*Alnus glutinosa*). Olše dosahují výšky 25 metrů. Listy má jednoduché, vejčité. Olše je jednodomá dřevina se samčími květy, jenž mají tvar převislých jehněd 5-15 cm dlouhé žlutohnědé barvy. Kvete již od konce zimy až do jara. V naší oblasti olše vykvétá až po lísce a doba kvetení trvá až do vypučení břízy (Spieksma et al. 2003). Pylová zrna mají oválný tvar, izopolární a u většiny případů penta nebo tetra-zonoporátní. Zrna jsou opatřena malými svorkami (obr. 8) a dosahují velikosti 20-30 μm (Hyde & Adams 1958).



Obr. 8: Pylová zrna olše lepkavé (*Alnus glutinosa*). Dostupné z: https://www.paldat.org/pub/Alnus_glutinosa/303762

3.7.3 Bříza (*Betula*)

Bříza je charakteristický listnatý strom střední Evropy. Nachází se jak ve volné přírodě, tak i v blízkosti městské zástavby parků a sídlišť. Nejvýznamnějším druhem je bříza bělokorá (*Betula pendula*), (Spieksma et al. 2003). Bříza bělokorá je světlomilná dřevina osídlující holé plochy náletem pomocí větru šířícího pylová semena. Můžeme ji nalézt i na extrémních stanovištích, jako jsou místa s nedostatkem půdní vláhy, ale i s nadbytečnou vlhkostí. Je velmi nenáročnou dřevinou na půdu a rychle se přizpůsobí nejrozličnějším podkladům (Mendelova univerzita 2021). Dosahuje výšky až 30 metrů. Listy této dřeviny jsou jednoduché a kosníkovité. Samčí květy vyrážejí jako převislé 3-6 cm dlouhé jehnědy zelené a žluté barvy. Bříza kvete od konce března do května současně s rašením listů. Bříza má pylová zrna oválná až sférická, izopolární, trizonoporátní (obr. 9). Měří 20 a 25 μm (Hyde & Adams 1958). Křížová reaktivní alergie může dojít mezi pyly různých druhů *Betulaceae* (olše, lísky a břízy), a proto u osob alergických na pyl břízy se mohou také objevit příznaky alergie již na začátku roku, kdy jsou velmi vysoké koncentrace pylu olše a lísky (Belgian Aerobiological Surveillance Network 2020).



Obr. 9: Pylová zrna břízy bělokoré (*Betula pendula*). Dostupné z: <https://pyly.cz/detail-rostliny/briza-belokora>

3.7.4 Trávy (*Graminae*)

Trávy tvoří velkou čeleď jednoletých až vytrvalých rostlin. Nalézají se ve veškerých prostranstvích, jako je pole, louka, kultivované půdy, půda ležící ladem, okraje cest. Mezi rozšířené druhy spadá rod psineček (*Agrostis*), psárka (*Alopecurus*), tomka (*Anthoxanthum*), třtina (*Arundo*), sveřep (*Bromus*), medyněk (*Holcus*), bojínek (*Phleum*), rákos (*Phragmites*) atd. Největší část listu traviny je čárkovitá. Trávy mají oboupohlavné květy. (Spieksma et al. 2003). V Evropě trávy kvetou v období květen až červen. Pylová zrna trav jsou sférická nebo i vejčitá, heteropolární a monoporátní) Většina z nich měří přibližně 25 a 40 μm (Hyde & Adams 1958).

3.7.5 Pylová zrna u konkrétních druhů rostlin

Líska a olše jsou důležitým zdrojem pylu pro včely brzy z jara, jelikož pylová zrna jiných druhů rostlin v tomto období ještě nejsou. Pyl v těchto rostlinách se obvykle začíná tvořit v druhé polovině ledna během slunečných, ne příliš chladných dnů. Nejúčinnější vylučování pylu probíhá při teplotě 15-18°C (Suszka 1980). Pyl lísky sbírají včely ve formě střední velikosti. Tato pylová zrna mohou mít různorodé odstíny, jak ukazují údaje uváděné různými autory: jasně žlutá (Maurizio a Grafl, 1969), olivově žlutá (Lipiński 1982) nebo šedo-žlutá (Jabłoński 1998). Pylová zrna u olše se liší a mají zbarvení do černé či zelenožluté (Maurizio a Grafl 1969) nebo šedozelené barvy (Lipiński 1982; Jabłoński 1998). Pyl u *Corylus* a *Alnus* obsahuje jeden z nejsilnějších alergenů působící na lidi. V časném jarním období způsobují u citlivých osob alergie. Pylové alergeny lísky vykazují podobné reakce s alergeny obsaženými v olši a bříze (Mattiesen et al. 1991; Spieksma a Fren-guelli 1991; Knox a Suphioglu 1996).

Stanovení počtu pylových zrn vyprodukovaných na prašník bylo prováděno měřením u zralé tyčinky, kdy byly odebrány vzorky pro vyšetřování před prašivostí. Pylová zrna byla vymyta 70% alkoholem, vložena na podložní sklíčko a poté byla pomocí stereoskopického mikroskopu přesně spočítána. Získané výsledky byly přepočteny zaznamenány v tabulce (tab. 2).

Tab. 2: Dat pylových zrn lísky a olše (Piotrowska 2008)

Traits investigated		<i>Corylus avellana</i>	<i>Alnus glutinosa</i>
Number of inflorescences per plant		2430	7370
Number of flowers per inflorescence		240	580
Number of stamens per flower		4	4
Theca	Length [mm]	1.16	0.92
	Width [mm]	0.61	0.52
Number of pollen grains produced by:	Theca	4550	4210
	Anther	9100	8420
	Flower	36 400	33 680
	Inflorescence	8 736 000	19 534 000
Pollen weight per inflorescence [mg]		66	120

Při srovnání pylů v atmosféře lísky a olše při období se ukazuje, že pyl uvedených taxonů rostlin se vyskytuje v ovzduší k podobných časových rozmezí. V průměru je vyšší podíl obsahu pylu olše nežli lísky (Piotrowska 2008).

3.7.5.1 Líska

Líska a olše patří k rostlinám s jednopohlavními květy. Tvoří mužské přílivové jehnědy s dlouhou štíhlou osou, takzvanou základnou. Samičí kočičí zárodky *Corylus avellana* rostou na výhoncích ve shlucích ve skupině po 3 až 4. Květy jsou uspořádány spirálovitě na ose a zpočátku tvoří tuhé, relativně kompaktní uspořádání. Vznikají v létě předchozího roku. První utvořená letního primordia byla pozorována ve druhé polovině června. Na začátku září, kdy byla jejich průměrná délka 1,4 cm, bylo zjištěno, že pylová zrna jsou již plně rozvinutá. V období, které bezprostředně předcházelo vylučování pylu, dosáhly průměrně délky 3,6 cm. Během zalévání rostlin se výhon prodloužil o více než 100%, stal se štíhlým a náchylným k nárazům větru. Listeny byly charakteristicky ohnuté dozadu a v horní části vytvořily dutinu ve tvaru mísy, ve které se z výše umístěných prašníků usazovala část pylu. To je příznivé pro rozptýl pylu větrem a současně usnadňuje sběr pylu včelami. Líska samčí odrůdy se skládá ze čtyř tyčinek, které jsou podtrženy listeny. Tyčinkové vlákno je rozděleno až k základně. Listeny, které obklopují tyčinky, vykazují uspořádání podobné střešní tašce a jsou pokryty mnoha chlupy. Jedna vnější listina a dvě vnitřní listiny - o celkových rozměrech 3,22 mm x 2,45 mm - jsou spojeny dohromady. Ve zkoumaném materiálu dosáhly průměrných dimenzí délky a šířky 1,16 mm x 0,61 mm. Zpočátku bylo vlákno krátké - 0,2 mm, ale během vylučování pylu se prodlužovala jeho délka až přibližně o 1 mm. V apikální části byly pozorovány chomáče chloupků o délce 0,2-0,3 mm. Rostliny vyvinuly v průměru 7 bazálních stonků, na kterých bylo nalezeno 2430 zářivých květů. Výtěžek pylu keře lísky obecné se odhadoval na 168 g. 100 běžných metrů linie keřovitých rostlin může produkovat až 8400 g pylu. Výpočty ukazují, že samčí příliv lísky se skládá z průměrně 240 květů. V jednom plášti či krytině, v kterém je uschován pyl, bylo průměrně 4 550 pylových zrn, a proto počet zrn vyprodukovaných jedním zárodkem byl 8 736 000. Triporátová pylová zrna lísky, vyztužená v každém póru velkým zesíleným vnitřkem, dosáhla rozměrů 24,6 x 22,0 μm (Piotrowska 2008).

3.7.5.2 Olše

U olše rostou jehnědy na vrcholu větvíček ve shlucích po 3–5. Jejich tmavě hnědá barva je dána fúzovanými listenkami: vnější listenkou, dvěma vnitřními listenkami, z jejichž spodní strany vycházejí jasně žluté tyčinky. Na povrchu jehněd se vyskytují nažloutlé pryskyřičné látky, které jsou také shromažďovány včelami. Vrcholíky se skládají ze tří mužských květů, odlišně než u lísky, kde se vyskytují jednotlivé květiny uzavřené listeny. Olše s malým čtyř segmentovým okvětím se 4 tyčinkami dosahuje v průměru 2,5 mm. Prašníky s rozměry 0,92 mm x 1,06 mm jsou částečně rozděleny a mají silně vyvinuté pojivové vlastnosti. Bylo spočítáno, že jediný strom olše černé vyprodukoval v průměru 7370 infl. ořescencí. Průměrná hmotnost pylu u olše na ořescenci byla stanovena na úrovni 120 mg, zatímco výtěžek pylu jednoho stromu olše byl 884 g. Podle výpočtů obsahuje jeden strom v průměru 580 květů. Jedna tyčinka vyprodukovala přibližně 8 420 pylových zrn, zatímco jeden zárodek 19 534 000. Zrnka pylu olše jsou klasifikována jako malá; většinou mají 5, někdy 4 nebo 6 pórů s charakteristickou zesílenou exinou mezi póry. Rozměry zrn dosahují v rozmezí 24,2 x 18,8 μm (Piotrowska 2008).

3.7.5.3 Bříza

Za největšího pylového nositele je brána bříza. Bříza neboli latinsky *Betula* má za příčinu silnější alergie u náchylnějších jednotlivců společnosti. V každé březové jehnědě je přibližně 5,5 milionu pylových zrn (Trees Resource Sheet 2016).

3.8 Metody sběru pylových zrn

Metodika sběru pylových zrn se rozděluje na dva hlavní způsoby, které jsou nejvíce používanými metodami v současné době. Jedna z těchto metod se nazývá gravimetrická a druhá volumetrická. Tyto metody jsou využívány převážně v aerobiologii. Gravimetrická a volumetrická metoda nejsou jediné metodiky používané ke sběru pylových zrn v současnosti. Další známou metodou je fenologické pozorování (Hájková et al. 2018).

3.8.1 Gravimetrická metoda

Gravimetrická metoda je jednodušší a levnější verzí sběru pylových zrn. Zakládá se na samovolné sedimentaci částic z ovzduší na podklad, jenž je pokryt lepivým médiem. Zachycení pylových zrn je velice ovlivněno hmotností pylu a meteorologickými podmínkami daného dne či měsíce. Výsledné hodnoty gravimetrické metody nejsou tak přesné, a proto se tato metodika sběru pylových částic používá jako doplňkové pozorování pylu k metodě volumetrické (Hájková et al. 2018).

3.8.2 Volumetrická metoda

Volumetrická metoda je stěžejní metodou používanou v aerobiologii každý dne (Spieksma et al. 2003). Zakládá se na nasávání objemu vzduchu z venkovní expozice na lepivé médium. V současné době existují dva typy lapačů pylových zrn využívaných touto metodou (Hájková et al. 2018):

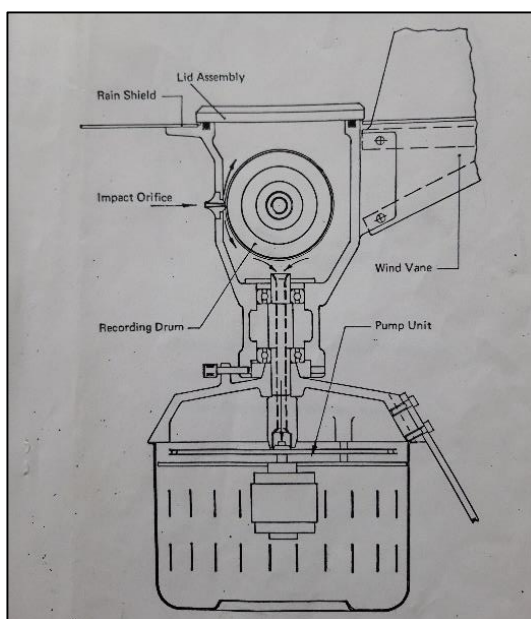
- 1) Lapač nasávající veškerý objem vzduchu na lepivé médium.
- 2) Dalším typem jsou kultivační lapače, u kterých je vzduch nasávaný a naháněný na kultivační médium.

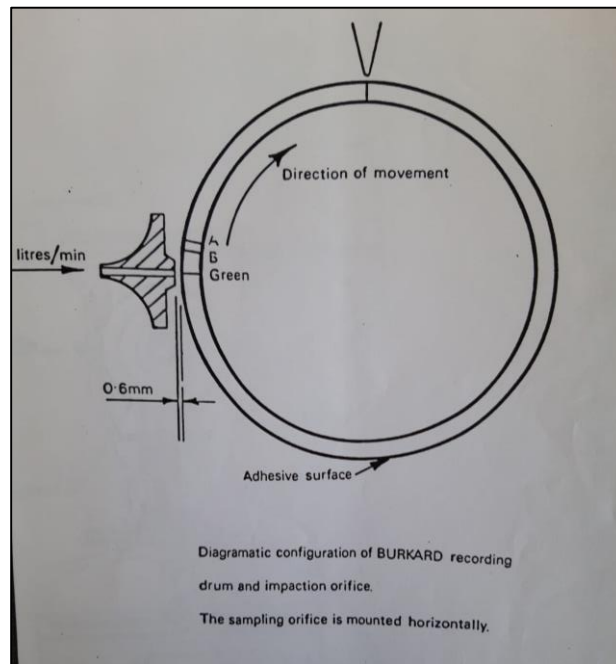
Světové organizace zaměřující se na sběr pylu nejvíce používají první typ lapače, který funguje na principu lepivého média. Pylová informační služba v Česku používá sedmidenní volumetrický lapač anglického typu firmy Burkard Manufacturing (obr. 10), jenž je umístěn na všech stanicích po České republice (Hájková et al. 2018). Pro umístění tohoto lapače jsou dána určitá pravidla. Burkard musí být umístěn na ploché střeše budovy ve výšce přibližně 15 metrů. V jeho blízkosti by neměla být jakákoliv překážka ve vzdálenosti nejméně 5 metrů, která by bránila správnému pracovnímu přístroji. V nejlepším možném případě by měl být volumetrický lapač postaven na střeše zástavby v centru města. Lapač nesmí být situován v průmyslové zóně a dalších zdrojů průmyslového znečištění jako jsou skládky, hlavní dopravní tepny atd. (Levetin 2014).



Obr. 10: Pylový lapač volumetrického typu Burkard Manufacturing Co Ltd. Dostupné z: <https://www.zuusti.cz/pylove-zpravodajstvi/>

Lapač volumetrického typu sběru pylových zrn pracuje na základě vysavače (obr. 11). Vzduch je do přístroje nasáván každý den v týdnu rychlostí $10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Nasátý vzduch proudí na snímací jednotku, kterou je otáčený bubínek takzvaný hodinový strojek s mechanickým pohonem rychlostí $2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (obr. 12). Za sedm dní se bubínek otočí o necelých 360 mm s rezervou 9 mm pro snadnou výměnu pásky (Levetin 2014). Snímací jednotka je průhledná úzká polyesterová páska nazývaná Melinex. Snímací páska je potřena vazelinou pro snadné zachycení částic z ovzduší. Naproti otočnému bubínku je situován nasávací otvor o velikosti $14,4 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Namotávající se páska, se musí měnit jedenkrát týdně a to pokaždé ve stejný čas (Hájková et al. 2018).





Obr. 11, 12: Na prvním obrázku je viditelné celé konstrukční řešení volumetrického lapače Burkard Manufacturing Co Lt, druhý obrázek znázorňuje bubínek přístroje tzv. hodinový strojek (vlastní fotodokumentace literárních podkladů od paní Ing. Ludmily Štillerové)

Po odendání namotané pásky z bubínku, která byla vystavena ovzduší s pylovými zrn, dochází k nastříhání snímací jednotky na jednotlivé dny v týdnu pomocí kalibrovaného pravítka. Takto předpřipravená páska se vloží na podložní mikroskopické sklíčko. Mikroskopický preparát se následně potře gelvatolem obarveným safraninem a přikryje se krycím sklíčkem. Barvivo safranin přispívá k zvýraznění pylových zrn a snadnější analýze pylu. Preparáty jsou hodnoceny po stránce kvalitativní, ale i kvantitativní dle metodiky Pylové informační služby. Vyhodnocování se provádí pomocí mikroskopu při 400 násobném zvětšení. Výsledkem volumetrického měření je denní průměrný počet pylových zrn v 1 m^3 vzduchu v určité oblasti (Levetin 2014). Dále kvalifikovaní odborníci vyhodnocují data, provádějí analýzy a další výstupy, které jsou v předepsaném formátu zasílány nejprve do centrální pylové databanky České republiky sídlící v Brně a následně jsou přeposlána do celoevropské pylové databanky ve Vídni. Vypracované informace jsou ve formě krátkého komentáře a tabulek s počtem přítomných pylových alergenů. Tato data jsou následně zveřejněna na webových stránkách Zdravotního ústavu sídlícího v Ústí nad Labem. Zasílají se do regionálních tisků, lékařům do ambulancí alergologie a klinické imunologie (Hájková et al. 2018).

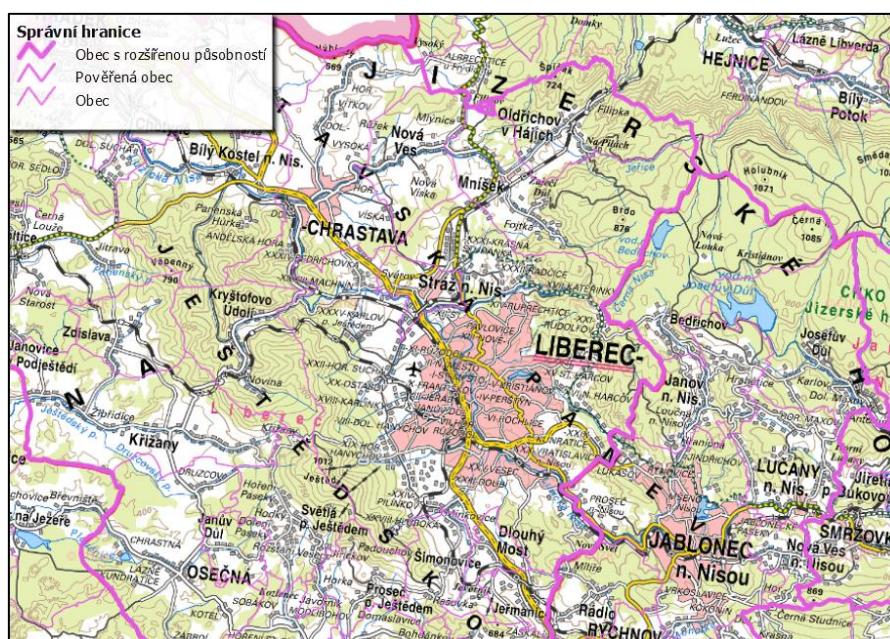
4 Metodika

Praktická část mé bakalářské práce je zaměřena na oblast v Libereckém kraji konkrétně, na město Liberec.

Data ke zpracování studie byla poskytnuta odpovědnou osobou paní Ing. Ludmilou Štillerovou, která se specializuje na mnou vybranou lokalitu. Je odpovědnou osobou za pylovou stanici na území Liberce, kde se provádí monitoring sběru pylových zrn pomocí volumetrického lapače. Tato stanice je pod správou Pylové informační služby neboli PIS s internetovými stránkami <https://www.pylovasluzba.cz/>, která se stará o sloučení monitorovacích míst s pylovým zatížením. Garantem za Českou republiku je doc. MUDr. Ondřej Rybníček, který spolupracuje s celoevropskou databankou sídlící ve Vídni s webovou stránkou <https://www.polleninfo.org/CZ/cz.html>. Zde doc. MUDr. Ondřej Rybníček zveřejňuje zprávy a analýzy za určité roční období pylových alergenů v České republice.

4.1 Geografické údaje

Statutární město Liberec (obr. 13) se nachází na severu Čech a je situované přibližně 91 km severo-severovýchodně od hlavního města Praha. Rozloha Liberce je 106,1 km² s 101 625 počty obyvatel ke dni 31. 12. 2009. Leží v Liberecké kotlině Žitavské pánve mezi Ještědsko-kozákovským hřbetem a Jizerskými horami. Liberecká radnice je položena ve výšce 374 m n. m. Za nejvyšší bod katastru města Liberec je považován vysílač Ještěd s 1012 m n. m. Nejnižším bodem je městská část Machnína. Městem protéká řeka nazývaná Lužická Nisa s přítoky Černá Nisa a Harcovský potok. Vodním prvkem Liberce je vodní nádrž Harcov. Dále na tomto území nalézají vodní plochy, kterými jsou rybníky Kačák, Vesecký a rybník v Krásné Studánce či Seba (Magistrát města Liberec 2009).



Obr. 13: Katastrální mapa statutárního města Liberec s okolní dispozicí. Dostupné z: <https://prvk.kraj-lbc.cz/klimaticke-podminky>

4.1.1 Klima

Liberec leží v klimaticky mírném pásu. Podnebí je určeno horským pásmem v blízkosti města. Hřeben Jizerských hor a Ještědského vrchu jsou překážkou proudění vlhkého a chladného vzduchu od Atlantického oceánu. Díky tomu se zde vyskytují poměrně časté srážky. Průměrnou teplotou v dané oblasti je 7°C s průměrným ročním úhrnem srážek okolo 700 mm. Oblast Jizerských hor patří do mírně chladné lokality. Průměrná teplota je zde 5°C s průměrným ročním úhrnem srážek až 1 600 mm. Délka zimního období je ovlivněna nižšími teplotní hodnotami. Sněhová pokrývka se zde vyskytuje do konce jarních měsíců (Český statický ústav 2009).

4.2 Vymezení lokality měření

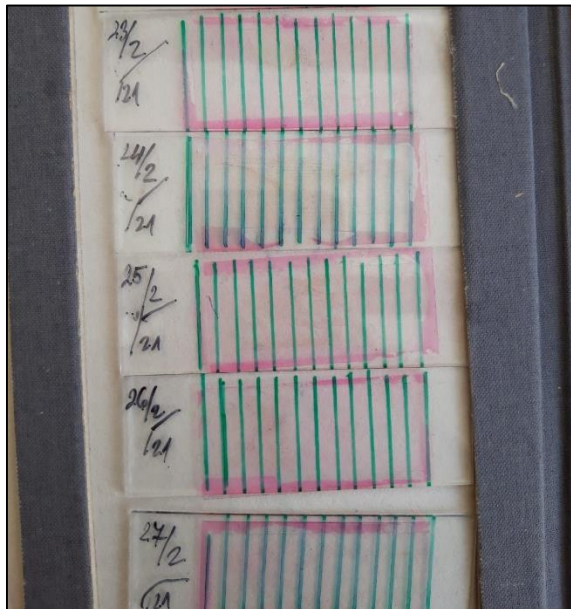
V Liberci je měřicí stanice již přes 20 let. Nachází se na střeše Zdravotního ústavu ve Vratislavicích, kde dříve bývalá státní veterina, za domovem důchodců Na Rudě. Satelitní souřadnice GPS této sběrové stanice jsou 50°45'9.972'' severní šířky a 15°04' 51.420'' východní délky (obr. 14). Sběrné místo je situováno ve výšce 425 m n. m. V okolí místa volumetrického lapače se nalézá zástavba rodinných a panelových domů a zahrada ústavu sociální péče, v které jsou vzrostlé dřeviny jako je buk, javor, lípa, olše a porosty lísky. Ve vzdálenosti 1-3 km jsou k vidění souvislé lesní porosty s převažujícími dřevinami smrku a buku.



Obr. 14: Orfoto mapa s umístěním lapače Burkard v ulici U Sila 1139, Liberec XXX-Vratislavice nad Nisou, 46311 Liberec. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

4.3 Metodika sběru a vyhodnocení dat

Přístrojové vybavení, které se používá na stanici v Liberci pro monitoring pylu, spadá pod volumetrickou metodu sběru pylových zrn. Konkrétně se jedná o lapač Burkhard (viz obr. 10). Lapač nefunguje na principu automatizace, proto se o jeho chod musí starat zkušená a oprávněná osoba, která s ním umí zacházet. Pro práci s monitorovacím zařízením jsou určeni a zaučeni odborníci v brněnském institutu. V Liberci sběr pylových zrn zajišťuje paní Ing. Ludmila Štillerová. Její náplní práce je docházet jednou týdně pro nashromážděná data na lapači. Konkrétně se jedná o pondělí, aby v následujícím týdnu bylo již zřejmé, jaké rostliny jsou na vzestupu pylové koncentrace v ovzduší. Přístroj funguje na sedmidenním monitoringu, kdy po uplynutí této doby musí člověk vyměnit pásku na tzv. hodinovém strojku za novou. Po vyjmutí pásky dochází k analýze standardizovanou metodikou jednotnou pro celou evropskou síť pylové služby. Folie z lapače se nejprve rozdělí na jednotlivé denní úseky. Ty se ukotví do gelu na podložní sklíčko, který je obarven safraninem pro zviditelnění pylových zrn u mikroskopické analýzy. Po přidání barviva se přiloží krycí sklíčko a dochází k vyhodnocení dat v mikroskopu (obr. 15). Prvně se spočítá počet horizontálních řad, kdy každá z nich má šířku zhruba 200 μ m, vzdálených od sebe přibližně na 1 milimetr. Celková šíře je 1 mm, což koresponduje s obsahem spormofor (pylová zrna a spory) v 1 m³ vzduchu. Pylová zrna se identifikují na základě charakteristického tvaru, velikosti, povrchových skulptur, typu a struktury pylu. Po identifikaci následuje spočítání daných pylových zrn zachycených na pásce z lapače. Data se zaznamenají do archu určenému k vyhodnocení a poté se převedou do elektronické podoby- excelové tabulky, v níž se vypracují grafy pro přesné znázornění pylového zatížení v určitou dobu v určité oblasti. Zjištěný počet spormofor je použit jako denní průměr v 1 m³ vzduchu.

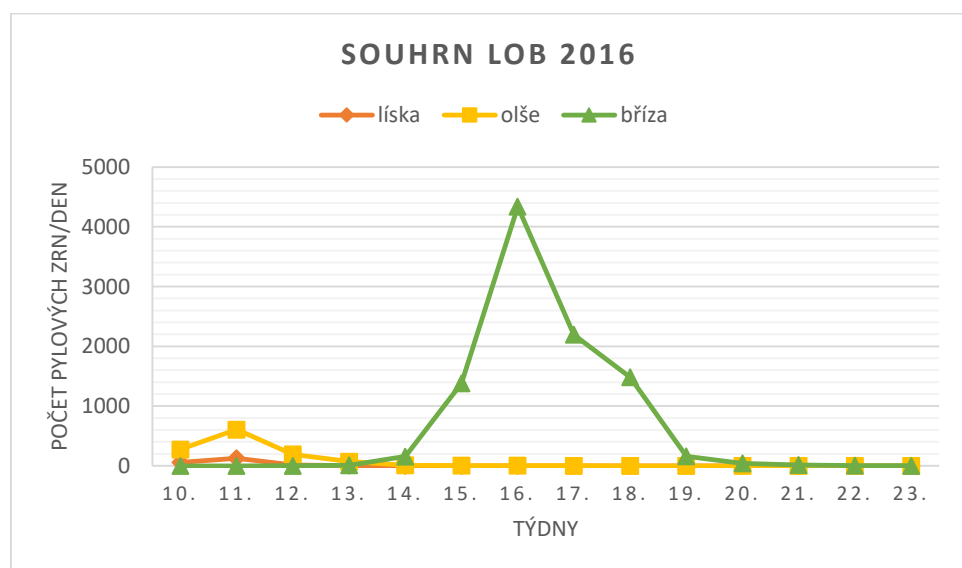


Obr. 15: Ukázka zpracovaných mikroskopických preparátů rozdělených do konkrétních dnů a uložených pro zpětnou kontrolu či zkoumání

5 Výsledky

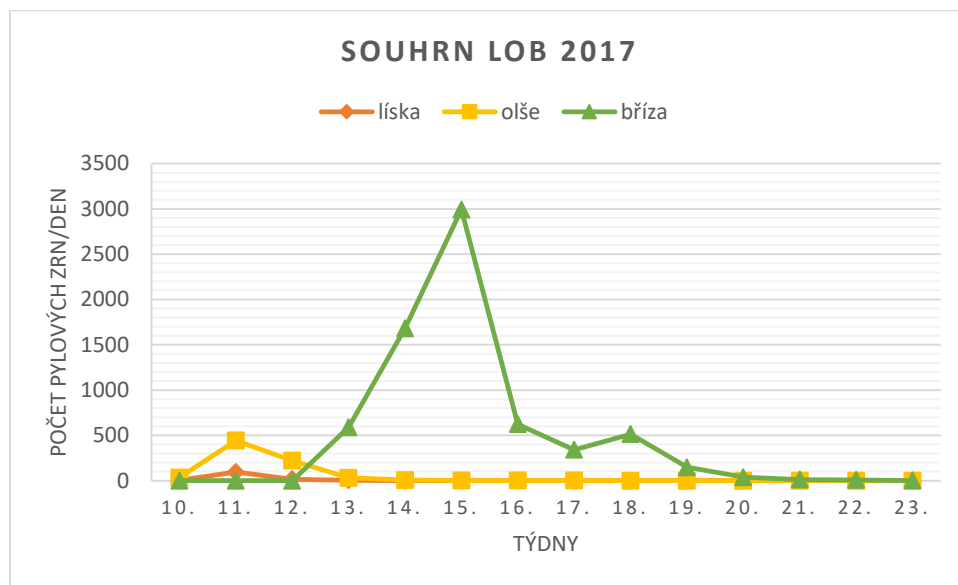
Výsledky pěti let, které jsou uvedeny v mé bakalářské práci, jsou hodnotami měření časového rozmezí z let 2016 - 2020. Tato data byla zhotovena na střeše budovy Zdravotního ústavu v Liberci paní Ing. Ludmilou Štillerovou. Následně zpracována mou osobou do ročních zpráv a grafů, vypracovaných v excelovém programu pro lepší orientaci a názornost dané problematiky při zhodnocení pylového zatížení v zkoumaném území. Pro porovnání jsem si vybrala tři dřeviny, které patří mezi nejvýznamnější alergenní rostliny v průběhu jara. Těmi jsou líska, olše a bříza. Zkoumané prvky jsem si definovala jako Souhrn LOB – líska, olše, bříza.

Prvním rokem měřených dat je rok 2016 (obr. 16), kdy v 11. týdnu byl nejvyšší nárůst pylu olše a lísky. U olše to bylo 275 pylových zrn na m³ vzduchu a u lísky 59 v týdenním součtu. Týkalo se to konkrétně 11. března, kdy bylo naměřeno 111 částic pylu olše a 24 pylových zrn lísky. Po tomto výkyvu začalo pylové zatížení těchto dřevin postupně klesat. Ve 13. týdnu nastupuje bříza, která se dostala na nejvyšší hodnotu v 16. týdnu roku. Týdenní souhrn ukazuje, že dosáhla až 4340 pylových zrn v tomto období. Bříza měla nejvyšší hodnotu 933 částic pylu 18. dubna. V průběhu dalších týdnů byly hodnoty pylu ještě ve vysokých číslech (17. týden – 2195, 18. týden - 1483, 19. týden – 160), ale postupně docházelo ke snižování a úplnému ukončení produkce pylu břízy.



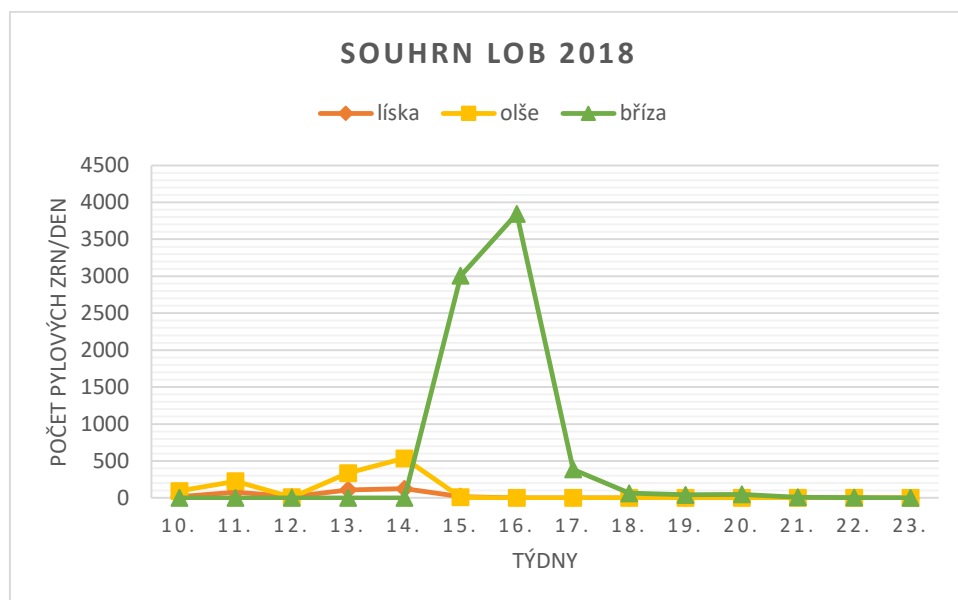
Obr. 16: Graf souhrnu dat LOB za rok 2016

V roce 2017 byl v 11. týdnu roku na výši pyl olše se 443 zrn a lísky s 95 zrn v týdenním souhrnu (obr. 17). Dne 13. března dosáhla olše nejvyšší hodnoty 122 pylových zrn. Hned následující den 14.3. měla líska výkyv pylu s 55 částicemi. Ve 13. týdnu se začíná objevovat v ovzduší pyl břízy, který se dostane do největších čísel již v 15. týdnu roku s 2993 zrn. Konkrétně nejzatíženějším dnem se stal 10. duben 2017, kdy bříza dosáhla až 2139 zrn na m³ vzduchu. Následujícího týdne došlo k rychlému poklesu pylu na hodnotu 623. Zato v 18. týdnu se pylová zrna nepatrně vychýlila, jak je zřejmé z grafu.



Obr. 17: Graf souhrnu dat LOB za rok 2017

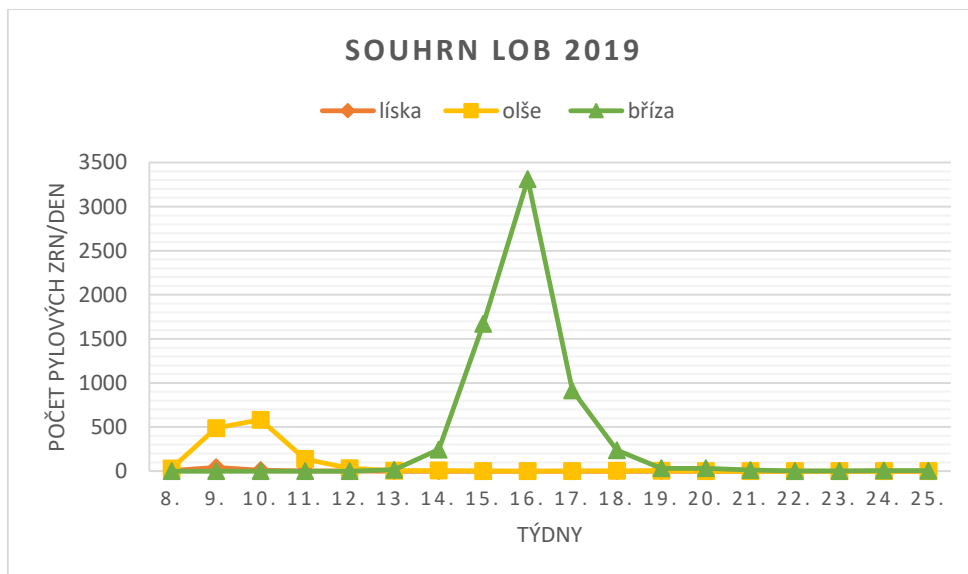
Pylové zatížení v roce 2018 v Liberci mělo atypické dvojité vrcholové maximum (obr. 18). Prvně se tento jev objevil u olše s líškou v 11. týdnu roku, kdy olše dosáhla 226 pylových zrn a líška 78. V dalším týdnu rapidně klesla hodnota pylu v m³ vzduchu a následně ve 14. týdnu roku 2018 zase vystoupala až na 536 pylových zrn u olše a 124 u líšky. Nejvyšší denní hodnotu měla líška 30. března s 66 zrny a olše 3. dubna se 186 pylovými zrny. Druhotně se dvojité vrcholové maximum stalo u břízy a to v 15. a 16. týdnu, kdy týdenní hodnoty vyšplhaly přes 3000 pylových zrn v ovzduší. Nejvyšších čísel dosáhla bříza 15. dubna 2018 a to až na 1777 pylových zrn.



Obr. 18: Graf souhrnu dat LOB za rok 2018

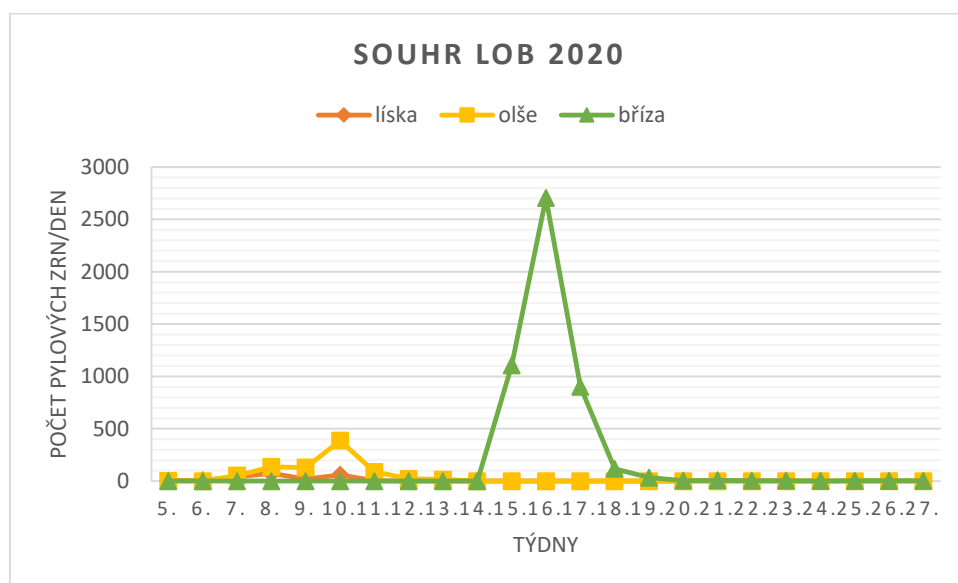
V roce 2019 začala pylová sezóna velice časně už v 8. týdnu, a proto naměřené hodnoty pylu líšky a olše se dostaly na své maximum již v 9. a 10. týdnu (obr. 19). Líška vyšplhala v 9. týdnu až na 43 pylových zrn v součtu a olše až na 583 v 10. týdnu 2019. Pylové zatížení břízy

se ukázalo už ve 13. týdnu. Vrcholový výkyv pylu byl určen na 16. týden roku s 3312 pylovými zrny. V roce 2019 se bříza dostala 19. dubna na 1167 pylových částic v m³ vzduchu za den.



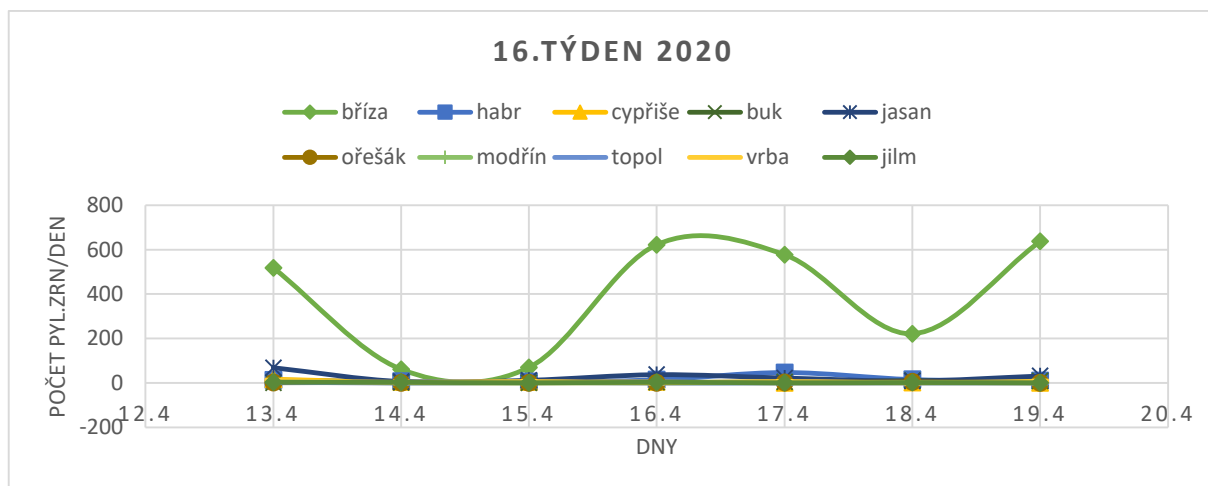
Obr. 19: Graf souhrnu dat LOB za rok 2019

Posledním rokem monitoringu je rok 2020 (obr. 20), který je pro nás stěžejním, jelikož se týká koncových dat určujících pylové zatížení na území města Liberec. V tomto roku se objevil nástup pylové sezóny již začátkem 5. týdne, a proto nejvyšší hodnoty lísky byly zachyceny už v 8. týdnu roku se součtem 74 pylových zrn. Časový rozsah zastoupení olše byl převážně v 8. až 10. týdnu 2020. Olše dosáhla pylového maxima s 387 pylovými zrny v 10. týdnu. Konkrétně 5. března lapač zachytil 168 pylových částic ve vzduchu. Po lísce a olši přišla na řadu bříza, která dosáhla vrcholového bodu v 16. týdnu 2020. V dalším týdnu došlo k poklesu, a to na 901 pylových zrn oproti nejvyššímu údaji s 2705. Od 18. týdne 2020 alergen břízy ustupoval v desítkových až na konec v jednotkových hodnotách. Suma pylových zrn za Souhrn LOB 2020 – líška, olše, bříza činila 5960 pylových zrn.



Obr. 20: Graf souhrnu dat LOB za rok 2020

Obrázek číslo 20 a tabulka 3 znázorňují konkrétní data 16. týdne 2020 pylového zatížení v Liberci. Je v nich zaznamenána proměnlivost pylu břízy v určitých dnech s porovnáním ostatních dřevin, které nedosahují tak vysokých hodnot jako *Betula*. Bříza v tomto týdnu vyšplhala na nejvyšší maximum pylu s počtem 637 dne 19.4. a na minimum se 61 zrn dne 14.4. V součtu týdne se k hlavnímu jarnímu alergenu přisuzuje až 2705 pylových zrn.



Obr. 20: Graf pylové zatížení v 16. týdnu roku 2020

Tab. 3: Tabulka pylových zrn v 1 m³ vzduchu v 16. týdnu 2020 v Liberci

CZLIBE		13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4	Σ týden
BETU	bříza	518	61	69	622	577	221	637	2705
CARP	habr	13	7	5	14	46	15	10	110
CUPR	cypřiše	16	4	4	4	0	1	0	29
FAGU	buk	0	1	0	2	4	10	9	26
FRAX	jasan	68	6	12	37	22	9	31	185
JUGL	ořešák	1	0	0	0	1	4	0	6
LARI	modřín	6	0	0	0	0	0	0	6
POPU	topol	3	0	2	0	0	0	0	5
SALI	vrba	11	2	6	0	6	0	7	32
ULMU	jilm	3	2	0	2	0	1	0	8

5.1 Zhodnocení výsledků

V populaci se objevuje každým rokem vyšší koeficient polinóz. Tato problematika, kdy lidé trpí na alergenní potíže, je přisuzována ve většině případů ruderálnímu městskému porostu. Jedná se o přírodní společenstvo, jež vzniklo v podmínkách člověkem výrazně pozměněného prostředí. Týká se to zejména neudržovaných ploch např. sídlišť, stavenišť, průmyslových zón a okrajů cest. Dalším příkladem zástupců podílejících se na zvyšování alergie jsou nálety dřevin, konkrétně nejagresivnějšího nositele alergenu druhu bříza bělokorá (*Betula pendula*), a pravidelně nesekané trávníky lipnicovité (*Poaceae*).

Množství pylu závisí obecně na třech kritériích. První z nich je geografická poloha, tedy kde se nachází místo pylového zatížení, zda v nížinách či v horských oblastech. Záleží na rozloze místa, počtu obyvatel a hustotě osídlení. Čím větší město, tím vyšší zásah alergenů na populaci. Druhým kritériem je počasí. Jedná se o teplotní výkyvy, srážky a směr vzdušných proudů v ovzduší. Vliv počasí na pyl se převážně zohledňuje podle získaných dat zpracovaných Českým hydrometeorologickým ústavem. Posledním bodem je druh vegetace v okolí místa stanice sběru pylových zrn. Všechna tato kritéria na sebe navzájem působí a jsou důležitými faktory pro výsledné hodnoty pylového zatížení.

Bříza bělokorá (*Betula pendula*) je hlavní jarní alergen vyskytující se na našem území. Pro uvolňování pylu břízy do ovzduší je zapotřebí teploty nad 15°C. Optimální teplotou je 22°C se slunným počasím a mírným až středně silným větrem. Pylová zrna břízy mají schopnost výborně se přemisťovat pomocí vzdušných proudů, a proto se mohou vyskytovat v dostatečně velké koncentraci i desítky kilometrů od zdroje. Obsah pylu břízy snižují přehánky, které nastupují již v dopoledních hodinách. V roce 2020 v Liberci hodnoty pylu vyšplhaly na nejvyšší maximum u břízy v 16. týdnu. Vrchol sezóny u tohoto alergenu spadá konkrétně na 19. dubna s počtem 637 pylových zrn na 1 m³. V letech 2016 a 2019 se bříza vychyluje na své maximum ve stejném týdnu jako v roce 2020. Zato roku 2017 z důvodu přetrvávajícího teplejšího počasí je maximum posunuto na 15. týden. V roce 2018 se v Liberci objevilo atypické dvojevrcholové maximum v 15. a 16. týdnu. Rok 2017 byl rokem, kdy se naměřilo nejvyšší pylové zatížení v jednom dni s 2139 zrn na 1 m³ vzduchu za celou dobu měření v letech 2016 až 2020. V Liberci je v celkovém úhrnu výskyt pylu břízy několikrát menší oproti pylové stanici v Praze. Pylová sezóna se opoždňuje v Liberci zhruba o 2 týdny vzhledem ke klimatickým podmínkám a umístění volumetrického sedmidenního lapače.

Na základě zjištěných pylových hodnot vyplývá omezení výsadby alergenních dřevin pro městské prostředí Liberce, hlavně druhu bříza bělokorá (*Betula pendula*), anebo možnost je nevysazovat alespoň na místech vysoké koncentrace osob nižší věkové kategorie – základní školy, střední školy, mateřské školky, dětské parky atd. Dětská populace patří do rizikové skupiny náchylnější na pylové alergy. Návrh rostlinné skladby tohoto území by byl vhodný koncipovat do původních druhů zeleně, které jsou z hlediska alergie a obsahu pylových zrn menší koncentrace a množství - dřín obecný (*Cornus mas*), tis červený (*Taxus baccata*), vrba jíva (*Salix caprea*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), javor mlč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) atd.

6 Diskuze

Podle Kužela (2013), který vychází z informací Ministerstva životního prostředí, je definováno, že imisní zatížení je soubor nežádoucích látek ve vzduchu, do něhož spadají pylová zrna, avšak jejich měření je odlišné od způsobu měření ostatních imisních látek. Míra imisí je zaznamenávána ústředním státním orgánem České republiky zabývající se obory kvality ovzduší. Ten se nazývá Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Český hydrometeorologický ústav disponuje několika měřícími stanicemi na našem území. Konkrétně v Liberci ČHMÚ má pod správou dvě měřící aparatury, které zaznamenávají nepřetržitě míru toxických výparů v ovzduší. Tyto stanice jsou měřícími jednotkami, z kterých jsou patrné výsledky nežádoucích látek v ovzduší, avšak bez datových souborů pylového zatížení. Obyvatelé Liberce vdechují relativně čistý vzduch ve srovnání s dalšími lokalitami v České republice. Ve vzduchu na Liberecku se vyskytují nižší koncentrace znečišťujících látek. Hlavním důvodem je skutečnost, že zde nejsou zastoupeni významní znečišťovatelé - hutě, elektrárny, koksovny atd. Liberec je převážně střediskem průmyslové výroby s vyšší koncentrací lehkého průmyslu. Z dat imisního zatížení se posuzuje výška škodlivých částic ve vzduchu a to zda nepřekročí normové hodnoty snášenlivosti.

Měřící jednotky dle Českého hydrometeorologického ústavu pracují na principu automatizace. Naměřené údaje ze stanic jsou přeposílány bezprostředně na server Českého hydrometeorologického ústavu. Nejsou již zaznamenávány a zpracovávány ručně, ale samy se vyhodnocují v řádu minut pomocí programů do konkrétních tabulek a map pro znázornění. Na rozdíl od těchto měření ČHMÚ se na imise způsobené pylem a jejich zaznamenávání specializuje instituce České iniciativy pro astma (ČIPA), která má pod správou zpravodajství Pylové informační služby zajišťující data pylových zrn. Pylová informační služba má ve městě Liberec instalovanou pouze jednu stanicí oproti ČHMÚ. Organizace Český hydrometeorologický ústav a Pylová informační služba pracují samostatně. Každá z těchto organizací má jiné uplatnění. Pylová informační služba pracuje na jednodušším zastaralém principu. Měřící aparatura u PIS musí být obsluhována zaučenou osobou s týdenním intervalem odečtu dat. Pověřená osoba každý týden mechanicky vyměňuje hodinový strojek měřícího lapače Burkard, aby se mohla znovu zachytávat nová data pylového rozptylu z ovzduší na lepicí pásku. Prozatím metodika sběru pylových zrn nedošla k vědeckému posunu, a to ani u přístrojového zařízení. Měřící jednotka PIS nemá zhotoveno automatické nahrávání, jako je tomu tak u Českého hydrometeorologického ústavu. Na dnešní dobu je tento fakt k pozastavení. Při pohledu z druhé strany jsou tyto měřící jednotky velice spolehlivými přístroji. Navíc nutno konstatovat, že jejich pořizovací hodnota je velmi vysoká, a proto se jich vyskytuje v České republice pouze 12.

Pylové měřící lapače volumetrického typu musí být umístěny vysoko na budově dle klasifikace Levetin (2014), aby množství a složení pylu ve vzduchu správně zaznamenávaly. Díky tomuto faktu se naměřené hodnoty nedají aplikovat na menší oblast. Určení pylového zatížení konkrétního malého území se dá měřit pouze gravimetrickou metodou. Měření podle gravimetrické metody se zaznamenává na vodorovně uloženou skleněnou destičku potřenou glycerin želatinou. Vyhodnocení této metody spočívá na principu identifikace a dále počítání pylových zrn zachycených za dohodnutý časový úsek - obvykle 24 hodin. Analýza se zpravidla

provádí na 1 - 6 cm² plochy sklíčka a výsledky takto získané se převedou pomocí vzorců na počet pylových zrn v 1 m³ vzduchu. Gravimetrická metoda není zcela přesná a je velice náročná. Sběr dat touto metodou musí být realizován každý den, kdy je nutné vyměnit nový podklad s lepivou vazelínou, na kterou se zachytí nová pylová zrna z ovzduší pro následný monitoring. Dle literárního pramenu Unar (1993) hodnoty získané pomocí volumetrické metody jsou přibližně 5x vyšší než při použití gravimetrické metody. Z tohoto důvodu nebyla gravimetrická metoda vhodnou volbou k mé bakalářské práci. Veškerá data se proto odvíjejí od volumetrické metody měření, která je kompaktnější a přesnější metodikou vhodnou pro správné a přesné vyhodnocení pylového zatížení v Liberci.

Na základě získaných dat pylové koncentrace v ovzduší se vypracovává pylový kalendář. V práci je uveden u tabulky č. 1 Pylový kalendář pro Českou republiku, který byl zpracován Pylovou informační službou. Územní platnost pylového kalendáře dle zpravodajství Pylové informační služby je pro celou Českou republiku. Data pylových zrn jsou však získána z 11 oblastí, v kterých jsou umístěny lapače. Z výsledků těchto rozdělených oblastí je vytvořen souhrnný celek, který je uplatněn pro celou Českou republiku. Každá oblast v okolí 11 měřicích stanic by však mohla vytvořit vlastní pylový kalendář s konkrétními daty daného území. Tím by se dosáhlo přesnější škály pylového zatížení pro danou lokalitu. Ze základů vyhotovených dat u všech měřicích stanic je zřejmé, že se každý rok mění rozptyl pylu v ovzduší, proto je pylový kalendář v této podobě pouze přibližným souhrnem výskytu pylu u konkrétních druhů dřevin či bylin na území České republiky. Je předběžným ukazovatelem, který informuje, kdy a který pyl přichází na řadu v průběhu sezóny.

Hlavní témata podněcující diskuzi týkající se výsledků spojených s imisním zatížením pylových zrn, jsou sepsána v části 5.1 Zhodnocení výsledků. Zde pojednávám o bříze bělokoré jakožto největším pylovém producentovi oproti dalším dvěma hodnoceným dřevinám. Dále se zabývám třemi kritérii, jenž určují množství pylových zrn, a rostlinnou skladbou daného území s následným vyhodnocením pro další úpravy lokální oblasti. Z grafových zobrazení dat v praktické části lze vyhodnotit, že koncentrace pylu v průběhu pěti let pylové sezony dosahovala výchyly u břízy, olše a lísky přibližně ve stejných týdnech. Začátek a konec pylové sezóny se o mnoho neměnil, pouze v letech 2019 a 2020 nastal brzký začátek výskytu pylu v ovzduší u olše a lísky. S tím je spojen dřívější nástup vrcholových maxim těchto dřevin. Zatížení pylu břízy se v každém roce vychylovalo ve vysokých hodnotách přibližně v 16. týdnu roku. Ze zaznamenaných dat v grafech je zřejmé, že bříza má viditelně nejvyšší podíl na jak na pylových imisích, tak i na imisích v širším slova smyslu. Snížení zatížení této dřeviny lze pouze provést regulací rostlinné skladby a zajištěním nižšího podílu ve srovnání s ostatními dřevinami.

Bříza vzhledem k tomu že je listnatý strom, vykazuje koncem vegetačního období značnou produkci opadu listů. Je to faktor, s kterým je nutné počítat při úklidu veřejné zeleně – městského prostranství, parků, sídlišť a ulic městských zástaveb. Tato skutečnost poukazuje na důležitost při údržbě ploch, ale nemá vliv na imisní zatížení prostředí, ani v souvislosti s pylovou sezónou. Data spojená s opadem listů a jeho množstvím jsem v žádné odborné literatuře nedohledala, a proto jsem práci zaměřila výhradně na tematiku, která v současnosti ovlivňuje velké množství populace ze zdravotního hlediska.

7 Závěr

Tato práce přinesla na základě studia odborné literatury shrnutí problematiky pylového zatížení v závislosti na vlivu přírodních podmínek a činnosti člověka. Práce byla věnována obecným poznatkům z aerobiologie a palynologie a jejich historickému vývoji v průběhu let až do současnosti. Byly zde stanoveny základní metody měření množství pylových zrn, přičemž bylo zjištěno, že pylová koncentrace v ovzduší je zaznamenávána celoevropskou sítí stanic nazývaných Pylová informační služba.

V souvislosti teoretického bádání s praktickou částí výzkumu bylo dosaženo zjištění konkrétních naměřených hodnot pylu v ovzduší na Liberecku. Ty byly zaznamenávány pomocí volumetrické metody, která je určena pro širší oblast měření. Z tohoto důvodu bylo provedeno vyhodnocení výsledků sběru pylových zrn pro celé území města Liberec. Při analýze výstupů měření byly potvrzeny faktory snižující výskyt pylových zrn ve vzduchu. Ke změnám hodnot, stejných měsíců zkoumaných let v konkrétní lokalitě, docházelo vlivem rozdílných teplot, nočních či ranních mrazíků, vyšší vlhkosti vzduchu a vzdušných proudů.

Z teoretických studií a mého výzkumu jednoznačně vyplynulo, že nejvyšší podíl na objemu pylových imisí má bříza bělokorá. V roce 2020 bylo naměřeno vrcholové maximum počtu pylových zrn u břízy na 2705 a u olše na 387 v 1 m³ vzduchu za týden. Z těchto výsledků bylo definováno, že rozdíl mezi dvěma největšími znečišťovateli dosáhl až do řádu tisíců. Z mé studie je patrné, že způsob měření pylových imisí a jejich monitoring je v České republice dopropracován vysoké míry. Pylové měření přispívá k posouzení rostlinné skladby, koncentraci pylových zrn v ovzduší a přináší prospěšné informace v oblasti medicíny, zejména pro osoby postižené alergenními nemocemi.

8 Literatura

8.1 Literární zdroje

BENCKO V., KLEIN O. *Ekologie člověka*. 1. vydání. Praha: Karolinum. 1997, 150 s. ISBN 80-7184-432-2.

D'AMATO G., SPIEKSMAN F. TH. M., BONINI S. Allergenic pollen and pollinosis in Europe. *Blackwell Oxford*. 1991, 1-226.

D'AMATO et al. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*. 2007. 62, s. 976-990.

GREGORY P. H. 1973. *The microbiology of the atmosphere*. Leonard Hill. Aylesbury. 1-377.

HÁJKOVÁ L., RAJNOHOVÁ L., VRÁBLÍK T., REITSCHLÁGER D. Fenologie, aerobiologie, pylová informační služba. *Meteorologické zprávy*. 71. 2018.

HRUBIŠKO M. et al. 2003. *Alergológia*. Osveta. Martin.

HYDE H. A., ADAMS K. F. *An atlas of airborne pollen grains*. London: Macmillan & Co, 1958.

JABLOŇSKÝ B. 1998. *Wiadomości z botaniki pszczelarskiej. News from apicultural botany*. J. Prabucki (Red.), Albatros.

KNOX R. B., SUPHIOGLU C. 1996. *Environmental and molecular biology of pollen allergens*. Trends in Plant. Science.

LIPÍŇSKI M. 1982. *Pożytki pszczele, zapylenie i miododajność roślin*. PWRiL, Warszawa.

LACEY M. E., WEST J. S. 2006. *The air spora: A manual for catching and identifying airborne biological particles*. Springer, Dordrecht.

MATTIESEN F., IPSEN H., LOWENSTEIN H. 1991. *Pollen allergens. Allergenic pollen and pollinosis in Europe*, Blackwell Scientific Public. London.

MAURIZIO A., GRAFL I. 1969. *Das Trachtbuch anzenbuch*. Ehren-wirth Verlag. München.

MOORE P. D., COLLINSON M. E. 1991. *Pollen analysis*. Blackwell. Oxford.

NOVÁK J., NOVÁKOVÁ H. 2010. *Alergenní rostliny*. Knižní klub. Praha.

PETRŮ V. et al. 1994. *Alergie u dětí*. Grada Avicenum. Praha.

PIOTROWSKA K. 2008. *Ecological features of flowers and the amount of pollen released in *Corylus avellana* (L.) and *Alnus glutinosa* (L.) gaertn.* Department of Botany, 2008. Akademická práce. University of Life Sciences, Lublin, Poland.

- PRUŽINEC P. 2010. *Alergény a specifická imunoterapia*. Bonus. Bratislava.
- RYBNÍČEK O., RYBNÍČKOVÁ E. 2000. *Alergie, astma, bronchitida*. Praha: Tigris, roč. 7, č. 2, s. 10-11.
- RYBNÍČEK O. 2004a. *Pylová alergie*. Remedica, 1: 56–68.
- RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E. 2014. *Koncepční a metodické základy paleoekologie a paleogeobotaniky*. Ústav botaniky a zoologie Masarykovy Univerzity v Brně.
- OBSTOVÁ B. 2012. *Pylová spektra v ovzduší různých typů městské zástavby: sezonní dynamika a význam pro alergologii*. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie.
- SARJEANT W. A. S. 2002. *As chimney-sweeps, come to dust a history of palynology to 1970* In Oldroyd D. R.: *The earth inside and out: some major contributions to geology in the twentieth century*. Geological Society, London, Special Publication 192, s. 273-327.
- SCHWARTZ M., ROZUMAMALSKI A., TROST J. The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *Journal of Biomechanics*. Copyright, 2008, 1639-1650.
- SOLOMON W. Aerobiology of the atmosphere of pollinosis. *J. Allergy Clin Immunol.* 1973, 1056-1058.
- SOFIEV M., BERGMANN K. CH. 2013. *Allergenic Pollen: A review of the Production, Release, Distribution and Health Impacts*. Springer. Dordrecht. ISBN 978-94-007-4880-4, DOI 10.1007/978-94-007-4881-1.
- SPIEKSMAN F. TH. M., KRAMPERS J. A., LINDEN A. C. VAN DER, HIKKELS A. H., PLOMP A., KOERTEN H. K., DIJKMAN J. H. 1990. *Evidence of grass-pollen allergenic activity in the smaller micronic atmosphere aerosol fraction*. Clin Exp. Allergy. 273-280.
- SPIEKSMAN F. Th. M., FRENGUELLI G. 1991. *Allergenic significance of Alnus (alder) pollen. Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Blackwell Scientific Publications. London, s. 85-87.
- SPIEKSMAN F. TH. et al. 1996. *Pylový atlas Evropy*. UCB Pharma, s.r.o., Praha.
- SPIEKSMAN F. TH. et al. 2003. Quantitative trends in annual totals of five common airborne pollen types (*Betula*, *Quercus*, *Poaceae*, *Urtica*, and *Artemisia*), at five pollen-monitoring stations in western Europe. *Aerobiologia*. 2003, 19 (3–4): 171–184.
- SUZKA B. 1980. *Rozmnażanie generatywne. Generative propagation*. Nasze drzewa leśne. Warszawa-Poznań: 99-144.
- TEŘL M., RYBNÍČEK O. 2006. *Asthma bronchiale v příčinách a klimatických obrazech*. Geum, Praha.
- UNAR J. *Komentovaný pylový kalendář pro alergologii a alergiky*. 1. Brno: Krajská hygienická stanice v Brně, 1993. ISBN 80-900011-4-9.
- WERCHAN B. Aerobiologie aneb o životě ve vzduchu. *Botanika*. 2014, 7-8.

8.2 Internetové zdroje

Látky znečišťující ovzduší. *Arnika* [online]. 2021 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://arnika.org/latky-znecistujici-ovzdusi>

Birch (Betula spp.) [online]. Belgie: Belgian Aerobiological Surveillance Network, 2020 [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://airallergy.sciensano.be/content/birch-betula-spp>

Birch trees: new catkins in spring. *Trees Resource Sheet* [online]. 2016 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <http://hellotrees.co.uk/wp-content/uploads/2016/05/Female-birch-catkins-in-spring.pdf>

Bříza bělokorá. *Fenologické fáze* [online]. Brno: Mendelova univerzita, 2021 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.fenofaze.cz/cz/sledovane-druhy/briza-belokora/>

Darwin Correspondence Project [online]. Cambridge University Library: The University of Cambridge, 2021 [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: <https://www.darwinproject.ac.uk/charles-harrison-blackley>

How Do Particulates Enter the Respiratory System. *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* [online]. 2014 [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: www.ccohs.ca

Krajská správa ČSÚ v Liberci [online]. Český statistický ústav, 2009 [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xl/0207004002>

KUŽEL J. *Příručka ochrany kvality ovzduší* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2013 [cit. 2021-03-20]. ISBN 978-80-86832-77-7. Dostupné z: https://mpo.cz/assets/cz/prumysl/prumysl-a-zivotni-prostredi/ippc-integrovana-prevence-a-omezovani-znecistení/aktuality/2016/12/OOO-prirucka_OPLZZ_komplet-20140408.pdf

LEVETIN E. *Use of the Burkard spore trap* [online]. 2014 [cit. 2021-4-3]. Dostupné z: [https://aaaai.confex.com/oid/Burkard Directions](https://aaaai.confex.com/oid/Burkard%20Directions). The University of Tulsa.

Pylové zpravodajství [online]. Ústí nad Labem: Zdravotní ústav, 2021 [cit. 2021-3-24]. Dostupné z: <https://www.zuusti.cz/pylove-zpravodajstvi/>

RUDA A. Atmosféra jako složka životního prostředí. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele* [online]. Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, 2021 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/06-ziv-prostredi.html

Statutární město Liberec: Geografické údaje [online]. Liberec: Magistrát města Liberec, 2009 [cit. 2021-2-24]. Dostupné z: <https://www.liberec.cz/cz/mesto-samosprava/profil-statut-mesta/geograficke-udaje/>

TUČEK M., SLÁMOVÁ A. a kolektiv. *Hygiena a epidemiologie pro bakaláře*. Univerzita Karlova v Praze: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-3258-2 (online:pdf).

Vývoj PIS v Evropě. *Pylová informační služba* [online]. 2021 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.pylovasluzba.cz/vyvoj-pis-va-evrope>